

건설현장 달비계 추락재해 예방을 위한 사례분석 연구

임형철¹ · 이동현¹ · 정성춘*

¹창원대학교 건축공학과

Analysing Disaster Cases on Construction Sites to Prevent Falling Disaster of Hanging Scaffolding

Lim, HyoungChul¹, Kim, DaeYoung¹, Jeong, SeongChoon*

¹Department of Architectural Engineering, Changwon National University

Abstract : Thanks to various efforts to reduce disasters by the government and the Health and Safety Authority, disasters across industries and the construction industry show their reduction trend. However, the falling disasters in the construction industry have not decreased and increased on the contrary. Especially falling disaster caused by Hanging Scaffolding is the most critical disaster which shows low occurrence frequency but is directly connected to death of worker. The working environment for Hanging Scaffolding is poor in domestic construction site. In particular, the Hanging Scaffolding workers in small construction sites are not on the safety control and management by anyone for their works. They are driven to unsafe working condition with mostly uncertified facilities which are made by themselves. Therefore, this study is focused on searching falling disaster factors from the 242 disaster cases caused by Hanging Scaffolding Work in 15 years presented by KOSHA, and trying to provide suggestions for improvement. The improvement of the method of work requires facility improvement and work due to high accident rate caused by unsafe behavior. Analysis of the case of a disaster occurring over the past 15 years shows that no disaster occurred due to problems in the order of operations presented by KOSHA. However, it was found that many accidents resulted from death caused by safety belts not being installed or attached to ropes using safety belts without following the order of work. The most important aspect of improving the work method was the installation and wearing of lifeboats and safety belts.

Keywords : Falling Disaster, Hanging Scaffolding, Boatswain's Chair, Facilities Improvement, Fatality Disaster

1. 서론

1.1 연구의 목적 및 필요성

추락에 의한 재해는 국내뿐 아니라 해외에서도 예방과 절감을 위해 지속적인 관리가 필요한 중요 재해로 인식하고, 추락방지(Fall Protection)를 위한 가이드 및 메뉴얼을 제시하고 있다. 하지만 산업 전반에 걸친 추락재해는 꾸준히 발생되어 선제적 관리가 쉽지 않은 재해로 분류되어진다.

국내의 경우 정부와 안전보건공단의 재해저감 방안 추진으로 건설업을 포함한 산업 전반에 걸친 사망재해는 지속적

인 감소 추세를 보이고 있지만, 건설업에서의 추락 사망재해는 줄어들지 않고 있다¹⁾. 이중 달비계 작업과 관련한 추락 사망재해는 오히려 증가추세를 보이고 있어 이에 대한 대책이 필요한 시점이다. 달비계 추락 사망재해는 5년간의 통계자료 <Table 1>에서 알 수 있듯이 매년 평균 13명 정도가 발생되며, 고소작업이라는 특성 상 매년 발생빈도는 낮지만 사고결과가 거의 사망으로 직결된다는 측면에서 발생빈도 대비 재해강도는 매우 높은 특성을 가지고 있다.

하지만 달비계 작업은 재해강도가 매우 높은 재해 중 하나임에도 불구하고 국내에서는 달비계와 관련된 직접적인 선행연구는 거의 없으며, 일반적인 가설공사 비계 관련 연구에 일부 포함되거나 비계공사의 설치 및 운용 규정에 관

* Corresponding author: Jeong, Seongchoon, Occupational Safety Research Bureau, OSHIRI, Ulsan 44429, Korea
E-mail: j94024@kosha.or.kr
Received September 2, 2019; revised September 10, 2019
accepted September 16, 2019

1) 산업재해통계, 산업안전보건공단, <http://kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do?mode=list>

Table 1. The fatality disaster condition related to fall/hanging scaffolding on construction site

Year	Industry Fatality Disaster	Construction Fatality Disaster	Construction Fatality Disaster by Fall	Construction Fatality Disaster by Hanging Scaffold
2016	969	499	281	19
2015	955	437	257	15
2014	992	434	256	11
2013	1090	516	266	12
2012	1134	496	294	13
Average	1028	477	271	13
Average	1028	46.4%	56.8%	4.7%

* Source : Disaster Statistics (KOSHA, 2017)

한 연구에서 일부 언급되고 있을 뿐이다. 또한 달비계 작업은 설비 특성상 달비계 지지 로프 및 수직구명줄에 의지하여 재해에 취약한 상태로 작업을 수행하고 있어서, 안전보건공단에서는 달비계 작업과 관련한 다수의 안전성 강화방안들을 제시하였으나 관련 재해 감소는 미미한 실정으로 현재 산업현장에서는 실질적이고 근본적인 대책이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 국내 건설현장에서 달비계 작업 시 발생된 재해들의 사례분석을 통해 사망재해 주요 원인을 도출하여 그에 따른 개선방안을 제시함으로써 향후 작업자의 작업 안전성을 고려할 뿐 아니라 현장 적용이 가능한 달비계 개선모델 개발의 기초자료를 제공하는데 있다.

비록 본 연구의 대상이 다소 생소하고 협소하지만, 달비계 재해 사례분석을 통해 제시되어진 재해 주요 원인 및 개선방안은 현재까지의 선행연구에서는 제공되지 않은 기초자료라고 생각되어지며, 향후 달비계 관련 연구에 있어서 유용하게 활용되어질길 기대한다.

1.2 연구내용 및 방법

본 연구를 위해 국내외 달비계 관련 달비계 안전기준 및 법규를 분석하기 위한 선행연구 및 문헌조사를 수행함과 동시에 국내 산업현장의 달비계 관련 실태조사를 설문조사 및 인터뷰로 수행하였으나 본 논문에는 이에 대한 내용은 제외하고자 한다.

본 논문은 안전보건공단에서 최근 15년간 달비계와 관련하여 사망이 발생한 사고를 조사한 재해조사보고서 242건을 수집·분석하여 재해발생 주요 원인 및 개선방안을 제시하는 것을 연구내용으로 삼고자 한다. 본 연구의 내용 및 방법에 대한 세부내용은 다음의 <Fig. 1>과 같다.

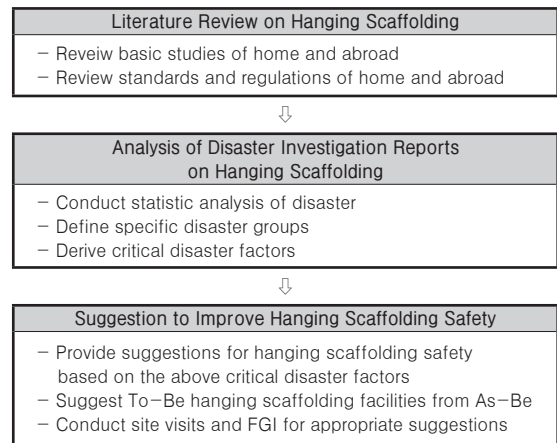


Fig. 1. Research flow chart

본 연구에서는 재해조사보고서 분석을 위해 달비계 재해 분류체계를 만들고 원인별 재해빈도를 파악하였으며, 최종적으로 재해 발생 주요 원인을 도출한 후 현장방문을 통한 실무자 인터뷰 및 전문가 간담회를 통한 작업자 안전을 위해 개선되어야 할 사항을 제시하고자 한다. 건설현장에서 사용되는 달비계는 두 가지 형태로 분류되어진다. 산업안전보건법 등 달비계 관련 기준에서 언급하는 달비계는 곤돌라 형식과 유사한 달비계(Hanging Scaffolding: 이하 달비계 H)와, 건축물 최상부 고정점에 로프를 체결하고 좌대를 부착하여 사용하는 달비계(Boatswain's Chair: 이하 달비계 B)가 있다. 본 연구에서는 이중 대다수의 사망재해 시 사용되었던 달비계(B)만을 연구대상으로 하였다.

2. 선행연구 및 문헌조사

2.1 달비계의 정의

달비계에 대한 정의는 안전보건공단에서 제공하는 달비계 안전작업지침(KOSHA GUIDE C-33-2016)에 구체적으로 언급되어져 있다.

2.1.1 달비계의 종류

건설현장에서 사용하는 달비계의 종류로는 곤돌라와 유사한 형식의 달비계(Hanging Scaffolding)와 일반 섬유로프에 좌대를 부착하여 사용하는 달비계(Boatswain's Chair) 등이 있다.

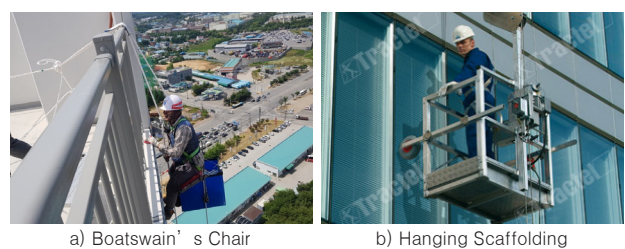


Fig. 2. Scaffolding types

이중 달비계(B)는 앉은 상태에서 작업자가 편리하게 작업할 수 있도록 설계된 것으로 매달린 섬유로프에 부착되어 지지되는 작업대를 말한다. 따라서 달비계의 구성요소를 보면 작업자가 앉을 수 있도록 제작된 작업대와 작업대를 매는 섬유로프 그리고 섬유로프를 지지 할 수 있는 청소용 고리 등 여러 형태의 고정점으로 구성되어 있다.

달비계(B)의 주요 구성요소로는 달비계 지지 섬유로프, 작업의자(좌대), 섬유로프 고정점(체결점)이고, 보조 구성요소로는 수직구명줄 섬유로프(안전대 걸이용 섬유로프), 안전대 등이다.

달비계(H)의 구성요소로는 달기 와이어로프 또는 달기 강선 및 달기 장대, 작업발판, 비계의 보 및 고정점 등이다.

달비계로 사용으로 인한 작업자의 추락 사고를 예방하기 위해서는 작업시작 전 달비계에 대하여 이상 유무를 점검하고, 안전대 및 수직구명줄을 설치하여 부착하여야 한다.

2.1.2 달비계 작업순서

달비계의 작업 순서를 보면 비교적 단순한 편이며 그와 같은 단순 작업과정이 지속적으로 반복되는 작업으로 작업 순서는 다음과 같다.

- ① 안전대 걸이용 로프 고정점에 묶기(매듭)
- ② 안전대 걸이용 로프 지상으로 내리기
- ③ 안전대를 안전대 걸이용 로프에 연결
- ④ 작업용 로프 고정점에 묶기(매듭)
- ⑤ 작업용 로프 지상으로 내리기
- ⑥ 작업용 로프에 고정철물 걸기
- ⑦ 고정철물에 작업대를 걸고 고정
- ⑧ 로프에 부착된 작업대를 외부로 거치
- ⑨ 작업대에 앉기 및 작업실시
- ⑩ 작업완료 후 달비계 이동설치

2.2 국내 문헌조사

달비계와 관련하여 직접적인 선행연구는 조사결과 거의 없는 것으로 보이며, 일반적인 가설공사 비계관련 연구에 일부 포함되거나 비계공사의 설치 및 운용 규정에 관한 연구에서 일부 언급되고 있다. 이 또한 수직구명줄의 필요성 제시와 추락 시 중대재해가 발생한다는 측면의 문제 제기 위주의 연구로 수행되었다(Choi, 2009). 달비계 관련 선행 연구 중 규정 및 가이드라인과 관련한 내용은 전반적인 가설시설물이나 비계전체에 대한 표준기준을 제시하고 있고, 달비계를 위한 별도의 기준이나 지침을 제시한 연구는 거의 없다(Seo, 2013).

달비계와 직접적인 관련이 있는 연구로는 세이프티월드 의 달비계관련 재해특성(산업안전보건연구원, 2015)이 수행된 것으로 조사되었다. 여기서 정리된 재해양상은 달비계

관련 중대재해가 공사종류별로는 아파트, 빌딩, 학교, 근린 생활 시설 및 공장 순으로 발생하였으며, 작업별로는 건축 도장, 방수 및 창호유리 공사 등으로 공사기간이 짧은 단기간 공사가 대부분이며 일부 보수 공사 등에서 발생되었다.

공사금액별 달비계 관련 중대재해는 공사금액 3억 원 미만 현장에서 많이 발생되었고, 직종별로는 외부 도장(일반 도장, 재 도장 및 보수도장 등)에서 가장 많이 발생하였고, 방수 및 창호 유리공, 건축공 순으로 발생함을 보여주고 있다. 공정율별 중대재해는 공정을 90%이상에서 가장 많이 발생하였으며, 공정을 70%이상에서 50건이 발생하여 전체의 50% 정도를 점유하고 있어 건축공사 중 마감공종에서의 달비계 관련 사고예방대책이 필요함을 나타내고 있다. 재해 발생 원인별 중대재해 현황에서는 주요 원인으로 섬유로프의 풀림, 섬유로프의 고정점의 결손, 섬유로프의 파단 순으로 발생하였으며, 기타 섬유로프의 길이 부족, 자재운반 중, 이동 중, 섬유로프의 회수 중 등의 원인으로 중대재해가 발생하는 것으로 나타났다. 달비계 섬유 로프의 고정점은 파라렛 링(앵커), 안전난간 구조물, 환기구 구조물, 피뢰침 구조물, 이동식 물통 등 순으로 고정점을 체결하고 있었으며, 기타 고정점으로는 옥상 조형 구조물, 이동식 비계, 횡 배관, 통기관 및 기타 옥상구조물 등에 체결하는 것으로 분석되었다. 이러한 분석을 통하여 달비계 관련 주요 중대재해 특성군을 제시하였으며 그 내용은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Specific disaster characteristic based on classification

Number	Classification	Specific disaster characteristic
1	Construction type	Apartment
2	Construction cost	less than 300millions
3	Percent completed	90% or more
4	Labor type	Paint worker
5	Behavior	under working
6	Cause	PP rope untied
7	Rope tied point	Anchor etc.
8	Vertical life rope etc.	not installation

3. 달비계 재해발생 사례분석

3.1 달비계 재해분류체계

본 연구에서는 최근 15년간 재해양상을 분석하였으며, 총 재해는 부상 36건과 사망 206건으로 242건이었다. 달비계 재해 원인의 정확한 특성을 파악하고 개선대책을 수립하기 위하여 재해발생유형의 분류체계를 작성하였으며, 먼저 대분류는 지지로프 풀림, 지지로프 파단, 지지로프 길이부족, 고정점결손, 불안정한 행동, 추락방지조치 미흡의 6개 체계로 구분하였다. 각각의 대분류에 대한 세부 요인을 26개

Table 3. Disaster categorization on Boatswain's chair

No	Large categorization	Small categorization
1	Support rope untied	1.1 Support rope untied
		1.2 Shackle loop untied
		1.3 ropes untied each other
2	Support rope fracture	2.1 Fracture by structure
		2.2 Usage frequency
		2.3 Uncertified rope
		2.4 Lack of thickness
		2.5 inappropriate pre-check (deterioration)
3	Lack of support rope length	3.1 No check for rope length
4	Rope tied point defect	4.1 Anchor(parapet ring)
		4.2 Parapet structure
		4.3 Ventilation structure
		4.4 Bracket structure
		4.5 Stair structure
		4.6 Roof structure
		4.7 Pipe
		4.8 Lightning rod
		4.9 the others
5	Inappropriate behavior	5.1 installing Boatswain's Chair
		5.2 Sitting down
		5.3 Working
		5.4 Descending
		5.5 Moving
6	Vertical life rope usage	6.1 No vertical life rope
		6.2 No connection between vertical life rope and safety belt
		6.3 Vertical life rope connected

의 소분류로 구분하였으며, 그 내용은 다음의 <Table 3>과 같다.

3.2 달비계 재해분석

앞에서 설명한 달비계 재해분류체계를 기준으로 하여 달비계 재해발생 주요 원인을 재해빈도로 분석하였다.

최근 15년간 재해내용을 대분류의 재해발생 원인에 대하여 분류한 결과, 재해원인은 크게 로프와 고정점문제로 나타났다. 이는 모두 수직구명줄이 설치되지 않거나 착용하지 않아서 생긴 경우이다. 이외 탑승, 이동, 작업, 하강 중에 불안정한 행동을 함으로써 발생한 재해가 전체의 30% 가까이 되나 이것 역시 수직 구명줄을 미설치 또는 미착용하여 생긴 문제로 보인다. 로프의 파단과 풀림이 전체 재해의 절반이 넘는 비율을 보이고 있어, 로프 매듭과 로프 고정, 로프 끊어짐에 대한 대책이 가장 중요한 재해 예방 사항임을 알 수 있으며, 고정점과 불안정한 행동 역시 중요한 재해 원인임을 알 수 있다.

로프에 의한 사고 중 지지로프 풀림으로 인한 사고 발생률이 다른 요인에 비하여 39%로 높게 나타났고 고정점 결손으로 인한 사고 발생률은 15%, 불안정한 행동에 의한 사고 발생률은 28%로 실질적으로 로프 풀림으로 인한 사고 발생이 다른 요인에 비해 다수인 것으로 파악되었다.

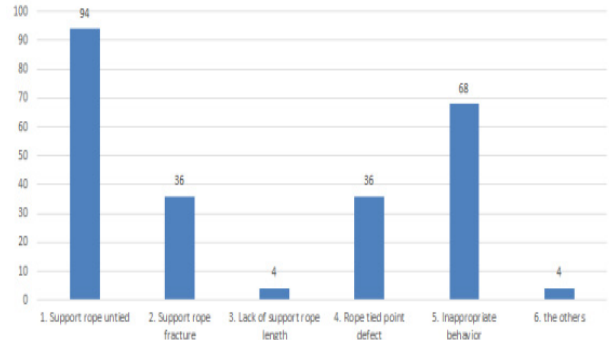


Fig. 3. Working process chart

Table 4. Current status of disaster occurrence by large categorization

Large categorization	Frequency	Percentile
1. Support rope untied	94	39%
2. Support rope fracture	36	15%
3. Lack of support rope length	4	2%
4. Rope tied point defect	36	15%
5. Inappropriate behavior	68	28%
6. the others	4	2%
Total	242	100%

3.2.1 지지로프 풀림 관련 재해분석

전체 재해의 39%를 차지하는 만큼 재해요인으로 가장 큰 부분이며 많은 복합요인이 작용하고 있다. 즉, 매듭의 부실 제작, 잘못된 매듭법, 풀기 쉬운 매듭법 등을 적용하여 생긴 사고로서, KOSHA Guide C-33-2016에서 제시하고 있는 매듭법에 대한 교육기회가 없었거나, 작업종료 후 매듭을 풀기 쉽게 하려는 매듭방법에 기인한다고 볼 수 있다.

지지로프 풀림은 근본적으로 잘못된 매듭방법을 적용하였거나 부실한 매듭 묶기가 원인인 경우가 대부분이다.

샤클매듭 풀림은 하강 시 제동력을 확보하기 위한 중요한 부분이며 이 부분이 원인이 되면 고정점 매듭풀림과 같은 정도의 재해를 보여주고 있다.

전체의 10% 정도가 샤클매듭 풀림에 의한 재해로 나타나고 있으며 대부분 부실한 샤클매듭이나 샤클볼트가 문제인 경우였다. 보통 고정용 메인 로프와 작업용 달기섬유로프의 결속부가 풀리거나 끊어져서 생기는 사고로서 전체사고의 2.5%, 로프 관련 사고의 6%정도로 나타나고 있다.

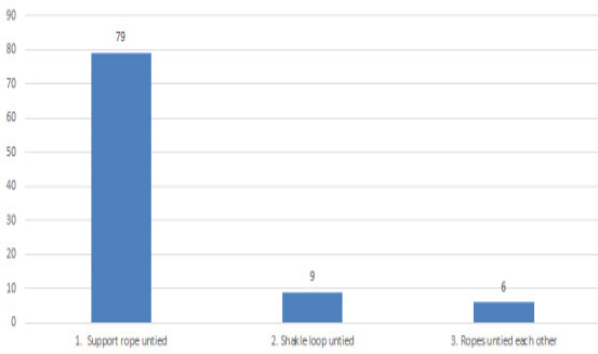


Fig. 4. Support rope untied

Table 5. Current status of disaster occurrence by support rope untied

Small categorization	Frequency	Percentile
1. Support rope untied	79	84%
2. Shackle loop untied	9	10%
3. Ropes untied each other	6	6%
Total	94	100%

3.2.2 지지로프 파단 관련 재해분석

지지로프 파단이 직접적 원인이 된 재해는 36건으로 전체의 15% 정도이다. 대부분 로프의 노후화와 미 인증 로프가 원인으로 사전점검을 통하여 사전에 방지할 수 있는 재해이다.

구조물 파단이 전체의 25%로서 파라펫이나 기타 지붕구조물에 의하여 마모 혹은 마찰에 의하여 파단되는 경우가

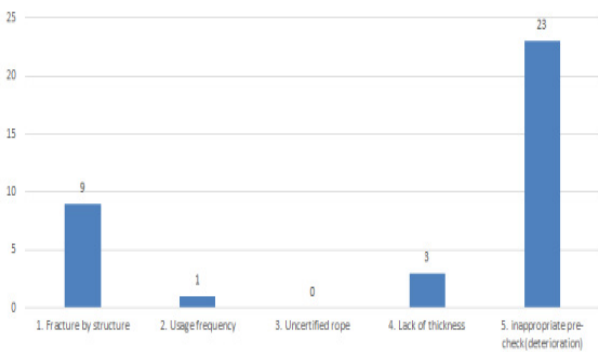


Fig. 5. Support rope fracture

Table 6. Current status of disaster occurrence by support rope fracture

Small categorization	Frequency	Percentile
1. Fracture by structure	9	25%
2. Usage frequency	1	3%
3. Uncertified rope	0	0%
4. Lack of thickness	3	8%
5. Inappropriate pre-check (deterioration)	23	64%
Total	36	100%

많으나, 마찰방지 패드나 로프의 점검과 수직구명줄 체결로 재해를 최소화 할 수 있다. 다만, 지지로프 사용횟수는 재해의 기준으로 보기 어려워서 대부분 사전점검미비를 원인으로 지정하였다. 이렇듯 재해의 기준으로 보기 어려우나 기준정립과 교육의 필요성을 위하여 요인으로 지정되었다.

미 인증 로프의 사용에 의한 재해는 8%로서 대부분 저층 구조물이나 에어컨설치, 전신주작업 등에서 사용된 경우이며 건축현장에서는 사용되지 않고 있다.

3.2.3 지지로프 길이 관련 재해분석

지지로프 길이부족으로 발생하는 재해는 대부분 건물 아래쪽에 안전관리 혹은 점검자가 없어 지상까지 충분히 로프가 도달하지 못한 것을 확인하지 못하고 작업을 수행하다 로프 끝단에서 샤펴이 로프에 고정되지 못하고 풀어지며 추락하는 경우이다. 전체 재해의 2%를 차지하는 상대적으로 재해빈도가 낮은 카테고리라고 판단되며, 작업 시작 전 필요한 로프길이의 확인을 통해 재해예방을 할 수 있다.

3.2.4 고정점 결손 관련 재해분석

고정점 결손에 의한 재해는 총 36건으로 15%정도 차지하고 있다. 본 통계는 고정점이 문제가 되어 사고가 난 사례이므로 파라펫링 보다는 난간, 브라켓, 계단, 옥상조형구조물, 배관 등의 원인이 골고루 분포되어 있다.

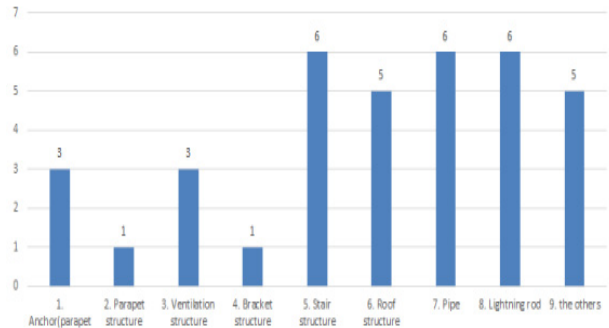


Fig. 6. Rope tied point defect

Table 7. Current status of disaster occurrence by rope tied point defect

Small categorization	Frequency	Percentile
1. Anchor (parapet ring)	3	8%
2. Parapet structure	3	8%
3. Ventilation structure	1	3%
4. Bracket structure	6	17%
5. Stair structure	5	14%
6. Roof structure	6	17%
7. Pipe	6	17%
8. Lightning rod	1	3%
9. the others	5	14%
Total	36	100

KOSHA Guide C-33-2016의 5.3 (2)에 의하면 ‘로프의 풀림에 대비하여 반드시 2개의 고정점을 이용하여 2중으로 결속하여야 한다.’로 되어 있으므로 사전에 잘 점검하고 2곳 이상에 고정하는 등의 안전조치가 필요한 부분이다.

특히, 파라펫 링의 경우 시공뿐 아니라 청소 및 유지보수를 위하여 설계를 통하여 달비계용으로 설치하였음에도 불구하고 작업자들의 신뢰도가 높지 않은 편이며 오히려 고정점으로 활용을 기피하는 경향도 있었다. 고정점 파단이나 결손으로 재해가 일어난 경우의 고정점은 골고루 파라펫 링이 가장 작고 브라켓, 계단, 배관, 옥상 조형물 등에 지지하여 사고가 난 것으로 조사되었다. 이는 파라펫 링이 없어서 다른 고정점 활용에 따라 재해가 일어난 경우도 있으나, 파라펫 링 혹은 옥상바닥고정점이 있는데도 다른 곳에 고정하여 재해가 일어난 경우도 있어서 근본적인 개선대책이 요구된다.

3.2.5 불안전 행동 관련 재해분석

불안전한 행동에 따른 재해발생 원인을 살펴보면 총 68건 중 달비계 안착 중 행동에서 43% 비율로 사고가 발생하였으며, 그 다음 작업 중, 하강 중 순으로 사고가 발생하였다.

안착 중 사고는 주로 10년 미만의 경력자에 비해 10년 이상의 경력자들의 재해발생빈도가 높은 것을 알 수 있다. 따라서 경력이 많을수록 수직구명줄의 착용 여부나 안전에 대한 과신에 따른 사고발생률이 높은 것으로 분석되었다.

이 외 달비계 설치작업 중이나 하강 중의 사고도 10% 가까이 발생하여 상대적으로 사고율이 낮은 작업단계에서도 사망사고가 발생할 수 있음을 보여주고 있다.

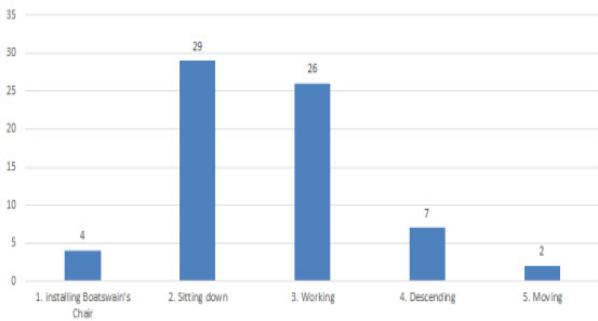


Fig. 7. Inappropriate Behavior

Table 8. Current status of disaster occurrence by inappropriate behavior

Small categorization	Frequency	Percentile
1. installing Boatswain's Chair	4	6%
2. Sitting down	29	43%
3. Working	26	38%
4. Descending	7	10%
5. Moving	2	3%
Total	68	100%

3.2.6 수직구명줄 관련 재해분석

앞에서 언급한 재해의 주요 원인인 로프의 매듭 풀림이나 파단 등과 같은 직접적 원인과 불안정한 행동이나 사전점검 부족 등의 작업 방법에 대한 원인 모두 수직구명줄을 했을 경우 재해발생을 최소화 할 수 있는 부분으로 나타났다.

통계상으로 재해사망 혹은 부상 모두 수직구명줄이 설치되어 있지 않거나 있어도 체결하지 않은 경우가 대부분이었으며, 체결되어 있음에도 재해가 발생한 4건의 경우도 페인트통과 같은 안전하지 않은 고정점을 사용한 것으로 판명되었다. 유지보수나 청소 등과 같은 작업을 포함하여 미설치된 곳이 전체의 74%로 나타났고, 설치되어 있음에도 미체결했거나 작업 상 불편으로 해제한 경우가 24%로 나타났다.

체결상태인 4건도 고정점 문제로 판명되어 수직구명줄이 제대로 작동하지 않은 경우는 대부분 재해가 발생되고 사망한 것으로 나타났다.

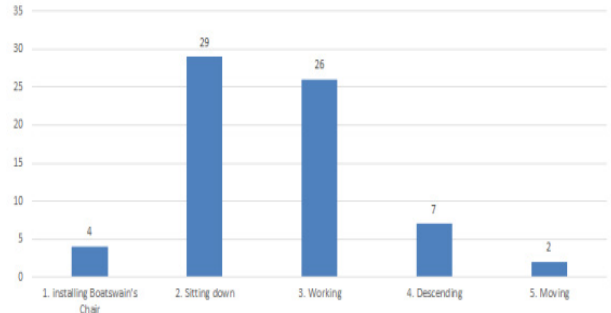


Fig. 8. Vertical life rope usage

Table 9. Current status of disaster occurrence by vertical life rope

Small categorization	Frequency	Percentile
1. No connection between vertical life rope and safety belt	59	24%
2. No vertical life rope	179	74%
3. Vertical life rope connected	4	2%
Total	242	100%

아울러, 재해현장에서 수직구명줄의 직경을 확인할 수 있는 경우는 총 11건이었으며, 12mm가 넘으면 수직구명줄의 직경이 직접적 원인인 파단 사고는 잘 일어나지 않고, 고정점 불량이나 체결불량에서 재해가 발생한 것으로 나타났다.

Table 10. Current status of vertical life rope diameter

Small categorization	Frequency	Percentile
12mm	1	9%
14mm	2	18%
15mm	1	9%
16mm	7	64%
Total	11	100%

건설현장에서 주로 사용되는 수직구명줄의 직경을 알아 보면 보통 작업 시 사용하는 수직구명줄의 규격은 12mm, 14mm, 15mm, 16mm 가 대다수였으며, 그 중에서도 16mm가 총 11건 중 64%로 현장에서 가장 많이 사용되고 있음을 알 수 있다.

4. 달비계 사례분석 결과 및 개선방안

달비계의 재해 발생유형을 분석하기 위하여 최근 15년간 재해 발생내용을 분류체계로 정리하여 면밀히 분석하였다.

전반적인 건설현장 사망재해를 살펴보면 3억원 미만의 공사 금액에 대하여 재해 발생률이 상대적으로 높았고, 재해자 경력별 분석에서는 10년 이상이 전체의 85%가 넘게 나왔다. 작업공종은 아파트공사의 도장공사에서 높게 나타났다. 로프 폴림재해와 로프 파단재해가 달비계 재해의 가장 큰 원인으로 나타났고 이에 대한 복합요인으로 불안전 행동(안착 중, 작업 중)이 원인이며 고정점 결손도 많은 부분 재해로 나타났다.

불안정한 행동에서는 안착 중과 작업 중에서 재해 발생이 많았고, 대부분의 재해는 로프 폴림, 로프 파단, 고정점 결손에서 발생하였고 불안정한 행동과 복합요인에 의하여 발생한 재해가 많게 도출되었다. 모든 사고는 수직구명줄을 규정에 맞게 착용하면 최소화 할 수 있는 것으로 나타났고 이는 재해발생 원인에서 가장 중요한 사항으로 나타났다.

이상과 같은 중대재해사례 분석 내용 중 설비개선 및 작업개선, 규정개선에 대해 반영할 사항을 도출하기 위하여 3차례의 건설현장 방문을 통해 달비계 작업자와의 인터뷰를 수행하고, 전문가 간담회를 수행하였다. 본 사례분석과 관련된 개선사항을 정리하면 다음과 같다.

- ① 로프 폴림 및 파단이 가장 큰 재해원인으로 도출된 만큼 이에 대한 매듭과 로프 내구성 관리에 대한 근본적 대책이 필요하다. 향후 달비계 작업 안전성 확보를 위하여 장기적으로 작업대 고정에 사용되는 로프를 해외의 달비계 설비에서 보듯 벨트로 대체하고, 로프 매듭의 폴림을 예방하기 위해 가능한 로프 매듭이 필요한 부위의 연결철물 사용이 필요하다.
- ② 고정점 결손은 안착 중이나 하강 중보다는 작업 중에 발생이 84%인 만큼 작업 초기에는 예상하지 못한 경우가 많이 발생할 수 있기 때문에 규정 및 가이드에서 권장하는 고정점에 대한 원칙을 철저히 준수하게 하는 대책이 요구된다. 발주자 기본안전보건대장 및 설계자 설계안전보건 대장 포함내용에 옥상층 파라펫 링(앵커) 등의 고정점 상세도를 명시하여 반드시 설치될 수 있도록 할 필요가 있다.

③ 불안정한 행동에 의한 재해는 작업과정 전반에서 나타나고 있으므로 이러한 행동을 제어할 수 있는 등반이나 등/앞부분 보호벨트를 달비계 설비에 추가로 설치하는 것이 고려되어진다. 달비계 작업대 안착 시 2인 1조로 작업을 수행하여 안착 시 심리적 공포감이나 신체 균형유지를 상호 도와줄 수 있도록 하는 것을 적극적으로 권장한다.

④ 대부분의 재해가 수직구명줄 설치 및 체결 시 저감될 수 있는 것으로 판단됨에 따라 이에 대한 관리자(감독자) 지정의 법률적 시행이 요구되어진다. 지속적인 안전교육을 통해 수직구명줄 착용에 대한 작업자들의 인식개선이 필요하다. 또한 KOSHA Guide에 ‘전체 작업순서에 걸쳐 상시 안전대 걸이용 로프를 부착하고 작업하여야 한다.’라는 기준을 명시할 필요가 있으나, 이는 권장사항으로 인식된다. 따라서 법령으로 명시하여 수직구명줄 착용을 완전히 의무화시킬 필요가 있다.

5. 결론

본 연구를 수행하면서 달비계 추락재해 예방을 위해 가장 근본적으로 개선되어야 할 문제점은 수직구명줄 미설치 및 미부착이다. 로프 폴림, 로프 파단, 고정점불량 등 다양한 재해발생 원인이 있지만, 15년간 사례들을 보더라도 사망에 이른 대다수의 재해들은 추락방지대(안전대+수직구명줄)를 설치하지 않았거나 안전대를 수직구명줄에 체결하지 않은 것으로 나타났다. 기본적인 추락방지대를 설치하여 작업을 수행한다면 사망재해율은 거의 70% 이상 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 달비계 재해율을 낮추기 위해서는 수직구명줄 및 안전대의 설치 및 상시 착용의 의무화, 이에 대한 필요성을 강조하는 현장관리자의 인식교육 그리고 발주자의 책무 규정 강화가 가장 중요하다.

재해발생 주요 원인이 로프 폴림이라는 것은 현재 작업자들이 사용하는 매듭법에 대한 신뢰성을 떨어뜨려 전면적인 매듭법에 대한 조사가 필요할 것으로 보인다.

따라서 KOSHA에서 권장하는 매듭법의 교육 강화, 새로운 매듭법의 제시 또는 매듭 대신 사용할 수 있는 고정철물의 개발이 필요하다.

로프 파단의 대책은 사전 점검의 강화에 있다. 하지만 대다수의 사전 점검이 육안에 의해 이루어진다는 측면에서, 로프의 파단을 정밀히 파악할 수 있는 신뢰성이 매우 낮다. 따라서 로프에 대한 사전점검 기준의 정립이 필요하다.

고정점의 경우, 로프 고정용 앵커의 설치 및 사용 의무화가 필요하다. 하지만 앵커의 시공 신뢰성에 대한 문제가 제기되어지고 있어, 앵커의 시공 상세도의 제시와 시공에 대

한 철저한 관리감독이 수반되어야 한다. 또한 충분한 앵커의 개수와 설치 위치에 대한 제시도 필요하다.

달비계 작업의 안전성 확보를 위한 달비계 설비 개선방안으로 작업대 고정에 사용되는 로프를 벨트로 대체하고, 로프 매듭의 풀림을 예방하기 위해 가능한 로프 매듭이 필요한 부위에 연결철물 사용을 제한하며, 작업대에서의 이탈을 방지하기 위한 등받이 및 앞부분 미끄럼방지벨트 설치 등을 시제품에 반영할 것을 제안한다.

또한 고정점 결손에 의한 재해와 로프 매듭 대신 연결철물을 대체 사용한다는 측면에서 대차형 곤돌라 또는 Counterweight를 활용한 장비 도입을 제안한다.

마지막으로 사망재해에 직결되는 달비계 작업의 설비개선은 작업자들의 안전을 보장한다는 측면에서 매우 중요한 사항이다. 하지만 국내의 달비계 작업업체들의 실정을 고려한다면 설비 개선사항들의 도입이 경제적으로 부담이 될 수 있는 사안임이 분명하다. 따라서 영세업체의 시스템비계 도입을 위한 클린사업과 같은 정부의 적극적인 재정지원이 수반되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 위탁연구용역 (계약번호:2018030B876-00) 결과의 일부임.

References

- Choi, S.J. (2009). "A Study on Developing Safety Facilities Standards on Temporary Work," KOSHA Research Report.
- Choi, S.J. (2009). "A Study on Developing Scaffold Installation Standards - Focused on Pipe Scaffold," KOSHA Research Report.
- Choi, S.J. (2009). "A Study on Developing Scaffold Workstation Installation Standards," KOSHA Research Report.
- KOSHA (2009). A Study on Developing Safety Model for Temporary Work - Focused on Scaffolding.
- KOSHA Guide C-33-2016 (2016). Safety Work Guideline for Hanging Scaffolding.
- Ministry of Employment and Labor Notice (2012). Temporary Work Guideline for Standard Work, 92.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2016). Temporary Work Standard Specification - Scaffolding and Workstation.
- Seo, K.D. (2013). "Improvement Scaffolding Safety Capacity by Analysing Case Study of Falling Disaster," MS Thesis, Kyung-Hee Univ.

요약 : 정부와 안전보건공단의 재해 절감을 위한 다양한 노력덕분에 산업과 건설업 전반에 걸쳐 재해 사고는 감소추세를 보이고 있다. 하지만 건설업에서의 추락재해는 감소하지 않고 오히려 증가하고 있다. 특히, 달비계에 의한 추락재해는 매년 발생빈도는 낮지만 발생 시 작업자의 사망과 직결한다는 측면에서 재해강도가 매우 크다고 할 수 있다. 국내 건설업에서의 달비계 작업환경은 매우 열악하다. 특히 소규모 건설현장에서의 달비계 작업자들은 안전에 대한 감독과 관리를 받을 수 있는 주체가 없다. 달비계 작업자들은 자신들이 직접 제작한 성능이 확인되지 않은 달비계를 가지고 불안정한 작업환경에 내몰리고 있다. 따라서 본 연구는 15년간 달비계에서 기인한 242건의 사고사례들을 분석하여 추락재해 발생 주요 원인 및 개선방안을 제시하였으며, 주요내용은 불안정한 행동에 의한 재해발생률이 높아서 작업대 안착 시, 안전난간을 넘어가는 과정, 몸의 불균형 등에서 사고가 많으며 설비개선 및 작업방법개선으로 해결이 요구된다. 또한, KOSHA Guide에서 제시하는 작업순서 상의 문제점으로 발생하는 재해는 없었으며, 다만 작업 순서를 따르지 않아 안전대를 안전대 걸이용 로프에 미설치 및 미부착에 의한 사망으로 이르는 재해가 다수 발생된 것으로 파악되어 작업방법의 개선에서 가장 중요한 사항은 수직구명줄 및 안전대의 설치 및 착용이 가장 중요한 사항으로 도출되었다.

키워드 : 추락재해, 달비계, Boatswain's Chair, 설비개선, 사망재해