

건설현장 추락사고 예방을 위한 사례 연구

최두호*

*경남대학교 건축학부

Case Study for Preventing Construction Site Fall Accidents

Choi, Du Ho*

¹School of Architecture, Kyungnam University

Abstract : Recently, the government has shown a decrease in disaster accidents throughout the industry and construction industry due to various efforts to reduce disasters. However, the fall accidents in the construction industry are not decreasing but increasing. In particular, the fall accident caused by scaffolding is low each year, but the disaster intensity is very high in that it directly leads to the death of workers. Scaffolding working environment in domestic construction industry is very poor. Moreover, scaffold workers in small construction sites are not subject to safety oversight and control. Therefore, this study is the installation and non-installation of the vertical lifeline, which is the most fundamental problem to be prevented during the study, to prevent the fall of the moon scaffold. In addition, it is hoped that it will be a solution for preventing accidents in construction site construction through the identification of various causes of disasters such as rope loosening, rope breaking, and fixed point failure.

Keywords : Safety Accidents, Fall accident, Boatswain's Chair, Facilities Improvement, Disaster prevention

1. 서론

1.1 연구의 목적 및 필요성

달비계는 주로 건설현장의 마감공정과 완공된 건물의 유지 보수나 청소, 부착 등을 위하여 활용되어, 사용빈도가 상대적으로 높지 않으나 대부분의 재해가 추락재해로서 일단 재해가 발생하면 사망사고에 이르게 되어 집중관리가 필요하다.

건설현장에서 사용되는 달비계는 두 가지 형태를 사용하고 있으나, 산업안전보건법 등 달비계 관련 기준에서 언급하는 달비계는 곤돌라 형식과 유사한 달비계(Hanging Scaffolding)와, 건축물 최상부 고정점에 와이어로프를 체결하고 이 와이어로프에 좌대를 부착하여 사용하는 달비계(Boatswain's Chair)가 있다.

그러나 산업안전보건법 등에서 명시하고 있는 달비계의 기준과 실제 건설현장에서 사용하는 달비계와 괴리가 있어서 많은 문제점을 내포하고 있으며, 특히, 달비계 와이어로

프의 규격, 재질과 고정점, 와이어로프의 체결방법 등 세부적인 기준이 없는 실정이다.

이러한 달비계는 사용 작업 특성상 달비계 지지와이어로프 및 구명줄에 의지하여 재해에 취약한 상태로 작업수행을 수행하고 있어서, 그동안 달비계 작업과 관련한 많은 안전성 강화 방안들이 제시되었으나 관련 산업재해 감소는 미미한 실정으로 현재 산업현장에서는 실질적이고 근본적인 대책이 요구된다. 따라서 국내 산업현장의 필요사항이 반영된 달비계 작업방법 및 설비 개선을 위한 실효성 있는 연구가 필요하다. 이를 달성하기 위해서 달비계의 현장사례를 조사하여 안전사고 및 재해예방을 위한 분석이 필요하다고 판단된다.

본 연구는 궁극적으로 작업 특성상 달비계 와이어로프 및 구명줄에만 의지하여 작업을 수행하며, 또한 고소작업으로 인하여 재해빈도는 낮으나 재해가 발생하면 거의 사망에 이르는 재해강도가 높은 달비계 작업의 재해예방을 위해 국내 실정에 맞는 작업방법 및 설비 개선방안을 제시하는 데 그 주된 목적이 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.

* Corresponding author: Choi, Du Ho, School of Architecture, Kyungnam University

E-mail: dhchoi@kyungnam.ac.kr

Received September 5, 2019; revised -

accepted October 7, 2019

1.2 연구내용 및 방법

본 연구를 수행하기 위해서 먼저, 국내 산업현장에서의 달비계 사용실태 조사를 위해 설문지 및 인터뷰를 실시하였다. 기본적인 사항으로는 법규에서 혼란을 초래하는 달비계 종류 (Hanging Scaffolding vs. Boatswain's Chair)에 따른 실질 사용 현황, 달비계 사용상의 문제점 및 개선방안, 달비계 작업방법, 관련 법규의 문제점 및 개선방안 등에 대한 질의를 실시하였다.

또한, 설문대상은 아파트 건설현장 외벽 도장공 또는 도장 업체를 선정하여 하였으며, 달비계의 주요사용자인 전문건설업체와 종합건설업체의 담당자 및 기술자를 중심으로 현장을 직접 방문하여 건설업체 현장소장, 실무자, 근로자를 대상으로 설문 및 면담을 실시하여 문제점과 개선방안에 대한 의견을 수렴하였다.

2. 달비계 구성요소 및 재해현황

2.1 달비계의 구성요소

달비계에 대한 정의는 안전보건공단에서 제공하는 달비계 안전작업지침(KOSHA GUIDE C-33-2016)에 구체적으로 언급되어져 있다. 건설현장에서 사용하는 달비계의 종류로는 곤돌라와 유사한 형식의 달비계(Hanging Scaffolding, H)와 일반 섬유로프에 좌대를 부착하여 사용하는 달비계(Boatswain's Chair, B) 등이 있다.

2.1.1 섬유로프

섬유·실 등을 다발로 땀거나 꼬아 길고 유연한 줄로 만든 것으로, 금속이나 합성 폴리머로 필라멘트 사를 뽑아내서 만든 섬유로프는 자연섬유로프보다 더 강하며 대부분 신축성도 훨씬 뛰어나다. 과거에 가장 선호한 것은 튼튼하게 꼬아서 만든 마닐라 로프였으나, 지금은 강도도 더욱 크고 무게도 훨씬 가벼운 나일론이나 폴리프로필렌 섬유로프가 보다 실용적인 것으로 취급되고 있다.

2.1.2 섬유로프의 고정물

섬유로프의 고정점은 섬유로프를 지지해 주는 앵커역할을 하며 가장 중요한 사항은 섬유로프작업자의 중량을 지지할 수 있어야 하고 또 각 작업 섬유로프를 각각지지 할 수 있도록 충분한 고정점 확보가 요구된다. 섬유로프의 고정물 종류는 청소용 고리, DUCT 등 콘크리트 구조물, 철재계단, 박공 지붕 철물, 비상 사다리 등 철 구조물 등을 활용된다.

2.1.3 작업대

작업대는 섬유로프에 매달아 작업자가 앉아서 작업하기 위한 작업대이다. 현행 산업안전보건 관련 법규나 지침 등에는 제작사양 등 별도로 규정되어 있는 것이 없으며 작업반장이나 작업자들이 경험적으로 합판과 각재, 섬유로프를 이용해 제작하여 사용하고 있다.

2.2 달비계 관련 기준 및 지침

2.2.1 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.

2.2.2 달비계 재해분석

최근 15년간 재해내용을 대분류의 재해발생 원인에 대하여 분류한 결과, 재해원인은 크게 로프와 고정점문제로 나타났다. 이는 모두 수직구멍줄이 설치되지 않거나 착용하지 않아서 생긴 경우이다. 이외 탑승, 이동, 작업, 하강 중에 불안정한 행동을 함으로써 발생한 재해가 전체의 30% 가까이 되나 이것 역시 수직 구멍줄을 미설치 또는 미착용하여 생긴 문제로 보인다.

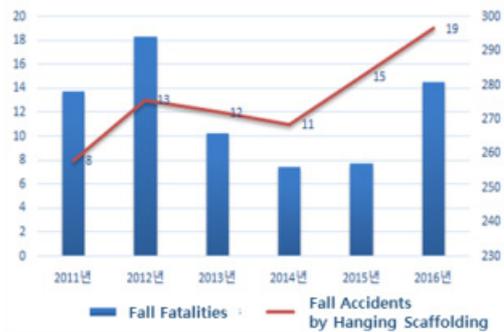


Fig. 1. Hanging Scaffolding Disaster Status

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 결손은

Table 1. Construction industry fall / fall caused by Hanging Scaffolding (2011 ~ 2016)

| Division | Industry-wide accident | Construction accident | Construction industry fall accident | Scaffolding accident |
|----------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 2011 | 1,383 | 621 | 278 | 8 |
| 2012 | 1,134 | 496 | 294 | 13 |
| 2013 | 1,090 | 516 | 266 | 12 |
| 2014 | 992 | 434 | 256 | 11 |
| 2015 | 955 | 437 | 257 | 15 |
| 2016 | 969 | 499 | 281 | 19 |

로 인한 사고 발생률은 15%, 불안정한 행동에 의한 사고 발생률은 28%로 실질적으로 로프 풀림으로 인한 사고 발생이 다른 요인에 비해 다수인 것으로 파악되었다.

2.2.3 달비계 관련 국내기준

달비계 관련 문헌 및 기준으로는 산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙, 가설공사 표준안전 작업지침, 가설공사표준시방서, KOSHA GUIDE 등에서 언급하고 있으나 서로 다른 종류의 달비계를 다루고 있어 혼선을 초래하고 있다. 이에 단일화거나 확대하여 정리할 필요성이 있으며, 세부내용은 아래 <Table 2>와 같다.

Table 2. Scaffolding Related Domestic Standards

| Standards and Literature | Analysis Content |
|---|---|
| Industrial Safety and Health Act Rules on Industrial Safety Standards Article 63 [Structure of Hanging Scaffolding] Article 64 [Inspection and Repair of Hanging Scaffolding] | Presented mainly on Hanging Scaffolding (H) |
| Standard work instructions for temporary construction (Ministry of Employment and Labor Notice No. 2012-92) Article 10 [Hanging Scaffolding] | |
| Temporary construction standard specification (2014.08) Chapter 4 Scaffolding and Work Scaffolding Other Scaffolding-Hanging Scaffolding [Construction] Guitar Scaffolding-Hanging Scaffolding | |
| KOSHA GUIDE C-33-2011 Hanging Scaffolding Safety Work Instructions (2011.12) | Presented mainly on Boatswain's Chair (B) |
| The safety technology Hanging Scaffolding Safety Work Method (2010.06) | |

2.2.4 달비계 작업대 안전지침 사항

달비계 작업대는 로프 슬링에 의해 4개 모서리를 매달아야 하고 강도가 충분하고 부드러운 나무로 제작하되 폭은 25cm, 길이 60cm 이상과 목재인 경우는 두께 5cm 이상 및 내수성 합판인 경우는 1.8cm 이상이어야 한다.

작업대를 고정하는 로프는 작업대를 대각선으로 교차한 후 고정철물 등으로 고정하여 로프가 작업대에서 탈락되지 않도록 하여야 한다.

작업대로부터 상부 50cm 되는 지점까지는 로프를 보호하는 보호대(Guard)를 설치하여야 한다.

못을 이용하여 로프를 고정할 경우에는 로프의 중간을 관통하여 못을 고정함으로써 로프의 손상 및 강도 저하의 원인이 되므로 로프를 고정할 때에는 로프를 관통하지 않고 고정하여야 한다.

작업대의 재질은 평형을 잃지 않도록 미끄러짐이 없는 재질로 하여야 한다.

작업대의 최대 적재량은 1.08kN (110 kgf) 이하가 되어야 한다.

2.2.5 달비계 및 추락방지 설비의 단계별 사전 점검사항

- ① 1 단계 : 고리(Anchor), 안전대, 카라비너, 샤클 등 철물의 점검
 - 손상되거나 부서지거나 휘어지면 안 된다.
 - 날카로운 모서리, 틈, 닳은 부분, 녹 등이 없어야 한다.
 - 카라비너의 후크는 자유롭게 움직이고 닫힐 때 자동으로 잠겨야 한다.
- ② 2 단계 : 로프의 검사
 - 로프는 헤지거나 소선의 절단, 마모 또는 불타거나 변색된 부분이 없어야 한다.
 - 로프는 과도한 흙, 도료(페인트), 녹이나 얼룩이 없어야 한다.
 - 그을리거나 변색되거나 물리진 부분 등 화학적 또는 열에 의한 손상 여부를 확인한다.
 - 로프 표면의 변색과 터짐 등 자외선에 의한 손상을 확인한다.
 - 이상의 모든 요소들은 강도가 줄어들었음을 나타내므로 손상되거나 의구심이 드는 로프를 사용하면 안 된다.
- ③ 3 단계 : 작업대의 검사
 - 작업대의 나무판을 검사하여 나무의 균열여부를 확인한다. 거친 모서리나 홈은 갈라짐을 야기할 수 있으므로 주의하여 검사한다.
- ④ 4 단계 : 검사 날짜와 결과를 기록
 - 검사를 실시한 후 날짜와 결과를 기록하여 보관한다.

3. 달비계 사용실태 조사 및 분석

3.1 TY 건설현장 사례조사 및 분석

3.1.1 TY 건설 현장 사례조사

TY 건설 시공현장에서 연구진 4명, 외부도장 달비계 작업자 12명을 인터뷰 하여 조사하였다.

3.1.2 조사내용 분석

- ① 작업줄은 안전난간 밑쪽으로 내리고, 생명줄(구명줄)은 몸에 연결하여 안전난간 위로 하여 넘어가 달비계 작업판에 앉는 작업방법을 선호하나, 작업자가 안전난간을 넘어가는 과정에서 위험에 노출된다고 언급하였다. 또는 굳이 작업줄이 있는 안전난간 밑쪽으로 기어 들어가 작업판에 앉으려다 사고가 빈번히 발생하는 것으로 조사되었다.
- ② 매듭법은 공단(정부) 권장 매듭법은 전혀 사용하지 않는다고 말하였다. 공단 권장 매듭법은 교육받은 적도 드물지만, 무엇보다도 작업 후 로프를 풀기 어려워 태형건설현장 내 도장공들은 자신들만의 매듭법(일명 동그랑땡 매듭법 또는 원고리 매듭법) 1가지 방법만

을 사용하고 있었다. 이는 하루종일 작업을 하면 로프에 하중이 지속적으로 주어져 작업 후 매듭 풀기가 불가능해서 선임 작업자에게 배운 풀기 쉬운 개인적인 로프매듭법을 선호하고 있었다.

- ③ 작업로프 점검은 일반적으로 공사규모에 따라 다르나 대규모는 1개 현장 완료 후 교체하고 소규모는 2개 현장 완료 후 교체하는 것을 선호하였다. 일반적으로 작업을 하다보면 줄이 끊기는 소리가 발생하는데 이때는 바로 작업 중단 후 로프를 교체하는 경우가 많다고 답변하였다. 로프 생산업체의 권장 사용기간 및 횟수에 따라 교체하기도 한다고 하였다.
- ④ 로프 길이의 확인을 위해 로프 끝단에 빨간색 리본을 매달아 아래로 내리고 리본이 포아리튼 뱀처럼 되면 하단에 도착했음을 인지하는 방법을 사용하고 있었다. 건물 하부에 신호수가 줄 길이를 확인하기도 한다고 하였다.
- ⑤ 작업장에 신호수를 작업팀마다 배치하는 것은 인건비 상승으로 힘들고, 한 현장에 한명 정도의 신호수가 전체적인 작업팀의 작업을 통제하는 것은 가능할 것으로 판단되어진다.



Fig. 2. Field manager interview photos

- ⑥ 생명줄(구명줄)은 신축현장에서는 반드시 착용이 의무화되어져 있다. 하지만 하자보수 및 유지관리 현장에서는 사용 안하는 경우가 많은 것으로 나타났다. 구명줄이 불편한 경우는 또는 유지관리현장에서 사용안하는 경우는 크게 2가지로 나타났다.
 - 일명 코브라웨빙 자체는 문제가 없으나 바람이 불 경우 작업로프와 엉키거나 코브라웨빙이 바람에 날려 작업자보다 위로 올려질 경우 락(lock)이 걸려 작업에 불편함을 주는 경우가 많다.
 - 코브라웨빙 자체가 너무 무거워 몸에 착용한 상태로 하루종일 작업하기가 어렵다.
 이를 해결하기 위해 일명 코브라웨빙 재질의 경량화가 필요하지만, 단가가 올라가는 문제가 발생된다. 따라서 안전에 관계되는 코브라웨빙의 경량화를 유도하고 원도급업체에서 이에 대한 보급 의무화 필요한 것으로 보인다.
- ⑦ 로프 걸이용 전용앵커의 경우 설계도면에 따라 정확

히 시공하는 것을 점검할 필요가 있다고 대답하였다. 따라서 현장 안전관리자와 도장책임자가 전용 앵커 시공 시 확인하는 것을 의무화할 필요가 있다. 대다수 신축현장의 경우에도 충분한 전용 앵커가 매립되지 않아 로프 묶는데 어려움이 많은 것으로 나타났다. 따라서 충분한 간격을 제시하여 충분한 전용 앵커 매립이 필요하며, 구명줄용과 작업줄용 전용앵커를 2개 1Set로 매립할 필요가 있는 것으로 보인다.

- ⑧ 표지판 관련해서는 신축현장에서는 표지판 부착이 의무화 되어져 있어 설치하는 경우가 많으나, 하자보수 유지관리 현장에서는 경우에 따라 다르다고 답변하였다.
- ⑨ 기성품인 로프 마찰보호대는 분실 및 훼손 등 유지관리의 어려움으로 사용하지 않는 것으로 대답하였고, 일반적으로 굵은 전선줄과 고무호스를 일정 길이로 잘라 사용하는 경우가 대다수이며, 보호대가 부족할 경우 현장에서 아무것으로나 대체하는 경우가 있다고 대답하였다.
- ⑩ 안전점검은 수시로 현장 안전관리자가 수행하고 있으며, 달비계 교육은 작업 개시 전 반드시 수행하는 것으로 나타났다. 태영건설현장의 경우 1주일에 한번 안전교육 후 스티커를 나누어져 안전모에 부착하게 하고 있었다.
- ⑪ 달비계 작업대는 100% 자체 제작하여 사용하고 있었으며, 작업대는 목재는 더 이상 사용하지 않고 있으며, 스테인레스 바(가로 2개, 세로 2개), 로프는 일반 로프 및 자일, 양 쪽 고리는 4개 씩 설치하여 사용하는 경우가 많았다.
- ⑫ 로프 거는 방법 및 매듭방법은 개인의 선택으로 모든 작업자의 작업대가 다른 것으로 조사되었고, 기존 제품은 사서 사용하여봤으나 개인의 사이즈가 다르고 사용이 불편하여 폐기하는 경우가 많은 것으로 나타났다. 따라서 필요한 부품을 사서 개별 사이즈에 맞게 용접하여 사용하는 방향도 고려되어야 한다. 달비계 개발보다는 부품의 표준화 및 성능화 등의 품질관리가 필요한 것으로 보인다. 단가는 자체개발의 경우 5~15만원 정도 소요, 기존제품은 17만원 정도 소요되어 큰 차이가 없는 것으로 파악되었다.
- ⑬ 현장에서 사용하는 소위 젠다이에 작업대 부착 또는 젠다이에 벨트(그네식) 부착 등의 일체화는 안전간격을 넘어갈 때나 작업 시 불편함으로 오히려 위험에 노출될 가능성이 높아 선호하지 않는 것으로 답하였다.

3.2 CJ 건설현장 사례조사 및 분석

3.2.1 CJ 건설 현장사례 조사

CJ건설 진천현장에서 참석인원 연구진 3명, 현장소장 및 공사팀장 2명으로 인터뷰를 통해 조사하였다.

3.2.2 조사내용 분석

CJ건설은 전사적으로 다음 항의 달비계 사진에서 보는 바와 같이 기성제품의 사용을 권장하고 있다고 한다.

- ① 실무적인 측면에서 각 현장별로 달비계 작업자들이 자체 제작한 달비계를 사용하겠다고 할 경우 이를 받아들일 수밖에 없으며, 이 경우 현장관리자의 안전성 검토를 통해 허용하는 것으로 조사되었다. 문제는 안전성 검토가 단지 육안에 의해 이루어져 그 신뢰성이 낮을 수밖에 없다는 것이라고 언급하였다.
- ② 현장 차원에서 달비계 작업의 가장 큰 문제는 작업자 수급 문제라고 말하고 있다. 일단 한 현장에 투입되는 달비계 작업자들이 매번 다를 수 있으며, 그때마다 작업자들의 교육이 이루어졌는지 확인하기 어렵다고 말한다. 특히, 국내 작업자가 부족하여 외국인 근로자들로 대체되는 실정에서 이들에 대한 교육은 제대로 이루어지기 힘든 실정이라고 한다.
- ③ 달비계 작업자의 수급이 어려울 경우 공기에 문제가 발생되기 때문에 어쩔 수 없이 달비계 작업업체의 요구를 들어줄 수밖에 없는 실정이라 한다.
- ④ CJ건설은 가능한 곤돌라 형식의 달비계 사용을 요구하고 있지만, 대다수의 달비계작업업체들이 영세하기 때문에 경제적인 이유로 이를 기피하는 경향이 있으며, 창호공사의 경우에는 곤돌라 형식의 달비계 사용이 많다고 언급하였다. 다만, 앵커형 곤돌라 형식의 달비계

사용 시 건물구조물에 고정앵커를 박아야 하는 시공적인 불편함이 존재한다고 언급하였다.

- ⑤ 추락방지대는 의무적으로 설치하도록 감독하고 있으며, 매듭법에 대한 교육은 제공하지 않고 작업자들의 개인적인 매듭법 사용을 묵인하고 있는 것으로 면담 결과 조사되었다.

4. 달비계 관련 설문조사 및 중대재해 분석

4.1 설문조사 주요내용

달비계 관련재해의 저감을 위한 설비개선 및 작업방법개선방법의 도출을 위하여 15년 간 재해통계를 다각도로 분석하여 재해양상을 심도 있게 분석하였다.

본 결과를 토대로 설문지를 제작하여 작업자 및 현장관리자를 대상으로 120부의 설문을 실시하였으며, 102부를 회수하여 분석하였다.

4.1.1 달비계 작업용 로프의 재료

달비계 작업용 로프는 대부분 폴리프로필렌(PP)로프를 사용하고 있으며 비율은 69%이다. 소규모이거나 설치작업, 전신주 관련작업 등에서는 등산용자일도 사용되는 빈도가 있으며, 이 경우가 27%정도로 나타났다.

폴리에틸렌로프(PF) 로프나 나일론 로프 등은 사용하지 않도록 하여 본 예비설문에서는 선택한 경우는 없었다.

Table 3. Material of rope for scaffolding work

| Division | Frequency | Percentile |
|-----------------------------|-----------|------------|
| Climbing | 28 | 26% |
| Polypropylene (PP) Rope | 70 | 69% |
| Nylon rope | - | 0% |
| Polyethylene Rope (PF) Rope | - | 0% |
| Vinylon rope | - | 0% |
| Manila rope | - | 0% |
| Iron core rope (IWRC) | - | 0% |
| Etc | 4 | 4% |
| Sum | 102 | 100% |

4.1.2 자체제작 작업대의 중요 고려사항 질문

작업대 제작의 중요 고려사항에 대한 질문을 하였으며, 그 내용은 재료의 다양화, 폭, 길이간격(페인트통 및 장비걸이), 무게, 강도, 교체가능성, 편리성, 안정성 등으로 질의하였다.

편리성과 안정성은 인터뷰 도중에 답변이 가장 많아 설문 보기에 포함시켰으며 상대적으로 답변이 많이 도출되었다. 편리성과 안전성이 31%, 30%로 비슷하게 도출되었고, 폭이나 강도도 중요하게 생각하는 것으로 도출되었다.

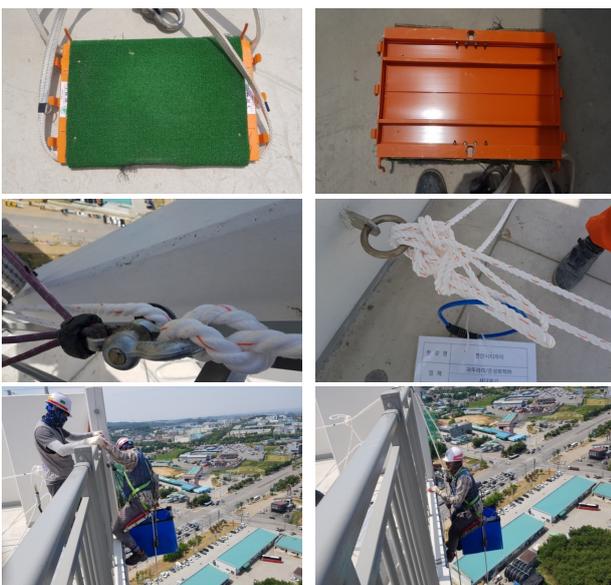


Fig. 3. Scaffolding Work Progress

Table 4. Important considerations for the workbench

| Division | Frequency | Percentile |
|---|-----------|------------|
| Material (diversity) | - | 0% |
| Width | 39 | 13% |
| Hanger Spacing (Paint Bucket and Equipment Hanger) | 11 | 4% |
| Weight | 19 | 6% |
| Burglar | 44 | 14% |
| Replaceability | 7 | 2% |
| Convenience | 94 | 31% |
| Stability | 92 | 30% |
| Sum | 306 | 100% |

4.1.3 선호하는 수직구명줄 방식

수직구명줄의 선호방식에 대한 질문에는 안전그네식을 더 선호하는 것으로 답변되었다. 인터뷰 시 답변에서는 작업자 입장에서 안전그네식이 더 불편한 것은 사실이나 안전을 위하여는 안전그네식을 사용해야 함에 대하여는 이견이 없음을 보여준다.

Table 5. Preferred way of using vertical lifeline

| Division | Frequency | Percentile |
|--------------|-----------|------------|
| Belt type | 23 | 23% |
| Safety swing | 79 | 77% |
| Etc | 0 | 0% |
| Sum | 102 | 100% |

4.2 중대재해 관련분석

4.2.1 재해양상분석을 통한 분류체계

본 연구에서는 문헌조사와 최근 15년간 재해양상을 분석하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

총 재해는 부상 36건과 사망 206건으로 242건이었으며, 근본적 원인은 로프파단 및 폴림과 지지점 파손이 가장 큰 문제점으로 나타났다. 이러한 원인에 대한 근본적인 대책은 수직구명줄의 설치와 착용이 가장 중요한 사항이나 대부분 이를 잘 지키지 않고 특히 유지보수 현장에서는 거의 설치 및 착용이 없는 것으로 나타났다. 아울러, 불안정한 행동에 의한 사고도 큰 재해율을 나타내어 상기 재해원인과 수직구명줄과 더불어 사고의 직간접적 원인이 됨을 알 수 있다.

이러한 재해의 원인의 정확한 특성을 파악하고 개선대책을 수립하기 위하여 본 연구에서는 재해발생유형의 분류체계를 작성하였으며, 먼저 대부분류는 지지로프폴림, 지지로프파단, 지지로프 길이부족, 지지점결손, 불안정한행동, 추락방지조치 미흡 등으로 구분하였고 대표적인 유형을 아래와 같이 분석하였다.

4.2.2 지지로프 폴림관련 재해

전체 재해의 39%를 차지하는 만큼 재해요인으로 가장 큰 부분이며 많은 복합요인이 작용하고 있다.

즉, 매듭의 부실제작, 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.

지지로프폴림은 근본적으로 잘못된 매듭방법을 적용하였거나 부실한 매듭묶기가 원인인 경우가 대부분이다.

샤클매듭폴림은 하강 시 제동력을 확보하기 위한 중요한 부분이며 이 부분이 원인이 되면 고정점 매듭폴림과 같은 정도의 재해를 보여주고 있다.

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

Table 6. Support rope loosened

| Division | Frequency | Percentile |
|--|-----------|------------|
| 1. Loosen support rope | 79 | 84% |
| 2. Shackle knot loosening (lack of braking force) | 9 | 10% |
| 3. Ropes and rope loosening (main rope, auxiliary rope) | 6 | 6% |
| Sum | 94 | 100% |

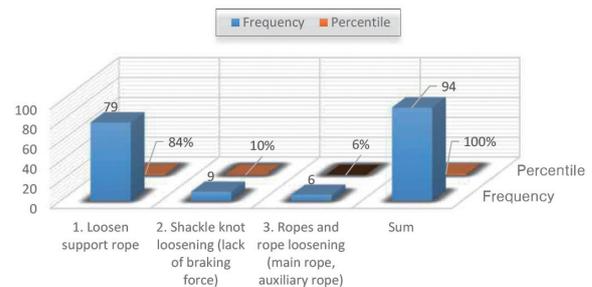


Fig. 4. Analysis of support rope loosening

4.2.3 지지로프 파단관련 재해

최근 15년간 재해 242건 중 지지로프 파단이 직접적 원인이 된 재해는 36건으로 전체의 15% 정도이다. 대부분 로프의 노후화와 미 인증 로프가 원인으로 사전점검을 통하여 사전에 방지할 수 있는 재해이다.

구조물에 의한 파단이 전체의 25%로서 파라넷이나 기타 지붕구조물에 의하여 마모 혹은 마찰에 의하여 파단되는 경우가 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.

Table 7. Breaking support rope

| Division | Frequency | Percentile |
|----------------------------------|-----------|------------|
| 1. Breaking by structure | 9 | 25% |
| 2. Number of use of support rope | 1 | 3% |
| 3. Lack of rope thickness | - | 0% |
| 4. Use of unapproved rope | 3 | 8% |
| 5. Lack of pre-checks (aging) | 23 | 64% |
| Total | 36 | 100% |

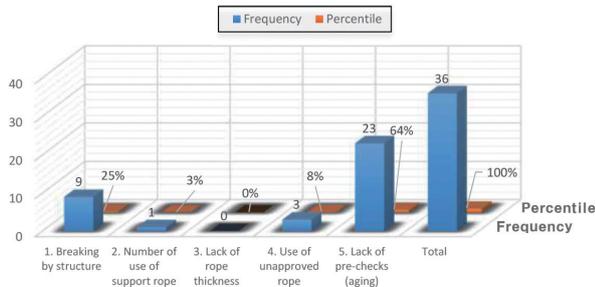


Fig. 5. Analysis of breaking support rope

4.2.4 고정점결손

고정점 결손에 의한 재해는 특성군 도출에서 먼저 설명되었으며, 15년 간 재해 242건 중 고정점 결손에 의한 재해는 총 36건으로 15% 정도 차지하고 있다.

파라펫 링의 경우 시공뿐 아니라 청소, 유지보수를 위하여 설계를 통하여 달비계용으로 설치하였음에도 불구하고 작업자들의 신뢰도가 높지 않은 편이며 오히려 고정점으로 활용을 기피하는 경향도 있어서, 파라펫 링 혹은 옥상바닥고정점이 있는데도 다른 곳에 고정하여 발생된 재해에 대한 근본적인 개선대책이 요구된다.

고정점 파단이나 결손으로 재해가 일어난 경우의 고정점은 골고루 파라펫 링이 가장 작고 브라켓, 계단, 배관, 옥상 조형물 등에 지지하여 사고가 난 것으로 조사되었다.

4.2.5 불안정한 행동

대분류의 불안정한 행동은 준비 중·안착, 중·작업, 중·하강, 중·이동 중의 다섯 단계로 구분하고 있으며, 이 중 안착 중과 작업 중에 전체의 80%이상의 재해가 발생하는 것으로 나타나 작업방법 상으로 즉시 개선이 요구되고, 수직구명줄의 의무화가 요구되는 점을 보여주고 있다.

즉, 안착중이 전체재해의 43%를 차지하고 있으며, 그 다음으로 작업 중 38%, 하강 중 10%의 순서로 재해통계를 보여주고 있다.

Table 8. Unsafe behavior

| Division | Frequency | Percentile |
|--|-----------|------------|
| 1. Installing Scaffolding (In preparation) | 4 | 6% |
| 2. Resting | 29 | 43% |
| 3. Working | 26 | 38% |
| 4. Descending | 7 | 10% |
| 5. Moving | 2 | 3% |
| Total | 68 | 100% |

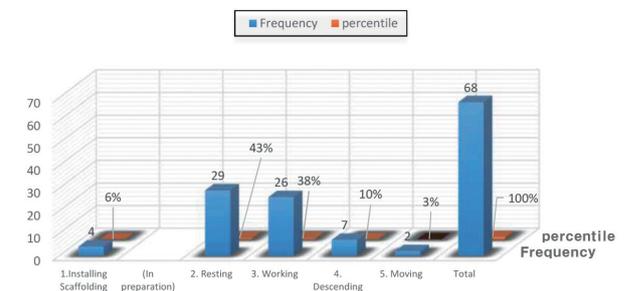


Fig. 6. Analysis of Unsafe Behavior

이는 달비계 설치 중(준비 중) 단계에서 수직구명줄을 먼저 설치하고 달비계의 로프설치와 안착을 시행하여야 함에도 불구하고 작업의 불편과 유지보수단계의 수직구명줄 미설치에 따라 중대재해가 다수 발생한 내용을 보여주고 있다.

5. 결론

본 연구를 진행하면서 달비계 추락재해 예방을 위해 가장 근본적으로 개선되어야 할 문제점인 수직구명줄 미설치 및 미부착이다. 또한 로프 풀림, 로프 파단, 고정점불량 등의 다양한 재해발생 원인에 대한 규명을 통해 건설현장 가설공사의 재해예방을 위한 해결방안이 되었길 희망한다. 연구의 결론을 요약하면 아래와 같다.

1) 현장사례조사 및 인터뷰 결과

달비계의 설비개선, 규정개선, 작업방법 개선에 반영할 사항을 현장조사를 통해 요약하면 다음과 같다.

먼저, 작업자의 경우 편의성 위주의 개선방향을 제시하고 있고, 관리자는 안전성에 더 집중하고 있으므로, 두 방향을 적절히 반영한 절충안이 필요하였다. 또한 작업자 자체제작 달비계에 대한 안전성점검에 대하여 객관적 검증방법이 요구되며, 작업자들이 선호할 수 있는 기성제품의 개발이 요구되었다. 뿐만 아니라 건설회사 본사차원의 안전관리원칙과 현장의 실태가 상이하여 현장의 작업현황을 고려한 안전관

리원칙수립 및 관리가 요구되며, 시스템 비계와 같이 달비계 작업업체의 경제적인 측면의 지원이 전제된다면 관련 비계에 대한 설비개선과 관리개선을 위하여 많은 부분이 개선될 수 있음을 공감하고 있었다.

2) 설문조사 결과

본 연구에서 건설현장의 관계자의 설문자료를 토대로 달비계의 설비개선 및 작업개선, 규정개선이 반영할 사항을 정리하면 다음과 같다.

먼저, 달비계의 재해와 규정/가이드에 대한 별도의 교육이나 체크리스트가 존재하지 않는 것으로 나타나 관련 내용의 보완이 시급함을 알 수 있었다. 또한, 관련 재해에 대한 요인과 가능성에 대한 인식도가 다른 공중에 비하여 낮게 나타나고 있으므로, 재해양상의 분석을 통하여 관련 분류체계 및 중대재해 다발요인에 대한 인식도를 높이는 방안이 요구되었다. 뿐만 아니라 관리자가 작업자의 안전을 위한 조치를 이행할 경우에 사용가능한 규정과 가이드가 제도적으로 강제화가 필요하고, KOSHA Guide를 제외한 시방서와 고시 등에 반영하여 적극적인 재해통제가 요구되는 상황이다.

3) 중대재해 관련 분석결과

중대재해사례 분석 내용 중 설비개선 및 작업개선, 규정개선에 반영할 사항을 정리하면 다음과 같다.

먼저, 로프폴림 및 파단이 가장 큰 재해원인으로 도출된 만큼 이에 대한 매듭과 로프 내구성 관리에 대한 근본적 대책이 필요함을 알 수 있었다. 또한 고정점 결손은 안착 중이나 하강 중보다는 작업 중에 발생이 84%인 만큼 작업초기에는 예상하지 못한 경우가 많으므로 규정 및 가이드에서 권장하는 고정점에 대한 원칙을 철저히 준수하게 하는 대책이 요구되었다. 뿐만 아니라 불안정한 행동에 의한 재해는 작업과정 전반에서 나타나고 있으므로 이러한 행동을 제어할 수 있는 등반이나 등·앞부분 보호벨트에 대한 고려가 요구되었으며, 대부분의 재해가 수직구명줄 설치 및 체결 시 저감할 수 있는 것으로 도출됨에 따라 이에 대한 관리자(감독자) 지령의 법률적 시행이 필요함을 알 수 있었다.

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.
- The Ministry of Employment and Labor (2012) Temporary Work Guideline for Standard Work.
- The Ministry of Employment and Labor (2018) Occupation Safety and Health Acts, Rules on Industrial Safety and Health Standards.
- The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2016) Temporary Work Standard Specification - Scaffolding and Workstation.
- Province of Alberta (2009). OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY CODE, Alberta Regulation, Canada.
- Seo, K.D. (2013). "Improvement Scaffolding Safety Capacity by Analysing Case Study of Falling Disaster." MS Thesis, Kyung-Hee Univ.

요약 : 최근 정부는 재해 절감을 위한 다양한 노력덕분에 산업과 건설업 전반에 걸쳐 재해 사고는 감소추세를 보이고 있다. 그러나 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. 더욱이 소규모 건설현장에서의 달비계 작업자들은 안전에 대한 감독과 관리를 받을 수 있는 주체가 없다. 따라서 본 연구는 본 연구를 진행하면서 달비계 추락재해 예방을 위해 가장 근본적으로 개선되어야 할 문제점인 수직구명줄 미설치 및 미부착이다. 또한 로프 폴림, 로프 파단, 고정점불량 등의 다양한 재해발생 원인에 대한 규명을 통해 건설현장 가설공사의 재해예방을 위한 해결방안이 되었길 희망한다.

키워드 : 안전사고, 추락사고, Boatswain's Chair, 설비개선, 재해예방