

Bow-Tie 기반 가설식 곤돌라 사고 예방 대책에 관한 연구

공준성* · 기정훈** · 박종일***†

A Study on Accident Prevention Measures for Temporary Gondolas through Bow-Tie Approach

Joon Seong Kong* · Jung Hun Kee** · Jong Yil Park***†

†Corresponding Author

Jong Yil Park

Tel : +82-2-970-6508

E-mail : jip111@seoultech.ac.kr

Received : June 8, 2020

Revised : June 29, 2020

Accepted : August 5, 2020

Copyright©2020 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Abstract : The use of temporary Gondola has been steadily increasing. The temporary Gondola is required to get a safety certification review during installation and to be inspected during use within every six months. Most of them, however, are dismantled before six months, and inappropriate activities are conducted frequently for shorter working hours and convenience of work. In this study, the characteristics of the temporary Gondola and the domestic accident cases that occurred over the past 10 years(2008-2017) are analyzed for the type of accident, the state of the accident by year, and the actions of the workers in the event of an accident. Also comprehensive accident reduction measures were proposed by identifying the fundamental causes of temporary Gondola accidents, problems of existing preventive measures, and system defects by utilizing Bow-Tie techniques.

Key Words : temporary gondola, bow-tie, construction site

1. 서론

최근 건축물이 고층화, 대형화됨에 따라 외부 비계 외에¹⁾, 가설식 곤돌라를 사용하는 빈도가 높아지고 있다. 이에 가설식 곤돌라에 대한 안전대책이 요구되지만 구체적인 연구가 진행되지 않고 있다.

곤돌라는 상설식 승강 장치와 가설식 승강 장치로 분류한다²⁾. 상설식 곤돌라는 완공된 건물의 외벽 청소 및 유지보수, 피난 등의 용도로 설치 후 반영구적으로 사용된다. 가설식 곤돌라는 건설 현장에서 건축물 외벽 마감 및 도장, 유리 공사, 용접 등의 작업을 위해 단기간 사용되고 철거된다.

곤돌라 안전검사는, 상설식의 경우 설치 시 안전인증을 실시 한 후 3년 이내 최초 안전검사를, 이후부터 2년 주기로 안전검사를 실시한다. 가설식 곤돌라는 설치 시 안전인증을 실시 후 6개월마다 추가적인 안전검사를 실시하도록 규정되어³⁾ 있으나 대부분의 가설식

곤돌라는 6개월 이내에 철거되어 안전검사의 실효성이 낮다.

가설식 곤돌라의 사고 주 원인은 전면 안전간판 제거, 수직 구멍 로프 제거, 과부하 방지장치 설정값 수정 등이 있다^{1,4)}. 이는 근로자가 작업 효율성 향상을 위해 하는 위험 행동이지만 사용 중 안전검사가 실시되지 않아 사고가 발생되게 된다. 이러한 허용되지 않은 행동들을 통해 지속적인 사고가 발생됨에도 불구하고, 현재 가설식 곤돌라에 대한 사고 유형 분석 및 인증 제도에 관한 연구는 수행되고 있지 않다.

본 연구에서는 가설식 곤돌라의 특성 및 2008년부터 2017년까지 10년간 발생한 재해사례를 통해 사고 유형, 사고 발생 시 작업자행동, 연도별 사고발생현황을 분석하였다. 또한 Bow-Tie 기법을 활용하여 가설식 곤돌라가 안전인증 대상으로 포함된 2013년도 전후를 비교하고 향후 안전인증의 개선 방향을 제시하고자 한다.

*안전보건공단 인천광역본부 안전인증부 대리 (KOSHA, Safety Certification Department, Assistant Manager)

**서울과학기술대학교 안전공학과 박사과정 (Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

***서울과학기술대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology)

2. 가설식 곤돌라의 특성

2.1 가설식 곤돌라의 구성

2.1.1 지지대

지지대는 건물 상부에 작업대를 지지하고 있는 구조물이며 Fig. 1과 같이 대차형, L형, 포스트형, Hook형, 기타 특수지지대 등으로 구분된다⁵⁾. 부하되는 모멘트를 충분히 고려하지 않았을 경우 지지대의 연결부 파손 및 구부러짐 등이 발생하고, 부실 설치의 경우 체결부가 탈락되어 사고로 직결된다. 따라서 설치현장의 여건을 고려하여 효과적인 지지대 설치가 요구된다.

2.1.2 승강장치

승강장치는 곤돌라 작업대를 상승·하강시키기 위한 장치로 권동식과 와인더식으로 구분된다. 권동식은 감속장치를 내부에 설치하여 소형화된 드럼에 와이어로프를 권선하는 원치방식이다. 와인더식은 Fig. 2와 같이 와이어로프의 마찰력을 통해 속도를 제어하고 와이어로프 길이에 제한을 받지 않는다⁷⁾. 가설식 곤돌라에서는 원치방식과 달리 와이어로프 길이만 충분하다면 높이를 자유롭게 설정할 수 있으며, 높이와 무관하게 일정한 인양속도를 가지는 엔드리스 와인더식 승강장치를 주로 사용한다.

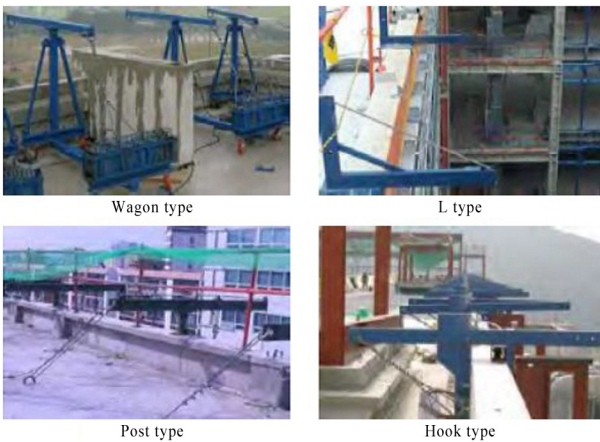


Fig. 1. Temporary gondola support structure types⁵⁾.

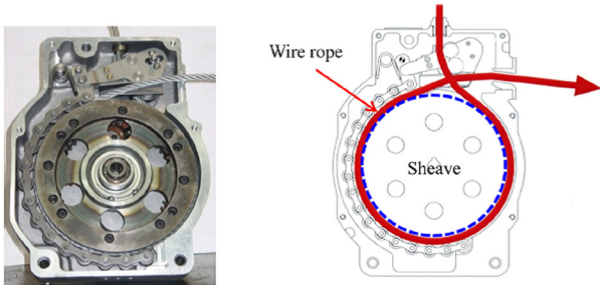


Fig. 2. Example of endless winder⁶⁾.

2.1.3 와이어로프

와이어로프는 작업 시 하중을 지탱하는 주 와이어로프와 비상시에만 사용되는 보조 와이어로프로 나뉜다. 안전율은 10이며, 보통 8 mm 또는 10 mm 지름을 가진다⁸⁾.

2.1.4 방호장치

가설식 곤돌라는 고소 작업이 대부분임으로, 허용적재 중량을 초과하거나 무리한 작업으로 과부하가 걸려 와이어로프나 지지대가 파손될 경우 동반 추락과 같은 중대재해와 직결된다. 이를 최대한 예방하기 위해 Fig. 3⁹⁾과 같이 과부하방지장치, 낙하방지장치, 권과방지장치, 비상정지장치, 수평조절장치 등의 방호장치가 설치된다.

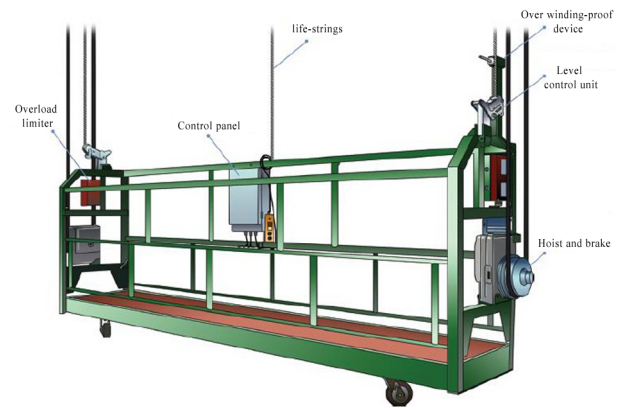


Fig. 3. Temporary gondola work platform⁹⁾.

2.2 가설식 곤돌라 사용 현황

건축물의 고층화에 따라 커튼월 작업, 타일공사, 용접 등 다양한 건물 외장 공사에 가설식 곤돌라 사용이 증가하고 있다. Table 1에서는 2014년부터 2017년까지 가설식 곤돌라의 설치 현황을 보여준다. 가설식 곤돌라의 사용은 2015년을 제외하고 증가 추세이며, 연평균 3,011대가 사용되고 있다¹⁰⁾. 이러한 증가세는 고층의 경우 차량탑재형 고소작업대를 사용할 수 없고 상대적으로 저렴한 곤돌라 운용비용에 의한 것으로 파악된다.

Table 1. Number of temporary gondolas

Year	New installation of temporary gondola (number)
2014	2,851
2015	2,420
2016	3,142
2017	3,631

2.3 가설식 곤돌라의 안전인증 및 안전검사

산업안전보건법 제 34조, 36조에 의해 가설식 곤돌라는 안전인증과 안전검사를 받아야 한다.

곤돌라의 안전인증은 지지대, 와이어로프, 방호장치 등을 포함한 58가지 항목으로 구성되어 있으며, 설치 전 서면심사를 진행하고, 설치 시 서면심사의 내용과 동일하게 설치되었는지 제품심사를 실시한다.

안전검사는 설치 후 6개월 이내에 실시되며, 전기장치의 작동시험과 각 부품의 연결부 및 작업대, 구조부의 상태점검 등 31개의 항목에 이루어진다. 그러나 Table 2와 같이 대부분 사용 기간이 6개월 미만임으로 안전검사가 실질적으로 이루어지고 있지 않다. 이에 사용 과정에서 작업성 확보를 위하여 전면 난간대를 제거하거나, 작업 시간 단축을 위해 과부하방지장치를 임의 조정하여 과적을 하는 경우가 다수 발생한다. 또한 동일 현장 내에서 곤돌라 이동 시 설치 업체에 의뢰하지 않고 비전문가가 이동 및 설치하는 과정에서 와이어로프 및 작업대를 잘못 설치하거나 권과방지장치를 설치하지 않는 등의 문제점이 발견되기도 한다¹¹⁾.

Table 2. Rate of safety inspections

Year	Rate of safety inspection within 6 months of newly installed temporary gondolas (%)
2014	3.7
2015	5.5
2016	4.3
2017	3.7

3. 사고분석 및 대책

본 연구에서는 가설식 곤돌라의 예방 대책에 대한 문제점을 파악하기 위해, 안전보건공단 산업재해 통계 자료를 기반으로 2008년부터 2017년까지 10년간 국내에서 발생한 가설식 곤돌라 관련 업무상사고 70건의 재해를 분석하였다. 또한, 유해·위험 기계·기구 종합정보시스템을 통해 가설식 곤돌라의 안전인증 실적 자료를 활용하였다.

사고유형, 연도별 사고발생 현황, 사고 시 작업자 행동을 분석하였고, 사고의 원인을 논리적으로 파악하기 위해 Bow-Tie 기법을 적용하였다.

3.1 재해통계 분석

안전보건공단의 재해형태 분류기준에 따라 70건의 사고를 Table 3과 같이 분류하였다. 전체 사고 중 56%가 떨어짐으로 이는 곤돌라의 고소 작업 특성에 의한 것이다.

Table 3. Number of incidents by accident type

Accident type	Accident (number)	Ratio (%)
Falls	39	56
Get jammed	11	16
Be hit	6	9
Caught-in-between	6	9
Slip	5	7
Collision	2	3
Excessive force motion	1	1

Table 4. Temporary gondola accident severity

Number of recuperation	Temporary gondola accident (%)	Construction Accident (2017) ¹²⁾ (%)
15 to 28 days	5	7
29 to 90 days	14	26
91 to 180 days	39	39
more than six months	31	26
Death	10	2

가설식 곤돌라 사고 재해자와 건설업 업무상사고 재해자의 요양일수를 비교하면, Table 4와 같이 가설식 곤돌라의 경우 사고 발생 시 6개월 이상 및 사망이 41%을 차지하며 건설업 평균(28%) 대비 높은 강도를 가진다.

2013년 안전인증 도입에 따른 재해 변화를 확인하기 위해 가설식 곤돌라 자체의 기계적·구조적 결함에 의한 사고와 인적 요인에 의한 사고를 Table 5와 같이 분류하였다. 10년간 가설식 곤돌라 사고는 인적 요인에 의한 사고 58건, 기계적·구조적 결함에 의해 발생한 사고 12건으로 나타났다. 인적 요인에 의한 사고는 2013년 이전 5년간 28건, 이후 5년간 30건으로 거의 변화가 없다. 다만 가설식 곤돌라의 사용량이 증가하였음으로 일부 감소된 것으로 판단된다. 기계적·구조적

Table 5. Classification of the number of accidents by year

Year	Accidents due to human factors (case)	Accident due to mechanical and structural defects (case)
2008	9	3
2009	2	1
2010	3	2
2011	12	1
2012	2	1
2013	7	1
2014	2	1
2015	8	-
2016	6	2
2017	7	-

Table 6. Activity types of victim

Activity	Accident (number)	Ratio (%)
Working with the workstation	43	53
Load-bearing vehicle	14	17
Installation, decommissioning and repair	9	11
Get on and off the gondola	8	10
Others	7	9

결함에 의한 사고는 2013년 이전 5년간 8건, 이후 5년간 4건으로 파악된다. 기계의 구조적 문제로 인한 사고가 안전인증으로 일부 예방되기는 했지만 여전히 큰 폭의 감소는 보이지 않았다.

사고 당시 작업 종류는 Table 6과 같다. 사고 사례 중 가설식 곤돌라 작업과 관련 없는 작업을 진행하는 과정에서 작업대에 충돌하거나 작업대에서 낙하한 물체에 맞는 등의 사고는 기타로 분류하였다. 작업대에서 작업을 수행중인 경우가 53%인 절반 이상이며, 이는 작업대의 안정성 유지를 위한 주요 구조부와 안전난간 및 과부하방지장치 등의 방호장치, 그리고 안전대 및 구명줄 체결 등 안전수칙 준수가 사고 예방에 중요하다는 것을 나타낸다.

3.2 사고원인 분석

3.2.1 Bow-Tie 위험성평가

위험성평가는 유해위험요인을 사전에 발견할 수 있어 동종 재해의 재발로 인한 재해 예방대책을 강구할 수 있다¹³⁾. 이 중 Bow-Tie 기법은 공정의 위험뿐만 아니라 비정상 상태의 작업까지 위험성을 분석할 수 있고, 그림을 통해 결과를 쉽게 확인할 수 있다¹⁴⁾. 이에 가설식 곤돌라 전체 사고사례에 대해 Bow-Tie 위험성평가를 실시하였다.

Bow-Tie 리스크 평가 기법에 관한 지침¹⁵⁾을 참고하여 유해위험요인은 가설식 곤돌라작업, 사상은 사고위험노출로 선정하고, 유해위험요인이 통제되지 않도록 하는 원인, 원인을 통제할 수 있는 예방대책, 사상의 결과, 결과의 크기를 감소시키기 위한 감소대책, 예방 및 감소 대책의 기능을 약화시키는 약화요소와 이것을 방지하는 약화 요소 방지대책으로 구성하였다.

가설식 곤돌라가 안전인증 대상품에 포함된 2013년을 기준으로 2013년 이전과 이후 예방대책의 차이점을 Bow-TieXP 프로그램¹⁶⁾을 활용하여 Fig. 4와 같은 Bow-Tie 선도로 나타냈으며, 안전인증 심사를 통해 추가된 예방대책은 빨간색으로 표기하였다.

유해위험요인이 통제되지 않도록 하는 근본적인 문제점으로, 첫째 잘못된 작업방법 및 부주의(작업자가 적절하지 않는 방법으로 설비를 조작하거나 부주의하여 발생), 둘째 인체균형 상실(작업대의 기울 또는 흔들림에 의해 발생), 셋째 안전난간의 제거, 넷째 주요 구조부 결함(와이어로프 또는 지지대 등)이 도출되었다. 예방대책은 안전인증과 작업자 주의사항 및 관리 감독으로 구분할 수 있고 12개로 분류되었다.

사상의 결과는 추락, 낙하·비래, 부딪힘, 협착, 끼임, 전도, 과도한 힘동작이며 감소대책은 보호구의 착용과 낙하방지망의 설치로 분석된다.

2013년 이후 안전인증 심사를 통해 추가된 예방대책의 내용은 Table 7과 같다. 그러나 Table 8에서와 같이 안전인증을 실시한 이후에도 약화요소에 의한 예방대책 실패로 사고가 계속 발생하고 있다.

어떠한 약화요소로 인해 예방대책의 기능이 상실되어 사고가 지속적으로 발생하는가를 파악하기 위해 현재를 기준으로 하여 분석을 실시하였고, 그 결과는 Fig. 5과 같다.

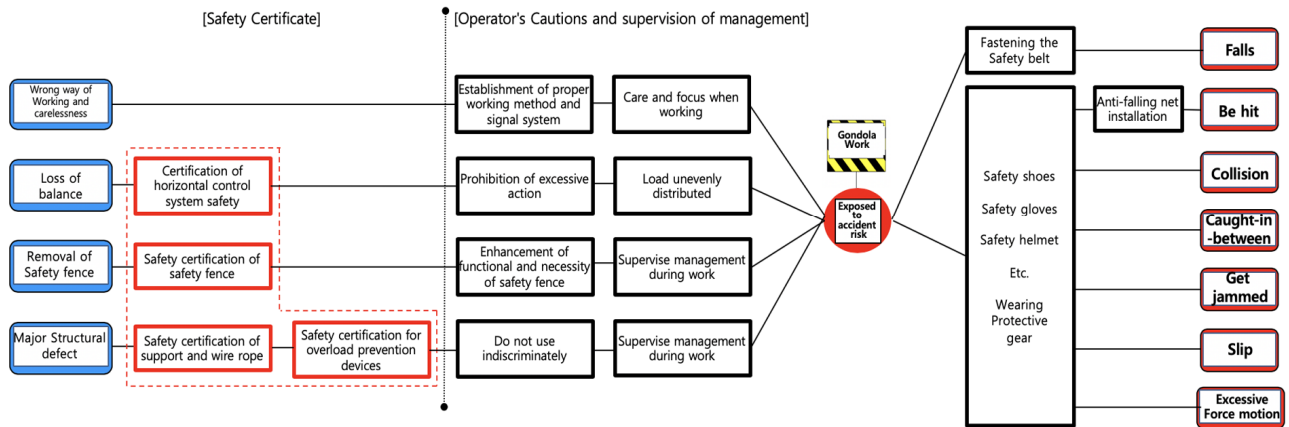


Fig. 4. Compare before and after 2013 bow-tie diagram.

Table 7. Comparison of preventive measures before and after 2013

Cause of accident	Before 2013	After 2013
Wrong way of working and carelessness	- Establishment of proper working method and signal system. - Care and focus when working.	- Establishment of proper working method and signal system. - Care and focus when working.
Removal of safety fence	- Enhancement of functional and necessity of safety fence. - Supervise management during work.	- Enhancement of functional and necessity of safety fence. - Supervise management during work. - Safety certification of safety fence.
Loss of balance	- Prohibition of excessive action. - Load unevenly distributed.	- Prohibition of excessive action. - Load unevenly distributed. - Certification of horizontal control system safety.
Major structural defect	- Do not use indiscriminately. - Supervise management during work.	- Do not use indiscriminately. - Supervise management during work. - Safety certification for overload prevention devices - Safety certification of support and wire rope

안전인증과 관련된 예방대책의 악화요소는 작업 효율성을 위한 전면난간 제거와 수평조절장치의 작업대 흔들림 예방 불가, 과부하방지장치 임의 조정, 지지대 및 와이어로프의 안전인증 심사에 대한 한계점으로 나타났다.

악화요소의 방지대책으로 안전인증 심사 기준의 일부 변경 및 신규 추가 방안을 제시한다. 해당 방지대책

Table 8. Number of occurrences by accident cause

Cause of accident	2008-2012 Occurred (Number of cases)	2013-2017 Occurred (Number of cases)
Wrong way of working and carelessness	17	12
Loss of balance	4	5
Removal of safety fence	7	13
Major structural defect	8	4

의 도입 시 Table 8의 2013년부터 2017년까지 발생된 34건의 사고 중 잘못된 작업방법 및 부주의로 인한 사고를 제외한 22건 차단에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

작업자 주의사항 및 관리감독 관련 예방대책의 악화요소는 형식적인 특별안전교육과 관리감독의 미흡이 있었다. 방지대책은 특별안전교육 강화 및 주요 작업의 매뉴얼 부착과 일상점검 체크시트의 관리로 파악되었다.

사고결과의 감소대책 기능을 약화시키는 악화요소의 경우 작업 효율성 및 편의성을 위해 안전규정을 미준수 하는 문제점이 나타났다. 이러한 작업자의 안전불감증에 의한 중대재해를 방지하기 위해 관리감독 강화, 스마트 장비 사용의 필요성을 확인하였다.

3.2.2 사고사례 적용

도출된 Bow-Tie 위험성평가 분석의 적합성 확인을 위해 기 분석된 70건 외의 사고 사례 2건에 이를 적용하였다.

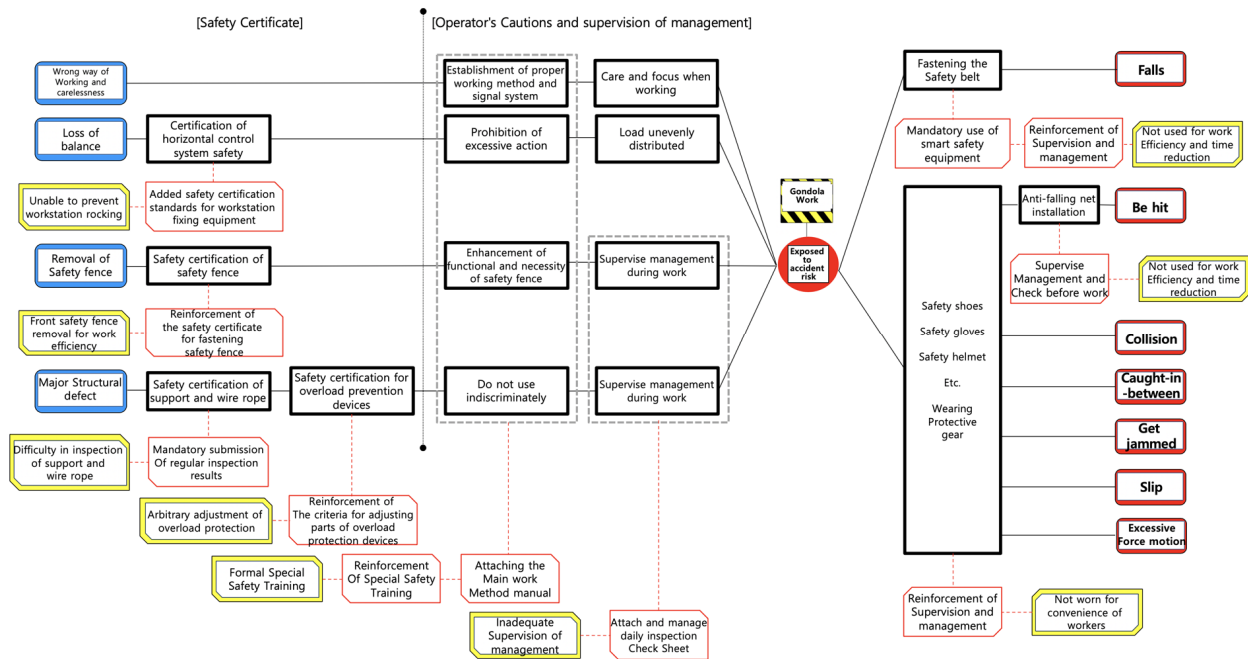


Fig. 5. Diagram of bow-tie risk assessment.

첫 번째 사례는 신축공사 현장에서 가설식 곤돌라를 이용하여 외부벽체 작업 중 발생한 추락 사고이다. 외부벽체 조적작업을 위해 시멘트벽돌을 싣고 작업 중 옥상에 설치된 지지대 2개중 1개가 이탈하여 작업자 2명이 추락 사망하였다. 해당 사고는 작업대의 자중과 적재하중을 고려하지 않고 설치된 지지대가 이탈된 것으로 나타났다.

이 사고의 원인은 주요구조부 결함으로 구분되며 이는 Bow-Tie 위험성평가로 도출된 주요구조부 결함의 예방대책을 통해 해결될 수 있을 것으로 판단된다. Bow Tie 적용 결과는 Fig. 6과 같다. 일상점검 체크시트 부착 및 관리와 과부하방지장치 안전인증 기준 강화를 통해 무분별한 사용을 차단하고, 지지대 안전인증 개선으로 지지대의 안전성을 확보하여 사고를 미연에 예방할 수 있다.

두 번째 사고는 가설식 곤돌라 작업대에서 외벽의 창틀 작업 중 발생한 추락 사고이다. 작업대에서 유리 끼우기 작업을 하던 중 작업대가 흔들려 작업자 2명이 중심을 잃고 이격된 틈새로 추락하여 2명이 사망하였다. 미흡하게 고정된 로프가 작업자가 유리를 들고 힘을 가하는 순간 끊어져 이격이 발생하였고, 전면 안전난간이 제거되어 있어 그 사이로 작업자가 추락한 것으로 나타났다. 또한 작업자가 안전대를 체결하지 않고 안전모를 착용하지 않아 중대재해로 이어졌다.

해당 사고의 원인은 전면난간의 미설치와 임의로 고정된 로프의 이탈로 구분되며 이는 Bow-Tie 위험성평가로 도출된 안전난간 제거 및 인체균형 실패 예방대책을 통해 해결될 수 있을 것으로 판단된다. Fig. 7과 같이 안전난간 안전인증 기준 강화와 작업대 고정용

장비의 안전인증 기준을 추가하고, 작업대 상태점검및 작업자 교육을 통해 추락 사고를 예방할 수 있다. 또한 사고 발생 시 중대재해로 이어지지 않도록 개인보호구의 사용이 필요하다.

Bow-Tie 위험성평가로 도출된 사고의 원인과 예방 대책 및 감소대책을 추가적인 사고사례에 대입하여 문제 해결이 가능한 것을 확인하였다.

3.3 사고예방 대책

3.3.1 와이어로프 및 지지대 안전인증

곤돌라에 적용되는 모든 하중을 지탱하는 주요 구조부인 와이어로프와 지지대의 경우 작업 중 파단 및 파손이 발생되면 중대재해로 이어질 가능성이 높다. 따라서 설치 전 안전인증 심사를 통해 신뢰성과 안전성을 확보하는 것이 요구된다.

와이어로프의 경우 고층 건물옥상에서 지상까지 이어져있는 모든 부분의 전수검사는 사실상 불가능하며, 지지대 또한 전체적으로 도장이 되어있어 비파괴검사를 이용하지 않는 한 부식여부 및 상태를 육안으로만 판단하는 것이 어렵다. 뿐만 아니라 현재 설치업체에서는 자재 점검에 대한 뚜렷한 기준 없이 자체적인 육안검사만을 이용해 불량을 판단하기 때문에 계속해서 재사용을 하고 있는 실정이다.

따라서 설치업체에서 진행할 수 있는 자체점검 가이드라인을 작성하고, 설치 전 해당자재의 자체점검 결과 및 정기적인 검수 결과서를 안전인증 심사 시 제출하는 규정의 재정립이 필요하다.

3.3.2 안전난간 안전인증

작업대에 설치된 안전난간의 경우 특별안전교육 또는 여러 지침들이 반영되어 있으나 작업의 효율성 및 편의성을 위해 작업자들이 임의로 전면난간을 제거하는 경우가 빈번하다. 그러나 안전난간을 제거하고 작업을 진행할 경우 시각적 불안이 심리불안 요소가 되어 작업자 불안전으로 연결 될 수 있다¹⁷⁾. 따라서 안전교육과 관리감독을 통한 예방 외 안전난간 체결구조 및 제거조건 등을 포함한 안전인증 기준을 강화하여 근본적인 문제점을 차단하여야 한다.

현재 안전인증 기준에는 안전난간의 체결방법에 대한 사항이 규제되어 있지 않아 일반적인 볼트체결을 통해 간이로 설치되고, 작업자들이 손쉽게 해체 가능하다. 그러므로 안전난간을 임의해체 방지볼트로 체결하도록 안전인증 심사 기준을 강화하고 관리자에 의해서만 해체가 가능하도록 규정하여 작업자에 의한 무분별한 제거를 사전에 방지하여야 한다.

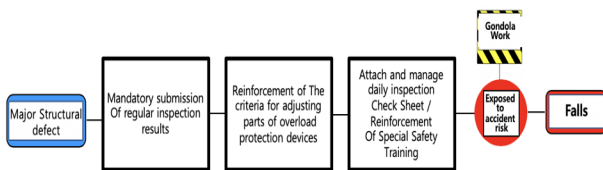


Fig. 6. Diagram of bow-tie risk assessment for major structural failure.



Fig. 7. Diagram of bow-tie risk assessment for removal of safety fence and human balance failure.

3.3.3 과부하방지장치 안전인증

반복적인 과적에 의한 주요 구조부의 부하 누적 주요 사고 원인 중 하나이다. 그러나 현재 안전인증 심사 기준에 과부하방지장치는 ‘임의로 조정할 수 없도록 봉인되어 있을 것’이라는 조정에 대한 규정만 명시되어 있으며, 조정부의 봉인장치 제거에 대해서는 특별한 제한을 두지 않고 있다. 이런 규정상의 허점으로 인해 실제 작업 현장에서는 봉인장치의 제거와 임의조작이 흔하게 발생하고 있어 이를 방지할 수 있는 새로운 기준을 마련하는 것이 필요하다. 그러므로 현재의 기준을 ‘임의로 조정 및 제거 할 수 없도록 봉인되어 있을 것’으로 개정하여 방지장치의 임의조작을 사전에 제거해야 한다.

3.3.4 작업대 고정용 장비 안전인증

가설식 곤돌라는 와이어로프에 매달려 작업이 이루어지기 때문에 바람 또는 적재물의 불균형에 의해 흔들림이 쉽게 발생된다. 이를 방지하고자 수평조절장치가 부착되어 있지만 적재물의 중량에 따라 수평조절장치 만으로는 예방이 불가능하다. 따라서 작업자가 균형을 상실하여 사고로 이어질 수 있으므로 작업 시 작업대의 고정이 요구된다. 기본적인 권고사항은 운반구가 정지한 상태에서만 작업을 실시하도록 지침에서 제안하고 있으나, 이 이외의 명확한 기준은 역시 존재하지 않는다¹⁸⁾. 이로 인해 현장에 버려져있는 끈 등을 이용해 작업대를 고정하거나 없을 경우 고정 없이 작업하는 경우도 발생된다. 따라서 고정용 장비를 반드시 작업대 내에 비치하여 안정적인 작업을 실시 할 수 있도록 안전인증 기준 또는 법적 규칙을 통한 의무화가 필요하다.

3.4.5 특별안전교육 및 관리감독

가설식 곤돌라는 특별안전교육 대상으로 분류되어 일반적인 조작방법 및 안전수칙에 대한 기본 교육 이수만으로 누구나 사용이 가능하다. 이러한 규정상의 허점으로 인해 사고를 유발하는 작업의 실질적인 문제점들을 파악하지 못하는 실정으로 잘못된 작업방법에 의한 사고가 지속적으로 발생하고 있다.

현재 가설식 곤돌라 취급업무 특별교육 규정은 방호장치의 기능 및 사용, 와이어 등의 점검, 권상·권하 작업방법 및 안전작업 지도, 기계·기구의 특성 및 동작원리, 신호방법 및 공동작업, 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항들로 명시되어 있다¹⁹⁾. 이처럼 사고에 대한 주요인자 및 예방대책에 대한 실질적 사용안전교육은 사실상 누락되어 있다. 뿐만 아니라, 건설현장 관

리감독자들의 전문성이 부족하고 이론 위주의 교육을 실시하는 것이 일반적이다²⁰⁾. 따라서 잘못된 작업방법에 의한 가설식 곤돌라의 사고율을 효과적으로 낮추기 위해서는 형식적이고 일반적인 교육 외에 실제 사고 사례를 기반으로 한 사고위험인자 등에 대한 구체적인 안전 교육 이수가 규제화 되어야 한다. 뿐만 아니라 미숙련자의 작업과 부주의한 사용에 의한 사고를 방지하기 위해 작업메뉴얼 및 일상점검 체크시트 부착 및 관리가 필요하다.

불가피하게 사고가 발생할 경우 사고의 결과를 감소시키기 위해 작업자의 보호장비 착용에 대한 관리감독이 필요하다. 또한 착용여부 확인 안전대 등 스마트 안전장비 사용의 의무화²¹⁾ 등의 근본적인 문제 제거를 위한 방법도 고려되어야 할 것이다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 가설식 곤돌라의 사고사례 분석과 Bow-Tie 위험성평가를 활용하여 사고예방 대책을 도출하였다. 먼저 연도별 사고발생 현황, 사고유형, 사고 발생 시 작업자의 행동을 분석하여 대책 마련의 중요성과 사고의 강도, 그리고 방호장치 및 보호장비의 필요성을 확인하였다. 또한 사고의 원인과 악화요소를 파악하여 안전인증 기준의 개선 대책을 도출하였다. 향후 대책의 실현가능성과 적용의 시급성을 고려하여 순차적으로 도입된다면 가설식 곤돌라 재해예방에 기여하는바가 매우 클 것으로 기대된다.

도출된 예방 대책은 아래와 같다.

- 1) 안전인증 심사 시 와이어로프 및 지지대의 업체 자체점검 결과 또는 정기적인 검수 결과서를 제출
- 2) 안전난간을 작업대에 용접하거나 특별한 공구를 통해서만 해체가 가능하도록 안전인증을 통한 규정
- 3) 과부하방지장치 봉인장치의 제거와 임의조작을 사전에 제거하기 위한 안전인증 기준 개정
- 4) 흔들림을 방지하고 안정적인 작업이 가능하도록 작업대 고정용 장비 관련 안전인증 기준 추가
- 5) 잘못된 작업방식으로 인한 사고 감소를 위해 실제 사고사례를 기반으로 한 특별안전교육 이수, 작업 메뉴얼 및 일상점검 체크시트 부착을 통해 사전 안전 교육 및 현장관리 측면 강화

References

- 1) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “A Study on the Safety Work of Gondola”,

- 2006-122-827, p.1, pp. 58-65, 2006.
- 2) J. S. Kim and Y. H. Hong, “Development of the Safety Standard for Suspended Access Equipments”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 22, No. 5, p. 7, 2007.
 - 3) Ministry of Employment and Labor, “Notice on Safety Inspection Reduction”, Ministry of Employment and Labor Notice 2017-54, 2017.
 - 4) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “Falling While en Route to the Gondola Carrier” 2014-Education Media-740, 2014.
 - 5) Y. G. Han, K. W. Yeun, Y. W. Lee and J. Kim, “A Study for the Supporting Means of Exterior Walls Maintenance Gondola”, Korean Society for Precision Engineering, pp. 1073-1074, 2012.
 - 6) C. W. Choi, S. P. Lee and K. W. Kang, “Development of Fatigue Stress Spectrum and Fatigue Life Prediction of Endless Winder Sheave for Wind Turbine Lift using Finite Element Analysis”, Journal of Renewable and Sustainable Energy 6, 042010, p. 3, 2014.
 - 7) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “Gondora Work Safety Guide”, Construction 2000-33-475, 2000.
 - 8) Ministry of Employment and Labor, “Notice of Safety Certification for Hazardous Machine Tools”, Ministry of Employment and Labor Notice 2016-29, 2016.
 - 9) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “Gondola Safety Work” 2011-Education Media-1635, 2001.
 - 10) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “General Information System for Hazardous and Hazardous Machines and Apparatus”, www.mis.kosha.or.kr, 2019.10.02.
 - 11) H. S. Byun, J. K. Rhim and W. B. Yang, “Reducing the Falling Accident due to the Removal of Safety Fence from Gondola”, Journal of Korea Safety Management & Science, Vol. 21, No. 2, pp. 9-13, 2019.
 - 12) Ministry of Employment and Labor, “An Analysis of Industrial Accidents in 2017”, 2017.
 - 13) J. W. Jung, “A Study on the Implementation of Risk Assessment System at Workplace in Korea”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 29, No. 3, pp. 121-128, 2014.
 - 14) C. H. Tae, H. S. Lee, C. H. Byun, J. M. Yang, C. H. Park and J. W. Ko, “A Study on Risk Analysis of Manufacturing Process Using the Bow-Tie Method”, Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 17, No. 3, pp. 33-38, 2013.
 - 15) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “Guideline for Semi-quantitative Bow-Tai Risk Assessment” KOSHA GUIDE X-40-2011, 2011
 - 16) BowTieXP, “CGE Risk Management Solutions”, <http://www.cgerisk.com>, 2019.10.02.
 - 17) K. S. Son, “An Experimental Study on the Correlation Between Highrised Safetygurad and Workers’ Safety”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 16, No. 2, pp. 80-84, 2001.
 - 18) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), “Gondola Safety and Health Work Instructions”, KOSHA GUIDE C-62-2012, 2012.
 - 19) Ministry of Employment and Labor, “Education Contents by Target”, Enforcement Rules of the Industrial Safety and Health Act Article 33 Annexes 8, 2019.
 - 20) D. H. Yun, J. Y. Park and J. H. Kee, “Measures to Reduce Tower Crane Accidents During Operation by Improving Signal System and Education for Signalmen”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 34, No. 4, pp. 68-75, 2019.
 - 21) Conference on Inspection and Coordination of State Affairs, “Comprehensive Measures to Prevent Falls in Construction Sites”, p. 6, 2019.