

# OSH

# Ri:

# OSHRI:VIEW

보다 나은 미래,  
연구로 보다

# VIEW

2023년 제4호

## 실효성 있는 중대재해 감소

### Issue

위험성평가의 일상화를 위한 향후 과제

위험성 평가와 자기규제에 필요한 범규범의 개혁

### Practice

소규모 건설현장 안전보건조치에 대한 매뉴얼 개발

중대재해 감축을 위한 과학적 사고분석 연구사례집 개발



## OSHRI:VIEW(오시 리뷰)는

산업안전보건연구원을 뜻하는 'OSHRI(Occupational Safety & Health Research Institute)'와 '보다' 또는 '관점'의 뜻인 'View'의 합성어입니다. 또한 산업안전보건을 의미하는 OSH(Occupational Safety & Health)와 '논평'을 뜻하는 'Riview(review)' 동음이의어 조합으로 산업안전보건연구 분야에 있어 명실상부 연구 전문지로 나아가기 위한 의미도 포함합니다.

이번호의 테마색은 빨간색으로 선정하였습니다. 빨간색은 인류가 최초로 이름 붙인 색이며 시인성이 좋은 색 중 하나입니다. 빨간색을 이번호 대표색으로 선정하여 산업재해예방연구 분야를 가장 먼저 선도하고 글로벌 연구기관으로 발돋움해나가고자 하는 다짐을 담았습니다.

## OSHRI:VIEW [Vol.17 No.4 (통권95호)]

<b>발 간 번 호</b>	2023-산업안전보건연구원-800
<b>발행연월일</b>	2023년 11월 30일
<b>발 행 처</b>	산업안전보건연구원
<b>발 행 인</b>	김은아 연구원장
<b>편집위원장</b>	조동제 안전보건정책연구실장
<b>편 집 위 원</b>	안전보건연구원 산업안전연구실 김정덕 부장 안전보건연구원 직업건강연구실 이경은 선임연구위원 안전보건연구원 직업환경연구실 박현희 선임연구위원 안전보건연구원 산업화학연구실 이해진 연구위원 안전보건연구원 흡입독성연구센터 김용순 부장 안전보건공단 산업안전실 유영수 부장 안전보건공단 산업보건실 조덕연 부장 부경대학교 오창보 교수 가천대학교 함승현 교수
<b>담 당</b>	연구기획부 안정호 부장, 제유리 차장, 김이슬 대리
<b>문 의</b>	052-703-0812
<b>주 소</b>	울산 중구 종가로 400 산업안전보건연구원
<b>편집디자인</b>	엔프레임 주식회사
<b>인 쇄</b>	한결

\* 본지에 실린 사진과 삽화, 원고는 저작권법의 보호를 받습니다.

# 차례

Prologue | 산재예방의 원동력, 산업안전보건연구로 실현하겠습니다 \_\_\_\_\_ 02

## Issue

위험성평가의 일상화를 위한 향후 과제 \_\_\_\_\_ 06  
위험성평가와 자기규제에 필요한 법규범의 개혁 \_\_\_\_\_ 16

## Practice

소규모 건설현장 안전보건조치에 대한 매뉴얼 개발 \_\_\_\_\_ 32  
중대재해 감축을 위한 과학적 사고분석 연구사례집 개발 \_\_\_\_\_ 42

## Brief

사망사고 발생 분석에 따른 정부와 사업장의 접근 방안 \_\_\_\_\_ 52  
서비스업종 산재위험요인에 따른 유형화와 예방 대책 모색 \_\_\_\_\_ 62  
건설공사 중 붕괴로 인한 산업재해 예방을 위한 제도 개선 \_\_\_\_\_ 68  
달비계용 PP섬유로프의 야외노출에 따른 인장강도 변화 분석 \_\_\_\_\_ 74

## Now

2023년 OSHRI 학술대회 개최 \_\_\_\_\_ 86  
산업안전보건연구원, 국립소방연구원 MOU(업무협약) 체결 \_\_\_\_\_ 87  
연구원 홈페이지 AI 검색시스템 도입 \_\_\_\_\_ 88  
연구원 OPEN LOUNGE 개방 \_\_\_\_\_ 89

직류를 포함한 하이브리드 전원을 통제할 수 있는 지락차단장치 개발 \_\_\_\_\_ 90

# Prologue



## 산재예방의 원동력 산업안전보건연구로 실현하겠습니다

현대 사회를 살아가며 안전은 핵심이 되었습니다. 그 중 우리가 많은 시간을 보내는 회사에서의 안전은 두말할 필요가 없을 것입니다. 과거 회사의 성장과 효율에 집중하던 글로벌 시대의 흐름은 ESG와 책임 경영, 근로자의 안전으로 주안점이 옮겨가고 있는데, 이는 근로자에 대한 사업주의 책임, 산업안전이 바탕이 되어야 한다는 깨달음의 반증입니다.

이제는 산업현장에서 '안전은 권리'라는 인식이 보편화되었고, 이러한 변화는 어떻게 나의 안전을 지킬 것인가에 대한 고민을 안고 있는 근로자들을 자연스럽게 '위험성평가'를 주목할 수 있도록 했습니다. '위험성평가'는 2013년 산업안전보건법에 도입되어 일하는 근로자들이 스스로 사업장의 위험을 찾도록 한 제도입니다. 선진국들이 위험성평가 제도를 통해 현저하게 산업재해를 줄여온 만큼 2023년 새롭게 개편된 위험성평가 제도에 대한 관심이 높습니다.

따라서 이번호 이슈섹션의 주제를 '위험성평가' 제도로 하여 '자기규율 예방체계'의 핵심인 '위험성평가'의 방향성을 짚어보고자 하며 브리프와 프랙티스에서는 실효성 있는 사망재해 감소를 위한 연구들을 살펴봅니다.

산업재해는 사업주와 근로자의 관심 속에서만 예방될 수 있습니다. 안전은 나의 권리라는 확고한 신념을 가진 현장을 뒷받침할 수 있는 연구, 끊임없이 고민하고 연구하는 안전보건전문가들의 고견을 바탕으로 산업재해 예방의 중심이 될 수 있도록 노력해나가겠습니다.



OSHA

Ri:VIEW

01

# Issue

01. 위험성평가의 일상화를 위한 향후 과제

02. 위험성평가와 자기규제에 필요한 법규범의 개혁

---

Issue는 시의적절하고 중요성 있는 산업안전 보건 이슈를 소개하고 연구동향을 분석하여 새로운 인사이트를 제시합니다.

# 01

산업안전보건연구원 안전보건정책연구실

김정섭 연구위원



위험성평가의 일상화를 위한 향후 과제

- 일본 사례를 중심으로



## 주요 내용 요약

- | 위험성평가는 고용노동부가 발표한 중대재해 감축 로드맵 이행과 자기규율 예방체계를 구축하기 위한 핵심 요인임. 향후 위험성평가 실시를 기업규모에 따라 단계적으로 의무화한다는 계획이 있어 기업의 입장에서는 중요한 화두임.
- | 위험성평가의 도입율은 자료에 따라 다소 차이는 있지만 30~40%에 그침. 그 이유는 전문인력 부족, 근로자의 관심 미흡 등임. 정책당국에서는 위험성평가를 주요한 사업으로 확산하려고 하지만 중대재해 감축 로드맵 또는 자기규율 예방체계 등의 키워드는 사업장의 입장에서 볼 때 위험성평가를 더욱 어렵게 느끼게 하고 있음. 사업장의 입장은 단지 자사의 재해감소를 목표로 하고 있으며, 법의 이행을 목적으로 하고 있기 때문임.
- | 일본의 경우 위험성평가 제도는 법적인 사항이기는 하지만 노력의무만 부과할 뿐 미실시에 따른 법적 제재는 없음. 일본의 위험성평가 제도 도입현황은 28.9%이며, 응답자의 71.8%가 재해감소 효과가 있으며, '현장의 리스크 감소', '일상의 안전보건활동 증가' 등이 주요한 효과임. 반면, 위험성평가 미실시 사유로 제시한 문제들은 한국에서도 발생할 수 있는데 '위험기계기구 및 유해물질이 없기 때문에' 위험성평가를 실시하지 않는 기업들을 어떻게 설득 하는지가 관건이 될 것.
- | 일본의 경우 위험성평가란 기업경영에서 관리해야 할 비즈니스 위험의 하나로 인식하고 있으므로, 안전보건의 차원을 넘어 기업의 생존 또는 경영전략과 연계해서 다루는 경우가 많음.
- | 사업장 설득, 위험성평가에 대한 인식 전환, 쉬운 위험성평가에 대한 해답이 향후 위험성평가 제도의 성공적인 도입을 위한 과제가 될 것.

## I. 위험성 평가의 의미와 계획

고용노동부는 지난 해 11월, 2026년까지 OECD 평균수준의 사고사망인율을 0.29‰로 감축하는 것을 목표로 하는 중대재해 감축 로드맵을 발표하였다. 이 로드맵은 크게 2가지 핵심전략으로 추진하는데, 그 중 하나가 기업 스스로 위험요인을 발굴·개선하는 위험성평가를 중심으로 하는 자기규율 예방체계(Self Regulation) 구축이다. 자기규율 예방체계란 노사가 함께 사업장 특성에 맞는 자체규범을 마련하고, 평상시에는 위험성평가를 핵심 수단으로 사업장 내 위험요인을 스스로 발굴 제거하고, 사고 발생시에는 기업의 예방노력 적정성을 엄정히 따져 결과에 대한 책임을 부여하는 안전관리 방식을 의미한다. 즉, 다시 말하면 위험성평가 제도는 기업에 있어 자기규율 예방체계를 구축하는 수단인 동시에 중대재해를 감축하기 위한 로드맵의 핵심인 것이다.

고용노동부는 향후 위험성평가를 단계적으로 2025년까지 의무화할 계획을 발표한 바 있다. 대기업부터 단계적으로 적용 예정인데, 금년 내 300인이상, 24년 50~299인, 25년 5~49인 기업을 대상으로 위험성평가 제도 도입 의무화를 확대 적용한다고 밝혔다. 아울러, 제도의 현장 작동성을 위해 위험성평가 미실시 기업에 대한 벌칙조항 신설 등을 추진하는 것이 주된 방향성이므로, 당장 기업의 입장에서는 중요한 화두가 되고 있다.

## II. 위험성평가 실시 문제점과 현황

### 1. 위험성평가 실시 현황

위험성평가 제도의 도입율은 낮다. 2019년 실시된 작업환경실태조사<sup>1)</sup>에서는 35.5%의 도입율을 보이고 있다. 또한 위험성평가 실시 애로사항<sup>2)</sup>으로는 전문인력 부족 32.5%, 근로자의 관심 및 참여 미흡 32.2%, 생산과 안전조직원 협업의 어려움 20%, 정부의 지도·지원의 부족 13.8%의 순으로 나타났다.

그리고, 제조업만을 대상으로 보면 19년 작업환경실태조사 42.1%, 21년 안전보건실태조사<sup>3)</sup>는 58.9%의 실시율을 보이고 있다. 두 조사에서 수치가 차이 나는 부분은 대상이나 규모별 표본수 또는

[표 1] 작업환경실태조사 - 위험성평가 실시현황 (전산업)

(단위: 개소, %)

구분	조사대상	최초평가		정기평가		
		실시	미실시	매년 실시	실시한적 있음	실시한적 없음
전체	147,716(100.0)	51,051(35.5)	92,655(64.5)	34,099(23.7)	14,486(10.1)	95,131(66.2)
제조업 전수조사	107,655(100.0)	45,320(42.1)	62,345(57.9)	30,890(28.7)	12,425(11.5)	64,350(59.8)
제조업 표본조사	25,023(100.0)	3,957(15.8)	21,066(84.2)	2,012(8)	1,586(6.3)	21,425(85.6)
비제조업 표본조사	11,028(100.0)	1,774(16.1)	9,254(83.9)	1,197(10.9)	475(4.3)	9,356(84.8)

1) 안전보건공단 홈페이지 제6차 작업환경실태조사(2019) 결과

2) 한국경영자총협회 2023.3 「위험성평가 실시현황 및 제도개선방향 실태조사」

3) 안전보건공단 홈페이지 제10차 산업안전보건 실태조사(2019) 결과



문항의 이해도 및 설문내용에 따른 차이에 따라 상이한 결과라고 추정되지만 상세 내용은 해당 실태조사를 추가적으로 살펴보아야 하므로 본고에서는 참고적으로만 활용한다.

위험성평가 제도의 도입은 재해감소에 분명한 효과가 있다.

국내 여러 실태조사를 통해서는 위험성평가를 일찍 도입한 외국의 사례는 효과성을 보여준다. 하지만, 현장의 소리를 확인하면, 위험성평가는 어렵다는 인식이 존재한다. 그 결과 설문조사에도 나타나듯이 전문인력 부족이나 근로자의 관심과 참여 미흡이라는 형태로 나타나는데, 이것은 정책입안자와 현장이 위험성평가에 대한 인식차이가 있기 때문일 것이다.

정책입안자는 중대재해 감축 로드맵 이행이나 자기규율 예방체계 구축을 위한 핵심 요인으로 위험성평가를 다루고 있다. 또한, 위험성평가의 확산 및 실시는 재해감소에 효과가 있으므로 현장에서의 위험성평가 확산을 위하여 정책적 지원 방안을 비롯하여 제도 확산을 위해 노력 중이다. 하지만 그 결과 위험성평가에 대한 보도자료 또는 각 학계나 각종 토론회 등에서 주로 논의되는 출발점은 ‘중대재해 감축 로드맵’이나 “자기규율 예방체계 구축”이라는 키워드이다.

**[표 2] 작업환경 실태조사 - 위험성평가 실시현황(제조업)**

(단위: 개소)

구분	조사대상	최초평가		정기평가		
		실시	미실시	매년 실시	실시한적 있음	실시한적 없음
전체	107,665	45,320	62,345	30,890	12,425	64,350
5인 미만	13,570	2,458	11,112	1,228	993	11,349
5-9인	32,706	9,453	23,253	5,184	3,633	23,889
10-15인	22,184	8,385	13,799	5,092	2,863	14,229
16-29인	20,225	10,171	10,054	6,828	2,912	10,485
30-49인	9,258	6,375	2,883	4,906	1,284	3,068
50-99인	5,873	5,006	867	4,410	540	923
100-299인	3,173	2,869	304	2,667	175	331
300-299인	554	490	64	464	24	66
1000인 이상	122	113	9	111	1	10

**[표 3] 산업안전보건실태조사 - 지난 1년간 위험성평가 여부(제조업)**

(단위: 명, %)

구분	사례수	실시한적 없음	정기적은 아니지만 실시한적 있음	정기적으로 실시함	계
전체	3,072	18.8	22.2	58.9	100.0
20-49인	2,127	24.1	25.0	50.9	100.0
50-99인	587	9.4	20.3	70.4	100.0
100-299인	253	3.4	11.9	84.7	100.0
300-299인	95	1.7	2.6	95.7	100.0
1,000인 이상	11	1.9	0.0	98.1	100.0

## 2. 위험성평가는 어렵다?

여기에서 인식의 차이가 있다. 현장, 특히 50인 미만의 중소기업에서는 정부의 정책 방향보다는 현실적으로는 위험성평가 제도의 의무화라는 키워드가 기업 운영에 더 중요한 사항이다. 다시 말하면, 중대재해 감축 로드맵 이행을 위해 자사의 동참보다는 위험성평가 의무화로 인한 도입이라고 받아들이는 경우가 더 많다. 기업 입장(특히 50인 미만)에서는 위험성평가를 위해 관련 자료를 찾아보니, 어려운 용어들만 가득하다고 한다. 그 결과 전문인력 부족, 어려움, 참여 부족이라는 위험성평가 실시에 따른 애로사항들이 나타나는 결과가 된다.

고용노동부에서는 각 기업에서 위험성평가를 쉽게 할 수 있도록 위험성평가 실시에 있어, 전 과정의 근로자 참여를 의무화하였으며, 위험성평가 실시 방법 다양화를 포함하는 고시 개정, 중소기업 사업장을 위한 쉽고 간편한 위험성평가 안내서 발간, 위험성평가 사례집 공유 등 다양한 노력을 기울이고 있지만, 여전히 현장에서는 위험성평가 실시에 어려움을 호소하고 있다. 사실 위험성평가를 일찍 도입한 해외 사례의 경우에도 위험성평가의 실시율은 그리 높지 않다. 영국, 독일, 일본의 경우도 중소기업의 경우 도입률이 30~40%에 불과하다.

## III. 쉬운 위험성평가 실시를 위한 일본의 사례

### 1. 일본의 위험성 평가 도입 현황

일본의 경우에도 우리나라와 마찬가지로 위험성평가의 실시율은 그다지 높지 않다. 위험성평가가 법제화가 되어 있지만 의무화가 되어 있지 않는 현실도 우리와 비슷하다. 다만, 위험성평가에 대한 접근법은 우리와 다른 부분이 있으며, 미실시에 대한 사유에 관해서도 시사점이 있다고 본다. 여기서는 일본의 사례를 살펴봄으로써 향후 위험성평가 확산을 위한 참고점을 제시하는데 도움이 될 것이다.

일본의 위험성평가 법제 현황을 보자. 일본은 노동안전위생법(우리나라 산업안전보건법에 해당)

[표 4] 일본의 기업 규모별 위험성평가 도입 현황

(단위: %)

구분	위험성평가 실시 비율	재해감소 효과가 있음
전체	28.9	71.8
5,000인 이상	35.3	73.1
1,000~4999인	41.2	65.9
300~999인	35.9	78.1
100~299인	33.3	76.1
50~99인	34.3	71.9
30~49인	26.5	74.3
10~29인	17.6	67.4

[표 5] 산업별 위험성평가 도입 현황

(단위: %)

구분	위험성평가 실시 비율	재해감소 효과가 있음
전체	28.9	71.8
농업 및 임업	67.4	83.5
광업, 채석업, 토사채취업	48.2	76.5
건설업	59.3	83.6
제조업	41.5	73.0
전기 가스 열공급 수도업	70.0	82.9
정보통신업	7.8	54.3
운수업 우편업	46.0	79.6
도소매업	25.7	72.6
금융업 보험업	10.9	46.5
부동산업 물품임대업	22.1	65.8
학술연구 전문기술	28.8	84.0
숙박업 음식서비스업	16.4	63.8
생활서비스업 오락업	18.5	57.8
교육 및 학습지원업	6.0	65.6
의료 복지	23.6	52.8
복합서비스사업	29.5	56.0
서비스업	33.5	78.3

제8조의 2항에 위험성 또는 유해성 등을 조사하여 그 결과를 토대로 법령에 정하는 조치 및 그 외 필요한 조치를 취할 것을 명시하고 있다. 다만, 현재까지는 노력의무만 부과하고 미실시에 따른 법적 제재는 없는 상황이다.

일본의 위험성평가제도의 도입현황<sup>4)</sup>은 다음과 같다. 전산업 기준 28.9%의 실시비율을 보이고 있으며, 50인 미만 기업에 있어서는 상대적으로 적은 실시비율을 보이고 있다. 재해감소 효과는 71.8%의 기업에서 효과가 있다고 응답하였다.

위험성평가의 효과성은 ‘현장의 리스크가 감소함(47.9%)’, ‘일상의 안전보건활동이 활성화 됨(28.9%)’, ‘산업재해가 감소함(24.4%)’, ‘아차사고 보고건수가 감소함(21.9%)’, ‘외부기관 평가 상승(5.6%)’, ‘안전비용대비 효과성 제고(3.8%)’의 순(복수응답)이었다.

위험성평가 실시한 회사 중 84.5%가 그 결과를 활용하였다고 응답하였으며, 활용 내용은 ‘근로자 교육연수 및 정보제공(63.5%)’, ‘작업 또는 작업환경의 개선(53.3%)’, ‘안전보건위원회 등 보고·심의(28.2%)’, ‘관리감독자 교육연수 및 정보제공(24.7%)’, ‘안전보건계획수립 및 시행(17.4%)’의 순이었다.

4) 2018, 2017 노동안전위생조사 <https://www.e-stat.go.jp>, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/list46-50.html>

[표 6] 산업별 위험성평가 미 실시 사유

(단위: %)

구분	미 실시 사유(복수응답)					
	전문가 부족	실시방법을 모름	산업재해가 발생하지 않았으므로	법령준수만 충분하므로	위험기계 및 유해물질 없으므로	기타
전체	27.4	20.4	14.2	11.4	63.3	9.0
농업 및 임업	54.7	39.7	12.4	4.1	9.7	31.5
광업, 채석업, 토사채취업	38.4	27.3	11.1	11.1	28.4	14.8
건설업	45.1	19.8	14.2	13.6	51.8	13.5
제조업	42.9	30.8	19.5	13.2	37.5	11.2
(소비관련제조업)	40.7	30.6	16.1	8.9	45.5	8.7
(비금속계소재관련제조업)	43.7	33.2	19.0	12.5	40.5	12.1
(금속계소재관련제조업)	51.9	34.4	26.5	20.1	21.5	15.8
(기계관련제조업)	40.9	27.2	21.3	16.4	31.7	12.0
전기 가스 열공급 수도업	22.3	12.6	3.1	3.1	40.7	36.9
정보통신업	9.5	4.0	14.1	9.7	84.3	5.7
운수업 우편업	32.4	19.6	14.1	8.5	68.4	5.4
의료 복지	18.1	16.6	12.0	10.3	63.4	8.8

위험성평가를 실시하지 않는 이유에 대해서는 ‘위험한 기계나 유해한 물질이 없다’의 응답이 가장 많았지만 이 부분은 산업별로 차이를 보인다.

## 2. 일본의 위험성평가 방향

최근 1년간 한국의 위험성평가와 관련된 키워드 분석<sup>5)</sup> 결과, 고용노동부, 중대재해처벌법, 근로자, 안전보건공단, 안전보건체계구축, 산업재해 등의 키워드가 많이 연관되어 있다. 이는 최근 위험성평가의 경향은 중대재해처벌법의 시행과 함께 법 준수에 대한 사업장의 관심과 고용노동부와 안전보건공단을 중심으로 한 제도의 확산활동임을 알 수 있다.

반면, 일본의 웹 검색을 통해 나온 결과<sup>6)</sup>는 후생노동성뿐만 아니라, 위험성평가의 정의, 실시방법 등에 관한 내용이 많이 포함되어 있으며, 또한 위험성평가에 관한 내용은 후생노동성, 중앙재해방지협회, 중소기업지원 사이트, 기업경영 전략컨설팅 웹사이트, 상공회의소, 경제산업성 등 기타 정부기관 등 다양한 사이트에서 찾아 볼 수 있다. 또한 정량적으로 제시할 수는 없지만, 위험성평가에 관한 내용들은 「위험성평가의 효과 또는 장점», 「필요성», 「해야 하는 이유」를

5) 빅카인즈, [www.kinds.or.kr](http://www.kinds.or.kr)

6) 구글 트렌드 검색결과 및 야후재팬 활용



조사결과를 보면 여전히 위험성평가에 대해 어렵다고 느끼는 경우가 많다. 해당 사업장에 전문가가 없다는 것도, 방법을 모른다고 하는 설문결과가 높은 것도 위험성평가 제도를 확산하는데 장애가 되고 있다. 또한 일본의 설문결과를 보면 위험성평가 미실시 사유로 ‘위험한 기계기구나 유해물질이 없어서’의 응답이 큰 폭으로 작용하고 있다. 위험성평가가 의무화가 된다면 한국에서의 기업들 또한 같은 고민이 있을 것이다. 제도는 의무화로 도입되었으나, 실상 사업장에서는 실제로 위험기계 기구나 유해물질이 없는 경우 어떻게 설득할 것인가.

또한, 일본의 사례와 같이, 위험성평가를 단지 산업안전보건으로만 접근이 아니라 지속가능한 기업경영의 하나이거나 경영전략의 차원에서 접근하는 방식으로 유도하는 방식을 참고할 만하다. 이를 위해 산업안전보건분야 뿐만 아니라 타 분야와의 적극적인 연대를 통한 홍보도 고려할 만하다.

마지막으로 가능한 ‘쉽게 쉽게’ 라고 하는 의미를 사업장 입장에서 이해할 필요가 있다. 위험성평가를 컨설팅 위주로 점검감독을 하고 있지만, 사업장에서 느끼는 관점은 절차에 어김없이, 누락없이 리스크를 발굴하고, 정확한 대책을 마련하고 수립된 대책을 시행하는 것으로 이해하기 때문에 시행에 있어 실수가 없어야 한다 또는 지적당하는 것이 없어야 한다는 압박감이 시행에 어려움으로 이어지고 있는 것이다. 고용노동부나 안전보건공단은 위험성평가의 쉬운 실시를 위해서 여러 가지 자료를 만들고, 배포하는 등 노력을 기울이고 있으며, 위험성평가의 확산을 위해 정책적 지원 방안도 고려하고 있지만, 이런 활동과 함께 정책을 둘러싼 이해관계자들과의 많은 논의의 과정이 필요한 것으로 보인다.

위험기계나 유해물질이 없어서 위험성평가가 필요없다고 생각하는 사업장에 대한 위험성평가 적용방안, 위험성평가에 대한 인식전환, 그리고 쉬운 위험성평가 등 이러한 과제는 위험성평가의 정책적 방향에 영향을 미칠 변수가 될 수 있으므로 중대한 과제로 인식하고 대처해 나가야 할 것이다.

## 참고문헌

- 한국경영자총협회, 「위험성평가 실시 현황 및 제도개선 방향」실태조사(2023)
- 고용노동부, 중소기업 사업장을 위한 쉽고 간편한 위험성평가 안내서(2023)
- 고용노동부, 2023 새로운 위험성평가 안내서(2023)
- 백종배, 위험성평가 내실화 방안 연구(2015)
- 일본 후생노동성, 위험성평가 정책안내, [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou\\_roudou/roudoukijun/anzen/anzeneisei14/index.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/anzen/anzeneisei14/index.html)
- 일본 후생노동성, 직장안전 웹사이트 [https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo01\\_1.html](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo01_1.html)
- 일본 정부통계 종합 창구 E-STAT [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&query=%E3%83%AA%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%82%A2%E3%82%BB%E3%82%B9%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88&sort=op\\_en\\_date%20desc&layout=dataset&toukei=00450110&tstat=000001069310&metadata=1&data=1](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&query=%E3%83%AA%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%82%A2%E3%82%BB%E3%82%B9%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88&sort=op_en_date%20desc&layout=dataset&toukei=00450110&tstat=000001069310&metadata=1&data=1)
- 정진우, 사업장 위험성평가에 관한 법제의 비교법적 고찰(2019)

# 02

강원대학교 법학전문대학원  
전형배 교수



## 위험성평가와 자기규제에 필요한 법규범의 개혁



## 주요 내용 요약

- | 고용노동부는 2022년 11월 30일 ‘중대재해 감축 로드맵’을 발표하였고 여기에 기초하여 현재 여러 가지 법령상의 개정 방안을 준비하고 있음. 이번 로드맵의 핵심은 위험성평가 제도의 활성화와 자기규제의 안착이라고 평가할 수 있는데 위험성평가에 기초한 사업장 안전보건시스템의 구축은 단기간에 이루어질 수 없는 매우 다층적인 구조 개혁이 필요한 과제임.
- | 위험성평가 제도가 활성화되고 자기규제가 사업장에 안착하려면 정부의 확고한 의지에 기초한 일관된 장기적 정책 추진, 경영책임자의 제도에 대한 확신과 지원, 전문인력의 양성과 사업장의 배치, 위험성평가에 적절한 감독관제도의 개혁 등 정책적 성공 요건도 중요한데 이 글에서는 규범 구조 측면에서 위험성평가와 자기규제가 정착될 수 있는 전제가 무엇인지 검토해보고자 함.
- | 영국의 입법 사례와 비교하면 우리나라의 입법은 여전히 정부가 주도적으로 작성한 매뉴얼을 사업주가 수동적으로 따르는 방식을 전제로 함. 따라서 위험성평가와 자기규제가 가능해지려면 사업장의 현실이 반영된 행위규범을 정부의 전문기관이 승인하고 그것이 감독과 재판의 기준이 될 수 있도록 산업안전보건법령에 명시적으로 입법하는 방식이 고려되어야 함.

## I. 시작하며

고용노동부는 2022년 11월 30일 ‘중대재해 감축 로드맵’을 발표하였고 여기에 기초하여 현재 여러 가지 법령상의 개정 방안을 준비하고 있다. 이번 로드맵의 핵심은 위험성평가제도의 활성화와 안착을 통한 자기규제라고 평가할 수 있는데 위험성평가에 기초한 사업장 안전보건시스템의 구축은 단기간에 이루어질 수 없는 매우 다층적인 구조 개혁이 필요한 과제이다. 위험성평가와 자기규제가 성공적으로 정착한 서구의 전례에 비추어 보면 적어도 십수 년 이상의 장기적 안목을 갖고 지속해서 일관된 정책을 시행해야 그 효과가 나타난다. 정책 당국의 노력만으로는 안 되고, 경영책임자의 정책에 대한 신뢰와 자기규제에 대한 확고한 철학이 정립되어 있어야 하고 이를 바탕으로 사업장에 실질적인 위험성평가를 시행할 수 있는 전문 인력이 확충되어야 한다. 나아가 사업장 감독 시 위험성평가의 적정성을 판단할 수 있는 지식과 경험을 갖춘 감독관 제도의 개혁도 필요하다. 이 짧은 글에서는 이런 정책적 성공 요건을 제외하고 규범 구조 측면에서 위험성평가와 자기규제가 정착될 수 있는 전제가 무엇인지 검토해보고자 한다. 화학물질관리체계의 기본으로 사업주의 위험성평가를 채택하는 문제도 사업장 안전보건관리체계의 기본으로 위험성평가를 채택하는 문제와 동일선상의 주제이고, 따라서 위험성평가와 자기규제를 가능하게 하는 산업안전보건법의 규범 구조 변경은 화학물질관리체계에 관한 법적 구조 변화와 연동된다. 이 글에서는 위험성평가에 기초한 자기규제에 필요한 규범 구조의 형태를 영국의 입법을 고려하여 제안해보고자 한다.

## II. 우리나라 법규범의 구조와 위계

### 헌법과 법률

위험성평가에 기초한 자기규제 입법의 모양을 이해하려면 먼저 현재 우리나라의 입법의 일반적인 구조와 위계를 이해할 필요가 있다. 법학 전공자에게는 단순한 내용이지만 다양한 전공 분야의 독자층을 고려하여 약술한다. 먼저 헌법은 기본법이고 최고법인데 특정 법률은 헌법에서 제정 의무를 규정하는 경우가 있다. 이것은 헌법이라는 국민적 총의를 통해 반드시 입법하도록 국회에 의무를 부여한 것이다. 예를 들어, 헌법 제32조 제3항은 근로조건의 기준은 인간의 존엄성을 보장하도록 법률로 정한다고 규정하는데 이를 받아서 근로기준법이 1953년 제정되어 있다. 다음으로 법률은 국회에서 헌법과 관련 법률에 따라서 제정하는 규범이다. 법률은 헌법이 정한 범위 내에서만 그 내용을 정할 수 있고, 헌법재판소를 통해서 법률이 헌법에 위반되는지를 심사한다. 이를 위헌법률심사제도라고 부른다.

### 명령

한편, 헌법에서 통상 ‘명령’이라고 칭하는 법규범이 있는데 구체적으로는 다양한 법적 효력을 가진 규범 전체를 의미한다. 예를 들어, 대통령의 긴급재정경제명령은 명칭은 명령이지만 법률과 같은 효력이 있다. 1993년 김영삼 대통령이 한 “금융실명거래 및 비밀보장에 관한

긴급재정경제명령”이 가장 최근의 사례이다. 긴급한 경우에만 대통령이 단독으로 발령할 수 있는 임시적 법률이며 이러한 긴급명령도 국회의 사후 승인을 얻어야 한다. “금융실명거래 및 비밀보장에 관한 긴급재정경제명령”도 이후 1997년 “금융실명거래 및 비밀보장에 관한 법률”로 입법된다. 같은 ‘명령’이라는 이름으로 불리지만 법률보다 하위의 위계를 갖는 규범이 있는데 보통 시행령을 말한다. 시행령은 국가와 국민에 대하여 일반적 구속력을 가지는 이른바 법규로서의 성질을 가지는 명령으로 강학상 ‘법규명령’이라고 부른다. 일반적 구속력이 있다는 것은 예외 규정이 없는 한 모두 그 내용을 지켜야 한다는 뜻이다. 실무상 시행령의 특정 규정이 국가와 국민에 대하여 일반적 구속력을 갖는지, 즉 이를 무조건 따라야 하는 의무를 부과하고 의무를 이행하지 않으면 그에 따른 책임이나 불이익을 받게 하는 조항인지가 애매한 예도 있는데, 그 조항이 적용되는 사례가 재판에 이르는 분쟁까지 가면 법원이 최종적으로 판단하게 된다.

### 행정규칙과 처분

규칙이란 명칭도 두 가지 경우를 포함한다. 하나는 국회규칙, 대법원규칙, 중앙선거관리위원회규칙, 헌법재판소규칙을 말하는 것으로 위 기관은 설립 근거가 모두 헌법에 규정되어 있는 독립성이 보장되는 헌법기관이어서 용어는 규칙이나 그 효력은 시행령 수준이고, 해당 규범도 그 기관이 직접 제정한다. 헌법기관의 규칙과 달리 행정기관이 제정하는 행정규칙은 행정조직 내부에서 그 조직과 활동을 규율하기 위해서 발령하는 일반적·추상적인 명령으로서 법규명령이 아닌 규범을 의미한다. 행정기관을 구속하지만, 국민은 구속하지 않으므로 행정규칙을 사업주를 포함한 국민이 이행하지 않았다고 하여 불이익한 처분을 할 수 없는 것이 원칙이다. 여기에 해당하는 규범은 보통 고시, 훈령, 예규라고 불린다. 고시는 행정기관이 법령이 정하는 바에 따라 일정한 사항을 불특정 다수의 일반인에게 알리는 형식의 규범이다. 행정기관의 의사표시 방식으로 원칙적으로는 국민이 수범자가 아니다. 훈령은 상급 행정기관이 하급 행정기관에 대하여 상당히 장기간에 걸쳐 그 권한의 행사를 지휘하기 위하여 발령하는 명령으로 그 수범자가 국민이 아니다. 예규도 행정사무의 통일을 기하기 위하여 반복적 행정사무의 처리기준을 제시하는 규범이다. 주의할 것은 명칭은 행정규칙이지만 실질적으로 시행령에 따르는 효력이 있는 것으로 인정하는 사례가 있고 이런 경우에는 불이익을 받은 국민은 행정소송을 제기하여 불이익을 제거하게 된다.

처분은 행정소송의 대상이 되는 행정기관의 행정행위이다. 법령상으로는 행정기관이 행하는 구체적 사실에 관한 법 집행으로서의 공권력의 행사 또는 그 거부와 그 밖에 이에 준하는 행정작용(行政作用)<sup>1)</sup>이라고 정의한다. 행정처분이 만일 법률과 그 위임에 따른 시행령이나 시행규칙에 근거하여 행정청이 하는 행정작용이라면, 즉 법규명령에 근거한 행정작용이면 행정심판과 행정소송을 통하여 그 당부를 다투게 된다. 대표적으로 영업정지처분을 예로 들 수 있다. 한편, 헌법재판소에서 하는 헌법재판 중 권한쟁의심판이라는 재판 유형이 있는데 여기에서도 행정기관의 처분이 심판의 대상이 되는데 행정소송의 대상이 되는 처분보다는 범위가 넓다. 그만큼

1) 행정절차법 제2조 제2호

다루는 분쟁의 범위가 넓다는 뜻이다. 언론에 소개된 유명한 사례로는 아산시가 건설교통부장관을 상대로 제기한 권한쟁의심판이 있었는데 내용은 건설교통부장관이 KTX 천안아산역(온양온천)으로 결정한 것이 아산시의 권한을 침해했다고 주장하며 헌법재판을 제기한 것이다. 헌법재판소는 역명의 결정도 처분으로 보기는 했지만, 지방자치단체의 영토고권은 우리나라 헌법과 법률상 인정되지 않는다고 보아 심판을 각하하였다.<sup>2)</sup>

여기까지 우리나라의 법규범 형성절차와 그 효력위계를 살펴보았는데 이를 통해서 독자와 공유하고자 하는 것은 법형성과정에서 수범자의 직접적인 개입이 배제되어 있다는 것이다. 이는 산업안전보건법령과 같이 사업주와 노무제공자의 참여가 중요한 법령에서도 동일하다. 국회와 정부가 제정한 법령을 사업주는 따르기만하는 수직적 구조라고 하겠다.

### III. 산업안전보건법령의 구조와 효력

#### 산업안전보건법령의 유형

산업안전보건법령은 주지하다시피 법률인 산업안전보건법과 대통령이 제정한 대통령령인 시행령, 고용노동부장관이 제정한 고용노동부령인 시행규칙이 기본 법령으로 있다. 여기에 사업장 안전보건에 관한 실질적 이행기준을 구체적으로 정하고 있는 산업안전보건기준에 관한 규칙과 유해·위험작업의 취업제한에 관한 규칙이 있는데 이 둘은 모두 고용노동부령이다. 법령의 위계로는 시행령이 뒤쪽의 3개의 부령보다 높고, 3개의 노동부령은 그 효력 순위가 같다. 아울러, 시행령과 시행규칙 등은 모두 상위법령의 위임이 필요하므로 해당 영과 시행규칙을 보면 위임의 근거가 되는 상위법령이 표시되어 있다. 하위법령은 상위법령에서 위임한 범위를 초과하여 입법할 수 없다. 설혹 입법하더라도 해당 내용은 무효가 되며 무효의 선언은 최종적으로 재판을 통해 법원이 하게 된다.

훈령인 근로감독관집무규정이 있다. 훈령이므로 행정기관 내부의 지휘·감독을 내용으로 한다. 다만 일부 규정은 감독 대상 사업장에 불이익을 줄 수도 있어 법규명령으로 볼 수 있으나 아직 판례에서 직접 다루는 사례는 없는 것으로 보인다. 실무적으로 행정처분을 하더라도 그 근거는 훈령이 아니고 산업안전보건법과 그 하위법령인 시행령과 시행규칙에 근거를 두기 때문일 것이다. 한편, 산업안전보건법령에는 고시 형태의 기술적, 행정적 표준을 제시한 것이 있다. 이 글과 관련해서는 사업장 위험성평가에 관한 지침을 예로 들 수 있다. 고시는 안전과 보건에 관한 기술적 또는 행정적 사항에 관하여 고용노동부가 알리는 권고적 기준이다. 다만, 행정기관이 고시의 내용을 행정처분을 하는 근거 규범으로 삼으면 그 내용이 고시 제정의 근거가 된 시행령이나 시행규칙과 결합하여 법규명령으로 효력이 있을 수 있다. 산업안전보건법령은 아니나 관련 사례로 '건강보험요양급여행위 및 그 상대가치점수당 단가'에 관한 보건복지부 고시 제2001-77호와

2) 헌법재판소 2006. 3. 30. 선고 2003헌라2 전원재판부

제2002-18호가 행정소송의 대상이 되는 행정처분에 해당한다고 본 판례가 있다.<sup>3)</sup> 형식상 고시라고 하더라도 요양급여를 받는 국민의 권리에 법률상 영향을 미치는 내용이므로 행정처분으로 보고 그에 기초한 권리 구제를 소송으로 할 수 있게 한 것이다. 끝으로 공단의 KOSHA Guide가 있다. 산업안전보건공단은 처분을 할 수 있는 독립된 행정관청이 아니므로 공단이 제정한 가이드는 법규명령이 아니다. 따라서 이를 위반하여 사고나 직업병이 발생하더라도 가이드 위반을 이유로 벌칙을 적용할 수는 없고 산업안전보건 관련 사건에서도 규범적 판단의 근거로 삼는 경우를 찾아보기 힘들다.

### 판결에서 위반 법령을 표시하는 방식

산업안전보건법을 위반이 형사사건으로 이어지는 경우는 대부분 사망사고인데 이때 형사법원이 판결서를 작성하는 방식을 보면 사업주에게 형사처벌을 하는 근거는 법률이고 의무의 구체적인 내용을 정한 안전보건규칙은 법률을 보충하는 성격임을 확인할 수 있다. 범죄와 형벌은 법률 수준에서 정하여야 한다는 죄형법정주의 원칙에 따라서 판결서에도 보통 법률 수준까지만 적용 법조를 적고 있다. 시행령이나 시행규칙 수준의 기재는 판결서의 범죄사실을 읽어보아야 알 수 있다. 아래 글상자는 중대재해처벌법 제1호 판결<sup>4)</sup>의 내용 중 법령 적용의 부분을 인용한 것으로 실무 사례의 이해를 돕고자 발췌한 것이다.

#### 사건의 요지

판결은 요양병원 증축공사에서 중량물 취급 작업을 수행하던 수급인 소속 근로자가 추락하여 사망한 사고. 추락 사망은 건설업 사망사고의 가장 전형적인 형태. 법원은 도급인(원청) 사업주의 대표이사(개인)에게 징역 1년 6월에 집행유예 3년을, 도급인 사업주(기업)에게 중대재해처벌법 및 산업안전보건법 위반을 인정하여 벌금 3천만 원을 선고. 수급인(하청) 사업주 소속 현장소장(개인)에게는 징역 8월의 실형을, 수급인 사업주(기업)에게는 벌금 3천만 원을 선고

#### **법령 적용 내용(판결 원문 기재 방식 그대로 소개함)**

- 피고인 권○○: 산업안전보건법 제173조, 제167조 제1항, 제38조 제2항, 제3항(안전조치 미이행으로 인한 근로자 사망의 점), 형법 제268조, 제30조(업무상과실치사의 점) → 수급인 사업주(하청)의 현장소장
  
- 피고인 주식회사 아이코닉에이씨: 산업안전보건법 제173조, 제167조 제1항, 제38조 제2항, 제3항 → 수급인 사업주(하청)

3) 서울행정법원 2002. 11. 15. 선고 2002구합12472 판결

4) 의정부지방법원 고양지원 2023. 4. 6. 선고 2022고단3254 판결

○ 피고인 김○○: 산업안전보건법 제173조, 제167조 제1항, 제63조, 제38조 제2항, 제3항(안전조치 미이행으로 인한 근로자 사망의 점), 형법 제268조, 제30조 (업무상과실치사의 점), 각 산업안전보건법 제168조 제1호, 제63조, 제38조 제1항, 제3항(안전조치 미이행의 점) → 온유파트너스의 현장소장(안전보건총괄책임자)

○ 피고인 주식회사 온유파트너스: 중대재해 처벌 등에 관한 법률 제7조 제1호, 제6조 제1항, 제5조, 제4조 제1항 제1호, 제2조 제2호 가목(중대산업재해의 점), 산업안전보건법 제173조, 제167조 제1항, 제63조, 제38조 제2항, 제3항(안전조치 미이행으로 인한 근로자 사망의 점), 각 산업안전보건법 제173조, 제168조 제1호, 제63조, 제38조 제1항, 제3항(안전조치 미이행의 점) → 도급인 사업주(원청)

○ 피고인 정○○: 중대재해 처벌 등에 관한 법률 제6조 제1항, 제5조, 제4조 제1항 제1호, 제2조 제2호 가목 → 온유파트너스 경영책임자

○ 피고인 방○○: 형법 제268조, 제30조 → 온유파트너스 안전관리자

## IV. 위험성평가와 자기규제에 필요한 규범 구조

### 위험성평가의 규범적 의미

현행 산업안전보건법령은 사업주가 이행하여야 할 의무의 목록을 모두 법령화하여 명시하고, 각 의무를 위반한 것에 대하여 하나하나 처벌하는 방식으로 의무이행을 도모한다. 이러한 방식은 일본이 1970년대 초 산업안전보건법을 서구 국가의 옛 제도를 고려하여 입법하면서 도입한 것으로 소위 매뉴얼의 준수를 통한 안전보건의 보장을 목표로 한다. 서구 국가는 1970년대 초부터 국가가 사업주에게 구체적인 이행 의무 목록을 일일이 제시하고 이를 이행을 하면 면책하고, 그렇지 않으면 처벌하는 방식이 산업재해 예방에 이제는 효과가 없다는 결론을 내리고 위험성평가를 사업장 안전보건체계의 구축과 관리의 기본 도구로 도입하였다. 예를 들어, 영국은 산업안전보건경영명령(The Management of Health and Safety at Work Regulations 1999)에 위험성평가에 관한 내용을 정하고 있는데 제3조는 “모든 사업주는 제정법에 근거하여 사업주에게 요구되거나 금지되는 사항을 이행하는 데 필요한 수단을 마련하고자, (a) 작업 중 근로자에게 노출되는 안전, 보건의 위험과 (b) 사업주의 영업행위와 연결되거나 이로 인하여 야기되는 그의 근로자가 아닌 자의 안전, 보건의 위험을 적절하고 충분하게 평가하여야 한다.”라고 정하고 있다. 위험성평가를 통해 보호하고자 하는 대상을 사업주의 근로자뿐 아니라 사업의 유해위험요인에 노출되는 노무제공자 전부로 하고 있다는 특징을 보여준다.

위험성평가라는 용어는 원래 보험산업에서 유래한 것으로<sup>5)</sup> 보험사가 부담하는 책임의 여부와 정보를 평가하는 도구였다. 그것이 산업안전보건 영역에 도입되면서 위험의 초기 파악부터 안전한 작업조건의 설계까지 포함하는 모든 활동을 의미하는 것으로 확대되었고 이에 따라 서구 국가의 위험성평가는 기술적 내용을 넘어서 여성이나 연소근로자(미숙련 근로자)가 작업할 때 생길 수 있는 유해위험요인까지도 위험성평가의 대상으로 삼고 있다. 아울러, 위험성평가는 규범적으로 산업재해 혹은 산업안전사고 발생 시 책임의 소재를 명확히 하는 기능을 수행한다. 다수의 관계인이 참여하는 사업에서 산업안전사고가 발생하였을 때 이에 대한 민사적 혹은 형사적 책임을 부담하는 관계가 애매하여질 수 있는데 사전적으로 작성된 위험성평가의 내용에는 해당 내용을 직접 담당하는 책임 주체가 특정되고 따라서 사고 발생 시 책임을 부담하는 주체를 쉽게 특정할 수 있는 기능을 수행한다.<sup>6)</sup>

### 자기규제와 위험성평가

위험성평가는 사업장의 위험은 사업주가 가장 잘 알거나, 잘 알고 있어야 한다고 전제한다. 따라서 위험성평가는 구체적인 공정에 있을 수 있는 위험을 사업주가 근로자와 협업하여 발견하고 이에 대응하는 자기규제 수단의 첫 단추가 된다. 정부는 위험성평가의 기본적인 기법 등을 개발하고 이를 사업주에게 제공하는 예방정책을 시행하고, 아울러 사업주가 수행한 위험성평가의 적절성을 검토하고 이에 대한 지원 또는 감독을 수행하는 역할을 한다. 사업주는 적절한 위험성평가를 토대로 사업장의 안전보건체계를 조직하고 운영하게 되므로 적절한 위험성평가야말로 자기규제의 초석이 된다. 여기서 정부의 역할은 다양한 유해위험요인에 대한 위험성평가 모델을 개발하여 보급하고, 사업장에서 실제로 그러한 모델이 작동할 수 있도록 위험성평가를 주체적으로 시행할 수 있는 전문 인력을 양성하고 채용할 수 있는 제도를 시행하는 것이다. 그런데도 위험성평가를 하지 않거나 부적절하게 수행한 것에 대해서는 지원뿐 아니라 감독상 조치, 때로는 형사상 조치를 통하여 적절한 규제를 하게 된다. 즉, 안전보건정책의 방향을 위험성평가를 기초로 한 자기규제 체계로 전환하고자 한다면 그 시스템이 작동하도록 지원하고, 그런데도 시스템이 작동하지 않는 것에 대해서는 그 책임을 사업주에게 묻는 방식으로 감독한다는 것이다.

### 위험성평가에 따른 자기규제의 구체적인 입법 방식

위험성평가에 따른 자기규제란 정부가 표준적으로 제시한 유해위험 관리방식과 동등하거나 그에 상회하는 수준의 관리방식을 사업주(기업)가 자율적으로 도입할 수 있도록 허용하는 것을 의미한다. 즉, 법령에 제시된 관리방식만을 매뉴얼처럼 그대로 수행할 것을 요구하고, 그것을 이행한 것만을 법령상 의무이행으로 인정하는 것은 자기규제에 기초한 지도나 감독이 아니라는

5) John Ridley, *Health and Safety in Brief*, 4th Edition, Elsevier Ltd., 2008, p 42.

6) Karen Russ, "Risk Assessment: Theory and Practice in UK", *The International Symposium on Risk Assessment: Theory and Practice*, OSHRI, 2010, p 74.

것이다. 이것이 가능해지려면 안전보건규칙에서 정한 기준과 적어도 동등한 수준의 관리방식을 사업주가 스스로 수립하여 실행할 수 있는 법적 근거가 있어야 한다. 이것을 영국은 산업안전보건법 제16조에 규정하는데 내용은 행위규범(code of practice)의 승인을 통해서 자기규제를 수행하도록 한다는 것이다. 즉, 독립되고 전문성이 있는 조직인 산업안전보건청이 행위규범을 제정하여 시행하고, 아울러 기왕에 산업계에 통용되는 행위규범도 승인하여 산업계의 자기규제를 촉진할 수 있도록 한 것이다. 산업계의 행위규범은 물론 해당 분야의 전문적인 지식과 경험이 있는 사람들과의 협업으로 만들어진 것이다. 제16조를 정리하면 아래 글상자와 같다.

### **16 Approval of codes of practice by the Executive**

(1) For the purpose of providing practical guidance with respect to the requirements of any provision of any of the enactments or instruments mentioned in subsection (1A) below, **the Executive may**, subject to the following subsection

- (a) **approve and issue** such codes of practice (whether prepared by it or not) as in its opinion are suitable for that purpose; - 안전보건청 제정 행위규범
- (b) **approve** such codes of practice issued or proposed to be issued **otherwise than by the Executive** as in its opinion are suitable for that purpose. - **산업계의 통용되는 행위규범**

(1A) Those enactments and instruments are— (법령에 부합하는 행위규범 승인을 말할 때 법령의 의미)

- (a) **sections 2 to 7 above**;
- (b) **health and safety regulations**, except so far as they make provision exclusively in relation to transport systems falling within paragraph 1(3) of Schedule 3 to the Railways Act 2005; and the existing statutory provisions that are not such provisions by virtue of section 117(4) of the Railways Act 1993.

(2) **The Executive shall not approve** a code of practice under subsection (1) above without the consent of the Secretary of State, and shall, **before seeking his consent, consult**— **정부와의 사전 승인 또는 협의**

- (a) any government department or other body that appears to the Executive to be appropriate; and
- (b) such government departments and other bodies, if any, as in relation to any matter dealt with in the code, the Executive is required to consult under this

section by virtue of directions given to it by the Secretary of State.

- (3) Where a code of practice is approved by the Executive under subsection (1) above, the **Executive shall issue a notice** in writing— **행위규범의 고시**
- (a) identifying the code in question and stating the date on which its approval by the Executive is to take effect; and
  - (b) specifying for which of the provisions mentioned in subsection (1) above the code is approved.
- (4) **The Executive may**—
- (a) **from time to time revise** the whole or any part of any code of practice prepared by it in pursuance of this section; - **행위규범의 개정과 개정된 규범의 승인**
  - (b) **approve** any revision or proposed revision of the whole or any part of any code of practice for the time being approved under this section; and the provisions of subsections (2) and (3) above shall, with the necessary modifications, apply in relation to the approval of any revision under this subsection as they apply in relation to the approval of a code of practice under subsection (1) above.
- (5) **The Executive may** at any time with the consent of the Secretary of State **withdraw its approval** from any code of practice approved under this section, but before seeking his consent shall consult the same government departments and other bodies as it would be required to consult under subsection (2) above if it were proposing to approve the code. - **승인의 취소**
- (6) Where under the preceding subsection the Executive **withdraws its approval** from a code of practice approved under this section, the Executive **shall issue a notice** in writing identifying the code in question and stating the date on which its approval of it is to cease to have effect. - **승인 취소 시 고시**
- (7) References in this Part to an approved code of practice are references to that **code as it has effect for the time being** by virtue of any revision of the whole or any part of it approved under this section.

(8) The power of the Executive under subsection (1)(b) above to approve a code of practice issued or proposed to be issued otherwise than by the Executive shall include power to **approve a part of such a code of practice**; and accordingly in this Part “code of practice” may be read as including a part of such a code of practice.

- 행위규범의 일부 승인

영국 산업안전보건청은 행위규범의 제정 또는 승인에 덧붙여 이에 대한 구체적인 이행 방식을 마치 주석처럼 작성하여 행위규범과 함께 배포하고 있다. 예를 들어, 2002년 건강위험유해물질 관리명령(The Control of Substances Hazardous to Health Regulations) 제6조는 건강유해위험물질의 위험성평가를 규정하고 있는데 산업안전보건청은 제6조에 대한 이행기준으로 행위규범과 가이드를 덧붙이고 있다. 제6조에 대한 주석으로 이해할 수 있는 행위규범은 모두 14개 항목(항목 번호는 필자가 임의로 넣은 것임)으로 구성되며 그중 12번째인 근로자와 그의 대표자와의 협의 부분을 발췌하면 다음과 같다. 내용을 읽어보면 현장의 작업자, 사업장 담당자가 이해하고 실천할 수 있는 현장작동성을 고려하여 쉽게 설명한다는 것을 알 수 있다.

1. COSHH risk assessment
2. The person who carries out the assessment
3. Suitable and sufficient risk assessment
4. Assessing the risk from biological agents
5. Obtaining information to help with the assessment of risks
6. Supplied chemicals and products
7. Information on natural substances, by-products, wastes etc
8. Other information
9. Implementing the steps to comply with the Regulations
10. Combining a COSHH risk assessment with other risk assessments
11. Exposure to two or more substances
12. Consulting employees and their representatives

**76 (ACOP)** When carrying out a suitable and sufficient risk assessment, the employer **must consult employees and/or their safety representatives** on any measures they plan to introduce as a result of the assessment which may substantially affect their health and safety. This is a legal requirement under the Safety Representatives and Safety Committees Regulations 1977 and the Health and Safety (Consultation with Employees) Regulations 1996.

← 행위규범

77 (GUIDANCE) Consultation involves employers not only **giving information** to employees but also **listening to them and taking account** of what they say before making health and safety decisions. **Issues employers must consult** employees on include:

- ① risks arising from their work;
- ② proposals to manage and/or control these risks;
- ③ the best ways of providing information and training.

78 Employers may wish to **involve employees and/or safety representatives when carrying out and reviewing risk assessments** as it's a good way of helping to manage health and safety risk. Employers **could ask employees** what they think the hazards are, as they may notice things that are not obvious and may have some good, practical ideas on how to control the risks.

- 13. Recording the risk assessment
- 14. Reviewing the risk assessment

이러한 행위규범은 특히 형사재판에서 실질적으로 법령 위반의 기준이 된다. 영국 산업안전보건법 제17조는 행위규범의 준수는 법령의 준수라고 규정하여, 위반행위자는 행위규범이 요구하는 수준 이상의 다른 (자기규제인) 안전보건 규범을 준수하였음을 반증하여야만 혐의를 벗을 수 있다.

17 Use of approved codes of practice in criminal proceedings.

- (1) **A failure** on the part of any person to observe any provision of an approved code of practice **shall not of itself render him liable to any civil or criminal proceedings;** **but** where in any criminal proceedings a party is alleged to have committed an offence by reason of a contravention of any requirement or prohibition imposed by or under any such provision as is mentioned in section 16(1) being a provision for which **there was an approved code of practice at the time of the alleged contravention**, the following subsection shall have effect with respect to that code in relation to those proceedings. → 행위규범 위반 자체가 범죄는 아니지만, 위반행위(사고나 발병) 당시 그 분야에 승인된 행위규범이 있다면 이를 불이행하는 것은 다음의 효력이 있음

(2) Any provision of the code of practice which appears to the court to be relevant to the requirement or prohibition alleged to have been contravened **shall be admissible in evidence in the proceedings**; → 법령 위반의 기준이 되는 증거로 사용할 수 있음

and if it is proved that there was **at any material time a failure to observe any provision of the code** which appears to the court to be relevant to any matter which it is necessary for the prosecution to prove in order to establish a contravention of that requirement or prohibition, **that matter shall be taken as proved unless** the court is satisfied that the requirement or prohibition was in respect of that matter **complied with otherwise than by way of observance of that provision of the code.**

→ 위반행위가 문제 되는 중요한 시기에 행위규범의 불이행은 법령 위반이 증명된 것으로 봄. 다만, 피고인은 그 행위규범 이행 이외의 다른 방법으로 법령준수를 증명하면 의무이행을 주장할 수 있음

(3) In any criminal proceedings—

(a) a document purporting to be a notice issued by the Executive under section 16 shall be taken to be such a notice unless the contrary is proved; and

(b) a code of practice which appears to the court to be the subject of such a notice shall be taken to be the subject of that notice unless the contrary is proved.

→ 행위규범 고시 목적의 문서 고시도 행위규범의 고시로 봄

## V. 마치며

지금까지 위험성평가와 자기규제에 필요한 규범의 구조와 내용에 관하여 영국의 사례를 중심으로 살펴보았다. 우리나라와 영국의 법령 사이의 가장 큰 차이를 찾으라고 한다면, 위험성평가를 사업장 안전보건의 기초로 삼도록 규범의 위치를 명확히 하고 있다는 점과 위험성평가를 통한 자기규제가 가능하도록 사업주 또는 사업주 단체의 규범을 산업안전보건청이 승인하는 절차가 존재한다는 점, 행위규범이 재판에서 사업주의 적정한 의무이행을 판단하는 실질적 기준으로 작동한다는 점이다. 정부가 일방적으로 정하고 사업주는 따르기만 하라는 방식은 위험성평가와 자기규제의 본질과 맞지 않다. 금번에 제안된 위험성평가에 기초한 자기규제가 안전보건정책에서 장기적 시각을 가지고 일관되게 추진되고 중국에 그에 합당한 결과를 볼 수 있길 바란다.

## 참고문헌

---

- John Ridley, Health and Safety in Brief, 4th Edition, Elsevier Ltd., 2008.
- Karen Russ, "Risk Assessment: Theory and Practice in UK", The International Symposium on Risk Assessment: Theory and Practice, OSHRI, 2010.

OSHA  
Ri:VIEW

002

# Practice

01. 소규모 건설현장 안전보건조치에 대한 매뉴얼 개발

02. 중대재해 감축을 위한 과학적 사고분석 연구사례집 개발

---

Practice는 산업안전보건연구원이 연구사업을 통해 실용화된 사례(실제 정책반영, 지침개발, 제품생산 등)를 소개합니다.

## 01

## 소규모 건설현장 안전보건조치에 대한 매뉴얼 개발

공사금액 50억원 미만의 소규모 건설공사 현장의 사고사망자 수는 건설업 전체 사고사망자 수의 약 70%이며, 사고사망만인율은 전담 안전관리자가 배치되는 120억 이상의 건설공사 현장보다 약 4배 이상 높은 현실이다. 소규모 건설공사 현장은 안전보건관리체계 구축에 있어 현장의 영세성과 인력 부족으로 안전보건관리체계가 미약한 현실이므로 현장소장 및 관리감독자가 활용할 수 있는 안전보건 매뉴얼의 보급이 필요하다. 본 연구에서는 소규모 건설현장의 안전보건 관련 법·제도와 산업재해예방 사업 및 재해예방기술지도 제도 분석과 현장 및 본사 인터뷰를 통해 현장의 자율 안전보건 활동에 도움이 되는 매뉴얼을 개발하였다. 소규모 현장에 활용하기 위해 개발된 매뉴얼은 “현장 중심의 자율 안전보건활동을 위한 매뉴얼”, “경영책임자의 자율적인 안전보건활동을 위한 매뉴얼”, “건설재해예방전문지도기관의 기술지도 매뉴얼”이다.



**연구책임자**  
원정훈 교수 | 충북대학교

**연구상대역**  
황중문 연구위원 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실  
052-7030-842 | bm0722@kosha.or.kr



원정훈  
교수



황중문  
연구위원

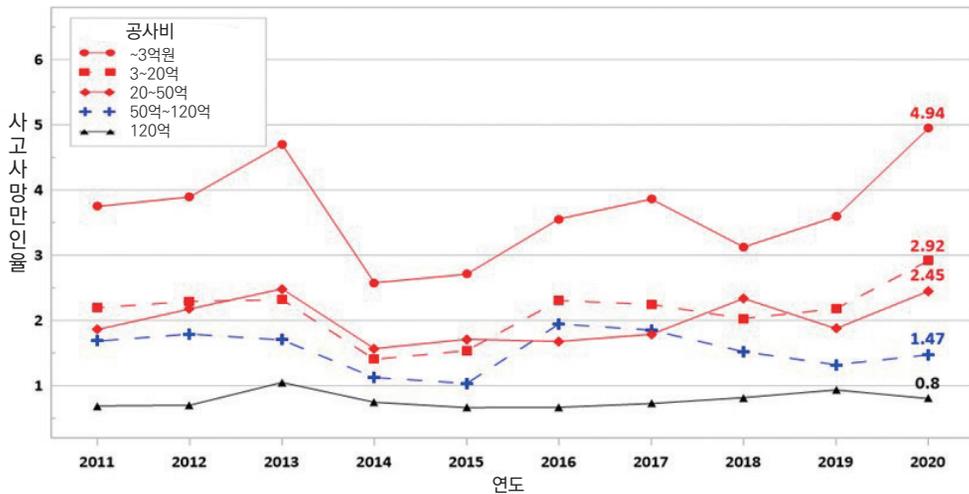
## 1. 배경

공사금액 50억원 미만의 소규모 건설공사 현장에서 발생하는 사고사망자 수는 건설공사 전체 사고사망자 수의 약 70%를 점유하고 있으며, 사고사망만인율은 전담 안전관리자가 배치되는 120억 이상의 건설공사 현장보다 약 4배 이상 높다(그림 1). 반면에, 소규모 건설공사 현장은 안전보건 관리체계를 구축에 있어 법적인 예외 사항의 적용과 현장의 영세성으로 안전보건관리체계가 미약한 현실이다.

소규모 건설현장에 대한 주요 안전보건관리 주요 대책은 건설재해예방전문지도기관의 기술지도, 고용부 및 안전보건공단의 관리·감독·교육, 클린사업과 같은 사업장 안전보건환경 개선 사업 등이 있으나, 현장 관리자의 안전보건관리 역량을 향상시키는 것은 한계가 있다. 건설공사에서 발생하는 중대재해를 감소시키기 위해서는 소규모 건설공사 현장의 자율안전보건체계 수립이 필요하며, 우선적으로 경영책임자 및 현장 관리감독자의 안전보건관리 역량 향상을 도모하여야 한다. 특히, 현장 중심의 자율적인 안전보건 활동을 위한 매뉴얼과 경영책임자의 자율적인 안전보건 활동을 위한 매뉴얼의 개발과 배포는 소규모 건설현장을 운영하는 건설업 본사와 현장의 안전보건 역량 향상에 필수적으로 필요한 사업이다.

전담 안전관리자가 배치되지 않는 건설 현장에서 의무적으로 실시되는 기술지도 제도는 건설업 산재 예방에 중요한 제도이다. 일정 수준 이상의 기술지도를 통해 공종별 위험요인을 정확히 발견하고, 시공자가 성실히 기술지도 내용을 이행할 경우 건설현장의 사고를 선제적으로 예방할 수 있는 효과적인 제도이다. 최근 산업안전보건법 개정을 통해 기술지도의 계약 주체가 발주자로 변경되었으며, 현장에서는 수준높은 기술지도를 요구하므로, 기술지도 기관의 지도 업무 수행을 지원할 매뉴얼의 개발 필요성이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 소규모 건설현장의 안전보건 관련 법·제도와 산업재해예방 사업, 자율 안전보건관리체계, 재해예방기술지도 제도를 분석하여 중소규모 건설업 본사와 현장을 대상으로



[그림 1] 공사금액에 따른 건설업 사고사망만인율 (2011년~2020년)

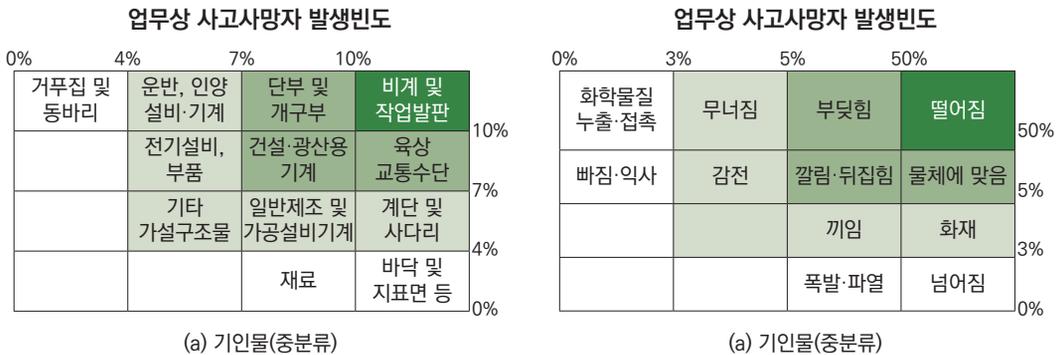
현장 중심의 자율적인 안전보건 활동 매뉴얼과 경영책임자의 자율적인 안전보건 활동 매뉴얼을 개발하였다. 또한, 기술지도 제도의 실효성 향상을 위해 건설재해예방전문지도기관의 소규모 건설현장 기술지도 매뉴얼을 개발하였다.

## II. 실용화내용

각 매뉴얼은 중소기업 건설업 본사의 산업재해 예방방안과 건설공사 종류별 주요 안전보건조치 이행방법 분석결과를 활용하여 개발되었다. 중소기업 건설회사의 문제점 및 개선방안은 문헌분석, 법·제도분석, 중소기업 건설현장 경영책임자 대상 심층 인터뷰, 기술지도 결과 분석을 통해 도출하였다. 중소기업 건설회사에서는 안전보건관리 전담 조직을 구성하거나 안전 전문가 등을 확보하여 중대 산업재해에 대처하기 쉽지 않으며, 현장의 유해·위험 요인을 발굴하는 것에 소극적인 것으로 확인되었다. 또한, 건설재해예방 기술지도 이행 측면에서 현장소장 등 현장 관리감독자의 안전보건관리 역량, 관심 등에 따라 기술지도 권고사항의 이행, 기술지도 지적사항의 내용 등에서 큰 차이가 발생하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 기본적인 안전보건관리체계 구축을 통해 현장을 점검하고 안전보건조치를 확보할 수 있도록 중소기업 건설현장의 특성을 반영한 건설업 본사의 자율적인 안전보건체계 구축을 위한 매뉴얼을 개발하는 것이 필요한 것으로 분석되었다.

건설공사 종류별 주요 안전보건조치 이행방법은 2017년부터 2021년까지 소규모 건설현장에서 발생한 중대재해사례를 대상으로 심층분석을 통해 도출하였다. 기인물(중분류)과 산업재해 발생형태별 중대 산업재해사례를 빈도 분석하여 12대 고위험 기인물 및 산업재해 발생형태를 [그림 2]와 같이 매트릭스 형태로 표현하였으며, 업무상 사망사고의 빈도가 가장 높은 ‘비계 및 작업발판’과 ‘떨어짐’ 사고의 주요 시나리오를 분석하기 위하여 텍스트마이닝을 수행하였다(그림 3).

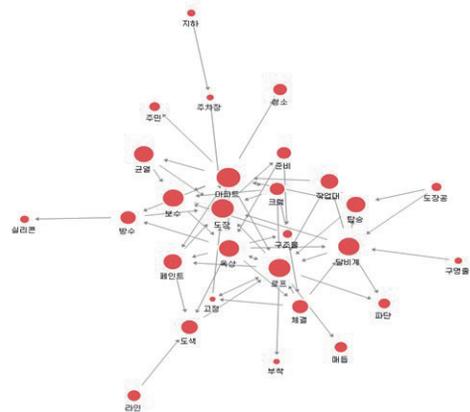
분석된 사고사망 자료 중에서 비계 및 작업발판(154건, 15.7%), 단부 및 개구부(97건, 9.9%), 육상교통수단(97건, 9.9%), 운반 및 인양 설비·기계(88건, 9.0%), 계단 및 사다리(64건, 6.5%)에서 발생하는 사고사망자가 전체 소규모 건설현장 사고사망자의 50% 이상을 나타냈다. 특히 떨어짐 사고가 전체 사고의 60% 이상이며(586건, 59.6%), 주요 사고 원인은 강관비계를 사용하거나 작업발판을 철사 등으로 연결하는 등 임의로 오용하는 사례가 핵심 사고 시나리오로 도출되었다.



[그림 2] 사고사망자 발생빈도에 따른 12대 고위험 기인물 및 산업재해 발생형태



(a) 워드클라우드



(b) LDA토픽모델링 및 네트워크 분석결과

[그림 3] 비계 및 작업발판으로 인한 중대재해 텍스트마이닝 결과 예시

분석 자료를 근거로 국내 소규모 건설현장에 적합한 “현장 중심의 자율 안전보건활동을 위한 매뉴얼”을 개발하였다. 매뉴얼의 주요 내용은 안전보건관리 체계 구축 및 운영, 현장 안전보건관리 점검사항, 기술지도 이행이며, 안전보건에 대한 전문적인 지식이 부족하더라도 쉽게 이해할 수 있도록 건설현장에서 준수되어야 할 항목들에 대하여 체크리스트 형태로 매뉴얼을 제시하여 건설현장에서 쉽게 이행할 수 있도록 하였다. 개발된 현장 중심의 자율안전보건활동 매뉴얼의 목차는 [표 1]과 같다. 매뉴얼의 “2장 현장 안전보건관리 체계 구축 및 운영”에는 주로 「산업안전보건법」에 규정된 기본적인 사항을 점검할 수 있도록 하였으며, 안전보건관리조직, 안전보건 교육, 위험성 평가 등에 대하여 법적 의무사항과 내용, 예시 등을 제시하였다. “3장 현장안전보건관리 점검사항”에는 작업계획서 작성, TBM(작업전 미팅, Tool Box Meeting), 현장 안전점검 등 작업 전 관리감독자가 수행할 안전보건관리 점검사항과 고위험 기인물에 대한 구체적인 안전보건관리방안을 제시하였다. “4장 기술지도 이행”에는 건설재해예방 기술지도 시 건설공사도급인이 준수하여야 할 사항과 미이행 시 제재를 명확하게 수록하여 기술지도 제도의 재해예방 실효성을 향상시키고자 하였다.

[표 1] 현장 중심의 자율안전보건활동 매뉴얼 목차

목 차	
<p><b>I. 개요</b></p> <p>1.1 중소규모 건설현장 사망 사고 현황</p> <p>1.2 중소규모 건설현장 안전보건관리체계 구축의 필요성</p> <p>1.3 안전보건관리체계 구축 핵심 사항</p> <p><b>II. 현장 안전보건관리 체계 구축 및 운영</b></p> <p>2.1 의무사항 자율 점검</p> <p>2.2 안전보건관리 조직</p> <p>2.3 관리감독자 업무</p> <p>2.4 안전보건 교육</p> <p>2.5 위험성 평가</p> <p>2.6 도급인의 산재예방 조치</p> <p>2.7 산업안전보건관리비 집행</p> <p>2.8 협의체 운영 등 종사자 참여</p> <p>2.9 기술지도 계약 확인</p> <p>2.10 공사안전보건 대장 작성</p> <p>2.11 사고조사 및 보고</p> <p>2.12 비상대비 훈련</p>	<p><b>III. 현장 안전보건관리 점검사항</b></p> <p>3.1 작업계획서 작성</p> <p>3.2 작업 전 안전미팅(TBM)</p> <p>3.3 현장 안전점검</p> <p>3.4 MSDS 작성 및 관리</p> <p>3.5 휴게시설 설치</p> <p>3.6 12대 사망사고 기인물 안전보건관리</p> <p>3.7 굴착공사, 건설기계, 화재, 질식 안전보건관리</p> <p>3.8 기타 사고사망 예방 안전보건관리</p> <p><b>IV. 기술지도 이행</b></p> <p>4.1 계약서 비치</p> <p>4.2 기술지도 결과 이행</p> <p>4.3 기술지도 미이행 제재</p> <p><b>V. 각종 서식 및 자료</b></p>

**II 현장 안전보건관리체계 구축 및 운영**

**2.1 의무사항 자율 점검**

○ 법에 규정된 기본적인 사항을 주기적으로 점검하고, 미흡한 부분을 보완해야 함.

자율점검 항목	점검결과
1. 안전보건관리역자 선임/안전보건총괄책임자 지정 및 의무교육 이수 ① 대상 : 총 공사금액이 20억원 이상인 건설공사 ② 의무교육 : 신규교육-신인원로부터 3개월 이내에 6시간 이수, 보수교육-매 2년 전, 후 3개월(총 6개월) 6시간 이수	
2. 안전보건협의체 구성 및 회의 개최 ① 구성 : 도급인의 사업주 및 수급인의 사업주 전원으로 구성 후 매월 1회 이상 정기적으로 회의를 개최하고 기록, 보존	
3. 산업안전보건관리비 계상 적정성, 사용내역서 비치, 목적 외 사용금지 ① 매월 사용된 금액은 사용내역서에 증명서류 사본을 첨부하여 당해 현장에 비치 및 목적 외 사용 금지	
4. 신규 채용 시 교육 / 작업내용 변경 시 교육 ① 대상 : 당해 현장에 신규로 투입되는 일용근로자 / 공종을 바꾸어 새로운 공종에 투입되는 근로자 ② 교육시간 : 작업공종에 투입 전 1시간 이상 실시	
5. 건설업 기초안전보건교육 ① 대상 : 건설현장에 신규로 채용된 일용근로자 ② 교육시간 : 4시간 ③ 위반시 처분 : 1인당 10만원 과태료	
6. 근로자 정기교육-위반시 근로자 1인당 10만원 과태료, 관리감독자 1인당 50만원 과태료 ① 근로자 : 당해 현장의 모든 근로자를 대상으로 매분기별 6시간 이상 ② 관리감독자 : 년 16시간이상 실시	
7. 특별교육 : 다음의 위험공종 투입전 2시간 이상 실시- 위반시 1인당 50만원 과태료 - 굴착면의 높이가 2미터 이상 되는 지반 및 흙막이 지보공의 보강 또는 통바리 설치 또는 암석굴착작업 - 거푸집 동바리의 조립 또는 해체작업 - 1톤 이상의 크레인을 사용하는 작업 - 건설용 리프트 곤돌라를 이용한 작업 - 밀폐된 장소에서의 용접작업 또는 습한 장소에서의 용접작업 - LPG 수소가스 등 인화성 폭발성가스의 발생장치 취급 작업 - 밀폐공간작업 - 석면해체 제거작업 - 흙막이 지보공의 보강 또는 통바리 설치 또는 해체작업 - 비계의 조립 해체 또는 변경작업 - 타워크레인 설치 해체작업 - 전압이 75볼트 이상인 정전 및 발전작업 - 가스집합용압정자를 사용하여 급속의 용접 용단 또는 가열작업 - 연소작업 - 허가 및 관리대상 유해물질 취급작업 - 터널 안에서의 굴착작업 및 거푸집지보공조립 또는 콘크리트작업	
8. MSDS 작성 및 관리 - 위반 시 작업장 1개소당 과태료 1000원, 교육 미실시 1인당 50만원 과태료 ① MSDS(물질안전보건자료)를 작성 후 비치 및 근로자가 보기 쉬운 장소에 게재 ② 경고표지 설치 및 사용된 위험성, 취급방법 등에 대한 교육을 실시	

**3.7 굴착공사, 건설기계, 화재, 질식 안전보건관리**

○ 굴착공사 유해위험 확인 점검

**1] 굴착사면 및 안전**



**▶ 굴착사면 및 일반이면?**  
기초공사 중 굴착으로 발생하는 시면 및 일반면을 말하며, 토사 또는 암반이 무너지면서 매몰사고를 발생시킬 수 있습니다.  
※ '22년 체석장에서 굴착 작업 중 토사가 무너져 3명 매몰  
**▶ 주요 사망사고 사례**  
① 트랜치 굴착부 법면 및 바닥면 정리작업 중 토사가 붕괴되어 매몰  
② 브레이커로 활석작업 중 떨어진 암석에 맞음

구 분	자율점검 항목	점검 결과
사전 조사	1. 굴착장소 및 주변의 지반 및 지하매설물을 조사한다.	
	2. 장비의 진입로와 작업면에서의 주행로를 확보하고, 지반의 상태를 점검한다.	
작업 설계	3. 지반의 상태에 맞는 굴착공법을 선택한다.	
	4. 굴착작업에 필요한 기계·장비*에 대한 안전수칙을 확인한다. * 횡단·항발기, 굴착기(크랭크), 덤프트럭 등	
굴착 작업	5. 지반의 종류에 따라 굴착면의 기울기를 준수하여야 한다.	
	6. 작업을 시작하기 전 작업 장소 및 그 주변의 부식·균열의 유무, 합수·응수 및 동결상태의 변화를 점검한다.	
	7. 지반의 붕괴 또는 토석의 내하위험이 있는 경우, 미리 흙막이 지보공, 인호망 설치, 흙담금지 등 조치를 한다.	
	8. 흙막이는 지하 매설물과 간섭이 없는 구조로 하여야 한다.	
	9. 비가 올 경우를 대비하여 축구를 설치하거나, 굴착기사면에 비닐을 덮는 등 및물의 침투에 의한 붕괴예방조치를 한다.	
	10. 굴착기거나 운반기계 등이 작업자와 접촉하지 않도록 유도자를 배치하여 유도한다.	
	점검자 : (서명)	

[그림 4] 현장 중심의 자율안전보건활동 매뉴얼 예시

“경영책임자의 자율적인 안전보건활동을 위한 매뉴얼”은 2024년 공사금액 50억원 미만인 공사의 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」시행에 대비하여 소규모 건설현장에 적합하게 내용을 구성하였다. 「중대재해 처벌 등에 관한 법률 시행령」 제4조 각호에 따른 내용을 중점으로 하여 경영책임자 등이 준수하여야 하는 사항을 제시하고 구체적인 예시를 제공하여 안전보건관리 전문인력과 역량이 비교적 부족한 소규모 건설사가 쉽게 이행할 수 있도록 하였다. 경영책임자의 자율안전보건활동 매뉴얼 목차는 [표 2]와 같다.

경영책임자의 자율안전보건 활동을 위한 매뉴얼의 “2장 현장 현황분석과 실행전략 수립”은 안전보건관리체계 구축 및 이행에 앞서 회사의 건설현황을 분석하도록 하였다. 주기적으로 종사자 현황 분석자료를 현행화하고 회사에서 발생한 산업재해 발생 현황을 분석하도록 하여 안전보건확보 사각지대가 발생하지 않도록 매뉴얼을 구성하였다. “3장 안전보건관리체계 구축 및 이행”에는 「중대재해 처벌 등에 관한 법률 시행령」 제4조 각호에 맞추어 경영책임자 등이 수행할 업무와 마련하여야 할 서류 등에 대하여 구체적인 예시를 통해 제시하였다. “4장 재해 재발방지 대책 및 개선·시정 명령에 관한 사항”에는 경영책임자 등의 재해발생 시 재발방지 대책의 수립 및 이행에 관한 조치사항을 제시하였으며, 중앙행정기관 등이 개선·시정을 명한 사항에 대하여 취하여야 할 조치를 구체적인 예시를 통해 제시하였다. “5장 관리상의 조치”에는 관계 법령에 따른 의무 이행에 필요한 관리상 조치내용과 유해·위험작업에 대한 안전보건교육 실시 및 점검사항에 대하여 제시하였다. “6장 안전보건 의무 이행 점검 및 평가·개선표”에는 소규모 건설사의 경영책임자 등에게 안전·보건 의무 이행을 확인하기 위해 각 현장의 안전보건 활동을 점검하고, 중대재해처벌 등에 관한 법률에 따른 안전보건 활동을 반기 1회 이상 점검하도록 제시하였으며, 점검표의 예시를 제시하였다.

**[표 2] 경영책임자의 자율안전보건활동 매뉴얼 목차**

목 차	
<b>I. 개요</b>	3.7 종사자의 의견 청취
1.1 중대재해처벌 등에 관한 법률 개요	3.8 중대산업재해 발생 시 등 조치 매뉴얼 및 점검
1.2 소규모 건설현장 재해현황	3.9 도급, 용역 위탁업무 안전보건확보
1.3 안전보건관리체계 구축 단계별 추진 내용	
<b>II. 현장 현황 분석과 실행전략 수립</b>	<b>IV. 재해 재발방지 대책 및 개선·시정 명령에 관한 사항</b>
2.1 건설현장 현황 분석	4.1 재해발생 시 재발방지 대책의 수립 및 이행에 관한 조치
2.2 안전보건관리체계 구축 실행전략 수립	4.2 중앙행정기관 등이 개선·시정을 명한 경우
<b>III. 안전보건관리체계 구축 및 이행</b>	<b>V. 관리상의 조치</b>
3.1 안전보건목표와 경영방침 설정	5.1 관계 법령에 따른 의무 이행에 필요한 관리상 조치
3.2 안전보건 전담조직	5.2 유해·위험작업에 대한 안전보건교육 실시 및 점검
3.3 유해·위험요인 확인 및 점검	
3.4 안전보건 예산 편성 및 집행	<b>VI. 안전보건 의무 이행 점검 및 평가·개선표</b>
3.5 안전보건관리책임자 등의 업무수행 지원·평가	[붙임 1~9]
3.6 안전관리자, 보건관리자 등 전문인력 배치	

## 2.2 안전보건관리체계 구축 실행전략 수립

### ○ 핵심요소별 실행전략 수립

- 건설업은 본사와 위험요인이 상존하는 현장이 장소적으로 분리되어 있고, 공사의 진행에 따라 위험요인이 수시로 변하며, 다양한 주체가 참여하므로 기업 단위에서 안전보건관리체계 구축·이행이 어느 산업보다 중요하다.
- 안전보건관리체계를 구축하고 이행하기 위해서는 핵심요소에 따른 회사의 실행전략을 수립하여야 함.
- 다음 그림의 핵심요소별 실행전략 고려사항을 참고하여 회사의 실행전략을 구체적으로 수립하기를 추천함.

핵심요소	실행전략 수립 시 고려사항
1 경영자 리더십	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 안전보건에 대한 의지를 밝히고, 목표를 정합니다.</li> <li>■ 안전보건에 필요한 자원(인력·시설·장비)을 배정합니다.</li> <li>■ 본사에서 현장 작업자에 이르는 구성원의 권한과 책임을 정하고, 안전보건활동에 대한 참여를 독려합니다.</li> </ul>
2 근로자 참여	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 안전보건관리 전반에 관한 정보를 공개합니다.</li> <li>■ 건설현장 작업자 등 모든 구성원이 참여할 수 있는 절차를 마련합니다.</li> <li>■ 자유롭게 의견을 제시할 수 있는 분위기를 조성합니다.</li> </ul>
3 위험요인 확인·개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 건설공사 계획·설계 단계 시부터 안전을 고려하고, 이를 검토하여 공사계획을 수립합니다.</li> <li>■ 공정 진행에 따라 위험요인별 위험성을 수시로 평가합니다.</li> <li>■ 위험요인별 제거, 대체 및 통제 방안을 검토하여 이행합니다.</li> </ul>
4 교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 모든 구성원이 위험요인과 개선방법을 인식하고 작업합니다.</li> <li>■ 모든 구성원을 대상으로 교육합니다.</li> </ul>
5 비상조치 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 재해 발생 시나리오를 작성하고 이에 따른 조치계획을 수립합니다.</li> <li>■ 급박한 위험 시 현장 작업자가 작업중지 할 수 있는 절차를 마련합니다.</li> </ul>
6 도급·용역·위탁 시 안전보건 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 산업재해 예방 능력을 갖춘 수급인을 선정합니다.</li> <li>■ 안전보건관리체계 구축 및 운영에 있어, 사업장 내 모든 구성원이 참여하고 보고받을 수 있도록 합니다.</li> </ul>
7 평가 및 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 안전보건 목표를 설정하고 평가합니다.</li> <li>■ 본사에서 '안전보건관리체계'가 제대로 운영되는지 현장을 점검합니다.</li> <li>■ 발견된 문제점을 주기적으로 검토하고 개선합니다.</li> </ul>

- 유해·위험요인을 제거하거나 통제할 수 없는 불가피한 사유가 있다면 작업 방식을 감독하거나, 위험작업은 허가제로 운영하는 등의 방법으로 관리

- ① 작업절차서 등 안전수칙에 따라서 행동할 수 있도록 적극적인 교육
- ② 수칙을 준수한 작업자에게 인센티브 부여

- 소규모 건설현장은 안전보건공단에서 무상으로 위험성 평가 컨설팅을 지원하고 있으며, 위험성 평가 우수사업장 인정 시 산재보험료를 인허(20%) 혜택이 주어짐.

### 3) 유해·위험요인 확인 및 점검에 대한 자율점검표

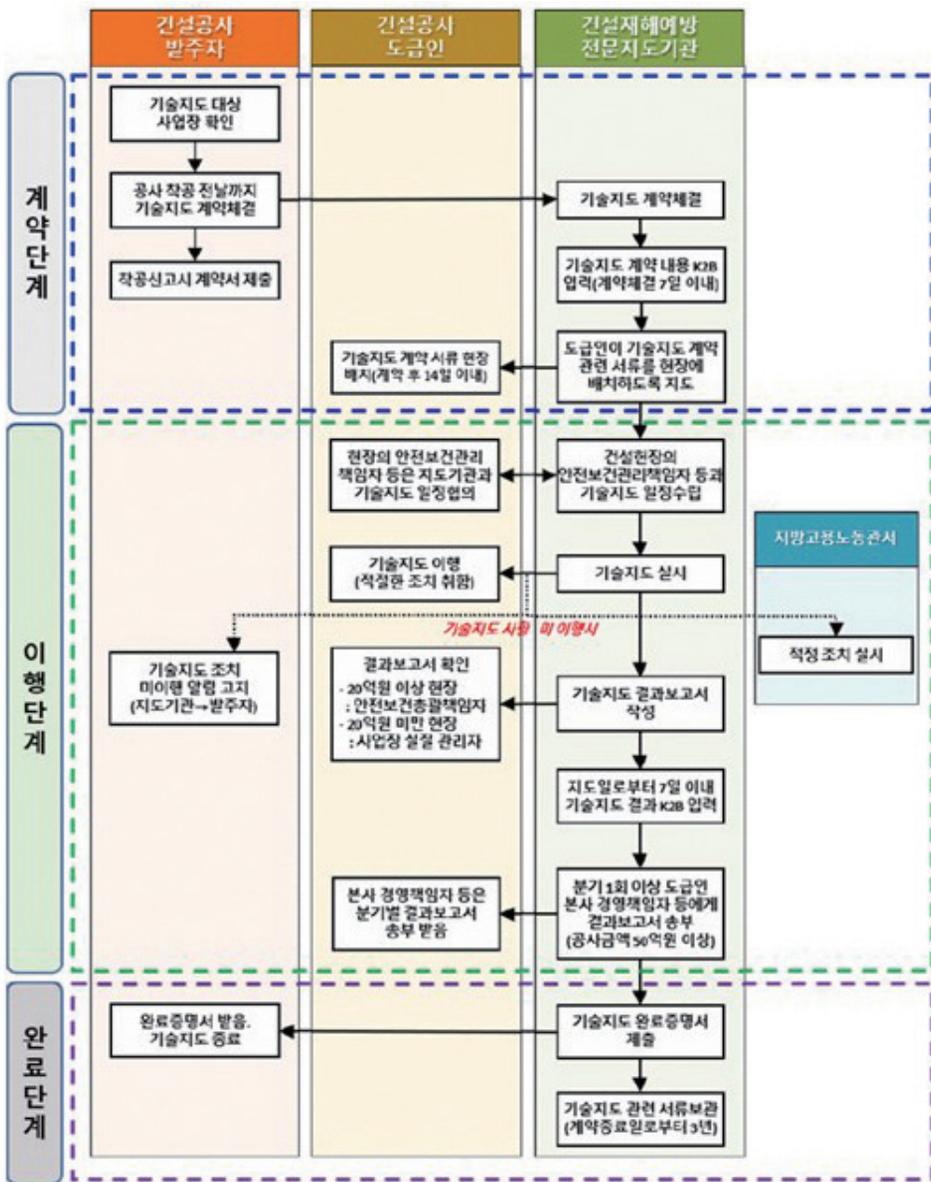
유해·위험요인 확인 및 점검 자율점검표				
효과적인 산업재해 예방을 위해서는 유해·위험요인을 확인하여 개선하는 업무절차를 마련하고, 유해·위험요인의 확인 및 개선이 이루어지는지를 만기 1회 이상 점검하여야 합니다.				
○ 수행일시 :				
○ 작성자 (직책)		(성명)	서명	
○ 확인자 (경영책임자)		(성명)	서명	
점검항목				
	네	아니요	미해당	비고
1. 경영책임자 주재 안전보건 회의를 주기적으로 개최하여 안전보건관리체계의 정상적인 작동 여부를 확인한다.				
2. 공사를 도급받거나 직접 설계할 때에는 재해예방에 필요한 가설구조물과 안전시설물 등이 반영되고 적절한 공사기간과 공사비용이 반영되었는지 확인한다.				
3. 건설공사를 착공하기 전에는 적절한 가설구조물과 안전시설물이 설계되어 있고, 적절한 공사기간과 공사비용이 반영되었는지 확인한다.				
4. 발주자 및 설계자가 작성한 기본안전보건대상과 설계안전보건대장을 확인한다.				
5. 작업환경이 수시로 변하는 건설현장의 특성을 고려하여 시공계획을 수립하고, 공사안전보건대장을 작성하고 이행한다.				
6. 본사-원장, 원장-협력업체간 유기적인 의사소통 체계를 구성하고 운영한다.				

[그림 5] 경영책임자의 자율안전보건활동 매뉴얼 예시

건설재해예방전문지도기관이 실시하는 기술지도 제도의 실효성 향상을 위해 기술지도 매뉴얼에는 「산업안전보건법」의 개정에 따라 기술지도의 계약주체가 건설공사발주자로 변경됨에 따라 [그림 6]과 같이 지도기관의 변경된 업무를 중점적으로 제시하였다. 또한, 기술지도 기관이 기술지도 계약단계, 이행 및 관리단계에서 수행할 업무의 내용을 매뉴얼에 제시하였으며, 주요 기인물별 확인할 안전보건관리 점검표, 법 위반행위에 대한 안내사항 등을 매뉴얼에 포함하여 기술지도의 수준 향상이 가능하도록 하였다. 소규모 건설현장 기술지도 매뉴얼의 목차는 [표 3]과 같다.

“2장 기술지도 계약”은 기술지도 계약단계에서 지도기관이 준수하여야 하는 사항을 제시하였다. 기술지도 대상 사업장을 포함하여 발주자가 기술지도를 의뢰한 현장을 지도기관의 기술지도 수준을 알 수 있도록 하였으며, 기술지도 계약의 주체를 구체화하여 기술지도 계약 시 유의사항을 알 수 있도록 하였다. 또한, 사고의 위험성이 높다고 판단한 경우, 전체 기술지도 횟수를 증가시키거나 특정 위험공종 시기에 기술지도 횟수를 늘릴 수 있도록 15일 이내마다 1회 이상 실시할 수 있는 근거를 제시하였다. “3장 기술지도 이행 및 관리”는 기술지도 이행은 기술지도의 계약완료단계부터 기술지도 최종완료단계까지 지도기관의 역할 및 업무 등에 대하여 제시하였다. 기술지도 관리의 경우, 기술지도 이행과정에서 건설공사도급인이 권고사항을 이행하지 않을 경우, 신고하는 방법과 기술지도 담당자 교육과 관련된 사항을 제시하였다. 특히 건설공사도급인이 기술지도 권고사항을 정당한 사유 없이 미이행 시 지도기관이 도급인의 조치 미이행으로 중대재해가 발생할 우려가 있는

사항에 대해 건설공사발주자에게 통보하는 등의 조치를 하도록 하였다. 또한, 공사금액 50억원 이상의 현장의 경우, 분기 1회 이상 도급인의 경영책임자에게 보고하도록 하였으며, 법적 기준은 아니나 분기 1회 이상 건설공사발주자에게 결과보고서를 송부하도록 하였다. “4장 법 위반행위 제재”는 지도기관에 대한 행정처분에 관한 내용으로 구성하였으며, “5장 감독 및 점검 대비 유의사항”은 지방고용노동청 및 산업안전보건공단에서 실시하는 지도기관 점검에 대비하여 지도기관에서 기술지도 실시와 이행 시 유의하여야 할 사항으로 구성하였다. “6장 현장 안전보건관리 점검사항”에는 기술지도 담당자가 기술지도 시 「산업안전보건법」에 따른 일반 관리적 점검사항과 중대재해 발생 고위험항목에 대한 안전보건관리 점검표를 제시하였다.



[그림 6] 기술지도의 계약, 이행 및 관리 절차

[표 3] 건설재해예방전문지도기관의 기술지도 매뉴얼 목차

목 차	
<b>I. 개요</b>	3.8 기술지도 완료
1.1 기술지도 제도 의의와 기술지도 매뉴얼 작성 목적	3.9 기술지도 담당자 교육
1.2 근거 규정 및 주요 용어	
1.3 기술지도 절차	
<b>II. 기술지도 계약</b>	<b>IV. 법 위반행위 제재</b>
2.1 기술지도 대상 사업장 확인	4.1 지도기관에 대한 행정처분
2.2 기술지도 계약 주체	4.2 과징금 부과
2.3 기술지도 횡수 산출	4.3 발주자, 지도기관, 도급인에 대한 과태료
2.4 기술지도 대가 산출	<b>V. 감독 및 점검 대비 유의사항</b>
2.5 지도기관 업무 지역	5.1 예방감독 대비 유의사항
2.6 기술지도 계약	5.2 중대재해 감독 대비 유의사항
<b>III. 기술지도 이행 및 관리</b>	5.3 건설재해예방전문지도기관 점검 유의사항
3.1 계약서의 비치 및 서류보존	5.4 산업안전공단의 확인 및 보고
3.2 기술지도 수행	<b>VI. 현장 안전보건관리 점검사항</b>
3.3 기술지도결과 현장 통보 및 전산 입력	6.1 산업안전보건법에 따른 관리적 사항
3.4 건설공사 도급인의 기술지도 이행	6.2 위험성 평가
3.5 기술지도결과보고서 건설회사 본사 정기 통보	6.3 12대 사망사고 기인물 안전보건관리
3.6 대가 청구	6.4 굴착공사, 건설기계, 화재, 질식 안전보건관리
3.7 공사계약 변경 시 기술지도 계약	6.5 기타 사고사망 예방 안전보건관리
	<b>VII. 각종 서식</b>

3. 이전 기술지도 사항 이행여부			
지도일 (확인일)	유해·위험요소	유해·위험 요인	지적사항
2024. 7. 15 (2024. 8. 30)	1층 3~4층 물방울 낙하	1. 1층 3층 벽면의 자갈 골재의 일부 붕괴 2. 1층 3층 벽면의 자갈 골재의 일부 붕괴 3. 1층 3~4층 현상판 전선	1. 물방울 낙하 예방을 위한 지붕의 방수작업 및 방수막 교체 2. 현상판 전선 교체 3. 1층 3층 벽면의 자갈 골재의 일부 붕괴 예방을 위한 자갈 교체
4. 현장 공정 내 현존하는 위험성 제거			
유해·위험요소	유해·위험 요인	지적사항	비고
1층 1~3층 개방 보 기둥	1. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치 2. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치	1. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치 2. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치 3. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치	1. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치 2. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치 3. 1층~3층 개방 보 기둥의 안전장치 미설치

- (지도일 및 확인일) 기술지도를 실시한 날 및 이행결과를 확인한 날  
 - (유해·위험장소) 우리 현장에서 산업재해가 일어날 수 있는 장소  
 - (유해·위험요인) 위 위험장소에서 사고가 발생할 수 있는 요인  
 - (지적사항) 유해·위험요인 개선을 위한 안전조치 개선방법  
 - (이행결과) 이전 기술지도 시 지적사항에 대한 이행여부

**3.3 기술지도결과 현장 통보 및 전산 입력**

- 관련 규정 : 「산업안전보건법」 제73조, 시행령 [별표18]
- 기술지도 결과보고서 통보
  - 가급적 구두 설명을 병행하여 기술지도 결과서 내용을 통보함
  - 통보 대상
    - 관계수급인의 공사금액을 포함한 해당 공사의 총공사금액이 20억원 이상인 경우 : 해당 사업장의 안전보건총괄책임자(현장대리인(현장소장))
    - 관계수급인의 공사금액을 포함한 해당 공사의 총공사금액이 20억원 미만인 경우 : 해당 사업장을 실질적으로 총괄하여 관리하는 사람
  - 통보 방법
    - 원칙적으로 대면 통보 후(결과보고서 전달 및 설명) 안전보건총괄책임자에게 확인 서명(또는 날인)

하여야 함.

- [적절한 조치를 하지 않은 경우, 도급인 제재]
- 시행령 별표 35 과태료 부과기준 ‘투’ 목에 따라 과태료 부과
    - \* (1차) 100만원, (2차) 200만원, (3차 이상) 300만원
  - 감독·점검 과정에서 건설공사도급인의 지도에 따른 적절한 조치가 없었고, 미조치 사항이 산업안전보건법 제38조 등 위반인 경우에는
    - 과태료 부과 및 해당 안전조치 미이행에 대한 사법조치 가능

**3.5 기술지도결과보고서 건설업체 본사 정기 통보**

- 관련 규정 : 「산업안전보건법」 제73조, 시행령 [별표18]
- 사업주와 경영책임자 등에게 매 분기 1회 이상 기술지도결과보고서 송부
  - 대상 : 총 공사금액 50억원 이상인 건설공사(단, 3개월 미만 공사로 분기 1회 요건이 충족되지 않는 경우 미적용)
  - 내용 : 사업주와 경영책임자 등에게 [서식4] 양식에 따라, 기술지도 회차별 주요 지도내용을 통보함(각 결과보고서 첨부).
  - 방법 : 원칙적으로 등기우편으로 통보(면의식 전자우편 등 가능).
  - 시기 : 매분기 마지막 날로부터 15일 이내 실시함. 원칙적으로 분기별 1회는 회계연도상이 아닌 작공일로부터 산정함(예를 들어 1.15일 공사를 작공하였던 분기는 4.14.일일을 유의 → 1.15 작공, 11.30 준공된 공사에서 4.20, 7.25, 10.29. 총 3회 송부 : 법 위반 없음)

**3.6 대가 청구**

- 대가 지급의 주체
  - 1) 22.8.18. 이후 계약된 기술지도
    - 건설공사발주자가 직접 지도기관에 대가를 지급하여야 하므로 건설공사발

[그림 7] 건설재해예방전문지도기관의 소규모 건설현장 기술지도 매뉴얼 예시

## 참고문헌

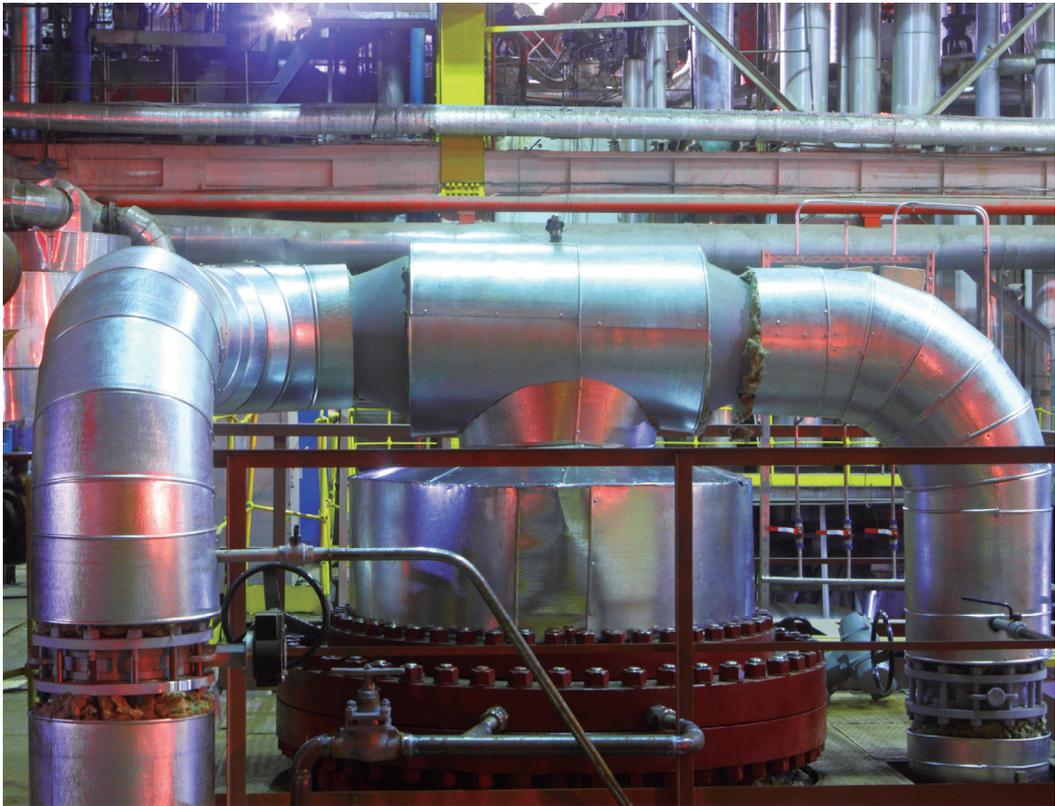
---

- 고용노동부, 건설업 중대산업재해 예방을 위한 자율점검표, 2021.
- 고용노동부, 2020년 산업재해 사고사망 통계 발표, 2021.
- 고용노동부, 산업재해 예방을 위한 안전보건관리체계 가이드북, 2021.
- 고용노동부, 재해예방 전문지도기관 평가 매뉴얼, 2017.
- 고용노동부, 중소기업을 위한 안전보건관리 자율점검표, 2021.
- 원정훈, 오태근, 신성우, 정성훈, 소규모 건설현장 안전보건 조치에 대한 매뉴얼 개발, 산업안전보건연구원, 2022.

## 02

## 중대재해 감축을 위한 과학적 사고분석 연구사례집 개발 - 폭기조 내부 황화수소 증독으로 인한 중대재해 분석사례

산업안전보건연구원은 2020년도부터 수행한 CFD 및 구조해석 분석사례를 정리하여 중대재해 감축을 위한 과학적 사고분석 연구사례집을 발간하였다. 연구사례집의 내용은 CFD 6건과 구조해석 1건으로 구성되어 있으며 CFD는 중대재해조사 뿐만 아니라 환기관리도 포함하고 있다. 본 원고에서는 7개의 사례 중 황화수소 증독사례에 대해 정리하였다. 연구원에서는 사례집 제작을 통해 과학적 재해원인 조사방법을 제안하고 유사 산업현장의 유해-위험요인을 발굴하고 개선하는데 기여하고자 한다.



### 원고작성자

김정덕 부장 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실  
변정환 연구위원 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실  
강성윤 과장 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실  
백빛나 대리 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실  
052-703-0846 | bitna93@kosha.or.kr



김정덕  
부장



변정환  
연구위원



강성윤  
과장



백빛나  
대리

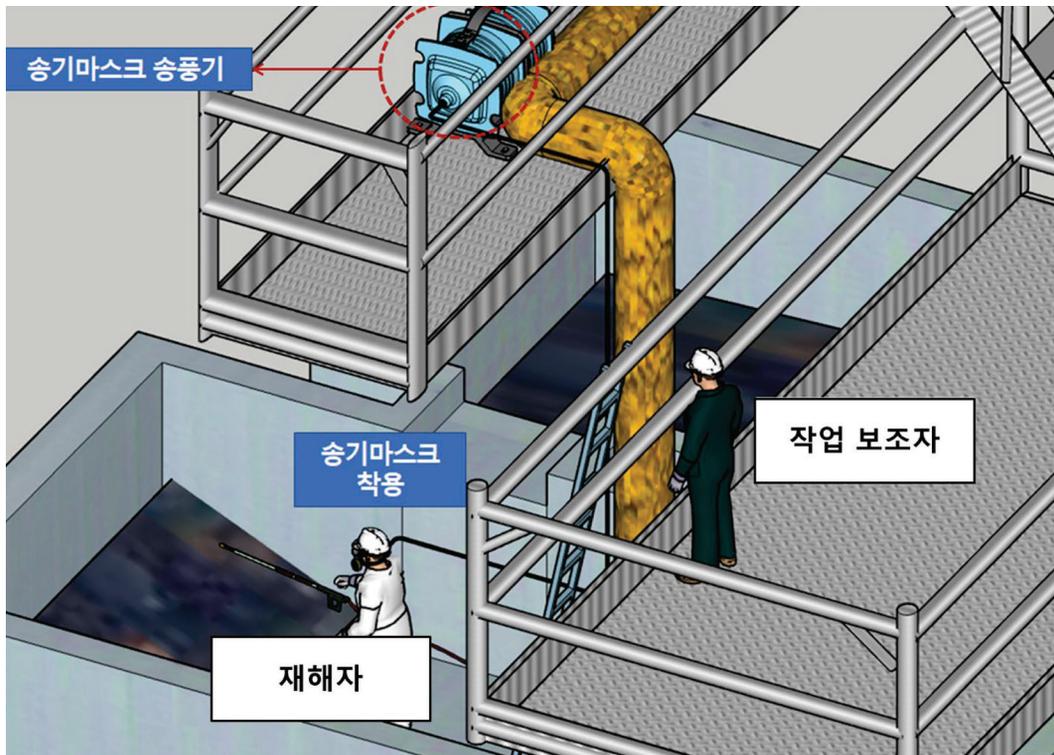
## I. 배경

2022년 산업안전보건연구원은 산업안전보건 증장기 연구로드맵과 실효성 있는 중대재해 감소 연구를 포함한 7대 중점 추진전략을 수립하였다. 중대재해 감소를 위해 3년간 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)과 구조해석프로그램을 이용하여 총 10건의 중대재해 정밀분석을 수행하였다. 그리고 감염병에 취약한 3밀(밀집, 밀폐, 밀접) 작업장 3곳의 근로환경 개선방안을 CFD를 이용하여 분석하고 제안하였다. 연구원은 이러한 사례들을 정리하여 과학적으로 재해원인 및 개선방안을 제안하고 유사 산업현장의 유해·위험요인을 발굴하고 개선하는데 기여하고자 사례집을 제작하였다. 사례집에는 CFD 6건과 구조해석 1건으로 총 7건의 사례에 대해 작성되어 있고 본 원고에서는 황화수소 중독사고에 대한 CFD 분석결과 1건에 대해 다루어 보았다.

## II. 실용화 내용

### 1. 사고 개요

재해자는 미생물 처리시설 폭기조 내부에서 송기마스크를 착용하고 고압수 살포 및 폐수 흡입작업을 수행하였다. 작업을 끝내고 송기마스크를 벗은 채 고정식 사다리로 상부로 올라오던 재해자가 의식을 잃고 폭기조 내부로 떨어진 후 사망하였다.



[그림 1] 작업당시 상황도

사고조사에서 폭기조 내 잔류된 슬러지 및 폐수를 5분간 교반한 후 황화수소를 측정했을 때 평균 35 ppm, 최대 58 ppm으로 확인되었다. 그리고 [그림 1]은 작업 당시 상황을 나타낸 것으로 송기마스크용 송풍기가 통풍이 잘 되지 않는 내부에 위치한 것을 알 수 있다.

사고조사 결과를 통해 황화수소 중독으로 인해 재해자가 의식을 잃고 쓰러진 것으로 추정되며 송기마스크용 송풍기를 통해 유해가스가 유입될 가능성도 있음을 알 수 있다.

## 2. 황화수소의 영향

[표 1]은 황화수소 농도별 인체 영향을 정리한 것이다. 분뇨나 오·폐수, 펄프액 등이 있는 장소에서 황화수소는 가만히 놔둘 땐 적게 발생할 수 있지만 밟고 다니거나 휘젓거나, 섞으면 녹아있던 황화수소가 순간 고농도로 발생하여 치명적인 영향을 줄 수 있으며 이를 거품효과라고 부른다. 사고조사에서 측정된 농도는 최대 58 ppm으로 의식불명에 이르는 수준은 아니지만 노출시간이 약 2시간 정도로 인체에 영향을 주었을 것으로 추측된다.

[표 1] 황화수소 농도별 인체 영향

농도(ppm)	건강영향	노출시간
10	8시간 작업시 노출기준	8시간
50~100	가벼운 자극(눈, 기도)	3시간
200~300	상당한 자극	1시간
500~700	의식불명, 사망	30분~1시간
>1,000	의식불명, 사망	수분

## 3. CFD 목적 및 필요성

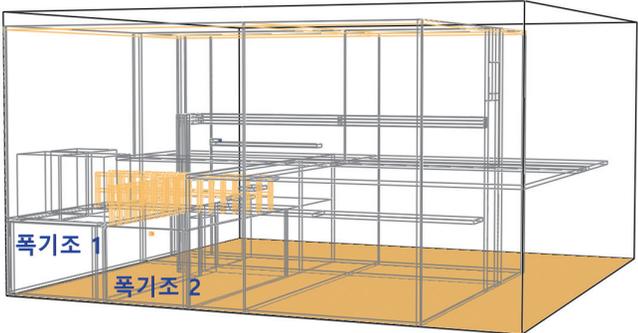
해당 사고는 폭기조 내부에서 유해물질 발생위험이 있음에도 유해가스 측정, 송기마스크 착용 등의 적절한 안전보건조치를 수행하지 않아 발생하였다. 특히, 작업 전·중에 산소 및 유해가스 농도측정을 실시해야 하지만 이를 수행하지 않은 것이 주요 원인으로 확인된다. 따라서 CFD를 통해 살수작업 및 슬러지 흡입 작업으로 인한 황화수소의 기류거동에 대해 분석하여 해당 작업의 위험성을 확인하고 대책을 마련할 필요가 있다.

본 분석에서는 사고현장에서 확인된 변수들을 바탕으로 작업 당시의 폭기조 내 황화수소 농도 분포 및 환기가 미흡한 장소에 송기마스크용 송풍기를 비치하는 경우의 위험성에 대해서도 함께 확인하였다.

#### 4. CFD 모델링 및 조건

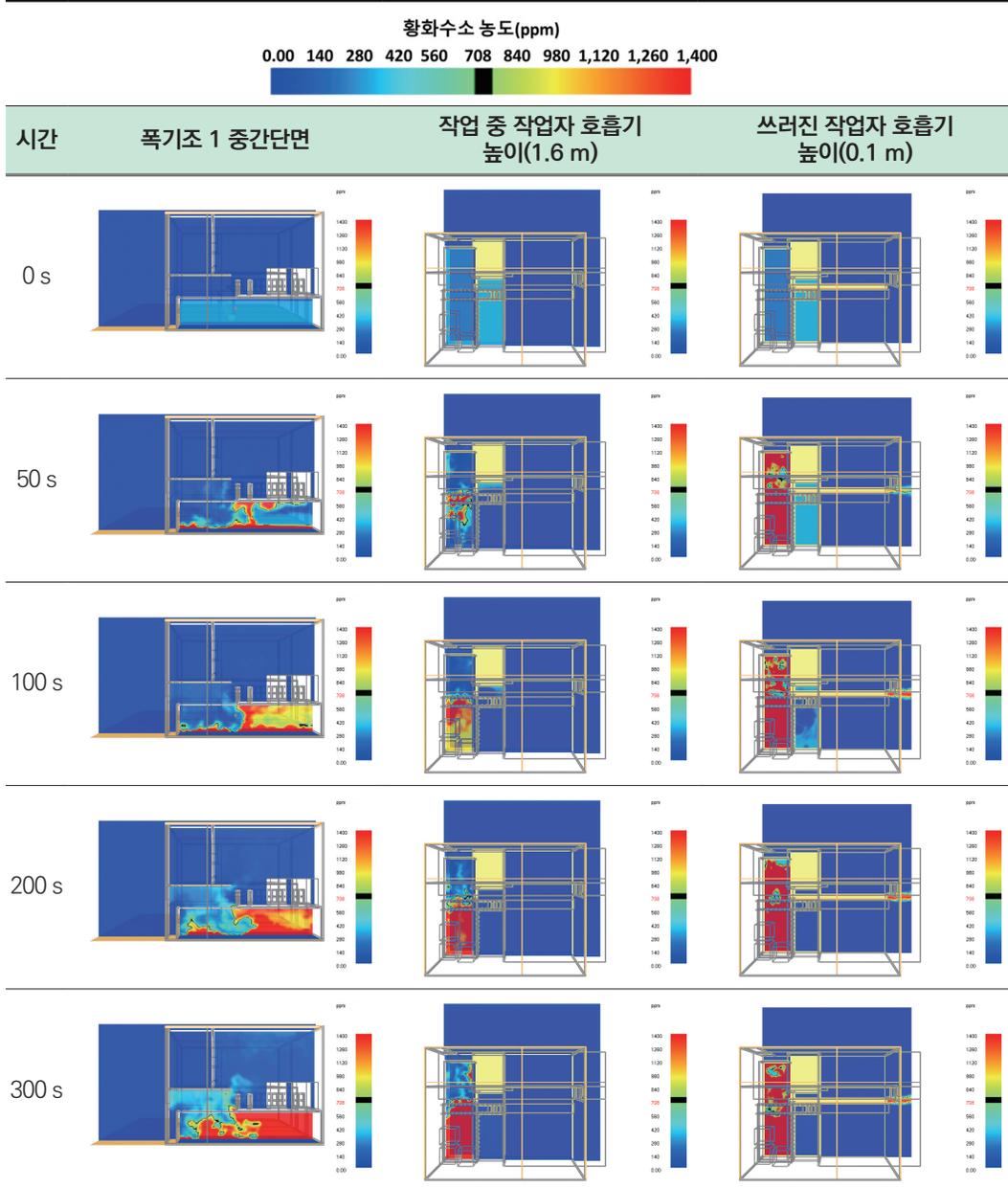
[표 2]는 모델링 및 계산 조건을 정리한 것으로 먼저 해석프로그램은 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 오픈소스코드인 Fire Dynamics Simulator v6.3.2를 사용하였고 난류해석방법은 LES(Large Eddy Simulation) 기법을 적용하였다. 구조물의 크기는 사고현장과 동일하게 반영하였고 계산영역은 외부 공기의 유입을 고려하기 위해 구조물보다 크게 지정하였다. 그리고 격자의 크기는 계산영역에 적합한 0.1 m로 선정하였고 총 1,800,000개의 격자가 사용되었다. 계산은 1,000 s동안 수행했으며 폭발조 내부 초기 황화수소 농도는 기존 작업으로 발생될 것으로 예상되는 300 ppm을 지정하였다. 그리고 작업장소인 폭발조 1에서는 진공펌프 흡입작업과 살수작업으로 인해 황화수소가 35 ppm/s 또는 58 ppm/s가 발생하는 것으로 지정하였다. 여기서 35 ppm은 사고 현장 슬러지에서서의 평균 황화수소 발생량, 58 ppm은 최대 황화수소 발생량을 반영하였다. 마지막으로 실제 작업과 동일한 조건을 반영하기 위해 슬러지 흡입 펌프 용량은 49.75 m<sup>3</sup>/min, 살수작업 용량은 60 L/min으로 실제 작업과 동일하게 지정하였다.

[표 2] 모델링 및 계산 조건

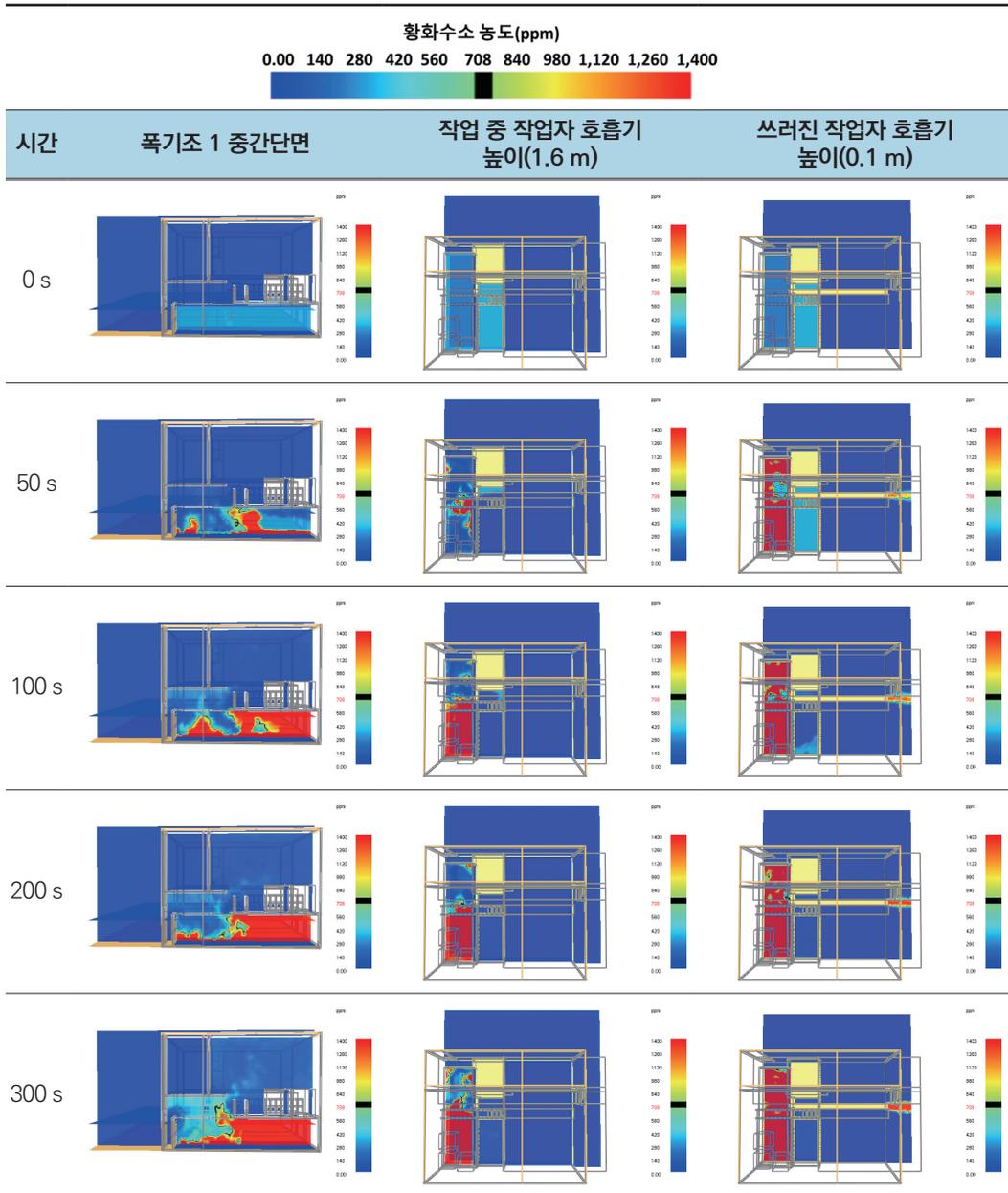
모델링 형상	
	
- 위에서 바라본 구조물 -	- 뒤쪽에서 바라본 구조물 -
CFD 코드	Fire Dynamics Simulator v6.3.2
난류해석방법	대와동모사기법(LES, Large Eddy Simulation)
계산영역	가로 × 세로 × 높이 = 15.0 m × 15.0 m × 8.0 m
격자크기(총 격자개수)	0.1 m(1,800,000개)
해석 시간	1,000 s
폭발조 내부 황화수소 초기 농도	300 ppm
폭발조 1 내부 황화수소 발생량	35.0 ppm/s(사고 현장 슬러지에서서의 평균 황화수소 발생량)
	58.0 ppm/s(사고 현장 슬러지에서서의 최대 황화수소 발생량)
슬러지 흡입 펌프 용량	49.75 m <sup>3</sup> /min
살수작업 용량	60 L/min

## 5. CFD 계산 결과

[그림 2]는 황화수소 발생량이 35 ppm/s 조건일 때, [그림 3]은 황화수소 발생량이 58 ppm/s 조건일 때 특정 단면에서의 황화수소 농도 분포를 정리한 것이다. 검은색 영역은 황화수소 농도가 700 ppm인 영역을 의미한다. [그림 2]와 [그림 3]을 통해 폭기조 1 중간단면에서는 1,400 ppm이상인 고농도의 황화수소가 분포하고 작업자 호흡기 높이에서는 700 ppm이상의 황화수소 농도가 분포하는 것을 볼 수 있다. 하지만 폭기조 1 외부에서는 700 ppm이하의 황화수소 농도가 분포하여 위험영역이 형성되지 않음을 알 수 있다.

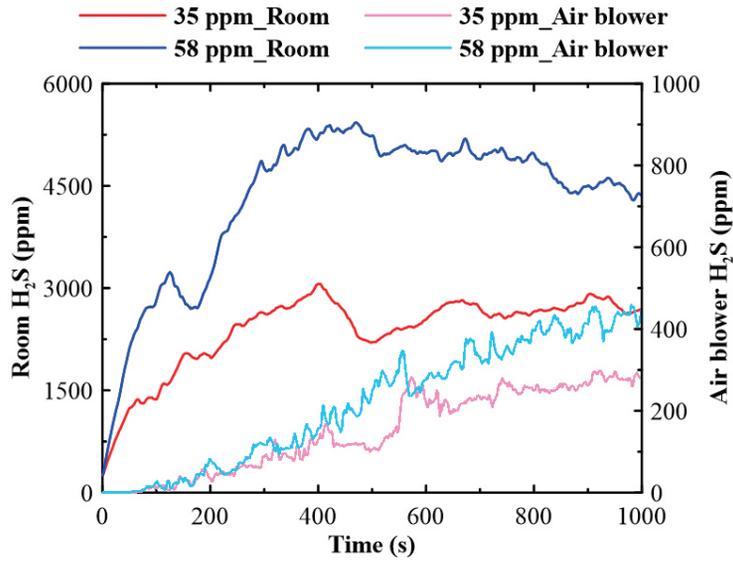


[그림 2] 작업 공간 내 황화수소 농도 분포 변화(35 ppm/s 발생조건)



[그림 3] 작업 공간 내 황화수소 농도 분포 변화(58 ppm/s 발생조건)

[그림 4]는 폭기조 1 내부 평균 황화수소 농도와 송기마스크용 송풍기 근처에서의 황화수소 농도를 시간변화에 따라 정리한 것이다. [그림 4]를 통해 폭기조 1 내부에서는 황화수소 발생조건에 관계없이 3,000 ppm이상의 고농도의 황화수소가 분포하는 것을 알 수 있다. 그리고 송풍기 근처에서는 약 300 ppm이상의 황화수소 농도가 분포하는 것을 알 수 있었다.



[그림 4] 폭기조 1 내부 평균 황화수소 농도 및 송풍기 근처에서의 황화수소 농도

## 6. 결론

CFD 해석을 통해 황화수소 발생량에 관계없이 사망자의 위치에서 700 ppm이상의 고농도의 황화수소가 분포하여 황화수소 중독으로 인한 쓰러짐 또는 사망 가능성이 있을 것으로 추정할 수 있다. 그리고 송기마스크용 송풍기 근처에서는 다소 낮은 약 300 ppm이상의 황화수소 농도가 확인되었지만 황화수소의 인체영향을 고려할 때, 장시간 작업할 경우 송기마스크로 유입되는 황화수소가 인체에 영향을 미칠 수 있을 것으로 추정할 수 있다. 이러한 분석 결과를 통해 폭기조 내 작업의 위험성을 확인할 수 있었고 추후에는 안전한 작업을 위한 환기방법에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.

## 참고문헌

---

- 안전보건공단, 황화수소 취급근로자의 중독예방 및 응급대응 지침(H-117-2019), 2019.
- 안전보건공단, 밀폐공간 질식재해예방 안전작업가이드, 2020.
- K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk and K. Overholt, “Fire Dynamics Simulator User’s Guide”, NIST Special Publication 1019, 6th Edition, 2015.
- K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk and K. Overholt, “Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide”, NIST Special Publication 1018, 6th Edition, 2015.

OSHA

Ri:VIEW

03

# Brief

01. 사망사고 발생 분석에 따른 정부와 사업장의 접근 방안
02. 서비스업종 산재위험요인에 따른 유형화와 예방 대책 모색
03. 건설공사 중 붕괴로 인한 산업재해 예방을 위한 제도 개선
04. 달비계용 PP섬유로프의 야외노출에 따른 인장강도 변화 분석

---

Brief는 산업안전보건연구원의 주요 연구를  
간략히 정리하여 소개합니다.

# 사망사고 발생 분석에 따른 정부와 사업장의 접근 방안



## 연구책임자

산업안전보건연구원 안전보건정책연구실  
조윤호 연구위원

사고사망 재해에 대한 예방정책 수립을 위해서는 기존에 발생한 재해를 바탕으로 한 데이터 분석이 필요하다. 발생 빈도가 높은 기인물, 발생 형태 등 객관적이고 수치적으로 분석하고, 취약한부분을 찾을 수 있다. 그러나 왜 그런 현상이 나타났는지에 대한 배경을 찾기 위해서는 현장에서 답을 찾을 수밖에 없다. 이번 연구는 데이터 분석과 함께 현장 조사를 통해 위의 두 가지를 모두 찾아보고자 시작하였다. 한편, 사고 사망이 여러 번 반복해서 발생한 사업장만이 갖는 사업장 특성이 있을 것이라 생각하고 이를 찾아보고자 시작하였다. 그러나, 데이터 분석과 사업장을 방문하여 담당자들과 면접을 해본 결과 결론적으로, 사고가 반복하여 발생하는 사업장의 특성이 있는 것이 아니라 전체적인 시스템의 문제이며, 문제의 핵심에는 경제적인 문제 “돈”과 관련된 것이라는 것 외에는 찾을 수가 없었다. 이와 같은 배경에서 시작한 연구 결과를 다음에 소개하고자 한다. 내용은 연구 결과의 주요 내용을 중심으로 데이터 분석 결과를 통한 예방 정책의 접근 방안과 사업장 면담조사 결과를 바탕으로 한 사고 예방을 접근 방안으로 구분하여 정리하였다.

## I. 서론

사고사망 재해에 대한 예방정책 수립을 위한 데이터 분석에 기초한 연구는 여러 차례 수행되었으나, 현장을 중심으로 사망사고의 원인과 예방 방법을 찾기 위한 연구는 부족하다. 이번 연구는 사고사망 재해에 대한 데이터 분석과 함께 사고사망 재해 발생 사업장의 안전업무 담당자들과 면접조사를 통해 사망 재해 발생의 원인을 찾고 사업장과 정부 차원에서의 사망사고 감소를 위한 방안을 제시하고자 한다.

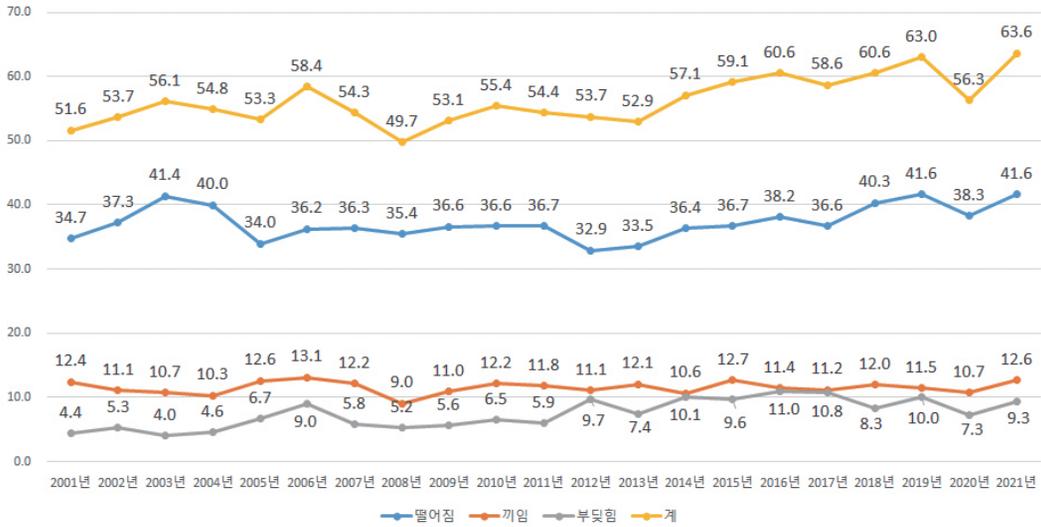
## II. 연구내용

### 1. 사고사망 재해 데이터<sup>1)</sup> 분석 결과

#### (1) 사고 사망 발생의 취약 부분에 집중 필요

기존에 우리가 사고사망 발생이 많이 발생한다고 알고 있는 취약 부분(3대 재래형 재해, 고령, 외국인, 3대 위험 직종, 비정규직)이 우리 사회의 노동력 변화에 따라 더 취약해지고 있다. 따라서 사고 사망 재해를 줄이기 위해서는 새로운 위험요인을 찾기 보다는 우리가 잘 알고 있는 취약 부분에 보다 집중을 할 필요가 있다. 먼저, 3대 재래형 재해라 일컫는 떨어짐, 끼임, 부딪힘으로 인한 사고 사망이 2001년 51.6%에서 2021년 63.6%로 차지하는 비중이 더 증가하고 있다.

1) 재해발생일 기준으로 2001년부터 2021년까지 발생한 사고 사망자 22,362명을 대상으로 분석한 결과이다. 우리나라 공식적인 산업재해통계는 요양승인일 기준으로 재해발생일 기준과 차이가 있다.

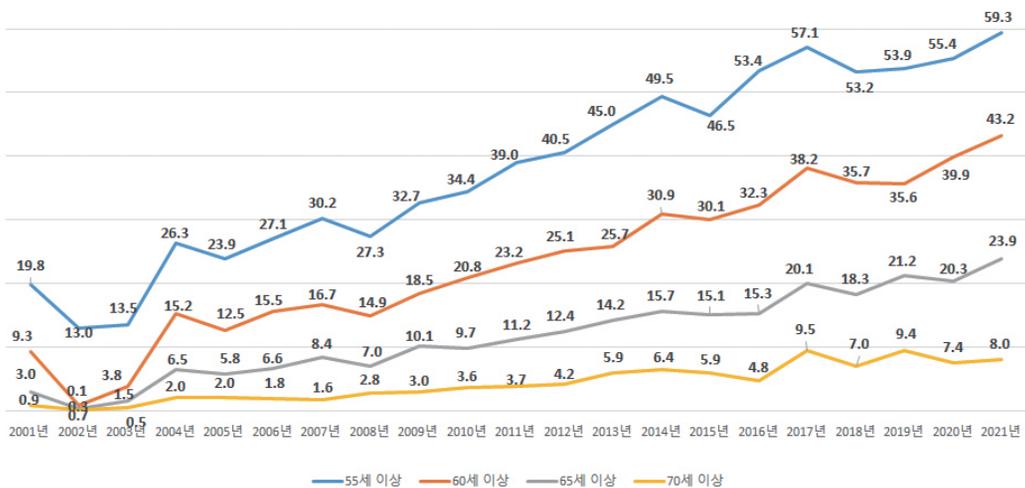


[그림 1] 연도별 떨어짐, 끼임, 부딪힘 사고사망의 발생 비율(재해발생일 기준)

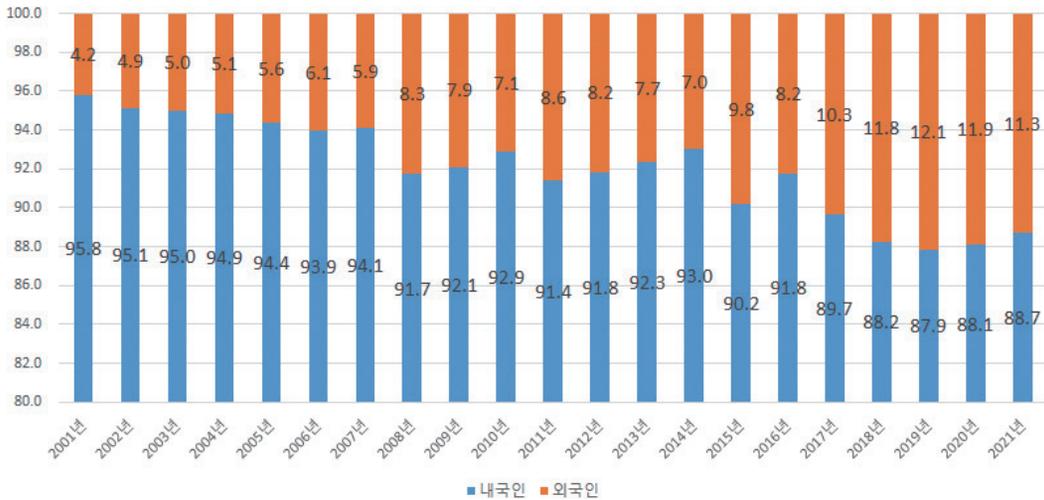
고령 근로자 역시 15세 이상 전체 인구 중 고령자(55~64세)가 차지하는 비중(2001년 10.6%→2021년 18.1%)이 증가하고, 고령자 경제활동 참가율(2001년 59.7%→2021년 68.6%), 고령자 고용률(2001년 58.4%→2021년 66.3%)이 모두 증가함에 따라 고령자의 55세 이상 고령자의 사고사망이 차지하는 발생 비율 역시 2001년 19.8%에서 2021년 59.3%로 증가하였다.

외국인 노동자 역시 취업자 수가 증가(2012년 697.9천명→2021년 855.3천명)와 함께 외국인 노동자의 사고 사망 발생 비율이 2001년 4.2%에서 2021년 11.3%로 사고 사망자의 10% 이상이 외국인 노동자로 이에 집중할 필요가 있다.

직종별로는 기능원 및 관련 기능 종사자·단순노무 종사자, 장치, 기계 조작 및 조립 종사자인 3개의 직종에서 발생하고 사고 사망자



[그림 2] 연도별 연령별 사고사망의 발생 비율(재해발생일 기준)



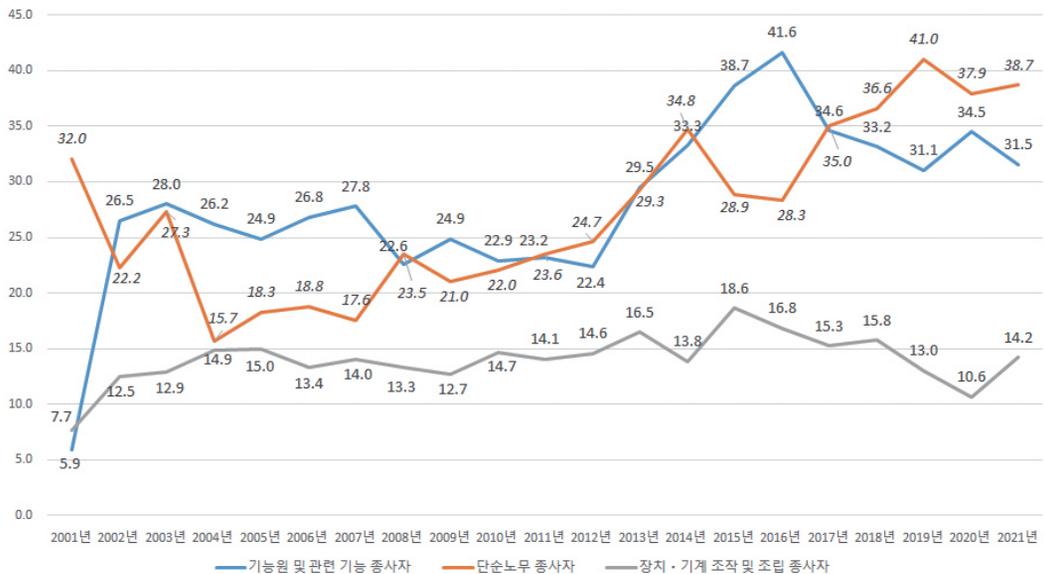
[그림 3] 연도별 외국인 노동자 사고사망의 발생 비율(재해발생일 기준)

비율이 2001년 45.6%에서 2021년 84.4%로 증가하였다.

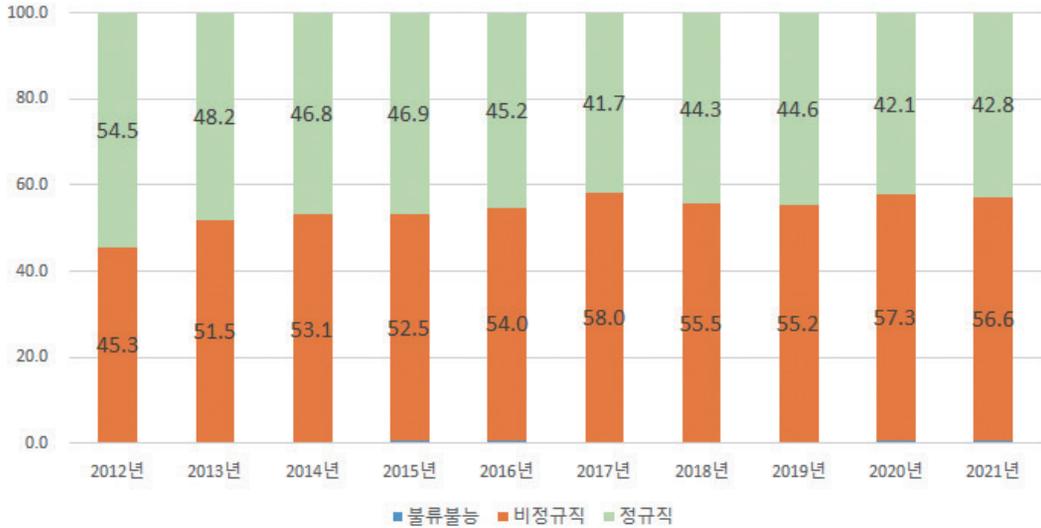
또한, 비정규직의 사고 사망 발생이 차지하는 비율 역시 2012년 45.3%에서 2021년 56.6%로 증가하였다.

(2) 사고 사망 재해 발생 후 1년 이내에 감독 집중 필요

재해발생일을 기준으로 2001년부터 2021년까지 사고 사망 재해가 발생한 20,527개소, 22,362명 중 8.1%인 712개소, 1,811명이 사고사망이 발생했던 사업장에서 발생하였다.



[그림 4] 연도별 사고사망 발생 고위험 3개 직종의 비율(재해발생일 기준)



[그림 5] 연도별 비정규직 노동자의 사고사망 발생 비율(재해발생일 기준)

일반적으로 전체 사업장의 0.02~0.03%<sup>2)</sup>인 관리하는 것이 효율적이고, 업종으로는 사업장에서 사고 사망자가 발생하는 것과 제조업과 운수·창고 및 통신업이 중복 발생할 때 재해가 발생하였던 사업장을 집중 확률이 높은 업종이다.

[표 1] 사망사고 발생 현황(2001년~2021년)

구분 사업장수	사고·질병사망 전체		사고사망		질병사망		
	사업장수	사망자수	사업장수	사망자수	사업장수	사망자수	
재해 발생일 기준	전체	30,914	37,500	20,527	22,362	11,102	15,138
	중복재해	1,925	7,766	712	1,811	841	4,864
	비율(%)	6.2	20.7	3.5	8.1	7.6	32.1

[표 2] 중복 사망사고 발생 간격(2001년~2021년, 재해발생일 기준)

구분	사업장수(개소)	비율(%)	구분	사업장수(개소)	비율(%)	
1년 미만	412	37.9	→	6개월 미만 소계	281	25.9
1년~2년 미만	186	17.1		6개월~1년 미만 소계	131	12.1
2년~3년 미만	113	10.4		계	412	38
3년~4년 미만	87	8.0				
4년~5년 미만	58	5.3				
5년 이상	230	21.2				
계	1,086	100				

2) 산재통계에서 2020년 12월 말 전체 사업장 수는 2,719,308개소(소멸을 포함하여 2020년에 존재했던 총 사업장 수는 3,947,187개소)이며 이 중 사고사망 재해가 발생한 사업장수는 790개소로 0.03%(총 사업장수의 0.02%)인 것과 비교할 때 높은 수치이다.

중복적으로 사고사망 재해가 발생한 사업장의 사고사망 재해 발생과 다음 사고 사망 발생 시점간의 간격을 보면, 1년 내 다시 사고사망 재해가 발생하는 경우가 37.9%(412개소)로 사고 사망 발생 1년 내에 감독을 하는 것이 효율적이다.

### (3) 신규 사업장에 대한 감독 집중 필요

산재보험 성립일 이후 사고사망 발생 비율을 보면 건설업은 6개월 이내에 사고사망 재해의 22.1%, 제조업은 2년 이내 21.6%, 서비스업은 1년 이내 19.0%, 기타 업종은 1년 이내에 20.6%에 발생하므로 건설업은 6개월 이내, 제조업은 2년 이내, 그 외 업종은 1년 이내 감독을 하는 것이 사고사망 예방에 효율적이라 할 것이다.

### (4) 근무형태에 따른 안전관리 필요

토요일, 일요일과 밤 10시부터 새벽 5시 사이에 사고사망 재해 발생 확률이 높은 편으로 사업장의 근무형태에 따라 안전관리자 선임 방법을 규정할 필요가 있다.

## 2. 사업장 면담 조사 결과

과거 사고사망 재해가 발생한 53개 사업장의 안전보건업무 담당자와 면담을 실시한 내용을 정리하면, 사고사망 재해의 근본 원인(간접 원인)은 6가지 범주(사회적 문제, 정부의 문제, 경영진의 문제, 안전관리 시스템의 문제, 관리자의 문제, 노동자의 문제)로 구분되었다.

[표 3] 보험성립일 부터 사고사망 발생일 까지 기간별 분포(2001년~2021년)

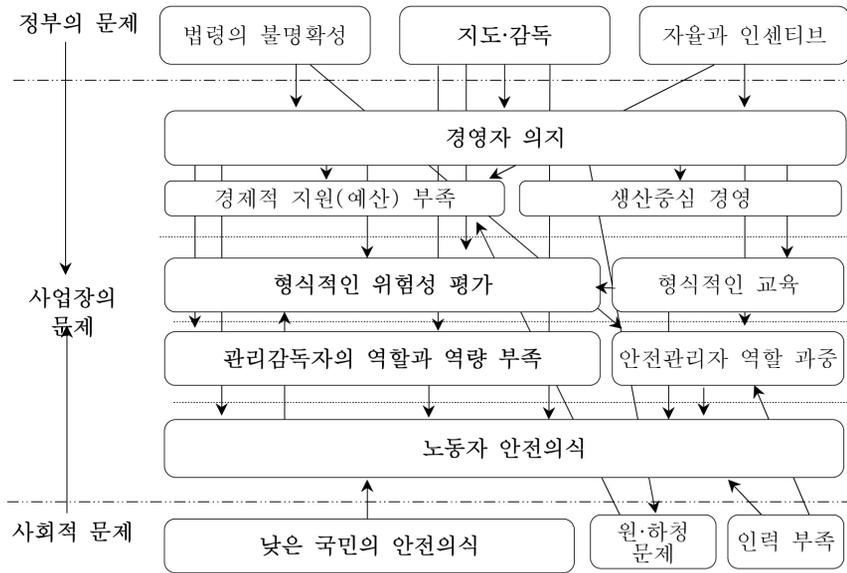
보험성립일 부터 재해발생일 까지 기간	계			건설업			제조업			서비스업			기타 업종		
	사망자 수	비율 (%)	누적 비율 (%)	사망 자수	비율 (%)	누적 비율 (%)									
계	22,754	100.0	100.0	10420	100.0	100.0	6123	100.0	100.0	3350	100.0	100.0	2861	100.0	100.0
보험성립일 이전	21	0.1	0.1	2	0.0	0.0	13	0.2	0.2	4	0.1	0.1	2	0.1	0.1
30일 이내	1,232	5.4	5.5	930	8.9	8.9	70	1.1	1.4	83	2.5	2.6	149	5.2	5.3
30일~60일 이내	674	3.0	8.5	<b>449</b>	<b>4.3</b>	<b>13.3</b>	78	1.3	2.6	69	2.1	4.7	78	2.7	8.0
60일~90일 이내	525	2.3	10.8	<b>332</b>	<b>3.2</b>	<b>16.4</b>	65	1.1	3.7	76	2.3	6.9	52	1.8	9.8
90일~180일 이내	1,090	4.8	15.6	586	5.6	22.1	210	3.4	7.1	<b>159</b>	<b>4.7</b>	<b>11.7</b>	<b>135</b>	<b>4.7</b>	<b>14.5</b>
180일~1년 이내	<b>1,210</b>	<b>5.3</b>	<b>20.9</b>	<b>493</b>	<b>4.7</b>	<b>26.8</b>	<b>301</b>	<b>4.9</b>	<b>12.0</b>	<b>244</b>	<b>7.3</b>	<b>19.0</b>	<b>172</b>	<b>6.0</b>	<b>20.6</b>
1년~2년 이내	1,746	7.7	28.6	612	5.9	32.7	<b>586</b>	<b>9.6</b>	<b>21.6</b>	341	10.2	29.1	207	7.2	27.8
2년~3년 이내	1,427	6.3	34.8	481	4.6	37.3	461	7.5	29.1	312	9.3	38.4	173	6.0	33.8
3년~4년 이내	1,224	5.4	40.2	410	3.9	41.2	394	6.4	35.6	247	7.4	45.8	173	6.0	39.9
4년~5년 이내	1,028	4.5	44.7	352	3.4	44.6	358	5.8	41.4	210	6.3	52.1	108	3.8	43.7
5년 이후	11,739	51.6	96.3	5,176	49.7	94.3	3,486	56.9	98.4	1,523	45.5	97.6	1,554	54.3	98.0
분류 불능	838	3.7	100.0	597	5.7	100.0	101	1.6	100.0	82	2.4	100.0	58	2.0	100.0

[표 4] 안전업무 담당자가 느끼는 사고 원인 범주화 내용

주제	범주	하위 범주
사회적 문제	국민의 낮은 산업안전 의식	국민의 낮은 산업안전 의식
	원하청 문제	원하청의 불평등 계약으로 인한 하청의 경제적 어려움 원청의 지원 부족
	인력 부족	일할 사람의 부족 안전관리자의 부족
정부의 문제	법령과 지침의 불명확성	중대재해처벌법(이하 “중처법”)의 불명확한 지침과 해석의 어려움
	근로자의 의무와 책임의 명확화	근로자 의무부과 필요
	재해예방과 직결되지 않는 감독	대기업의 자율안전 고용부와 공단의 전문성 부족 현장과 맞지 않는 지적 대행기관의 형식적인 점검
	사업장 자율관리와 인센티브 확대 필요	대기업에 대한 자율관리체제 구축 세제 혜택 등 지원 부족
경영진의 문제	경영진의 의지 부족	안전에 대한 인식 부족, 사고 후 대처가 효율적, 법 기준 충족하는 것이 최선
	경제적 지원(예산) 부족	안전관리자 채용 어려움, 2인 1조 작업 불가능, 안전을 위한 설비투자 부족
	생산 중심 경영	주 52시간 이후 생산 시간 부족 안전보다는 생산이 중요
안전관리 시스템의 문제	형식적인 교육	교육시간의 부족, 형식적인 교육
	형식적인 위험성 평가	노동자 참여 부족, 형식적인 위험성 평가
	안전설비와 매뉴얼 부족	안전설비의 부족, 안전과 기계에 대한 매뉴얼 필요
관리자의 문제	안전관리자의 과중한 역할과 전문성 부족	안전관리자 업무 부담 전문성 부족 지위, 권한 부족
	관리감독자의 안전관리 역할과 역량 부족	의식(관심) 부족 비협조적인 태도 생산 중심
노동자의 문제	노동자의 낮은 안전의식	낮은 안전의식 노동조합의 비협조 세대 문제

모든 문제는 결국 경제적인 문제(돈)와 연관되었고, 문제 해결의 핵심에는 경영진의 의지가 있느냐 없느냐가 중요하다. 사회적 문제로 가장 큰 문제는 국민의 낮은 안전 의식이고, 정부는 경영진의 의지를 높일 수 있는 강제수단(감독과 처벌, 자율관리 등)과 유인책(경제적 인센티브 등)을 어떻게 효과적으로 적용할 것이냐가 중요하다. 사업장 문제의 가장 핵심은 경영진의 의지를 높일 수 있는 방안이며,

형식적인 위험성평가를 실효성 있는 위험성 평가로의 전환, 현장이 안전관리의 주체가 되고 안전관리부서는 지원을 하는 체제로의 전환이 필요하다. 인적문제로는 노동자와 함께 일하는 관리감독자의 역할과 역량 부족이 가장 큰 문제로 나타났다. 또한 안전관리자들은 노동자들의 낮은 안전의식에 대해 많은 지적과 함께 변화가 필요함을 지적하였다.



[그림 6] 사업장 면담조사에서 나타난 사망사고의 원인과 영향

### III. 결론 및 정책제언

첫째, 경제적 문제에 대해 사업주에게만 모든 책임을 부과하기 보다는 정부에서도 안전보건수준을 향상시키기 위해 노력하는 경우 경제적 혜택을 주는 것도 필요하다. 현재도 경제적 혜택이 있으나 대부분 50인 미만 사업장을 대상으로 하는 경우가 대부분으로 경제적 여력이 충분하지 않고 안전보건에 대한 투자가 미흡한 50인 이상 사업장에 대해서도 경제적 유인책이 필요하다. EU-OSH(European Agency for Safety and Health at Work)가 성공적인 경제적 지원 방안에서 제시하듯 중소기업에 초점을 맞추어야 하지만 지원정책은 전체 사업장에서 접근할 수 있어야 하는 점도 고려해야 할 것이다. 다수의 사업체를 대상으로 할 때는 효과적인 경제적 지원제도는 보험요율 또는 세금을 기반으로 한 인센티브가 가장 효과적이다.

조세특례제한법에 “안전보건상의 조치”에 필요한 시설이란 정의를 구체적으로 개정하여 50인 이상 사업장의 세액공제제도를 활성화시킬 필요가 있다. 또한, 소규모 사업장에 대한 경제적 지원에 있어 법적 사항을 지키기 위한 실시에 비용을 지원하기 보다는 감독과 처벌을 통해 법적 요구사항은 반드시 지켜야 한다는 것을 인지시키고, 경제적 문제로 후속 조치를 할 여력이 없는 경우는 정부가 도와줄 수 있다는 메시지를 전달하는 것이 중요하다. 경제적 지원제도는 위험성평가 제도와 연계하되, 법적 요구사항 이상을 행할 때 혜택을 지원해야 한다. 또한, 동일한 예산에서 여러 제도를 어떻게 효율적으로 구성하여 시행할지에 대한 전략이 마련되어야 할 것이며, 이를 위해서는 제도마다의 평가가 선행되어야 한다.

둘째, 형식적인 위험성 평가에 대한 개선이 필요하다. 위험성 파악과 개선활동이라는 위험성평가의 본질 쉽게 전달할 수 있도록 HSE(Health and Safety Executive) 위험성평가 양식을 참고하여 위험성추정을 삭제하는 방식으로 KRAS(Korea Risk Assessment System, 위험성평가시스템)의 양식을 변경하고, 위험성평가에 따른 산재보험요율 인하 대신 위험성평가 후 개선에 필요한 사항을 지원하는 방식으로 변경하는 것이 필요하다. 또한, 사업장에서도 위험성평가 결과는 우선적으로 개선된다는 인식이 근로자들에게 전파될 수 있도록 해야 할 것이다.

셋째, 사업장에서 관리감독자 뿐만 아니라 사고 발생 시 직접적인 피해를 입는 근로자들까지도 안전에 관한 일은 안전담당부서 또는 안전관리자가 해야 할 일로 인식하고 있는 것이 사업장의 안전관리 시스템이 작동하지 않는 가장 큰 문제이다. 안전문화를 조성하여 근로자를 변화시키는 것도 중요하지만, 많은 수의 근로자를 변화시키기에 앞서 근로자에게 직접적인 영향을 주는 관리감독자를 먼저 변화시키는 것이 보다 효율적일 것이다. 관리감독자가 모범을 보이지 않는 부분에 대해서는 강력한 조치도 필요하다. 사업장 감독 시 실질적인 위험성평가가 이루어지고 있는지와 함께 관리감독자가 법적 업무를 이행하고 있는 지, 법적 업무를 할 수 있는 여건을 사업장은 조성해주고 있는지를 확인하는

것을 감독의 기본 사항으로 정할 필요가 있다. 감독을 나오면 관리감독자에 대한 사항은 반드시 확인한다는 인식을 전파시켜야 한다. 또한, 안전관리자에게만 개선 사항을 설명할 것이 아니라 관리감독자와 함께 개선방향에 대해 대화하며 지적사항을 설명해 주어야 한다. 이를 통해 본인이 중요한 역할을 한다는 암시를 주어야 할 것이다.

넷째, 근로자 참여를 통한 사업장 안전문화의 조성이다. 형식적인 현재의 명예산업안전보건감독관 제도를 노동자 대표와 별도로 안전보건대표자를 지정하여 교육을 통해 안전보건 지식을 높이고, 사업장의 안전보건문제에 대한 협의 및 사업장 조사 권한을 부여한 영국의 안전보건대표자 제도로 변경할 것을 제안한다. ‘관리감독자’와 ‘안전보건대표자’ 부터 변화시켜 전체 노동자를 변화시키는 전략이 효율적일 것이다. 또한, 근로자의 안전 수준을 높이기 위해 법에 노동자 의무를 명확히 규정하고, 안전수칙 미 준수 노동자에 대해 제재 수단도 고려할 필요하다. 또한, 사업장 측면에서는 노동자에게 제재를 가하는 것만이 최선의 방법은 아니므로 노동자와 협의와 의사소통을 통해 노동자의 안전보건 조치를 따르도록 해 나가야 함과 동시에 취업규칙에 안전보건조치 준수와 관련하여 근로자에 대한 포상과 제재에 관한 사항을 정하는 것도 하나의 방법일 수 있을 것이다. 국민의 안전문화 확산을 위하여 초등학교부터 대학교에 걸쳐 교육과정에 산업안전보건 교육 시간을 확대해 나가고, 직업훈련기관에서도 산업안전보건 내용을 필수적으로 교육하여 산업현장에 나갈 수 있도록 하는 것이 필요하다.

## 참고문헌

- 심충진, 구자은. (2015). 기업의 규모 업종별 안전보건투자에 따른 세액공제제도 개선방안. 산업안전보건연구원
- Elsler, D., Treutlein, D., Rydlewska, I., Frustei, L., Kruger, H., Veerman, T., Eeckelaert, L., Roskams, N., Broek, K.V., Taylor, T.N.. (2010). A review of case studies evaluating economic incentives to promote occupational safety and health. Scand J Work Environ Health 2010;36(4): 289-298.
- EU-OAHA. (2010). Economic incentives to improve occupational safety and health: a review from the European perspective. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- HSE. (2002). Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system.
- [https://www.hse.gov.uk/research/crr\\_pdf/2002/crr02430.pdf](https://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/2002/crr02430.pdf)
- HSE. (2013). Managing for health and safety.
- <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg65.pdf>
- HSE. (2015). Involving your workforce in health and safety: Guidance for all workplaces.
- <https://www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg263.htm>
- HSE. (2022.10.11.). Organisational culture: why is organisational culture important?
- <https://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/culture.htm>

## 서비스업종 산재위험요인에 따른 유형화와 예방 대책 모색



### 연구책임자

한국노동연구원  
박종식 부연구위원



### 연구상대역

산업안전보건연구원 안전보건정책연구실  
박선영 연구위원

본 연구는 서비스업종의 다양성 및 해당 근로자들의 상대적으로 열악한 노동조건, 그리고 다양한 고용형태에 주목하고, 서비스업종의 체계적인 예방대책 모색이 목적이다. 이를 위해서 우선 2017-21년 산업재해자 정보를 확인한 결과 서비스업종의 재해자수가 빠르게 증가하고 있었고, 재해유형에서 넘어짐과 사업장외 교통사고의 비중이 높은 서비스업종 산재특성을 확인할 수 있었다. 다음으로 재해자들의 근로손실 일수를 기준으로 서비스업종의 위험도에 따라서 5개 그룹으로 구분하였고, 그룹별 향후 취업자수 증감 추이를 확인하였더니 중위험업종의 취업자수가 빠르게 증가할 것으로 예상되었다. 이번 연구결과를 통해 중장기적인 서비스업종 산재예방 대책 수립의 필요성과 이에 대한 정책적 근거 자료를 제시하고자 하였다. 아울러 서비스업종에서 근로자가 아닌 취업자(소위 특수고용)의 산재예방 노력이 병행될 필요성을 지적하였다.

### 1. 서론

제조업을 중심으로 발전한 한국에서 향후 서비스업의 부가가치와 일자리 창출 효과는 제조업, 건설업 등 다른 산업의 성장 잠재력을 앞지르며 발전의 여지가 큰 산업이다. 그런데 서비스산업의 고용 비중은 70%를 차지하지만 GDP에서 서비스업 부가가치가 차지하는 비중은 오히려 2008년 이후 낮아지고 있다. 서비스업의 낮은 부가가치 생산성으로 인해 서비스업의 일자리 수준이 상대적으로 낮은 편이다. 이는 서비스업이 저부가가치 산업으로 성장하면서 한국의 서비스산업에서 일하는 취업자들의 전반적인 근무환경 개선이 제대로 진행되지 않을 수 있으며, 이는 서비스업 일자리의 산업안전보건 리스크 증대로 이어질 수 있다. 이러한 점에서 성장하고 있는 서비스산업의 산재현황 및 특성을 확인하고 향후 중장기 대책을 모색할 필요가 있다.

또한 한국 서비스산업의 구조 변화가

진행되는 가운데 서비스산업의 종사자들이 지속적으로 증가하면서, 전통적인 고용관계에서 벗어나는 다양한 고용관계가 등장하고 있다. 기존 임금근로자는 파견 및 용역업체를 통해서 고용하거나, 기존의 근로계약을 새로운 유형의 서비스제공 계약(소위 도급계약)으로 전환하는 사례들이 많다. 예를 들면 과거에는 음식점에서 배달원들을 근로자로 직접고용 했으나 최근에는 음식배달 수요가 증가하면서 배달서비스가 음식점에서 분리되어 독자적인 서비스산업으로 발전하면서 배달원들의 노동시장 지위가 근로자에서 개인사업자나 특수형태근로 종사자로 변화하고 있다.

한편 서비스업은 농림수산업(1차 산업), 광업제조업(2차 산업)을 제외한 나머지 모든 산업들로 범위가 매우 광범위하다. 따라서 전체 서비스업의 특성을 고려하면서 체계적인 산재예방대책을 모색하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 서비스업에 대한 분류작업과

유형화가 필요하다. 이를 위해서 서비스산업의 재해특성을 확인하고, 유해위험요인에 대한 보다 심층적인 분석을 바탕으로 서비스업종의 위험 정도에 따른 체계적인 서비스업 분류를 시도하고자 한다. 그리고 이와 같은 연구결과를 바탕으로 근로자 뿐 아니라 일하는 사람(취업자), 즉 서비스종사자 보호를 위한 정책의 방향을 제시하고 기존 제도개선 방안을 모색해야 할 시점이다.

## II. 연구내용

### 서비스업종 및 서비스종사자들의 일반적인 속성

서비스업종은 매출액 대비 인건비 비중이 21.5%로 제조업 10%대와 비교하면 상대적으로 높은 편이다. 인건비 비중이 높으면 임금인상 여력이 부족한데, 그 결과 서비스업 종사자들의 임금수준은 전반적으로 낮은 편이다. 통계청의 <서비스업 조사> 결과를 바탕으로 확인한 결과 2020년 서비스업종 1인당 평균 인건비는 28.5백만원이며, 아울러 서비스업종 내에서 임금격차도 큰 편이었다.

<2020년 근로환경조사> 결과를 활용하여 서비스업과 비서비스업의 근로환경 특성을 비교해보았다. 조사 결과 서비스업 종사자들의 근로환경은 상대적으로 열악하고, 임금수준은 낮은 편인데, 노조나 산업안전보건위원회 등의 근로자 이해대변기구를 통해서 보호받을 가능성은 낮은 편이었다.

<2020년 근로환경조사>의 유해위험요인에 대한 노출 정도 문항을 바탕으로 18개 위험요인에 대한 노출 정도를 수치화해서 비교한 결과 업종 별로는 운수 및 창고업, 협회 및 단체, 수리 및

기타서비스업, 사업시설관리, 사업지원 및 임대서비스업, 숙박 및 음식점업의 순서로 전반적인 위험요인에 대한 노출정도가 높게 나타나고 있었다. 다음으로 서비스직종(사무직, 서비스직, 판매직, 그리고 단순노무 종사자 중 서비스 직종)을 직업소분류(3자리코드) 수준에서 유해위험요인에 대한 노출 정도를 확인했는데 운송서비스 종사자가 가장 높았으며, 다음으로 배달원, 미용관련 서비스 종사자, 판매관련 단순종사자, 조리사 등의 순서로 나타났다.

### 서비스업종 재해율 및 사망만인율

서비스업의 재해율 및 위험 정도에 따른 산업군 분류작업은 2017~2021년 5년 동안의 산업재해자 리스트리스트를 분석하였다.

한국의 서비스산업이 지속적으로 성장하면서, 서비스업 재해자가 꾸준히 증가하고 있었다. 서비스업 재해자는 2017년 대비 2021년 77.0%로 증가했으며, 2021년에는 47,646건이 발생했다. 최근 서비스업에서도 산재사망자가 꾸준히 증가하고 있는데, 산재 사망자수는 2017년 대비 2021년 58.9%가 증가하여 2021년 서비스업 산재사망자수는 542명이었다.

2021년 서비스업 재해율은(추정)<sup>1)</sup> 0.32%, 2021년 서비스업 산재사망자 542명, 사망만인율은 0.36‰으로 확인되었는데, 지난 5년간 서비스업 재해자/사망자수 및 재해율도 빠르게 증가하고 있어서 더 이상 서비스업종이라고 해서 산업재해 위험이 낮다고 할 수 없었다. 서비스업 내에서 재해율이 높은 집단의 특성을 확인한 결과 ① 규모는 소규모 사업장(30인

1) 재해를 계산에서 분모의 임금 근로자수는 통계청 지역별고용조사 자료를 활용하여 공식 재해율과는 다소 차이가 발생하고 있어서 (추정)이라고 명시하였다.

이하), ② 종사상지위는 일용직, ③ 연령대 별로는 고연령(50세 이상), ④ 근무기간은 짧은 근속기간(1년 미만), ⑤ 성별로는 남성이라는 특징을 확인할 수 있는데, 한국 산업재해의 일반적인 특성이 서비스업에서도 그대로 나타나고 있었다. 서비스업의 사고발생 유형별 비율은 넘어짐 26.5%, 사업장의 교통사고 10.3%, 절단·베임·찢림 9.7%, 떨어짐 8.1%, 근골격계질환 7.6%, 이상온도 접촉 6.8%, 끼임 6.6% 순으로 나타났는데, 사업장의 교통사고는 건설업 제조업에서는 확인할 수 없었던 서비스업 산재 특성을 보여주고 있다.

### 서비스업종의 위험정도에 따른 산업군 분류

서비스업종의 위험정도를 (단순 재해자수 및 재해율이 아니라) 근로손실일수를 기준으로 산재위험 분류를 시도하였고, 근로손실일수를 고려해서 서비스업종의 위험도별 위험등급을 구분하였다. 해당 위험도는 근로손실일수를 분모, 해당 업종의 종사자수를 분자로 위험도를 계산하였다. 위험도에 따른 서비스산업군을 5개로 구분할 때 총 41개 세부 서비스업종을 위험군별로 8개 전후가 포함되도록 연구팀에서 기준을 정해서 조정하였다. 그 결과 0.0~0.19이면 저위험 산업, 0.20~0.29이면 중저위험 산업, 0.30~0.49이면 중위험 산업, 0.5~0.99 중고위험 산업, 1.00 이상이면 고위험 산업으로 구분하였다. 서비스업종의 위험도를 구분함에 있어 근로손실일수라는 새로운 기준을 사용하면서 현재 발생건수 및 재해발생율의 한계점을 보완하기 위한 시도라고 할 수 있다. 이를 바탕으로 서비스업종별 재해위험의 정도를 5개 집단으로 구분하였다.

- ① 고위험 산업: 폐기물 수집/운반/처리 및 원료 재생업, 육상 운송 및 파이프라인

운송업, 환경 정화 및 복원업, 사업시설 관리 및 조정 서비스업

- ② 중고위험 산업: 음식점 및 주점업, 창고 및 운송관련 서비스업, 부동산업, 숙박업, 개인 및 소비용품 수리업, 하수/폐수 및 분뇨 처리업, 도매 및 상품 중개업, 스포츠 오락관련 서비스업
- ③ 중위험 산업: 소매업(자동차 제외), 사회복지 서비스업, 기타 개인 서비스업, 사업 지원 서비스업, 공공 행정, 국방 및 사회보장 행정, 자동차 및 부품 판매업, 수상 운송업, 보건업
- ④ 중저위험 산업: 건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업교육 서비스업, 기타 전문/ 과학 및 기술 서비스업, 협회 및 단체, 우편 및 통신업, 임대업(부동산 제외), 영상·오디오 기록물 제작 및 배급업, 창작, 예술 및 여가관련 서비스업, 방송업, 전문 서비스업
- ⑤ 저위험 산업: 금융업, 연구개발업, 출판업, 정보서비스업, 금융 및 보험관련 서비스업, 국제 및 외국기관, 보험 및 연금업, 항공 운송업, 컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업, 수도업

다음으로 지난 5년간 서비스업종별 위험도의 변화를 추가로 검토하였다. 붉은색■은 고위험, 노랑색■은 중고위험, 보라색■은 중위험, 파랑색■은 중저위험, 초록색■은 저위험을 나타낸다. 아래 그림과 같이 최근 5년간 산업재해 증가로 전체 서비스업 위험도 대체로 증가한 것으로 나타났다. 사업시설관리 및 조정 서비스업, 육상 운송 및 파이프라인 운송업, 부동산업, 개인 및 소비용품 수리업, 사업지원 서비스업, 도매 및 상품 중개업의 경우

다른 산업들보다 위험도가 크게 증가 하였다 (위험도 0.4 이상 증가). 그리고 폐기물 수집/운반/처리 및 원료 재생업, 육상 운송 및 파이프라인 운송업, 사업시설관리 및 조경

서비스업, 부동산업, 창고 및 운송관련 서비스업, 환경 정화 및 복원업, 하수, 폐수 및 분뇨 처리업은 최근 5년간 고위험 산업군에 계속 머무르고 있다.

산업	년도					
	2017	2018	2019	2020	2021	5년 평균
폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	3.89	5.05	5	4.15	4.17	4.44
육상 운송 및 파이프라인 운송업	1.98	2.48	2.76	2.96	3.08	2.66
사업시설 관리 및 조경 서비스업	0.72	2.38	2.31	1.97	2.05	1.91
부동산업	1.02	1.83	1.52	1.49	1.82	1.53
창고 및 운송관련 서비스업	1.35	1.93	1.44	1.16	1.54	1.48
환경 정화 및 복원업	3.3	1.65	5.62	5.29	1.51	3.24
개인 및 소비용품 수리업	0.64	0.85	1.25	0.88	1.22	0.97
도매 및 상품 중개업	0.68	0.9	1.09	1.02	1.1	0.95
스포츠 및 오락관련 서비스업	0.64	0.61	0.69	0.63	1.07	0.73
숙박업	0.98	1.15	1.26	0.86	1.04	1.06
음식점 및 주점업	0.84	0.98	1.1	1.1	0.92	0.99
하수, 폐수 및 분뇨 처리업	1.65	2.42	3.03	1.91	0.73	1.83
건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	0.35	0.59	0.52	0.64	0.7	0.57
기타 개인 서비스업	0.33	0.43	0.58	0.56	0.7	0.5
사업 지원 서비스업	0.1	0.38	0.44	0.46	0.58	0.39
소매업; 자동차 제외	0.25	0.37	0.33	0.43	0.54	0.38
자동차 및 부품 판매업	0.4	0.22	0.45	0.31	0.48	0.37
협회 및 단체	0.23	0.23	0.41	0.34	0.47	0.34
사회복지 서비스업	0.32	0.35	0.34	0.36	0.4	0.36
공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	0.29	0.41	0.4	0.51	0.38	0.4
항공 운송업	0.04	0.27	0.11	0.21	0.37	0.2
임대업; 부동산 제외	0.37	0.3	0.18	0.55	0.34	0.34
영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	0.07	0.48	0.41	0.41	0.32	0.35
보건업	0.19	0.27	0.26	0.26	0.32	0.26
기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	0.4	0.15	0.25	0.17	0.29	0.25
정보서비스업	0.24	0.24	0.04	0.16	0.28	0.2
금융 및 보험관련 서비스업	0.51	0.3	0.2	0.33	0.25	0.31
방송업	0.05	0.2	0.09	0.71	0.24	0.25
금융업	0.11	0.27	0.2	0.21	0.24	0.21
교육 서비스업	0.1	0.15	0.18	0.18	0.24	0.17
수상 운송업	0.62	1.2	1.19	1.19	0.23	0.89
우편 및 통신업	0.1	0.29	0.17	0.33	0.22	0.22
전문 서비스업	0.13	0.19	0.18	0.23	0.22	0.19
연구개발업	0.16	0.27	0.23	0.24	0.17	0.21
출판업	0.25	0.21	0.26	0.19	0.14	0.21
창작, 예술 및 여가관련 서비스업	0.36	0.33	0.24	0.3	0.13	0.27
컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	0.07	0.22	0.02	0.15	0.09	0.11
국제 및 외국기관	0.01	0.16	0.09	0.01	0.04	0.04
보험 및 연금업	0	0.04	0.02	0.06	0.04	0.03
수도업	0.1	0.01	0.03	0.47	0.03	0.12
가구 내 고용활동	0	0	0	0	0	0

[그림 1] 서비스업종별 5년간 산재위험도 변화 추이

### III. 결론 및 정책제언

이와 같이 서비스업 세부업종별 산재발생위험에 따른 위험군 분류를 진행한 후, 위험하면서 종사자규모가 클수록 예방대책이 우선적으로 필요할 것이라는 판단 하에 서비스업 산재예방사업의 전략 수립을 위해서 종사자규모를 함께 검토하였다. 서비스업 산업군별 취업자규모는 통계청 <지역별 고용조사> 자료를 활용했는데, 2021년 기준 고위험산업이 4,279천명, 중고위험산업이 5,942천명, 중위험산업이 4,286천명, 중저위험산업이 3,269천명, 저위험산업은 1,407천명으로 확인되었다. 그리고 향후 취업자수 전망은 한국고용정보원의 <중장기 인력수급 전망 2020~2030> 보고서에서 확인한 결과 2030년 고위험산업은 4,377천명, 중고위험산업은 6,120천명, 중위험산업이 4,898천명, 중저위험산업이 3,267천명, 저위험산업은 1,395천명으로 추정하였다. 산업군별 취업자수는 중고위험산업이 가장 많을 것으로 예상하고 있지만, 중위험산업군에서 취업자수가 가장 빠르게 증가할 것으로 예상된다. 이와 같은 최근 취업자수 추이와 향후 취업자수 전망을 서비스업종의 위험도와 함께 고려해서 산재예방사업의 우선순위를 정하는데 있어서 고려할 필요가 있을 것이다. 저위험산업군의 경우 취업자 규모가 가장 적다는 점, 그리고 중저위험산업의 경우에는 취업자수의 감소가 예상되기에 이러한 점도 우선순위에서 고려할 필요가 있을 것이다. 아울러 중고위험산업은 취업자수가 가장 많다는 점, 중위험산업의 경우 향후 취업자수가 60만명 이상 가장 빠르게 증가할 것으로 예상되기에 이와 같은 고용규모 추이도 고려할 필요가 있을 것이다.

서비스업종에서도 재해율 및 사망(만인)율이 지속적으로 증가하고 있는 만큼, 향후 서비스업종의 중장기 산재예방 대책을 모색할 필요가 있다. 이번 연구과제는 기존의 재해율/사망(만인)율과 함께 근로손실일수를 기준으로 서비스업종의 위험정도를 5개로 유형화를 해 보았다. 향후에도 서비스업종의 다양성을 고려한 다양한 유형화를 시도할 필요가 있을 것이다. 이번 조사 결과를 기준으로 제언을 하자면 단기적으로는 고위험 서비스업종, 그리고 종사자수가 증가하고 있는 서비스업종을 중심으로 산재예방 사업을 진행할 필요가 있다. 아울러 1인 자영업자 비율이 높은 서비스업종의 산재발생 위험도가 점차 높아지고 있는 점에 주목하면서 서비스업 임금근로자뿐만 아니라 자영업자 및 특수형태근로종사자들의 산재예방 대책이 필요할 것이다.

## 참고문헌

- …→ 기획재정부(2019). 서비스산업 혁신전략(관계부처합동). 2019.6.26.
- …→ 김태구 외(2007). 기타산업에 대한 산재예방 서비스 전개방향에 관한 연구. 산업안전보건연구원.
- …→ 문병두, 박주동, 강준혁, 박장현, 전소영, 강성윤, 백빛나(2021). 국내 산업별/직종별 특성과 사망사고 발생 위험분석 연구(I). 산업안전보건연구원.
- …→ 이승길, 조성혜, 이상희, 송강직, 김희성, 노상현, 신동윤, 황경진, 이수연, 박수경, 진성영(2017). 서비스업 재해예방을 위한 산안 법상 책임 체계 개선 방안 등 연구. 산업안전보건연구원.
- …→ 장지연(2020). 플랫폼노동 종사자 보호방안 마련을 위한 실태조사. KNI국제노동브리프.
- …→ 조흥학(2015). 서비스업 종사자 보호를 위한 산업안전보건제도 개선에 관한 연구. 산업안전보건연구원.
- …→ 한국고용정보원(2022). 중장기 인력수급 전망 2020~2030. 한국고용정보원.

# 건설공사 중 붕괴로 인한 산업재해 예방을 위한 제도 개선



**연구책임자**  
고려대학교  
김승준 교수



**연구상대역**  
산업안전보건연구원 산업안전연구실  
전소영 과장

최근 건설공사 중 붕괴로 인한 대규모 인명피해가 잇따라 발생함에 따라 산업안전보건기준에 관한 규칙 내 관련 조항의 실효성에 대한 의구심이 제기되었으며, 이에 기존 규칙을 재검토하고 개선하고자 본 연구가 실시되었다. 국내·외 법령 및 제도 분석과 최근 5년간 발생한 붕괴사고 총 94건에 대한 상세분석을 통하여 안전보건규칙 개정안을 마련하고 이해당사자 심층면접 및 전문가 자문회의를 통해 보완하여 연구결과로 제시하고자 하였다.

## I. 서론

최근 다양한 건설공사 현장에서 구조물 및 토사 등의 붕괴로 인한 대규모 인명피해가 잇따라 발생하였다. 크게 이슈가 된 사고로는 '21년 광주 학동 해체공사 중 붕괴(사망 9명, 부상 8명), '22년 광주 화정동 콘크리트 타설공사 중 붕괴(사망 6명), '22년 경기도 양주 채석장 발파작업 중 붕괴(사망 3명) 등이 있다. 건설공사 중 붕괴사고는 빈도는 상대적으로 낮지만 매몰, 추락 등으로 다수의 근로자가 동시에 중대재해를 입는다는 특징이 있다.

'산업안전보건기준에 관한 규칙'은 건설공사 중 붕괴로 인한 산업재해를 예방하기 위한 조치를 이미 규율하고 있다. 그러나 세부기준이 체계적이지 못하고 미흡하여 현행 규칙만으로 붕괴사고 예방 조치가 이루어지는데 한계가 있다고 보았다. 또한 '구축물 또는 이와 유사한 시설물' 등 명확하지 않은 용어가 사용됨으로써

사업장의 안전조치 의무 이행에 혼란을 초래하고 있는 실정이다. 이에 붕괴 재해를 효과적으로 예방하기 위하여 기존의 기준을 재검토하고 개선하고자 본 연구가 계획되었다.

## II. 연구내용

### 1. 선행연구 및 법령·제도 분석

선행연구 대부분은 특정 공종별 붕괴 사례 연구를 통한 붕괴 위험원인과 예방방안을 주로 다루고 있으며 일부는 제도적 관점에서 개선 방안을 제안하고 있으나, 범용성 있는 제도적 원인과 실효성 있는 정책 제안에는 미흡하였다.

국내·외 관계 법, 제도 등을 조사한 결과 국내의 경우 상위법(건설기술진흥법, 건축물 관리법, 산업안전관리법 등)이 정하는 구체적인 사항들을 각 부처별로 관리하며 개별적으로 효력을 발휘하고 있었다. 반면, 국외의 경우

일본을 제외한 주요 국가에서 정부가 제공하는 상위법과 더불어 하위 법령들이 유기적으로 연결되어 상호 보완하는 체계를 보인다.

산업안전보건법 내에 붕괴 재해 예방을 위한 상세한 기술 기준은 '산업안전보건기준에 관한 규칙'에서 제공되고 있다. 그러나 각 조항의 정의나 범위가 한정적이며 의미가 불분명하거나 타 법령들과 기준이 상이하여 사업장에 혼선을 초래하는 경우가 다수 존재하였다. 또한 산업발전에 따라 사장(死藏)된 기준이 존재하며 최신 기술을 반영하지 못함에 따라 새로운 위험요인에 대한 예방 조치 부재가 확인되었다.

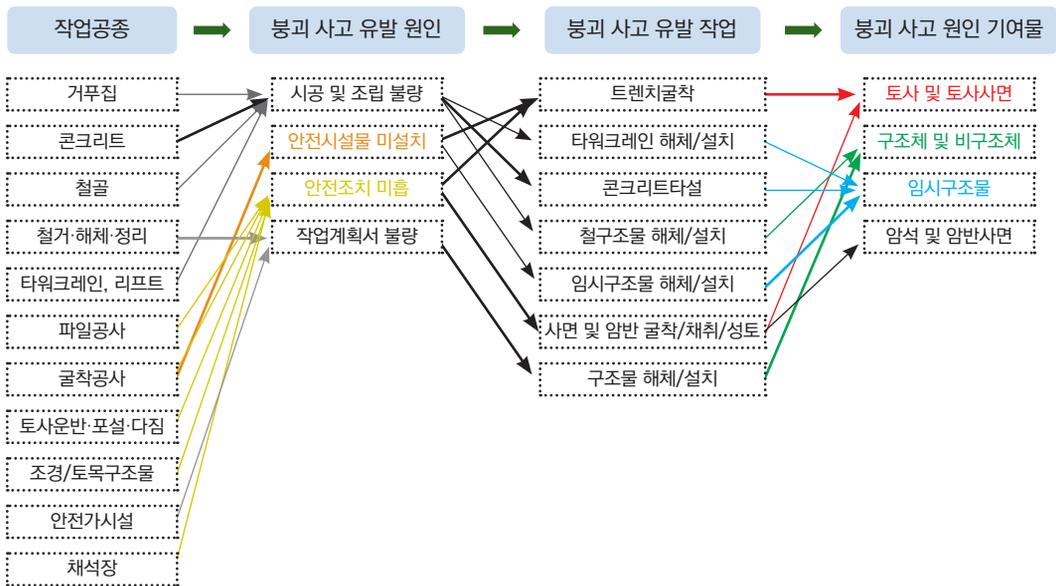
## 2. 건설공사 중 붕괴 위험요인 및 예방방안 도출

최근 5년간 국내 건설업에서 발생한 붕괴사고 총 94건을 분석한 결과 가장 많은 붕괴가 발생한 작업 공종은 굴착공사(42건), 철거·해체·정리(25건), 조경·토목구조물(9건), 콘크리트(5건) 등의 순이었다. 붕괴유발 원인은 안전시설물 미설치(31건), 안전조치 미흡(28건),

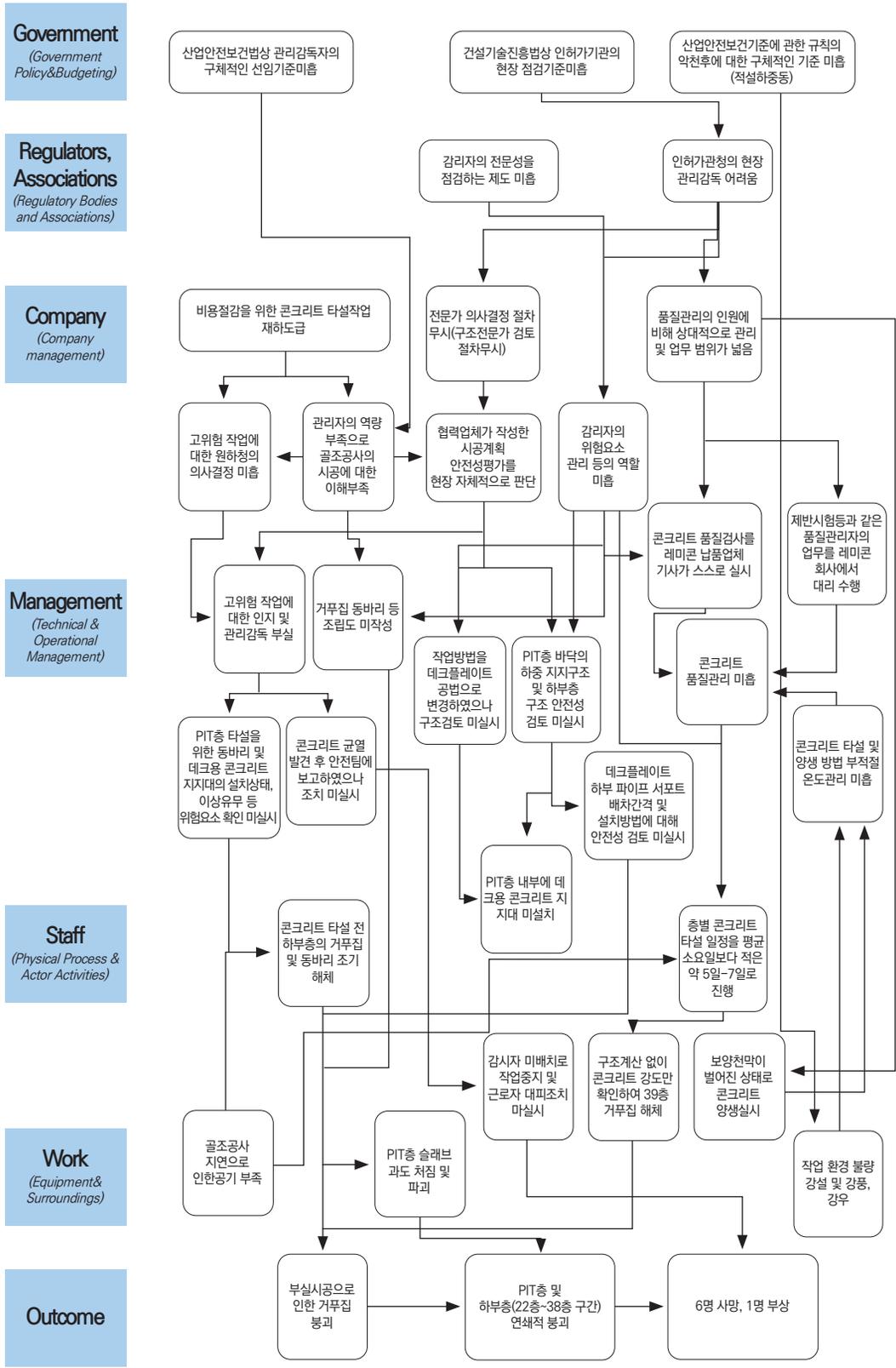
작업계획서 불량(22건), 시공·조립 불량(13건) 순으로 많이 발생하였다. 재해 다발작업은 트렌치 굴착(37건), 구조물 해체·설치(22건), 사면 및 암반 굴착·채취·성토(13건), 기타(2건)순으로 나타났다. 붕괴사고 원인 제공 기여물은 토사 및 토사사면(49건), 구조체 및 비구조체(28건), 임시구조물(12건), 암석 및 암반사면(5건)으로 집계되었다. 여기서 기여물은 안전보건공단 재해조사건의서에서 사용되는 기인물과 가해물을 종합한 용어를 활용하였다.

도출된 단계별 붕괴요인과 최근 5년간 발생된 붕괴사고 관련 업무상 사고사망의 발생 추이를 바탕으로 다음 그림과 같이 건설공사 중 붕괴사고 발생 경로를 도출하였다. 각각의 단계를 연결하는 화살표의 두께는 재해 빈도수를 나타내며, 단계별 경로를 통해 건설공사 중 붕괴요인과 발생 형태를 정의할 수 있다.

시스템적 사고분석 기법인 AcciMap을 활용하여 붕괴사고 원인 제공 기여물별로 주요 사고사례에 대한 예방방안을 도출하였다.



[그림 1] 건설공사 작업공종 및 단계별 재해 발생 요인과 경로



[그림 2] AcciMap 분석 예시(구조체 및 비구조체 붕괴)

구조체 및 비구조체의 붕괴는 시공 중 발생하는 하중에 대한 구조적 안전성 평가 실시, 작업공법 변경 시 사전 구조 안전성 평가 실시, 대피교육 실시 등이 필요한 것으로 나타났다. 임시구조물의 붕괴의 경우 임의 작업 순서 변경 금지 및 현장 점검 실시, 벽이음 해체작업 매뉴얼 보급, 위험성평가 미실시 현장 불시 감독 등이 필요하였다. 토사 및 사면의 붕괴는 굴착면 기울기 준수, 지하수 양수 및 안정화 기준 마련, 지반 안정성 평가 실시 기준 보완 등이 요구되었다. 마지막으로 암석 및 사면의 붕괴의 경우 발파 작업 화약류 전문가 배치, 상재하중을 고려한 지반 안정성 평가 실시 등이 필요하다.

- 제328조~제327조 공정·작업순서에 맞게 정비 및 '거푸집'과 '동바리'를 분리하여 재배치
- 제329조의 사문화된 규정인 [별표 10]을 삭제하고 한국산업표준으로 대체
- 제332조 산업기술·환경 변화로 대중화된 테크플레이트 공법 관련 안전조치 추가
- 제338조의 [별표11] 굴착면의 기울기 기준을 타법령(건축법)과의 연계성을 고려하여 일치

### 3. 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정안 마련

사고사례 분석을 통해 도출한 재해발생 원인 및 예방 방안을 활용하여 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정안(1안)을 마련하였다. 개정안(1안)에 대한 객관성·실효성 확보를 위해 이해당사자(발주자, 종합건설업체, 전문건설업체, 재해예방기관, 경영계, 노동계)를 대상으로 심층면접(15개소)과 전문가 자문회의(2회)를 실시하여 개정안(2안)을 마련하였다. 또한 최종 개정안(2안)에 대한 타당성을 검증하고자 규제 영향분석을 실시하였다. 개정안(2안)의 주요 내용은 다음과 같다.

- 제39조에 건축물, 구축물 또는 이와 유사한 시설물 등(이하 “구축물등”)의 해체 작업에 대한 작업지휘자 지정 의무 추가
- 제50조~제53조의 내용을 토사와 구축물 관련으로 구분 및 재배치
- 제51조 시공 중 작용하는 하중 고려 추가, 제52조 설계·시공 변경 시 구조 안전성 평가 의무 추가

### III. 결론 및 정책제언

국내 건설업 분야의 재해지표는 전산업 대비 매우 높은 수준을 꾸준히 유지하고 있어, 정부 차원의 정책 및 제도개선에 대한 수요가 지속적으로 요구되고 있다. 건설업 중대재해 감축을 위하여 추락, 작업 흔재 등과 같이 건설공사 중에 자주 발생하는 사고의 예방정책 마련과 안전보건 의식 제고 등의 노력이 이루어져 왔으며, 일부 재해 유형에 대한 사고가 소폭 감소세를 나타내었다. 그럼에도 최근에는 다양한 건설공사 현장에서 구조물 및 토사 등의 붕괴로 인한 대규모 재해가 보고되었으며, 특히 건설공사 중 붕괴 재해는 다수의 근로자가 동시에 매몰, 추락하는 등 심각한 인적·경제적 손실을 수반하게 된다.

본 연구에서는 건설공사 중 붕괴사고 사례를 다양한 방법으로 분석하여, 붕괴 발생 과정과 원인을 도출하였다. 또한, 현재 시행 중인 산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙의 실효성을 파악하고 건설공사 이해당사자 및 전문가 자문을 통해 산업안전보건기준에 관한 규칙의 개정안을 제안하였다. 도출된 연구 결과물과 개정안은 건설공사 중 붕괴에 대한 안전의식 제고와 실효성 있는 안전조치 의무이행에 기여할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 지홍기. 트랜치 굴착시 토석붕괴 방지시설에 대한 검토. 안전보건연구원. 2002
- 배규진. 터널공사 재해 최소화 및 예방기술 개발. 한국건설기술연구원. 2009
- 신주열. 건설공사 안전관리 개선방안 연구. 한국시설안전공단. 2010
- 오세중. 굴착공사중 붕괴 방지를 위한 개선방안 연구. 석사학위논문. 한양대학교 공학대학원. 2014
- 김경수. 건설공사 위험요소 프로파일 개발 연구보고서. 국토교통부. 2014
- 김은희 등. 건축물 안전강화를 위한 합리적 정책방향 연구. 건축도시공간연구소. 2016
- 박상복 등. 건설 중대사고 발생요인 분석. 안전보건공단 건설안전실. 2017
- 국립재난안전연구원. 국외 구조물 붕괴사고 조사체계 심층분석. 2019
- 전경덕 등. IT 융합기술을 적용한 동바리붕괴사고 방지를 위한 건설공사 시스템 제안. 한국인터넷방송통신학회논문지. 20권 5호. 113-120. 2020
- 서동현·한우섭·최이락. 화학공장 화재·폭발 사고사례의 시스템적 원인분석에 관한 연구. 산업안전보건연구원. 2020
- 기도형. 문헌조사에 기반한 시스템적 사고 분석 기법의 연구 현황 및 비교. 대한인간공학회지 40(1): pp. 55-63. 2021
- 노민래·안홍섭. 주요국가의 건설분야 안전기준 비교 연구. 한국안전학회. 춘계 학술발표대회 Apr.29: pp. 130-137. 2005
- 김영진. 미국의 건축안전 법제에 관한 비교법적 연구. 한국법제연구원. 2015
- 김용훈. 영국의 건축안전 법제에 관한 비교법적 연구. 한국법제연구원. 2015
- 장원규. 독일의 건축안전 법제에 관한 비교법적 연구. 한국법제연구원. 2015
- 나채준. 일본의 건축안전 법제에 관한 비교법적 연구. 한국법제연구원. 2015
- 승우현. AcciMap을 통한 지게차 안전 시스템의 기여 요인 도표화에 관한 연구. 서울과학기술대학교 일반대학원 석사학위논문. 2019
- 국무조정실. 규제영향분석서 작성지침. 2021
- N.G.Leveson. A new accident model for engineering safer system. Safety Science. Vol. 42: pp. 237-270. 2004
- J.Rasmussen. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. Safety Science. Vol. 27: pp. 183-213. 1997
- Paul M. Salmon. Systems-based accident analysis methods: A comparison of Accimap, HFACS and STAMP. Safety Science. Vol. 50: pp. 1158-1170. 2012
- Samuel Lee et al. Applying the AcciMap methodology to investigate the tragic Sewol Ferry accident in South Korea. Applied Ergonomics. pp. 1-9. 2016

# 달비계용 PP섬유로프의 야외노출에 따른 인장강도 변화 분석



연구책임자

산업안전보건연구원 산업안전연구실  
강성윤 과장

건물의 외벽도장 및 청소작업에 주로 사용되는 달비계는 작업 특성상 추락사고의 위험을 내포하고 있다. 최근 10년간 (2012년~2021년) 달비계 관련 153건의 재해 분석 결과 연평균 15명의 사고 재해자가 발생하고 있으며, 주요 원인으로는 작업로프 풀림(34.6%), 불안정한 행동(24.8%), 작업로프 끊어짐(22.2%), 로프 고정점의 결손(11.8%) 순으로 발생하였고, 대부분(83.7%)의 사망사고는 수직구명줄을 설치하지 않아 발생한 것으로 판단된다. 사고사망의 주요 원인 중 작업로프의 끊어짐에 의한 재해는 대부분이 노후 및 마찰에 의한 원인으로 다른 주요 원인에 비해 사고 예방 대책을 명확하게 제시할 수 있다. 주기적인 로프 교체와 로프 보호대 착용으로 로프 끊어짐에 대한 재해를 대부분 예방할 수 있지만, 안전관리가 취약한 소규모 작업현장의 경우 현실적으로 어려운 것이 사실이다. 또한, 작업용 로프에 대한 관리 및 폐기 기준으로, 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제63조 및 제169조에서는 '꼬임이 끊어지거나 심하게 손상된 섬유로프에 대하여 사용을 금지'하고 있으나, 현장에서 사용 또는 폐기 여부의 결정 기준으로 활용하기에는 구체성이 다소 결여되어 있다. 따라서 달비계 작업용 섬유로프(이하 "섬유로프" 라 함)의 파단 강도에 대한 시험과 사용실태 분석 등을 통해 보다 구체적이고 현장에서 쉽게 활용 가능한 안전성 확보 방안을 마련할 필요가 있다.

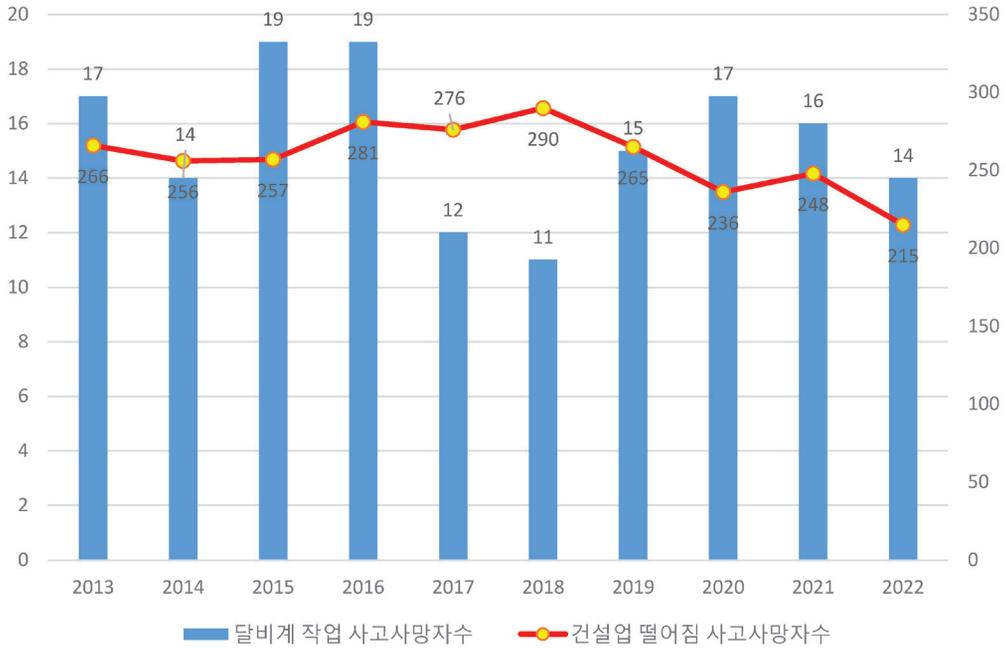
## 1. 서론

2022년 국내 건설업 사고사망자의 53%가 떨어짐에 의해 발생하였다. 특히, 고층 건물의 외벽도장 및 청소작업에 주로 사용되는 달비계는 고정 부분에 밧줄을 매달고 내려오는 작업 특성으로 추락에 의한 사고 발생 위험이 높다. 달비계에 의한 사고를 예방하기 위한 다양한 노력에도 불구하고 사고사망 재해가 [그림 1]과 같이 지속적으로 발생하고 있다. 최근 10년 (2012년~2021년)간 달비계 사고사망자는 153명이며, 이러한 통계는 연평균 15명의 사고 사망자가 발생하고 있음을 시사하고 있다.

달비계 관련 사고사망 재해의 주요 원인은 [표 1]에 나타난 것과 같이 작업로프 풀림(34.6%), 불안정한 행동(24.8%), 작업로프 끊어짐(22.2%), 고정점 결손(11.8%)으로 보고되고 있다. 이들 중에서 작업로프 끊어짐과 관련된 사고에 사용된 로프는 [표 2]의 (a)에 나타난 것과 같이 PP소재가 32건(94.1%)으로 대부분을 차지하고 있다. 또한, 작업로프 끊어짐에 대한 원인은 [표 2]의 (b)와 같이 노후 22건(64.7%)과 마모 9건(26.5%)이 대부분을 차지하고 있다.

달비계 작업 중 로프 끊어짐에 의한 재해는

1) 안전보건공단 산재현황 통합분석 자료



[그림 1] 연도별 달비계 관련 사고사망자 현황

대부분이 로프의 노후 및 마찰 때문에 발생한다. 특히 중소형 현장에서는 로프 관련 관리 기준은 별도로 존재하고 있지 않아 교체 주기가

도래하더라도 작업자들은 달비계 작업용 로프와 작업대의 로프를 주기적으로 교체를 하지 않는다. 따라서 다른 원인에 비해 사고 예방

[표 1] 주요 원인별 달비계 관련 사고사망자 현황

원인	사고사망자(명)	비율 (%)
작업로프 풀림	53	34.6
불안전 행동	38	24.8
작업로프 끊어짐	34	22.2
고정점 결손	18	11.8
작업로프길이부족	4	2.6

[표 2] 작업로프 끊어짐 원인

(a) 로프 재질

재질	건수	비율 (%)
폴리프로필렌	32	94.1%
마닐라	1	2.9%
확인불가	1	2.9%

(b) 로프 끊어짐 재해 원인

원인	건수	비율 (%)
노후	22	64.7%
마찰	9	26.5%
화재	2	5.9%
확인불가	1	2.9%

대책을 명확하게 제시할 수 있다. 예를 들면, 주기적인 로프 교체와 로프 보호대 착용으로 로프 끊어짐에 대한 재해를 대부분 예방할 수 있다. 그로 인해, 국외(OSHA, HSE) 및 국내(산업안전보건기준에 관한 규칙) 기준에는 끊어지거나 꼬임이 심하게 손상된 섬유로프의 사용을 금지하고 있다. 그러나 육안으로 확인되는 손상이 없더라도 섬유로프의 성능이 저하될 수 있어 섬유로프의 점검 및 관리 주기를 정하여 관리하도록 규정하고 있으며, 작업 전 확인이 필요하다.

본 연구는 야외노출 기간에 따른 달비계 작업용 PP소재 섬유로프(이하, 섬유로프)의 인장강도 저하 정도를 시험을 통해 분석하였다. 이를 위해 본 연구는 달비계 작업에 가장 많이 사용되는 두 가지 직경의 섬유로프에 대해 야외노출 기간을 변화시켜 섬유로프의 강도 변화를 인장 시험을 통해 측정하였다. 또한, 파단된 섬유로프 분석을 통해 파단의 발생 원인을 파악하였다. 본 연구의 시험 결과는 달비계 작업의 안전성을 확보하기 위한 섬유로프 안전관리 방안을 수립하는 데에 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

## II. 연구내용

### 1. 인장강도 실험 방법

#### 1.1 실험 계획

본 연구의 실험은 삼원배치법으로 설계되었다. 독립변수는 섬유로프 제품(4수준: A제품, B제품, C제품, D제품), 섬유로프 직경(2수준: 16 mm (수직구명줄), 20 mm (주로프)), 그리고 야외노출 기간(3수준: 신품, 30일 노출, 90일 노출)이다. 실험에는 건설 현장에서 달비계 작업에 가장 많이 사용하고 있는 두 가지 직경의 4개 제조사 제품을 사용하였다. 야외노출 기간은 자외선 노출에 따른 인장 강도의 저하 추세를 분석할 수 있도록 신품, 30일 노출, 90일 노출로 설정되었다. 본 연구는 실험 조건 조합(총 24 조건 = 제품 4 조건 × 직경 2 조건 × 노출 기간 3 조건)에 대해 5개의 섬유로프(5회 반복)를 실험하였다.

야외노출은 [그림 2]와 같이 작업 현장의 상황을 고려하여 보통의 대기 환경에서 진행되었다. 또한, 인장 시험을 하기 전에 KS K ISO 139에 규정된 상태(20℃, 상대습도 65.0%)에 적어도 48시간 동안 시험편을 방치하였다. 로프의 기준 장력과 최소 절단 강도의 50% 사이에서 3회 반복하중(cyclic load)을 가한 후 등속 인장 시험을 진행하였



[그림 2] 섬유로프의 야외노출

으며, 시험 속도는  $250 \pm 50$  mm/min으로 설정되었다.

### 1.2 통계 분석 방법

본 연구의 통계 분석은 Minitab (v17, USA)에서 유의수준 0.05를 적용하여 이루어졌다. 섬유로프의 인장강도가 KS 기준을 충족하는지 여부는 단일 표본  $t$  검정을 통해 분석되었다. 그리고 섬유로프의 인장강도가 제조사의 공시 인장강도와 같은지에 대해서는 대응 표본  $t$  검정이 사용되었다. 마지막으로, 섬유로프 직경과 야외노출 기간에 따른 인장강도의 변화는 이원분산분석(독립변수: 섬유로프 직경, 야외노출 기간)을 적용하여 분석되었다.

## 2. 인장강도 실험 결과

### 2.1 신제품

신제품의 인장강도는 KS 기준을 통계적으로 충족하는 것으로 분석되었다(직경 16 mm:  $t(19) = 15.01, p < 0.001$ , 직경 20 mm:  $t(19) = 16.58, p < 0.001$ ). 직경 16 mm 섬유로프의 평균 인장강도는 표 3에 나타난 것과 같이 33.87

kN으로 KS 기준인 24.2 kN을 초과하는 것으로 나타났다. 또한, 직경 20 mm 섬유로프의 평균 인장강도는 48.61 kN으로 KS 기준인 36.6 kN을 충족하는 것으로 파악되었다. 한편, 제조사별 16 mm 섬유로프의 인장강도 최솟값은 A 제품 34.3kN, B 제품 31.1kN, C 제품 29.4kN, D제품 34.5kN으로 나타나 KS 기준을 초과하였다. 또한, 20 mm 섬유로프의 인장강도 최솟값은 A제품 52.3kN, B제품 45.1kN, C제품 48.4kN, D제품 44.5kN으로 KS 기준을 충족하였다.

섬유로프의 인장강도는 제품 제조사의 공시 강도보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다( $t(38) = -2.15, p = 0.038$ ). 섬유로프의 평균 인장강도와 제조사의 공시 인장강도는 평균  $-1.527$  kN (SD = 4.496) 차이가 있었다. 그리고 섬유로프의 인장강도는 A제품을 제외하고 KS 규격에 명시된 허용오차범위( $\pm 5\%$ )를 벗어나는 것으로 나타났다. 예를 들면, B사의 16 mm 섬유로프(32.7 kN)는 공시 인장강도(36.9 kN)보다  $-4.2$  kN 작았으며, 이는 11.38%의 허용오차에 해당한다.

[표 3] 섬유로프의 인장강도 값

제조사	직경 (mm)	인장강도 (SD)				
		신품	야외노출 30일	야외노출 90일	공시	KS
A	16	35.8(0.96)	33.5(3.14)	21.9(1.12)	37.2	24.2
	20	53.4(0.82)	51.9(0.75)	36.4(2.29)	54.9	36.6
B	16	32.7(1.25)	33.4(0.85)	20.6(0.54)	36.9	24.2
	20	46.7(0.98)	45.3(1.18)	33.3(1.30)	56.8	36.6
C	16	30.4(0.56)	28.7(1.01)	19.4(0.54)	32.3	24.2
	20	49.1(0.62)	46.6(0.75)	32.4(1.32)	48.5	36.6
D	16	36.6(2.33)	36.2(1.49)	19.8(0.99)	30.4	24.2
	20	45.3(0.50)	46.0(1.79)	29.0(0.94)	45.1	36.6

## 2.2 노광 30일

노광 30일 노출된 섬유로프의 인장강도는 KS 기준을 통계적으로 충족하는 것으로 분석되었다(직경 16 mm:  $t(19) = 12.08, p < 0.001$ , 직경 20 mm:  $t(19) = 16.66, p < 0.001$ ). 직경 16 mm 섬유로프의 평균 인장강도는 32.95 kN으로 KS 기준인 24.2 kN을 충족하였다. 또한, 직경 20 mm 섬유로프의 평균 인장강도는 47.45 kN으로 KS 기준인 36.6 kN을 초과하였다. 한편, 제조사별 16 mm 섬유로프의 인장강도 최솟값은 A 제품 28 kN, B 제품 32.2 kN, C 제품 27.6 kN, D제품 34.1 kN으로 나타나 KS 기준을 모두 충족했다. 또한, 20 mm 섬유로프의 인장강도 최솟값은 A제품 50.8 kN, B제품 43.7 kN, C제품 45.5 kN, D제품 43.4 kN으로 KS 기준을 충족하였다.

## 2.3 노광 90일

노광 90일 섬유로프의 인장강도는 KS 기준을 통계적으로 충족하지 못하는 것으로 파악되었다(직경 16 mm:  $t(19) = -5.58, p < 0.001$ , 직경 20 mm:  $t(19) = -13.72, p < 0.001$ ). 직경 16 mm 섬유로프의 인장강도는 평균 20.43 kN으로 KS 기준인 24.2 kN을 충족하지 못했다. 또한, 직경 20 mm 섬유로프의 인장강도는 평균 32.77 kN으로 KS 기준인 36.6 kN에 미달하였다. 한편, 제조사별 16 mm 섬유로프의 인장강도 최솟값은 A 제품 20.6 kN, B 제품 19.8 kN, C 제품 18.8 kN, D제품 18.8 kN으로 나타나 KS 기준에 모두 미달하였다. 또한, 20 mm 섬유로프의 인장강도 최솟값은 A제품 33.7 kN, B제품 31.3 kN, C제품 30.1 kN, D제품 27.4 kN으로 KS 기준에 모두 미달하는 것으로 나타났다.

## 2.4 비교 분석

인장강도는 야외노출 기간에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것을 분석되었다( $F(2, 114) = 328.94, p < 0.001$ ). 사후 분석 결과, 신제품(평균 41.24 kN)과 30일 야외노출 제품(평균 40.195 kN)의 인장강도는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면, 90일 야외노출 제품(평균 26.598 kN)은 신제품 및 30일 야외노출 제품보다 유의하게 인장강도가 저하되는 것으로 파악되었다. [표 4]를 예로 들면, 16 mm 신제품 A는 인장강도가 평균 35.8 kN이나, 야외 90일 노출 제품은 21.9 kN으로 -38.8% 인장강도가 저하되는 것으로 나타났다.

## 2.5 파단 특성

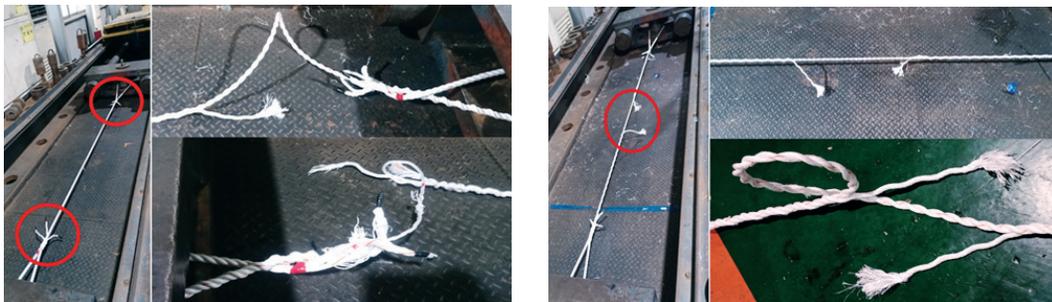
신제품 및 야외 30일 노출 섬유로프의 파단은 [그림 3]의 (a)에 나타난 것과 같이 매듭 부위에서 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 경향성은 기존 연구의 유한요소 해석 및 실험 결과에서 파악된 것과 같이 인장 시 매듭 부위에 응력이 집중되어 파단이 가장 먼저 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 노광 90일 노출 섬유로프의 파단은 [그림 3]의 b와 같이 로프 중앙에서 발생하는 것으로 나타났다. 이는 신제품 및 야외 30일 노출 제품과 다른 특징을 보여 주는 것으로 섬유로프의 강도가 약해져서 인장 시 로프 중앙에서 가장 먼저 파단이 발생하는 것으로 해석된다.

인장 실험에서 2가지 파단 특성이 관찰되었다. 첫째, 섬유로프 인장 시험 후 로프의 표면은 시험 전에 균일한 꼬임을 보이지만, 인장 실험 후에는 [그림 4]와 같이 꼬임이 불균일하게 됨이 확인되었다. 둘째, PP소재의 섬유로프는 자외선에 의해 영향을 받는 것이 실험을 통해

[표 4] 90일 동안 야외에 노출된 섬유로프와 신제품 섬유로프의 인장강도 비교

제조사	직경 (mm)	구분	인장강도 (kN)
A	16	신제품	35.8
		야외노출 90일*	21.9
		감소율 (%)	-38.8
	20	신제품	53.4
		야외노출 90일*	36.4
		감소율 (%)	-31.8
B	16	신제품	32.7
		야외노출 90일*	20.6
		감소율 (%)	-37.0
	20	신제품	46.7
		야외노출 90일*	33.3
		감소율 (%)	-28.7
C	16	신제품	30.4
		야외노출 90일*	19.4
		감소율 (%)	-36.2
	20	신제품	49.1
		야외노출 90일*	32.4
		감소율 (%)	-34.0
D	16	신제품	36.6
		야외노출 90일*	19.8
		감소율 (%)	-45.9
	20	신제품	45.3
		야외노출 90일*	29.0
		감소율 (%)	-36.0

\* 90일 동안 섬유로프의 야외 노출

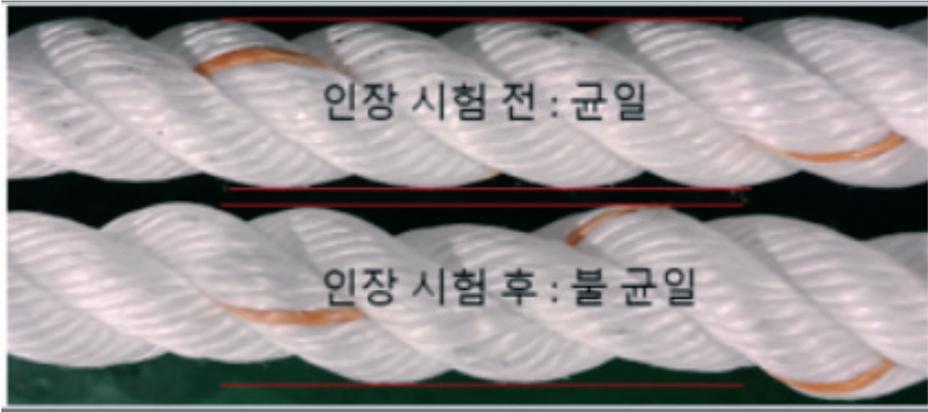


(a) 신제품

(b) 야외 90일 노출 섬유로프

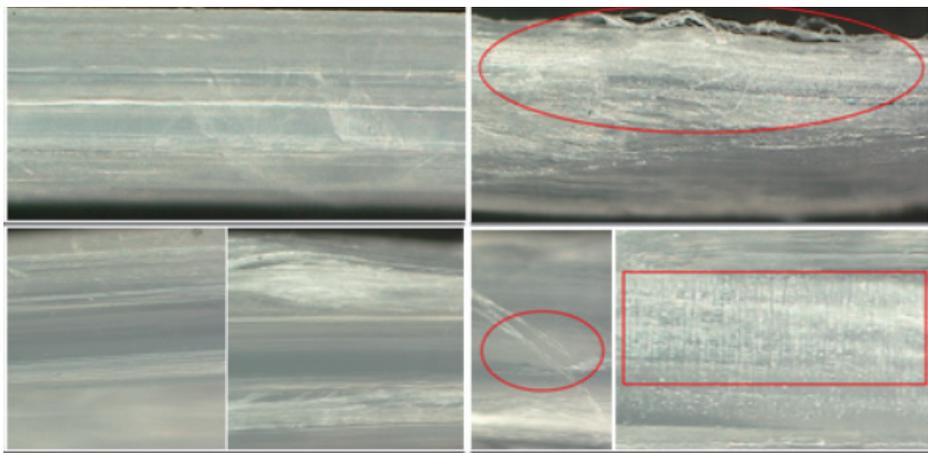
[그림 3] 인장 시험 후 섬유로프의 파단특성

달비계용 PP 섬유로프의 야외노출에 따른 인장강도 변화 분석



인장 후 로프의 꼬임

[그림 4] 인장시험 후 섬유로프의 표면 변화



신품 로프의 표면

야외노출 30일 로프의 표면

[그림 5] 신품로프와 야외노출 30일 로프의 표면 비교

검증되었다. 신제품과 야외 30일 노출 섬유 로프는 인장강도에 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 야외 90일 노출 섬유 로프는 유의하게 인장강도가 저하되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 자외선에 의해 섬유 로프가 영향을 받고, 그 영향은 자외선에 일정 기간 노출되어야 가시적으로 나타난다고 해석될 수 있다.

인장 시험 전후에 섬유로프의 소선을 현미경 (3D Digital microscope, Hirox)을 통해

확인하였다. 본 연구의 인장 시험 결과에 따르면, 야외 30일 노출 섬유로프는 신제품과 거의 유사한 인장 강도를 보였다. 그러나 야외 30일 노출 섬유로프는 섬유 소선에 상태 변화가 있었던 것으로 확인되었다. 신제품과 야외 30일 노출된 섬유로프의 소선을 촬영한 그림 5를 예로 들면, 야외 30일 노출 섬유로프는 소선 표면에 경화로 인한 주름 및 갈라짐 현상이 있었다.

### III. 결론 및 정책제언

고층에 매달려 작업하는 달비계 작업은 추락 위험에 항상 노출되어 있고, 추락사고는 대부분 중대재해로 이어질 수 있어 안전에 특히 신경을 써야 한다. 그러나 사고 예방을 위한 노력에도 불구하고 달비계 작업으로 인해 연평균 15명의 사고사망자가 발생하고 있다. 달비계 관련 재해 중에서 모서리와 로프의 마찰 또는 로프의 노후 등으로 인한 로프 끊어짐에 의한 사고사망자가 전체 사고사망자의 22.2%에 이른다.

달비계 작업에서 가장 많이 쓰이는 PP로프가 자외선에 취약하다는 사실을 많은 사람들이 알고 있지만 어떻게 취약한지에 대해서 로프를 생산하는 생산자도 로프를 사용하는 작업자도 현장의 안전을 책임지는 안전관리자도 알지 못하는 실정이다. 따라서 자외선이 가장 강한 하절기(6월 ~ 8월)에 로프를 야외에 노출하여 신제품과 대비하여 어느 정도 강도가 감소되는지를 본 연구에서 자외선이 로프의 강도에 미치는 영향을 인장 시험을 통해 강도가 감소되는지 실험적으로 규명하였다. 야외노출 30일 제품의 경우 신제품과 거의 유사한 강도를 보였으나, 섬유 소선을 현미경으로 확인 해보면 상태 변화가 있음을 알 수 있었다. 야외노출 90일 제품의 경우 16mm로프의 경우 최대 51.7%, 20mm의 경우 최대 39.8% 인장강도가 감소한 것을 확인 할 수 있었으며, 로프 파단 형태도 신제품과 다름을 알 수 있었다. 따라서 달비계의 안전한 작업을 위해 일부 KOSHA GUIDE 기준<sup>1)</sup>을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 작업용 로프는 하절기(6월 ~ 9월)를 포함하여 사용된 날 부터 9개월 이상이 되었거나, 제조일 부터 3년 이상이 되었을 때에는 사용하지 않아야 한다.

둘째, 작업대를 고정하는 로프는 최소 10.8kN의 강도를 갖고 있어야 하며, 폴리프로필렌 소재의 섬유 재질일 경우 사용된 날 부터 2년 이상 되었을 때에는 교체하여야 한다.

이와 같은 기준의 제시는 달비계 작업자의 추락을 사전에 예방하고 안전한 작업을 위해 반드시 필요하다.

1) KOSHA GUIDE C-33-2022: 작업의자형 달비계 안전작업 지침

## 참고문헌

---

- S. Y. Kang(2023), "A study on improving the use safety of synthetic fiber rope for scaffolding work."Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI) Technical Report.
- W. R. Park(2022), "Analysis and experimental study of strength change according to fixed knot method of fiber rope for high altitude work." Journal of the Korea Society of Safety, 37(3):1-8.
- J. S. Oh(2021), "A comparative study on act of developed countries for the prevention of fall accidents in domestic construction site." Unpublished Dissertation, University of Ulsan.
- S. S. Yoo, and S. Y. Kim(2021), "A study of the improvement of the hanging-scaffolding working safety."Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI) Technical Report.
- S. C. Jeong(2019), "Analysing disaster cases on contraction sites to prevent falling disaster of hangings scaffolding."Korea Journal of Construction Engineering and Management. 20(6):66-73
- D. H. Choi(2019), "Case study for preventing construction site fall accidents." Korea Journal of Construction Engineering and Management. 20(6):81-88
- H. C. Lim(2019), "A study on the accident reduction method through survey of hanging scaffolding use in building construction." Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society. 20(9):121-126
- S. J. Lee(2017), "A study on creep effect of synthetic fiber rope mooring system on motion response of vessel and tension of mooring line." Journal of Society of Naval Architects of Korea. 54(2):151-160
- S. C. Jeong(2016), "A study on the accident prevention survey and improvement of the horse scaffolding in the construction site."Journal of Korea Safety Management & Science, 18(2):37-46
- Viviana Pinto(2015), "Creep and stress relaxation behaviour of PLA-PCL fiber-Alinear modelling approach." Procedia Engineering, 114:768-775.
- J. H. Lee(2015), "A Study on the Effect of Accelerated UV Exposure on the Polymer Membrane for Outdoor User." Journal of the Korea Society of Industrial and Engineering Chemistry, 26(3):326-330.
- W. C. Shin(2014), "A study on the causal analysis of death accidents by the falls in the construction site."Journal of Korea Safety Management & Science, 16(4):63-69.
- J. Y. Kim(2007), "Prediction Model of Mechanical Properties in Rope and Braid Using Computer Simulation." Journal of the Korea Fiber Society, 40(2):529-530.
- ISO(2013), "ISO 13934-1:2013(E) textiles-tensile properties of fabrics".
- Cordage Institute(2004). CI 2001-04 fiber rope inspection and retirement criteria.
- Cordage Institute(2019), CI 1401-19 recommended safety practices for use of fiber rope.
- HSE (2001). Industrial rope access - Investigation into items of personal protection equipment.
- OSHA (2001). 29 CFR Part 1926-Safety and Health Regulations for Construction.



달비계용 PP섬유로프의 야외노출에 따른 인장강도 변화 분석

OSH

Ri:VIEW

04

# Now

01. 2023년 OSHRI 학술대회 개최
02. 산업안전보건연구원, 국립소방연구원 MOU(업무협약) 체결
03. 연구원 홈페이지 AI 검색시스템 도입
04. 연구원 OPEN LOUNGE 개방

---

Now는 산업안전보건연구원  
동정 및 현안을 전달합니다.



OSHRI 학술대회 개최

## 2023년 OSHRI 학술대회 개최

산업안전보건연구원(이하 연구원)은 연구원의 우수 연구 결과 및 전문 사업 수행 내용을 공유하고 산업안전보건 이슈에 대한 다양한 논의의 장을 마련하고자 'OSHRI 학술대회'를 11월 2일 개최했다.

발표 부문은 구두 발표와 포스터 발표로 이루어졌으며, 구두 발표자를 대상으로 Best Researcher와 Best Speaker를 시상하는 만큼 연구원 직원들의 적극적인 참여가 이루어졌다. 기조연설(Keynote)은 산업화학연구실 이나루 실장이 '새로운 화학물질 관리 패러다임의 필요성'을 주제로 진행하여 직원들의 흥미를 고취시켰다.

Best Researcher 부문에서는 산업안전연구실의 서동현 연구위원 외 4명(폐플라스틱 열분해 유화 공정의 화재·폭발 위험성 및 안전관리 방안), Best Speaker부문에서는 흡입독성연구센터 최윤정 차장(노출기준이 없는 화학물질을 어떻게 관리할 수 있을까)이 각각 수상의 영예를 안았다. 포스터 세션은 총 13명의 참여하여 각 분야의 최신 이슈와 동향을 공유했다.

앞으로도 연구원은 OSHRI 학술대회를 매년 개최하여 직원들의 연구 의욕을 고취하고 연구결과를 공유하는 시간을 통해 더 나은 연구의 발판으로 삼아나갈 예정이다.

# 산업안전보건연구원-국립소방연구원 업무협약

일자: 2023. 11. 8.(수) 장소: 산업안전보건연구원 5층 대회의실



MOU 체결

## 산업안전보건연구원, 국립소방연구원 MOU(업무협약) 체결

안전보건공단 산업안전보건연구원(이하 연구원)은 11월 8일 국립소방연구원과 산업안전보건연구 활성화를 위한 업무협약을 체결했다. 이번 협약으로 양 기관은 연구교류 및 상호협력을 강화하며 근로자 건강보호 및 업무상 질병예방에도 앞장서기로 했다.

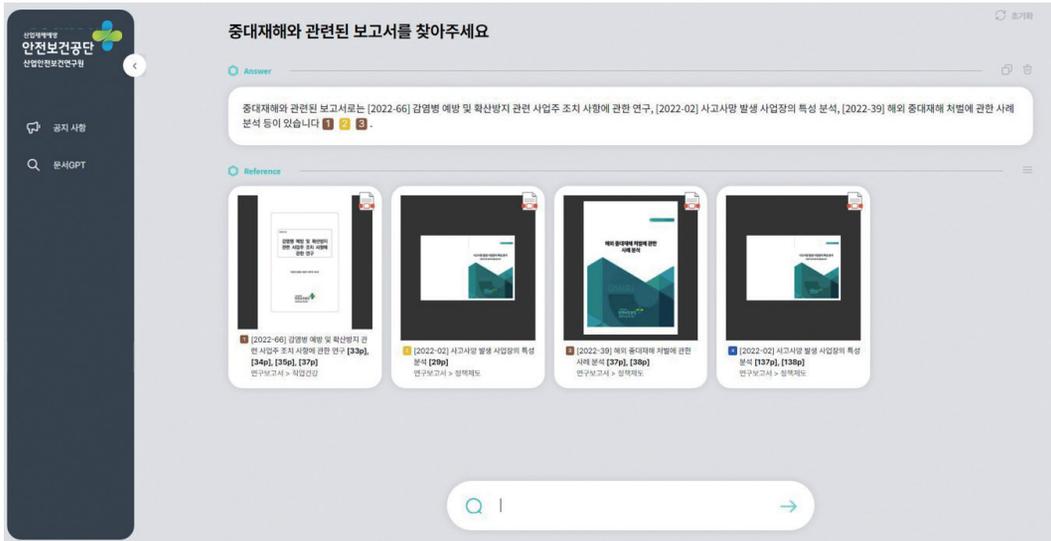
\* 국립소방연구원: 소방 및 재난대응 총괄 연구기관으로 화재안전, 대응기술, 소방정책, 보건안전을 연구하고 그 성과를 국민과 소방공무원에게 환원하여 국가안전에 기여하고자 법에 의하여 설립된 연구기관

협약내용은 근로자 건강보호를 위한 ▲ 공동연구 ▲ 정보교류 ▲ 장비공유 등으로 구성되어 있다. 특히 이번 협약을 통해서 근로자 건강보호 및 질병예방을 위한 2개 분야 공동연구\*를 양 기관의 전문인력이 함께 연구할 예정이다.

\* 연구주제: 직종별 건강 유해성 평가 및 작업환경 개선 연구, 유해인자 노출 예방을 위한 보호구 등 실용기술 개발

또한 연 1~2회 연례 학술세미나를 개최하여 연구결과를 공유하고 각 기관의 특수 연구장비를 함께 사용함으로써 양 기관에서 수행중인 연구의 질을 높여나갈 예정이다. 그 밖에도 양 기관 사이에 전문가 자문, 직원교육 등의 인적교류를 통해 연구자의 전문성 강화를 위해서도 노력하기로 했다.

김은아 연구원장은 “이번 협약을 통해 양 기관 사이에 적극적인 협업체계를 구축하여 작업환경분야의 연구의 수준을 높여나갈 계획이다”면서 “공동연구를 통해 근로자 직종별 건강보호방안 마련에 기여할 수 있기를 기대한다”고 밝혔다.



연구원 홈페이지, AI 검색솔루션 도입

## 연구원 홈페이지 AI 검색시스템 도입

산업안전보건연구원(이하 연구원)은 연구성과 접근성을 강화를 위하여 연구원 홈페이지(oshri.kosha.or.kr)에 AI검색기능 서비스를 개시했다.

AI검색기능은 사용자 친화적 검색환경 구현을 목표로 ChatGPT를 활용하여 본문검색이 가능하도록 했다. 이번 AI검색시스템 도입은 과거 연구원 홈페이지에 게재된 연구보고서, 논문 등에 대하여 제목 및 등록 키워드로만 검색되었던 불편사항을 획기적으로 개선하였다. 검색 시 고객이 원하는 연구 자료를 손쉽게 찾아볼 수 있도록 하며, 정보를 자동으로 융합 및 창출하여 유사 문서를 추천하여 고객들의 편의성을 강화했다. 또한, 최신 업데이트 된 산업안전보건법 관련 법률이 함께 노출 될 수 있게 하여 검색결과의 전문성을 높였다.

향후 연구원은 AI기술 적용을 확대해 홈페이지 고도화도 추진해 나갈 예정이다. MSDS 제출 및 비공개 심사 등 사업의 효율화를 위하여 AI검색 솔루션을 추가로 적용해 나갈 계획이며, 인공지능 서비스를 통해 얻은 결과물에 대하여 사전 확인 및 검증 절차를 부여하여 연구보고서 및 논문의 신뢰성을 확보할 예정이다.

김은아 연구원장은 “최신 AI기술인 ChatGPT를 연구원 홈페이지에 도입함으로써 사용자들의 편의성이 크게 향상될 것으로 기대한다”면서 “앞으로 적용 사업을 확대하여 산업안전보건 연구결과 활용도를 높일 수 있도록 할 것”이라고 밝혔다.



스몰비즈 룸



옴니버스 룸

## 연구원 OPEN LOUNGE 개방

산업안전보건연구원(이하 연구원)은 연구성과를 고취시킬 수 있는 연구 분위기를 조성하고 연구성과를 상시적으로 홍보하기 위하여 ‘OPEN LOUNGE’를 마련했다.

OPEN LOUNGE는 연구원 2층 로비 유휴공간을 활용하여 조성되었으며 ▲ 스몰비즈, ▲ 옴니버스 존, ▲ 연구원 홍보관으로 세분화하여 운영된다. ‘스몰비즈’는 소규모 회의에 특화된 공간으로 모니터, 랜선 등이 완비되어 있어 6명 이내의 인원이 회의할 장소로 적합하다. 또한 ‘옴니버스 존’에서는 자유로운 연구 토론이 가능하도록 8-9명을 수용할 수 있는 바테이블(Bar table)을 배치하였다. 그리고 ‘연구원 홍보관’에는 K-사다리, 멀티스티프너, 지락차단장치 등 특허제품을 전시하고 연구원의 역사 등을 안내 가능하도록 하여 종합 홍보관을 조성하였다.

김은아 연구원장은 “이번 ‘OPEN LOUNGE’ 마련을 통하여 연구원 직원들의 연구교류가 활발히 이루어질 것으로 기대하다”며 “연구원의 성과를 효과적으로 홍보하게 되기를 기대한다”고 밝혔다.

# 직류를 포함한 하이브리드 전원을 통제할 수 있는 지락차단장치 개발

종래에는 전기 기계·기구에 대하여 누전에 의한 감전위험을 방지하기 위하여 감전방지용 누전차단기(ELB, Earth Leakage Breaker)를 사용하였습니다. 과거 대부분의 전기장치의 부하가 60Hz인 교류전기를 사용했고, ELB는 해당 전로의 정격에 적합하고 감도가 양호하며 확실하게 작동하는 누전차단기였기 때문에 활용도가 높았습니다. 즉 ELB 누전차단기로 누전을 보호했습니다.

하지만 최근에는 속도제어를 위하여 교류·직류 변환장치를 사용하는 빈도가 확연히 늘어나고 있습니다. LED, 컴퓨터, UPS 등 직류 사용이 빠른 속도로 확대되고 있으며 산업현장에는 태양광, 배터리 등 직류 수요가 확대되었습니다. 결과적으로 교류와 직류, 두 가지 전류의 누전을 차단할 수 있는 산업안전기술이 필요한 상황이 도래하였습니다. 현재 산업현장을 살펴보면, 태양광 발전설비 및 ESS 등 직류 계통에서 발생하는 화재사고 상당수는 직류 지락(누전)으로 발생하고 있으나 이에 대한 보호수단은 부재한 상황입니다. 결과적으로 감전보호용으로 사용되는 누전차단기(ELB)로는 직류 지락(누전)에 대한 보호가 불가능하여 화재사고 예방의 사각지대가 발생하고 있어 이와 관련된 산업재해예방 기술이 필요한 시점이 되었습니다.

인버터를 사용하는 경우 지락사고<sup>1)</sup> 발생 시 발생 위치에 따라 지락전류의 성분이 달라집니다. 인버터로 교류가 직류가 되기 전 과정에서는 지락사고 발생 시 교류성분의 지락전류가 흐르고, 인버터로 교류가 직류로 변환된 이후에는 직류성분의 지락전류가 흐르게 됩니다.



[그림 1] ELB의 교류성분 지락전류 차단 원리

1) 전기가 흘러가야하는 경로를 벗어나 누전이 발생되어 땅속으로 전기가 흘러가는 사고

보통 기존의 누전차단기인 ELB의 경우 ELB와 인버터 사이의 교류구간에서 지락사고가 발생하면 지락사고가 발생한 곳에서 누설된 전류는 교류이므로 ELB에 내장되어 있는 지락전류검출센서가 교류지락전류를 검출하여 ELB가 동작하고 차단됩니다.



[그림 2] ELB의 직류성분 차단 시 오류 발생원리

하지만 인버터와 직류를 사용하는 부하 사이의 직류구간에서 지락사고가 발생하면 지락사고가 발생한 곳에서 누설된 전류는 직류 또는 맥류<sup>2)</sup>이므로 ELB에 내장되어 있는 교류전용 지락전류 검출센서는 누설된 직류 전류로 인해 포화되기 때문에 ELB가 작동하지 않게 됩니다. 즉 ELB는 교류지락전류에만 동작합니다.

반면 지락전류검출센서를 장착한다면 ‘플렉스게이트’로 직류성분, 교류성분, 맥류성분을 모두 검출할 수 있습니다. 이러한 ‘플렉스게이트’가 내장된 차단기를 B형 RCD(Residual Current Protective Device)라고 합니다. B형 RCD는 한 개의 차단기로 직류지락사고와 교류지락사고를 모두 예방할 수 있습니다. 따라서 전원변환장치가 있는 장소 및 사업장에서는 기존의 ELB로는 감전보호가 되지 않기 때문에 B형 RCD가 필수입니다.

## 쏫인터뷰



산업안전보건연구원  
산업안전연구실  
변정환 연구위원

산업현장에서 직류 또는 맥류 성분 누설전류를 효과적·능동적으로 통제 하여 감전 및 화재 사고 예방에 기여하게 될 것입니다. 또한 기존 누전차단기인 ELB의 노이즈에 의한 불필요한 동작을 줄일 수 있기 때문에 생산중단 또는 기계설비 정지에 따른 유지보수 작업을 최소화하여 끼임 등의 산업재해를 특히 예방할 수 있을 것으로 기대합니다. 지락차단장치 RCD로의 대체를 통해 산업현장의 생산성 증대와 재해예방 효과가 확산되기를 바랍니다.

2) 맥류: 교류와 직류가 혼합된 성분의 전류

# MEMO



ISSN 2799-6166

독자 의견 설문조사



원고 모집 안내



**표지**

사용 후 고지(재생지)  
30%를 함유한  
인스퍼에코 222g/㎡

**내지**

사용 후 고지(재생지)  
30%를 함유한  
인스퍼에코 112g/㎡

환경보호를 위해  
친환경용지를  
사용하였습니다.

