

[Research Paper]

방화셔터 출입구의 표시 요소 및 색상을 고려한 최적 표시방법

손종영 · 홍원화[†] · 배영훈

경북대학교 건설환경에너지공학부

Optimal Display Method Considering the Display Element and Color of Fire Shutter Door

Jong-Yeong Son · Won-Hwa Hong[†] · Young-Hoon Bae

School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National Univ.,

(Received February 1, 2018; Revised February 21, 2018; Accepted March 2, 2018)

요 약

건축물 내부에서 화재가 발생했을 때 화재 또는 연기의 이동을 막기 위해 방화셔터가 설치되며, 재실자의 통과를 위해 출입구가 설치되어 있다. 하지만 현행 방화셔터의 출입구 표시규정은 주위와 다른 색으로 표시하도록만 규정하고 있어 피실험자가 방화셔터의 출입구를 인지하지 못할 위험이 매우 크며, 위험성은 연기상황에서 더욱 증가한다. 이에 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 연기가 퍼진 상황에서도 인식이 가능한 방화셔터 출입구의 표시방법을 도출하였다. 이를 위해 사전 설문조사를 통해 방화셔터 출입구 표시방법의 3가지 요소를 도출했다(사인, 문 배경, 테두리) 다음으로 도출한 3가지 요소에 대해 5가지 색상을 조합하여 실험유형을 설정하고 실험을 실시하였다. 실험은 남녀 총 122명의 대상으로 실시했다. 실험결과 연기가 없는 정상 시의 시야상황에서는 노랑 바탕, 빨강 사인, 빨강 테두리가 가장 높은 인지도를 나타냈다. 연기가 있는 화재시의 시야상황에서도 역시 동일했지만, 연기가 짙어져 손으로 더듬어 피난해야할 상황에서는 빨강 바탕, 노랑 사인, 노랑 테두리가 가장 인지도가 높게 나타났다.

ABSTRACT

A fire shutter is installed to prevent the movement of fire or smoke when a fire occurs inside a building. Fire shutters have access doors for passengers. On the other hand, the present fire shutter door display regulation is only required to be displayed in a different color from the surroundings. Hence, the risk of people not being able to recognize the door of the fire shutter is quite high, and the danger increases further in a smoke situation. Therefore, this study attempted to find a way to mark a fire shutter door that can be recognized even when smoke is spreading. First, a preliminary questionnaire was used to draw three factors to mark the fire shutter door (sign, door background, and edge). The experiment type was set by combining 5 colors for the three derived factors. The experiment was conducted on a total of 122 male and female participants. The results showed that a yellow background, red sign, and red edge have the highest awareness in a normal visual field without smoke. This was also the same in the field of view in the case of a fire with smoke, but the red background, yellow sign, and yellow edge were most noticeable in the case of dark smoke.

Keywords : Fire shutter door, Experimental study, Extinction coefficient, Transmittance

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 발생한 제천 스포츠센터 화재와 같이 건축물에서 화재가 발생했을 때 가장 많은 인명피해를 발생시키는 요인은 연기로 인한 질식사이다. 연기의 확산을 방지하기 위해 건축물에는 일정한 구획마다 방화셔터가 설치되어 있

다. 방화셔터는 화재 시 화재나 연기의 이동을 막아 재실자들의 피난에 도움을 주지만 때에 따라서 방해가 되기도 한다. 실례로 2003년 발생한 대구지하철화재참사의 생존자들에게 대한 설문조사결과⁽¹⁾ 방화셔터가 피난에 어려움을 준 요인 중 하나로 꼽았다.

또한 방화셔터에는 재실자들의 이동을 위한 출입구가 존재하지만 대구지하철화재참사 발생 전에는 출입구에 특

[†] Corresponding Author, E-Mail: hongwh@knu.ac.kr, TEL: +82-53-950-5597, FAX: +82-53-950-6590

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

별한 표시가 되어 있지 않고, 방화셔터와 잘 구분되지 않아 화재가 발생하고 연기가 퍼져있는 혼란스러운 상황에서 피난자들은 이를 인식하지 못했다.

이를 개선하여 2005년부터 「자동방화셔터 및 방화문의 기준」을 제정하여 시행하고 있지만, 방화셔터의 출입구 표시에 관한 기준의 경우 주위와 다른 색으로 표시하도록만 규정하고 있는 실정이다.

이에 현장에서는 설계자나 시공자 등에 따라 임의로 표시된 방화셔터가 설치되고 있으며, 이는 대피상황에 재실자의 혼란을 가중시키는 요인으로 작용할 수 있다. 이에 본 연구에서는 설문조사와 실험을 통해 연기가 존재하는 시야 상황에서도 재실자가 쉽게 인식 가능한 방화셔터 출입구의 표시방법을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서 방화셔터 출입구의 최적 표시방법을 도출하기 위해 다음과 같은 절차로 연구를 진행하였다. 먼저 방화셔터 출입구의 표시 요소를 사례조사를 통하여 도출하였다. 이후 설문조사를 통하여 사람들이 인식하기 가장 좋은 표시 요소들의 조합을 선정하였다. 설문조사는 50명을 대상으로 대구시민안전테마파크에서 진행하였다.

이후 설문조사를 통해 도출된 표시요소를 토대로, 각각의 선정된 표시요소들에 색상을 배색하고 122명을 대상으로 실험을 실시하여 연기에 의한 시야장애가 없는 평상시 상황과 연기에 의한 시야장애가 발생한 상황에서의 인식정도를 분석하였다.

색상들의 조합에 따른 표시 유형에 대한 인지도 실험결과 분석을 통해 방화셔터 출입구의 최적 표시방법을 도출하였다.

2. 이론적 배경 및 방화셔터 출입구 표시요소 도출





2.1 방화셔터 관련 법규 분석

국내의 방화셔터 출입구의 표시방법에 관한 기준은 대구지하철화재참사 이후 2005년 제정되었다. 해당 기준에서는 방화구획의 용도로 화재 시 연기 및 열을 감지하여 자동 폐쇄되는 것으로서, 공항·체육관 등 넓은 공간에 부득이하게 내화구조로 된 벽을 설치하지 못하는 경우 방화셔터를 이용한다고 정의하였다. 그 중에서 방화셔터의 일부에 피난을 위한 출입구가 설치된 셔터를 “일체형 자동방화셔터(또는 일체형 셔터)”라고 정의하였다.

관련 기준에는 셔터의 설치위치와, 구성, 성능기준, 시험기관과 방법 등에 대해서 규정하고 있다. 그 중 방화셔터의 출입구와 관련된 기준은 출입구의 높이와 너비의 최소 수치기준과 표시방법이 있다.

하지만 출입구 표시방법에 관한 기준의 경우 ‘출입구 부분은 셔터의 다른 부분과 색상을 달리하여 쉽게 구분되도

Table 1. Example of Fireproof Shutter Door

Case	Display Elements-
	- None
	- Edge
	- Edge - Symbol for Emergency Exit - Letter for Emergency Exit
	- Edge - Symbol for Emergency Exit - Letter for Emergency Exit - Door Background Color

록 하여야 한다’ 라고만 규정하고 있어, 시공자의 임의에 따라 표시되는 경우가 발생하고 있다.

2.2 방화셔터 출입구의 표시 요소 도출

방화셔터 출입구의 표시 요소를 도출은 사례조사를 통해 실시하였다. 사례조사 결과 크게 아래의 Table 1과 같은 형태의 방화셔터 출입구가 존재하였다.

사례조사를 통해서 도출한 방화셔터 출입구의 표시유형을 분석한 결과 도출된 표시 요소는 문 주위의 테두리와 문의 배경 색, 비상구 그림 및 문자와 같은 사인이 도출되었다.

앞서 도출한 표시 요소들 중 사람들이 인식하기 쉬운 요소들의 조합 찾기 위해 설문조사⁽²⁾를 실시하였다. 표시 요소들의 조합은 전체 9가지로 ① 비상구 문자 ② 비상구 그림 ③ 비상구 문자와 그림 ④ 테두리와 비상구 문자 ⑤ 테두리와 비상구 그림 ⑥ 테두리와 비상구 문자, 그림 ⑦ 테두리, 문 색과 비상구 문자 ⑧ 테두리, 문 색과 비상구 그림 ⑨ 테두리, 문 색과 비상구 문자, 그림이다.

설문대상자는 총 50명이고, 연령대별 응답자 비율은 미취학아동이 10%인 5명, 초등학생인 20%인 10명, 중고등학생은 6%인 3명, 20대는 4%인 2명, 30대는 18%인 9명, 40대

Table 2. Transmittance and Extinction Coefficient

Transmittance T 26%		Transmittance T 16%		Transmittance T 7%	
Distance[m]	Extinction Coefficient [l/m]	Distance[m]	Extinction Coefficient [l/m]	Distance[m]	Extinction Coefficient [l/m]
1	1.30933	1	1.83258	1	2.65926
5	0.26187	5	0.36652	5	0.53185
10	0.13093	10	0.18326	10	0.26593
15	0.08729	15	0.12217	15	0.17728
20	0.06547	20	0.09163	20	0.13296

는 28%인 14명, 50대는 6%인 3명, 60대 이상은 8%인 4명이 응답하였다. 미취학아동과 초등학생의 비율이 30%로 전체 응답자중 비율이 가장 높았고, 이들을 인솔한 30대와 40대가 46%로 23명으로 가장 많았다. 설문결과 사람들이 가장 인식하기 쉬운 표시 요소의 조합은 ⑨ 테두리, 문 색과 비상구 문자, 그림으로 모든 표시 요소가 들어간 조합이었다.

2.3 감광계수와 시야특성⁽³⁾

본 실험에서는 피실험자가 연기상황에서 출입구를 인지하는 상황을 가정하기 위해 시야가 제한되는 반투명의 특수안대(“화재 피난실험시의 화재피난환경 모사를 위한 불투명 안대” 2010. 특허번호 제10-0938159호)를 사용하였다. 사용한 특수안대는 가시광선 투과율에 따라 3단계(26%, 16%, 7%)로 구분된다.

이와 같은 반투명 안대를 통한 감광의 경우 매질의 거리에 따른 변화가 실제 연기로 인한 감광과는 차이가 있으나, 빛의 감쇠율에 대한 연구농도와 거리의 관계를 통해 실제 연기농도로의 보정이 가능하다. 연기의 농도는 단위용적중의 입자수와 연기중량으로 나타내는 절대농도로 표현할 수 있으나, 일반적으로는 연기 속의 가시량으로부터 구해지는 상대농도인 광학적 농도가 이용되어진다. 26%, 16%, 7%의 빛 투과율을 가진 특수 안대의 감광계수와 거리의 관계는 위의 Table 2와 같다.

즉, Table 2를 통해 투과율 26%의 안대를 착용상태에서 5 m 앞이 보이는 것은 감광계수가 0.26인 연기가 차있는 경우라 할 수 있다. 따라서 빛 투과율 26%의 특수 안대의 경우 5 m 앞의 상황은 희미한 연기가 감돌 때의 농도로 연기 감지기가 작동되고 건물에 익숙하지 않은 사람이 피난 장애를 일으키게 되는 상황이라 할 수 있다. 빛 투과율 16% 특수 안대의 경우는 건물을 잘 알고 있는 사람이 피난할 때 장애를 느끼는 상황, 빛 투과율 7% 특수 안대의 경우에는 손으로 더듬어 피난해야 할 상황으로 화재로 인해 연기의 농도가 가중된 화재상황이라 할 수 있다(Table 3).

Table 3. Extinction Coefficient and Situation

Extinction Coefficient	Situation
0.1 [l/m]	Faint Smoke Density
0.3 [l/m]	People Who Know the Building are Also Hard to Evacuate.
0.5 [l/m]	A Slightly Darker Density
1.0 [l/m]	An Almost Invisible Density
10 [l/m]	Smoke Density of Fire Layer of Fully Developed

3. 방화셔터 출입구의 표시요소 및 색상별 인지에 관한 실험

3.1 실험 개요

본 연구에서는 앞서 선행연구에서 도출한 표시 요소에 적합한 색상 조합을 찾기 위해 실험을 실시하였다. 본 연구의 목적을 위해 도출된 표시 요소들에 색상을 조합하여 피 실험자들에게 가장 쉽게 인지되는 순서대로 순위를 매기게 하였다. 실험유형은 ① 방화셔터의 출입구의 표시 방법에 따라 인식의 차이가 있는지와 ② 가시거리의 차이에 따라 출입구 인식의 변화가 있는지를 알아보기 위해 진행하였다.

실험은 대구시의 K대학교에서 실시되었고 실험인원은 총 122명을 대상으로 수행하였다. 그 중 색맹, 색약 등을 제외한 116명의 실험결과를 통해 데이터분석을 실시하였다. 실험참가자의 평균 연령은 24.7세이다.

3.2 실험 방법 및 유형

실험방법은 사람들을 일정 거리로 유지시킨 다음, 방화셔터 출입구 그림 유형을 보고 우선적으로 눈에 잘 보이는 그림유형 5-10가지를 지정된 번호로 선택하게 했다. 다음으로 선택한 것들 중에서 가장 잘 보이는 순서대로 설문지에 작성하도록 했다. 그 다음, 연기시야의 상황을 가정하여 불투명 안대를 착용한 후 동일한 방식으로 진행했다.

실험에 사용한 그림 유형은 전체 80개로 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑의 5가지 색을 출입구의 테두리, 배경 및 사인 정보에 조합하여 도출하였다. 3가지 요소에 5가지 색을

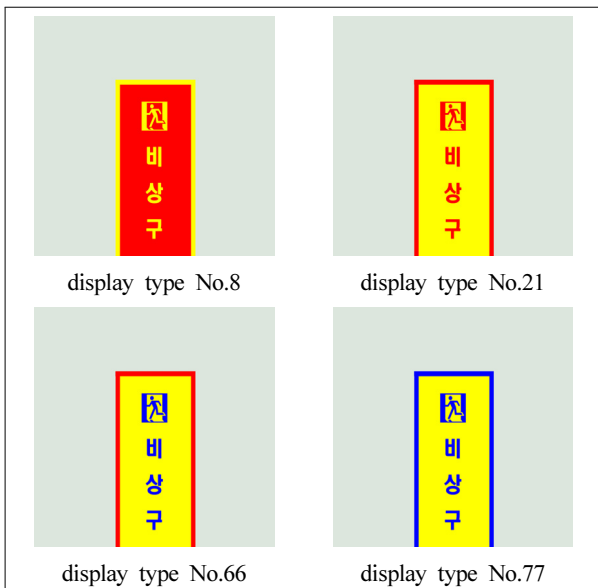


Figure 1. Display type example of door on the fire shutter.



Figure 2. Cognitive experiment.

조합하면 125가지의 유형이 나오지만 인접한 색이 동일한 경우는 제외하여 전체 80개의 그림 유형을 도출하였다.

5가지 색은 2005년 일본대학의 광화상계측센터에서 진행한 연기 속에서 유도등의 색 차이에 의한 인지 실험⁽⁴⁾을 참고하여 선정하였다.

3.3 실험 결과

본 연구에서는 그림 유형들의 순위를 결정하기 위해 실험참가자들 개개인의 순위응답을 고려한 항목구성비율에 기초한 방법⁽⁵⁾을 사용하여 결과를 분석하였다. 이것은 순위와 순위 응답에 서로 다른 가중치를 부여한 후 구성비율을 계산한 것에 기초하여 항목순위를 결정하는 방법이다.

항목 j 에 대해 응답자 i 의 결정 x_{ij} 에 대해, r_{ij} 를 다음과 같이 정의한다.

$$r_{ij} = \begin{cases} 2, & x_{ij} \text{가 1순위일 때} \\ 1, & x_{ij} \text{가 2순위일 때} \\ 0, & x_{ij} \text{가 1순위도 2순위도 아닐 때} \end{cases}$$

Table 4. Multiple Response Analysis Result of Normal Situation

No.	Rate
21	19.71%
77	13.62%
66	7.25%
8	6.96%
30	6.67%
75	5.80%
53	5.51%
28	5.22%
64	4.35%
1	3.77%

이 때 각 응답자는 주어진 k 개의 항목들을 2-1-0의 3점 척도로 평가하되 1점과 2점은 각각 오직 한번만 사용해야 하는 조건부 3점 척도로 볼 수 있다. j 번째 항목 합은 $r_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}$ 이 되고, 전체항목에 대한 총합은 $r_{..} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n r_{ij}$ 이 된다. j 번째 항목에 1순위 또는 2순위로 응답한 비율은 다음과 같다.

$$p_{rj} = \frac{r_j}{r_{..}}$$

이 비율의 순위에 기초하여 항목순위를 결정한다.

무응답이 존재하지 않을 때 $r_{..} = 3n$ 이 되고, $\bar{r}_j = r_j/n$ 일 때 $p_{rj} = \bar{r}_j/3$ 이 되므로, 앞의 완전순위절차에서와 같이 p_{rj} 에 기초한 순위와 j 번째 항목응답평균 \bar{r}_j 에 기초한 순위는 동일하다. 즉, 전체항목 총합대비 각 항목합의 비에 기초한 항목순위 결정방법은 각 항목평균에 기초한 항목순위 결정방법과 동일하다.

분석 결과 각 유형별로 인지되는 정도에 차이가 보였다. 그 중에서 연기가 없는 일반 시야 상황에서 유형 21번(노랑 바탕, 빨강 사인, 빨강 테두리)이 가장 인지도가 높은 것으로 나타났다. 유형 77번(노랑 바탕, 파랑 사인, 파랑 테두리) 역시 높은 인지도를 나타냈다(Table 4).

화재 시의 시야상황에서는 투과율이 26%, 16%인 상황에서는 평상 시의 시야상황과 동일하게 유형 21번(노랑 바탕, 빨강 사인, 빨강 테두리)이 가장 인지도가 높은 것으로 나타났다(Table 5, 6). 투과율이 26%인 상황에서는 유형 66번(노랑 바탕, 파랑 사인, 빨강 테두리)도 유형 21번과 동일하게 선택되었다. 투과율이 7%인 상황에서는 유형 8번(빨강 바탕, 노랑 사인, 노랑 테두리)가 가장 인지도가 높은 것으로 나타났다(Table 7).

3.4 표시 요소별 결과 분석

그림 유형별 선택결과(Table 5, 6, 7)를 살펴본 결과 유형

Table 5. Multiple Response Analysis Result of Emergency Situation (Transmittance T 26%)

No.	Rate
21	8.77%
66	8.77%
30	7.89%
75	7.89%
8	6.14%
15	6.14%
64	4.39%
5	3.51%
28	3.51%
53	3.51%

Table 6. Multiple Response Analysis Result of Emergency Situation (Transmittance T 16%)

No.	Rate
21	13.16%
77	7.02%
30	6.14%
53	5.26%
66	5.26%
28	4.39%
78	4.39%
12	3.51%
15	3.51%
34	3.51%

Table 7. Result of Color Selection by Display Element

	Color	Normal Situation	Emergency Situation (Transmittance T 26%)	Emergency Situation (Transmittance T 16%)	Emergency Situation (Transmittance T 7%)
Edge	Red	37.97%	31.58%	35.09%	15.38%
	Orange	3.19%	13.16%	9.65%	16.24%
	Yellow	12.46%	14.04%	12.28%	29.06%
	Green	18.55%	16.67%	15.79%	20.51%
	Blue	27.83%	24.56%	27.19%	18.80%
Background	Red	13.91%	17.54%	21.93%	39.32%
	Orange	0.58%	4.39%	2.63%	2.56%
	Yellow	73.62%	57.89%	49.12%	14.53%
	Green	8.41%	6.14%	10.53%	17.95%
	Blue	3.48%	14.04%	15.79%	25.64%
Sign	Red	33.04%	29.82%	28.07%	12.82%
	Orange	1.74%	11.40%	9.65%	15.38%
	Yellow	22.90%	24.56%	25.44%	53.85%
	Green	14.20%	12.28%	11.40%	6.84%
	Blue	28.12%	21.93%	25.44%	11.11%

간에 유의미한 선택의 차이가 보이지 않았다. 따라서 본 연구에서는 표시 요소별로 색상 인지 결과를 분석해보았다. 유형 선택결과를 표시요소별로 분석한 결과는 Table 8과 같다.

평상 시의 시야상황에서는 다른 표시 요소들 보다 문의 배경 색의 노랑 바탕일 때 가장 과반수의 실험참가자가 선택하게 되었다는 것을 알 수 있다. 투과율이 26%, 16%일 때도 평상 시의 시야상황보다는 적지만 역시 과반수의 실험참가자가 노랑 바탕일 때 선택한 것을 알 수가 있다. 투과율이 7%인 상황에서는 표시 요소 중 테두리와 문 배경이 실험참가자의 선택에 과반수의 선택에 영향을 주지 못했고, 사인 요소가 큰 영향을 준 것을 알 수 있다.

Table 8. Multiple Response Analysis Result of Emergency Situation (Transmittance T 7%)

No.	Score
8	11.97%
11	7.69%
5	6.84%
10	5.98%
15	5.13%
16	5.13%
21	5.13%
78	5.13%
13	4.27%
34	3.42%

4. 결 론

본 연구에서는 화재상황에서 연기에 의해 인식이 어려운 위험이 있는 방화셔터 출입구의 표시요소 및 색상별 인지특성에 대해서 알아보고자 설문조사 및 실험을 수행하여 연구 진행하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 방화셔터의 출입구는 문의 테두리, 배경, 사인 정보 등을 제공하는 것이 사람들이 가장 인식하기 좋았다.
2. 평상 시의 시야상황에서는 노랑 바탕, 빨강 사인, 빨강 테두리를 가진 출입구가 가장 인식하기가 좋았다.
3. 연기가 퍼진 상황에서는 연기가 짙어 앞이 보이지 않을 정도의 상황을 제외하고는 평상 시의 시야상황과 똑같이 노랑 바탕, 빨강 사인, 빨강 테두리를 가진 출입구가 가장 인식하기가 좋았다.
4. 연기가 짙은 투과율이 7%의 상황에서는 빨강 바탕, 노랑 사인, 노랑 테두리가 가장 인식하기가 좋았다.
5. 표시 요소들 중 가장 실험참가자들에게 영향이 큰 요소는 출입구의 배경색이었다.

연구결과 전체적으로 방화셔터 출입구의 바탕색을 노란색으로 하는 것이 가장 큰 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 하지만 연기가 짙어져 시야가 가장 보이지 않는 상황에서는 노랑 바탕색이 거의 효과가 없었으므로 이를 보완할 다른 장치 또한 필요할 것으로 판단된다. 연구결과 중 노란색의 사인 표시가 연기가 짙은 상황(투과율 7%)에서 도움이 될 것이라 판단되지만 현재의 사인 시스템은 녹색으로 표시되고 있다. 이에 관해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구는 20-30대 성인만을 대상으로 하였으므로 다양한 연령대를 고려하지 못한 한계가 있어 이에 대한 보완 연구 또한 필요할 것이다.

후 기

이 논문은 2016년도 정부[미래창조과학부]의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016R1A2A1A05005459).

References

1. W. H. Hong, "A study on safe egress countermeasure in Underground Space through the Analyzing survivors' exit patterns of Daegu city subway arson", Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 21, No. 1, pp. 235-242 (2005).
2. W. J. Keum, J. Y. Son, G. Y. Jeon and W. H. Hong, "A Study on Effective Display Method of Single unit Fireproof Entrance", Proceedings of 2016 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 15-16 (2016).
3. G. Y. Jeon, "An Analysis of Evacuation System Development for Underground Space with Consideration to Behaviors and Cognitive Characteristics of Humans Under Emergency Situations", Kyungpook National University, Daegu, KR (2006).
4. J. S. Choi, "A Study on Safety Design Colors of Evacuation Guidance Sign in Case of Fire -Focused on Exit Light-", Journal of Korea Society of Color Studies, Vol. 28, No. 3, pp. 39-47 (2014).
5. S. Y. Heo, "Ordering Items from Ranking Procedures in Survey Research", Journal of the Korean Association for Survey Research, Vol. 9, No. 2, pp. 29-49 (2008).