JESK J Ergon Soc Korea 2024; 43(1): 27-40
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2024.43.1.27
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Research on the Application of Safety Signs using Optical Illusions in Industrial Sites - Focusing on Fall and Collision Prevention

Seung Nam Min

Donyang University, Department of Smart Safety System, Gyeonggi-do, 11307

산업현장에서의 착시현상을 이용한 안전표지판 적용에 관한 연구 – 추락 및 충돌방지를 중심으로

민 승 남

동양대학교 스마트안전시스템학부

Corresponding Author
Seung Nam Min
Donyang University, Department of Smart safety system, Gyeonggi-do, 11307
Email : msnijn12@hanmail.net

Received : October 06, 2023
Revised : December 25, 2023
Accepted : January 09, 2024

Objective: This study aims to investigate the feasibility of using optical illusions for safety and health to address the high accident rates of falls and collisions in industrial settings worldwide.

Background: A Study on the Application of Optical Illusion Safety Signs in Industrial sites – Focusing on Fall and Collision Prevention. In many cities worldwide, efforts are being made to prevent accidents by creating an optical illusion on crosswalks that gives approaching vehicle drivers the perception that the crosswalk is floating above the road.

Method: For this study, five optical illusions were selected through focus group interviews (FGI), and a survey was conducted among 367 participants, including 48 safety managers and 319 workers. The survey was conducted using a 5-point Likert scale, and participants were asked to select words that best described their perception of each illusion. Cronbach's Alpha and ANOVA were conducted as part of the study.

Results: The results showed that Cronbach's Alpha value for the questionnaire was above 0.8, indicating good internal consistency. Concerning falls, Optical Illusion 2 was significantly rated higher than Optical Illusion 1. Optical Illusion 5 was significantly rated higher than Optical Illusion 3 and 4 in the collisions. In summary, Optical Illusion 2 and 5 were found to be highly applicable in the real-world settings.

Conclusion: These findings suggest that safety signs utilizing optical illusions are likely to be highly effective in preventing accidents.

Application: However, for these safety signs to be effective in accident prevention, additional consideration should be given to user learning effects, distraction effects, and the psychological impact on users.

Keywords: Optical illusions, Safety signs, Fall, Collision prevention

Copyright@2024 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

1. Introduction

고용노동부 통계에 따르면 2021년 산업현장 사고 사망자수는 828명이다. 이 중에서 건설현장의 사고사망자는 417명으로 50.4%에 해당한다(Jeong, 2022). 이처럼 건설현장의 사고 사망자수는 지속적으로 높아지고 있는 실정에서 2022년 1월 27일부터 중대재해처벌법이 시행되었지만 50명 미만인 사업장이나 공사금액 50억 미만 공사는 2024년 1월 27일부터 시행을 계획하고 있다(Country Legal Information Home page, 2023). 또한 건설업뿐 아니라 한국의 사망사고 만인율은 주요 국가와 비교하면 2~3배 높은 것으로 나타나고 있다(Kim and Kim, 2019).

산업재해의 정의를 산업안전보건법에 의해 살펴보면, "산업재해"란 노무를 제공하는 사람이 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업 또는 그 밖의 업무로 인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 걸리는 것을 의미하고 있다(Country Legal Information Home page, 2023). 또한 재해사례를 기반으로 한 사고유형별 산업안전보건법 실태조사 연구논문을 보면, 사고 원인과 관련 있는 산업안전보건법 조항을 도출하였다. 이중 산업안전보건법 제4장 유해위험예방조치와 관련된 조항이 약 54.7%로 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났다(Lee and Min, 2019). 이중 유해위험예방조치에서는 위험성평가, 안전보건표지의 설치, 안전/보건조치, 유해위험방지계획서, 안전보건진단, 작업중지 등에 대한 내용이 포함되어 있다. 안전보건표지의 설치 부착은 근로자의 안전 및 보건 의식을 고취하기 위한 사항 등을 포함하여 그림, 기호, 및 글자 등으로 나타난 표지로 근로자가 쉽게 알아볼 수 있도록 설치야 한다. 이에 Park and Yoo (2009)은 나노 안전보건표지판에 대해서 나노안전 인식률을 연구하였으며, 안전보건표지판에 대한 근로자 인식률에 대한 연구가 지속되어야 한다고 보고하였다. 또한 Kim et al. (2019)는 안전보건표지판의 이해 용이성에 대해서 연구하였으며, 국내 150명을 대상으로 주관적 이해도 설문조사를 실시하였다. 그 결과 이해 용이성이 높은 것은 금지, 표지가 가장 높게 나타났으나, 안전보건표지판은 정확한 의미 전달과 시인성이 높아야 된다고 발표하였다. 이처럼 이해 용이성을 평가하는 연구는 진행되고 있지만 시인성(근거리에서 안전보건표지판이 정확하게 보여지는 것)에 관한 연구는 미진한 상태이다.

각 산업별 발생되는 원인은 다르지만 모든 재해의 발생원리는 일관되게 찾을 수 있다. 하인리히의 도미노 이론(Lee et al., 2008)과 버드의 도미노 이론(Kim et al., 2019) 그리고 아담스의 사고연쇄반응이론(Park, 1993) 등에서는 불안전한 상태와 행동 즉, 직접 원인을 제거해야 한다고 공통적으로 말하고 있다. 그러므로 안전보건표지판은 근로자의 행동의식 개선을 목적으로 설치하기 때문에 불안전한 행동을 안전한 행동으로 변화시킬 수 있는 것이라 할 수 있다. 본 연구에서는 안전보건표지판을 착시현상처럼 구축하면 이해 용이성과 시인성이 높이질 거라 가정하고 연구를 진행하게 되었다.

착시현상과 안전에 관련된 연구를 살펴보면, 횡단보도에 많이 이용되는 것으로 나타나고 있다. 특히 횡단보도는 주변에 보호장벽 등

Figure 1. The 3D crosswalk painted in urban Yangon (top left: drivers' perspective; top right: bird's eye view; bottom: top view). Source: Siebert et al. (2022)

이 없기 때문에 자동차 운전자의 실수 또는 보행자의 실수로 인해서 사고가 빈번하게 일어난다(Otte et al., 2012). Siebert et al. (2022)은 미얀마 양곤에 위치한 도시에서 3D 횡단보도에서 설문조사를 실시하였으며(Figure 1). 피실험자(보행자, 자동차 운전자)는 3D 횡단보도가 기존 횡단보도보다 도로를 건너기에 더 안전하다고 평가했다. 또한 Pan et al. (2023)은 해저터널 내 착시 감속표시(DIDM: optical illusion deceleration markings)를 적용하여 시인성 및 안전성이 증가함을 보고하였다.

이처럼 착시현상은 교통안전 분야에 대해서 연구되고 있으며 점차 확대되고 있는 추세이다. 그러므로 본 연구의 목적은 착시현상(3D)을 이용한 안전보건표지판이 현장적용 가능성 있는지를 알아보는 것이다.

2. Method

2.1 Subject

본 연구를 위해서 적용 가능한 착시 모습이 산업현장에 적용 가능성을 검토하기 위해 FGI (focus Group Interview)를 실시하였으며, FGI는 안전공학과 교수 5명으로 구성하였다. 또한 FGI에서 검토된 착시현상이 현장 적용성을 보려면 안전관리자 48명에게 설문조사를 실시하였다. 안전보건표지판은 근로자들이 실제적으로 사용해야 하는 것이기 때문에 근로자들에 의견을 수렴하기 위해서 319명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 건설과 제조로 구분하여 실시하였다(Table 1).

Table 1. Survey respondent status

	FGI	Safety manager		Worker	
		Construction	Manufacturing	Construction	Manufacturing
No.	5	30	18	171	148
Total	5	48		319	

2.2 Procedure

착시현상이 안전보건표지판으로 적용 가능한지를 알기 위해 1) 착시현상 검색, 2) 건설과 제조로 분류, 3) 안전관리자 대상으로 적용 가능성에 대한 설문조사 실시, 4) 안전관리자가 선택한 적용 가능성이 높은 것을 대상으로 근로자에게 설문조사 실시, 5) 설문조사 결과에 대한 FGI 실시하는 순으로 진행하였다(Figure 2).

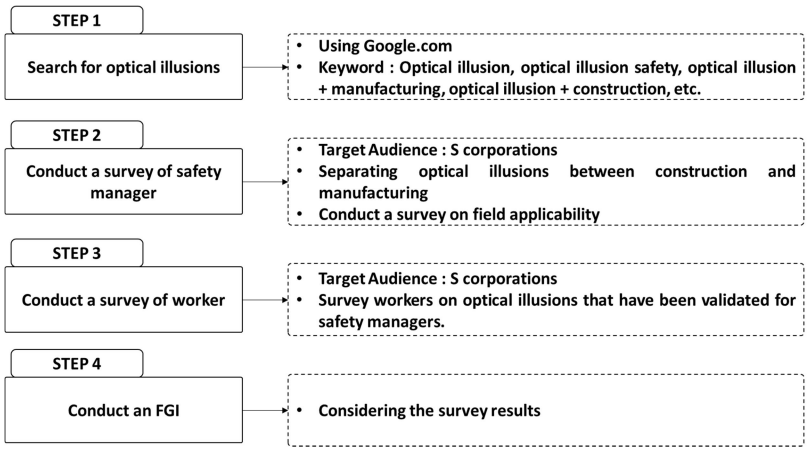


Figure 2. Procedure for determining the applicability of safety and health signs using optical illusions

2.3 Illustration of used optical illusions

안전보건표지판이 착시현상으로 사용 가능한지에 대해서 알아보기 위해서 아래와 같은 착시현상 그림을 도출하고 FGI를 통해 산업현장에서 사용한 가능 착시현상을 선택하고 설문조사에 사용하였다(Figure 3). 이중 FGI를 통해서 최종적으로 선택된 착시현상 그림은 No. 1, 3, 4, 6, 8이였다.

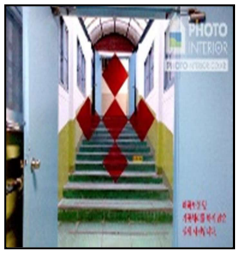
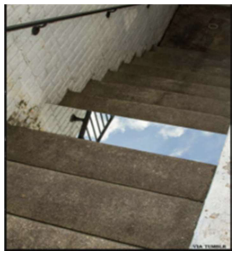
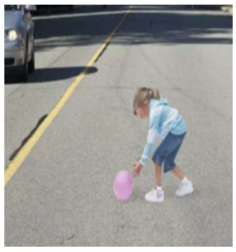
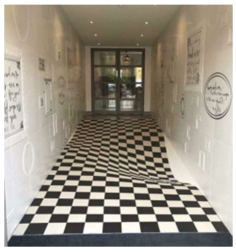
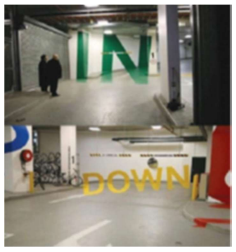
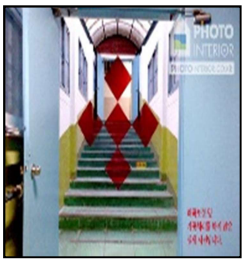
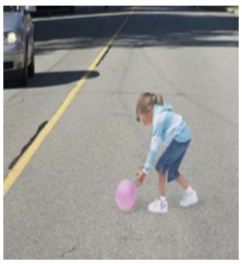
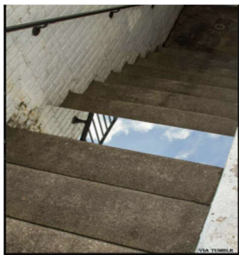
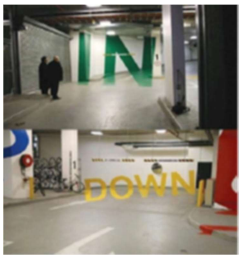
		
No. 1. Making spaces and figures separate	No. 2. The footer appears to be raised	No. 3. A view of one staircase with an opening
		
No. 4. A child tries to catch a balloon in the road	No. 5. A view of the floor showing distortion (to discourage visitors from running)	No. 6. A view showing the entrance and exit
No. 7. A child tries to catch a balloon in an underground parking garage.	No. 8. Looking like a raised white mark on the road	No. 9. A cubic block rising from the road.

Figure 3. Illustration of an optical illusion before it becomes a filter in FGI

착시현상 그림은 1, 3, 4, 6, 8으로 FGI를 통해서 최종적으로 선택되었다(Figure 3). 선택된 이유로는 지게차 이동경로, 추락에 적용 가능, 근로자와 지게차 이동통로, 추락방지를 위한 개구부/단부에 사용가능 할 거라고 판단하였다(Table 2).

Table 2. Optical illusion illustration finally selected in FGI

Optical illusions		Expert opinion	Optical illusions		Expert opinion
No. 1		Applicable to falls protection	No. 3		Applicable to forklift moving floor (Collision avoidance and Traffic guidance)
No. 2			No. 4		
			No. 5		

2.4 Questionnaire

설문조사는 안전관리자와 근로자용을 같이 구성하여 실시하였다. 대부분의 응답은 5점척도로 진행하였다. 질문은 "그림과 같이 현장에 적용되었을 경우 현장에서 좀더 철저히 안전보건표지판를 준수할 수 있겠습니까?"로 물어보았다(Table 3).

Table 3. A survey on optical illusions for safety managers and workers

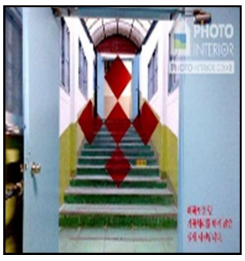
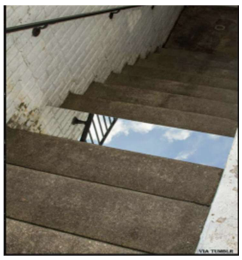
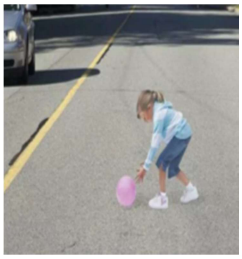
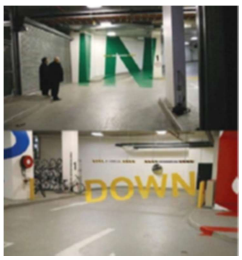
No	Optical illusions	Expert opinion	5-point scale[1]				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1		Applicable to falls protection					

Table 3. A survey on optical illusions for safety managers and workers (Continued)

No	Optical illusions	Expert opinion	5-point scale[1]				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2		Applicable to falls protection					
3		Applicable to forklift moving floor (Collision avoidance and Traffics guidance)					
4							
5							

[1](1): Very unfamiliar, (2): Unfamiliar, (3): Somewhat familiar, (4): Familiar, (5): Very familiar

2.5 Analysis

설문조사 결과는 Cronbach's alpha 통해 내일관성을 분석하였으며, 추락방지를 묻는 설문지에 대한 분산분석은 2(착시현상: No. 1, No. 2) × 2(직업: 안전관리자, 근로자) × 2(산업: 건설, 제조)로 설계하였고, 충돌방지를 묻는 설문지에 대한 분산분석은 3(착시현상: No. 3, No. 4, No. 5) × 2(직업: 안전관리자, 근로자) × 2(산업: 건설, 제조)로 설계하였다. 또한 분산분석 조건인 정규성(Spahpiro-wilk), 등분산성(Student's t)을 만족하였다.

3. Results

3.1 Validate consistency on surveys (Cronbach's Alpha)

본 설문조사 결과 건설업 안전관리자 0.970, 제조업에서는 0.891, 건설업 근로자는 0.941, 제조업 근로자 0.912로 Cronbach's Alpha 값이 0.8 이상이 나왔으므로 내일관성(Raykov and Marcoulides, 2011)이 있는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Cronbach's Alpha value for optical illusion survey

Cronbach's Alpha			
Safety manager		Worker	
Construction	Manufacturing	Construction	Manufacturing
0.970	0.891	0.941	0.912

3.2 Analysis of variance for surveys

착시현상 No. 1과 2인 추락에 대해서 분산분석을 실시하였다. 그 결과 주효과인 추락방지 착시현상(p=0.000), 직업(p=0.040), 산업(p=0.012)에서 유의미한 차이가 나타났다. 또한 상호작용인 착시현상 × 직업군(p=0.002), 착시현상 × 산업(p=0.002)이 유의미하게 다르게 나타났다(Table 5).

Table 5. Analysis of variance results for fall prevention optical illusions No. 1 and No. 2

Source		Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Optical illusions	No. 1_No. 2	46.108	1	46.108	27.043	.000***
Occupation	Manager1_Worker2	7.187	1	7.187	4.215	.040**
Industry	Construction1_Manufacture2	10.745	1	10.745	6.302	.012**
Optical illusions × Occupation		16.893	1	16,893	9.908	.002***
Optical illusions × Industry		16.891	1	16,681	9.783	.002***
Occupation × Industry		.319	1	.319	.187	.665[a]
Optical illusions × Occupation × Industry		3.549	1	3.549	2.082	.150[a]

*: p<0.1, **: p<0.05, ***: p<0.01, a: no significant

유의미한 차이가 나타난 주효과에 대해서 비교를 실시하였다. 그 결과 착시현상 No. 1은 평균 2.95±1.40, 착시현상 No. 2는 평균 3.42±1.29으로 추락방지 착시현상 No. 2가 약 0.46 높게 나타났다. 안전관리자와 근로자를 비교해 보면 안전관리자는 평균 3.47±1.35, 근로자는 평균 3.14±1.36으로 나타났고 안전관리자가 추락방지 착시현상 도입에 대한 선호도 의견이 0.32 높고, 건설현장과 제조현장에서는 건설현장 평균 3.38±1.33, 제조현장은 평균 1.33±1.37로 나타났다. 이 결과는 안전관리자는 추락예방 착시현상이 사고예방을 위한 도입이 가능할 거라 판단하였다. 유의미하게 나타난 상호작용 착시 × 직업을 보면, 착시 No. 1에서는 안전관리자는 평균 2.77±0.42와 근로자 평균 2.98±0.47에 차이값은 0.213으로 근로자가 높게 나타났지만 착시현상 No. 2에서는 안전관리자 평균 4.17±0.34과 근로자 평균 3.30±0.43에 차이값은 0.863으로 안전관리자가 높게 나타났다. 그리고 안전관리자와 근로자 모두 착시 No. 1보다는 착시 No. 2

를 더 선호하는 것으로 나타났다. 또한 유의미하게 나타난 상호작용 착시 × 산업을 보면, 착시 No. 1에서는 건설 평균 3.00±1.40와 제조 평균 2.90±1.40에 차이값은 0.107로 건설이 높게 나타났고 착시현상 No. 2에서도 건설 평균 3.76±1.14과 제조 평균 3.01±1.34에 차이값은 0.750으로 건설이 높게 나타났다. 그리고 안전관리자와 근로자 모두 착시 No. 1보다는 착시 No. 2를 더 선호하는 것으로 나타났다(p<0.05) (Figure 4).

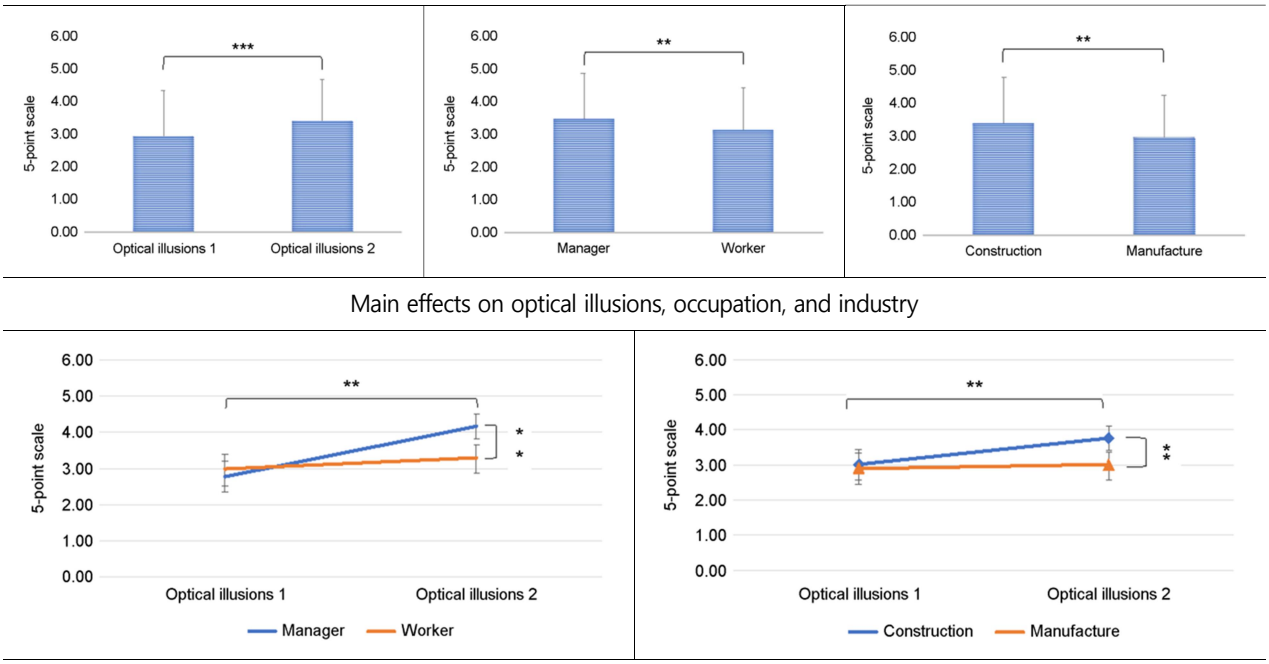


Figure 4. Post Hoc analysis of main effects and interaction effects for fall protection on optical illusions, occupation, and industry (*: p<0.1, **: p<0.05, ***: p<0.01)

착시현상 No. 1, No. 2, No. 3인 충돌방지에 대해서 분산분석을 실시하였다. 그 결과 주효과인 충돌방지 착시현상(p=0.000), 직업(p=0.000)에서 유의미한 차이가 나타났다. 또한 상호작용에서는 착시현상 × 직업(p=0.002), 착시현상 × 산업(p=0.002), 직업 × 산업(p=0.004)에서 유의미하게 다르게 나타났다(Table 6).

Table 6. Analysis of variance results for collision prevention optical illusions No. 1, No. 2 and No. 3

Source		Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Optical illusions	No. 1_No. 2_No. 3	108.612	2	54.306	37.364	.000***
Occupation	Manager1_Worker2	23.511	1	23.511	16.176	.000***
Industry	Construction1_Manufacture2	2.410	1	2.410	1.658	.198[a]
Optical illusions × Occupation		17.940	2	8.970	6.171	.002***
Optical illusions × Industry		18.389	2	9.194	6.326	.002***

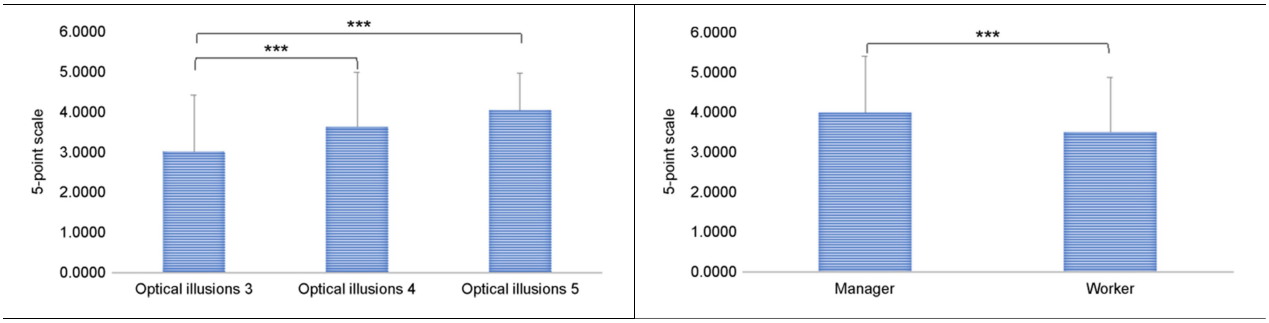
Table 6. Analysis of variance results for collision prevention optical illusions No. 1, No. 2 and No. 3 (Continued)

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	*F*	Sig.
Occupation × Industry	12.149	1	12.149	8.359	.004***
Optical illusions × Occupation × Industry	9.679	2	2.840	1.330	.136[a]

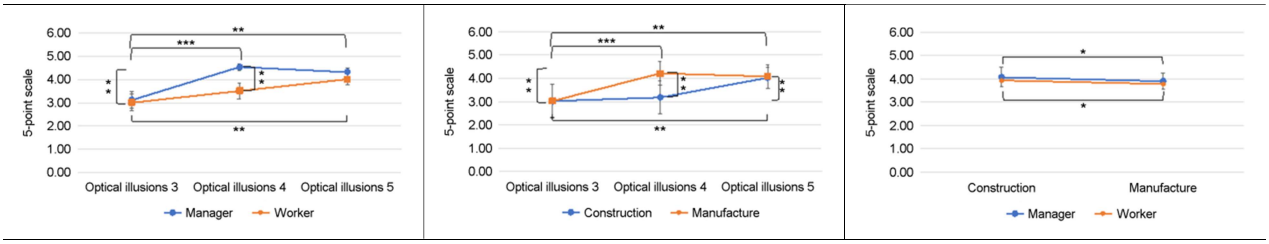
*: $p<0.1$, **: $p<0.05$, ***: $p<0.01$, a: no significant

유의미한 차이가 나타난 주효과에 대해서 비교를 실시하였다. 그 결과 착시현상 No. 3은 평균 3.03±1.43, 착시현상 No. 4는 평균 3.65±1.37, 착시현상 No. 5는 평균 4.06±0.94로 착시현상 No. 5가 가장 높게 나타났다. 이 결과는 착시현상 No. 3, 4보다 착시현상 No. 5가 충돌방지 대한 효용성 높다고 판단할 수 있다. 안전관리자와 근로자를 비교해 보면 안전관리자는 평균 4.00±1.17, 근로자는 평균 3.51±1.34으로 나타났고 안전관리자가 충돌방지 착시현상 도입에 대한 선호도 의견이 0.48 높게 나타났다. 이 결과는 일반적인 글씨보다는 사람과 바닥이 올라오는 착시현상에 지게차 등이 운전할 때 인지력이 높아지는 것으로 판단할 수 있다.

유의미하게 나타난 상호작용 착시 × 직업을 보면, 착시 No. 3에서는 안전관리자 평균 3.13±0.36와 근로자 평균 3.01±0.36으로 차이값은 0.11로 안전관리자가 높게 나타났다. 이는 유의미한 차이가 나타났지만 평균 3점대로 그 실효성이 없는 것으로 판단하였다. 상호작용 착시 × 산업을 보면, 착시 No. 3에서는 건설업 평균 3.02±0.71과 제조업 평균 3.03±0.73로 나타났으며, 차이값은 0.11로 제조업이 높게 나타났다. 이는 착시현상 No. 5 안전관리자와 근로자 모두 선호하는 착시현상으로 나타났으며 착시현상 No. 3는 어린아이가 직접적으로 보이는 것에 대해서는 작업 능률이 낮아질 거라는 생각으로 평균 3점대에 점수가 나타난 것으로 판단하였다. 착시현상 No. 4에서는 안전관리자 평균 4.54±0.15와 근로자 평균 3.52±0.35으로 차이값은 1.02으로 안전관리자가 높게 나타났다. 또한 착시 No. 4에서는 건설업 평균 3.19±0.72과 제조업 평균 4.21±0.52로 나타났으며, 차이값은 1.02로 제조업이 높게 나타났다. 이는 안전관리자는 실효성이 높을 것이라 판단하지만 실제적으로 운전을 하는 근로자들은 착시에 의해서 운전 시에 기계장치 등에 대한 구분이 어려운 점도 있을 거라 의견이 있었다. 그러므로 운전 중에 다른 기계장치, 보행 중인 근로자 등과의 연계성을 고려하여 색채 등을 고려하여 적용해야 그 실효성이 높아질 거라 판단한다. 또한 착시현상 No. 5에서는 안전관리자 평균 4.33±0.19와 근로자 평균 4.02±0.24으로 차이값은 0.32으로 안전관리자가 높게 나타났고 착시 No. 5에서는 건설업 평균 4.03±0.44과 제조업 평균 4.09±0.50로 나타났으며, 차이값은 0.06로 제조업이 높게 나타났다. 이는 착시현상 중에서는 그림 5를 선호하였으며, 건설업보다는 제조업에서 높게 선호하는 것으로 나타났다. 또한 상호작용 산업 × 직업을 보면, 안전관리자와 근로자에 대해서는 유의미한 차이가 나지 않았다. 다만, 안전관리자에서는 건설업 평균 4.07±1.12, 제조업은 평균 3.89±1.12로 나타났으며, 차이값은 0.17로 건설업이 높게 나타났다. 근로자에서는 건설업 평균 3.92±0.89, 제조업은 평균 3.76±1.31로 나타났으며, 차이값은 0.16으로 건설업이 높게 나타났다(Figure 5). 이는 충돌사고는 건설업보다는 제조업에서 빈번하게 나타나기 때문에 나온 결과라 판단되며, 안전관리자 선호도가 높게 나타난 것은 기술적 대책보다는 인적오류(Human error)를 대비하기 위함으로 판단된다.



Main effects on optical illusions and occupation



Interaction effects for optical illusions × occupation, and optical illusions × industry, and Occupation × Industry

Figure 5. Post Hoc analysis of main effects and interaction effects for Collision Prevention on optical illusions, occupation, and industry (*: p<0.1, **: p<0.05, ***: p<0.01)

4. Discussion

국제표준화기구 그래픽심벌위원회(ISO/TC145)에 속해있는 ISO 9186 (2007)는 안전보건표지 기준을 통과하기 위해서는 설문응답자의 66% 이상이 안전표지의 의미를 정확히 인식하고 있어야 한다고 보고하였다. 그러므로 인식률을 높이기 위해서 착시현상에 대한 안전보건표지판이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구 결과에서는 추락에 경우 착시현상 그림 1과 2 중에 2가 더욱 효과가 높은 것으로 나타났다. 이는 FGI 논의에서 추락에 대한 직관적인 인식을 높여야 추락 회피를 확실하게 할 수 있을 거라 판단하였다. 또한 근로자보다는 안전관리자가 더욱 필요하다고 응답하였으며, 제조업보다는 건설업에서 더욱 도입이 필요하다고 응답하였다. 이는 한국에 경우 2022년 12월 안전보건공단에서 발표한 산업재해 통계를 보면, 재해자는 제조업은 작년 대비 155명 감소, 건설업은 1,302명 증가하였으며(KOSHA Home page, 2023), 미국에서도 건설업은 1,015명(Bureau of Labor Statistics (b), 2023), 제조업은 2022년 77명(Bureau of Labor Statistics Home page (a), 2021)으로 제조업보다 건설업에 대한 추락재해가 높게 나타나고 있다. 그러므로 건설업에서 종사하는 안전관리자나 근로자가 추락에 대한 위험성을 더 높게 인지하고 있으며 안전보건 표지판도 직관적으로 인지 할 수 있는 착시 그림 2를 선호하는 것으로 판단된다. 또한 3D로 표지판을 구축하는 사례도 늘어나고 있으나, 시인성이 좋게 만드는 것으로 그치고 있다. 또한 안전난간은 추락을 방지하는 목적으로 설치하는 것이기 때문에 안전난간에 기대는 작업 또는 안전난간과 근접한 장소에서 작업을 해서는 안된다. 즉 추락 위험지역에 접근금지로 받아 들여야 한다. 그러므로 착시 그림 2를 추락 위험지역에 표시하고(그림 그리기) 위험표지판을 설치하여 2중으로 근로자에 추락에 대한 위험인지를 더욱 향상시켜 위험지역에 접근을 방지할 수 있을 거라 판단된다 (Table 7).

Table 7. Current hazard signs (2D, 3D) and optical illusions proposed in the study

2D sign	3D projecting sign	Optical illusions No. 2

충돌에 대한 착시현상은 안전관리자와 근로자 모두 No. 5를 가장 선호하는 것으로 나타나고 있었으며, 근로자 보다는 안전관리자가 더욱 선호하는 것으로 나타났다. 이는 인간의 정보는 오감을 통해서 받아들여진다. 즉, 인간의 감각수용 및 지각과정, 인지 및 정보화

과정, 반응 선택 과정 그리고 실행 및 피드백 과정에 이르는 모든 정보처리 단계를 거치며 운전자(지게차 운전자 등) 도로 상황이나 제약 조건 등의 운전 환경을 나타내는 미리 정해진 시나리오에 적절히 대응한다(Prokop, 2000; Delorme and Song, 2001; Prokop, 2001). 그러므로 충돌사고 방지를 위해서는 착시현상을 적용하여 안전사고를 감소할 수 있을 거라 판단되지만 Charlton and Starkey (2013, 2018)은 운전자의 3D 횡단보도 인식률이 상대적으로 낮아질 수 있는 이유로 비슷한 착시현상 그림을 자주 봄으로서 운전자가 익숙해지는 효과를 이야기하였다. 그러므로 착시현상을 통한 사고방지에 대해서는 운전자에 대한 학습효과에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 그러나 정기적으로 착시현상 그림을 변경한다면 안전사고 감소에 효과적일 거라 판단된다.

또한 안전관리자는 착시현상 No. 4를 선호하는 것으로 나타났지만 근로자는 선호하지 않는 것으로 나타났고, 건설업보다는 제조업에서 충돌에 관한 착시현상 표지판을 선호하는 것으로 나타났다. 이는 NATIONAL CENSUS OF FATAL OCCUPATIONAL INJURIES IN 2021 레포트에 의하면 운송에 대한 사고가 가장 높고, 그 다음이 추락, 미끄러짐, 넘어짐이 다음순으로 나타나고 있다(Bureau of Labor Statistics Home page (c), 2021). 그러므로 운송사고의 비율이 높은 제조업에서 더 선호하는 것으로 판단된다. 또한 건설업에서는 지반공사 시 바닥이 흙으로 되어 있어서 착시현상 그림을 바닥에 적용하기 힘들 것으로 판단된다.

이러한 연구 결과는 착시현상이 사고방지에 도움이 될 거라 판단되지만 다양하게 검토돼야 할 점이 있다. Wickens and Hollands (2000)는 대체 자극을 통해 유도하는 과정에서 실제 환경과는 상이한 상황인식에 대한 정보 과정이 나타나게 되고 이에 대해 인위적인 주의자원 분배 과정을 갖는다고 보고하였다. 그러므로 착시현상이 주의 집중력과 주의 분산에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 그리고 Siebert et al. (2022)는 3D 효과는 잠재적으로 보행자의 안전을 증진하는 데 사용될 수 있다고 보고하였고 Feldman et al. (2010), Fitzpatrick et al. (2011), Guo and Boyle (2022), Pulugurtha et al. (2012), Sarwar et al. (2017)은 횡단보도의 가시성이 높으면 보행자 안전도 높아진다고 보고하였다. 그러나 3D로 지각된 안전 수준이 실제 안전 수준과 일치하는 것이 아니며(Cho et al., 2009), 착시현상을 이용하는 사용자는 안전 수준(법적 수준)이 높아질 수록 더 위험한 행동을 보일 수 있다(Wilde, 1982). 그러므로 현장연구를 통해서 사용자가 더 위험한 행동을 하는 지에 대한 추가적인 연구도 필요할 것이다. 대부분의 국가에서는 안전관련법에서 추락 및 충돌 등에 안전사고에 관한 법령이 마련되어 있다. 기존연구에서도 단순히 3D를 이용하여 교통법규를 지키는 것도 있지만 실제적으로는 법규(과태료 등)가 강력할 수록 지켜지는 것을 배제할 수 없다(Britt et al., 1995; Schneider and Sanders, 2015). 그러므로 착시현황을 적용 시에는 적용하는 나라별 법규 미 이행 시에 처벌 조항을 고려할 필요가 있다.

추락 및 충돌에 대한 사고위험을 감소하기 위해서는 착시현상과 실제 환경을 적절하게 적용하는 것이 필요할 것이다. 위험지역에 근로자가 접근하지 않도록 실제 환경을 구축한다면 안전을 높이는 데 더 효과적인 방법이 될 것이다(McLeod and Curtis, 2020; Johansson, 2009). 그러므로 기존에 구조적인 안전시스템에 착시현상을 접목하는 방식으로 접근한다면 추락 및 충돌 사고가 감소할 것으로 판단된다.

5. Conclusion

본 연구의 목적은 착시현상(3D)을 이용한 안전보건표지판이 현장적용 가능성 있는지를 알아보는 것이다. 이를 위해 건설업, 제조업 대상으로 총 367명을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 그 결과 추락에 대해서는 착시현상 그림 2로 건설업과 안전관리자의 선호도가 높았고, 충돌에 대해서는 착시현상 그림 5로 제조업과 안전관리자의 선호도가 높게 나타났다. 이는 착시현상 표지판이 안전사고방지에 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다. 추후 근로자의 학습효과, 주의분산효과, 사용자가 착시현상 표지판에 대한 받는 긍정(또는 부정)적 이미지 등이 고려된다면 안전사고방지에 효과성을 높아질 것이다.

References

Britt, J.W., Bergman, A.B. and Moffat, J., Law enforcement, pedestrian safety, and driver compliance with crosswalk laws: Evaluation of a four-year campaign in Seattle. *Transportation Research Record*, 1485, 160-167, 1995.

Bureau of Labor Statistics Home page (a). https://www.bls.gov/iif/snapshots/isn-manufacturing-2016-20.htm (retrieved October 1, 2023).

Bureau of Labor Statistics Home page (b). https://www.bls.gov/news.release/pdf/cfoi.pdf (retrieved October 1, 2023).

Bureau of Labor Statistics (c). https://www.bls.gov/opub/ted/2023/construction-deaths-due-to-falls-slips-and-trips-increased-5-9-percent-in-2021.htm (retrieved October 1, 2023).

Charlton, S.G. and Starkey, N.J., Driving on familiar roads: Automaticity and inattention blindness. Transportation Research Part F, *Traffic Psychology and Behaviour*, 19, 121-133, 2013.

Charlton, S.G. and Starkey, N.J., Memory for everyday driving. Transportation Research Part F, *Traffic Psychology and Behaviour*, 57, 129-138, 2018.

Cho, G., Rodríguez, D.A. and Khattak, A.J., The role of the built environment in explaining relationships between perceived and actual pedestrian and bicyclist safety. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 692-702, 2009.

Country Legal Information Home page. https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A4%91%EB%8C%80%EC%9E%AC%ED%95%B4%EC%B2%98%EB%B2%8C%EB%B2%95 (retrieved October 1, 2023).

Delorme, D. and Song, B., *Human driver model for SmartAHS*. California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-2001-12. Institute of transportation studies, University of California, Berkeley, 2001.

Feldman, M., Manzi, J.G. and Mitman, M.F., Empirical Bayesian evaluation of safety effects of high-visibility school (yellow) crosswalks in San Francisco, *California. Transportation Research Record*, 2198(1), 8-14, 2010.

Fitzpatrick, K., Chrysler, S.T., Iragavarapu, V. and Park, E.S., Detection distances to crosswalk markings: Transverse lines, continental markings, and bar pairs. *Transportation Research Record*, 2250(1), 1-10, 2011.

Guo, H. and Boyle, L.N., Driving behavior at midblock crosswalks with rectangular rapid flashing beacons: Hidden Markov model approach using naturalistic data. *Accident Analysis & Prevention*, 165, 2022.

International Organization for Standardization, ISO 9186-1 Graphical symbols: Test methods. Part 1: Methods for testing comprehensibility, 2007.

Jeong, M., [Contractor Alternative] The Kingpin for Preventing Safety Accidents on Construction Sites with the Severe Accident Punishment Act. *Construction Engineering and Management*, 23(2), 18-21, 2022.

Johansson, R., Vision Zero-Implementing a policy for traffic safety. *Safety Science*, 47(6), 826-831, 2009.

Kim, J.S. and Kim, B.S., Characteristics Analysis of Seasonal Construction Site Fall Accident using Text Mining. *the Korean Construction Management Association*, 20(3), 113-121, 2019.

Kim, K.W., Min, S.K., Lim, H.C. and Cho, Y.F., Management and Ease of Comprehension for Safety and Health Signs. *The Korean Society of Safety*, 34(3), 65-74, 2019.

KOSHA Home page. https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs_seq=20230300058 (retrieved October 1, 2023).

Lee, J.S., Hong, J.S. and Kim, J.J., A Self-control Safety Management Activity Model in Construction Sites through Analysis of Success Factors. *The Korea Institute of Building Construction*, 8(5), 109-117, 2008.

Lee, K.S. and Min, S.N., Investigation of the Occupational Safety and Health act by Accident Types of Industrial Accidents: Case Study. *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 38(2), 129-139, 2019.

McLeod, S. and Curtis, C., Integrating urban road safety and sustainable transportation policy through the hierarchy of hazard controls. *International Journal of Sustainable Transportation*, 1-30, 2020.

Otte, D., Jänsch, M. and Haasper, C., Injury protection and accident causation parameters for vulnerable road users based on German In-Depth Accident Study GIDAS. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 149-153, 2012.

Pan, F., Wu, Q., Wang, Z., Wang, L., Zhang, L. and Li, M., Effectiveness evaluation of optical illusion deceleration markings for a V-shaped undersea tunnel based on the set pair analysis method and the technique for order preference by similarity to ideal solution theory. *Transportation Research Record*, 2677(5), 308-324, 2023.

Park, J.H. and Yoo, H.S., Development and evaluation test for the safety signs of nano materials. *Proceedings of Ergonomics Society of Korea*, 181-186, 2009.

Park, M.I., Principles of incident prevention. *Journal of the Korea Construction Safety Engineering Association*, 3(2), 64-73, 1993.

Prokop, G., A human model using continuous model predictive optimization, *Proceedings of the Conference of the Driver in the 21th Century, Berlin, VDI report* vol. 1613, 219-237, 2001.

Prokop, G., *Model of human vehicle driving - A predictive nonlinear optimization approach*. California-PATH Research Report UCB-ITS-RR-2000-19. Institute of transportation studies, University of California, Berkeley, 2000.

Pulugurtha, S., Vasudevan, V., Nambisan, S. and Dangeti, M., Evaluating effectiveness of infrastructure-based countermeasures for pedestrian safety. Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board*, 2299, 100-109, 2012.

Raykov, T. and Marcoulides, G.A., *Introduction to psychometric theory.* Routledge, 2011.

Sarwar, M.T., Fountas, G., Bentley, C., Anastasopoulos, P.C., Blatt, A., Pierowicz, J., Majka, K. and Limoges, R., Preliminary investigation of the effectiveness of highvisibility crosswalks on pedestrian safety using crash surrogates. *Transportation Research Record*, 2659(1), 182-191, 2017.

Schneider, R.J. and Sanders, R.L., Pedestrian safety practitioners' perspectives of driver yielding behavior across North America. *Transportation Research Record*, 2519(1), 39-50, 2015.

Siebert, F.W., Møller, M., Lwin, A.M.M. and Albers, D., Illusion of safety? Safety-related perceptions of pedestrians and car drivers around 3D crosswalks. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 91, 213-222, 2022.

Wickens, D.C. and Hollands, G.J., *Engineering psychology and human performance 3rd Ed. Prentice-Hall*, New Jersey, 260-261, 2000.

Wilde, G.J., The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2(4), 209-225, 1982.

Author listings

Seung Nam Min: msnijn12@hanmail.net
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Hanyang University
Position title: Professor, Department of Smart Safety System, Dongyang University
Areas of interest: Ergonomics, Safety, Cognition, WMSDs, AI, Human Error