

국내 고시인성 안전의복의 착용 현황 분석 및 시인성 평가를 통한 착용 의무화 제안

강인형[†] · 최병호¹⁾ · 오 철²⁾ · 육지호^{3)†}

인하대학교 스포츠레저섬유연구센터

¹⁾한국교통안전공단

²⁾한양대학교 교통·물류공학과

³⁾인하대학교 화학공학과

A Proposal for Workers to Mandatorily Wear High-visibility Safety Clothing in Korea through the Analysis of the Current Status and Evaluation of Its Visibility

Inhyeng Kang[†], Byongho Choe¹⁾, Cheol Oh²⁾, and Ji Ho Youk^{3)†}

Sports Leisure Textile Research Center, Inha University; Incheon, Korea

¹⁾Korea Transportation Safety Authority; Daejeon, Korea

²⁾Dept. of Transportation & Logistics Engineering, Hanyang University; Ansan, Korea

³⁾Dept. of Chemistry and Chemical Engineering, Education and Research Center for Smart Energy and Materials, Inha University; Incheon, Korea

Abstract: In roadside workplaces, more attention should be paid to the safety of workers. The roadside workers underestimate the effect of the brightness of their clothes and judge that drivers will recognize them easily, and the drivers misjudge that the roadside workers are far away and that the vehicle can be stopped in sufficient time. Therefore, customized safety education reflecting this and wearing work clothes with certified visibility functions are required. In Korea, it is not compulsory for roadside workers and vehicle guide attendants to wear work clothes with a visibility function. In this study, the distance ahead perceived by drivers was measured using manikins wearing certified and non-certified reflective safety vests. The perception distance of the non-certified reflective safety vest was 1.4 times longer than that of the certified reflective safety vest, thus confirming the importance of wearing a certified reflective safety vest. To prevent roadside workers from suffering traffic accidents, we propose the enactment of a law that makes it mandatory for them to wear high-visibility safety clothing. Specifically, Article 32 of the Enforcement Regulation of the Road Traffic Act should include high-visibility safety clothing in life protection equipment, and additionally, to prevent secondary accidents, we propose the enactment of a law requiring the installation and wearing of certified reflective safety vests in vehicles.

Key words: high-visibility safety clothing (고시인성 안전의복), roadside worker (도로변 작업자), mandatory to wear (착용 의무화), enactment of a law (법제정), customized safety education (맞춤안전교육)

1. 서 론

산업안전보건법의 목적은 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업 환경을 조성하여 근로자의 안전과 보건을 유지·증진함에 있다. 국내 업무상 사고재해자 수의 산업별 분포를 보면(2020) 기타의 사업(38.98%), 건설업(26.65%), 제조업(25.03%), 운수·창고·통신업(7.04%) 순으로 나타났고 특히 건설업 산업재해를 추이

는 0.92%(‘13)→0.73%(‘14)→0.75%(‘15)→0.84%(‘16/17)→0.94%(‘18)→1.09%(‘19)로 감소 후 ’17년부터 지속적으로 증가하여 좀처럼 감소 경향이 보이지 않고 있다. 2020년 건설 현장에서의 업무상 사고재해자는 24,617명이다. 전체 건설근로자 가운데 재해율은 1.09% 수준이며 제조업(0.72%), 기타 서비스업(0.41%) 보다 훨씬 높다. 또한 사망 재해 분포도 타 직군에 비해 높은 편이어서 전체의 51.93%를 차지한다. 이는 제조업(22.79%), 기타의 사업(13.83%) 등 전체 산업에서 가장 높은 수치다(Table 1).

특히 작업용 차량이나 통행 차량이 공사 작업 현장을 덮치는 사고는 안전을 신뢰한 후 작업에 몰두하는 작업자와 차량 유도원에 가장 큰 위협요인으로 작용하고 치명적인 손상을 유발한다. 최근 5년간 고속도로 작업장에서 발생한 교통사고 부상자는 150명, 사망자는 37명으로 나타났다(Table 2).

†Corresponding author; Inhyeng Kang and Ji Ho Youk

Tel. +82-32-860-8645 / +82-32-860-7498

E-mail: ihkang@inha.ac.kr / youk@inha.ac.kr

©2022 Fashion and Textile Research Journal (FTRJ). This is an open access journal. Articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Changes in accident rates* of Korea industry

	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
Total	0.59	0.59	0.53	0.50	0.49	0.48	0.54	0.58
Manufacturing	0.84	0.78	0.72	0.65	0.62	0.61	0.66	0.72
Construction	0.84	0.92	0.73	0.75	0.84	0.84	0.94	1.09
Service	0.40	0.41	0.37	0.34	0.32	0.32	0.37	0.41

*Accident rates = (Number of victims/Number of workers) × 100
Korean Ministry of Employment and Labor, Industrial disaster status, 2020

Table 2. Number of accidents, deaths and injuries on expressway workplace by vehicles

	'15	'16	'17	'18	'19.8	Total
Accidents	27	21	34	28	22	132
Deaths	10	7	10	4	6	37
Injuries	20	25	46	30	29	150

Korea expressway corporation, 2019

고속도로 공사현장은 주의구간, 완화구간, 작업구간, 종결구간으로 구분해 관리된다. 특히 고속도로 공사현장 교통사고 300건 중 주의구간에서의 안전성 항목 가운데 전방 주시 태만 51%, 안전거리 미확보 28%를 차지했다. 이에 대한 대책으로 작업 구간 전에 설치한 도로표지를 통해 운전자에게 주의·안내 정보를 제공하거나 차량 충돌사고 예방을 위한 차로 차단·방호벽 설치가 일반적이다(Youn, 2017). 그러나 공사현장 교통사고를 완전히 차단하기에는 역부족이고 근본적인 배경에는 고속도로 이용 운전자의 시인성 미확보를 우선적으로 거론할 수 있다.

산업안전 선진국에서는 이와 관련된 사고 비율을 줄이기 위해 유럽연합의 노변 안전을 위한 Roadside Infrastructure for Safer European Roads([RISER], 2005) 프로젝트에서 도로변 안전을 확보하는 방법을 거론하면서 “장애물에 대한 시인성 확보”를 구체적으로 제시하였다. 이는 핀란드, 프랑스, 영국, 네덜란드, 스페인 등에서도 채택하고 있는 방법이다. 또한 미연방 교통부의 교통연구위원회 보고서(Transportation Research Board, 2004)에서도 보행자 사고 감소 전략을 제시하면서 차량과 보행자 사이의 시인성 개선을 중점적으로 제시하고 있다(Tyrrell et al., 2006; Tyrrell et al., 2003). 이와 같이 도로환경에서 도로 작업자를 포함한 보행자의 사고 감소 방안으로 기존의 다양한 시설물을 개선하는 방안에서 도로 이용자의 시인성 개선으로 옮겨가고 있다. 왜냐하면, 차량 운전자는 야간이나 기상 악화 시 어두운 계열의 의복을 착용한 작업자를 25 m 거리에서 인지하는 반면, 밝은 색상의 의복 작업자는 40 m 거리에서 인지할 수 있고, 고시인성 안전의복 작업자는 130~140 m 거리에서도 인지될 수 있기 때문이다. 다시 말해 고시인성 안전의복 착용은 작업자의 존재를 적시에 인지하여 차량의 인지거리를 줄여 산업재해를 예방할 수 있는 비용 대비 편익이 매우 높은 대책이다. 안전의복의 유형은 매우 다양하지만 공통된 목표는 작업자를 시계 조건이 불량하거나 부주의한 상태에서 산업재해

로부터 보호하는 것이다. 이에 고시인성 안전의복에 대한 국제 규격은, ISO 20471:2013이 이미 마련되어 있고 국내에서는 2020년에 KS K ISO 20471:2013을 마련하였다.

국내에서도 건설 작업 현장 작업자 및 차량 유도 요원 등으로 작업자 대상의 교통안전 재해를 예방하기 위해 운전자의 시인성을 확보하는 교통안전 증진 방안이 필요하다. 이를 극대화하기 위해 우선적으로 도로상 작업자의 작업환경 즉, 작업시간대, 차량 통행속도, 직무 행태에 적합한 고시인성 안전의복의 착용 의무화의 방안을 적극적으로 고려해야 할 시점이다. 이에 먼저 국내 고시인성 안전의복의 현황에 대해 알아보고자 한다.

2. 이론적 배경

고시인성 안전의복의 착용 의무화는 이미 국외 산업안전과 관련된 제도에 적극적으로 포함되어 있고 작업 현장의 안전수준 평가 및 산재예방활동 프로그램에 집중되어 있다.

미국은 직업안전보건법에 근거하여 직업안전 보건 프로그램을 개발하여 실시하고 있다. 이에 노동청 산하의 직업안전보건국에서 개발하여 실시하고 있는 자율안전보건 프로그램이 있다. 이 프로그램은 star 그룹과 merit 그룹으로 나누어 실시하고 있는데 star 그룹은 가장 높은 수준으로 지속적으로 근로자의 안전을 도모하고 있으며 재해율과 발병률이 미국 산업 전체의 평균보다 낮다고 보고되고 있다. merit 그룹은 추가적인 향상 활동을 필요로 하며 3년 안에 star 그룹 수준으로 도약하고자 노력하여야 한다. 이들 진단 항목에는 개인 보호구(personal protective equipment) 지급 및 착용 실태에 대한 사항을 포함하고 있다.

프랑스는 노동법 L4121-1을 통하여 고용인은 근로자의 신체와 정신적 건강을 보호하고 안전을 위하여 필요한 조치를 할 것을 정하고 있다. L4121-2에는 위험 방지에 관한 일반 규칙을 규정하고, L4121-3에는 근로자의 건강과 안전에 관한 위험 가능성을 평가할 것을 규정하고 위험 방지를 위한 적절한 조치를 하도록 하고 있다. 이에 따른 조치의 일환으로 동법 L4121-1에서 위험성 평가서 작성을 의무화하고 있고 모든 고용인은 근로자의 활동에 따른 위험을 적시하도록 하고 있다. 이에 따른 실질적인 실천의 예로는 개인보호장비의 장착을 들 수 있고, 구체적인 예시로는 반사안전조끼가 있다. 반사안전조끼는 유럽연합 지침에 따라 CE 마크가 있어야 하며 판매에 앞서 반사 면적의 크기, 색상, 중고/사용 여부에 관한 성능 테스트를 통과하여야 한다. 고용인은 반사안전조끼의 구매 전에 다음 사항을 고려하여야 한다. 조끼의 바탕 직물은 형광이어야 하고 색상은 노랑, 분홍, 빨강, 연두, 주황을 확인하여야 한다. BS EN 471 혹은 BS EN 1150에 대해서는 CE 마크의 부착 여부를 확인하고 유지관리와 보수(세탁)에 대한 라벨을 확인하여야 한다. 그 라벨에는 사용방법, 세탁방법, 보관방법, 유통기한이 표기되어 있어야 한다. 직업적 사용에 관해서는 BS EN 471, 그렇지 않은 경우에는 BS EN 1150, BS EN 13356이 적용된다(Table 3).

Table 3. Professional use condition of high-visibility vest

	Professional use or not	Required performance
BS EN 471	Professional use, PPE*	Fluorescent fabric and retroreflective material, A sign of day and night
BS EN 1150	Personal use, Public clothing,	Fluorescent fabric and retroreflective material, A sign of day and night
BS EN 13356	Personal use, Signature tool the public: armband, harness	Retroreflective material, A sign of user

*PPE: Personal Protective Equipment

독일의 경우도 타 유럽 국가들과 마찬가지로 고용인에게는 안전배려의 의무를 근로자에게는 주의 의무를 부여하고 있다. 안전배려의 의무 가운데에는 위험성 평가 의무가 있는데 이는 고용인이 작업장에서 작업을 수행하는 근로자의 건강과 안전을 위해 위험요소를 파악하고 평가할 의무이다. 이를 근거로 안전 의복의 착용 환경에 따라 근로자의 위험 유형과 규모를 평가하는 것은 물론이고 근로자의 직무 조건과 신체적 특징까지도 고려 사항으로 권고하고 있다. 이에 따라 독일 사고보험공단은 고시인성 안전의복 이용 매뉴얼에 위험성 평가 기준을 마련하여 맞춤형 대책을 마련하고 있다. 그 내용을 살펴보면 첫째, 안전 의복이 주야간 등 모든 가능한 작업조건에서 작업자를 인지하지 못할 가능성이 있는지에 대해 측정하도록 하고 있다. 작업 장소, 작업 방법, 작업 위치 등을 대상으로 자세 상의 특징, 작업 리듬(반복성), 기후요소, 신체적 적합성 등의 객관적 요소를 고려하고 있다. 둘째, 위험성 평가를 토대로 안전의복의 특성을 정의하도록 하고 있다. 이와 같이 습기, 바람, 추위, 자외선 등 기후요인에 대한 보호, 기계적인 공격에 대한 보호, 화학공격에 대한 보호, 미생물에 대한 보호 등을 충분히 고려한 안전의복의 착용이 이루어지고 있는 것이다. 셋째, 위험성 평가를 위한 표준 서식에 기재하여 지속적으로 관리하도록 하고 있다. 이는 일회성에 그치지 않고 최소한 매년 업데이트 관리되어 상시적인 안전시스템 내에 존재해하고 있는 것이다.

일본은 노동재해 발생의 요인을 4가지로 정의하고 있고 이는 인적요인, 기계요인, 환경요인, 관리요인이다. 특히 환경요인에는 작업 정보의 부적절, 작업 동작의 결함, 작업 방법의 부적절, 작업 공간의 불량, 작업환경의 불량이 속하며 작업환경의 불량에는 작업복을 포함한 보호구, 방호장치의 미착용을 포함시키고 있다. 또한 노동안전위생법에 근거하여 근로자의 인간 존중이라는 기본이념으로 작업장에서 근로자가 안전과 건강을 확보할 것, 쾌적한 작업환경 형성을 촉진할 것을 목적으로 하고 있다. 「노동안전위생 규칙, 제3편」 위생기준에서는 유해한 작업환경, 보호구, 공기 용적 및 환기 등 위생기준 일반에 대해서 규정하고 있다. 작업복에 관해서는 노동안전위생법과 안전 관리를 따르고 있고 복장 및 보호구에 대한 조항은 다음과 같은 점검 사항으로만 제시하고 있다. 작업자의 복장은 적당하

가, 안전모의 착용은 적당인가, 안전대의 착용 및 사용은 적당인가, 작업에 적합한 보호구를 사용하고 있는가, 보호구의 수가 작업자의 수에 맞추어 충분히 구비되어 있는가, 보호구는 충분히 제 역할이 가능하도록 보수 정비되어 있는가 등이다.

국내에서는 2006년부터 시행되고 있는 산업안전보건법에 근거하여 건설 현장에서 안전모, 안전대, 안전화를 의무적으로 착용하도록 하고 있다. 특히 부두를 출입하는 모든 근로자는 반드시 안전복장과 보호구 착용(「산업안전보건법 제32조 2항」)을 의무화하고 있다. 그리고 최근 국내에서도 안전의복 착용이 필요한 직업에 대해서는 의복을 지급하는 법적 의무가 생기게 되었다. 먼저, 「광산보안법 시행규칙」, 「산업통상자원부령 제106호」(2014) 중 제165조 제1호에 야광 표시를 한 작업복에 대한 규정이 있다. 다시 말해 “시계가 불량한 작업장에 종사하는 광산 근로자는 야광 표시를 한 작업복을 착용하여 식별을 쉽도록 할 것” 이라는 사항을 준수하여야 한다. 다음으로, 「경찰공무원 급여품 및 대여품 규칙」(2014), 「행정자치부령 제3조」(2014)와 관련하여 경찰공무원 대여품 지급기준품 품목의 장구류 가운데 ‘야광조끼’가 명시되어 있다. 마지막으로 「산업안전보건법 시행규칙」(2016), 「고용노동부령 제150호」(2016), 「전기용품 및 생활용품 안전 관리 운용요령, 국가기술표준원 고시 제2017-14호, 제3조」(2017)에 의해 안전 관리 대상의 세부 품목으로 규정되어 있으며, 공급자 적합성 확인기준 「국가기술표준원 고시 제2017-033호」(2017)에서 ‘반사안전조끼’의 안전 요건, 시험방법 및 표시사항 등에 대해 규정하여 실시하고 있다.

3. 연구내용

국내 작업복 가운데 시인성 항목에 관해서는 통일된 용어를 사용하고 있지 않다. 광산 근로자의 작업복에는 “야광 표시를 한 작업복”으로 명시되어 있고 경찰공무원 대여품 품목에는 “야광조끼”로 표기되어 있다. 산업안전보건법의 시행규칙의 안전 요건과 시험방법에 대한 규정에는 “반사안전조끼”로 명시되어 있다. 이와 같은 조건에서 국내 고시인성 안전의복의 착용 현황을 살펴보고자 한다.

3.1. 고시인성 안전의복의 정의

위험한 환경에서 작업자의 안전은 고시인성 안전의복을 통해 확보된다. 국제적으로 고시인성 안전의복은 개인보호장비의 범주에 포함되어 있고 ISO에는 Warning Clothing을 공식 명칭으로 사용하고 있다. 고시인성 안전의복은 밝은 주간 조건에서는 형광색으로, 어두운 야간 조건에서는 재귀 반사재로 작업자의 유무를 쉽게 확인할 수 있도록 형광 재료 및 재귀 반사재를 사용한 의복을 말한다.

3.2. 고시인성 안전의복의 착용대상

국내에서 시인성 기능의 작업복을 착용하는 직업군은 경찰, 소방대원, 광산 근로자 등 착용 범위가 넓지 않고 도로상의 작

Table 4. Minimum required areas of visible material in m²

	Class-3 garments	Class-2 garments	Class-1 garments
Fluorescent material	0.80	0.50	0.14
Retroreflective material	0.20	0.13	0.10
Combined performance material	n. a.	n. a.	0.20

ISO 20471:2013

업자, 차량 유도원 등은 포함되어 있지 않다. 그러나 ISO 20471:2013에 따른 고시인성 안전의복의 착용 범위는 이전까지 시행한 BS EN 471에 비해 규격의 제목으로 간략화시켜 대상자를 넓게 해석하게 되었고 이에 따라 포괄적으로는 작업자의 시야에 제약이 있을 경우, 중장비가 작업자 근방에 있을 경우라고 정하고 있다. 구체적으로는 도로점용공사장 작업자, 경찰관, 소방관은 물론이고 도로환경미화원, 도로 안전통제원, 운행제한 단속원, 자동차 안전 단속원, 야간 신호수 등을 포함하고 도심 배관 공사 작업자, 긴급출동 서비스 종사자, 주차요원, 쇼핑카트 수거원, 택배기사까지 포함하고 있다.

고시인성 안전의복의 보호등급은 재귀 반사재 혹은 혼합 성능재의 면적에 따라 3종으로 분류하고 있고, 면적이 넓을수록 안전도가 높은 제품이다(Table 4).

3.3. 고시인성 건설현장 안전의복

2006년부터 시행해오고 있는 산업안전보건법에 근거하여 추락이나 낙하 등의 위험이 있는 작업에서 일하는 근로자는 안전모·안전대·안전화를 반드시 착용해야 한다. 이는 추락이나 낙하시 두부를 보호하고 신체를 잡아주는 기능의 범위에서 규정하고 있으나 시인성에 대한 항목은 명시되어 있지 않고 고시인성 안전의복에 대한 착용 규정 또한 명시되어 있지 않다.

작업자의 산업재해 예방 방법으로서의 색채학적 접근은 산업안전 선진국에서 보편화되어있고 국내에서도 건설 현장의 환경 색채계획을 통한 건설재해 예방에 관한 연구(Kim et al., 2006), 기계·자동차·조선 업체의 공정별 작업복 색채에 관한 의식조사(Jang & Park, 2010a), 색채계획(Jang & Park, 2010b)에 관한 연구가 있다. 특히 색채계획 연구에서는 기계·자동차·조선 업체 전문가를 대상으로 작업복 색채계획 평가를 실시하였는데 그 결과, 안전성에 관한 내용 가운데 “기존 작업복 보다 눈에 잘 띄어 안전사고 감소에 도움이 될 것이다” 항목은 기계·자동차·조선 업체 모두에서 5점 만점에 4점 이상의 점수를 확인하였고 현장관리 측면에서의 “작업자의 안전 관리에 도움이 될 것이다” 항목도 4점 이상의 점수를 확인하였다. 여기서 주목할 필요가 있는 기타 의견으로는 기계 산업에서 야간작업을 고려한 색채 적용의 검토와 고위험군 작업공정에 대한 고시인성 색상에 대한 요구를 거론할 수 있다.

이와 같이 건설 현장의 요구에도 불구하고 고시인성 작업복의 착용 실적이 현저히 낮은 이유로는 작업자 자신은 작업용 차량 및 장비의 운전자에게 충분히 눈에 잘 띈다고 간과하고

있는 점, 작업자의 시인성 확보가 신체적·심리적 안전에 얼마나 도움이 되는지에 대한 객관적 데이터의 부재, 착용 불편성 등을 거론할 수 있다. 이에 관해서는 작업자가 작업용 장비나 설치 기구 등에 가려질지라도, 다양한 작업 자세에서도, 360°시인성 확보를 위해 안전의복에서 형광 직물의 휘도 및 재귀 반사재의 수량, 경사도, 면적을 규정하고 있으며 소매를 걷지 않고 착용할 것, 앞머리를 풀어서 착용하지 않을 것 등 안전의복의 착용 방법 준수 사항도 함께 정하고 있다(ISO 20471: 2013). 또한 고시인성 안전의복에 대해 국제규격에서 지정한 고시인성 안전의복의 복종으로는 긴 소매 재킷, 긴 바지 형태가 주류를 이루고 있다. 그러나 국내에서는 시인성의 확보가 충분하지 않다는 근거로 고시인성 안전의복 복종에서 제외된 안전대(harness)가 관련 국내 시행규칙에는 포함되어 있고, 실제 도로 건설 현장에서는 흔히 볼 수 있는 짙은 고민이 필요한 부분이다.

도로 건설 현장에서는 작업자 뿐만 아니라 교통통제 인원의 경우도 작업용 차량은 물론, 통행 차량 운전자로부터의 시인성 확보가 반드시 충족되어야 한다. 이에 국토교통부가 2012년에 미국 연방 도로국의 ‘교통통제시설 매뉴얼’을 참고하여 「도로공사장 교통관리 지침」을 마련하였고 임시 교통통제의 목적에 따른 인원을 통제 신호수, 서행 신호수, 유도 신호수, 교통 감시원, 보행 안내원으로 유형을 구분하고 있다. 그밖에 시인성 활용으로 적색 깃발의 수기 방법이 안내되어 있으나 도로관리청 도로보수원 교육에는 반영되어 있지 못한 상태이고 신호수의 자격에 대한 체계적인 품질관리와 야간공사장 안내 시 시인성을 재고할 수 있는 고시인성 안전의복의 기준을 담고 있지 않다. 임시 교통통제 인원의 시인성을 높이기 위해서는 신호수의 위치의 적절성을 판단할 수 있는 기준이 필요하고 주간 활동 시 보호등급-2 안전의복의 착용, 야간 활동 시 보호등급-3 안전의복 착용 등 섬세한 착용 기준을 마련하여야 한다. 또한 국제적으로 차별화된 안전대책으로 볼 수 있는 로봇 신호수의 활용에서도 고시인성 안전의복 착용의 기준과 표준화가 필요하다. 독일 연방교통부는 1995년에 도로점용공사장 안전지침을 마련하여 사람이 직접 신호수 역할을 하지 못하도록 하였고 경고 깃발은 사람이 들지 않고 반드시 경고 비콘에 부착하여 사용하도록 하고 있다. 또한 연방교통부는 「도로교통시행령 제 43조」에 경고 깃발의 제작 요건(색: white-red-white, 중량: 1.8 kg, 크기: 50 × 50 cm)을 명시하였고 색상은 BS EN 471 안전의복 지침을 충족하는 재귀반사 기능을 갖추도록 명시하였다. 미국도 2003년에 연방 도로국의 교통통제시설 매뉴얼 제6장에 신호수의 임시 교통통제에 대해 상세히 서술하고 있는데, 도로점용공사장의 구간 특성(차로 수, 양방향 등)에 따라 신호수의 위치를 결정하도록 하고 신호수의 자격요건과 교육훈련에 대해 상세히 설명하고 있다. 특히 신호수의 고시인성 안전의복의 착용에 대한 기준(ANSI 107, 2010)을 제시하고 있으며, 야간 임시 교통통제 시 재귀반사 기능이 있는 적색 깃발을 사용하여야 하고 신호수가 서 있는 장소는 조명을 강화하도록 규정하고 있

다. 또한 통과 차량을 정지시키거나, 통과를 유도하거나, 위험 상황을 경고하는 경우의 적색 깃발 수기 방법을 구체적으로 제시하고 있다.

3.4. 고시인성 소방복

국내 소방복 시인성에 관해서는 소방복 규격서(2002년 개정)에 따르면 상의는 전후, 좌우에 대칭적으로 식별이 용이하게 재귀 반사테이프를 부착하여야 하고 상의 앞면은 수평형으로 가슴과 밑단 부분에 부착하도록 하고 있다. 뒷면은 수직 방향으로 등 중앙을 기준으로 12 cm 간격을 두고 두 줄로, 수평 방향으로로는 뒤품을 기준으로 하여 기관 명칭을 부착할 부분의 밑과 상의 끝단에 한 줄로 부착하여야 한다. 팔은 위팔에 한 줄, 아래팔에 한 줄을 부착하도록 되어 있다. 하의는 좌우 대칭형의 수평 방향으로 허벅지 부분에 한 줄을 부착하여야 한다. 반사테이프는 주황 형광 직물 또는 노랑 형광 직물을 사용하고 은색 재귀 반사재로 구성되어야 하고 형광 직물과 재귀 반사재가 일체형이어야 하며 일체형의 너비는 5 cm 이상으로 정하고 있다. 재귀 반사재만의 너비는 1.9 cm 이상으로 재귀반사 부분은 연속적으로 나타나야 한다. 미국은 재귀반사 테이프의 너비가 2 inch 이상, 재귀 반사재만의 너비는 0.625 inch 이상, 재귀 반사재 면적이 상의의 경우는 325 cm² 이상, 하의는 80 cm² 이상으로 규정돼 있으나 국내 소방복에는 관련 사항이 명시되어 있지 않다. 또한 고시인성 소재 성능에 대해서는 관측각 0.2°에서 반사 성능시험 시, 반사테이프의 반사 성능은 250 cd/lx m² 이상 이어야 한다. Jeong and Lee(2002)의 연구에 의하면 국내 소방복 반사테이프의 면적이 177 cm²로 나타나 미국 규정에는 크게 미치지 못했고 반사 성능은 10~464 cd/lx m²의 범위를 나타냈다. 향후 국내 소방복 규정에도 반사 테이프의 최소면적 항목을 명시할 필요가 있다.

3.5. 반사안전조끼

국제적으로 반사안전조끼는 노랑과 주황 계열 바탕 직물로 표준화되어 있고 유럽연합의 개인 맞춤형 보호 장비 가이드라인에도 반영되어 있다. ISO 20471:2013에서는 차량 통행 속도 60 km/h 미만에서 착용하는 보호등급-2로 분류하고 있고 OECD 회원국에서는 도로 작업자의 착용뿐만 아니라 차량 내에 반드시 비치하도록 강제하고 있다. 이는 일반 운전자가 교통사고 및 차량 결함으로 고속도로, 지방 부도로 상 차량 밖으로 이탈할 경우, 착용 의무가 있다. 핀란드, 헝가리, 룩셈부르크에서는 차량 동승자까지 반사안전조끼를 반드시 착용하도록 하고 있는 법규와 연결된다. 이를 어길 시에는 범칙금이 부과되는 점도 국내 사정과 다르다. 미국 국가 표준 협회는 2010년에 도로점용공사장 작업자의 반사안전조끼를 경찰관과 소방관의 안전조끼와 구별하기 위해 고시인성 안전조끼 표준 ANSI 107을 보완하였고 보호등급-1 혹은 2로 분류하고 있으며 재귀 반사재의 너비와 면적이 넓을수록 보호등급-2에 해당한다. 적색 형광 직물은 소방관, 청색은 경찰관, 황색은 작업자를 각각

상징하는 것으로 정하고 무전기나 배지 착용, 포켓 등 선택적 기능을 포함할 수 있도록 하였다. 하지만 국내에서는 차량 내 비치 의무 규제 및 운전자가 차량 이탈 시, 반사안전조끼의 착용 의무화 법적 규제는 아직 마련되어 있지 않은 실정이어서 비치 및 착용을 적극적으로 추진할 필요가 있을 것으로 판단된다. 국내 반사안전조끼의 안전 요건에 관한 시험은 공급자 적합성 확인기준 [국가기술표준원 고시 제2017-033호] (Korean Agency for Technology and Standards, 2017)에서 ‘반사안전조끼’의 안전 요건, 시험방법 및 표시사항 등에 대해 규정하여 실시하고 있다. 형광 직물은 색상을 노랑, 주황, 빨강으로 정하고 있고, 염색견뢰도, 치수 변화율의 허용범위를 정하고 있다. 재귀 반사재의 성능은 재귀반사계수로 판단하고 개별 성능제와 혼합 성능제 각각에서 최소 허용 재귀반사계수를 정하고 있다. 특히 여기에는 마모횟수 5000 회의 마모성 평가와 굴곡 속도 5 times/sea에서의 7500 회의 굴곡성 평가, 세탁 및 드라이클리닝 평가 후의 허용 재귀반사계수까지 포함하고 있는데 관측각 12°, 조사각 5°에서 개별 성능제는 100 cd/lx m² 이상이어야 하고 혼합 성능제의 경우는 30 cd/lx m² 이상이어야 한다. 형광 직물 단독으로 사용된 바탕재와 혼합 성능제에서는 각각 색도 및 휘도율의 최소 범위를 정하고 있어 이를 평가하여야 한다. 또한 재귀 반사재의 너비는 5 mm 이상, 2개 이상 배치할 경우에는 그 간격은 5 mm이며 조끼의 밑단에서 위로 5 mm 이상 떨어져야 한다. 그러나 이와 같은 재귀 반사재 띠의 구성은 제조사의 모델 특성에 따라 변경할 수 있도록 허용하고 있어 고시인성 안전의복에 있어 재귀 반사재의 너비, 수량, 경사도, 배치 위치 등을 표준(ISO 20471:2013, 2013)으로 정해 시행하고 있는 유럽 국가와는 사정이 다르다. 따라서 재귀 반사재의 면적과 배치 위치의 자율적인 변경으로 발생할 수 있는 고시인성 안전의복의 궁극적인 역할 즉, 운전자의 시인성을 확보한 산업재해 예방의 목적을 충분히 충족시킬 수 없다는 점을 생각해 보아야 할 것이다.

3.6 반사안전조끼의 시인성 평가

국내에서 비교적 손쉽게 착용 사례를 찾아볼 수 있는 안전의복은 반사안전조끼가 주를 이루고 있는 현황에서 시인성 확보에 대한 확인을 위해 ISO 20471:2013 규격을 충족한 반사 안전조끼의 시인성 평가를 실시하였다.

먼저, 규격을 충족한 반사안전조끼의 시료 특성을 살펴보았다. ISO 20471:2013에서의 보호등급-2에 준하여 형광 직물의 색은 형광 노랑이며, 색도(x, y)가 지정 범주에 포함되어 있고, 최소 휘도는 0.70 이상을 만족하는 것으로 확인하였다. 재귀반사계수에서는 ISO 20471:2013을 기준으로 개별 성능제의 최소 요구 재귀반사계수는, 조사각 5°에서 330 cd/lx m²를 충족하고 혼합 성능제에서는 65 cd/lx m²를 충족하는 것으로 확인하였다. 다음으로 디자인 특성을 살펴보았다. 재귀 반사재 너비 5 cm, 간격 6 cm, 위치는 몸통과 어깨를 지나고, 개수는 4개로, 2개 이상으로 구성되어야 하는 요구사항에 부합하는 것으로 확인하

Table 5. Clothing used in the experiment

	Black	White	Vest ^{a)}	Vest ^{b)}
Fabric (%)	cotton, 100	cotton, 100	PET, 100	PET, 100
Vest ^{a)}			Non-certified vest	Vest ^{b)} ISO 20471 certified high-visibility vest



었다. 또한 형광 노랑의 최소 요구 면적, 0.5 m²을 충족하는 것으로 확인하였다.

마지막으로 시인성 평가를 실시하였다. 실험은 한국교통안전공단 화성 교통안전체험교육센터에서 고령운전자를 제외한 20~50대 건강한 성인 25명을 대상으로, 차량 속도는 50 km/h로 설정하였다. 시간대는 오후 8시부터 10시까지 2일에 걸쳐 진행하였다. 실험 의복은 검은색 상의, 흰색 상의, ISO 20471:2013인증 반사안전조끼, 비인증 반사안전조끼의 총 4종이다. 반사안전조끼의 디자인은 형광 직물의 색상, 반사재의 위치와 개수를 동일하게 하였고(Table 5), 제시 순서는 랜덤으로 진행하였다.

실험 방법은 먼저, 운전 중 운전자가 실험 의복을 착용한 마네킹을 발견하면, 브레이크를 작동하도록 하였다. 다음으로 GPS, 가속도 센서 등에서 추출된 차량의 주행 궤적 자료를 활용하여 브레이크를 작동한 위치에서 마네킹까지의 거리를 측정하여 각 실험 의복에 대한 운전자의 인지거리로 하였다(Fig. 1).

실험 의복에 대한 운전자의 인지거리는 검은색 상의 46 m, 흰색 상의 61.5 m, 비인증 안전조끼 110.4 m, 인증 안전조끼 156.2 m 순으로 나타났다(Table 6). 인증 반사안전조끼의 인지거리는 비인증 반사안전조끼보다 1.4배 길어, 인증 반사안전조끼 착용의 중요성을 확인할 수 있었다. 또한 각 실험 의복 인지거리 간에는 95% 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(Table 7). 이상의 결과는 차량 운전자가 야간이나 기상 악화 시 고시인성 안전의복을 착용한 작업자를 130~140 m 거리에서 인지한(Tyrrell et al., 2003) 연구결과와 거의 일치한다. 이와 마찬가지로 자전거 이용자가 검은색 옷을 입었을 경

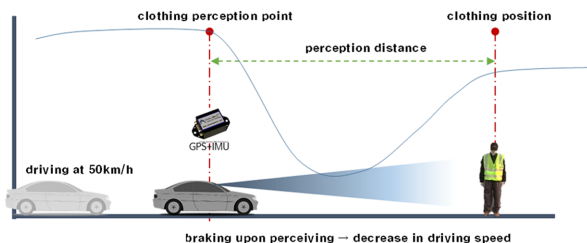


Fig. 1. Experimental condition for perception distance.

Table 6. Mean perception distance in meters and standard deviation in terms of clothing condition

	Black	White	Vest ^{a)}	Vest ^{b)}
Mean	46.0	61.5	110.4	156.2
(SD)	(13.7)	(18.0)	(22.6)	(30.9)

Vest^{a)} Non-certified vest, Vest^{b)} ISO 20471 certified high-visibility vest

Table 7. Results by ANOVA-test

	Sum of square	df	Mean square	F	p
Between-group	187,487.7	3	62,495.9	126.501	.000
Within-group	47,427.4	96	494.0		
Total	234,915.1	99			

우, 운전자 나이와 상관없이 인지율이 10% 이하로 나타났고(Wood et al., 2010), 관절 부위에 제귀 반사재를 사용하여 생체 동작 의류를 착용한 야간 보행자에 대한 운전자의 반응 정확도가 증가하였으며(Wood et al., 2021), 야간 운전자에게 가장 효과적인 전략은 LED 조명 시스템과 반사안전조끼를 착용한 휠체어 사용자의 연구결과(Webber et al., 2021)와도 같은 맥락에서 이해할 수 있다.

4. 결론 및 제언

산업안전 선진국에서는 비인증 안전의복의 착용 사례를 좀처럼 찾아볼 수 없으나 국내 도로점용공사장에서는 일상복 혹은 비인증 반사안전조끼의 착용 사례를 빈번히 접할 수 있는 점에 주목하고 인증 반사안전조끼와의 비교 데이터를 확보하여 인증 안전의복 착용의 중요성을 확인하였다. 운전자는 인증 반사안전조끼를 착용한 마네킹을 156.2 m에서 인지할 수 있었는데, 이는 평균 시속 95 km 주행 시 운전자가 적절한 제동 행위를 수행하기 위해 필요한 최대 제동거리 355 m의 44%에 불과하였다. 즉 차량의 평균 통행속도가 시속 100 km를 육박하는 국내 도로점용공사장 작업자에게는 인증 반사안전조끼 착용만으로는 치명적인 결과를 가져올 수 있는 것이다. 다시 말해 반사안전조끼는 ISO 20471:2013을 기준으로 보호등급-2로 분류되어 있으나 도로점용공사장 환경을 충분히 고려해야 한다. 도로점용공사장을 통과하는 차량의 평균 통행속도가 시속 60 km를 초과하거나 시간당 600대 이상의 차량이 통과하거나

통행차량과 불과 1~2 m 근접거리에서 작업하거나, 야간작업 등에는 보호등급-3에 해당되어 긴 소매의 재킷과 긴 바지를 입는 경우에 해당된다. 따라서 도로점용공사장 작업자의 고시인성 안전의복은 첫째, 「도로교통법 시행규칙 제32조」에 인명보호장구로 규정되어 있는 안전모 외에 국가기술표준원 고시, 2016-0348, KS A 5560-1 등 12종의 제정 고시로 정하고 있는 긴 소매 재킷과 긴 바지로 구성된 고시인성 안전의복의 추가를 제안한다. 둘째, 고속도로 등에서의 2차 사고를 예방하기 위해 차량 이탈 시 반사안전조끼 착용 의무화를 위해 차량 내 반사안전조끼 비치 의무화를 제안한다. 이는 「도로교통법 제66조」의 개정 및 「시행규칙 제40조 2」의 신설을 통해 반사안전조끼를 착용하도록 규정하고 「도로교통법 제67조」의 개정으로 차량 내 반사안전조끼를 비치하도록 규정한다. 이의 실효성을 높이기 위해서는 자동차 관리법 개정을 통해 자동차 정기검사 항목에 이를 포함시키는 것을 제안한다. 구체적으로는 「자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 대한 규칙 제112조의 14(안전조끼)」 신설을 제안한다. 또한 「자동차 검사 기준 및 방법, 시행규칙 제73조」의 개정을 통하여 소화기 및 방화 장비와 함께 반사안전조끼 비치 여부를 검사할 수 있도록 제안한다. 셋째, 고시인성 안전의복의 평가는 실험 데이터 기반의 안전성에 중점을 두어야 한다. 도로 작업 환경에서 표지판/표시, 광고판, 차량 색상 등과 같은 어떤 시각적 단서가 작업복 색상에 대한 인식을 방해하는지에 대한 많은 경험적 연구가 수행되어야 한다. 또한 작업자의 동작 조건 및 작업복 노후화 등이 변화 시에도 작업자를 운전자의 반응 속도, 주간/야간 지각 거리, 반사기 성능에 따라 구별 가능한 데이터를 확보하여야 한다. 넷째, 고시인성 안전의복의 인증은 기능 전문 실험실에서 수행되어야 하는데 안전의복 제품 개발 및 테스트 및 인증을 위한 전문 인력 확보가 성공을 위한 핵심이다. 결론적으로는 품질관리 도구에 따른 ISO/IEC 17024 지침을 충족하는 개인 인증 시스템으로 제공되는 것이 필요하다. 동시에 작업자는 운전자가 자기를 쉽게 인지할 것으로 생각하여 옷 밝기의 효과를 경시하고, 운전자는 작업자가 멀리 있는 것으로 오관하여 차량을 충분히 정지시킬 수 있을 것으로 생각한다. 따라서 이를 고려한 맞춤형 안전교육과 인증된 시인성 기능이 있는 작업복 착용의 의무화가 필요하다.

자국민의 안전 관리에 대한 관심은 국가별로 별반 다르지 않다. 다만 제도권 내에서 시행하고 있는지, 그 제도에 얼마나 강제성을 부여하고 있는지가 다를 뿐이다. 많은 시간과 인력이 투자되어 제도권 하에 둔 경우라도 이를 지속적으로 시행 가능하게 하는 데 있어 자율성 혹은 강제성을 부여할지에 대한 고민이 공존하고 있는 것이 사실이다. 물론 고시인성 안전의복 착용이 모든 작업환경에서 착용자의 안전성을 완벽하게 보장하지 않을 수 있다. 하지만 우리는 언제라도 작업자 혹은 보행자가 될 수 있고 건설 작업장을 통과하는 운전자의 입장이 될 수 있어 최소한의 안전장치 확보가 필요한 것이다. 국내에서도 서서히 이에 대한 최선의 선택을 해야 할 시점이다.

References

- American National Standards Institute. (2010). *ANSI 107-2010. A quick reference to high-visibility safety apparel*. Arlington: Industrial Safety Equipment Association.
- British Standards Institution. (1999). *BS EN 1150:1999. Protective clothing. Visibility clothing for non-professional use-Test methods and requirements*. London: BSI Committee.
- British Standards Institution. (2003). *BS EN 471:2003+A1:2007. High-visibility warning clothing for professional use-Test methods and requirements*. London: BSI Committee.
- British Standards Institution. (2015). *BS EN 13356:2015. Visibility accessories for non-professional use-Test methods and requirements*. London: BSI Committee.
- 「Enforcement Rules of the Mine Security Act」. (2014). Article 165 Section 1.
- 「Enforcement Rules of Police Officials' Benefits and Rentals」. (2014). Article 3.
- European Community under the Competitive and Sustainable Growth programme. (2005). *Roadside Infrastructure for Safer European Roads*. Gothenburg: Chalmers University of Technology on behalf of the RISER Consortium.
- Federal Highway Administration of USA. (2003). *Manual on uniform traffic control devices*. Washington: Government Printing Office.
- 「France Code du Travail」. (2004). Article L4121 Section 1~3.
- International Organization for Standardization. (2003). *ISO/IEC 17024: 2012. Conformity assessment-General requirements for bodies operating certification of persons*. Geneva: ISO Committee on Conformity assessment.
- International Organization for Standardization. (2013). *ISO 20471. High Visibility Clothing-Test methods and requirements*. Geneva: ISO Committee on Conformity assessment.
- Jang, K. Y., & Park, H. W. (2010a). A survey of the workers on colors of the working environment and working clothes according to process in machinery, automobile and shipbuilding companies. *Journal of Fashion Business*, 14(2), 110-126.
- Jang, K. Y., & Park, H. W. (2010b). The color planning of work clothes by process in machinery, automobile, shipbuilding companies. *Journal of Fashion Business*, 14(4), 58-73.
- 「Japanese Occupational Safety and Health Regulations」. (1972). Article 3. Japanese National Police Agency. (2021). *The road traffic statistics*. Tokyo: Government Printing Office.
- Jeong, J. S., & Lee, Y. S. (2002). A study on the textile for protective clothing of fire fighters. *Family and Environment Research*, 40(5), 15-44.
- Kim, G. E., Lee, J. S., & You, S. Y. (2006). A study on preventing disasters at construction sites by implementing environmental color planning. *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, Korea*, pp. 653-656.
- Korea expressway corporation & Korea National Agency. (2021). *Traffic control standards for highway workplaces*. Seoul: Government Printing Office.
- 「Korean Industrial Safety and Health Act」. (2006). Article 32 Section 1.
- Korean Industrial Standards. (2020). *KS K ISO 20471:2013. High Visibility Clothing-Test methods and requirements*. Seoul: Korea Standards Association.

- Korea National Police Agency. (2021). *Status for occurrence of traffic accidents*. Seoul: Government Printing Office.
- Ministry of Employment and Labor. (2021). 2020 Industrial Accident Analysis.
- Ministry of Government Administration and Home Affairs. (2014). *Police Officials' Benefits and Lending Rules*. Seoul: Government Printing Office.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2012). *Traffic Management Guidelines for Road Construction Sites*. Seoul: Government Printing Office.
- National Emergency Management Agency. (2002). *Fire suit specification sheet*.
- National Institute of Technology and Standards. (2017). *Guidelines for safety management and operation of electrical and household goods*. Seoul: Korea Standards Association.
- 「Occupational Safety and Health Act」. (2006). Article 32 Section 1.
- Transportation Research Board. (2004). *Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan Volume 10 : A Guide for Reducing Collisions Involving Pedestrians, NCHRP Report 500*. Washington: TRB Business Office.
- Tyrrell, R. A., Brooks, J., Balk, S. A., & Carpenter, T. L. (2006). Pedestrian conspicuity at night: How much biological motion is enough?. *Annual Meeting of the Transportation Research Board*, CD-ROM.
- Tyrrell, R. A., Wood, J. M., & Carberry, T. P. (2003). On-road measures of pedestrians' estimate of their own nighttime visibility - Effects of clothing, beam, and age. *Annual Meeting of the Transportation Research Board*, CD-ROM.
- Webber, J., Wuschke, J., Bonita, S. B., & Mortenson, W. B. (2021). Evaluating common approaches to improve visibility of wheelchair users. *Journal of Assistive Technology*, 33(4), 201-205. doi:10.1080/10400435.2019.1608478
- Wood, J. M., Chiu, C. N., Kim, G. H., Le, J., Lee, H. J., Nguyen, T., & Black, A. A. (2021). Refractive blur affects judgement of pedestrian walking direction at night. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 41, 582-590. doi:10.1111/opo.12811
- Wood, J. M., Tyrrell, R. A., Marszalek, R., Lacherez, P., Carberry, T., Chu, B., & King, M. J. (2010). Cyclist visibility at night - Perceptions of visibility do not necessarily match reality. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 21(3), 56-60.
- Youn, S. M. (2017). *A study on safety study countermeasures in advance warning area for freeway work zone by analyzing traffic accidents and driving simulation data*. Unpublished master's thesis. Hanyang University, Ansan.

(Received August 03, 2022; 1st Revised August 10, 2022;
2nd Revised August 16, 2022; Accepted August 22, 2022)