Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 24, No. 3 pp. 423-429, 2023

https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.3.423
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

# 대형 화학공장 고소 작업시 수평 생명줄 처짐에 따른 떨어짐 여유거리에 관한 연구

**김상현, 조규선***
**호서대학교 안전행정공학과**

# A study on the drop allowance distance according to the sagging of the horizontal lifeline during high-altitude work in a large chemical plant

Sang-Hyun Kim, Guy-Sun Cho*
Department of Safety and Public Administration, Hoseo University

**요 약** 산업안전보건법 전면개정 및 중대재해 감축 로드맵 발표 등 정부의 지속적인 중대재해 감축 노력에도 산업재해 사망사고는 줄지 않고 있다. 그중에서도 떨어짐 사고가 전체 42.4 %로 여전히 가장 높은 비율로 발생하고 있는 실정이며, 대형 화학공장과 같이 설비의 대형화로 고소작업이 빈번하게 발생되는 사업장에서 떨어짐 사고예방을 목적으로 수평 생명줄을 설치하여 작업을 시행한다. 이러한 고소작업 시 사용하는 수평 생명줄을 조사한 결과 처짐이 발생할 수밖에 없는 와이어로프와 합성섬유 로프 등을 수평 생명줄로 사용하고 있었으며, 그 규격 또한 각기 다른 것으로 조사되어, 사용하고 있는 로프의 종류와 규격, 인장강도 분석을 통하여 로프의 처짐을 분석하였다. 이에 따라, 고소작업 시 로프를 사용할 경우 처짐이 발생하므로, 사고예방을 위해서는 적정한 수평 생명줄의 선정과 로프의 처짐에 따른 떨어짐 여유거리를 확보하여 설치하는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 적정한 로프의 사용으로 처짐을 최소화하고, 로프의 처짐에 따른 떨어짐 여유거리를 고려하여 떨어짐 사고 예방에 기여 하고자 한다.

**Abstract** The government is making continuous efforts to reduce serious disasters, such as the revision of the Occupational Safety and Health Act and the announcement of a roadmap for reducing serious disasters. However, deaths from industrial accidents have not decreased. Falls are still occurring at the highest rate of 42.4%, even though horizontal lifelines are installed to prevent falling accidents at workplaces where high-altitude work occurs frequently due to the large size of facilities such as large chemical plants. Horizontal lifelines used in these high-altitude operations were examined. Wire ropes and synthetic fiber ropes were used as horizontal lifelines, and their specifications were found to be different. Accordingly, it is very important to select an appropriate horizontal lifeline and secure a distance to fall due to the deflection of the rope to prevent accidents because of the sagging of the rope. The aim of this study was to minimize sagging by using appropriate ropes and to contribute to preventing falls by considering the margin of falling due to sagging of the ropes.

**Keywords :** Horizontal Lifeline, Fall Accident, Clearance Distance, Fixed Safety Points, Lanyard Length

본 논문은 환경부 "화학물질 안전관리 전문인력 양성사업"의 지원을 받아 수행하였으며 이에 깊은 감사를 드립니다.
*Corresponding Author : Guy-Sun Cho(Hoseo Univ.)
email: cho1395@hoseo.edu
Received January 30, 2023 Revised March 2, 2023
Accepted March 3, 2023 Published March 31, 2023

# 1. 서론

## 1.1 연구 배경 및 목적

정부는 2021년 1월 27일 중대재해 처벌 등에 관한 법률 시행으로 중대재해 예방에 대한 강력한 의지를 보이고 있고, 실질적인 사망사고 감소를 위해 산재 사망사고 감소 대책(관계 부처 합동, 2021) 발표와 최근에는 중대재해 감축 로드맵(관계부처 합동, 2022)을 발표하여 사망사고를 줄이기 위한 노력은 그 어느 때보다도 강력하게 이루어지고 있다.

그럼에도 산업재해 발생 현황은 크게 줄어들지 않고 있는 것이 현실이다. 2021년 산업재해 발생 현황(고용노동부, 2021)[1]을 보면 2021년 재해자는 2020년 대비 14,334명(13.23 %)이 증가하였다.

또한, 2021년 전체 재해자 122,713명 중 떨어짐 14,775명(12.04 %)이며, 건설업종에서는 전체 요양 재해자 29,943명 중 떨어짐 재해가 8,225명(27.47 %)이며 제조업종에서는 전체 재해자 31,709명 중 떨어짐 재해자가 2,289명(7.21 %)로 여전히 떨어짐 재해자 수가 많은 것으로 나타났다.

따라서 본 연구의 목표는 대형 화학공장과 같이 고소작업이 빈번히 일어나는 현장에서의 떨어짐 재해예방을 위하여 국내 문헌 및 제도/규정 분석을 시행하였으며, 국내에서 생명줄 용도로 주로 사용되고 있는 합성 섬유로프 조사를 바탕으로 떨어짐 재해예방을 위한 떨어짐 여유거리를 분석하여 적정한 생명줄 체결을 위한 방법을 제시하고 법규 개선을 통하여 떨어짐 재해 예방과 사고감소를 목표로 한다.

## 1.2 연구 방법

본 연구는 산업재해 사망자 중 가장 비율이 높은 떨어짐 재해현황을 분석하였고, 설비의 대형화로 보수 작업 시 고소작업이 빈번히 발생하는 대형화학공장과 고소작업을 주로 진행하고 있는 철골 설치 공사 현장을 대상으로 다음과 같이 연구하였다.

현장에서 사용하고 있는 수평 생명줄의 종류 및 규격을 조사하였고, 각 현장별 수평 생명줄의 설치 거리를 조사하였다. 그리고 수평 생명줄로 주로 사용하고 있는 합성 섬유로프를 대상으로 로프의 규격별 인장강도를 분석하였다. 로프의 처짐을 분석하기 위하여 와이어로프와 합성섬유 로프의 처짐 발생 현황을 분석하였다. 또한, 국내 법규 분석을 통해 로프와 관련된 규정을 비교·분석하였다.

산업재해의 많은 부분을 차지하고 있는 떨어짐 재해를 대상으로 떨어짐 예방을 위한 수평 생명줄 설치 시 올바른 사용방법을 제시하여 대형 화학공장과 같이 고소작업이 빈번히 발생하는 현장의 떨어짐 사고예방에 기여하고자 하였다.

이를 위한 연구 방법은 Fig. 1과 같다.

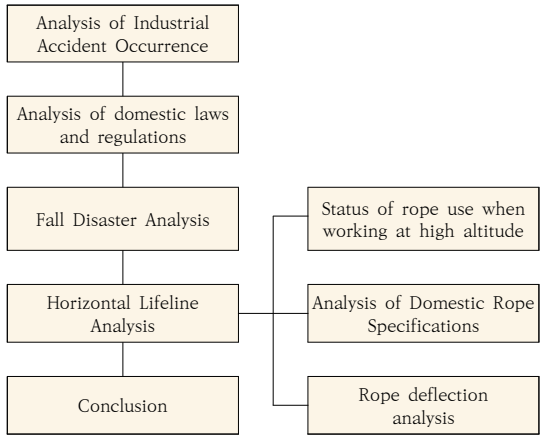


Fig. 1. Research method and procedure

# 2. 이론적 배경

## 2.1 선행연구

떨어짐 재해와 관련된 선행연구들은 대부분 떨어짐 재해의 원인 분석, 추락 및 낙하물 방지망 등의 안전시설 실태 분석과 해외 선진국과의 법령 비교에 집중되었다. 신운철 외(2014)는 최근 5년간 떨어짐 재해 분석을 통하여 건설업에서 떨어짐의 사망재해 원인을 분석하였고[2], 김경환(2020)은 추락 및 낙하물 방지망 안전관리 실태 분석을 통하여 고소작업자 추락재해 저감을 위한 안전관리 방안에 관한 고찰을[3], 오준석(2021)은 국내 건설 현장 추락재해 예방을 위한 해외 선진국 법령 비교 연구를 하였다[4]. 한편 최근에는 김성은(2020)이 스마트 안전기술 도입이 건축공사 위치별 떨어짐 사망재해 저감에 미치는 영향에 관한 연구를 하였고[5], 정진우(2021)는 외벽 작업을 중심으로 한 고소 로프작업 추락사고 방지방안에 관한 연구를 진행하였으며[6], 임형철(2019)은 건축공사 달비계 사용 실태조사를 통한 사고 저감 방안 연구[7], 김도수[2019]는 건설 현장 추락재해의 발생 빈도에 따른 위험요인 연구를 하였고[8], 김상현[2022]은 최하사점을 고려한 안전대 고정점 선정에 대한 연구를

하였다[9]. 이렇듯, 선행연구에서는 주로 고소작업과 관련된 재해의 원인 분석과 관리적 대책, 신기술 도입과 관련된 연구가 이루어졌으며, 고소작업 시 수평 생명줄과 관련된 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 최하사점에서 제시하고 있는 안전대 고정점 높이에서 떨어짐 사고 발생 시 수평 생명줄의 처짐 길이의 중요성을 연구하였다.

## 2.2 수평 안전대 소요길이

수평 안전대란 부착설비에서 고정점과 고정점 사이를 수평으로 연결하여 설치하는 안전대 부착설비를 의미한다. 또한, 한 줄의 지지 로프에는 작업자 1인이 사용하여야 하므로 한 명의 근로자 추락만을 고려하여 계산하는 것을 간단한 수평 안전대 부착설비라 한다.

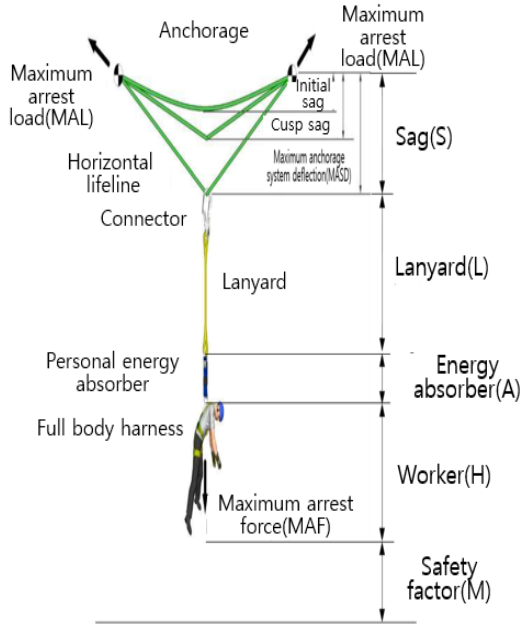


Fig. 2. Length required for horizontal safety belt attachment equipment[10]

Fig. 2에서 간단한 수평 안전대 부착설비의 소요 길이를 계산해 보면, 수평 안전대 소요길이(D)는 수평 와이어 로프의 처짐 길이(S), 안전대 죔줄의 길이(L), 안전대 충격흡수장치길이(A) D링에서부터 근로자 발까지의 키(H), 안전거리(M)을 모두 포함한 길이를 말한다. 즉, 처짐이 없는 고정된 고정점을 기준으로 하는 최하사점 이론에서 고정점이 로프로 이루어진 처짐을 고려한 것이다. 예를 들면, 안전대 죔줄의 길이가 2 m이고, 충격 흡수 장치의 거리가 1 m인 안전대 죔줄을 사용한다면, D링에서 작업자 발까지의 거리를 1.5 m로 가정하고 추락 여유 공간을 50 cm로 했을 때 안전대 고정점의 최소 높이는 5 m가 되지만 고정점을 로프로 사용했을 경우에는 5 m에 로프에 처짐 길이(S) 만큼 추가로 고려하여야 하는 것이다.

## 2.3 국내 기준 및 법규 분석

안전대 착용 관련 법규로는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제44조(안전대의 부착 설비 등)에서 추락할 위험이 있는 높이 2 m 이상의 장소에서 근로자에게 안전대를 착용시킨 경우 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 한다. 이러한 안전대 부착설비로 지지로프 등을 설치하는 경우에는 처지거나 풀리는 것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다고 규정되어 있지만 처지거나 풀리는 것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다고 되어 있을 뿐 지지로프의 종류와 강도에 관련해서는 명시하고 있지 않다. 또한, 추락재해 방지 표준 안전 작업지침(2020)[11]과 KOSHA GUIDE (C-49-2012) 안전대 사용지침[12]에서는 합성섬유 로프를 지지 로프로 사용하는 경우 추락 저지 시 아래 부분의 장애물에 접촉되지 않도록 사용하여야 한다고 제시하고 있으며, 또한 한 줄의 지지 로프를 이용하는 작업자의 수는 1인으로 하여야 한다고 명시하고 있다. 다만 KOSHA GUIDE C-33-2022 작업 의자형 달비계 안전 작업 지침에서 P.P 또는 P.E 로프를 사용하는 경우 구명줄 로프는 16 mm 이상을 사용하며, 최소 22.9 kN (2,340 kgf)의 강도를 가져야 한다고 되어 있다[13]. 따라서, 국내에서는 상기 지침의 기준을 적용하여 각자 제조사별 시험 성적서를 바탕으로 2,340 kgf 제품을 사용하고 있다.

# 3. 떨어짐 재해 분석

## 3.1 산업재해 발생 현황

고용노동부에서 발표한 최근 10년간 산업재해발생 현황은 Table 1과 같다.

Table 1에서 2012년부터 2021년까지 10년간 재해자의 변화 추이에 따르면 2012년을 기준연도로 하여 근로자 수를 100으로 할 때 2021년도 근로자는 125, 재해자는 133으로, 전년에 비하여 재해자수, 근로자수가 증가하였다.

Table 1. Status of the number of casualties by year

| Classifications | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Number of workers | 15,548,423 | 15,449,228 | 17,062,308 | 17,968,931 | 18,431,716 | 18,560,142 | 19,073,438 | 18,725,160 | 18,974,513 | 19,378,565 |
| The number of victims | 92,256 | 91,824 | 90,909 | 90,129 | 90,656 | 89,848 | 102,305 | 109,242 | 108,379 | 122,713 |

Table 2. Status of death accidents by year

| Classifications | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Number of workers | 15,548,423 | 15,449,228 | 17,062,308 | 17,968,931 | 18,431,716 | 18,560,142 | 19,073,438 | 18,725,160 | 18,974,513 | 19,378,565 |
| The death toll | 1,864 | 1,929 | 1,850 | 1,810 | 1,777 | 1,957 | 2,142 | 2,020 | 2,062 | 2,080 |

Table 2에서 연도별 사망재해 발생 현황에 따르면, 2021년 사망 재해자는 2,080명이며 이 중에서 업무상 사망자 수는 828명, 업무상 질병 사망자 수는 1,252명으로 나타났다.

### 3.2 떨어짐 재해 관련 산업재해 현황

Fig. 3에서 재해유형별 분포로는 넘어짐이 23,957명(23.42 %)으로 가장 많고, 떨어짐 14,775명(14.45 %), 끼임 13,668명(13.36 %), 절단·베임·찔림 11,085명(10.84 %) 등의 순으로 나타났다.

Fig. 4는 2021년에 발생한 14,775명의 떨어짐 재해자 중 제조업에서 2,289명(15 %)이고 건설업에서 8,225명(56 %), 기타 업종에서 4,261명(29 %)로 제조업과 건설업에서 전체 떨어짐 재해의 71 %를 차지하고 있다.

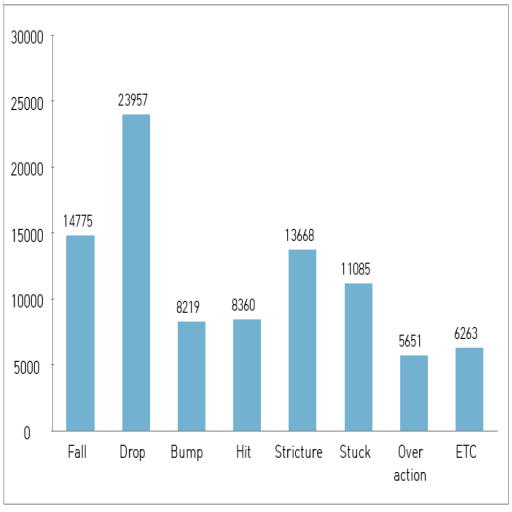


Fig. 3. Number of disaster victims by disaster type

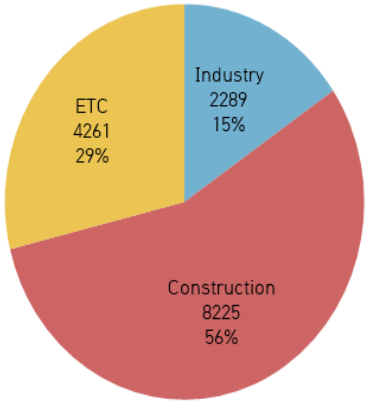


Fig. 4. Status of falling accidents by industry

2022년 9월말 산업재해 발생현황을 보면 사고 재해자수는 79,040명이며 사고 사망자수는 632명으로 전년동기 대비 사고 재해자수는 3,208명(4.2 %)증가, 사고 사망자는 46명(6.8 %) 감소하였다[15]. 사고 사망자 중 가장 많은 재해유형으로는 떨어짐이 전체 37.5 %(237명)였으며 다음으로 부딪힘 11.2 %(71명), 끼임 10.3 %(65명) 순으로 많이 발생하였다.

## 4. 수평 생명줄 분석

### 4.1 고소작업 시 로프 사용 현황

대형 화학공장과 같이 설비가 대형화된 작업장에서는 설비의 유지보수를 위한 고소작업이 불가피하다. 뿐만아니라, 화학설비의 신·증설 및 건축 구조물의 신설공사에서 또한 불가피하게 고소작업이 이루어진다.

이러한 고소작업에서 사용되는 안전조치로는 수직승강용 트랩, 낙하물 방지망, 추락 방지망, 고소작업 발판, 수직 구명줄 및 수평 구명줄이 있으나 개인보호구로는 안전대가 유일하다고 볼 수 있다. 즉, 근로자를 떨어짐으로부터 직접적으로 지켜줄 수 있는 것은 안전대이며, 이러한 안전대를 어떠한 고정점에 연결하여 작업하는지가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 그래서 국내 대형 화학공장 및 철골설치 작업 등이 있는 작업현장 5곳을 대상으로 수평 생명줄 설치 시 사용되는 로프의 종류를 Table 3과 같이 분석하였다.

Table 3. Use of horizontal lifeline

| Classifications | Type of rope | Specification (mm) | Length (m) |
|---|---|---|---|
| A Site | Polyethylene (Tiger) | 16 | 4 ~ 8 |
| B Site | Polyethylene (Tiger) | 16 | 5 ~ 6 |
| C Site | Wire Rope | 10 | 4 ~ 10 |
| D Site | Polypropylene | 16 | 3 ~ 5 |
| E Site | Polyethylene (Tiger) | 14 | 5 ~ 8 |

Table 3을 보면 조사대상 5곳 중 와이어로프와 P.P 로프라 불려지는 Polypropylene 로프를 사용하는 곳은 각각 1곳이였고, 그 외 3곳은 P.E(Polyethylene) 로프에 시인성을 높이기 위하여 착색한 일명 타이거 로프를 사용하고 있는 것으로 확인되었다. 또한, 규격별로 살펴보면 와이어로프는 10 mm를 사용하고 있었으며, P.P 로프와 P.E 로프는 16 mm를 대부분이 사용하고 있었다. 그러나, P.E 로프를 사용하는 1곳에서는 14 mm를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

## 4.2 국내 로프 규격 분석

국내에서 수평 생명줄로 사용하고 있는 로프의 종류는 와이어로프와 P.P 로프, P.E 로프로 3종류의 로프가 주로 사용된다. 그 중 합성섬유 로프인 P.P 로프와 P.E 로프의 규격별 인장강도를 살펴보면 Table 4와 같다.

Table 4를 보면 P.P 로프의 경우 14 mm의 인장강도가 2.40 ton이며, 16 mm의 경우 3.00 ton이다. 그러나 P.E 로프의 경우 14 mm의 인장강도는 1.80 ton이며, 16 mm의 경우 2.20 ton에 불과 한 것을 알 수 있다. 따라서 작업지침에서 제시하고 있는 2,340 kgf 이상의 기준을 만족하려면 P.P 로프는 14 mm 이상 P.E 로프는 18 mm 이상을 사용하여야 한다. 그러나 국내 많은 작업현장에서는 안전로프 또는 타이거 로프라고 부르고 있는 P.E 로프 16 mm를 사용하고 있고, 인장강도가 현저히 낮은 14 mm의 P.E 로프도 사용하는 것으로 나타났다.

Table 4. Tensile strength of synthetic fiber rope by specification[14]

| DIA | Polypropylene (P.P) | | Polyethylene (P.E) | |
|---|---|---|---|---|
| | Weight (kg/200m) | Tensile Strength (ton) | Weight (kg/200m) | Tensile Strength (ton) |
| 12 mm | 13.9 | 1.80 | 15.0 | 1.20 |
| 14 mm | 18.8 | 2.40 | 19.0 | 1.80 |
| 16 mm | 24.2 | 3.00 | 25.0 | 2.20 |
| 18 mm | 30.8 | 3.80 | 32.0 | 3.00 |
| 20 mm | 38.0 | 4.50 | 40.0 | 3.60 |

## 4.3 로프 처짐 분석

최하사점 이론에서는 안전대를 처지지 않는 고정점에 연결할 경우 최종 낙하 거리는 국내 일반적으로 유통되고 있는 죔줄 기본 길이 2 m와 충격흡수장치 길이 1 m, D링에서 발끝까지의 거리 약 1.5 m 떨어짐 여유거리 0.5 m를 계산했을 때 5 m의 높이가 필요하다. 그러나 안전대 고정점을 처짐이 발생할 수밖에 없는 와이어로프나 합성 섬유 로프로 지지한다면 기존에 최하사점 거리에서 로프의 처짐 길이를 더하여 계산해야 할 것이다.

따라서, 떨어짐 거리를 줄이려면 충격 흡수장치의 제거, 길이가 짧은 안전대 사용, 수평 생명줄의 프리텐션 강화 등 크게 3가지가 필요하다. 여기서 충격 흡수장지를 제거한다거나 길이가 짧은 안전대를 사용하는 것은 상대적으로 실행하기 쉬운 방법일 것이다. 그 효과는 국내 안전대를 기준으로 1 m 길이의 안전대를 사용하고 충격흡수 장치를 제거한다면 최종 떨어짐 거리는 2 m가 줄어들 것이다. 즉, 최하사점을 적용한다면 처짐이 없는 고정점에 안전대를 체결했을 경우 기존 5 m에서 3 m로 되는 효과가 발생하지만, 안전대 고정점을 처짐이 발생하는 로프에 연결했을 경우에는 그 효과마저 없어진다. 즉 수평 생명줄을 안전대 고정점으로 사용했을 경우, 로프의 처짐을 최소화해야 최종 떨어짐 거리를 줄이고 떨어짐 재해를 예방하는데 효과적이다.

산업안전보건공단의 산재 사망사고 반으로 줄이기 추진을 위한 국외 출장 보고서 내용을 보면 Fall Protection for the Construction Industry 세미나에서 와이어로

프를 사용한 수평 생명줄에 안전대 고정점을 연결하여 떨어짐 실험을 한 결과 와이어로프에 프리텐션 2.2 kN을 부과하였을 경우, 총 떨어짐 높이는 5.7 m 였으며, 충격 흡수장치를 제거하였을 경우, 높이는 4.87 m, 안전대 길이 축소를 하였을 경우는 3.68 m이고 프리텐션 13.3 kN으로 강화하였을 경우 최종 떨어짐 높이는 3.20 m로 나타났다[16]. 여기서 와이어로프의 프리텐션 강화만으로도 0.48 m의 감소 효과를 본 것이다.

그러나, 앞에서 조사한 것과 같이 국내 대형 화학 공장이나 건설현장에서는 수평 생명줄로 와이어로프가 아닌 합성 섬유 로프를 많이 사용하고 있으며 섬유 로프의 특성상 프리텐션을 가할 수 없다.

와이어로프의 경우 설치 시 턴버클 등을 사용하여 프리텐션을 줄 수 있지만 섬유 로프의 경우는 긴장기 등의 도구를 사용하지 않고 고정점에서의 매듭으로 체결하기 때문에 프리텐션 줄 수가 없는 것이다. 만약 도구를 사용하여 프리텐션을 가한다고 하더라도 섬유 로프에 예리한 것이 닿으면 쉽게 파단되는 경우가 발생하여 더 위험한 경우가 발생하기 때문에 설치 시 처짐을 최소화하는 정도의 힘만으로 설치하고 있다.

따라서, 고소 작업 시 섬유로프를 이용하여 수평 생명줄을 설치할 경우, 섬유 로프의 처짐을 계산할 수는 없다. 다만 처짐을 최소화하기 위하여 설치 간격을 최소화하며, 설치 길이가 길어질 경우 중간에 지지대를 일정 간격 유지하여 설치하여야 할 것이다.

섬유로프를 최대한 처짐이 없도록 설치하더라도 도구를 사용하지 않고서는 섬유로프의 자체 무게 및 연신율에 의해서 일정부분 처짐이 발생할 수밖에 없다. 그러므로 최하사점의 기본 길이와 로프의 처짐을 고려한다면 상대적으로 낮은 높이의 고소 작업에는 수평 생명줄로 섬유 로프대신 와이어로프를 사용하는 것이 타당하다고 볼 수 있다.

## 5. 결론

국내 산업재해 발생 현황을 보면 업무상 사망사고 중 매년 40 % 이상이 떨어짐 재해이다. 이러한 떨어짐 재해를 예방하기 위한 방법 중 하나가 고소 작업 시 떨어짐 여유거리를 고려하여 올바른 안전대 고정점을 확보하는 것이다.

대형 화학공장과 같이 고소작업이 빈번히 발생하는 작업장에서는 반듯이 최하사점을 고려한 고정점을 확보하여야 할 것이며, 수평 생명줄을 설치하여야 하는 장소에는 수평 생명줄의 처짐 또한 고려하여야 한다.

그러나, 국내 규정에서는 수평 생명줄에 대한 규정은 섬유로프에 인장강도 규정만이 존재할 뿐 어디에도 수평 생명줄에 대한 규격이나 재질에 대한 규정을 하고 있지 않고 있으며, 작업현장에서 또한 기준의 부재로 인하여 사용하는 로프의 종류 또한 다양하고 심지어 기준 인장강도 2,340 kgf 보다 낮은 인장 강도의 로프를 사용하기도 한다.

따라서 수평 생명줄 설치 시에는 가급적 섬유 로프가 아닌 높은 인장강도의 와이어로프를 사용하고, 강한 프리텐션을 확보하여 떨어짐 높이를 줄이는 것을 제안한다. 또한, 상대적 낮은 높이의 고소 작업 시에는 가능한 짧은 길이의 안전대를 사용하여야 하며, 안전대 고정점은 최대한 처짐이 발생하지 않도록 하여야 한다.

이상의 결과를 바탕으로 안전대 고정을 섬유로프 재질의 수평 생명줄을 사용할 경우, 섬유 로프의 재질과 규격 그리고 프리텐션의 강도 등을 법률로 규정하여 떨어짐 사고 발생 시 떨어짐 유효거리를 최소화 한다면, 전체 산업현장에서 떨어짐으로 인한 산업재해가 크게 감소할 것으로 기대한다.

다만, 본 연구에서는 섬유로프의 처짐에 대한 거리를 직접 산정하여 고려하지 못하였으므로, 후속 연구에서는 섬유로프에 처짐 거리를 산정하여 추락 여유높이에 대한 연구가 진행되어야 하겠다.

## References

[1] Korea Occupational Safety & Health Agency, “2021 Industrial Accident Status Analysis”, pp. 9-13, Dec. 2021. https://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do?mode=view&articleNo=437672&article.offset=0&articleLimit=10

[2] W. Shim, S.C. Jeong, R. N. Lee, “A study on the causal analysis of death accidents by the falls in the construction sites”, *J. Korea Saf. Manag. Sci.* Vol. 16 No. 4, pp. 63-69, Dec. 2014. DOI: https://doi.org/10.12812/ksms.2014.16.4.63

[3] K. H. Kim, *Review of the Plan od Safety Management for Reduce Fall Accidents of Aerial Workers,* Master’s thesis, Kyung Hee University. http://www.riss.kr/link?id=T15536233

[4] J.S.O, *A Comparative Study on Act of Developed Countries for the Prevention of Fall Accidents in Domestic Construction Site*, Master’s thesis, Ul San University. http://oak.ulsan.ac.kr/handle/2021.oak/5648

[5] S.E.Kim, *A Study on the Effects of Smart Safety Technology on the Reduction of Falling Death Disasters by Location of Building Construction*, Ph.D dissertation, Kyong Gi University. http://www.riss.kr/link?id=T15914137

[6] J.W.Jung, "A Study on the Prevention Plan of Fall Accident in High-level Rope Work", *Labor Law Forum , (34),* pp.293-313, Nov. 2021. DOI: http://doi.org/10.46329/LLF.2021.11.34.293

[7] H. C. Lim, D. H. Lee, S. C. Jeong, "A Study on the Accident Reduction Method through Survey of Hanging Scaffolding Use in Building Construction", *Korea Academy Industrial Cooperation Society*. Vol. 9, pp. 121-126, Sep. 2019. DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.121

[8] D. S. Kim, Y. S. Shim, "A Study on the Risk Factors according to the Frequency of Falling Accidents in Construction Sites", *Journal of the Korea Institute of Building Construction* Vol.19 No.2 , pp. 185-192, Sep. 2019. DOI: https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.2.185

[9] S. H. Kim, Y. H. Han, M. S. Lee, G. S. Cho, "A study on the selection of fixed safety points considering the lowest clearance distance", *Journal of the Korea Academia Industrial cooperation Society* Vol.23 No.5, pp. 533-539, 2022. DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.5.533

[10] Report on the results of overseas business trips to reduce the number of deaths in industrial accidents to hal, Korea Occupational Safety & Health Agency, pp. 13, 2018 From: https://www.kosha.or.kr/kosha/data/overseasBusinessTrip.do?mode=view&articleNo=327719&attachNo

[11] Standard Safety Work Guidelines for Fall Accident Prevention, 2020 From: https://www.law.go.kr/admRulInfoP.do?admRulSeq=2100000186039

[12] Korea Occupational Safety & Health Agency, "Guidelines for using seat belts(KOSHA Guide C-49-2012)", pp. 8-9, 2012 From: https://www.kosha.or.kr/kosha/data/guidanceC.do

[13] Korea Occupational Safety & Health Agency, "Guidelines for using seat belts(KOSHA Guide C-33-2022)", pp. 6, 2022 From: https://www.kosha.or.kr/kosha/data/guidanceC.do

[14] Weight and Tensile Strength of Korean Rope Web Site General Robes [Internet]. [cited 2023 Jan 13], Available From: http://www.korearope.com/bbs/board.php?bo_table=0201 (accessed Jan. 23, 2023)

[15] Korea Occupational Safety & Health Agency, "Status of industrial accidents at the end of September 2022.", pp. 1-12, Nov. 2022. https://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do?mode=view&articleNo=437514&article.offset=0&articleLimit=10

[16] Report on the results of overseas business trips to reduce the number of deaths in industrial accidents to hal, Korea Occupational Safety & Health Agency, pp. 18, 2018 From: https://www.kosha.or.kr/kosha/data/overseasBusinessTrip.do?mode=view&articleNo=327719&attachNo

김 상 현(Sang-Hyun Kim) [정회원]

- 2003년 2월 ~ 2019년 8월 : 쌍용건설(주) 안전팀장
- 2019년 8월 ~ 현재 : 한국가스공사 강원지역본부
- 2023년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 대학원 안전행정공학과 (박사과정)

〈관심분야〉
건설안전, 위험성평가, 안전보건경영시스템, 안전문화

조 규 선(Guy-Sun Cho) [정회원]

- 2020년 8월 : 숭실대학교 대학원 안전보건융합공학과 (공학박사)
- 1992년 1월 ~ 2018년 2월 : 한국산업안전보건공단 부장
- 2018년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 안전행정공학과 교수

〈관심분야〉
공정안전, 안전보건경영시스템, 로봇안전, 위험성평가