

선행난간 시스템 비계의 설치작업 위험성평가에 대한 연구

조규선^{1*}, 최민제¹, 전진우², 류요엘³, 이준원³

¹호서대학교 안전행정공학과, ²한국로봇산업진흥원, ³송실대학교 안전보건융합공학과

A Study on the Risk Assessment of the Installation Work of the Advanced Guardrail System Scaffolding

Guy-Sun Cho^{1*}, Min-Je Choi¹, Jin-Woo Jun², Joel Ryu³, Joon-Won Lee³

¹Department of Safety and Public Administration, Hoseo University

²Division of Policy Planning, KIRIA

³Department of Safety and Health Convergence Engineering, Soongsil University

요약 국내 산업현장 사고 사망자의 49.9%(485명)가 건설업에서 발생하고 있으며 그 중 59.8%(290명)가 추락 사고에 기인한다. 최근 3년간 강관 비계와 시스템 비계에서 추락 사망자는 총 99명이었고 이중 5명은 시스템 비계에서 발생하였다. 현재 시스템 비계 수평재의 설치 공법은 일명 후행난간이라 불리는 방식이다. 작업자는 안전난간이 설치되지 않은 상부 작업발판 위에 올라가 작업자재를 운반하고 수평재를 설치한다. 안전난간이 설치되지 않았으므로 작업자는 추락 위험에 노출된 채로 작업하게 된다. 그 결과 시스템 비계 임에도 작업자의 추락 사고가 발생하게 된다. 그럼에도 정부에서는 강관 비계에 비해 추락 위험이 매우 낮은 시스템 비계를 설치하는 소규모 건설공사는 정부 자금을 지원해주고 있다. 본 연구에서는 후행난간 공법과 선행난간 공법 시스템 비계의 설치시 위험성 평가를 실시하여 비교함으로써 떨어짐 등 사망 사고 발생 가능성 정도를 확인하였다. 본 연구결과를 기초로 하여 선행난간 시스템 비계의 시장 보급 및 확대를 위한 클린사업 지원 대상에 지정, 후행난간의 법적 제도적 보완을 위한 관련 법령 개정, 정부, 공공기업, 공공기관 발주 공사시 우선적으로 의무사용 권고 등을 제안함으로써 안전한 일터 조성에 도움이 되기를 기대한다.

Abstract Approximately 50% (485 people) of fatal accidents occurred in domestic industrial sites, and 59.8% (290) of them were caused by falls. In the last three years, 99 fall fatalities occurred in steel pipe scaffolding and system scaffolding, of which five occurred in system scaffolding. The installation of a system scaffolding horizontal member is called a trailing railing. Workers climb on the working platform without guardrails, transport materials, and install horizontal members. Because the guardrails are not installed, the worker is exposed to a risk of falling. Even if it is a system scaffold, falls do occur. The government provides funding for small-scale construction projects that install system scaffolding, which has a lower risk of falls than steel pipe scaffolding. A risk assessment was conducted and compared when installing the conventional guardrail and the advanced guardrails to confirm the likelihood of fatalities, such as falling. The results of this study designate a target for clean project support for spreading and expanding the market of advanced guardrail system scaffolding. They recommend the revision of related laws for legal and institutional supplementation of the conventional guardrail, and mandatory use for construction ordered by the government, public enterprises, and public institutions.

Keywords : Advanced Guardrail System, Scaffolding, Prevention of Falls, Construction Site, Risk Assessment

*Corresponding Author : Guy-Sun Cho(Hoseo Univ.)

email: cho1395@hoseo.edu

Received May 13, 2021

Accepted September 3, 2021

Revised June 29, 2021

Published September 30, 2021

1. 서론

1.1 시스템비계의 사망사고

국내 산업현장 사고사망자의 49.9%(485명)가 건설업에서 발생하고 있으며 그중 59.8%(290명)가 추락사고에 기인한다(고용노동부, 2018). 정부는 건설현장의 추락사고를 줄이고자 강관비계 대신에 상대적으로 추락위험이 적은 시스템비계를 설치하는 중소 건설업체에게 2013년부터 정부보조금을 지원하고 있으나, 시스템 비계 설치 시에도 대부분의 건설현장에서 안전 난간을 나중에 설치하는 '후행난간 공법'을 적용하고 있어 설치, 해체 작업 시 여전히 떨어짐의 위험은 존재한다. 2020.02.22. 경기도 군포 근린생활시설 신축현장에서 비계공이 외부 시스템비계 설치 작업 중 작업발판 단부에 안전난간이 설치되지 않아 추락(높이 20.3 m)하여 사망하였고, 2019.04.13. 경기도 용인 소재 공동주택 신축현장에서 비계공이 외부 시스템비계 설치 작업 중 고정되지 않는 상부 난간용 수평재가 이탈, 추락(높이 13.5 m)하여 사망한 사례가 있어 시스템비계에서도 안전난간을 선행하여 설치하지 않으면 추락 위험성이 높다[1]. 최근 3년간 강관비계와 시스템비계에서 추락사망자는 총 99명으로 공사금액별 추락사망자 현황은 Table 1과 같다. 공사금액이 상대적으로 적은 50억 미만의 공사에서 전체 사망자의 72.3%(68명)를 차지하고 있으며 안전하다고 알려

진 시스템비계에서도 후행난간 공법의 추락사망 5명(5.1%)이 존재함을 알 수 있다[1].

추락사망의 주요원인은 Table 2와 같으며, 안전난간 미설치 또는 설치미흡이 69.8%(69명), 작업발판 미설치 또는 설치미흡이 20.2%(20명), 가설통로 미설치 또는 설치미흡이 7%(7명), 안전대 미착용 또는 미부착이 3%(3명)로 나타났다. 비계 설치 및 해체 작업과 이동 중 추락 사망원인은 안전난간 또는 작업발판을 미설치하거나 설치 미흡에 기인한다. 따라서 안전난간을 미리 설치하여 항상 안전난간이 설치된 상태에서 작업하는 선행난간 공법의 도입이 필요하다[1].

본 연구는 최근 건설현장에서 사용이 증가하는 시스템비계 설치시 후행난간 공법의 위험성과 향후 법제도 보완을 통해 사용해야 할 선행난간 공법의 위험성평가를 비교·분석하였다. 이를 통해 본 연구는 선행난간 공법의 국내 도입시 필요한 법적 근거, 제도 운영, 설치 및 사용 기준, 보급지원 정책 수립 등에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구방법 및 절차

본 연구는 설치현장의 주변상황 확인, 작업자 동선 파악, 작업자 접근 횟수와 시간 조사 등 설치현장조사를 시작으로 업무매뉴얼을 통한 작업공정과 작업표준을 분석하고, 이를 바탕으로 위험요소(Hazard)를 발굴, 위험성

Table 1. Status of fallen fatalities by construction amount(2016-2018)

Classification	Total	Less than 300 million won	30-100 million won	1-5 billion won	5-10 billion won	10-100 billion won	100 billion won or more
Share of fatalities	100%	24.2%	27.3%	18.2%	10.1%	12.1%	8.1%
Steel tube scaffolding	94	23	27	18	9	9	8
System scaffolding	5	1	0	0	1	3	0

Table 2. Fall fatalities by accident cause(2016-2018)

Classification	Total	Work platform		Guard rail		Temporary passage		Harness	
		Install	Insufficient installation	Install	Insufficient installation	Install	Insufficient installation	Not wear	Not attach
Share of fatalities	100%	10.1%	10.1%	55.6%	14.2%	3.0%	4.0%	2.0%	1.0%
Steel tube scaffolding	94	10	10	52	13	2	4	2	1
System scaffolding	5	0	0	3	1	1	0	0	0

(Risk) 결정, 허용여부 판단까지의 절차를 ISO 12100의 위험성평가 절차를 준용하여 아래 Fig. 1과 같이 제시하였다[1]. 개선조치에 대한 사항은 이번 연구에는 제외하고 후행난간 공법과 선행난간 공법의 떨어짐 사망사고 위험성평가 결과 간 비교·분석에 초점을 맞추고 연구적 함의를 찾고자 하였다.

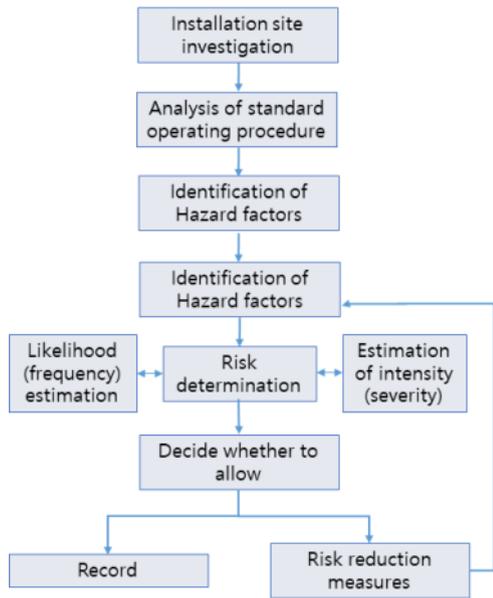


Fig. 1. Research method and procedure

2. 이론적 배경

2.1 선행연구

비계와 관련된 선행연구들은 대부분 비계관련 추락재해 원인 및 유형분석과 건설현장 비계사용 실태조사에 집중되어 왔다. 김대영은 해외 사례비교를 통한 건설현장 추락재해 예방기법의 개선방안을 연구[1]하였고 임형철 외는 건설현장 달비계 추락재해 예방을 위한 사례분석을 연구[2]하였다. 또한 최두호는 건설현장 추락사고 예방을 위한 사례 연구[1]를 김건희 외는 고령근로자의 추락재해 예방에 관한 연구[4]를 하였다. 한편, 최근에는 떨어짐 사고 예방을 위한 Dfs와 BIM 기반의 안전난간 설계가이드 시스템[5], 고소작업자 추락예방을 위한 스마트 안전고리 체결감지 시스템[6], 토폭 모델링을 이용한 건설현장 추락재해 분석과 같은 선진기법을 활용한 연구[7]가 진행되고 있다. 그러나, 본 연구와 같이 시스템비계의 선행난간에 대한 연구는 비계 안전난간 선행공법

적용의 타당성에 대한 것[4]이 있었으며 본 연구와 같이 시스템비계 후행난간 공법과 선행난간 공법의 위험성평가에 대한 연구는 아직 없었다.

국내에는 시스템비계 후행난간 공법에 대한 법적 기준은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제69조 및 제70조, 고용노동부고시 제2020-33호 방호장치 안전인증기준 제25조 및 제36조에 따라 설치되고 사용되도록 강제되어 있으나 선행난간 공법에 대한 기준은 없는 실정이다. 반면, 해외에서는 일본 일본공업규격 가설공업회, 일본산업규격 JIS A 8961(2014) “Advanced And Secured Handrail”, 일본 노동안전위생규칙 제552조 제4호, 일본 후생노동성(2003) “안전난간 선행공법에 관한 지침”, 일본 후생노동성 기발 제0424003호(2009) “비계로부터 추락에 대한 노동재해예방대책 시행” 그리고 미국 ANSI/ASSP A10.8에서 선행난간의 설치, 사용 및 시험방법에 대해 규정하고 있어 건설현장에서 폭 넓게 사용되고 있다[4].

2.2 시스템비계의 구조

비계는 공사용 통로나 작업발판 설치를 위하여 구조물의 주위에 조립, 설치되는 가설구조물을 말한다[4]. 시스템비계는 Fig. 2과 같이 수직재, 수평재, 가새재 등의 부재를 공장에서 제작하여 현장에서 조립하여 사용하는 가설구조물을 말한다[5].

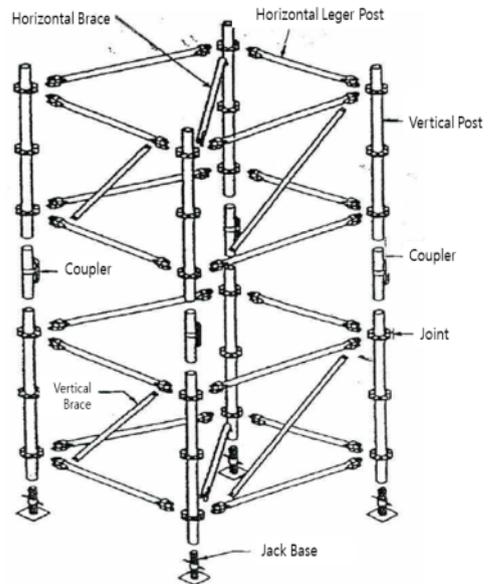


Fig. 2. Elements of system scaffolding

시스템비계는 작업발판, 수직재, 수평재 및 가새 등이 규격화 또는 일체화되어 있어 균일 시공이 가능하고 기존 관공비계에 비해 추락 위험성이 매우 낮아 고용노동부에서는 2013년부터 건설업 현장에 시스템비계를 보급하고자 보조금을 지원하고 있으며 2019년부터는 공공기관에서 발주하는 공사에는 의무적으로 시스템비계를 사용하도록 하고 있어 그 사용량이 계속 확대될 것으로 전망된다.

2.3 후행난간 공법

후행난간 작업방법에 사용하는 자재의 무게는 수직재 11.9 kg(길이 3800 mm), 수평재 3.7 kg(길이 1829 mm), 작업발판 12.6 kg(400×1829 mm, 1.0 t)이다. 현재까지 사용하고 있는 시스템비계의 설치-해체 방법은 흔히 후행난간(후행 안전난간 설치 공법)이라 불리는 방식으로 시스템비계 설치 시 작업발판과 안전난간이 설치된 ①수직재를 설치한다. ②상부의 작업발판을 조립한다. 그리고 난 후, ③계단을 설치한다. ④작업자는 작업발판만 설치된 상부에 올라가 ⑤자재를 인력으로 운반하고 ⑥수평재(안전난간)을 설치한다. 따라서 안전난간이 설치될 때까지는 안전난간이 없는 작업발판 위에서 작업이 이루어지므로 항상 떨어질 위험이 있다. Fig. 3은 후행난간을 설치하는 모습이다. 해체 순서는 설치 순서와 반대이다.

2.4 선행난간 공법

선행난간 작업방법에 사용하는 자재의 무게는 수직재 11.9 kg(길이 3800 mm), 선행난간(수평재) 7.2 kg(길

이 1829 mm), 작업발판 12.6 kg(400×1829 mm, 1.0 t), 계단 13.5 kg(길이 2312 mm)이다. 후행난간과 유사한 조건을 맞추어 위험성평가를 실행하여 서로 위험도를 비교하였다. 후행난간 설치시 떨어짐 위험을 예방하기 위해 상부 작업발판 설치 전 안전난간을 먼저 설치하는 선행난간(선행 안전난간 설치 공법)이 있다. 선행난간 설치방법은 Fig. 4와 같이 ①수직재를 설치한다. ②안전한 위치에서 상부의 안전난간(선행난간)을 미리 설치한다. 그리고 난 후, ③상부 작업발판을 설치한다. ④계단을 설치한다. ⑤안전난간이 설치된 상부에 올라가 ④다음 작업을 할 자재를 인력으로 운반하고 ①과 같이 작업을 반복한다. 따라서 안전난간이 설치된 상태에서 작업이 이루어지므로 항상 떨어질 위험이 없다. 해체 순서는 설치 순서와 반대이다.

3. 위험성평가 실시

3.1 위험성평가 기준 설정

시스템비계의 설치공정에 대한 위험성평가는 고용노동부 고시(2020) “사업장 위험성평가에 관한 지침”에 따른 절차와 방법으로 Fig. 4와 같이 유해위험요인 파악, 위험성 추정, 위험성 결정 그리고 허용여부 결정 및 위험성 감소대책 수립 순으로 수행하였다.

먼저 Table 3과 같이 ‘위험 발생 가능성(빈도)’는 작업 중 사고가 매년 1회 발생(1점), 작업 중 사고가 매년 2회 발생(2점), 작업 중 사고가 매년 3회 이상 발생할 경

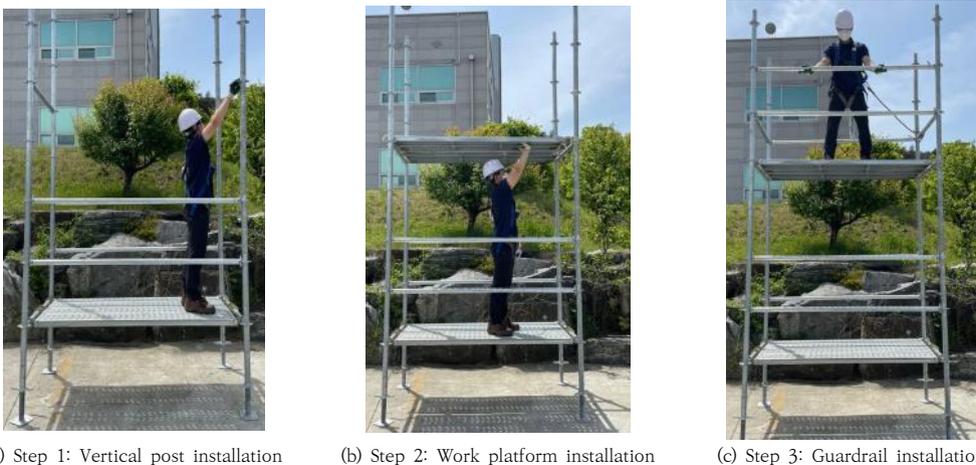


Fig. 3. Installation of Conventional Guardrail



Fig. 4. Installation of Advanced Guardrail

우(3점)로 정의하였다[2].

Table 3. Possibility (frequency) criteria table

Frequency		Criteria
High	3	3 or more accidents occur during annual work
Medium	2	2 or more accidents occur during annual work
Low	1	1 or more accidents occur during annual work

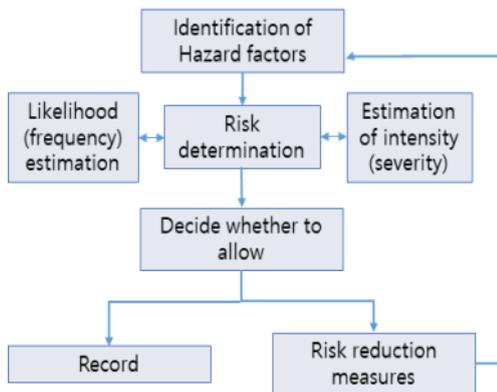


Fig. 4. Risk Assessment Procedure

‘위험의 심각성(치명도)’는 Table 4와 같이 운전성 향상을 위한 개선을 목적으로 하는 무시할 수준의 손실 일

수 없는 사고(경미, 1점), 휴업일수 4일 미만의 사고(보통, 2점), 휴업일수 4일 이상 90일 미만의 사고(중대, 3점), 사망, 휴업일수 90일 이상의 사고(치명, 4점)로 정의하였다[13].

위험성 추정은 행렬 조합법을 채택하여 Table 5와 같이 정의하였다[2].

Table 4. Strength (severity) criteria table

Severity			Criteria
Highest	Critical	4	Death, or accidents over 90 days off
High	Grave	3	Accidents between 4 days and less than 90 days
Medium	Significant	2	Accidents with less than 4 days off
Low	Slight	1	An accident with negligible loss with the aim of improving driving performance

Table 5. Risk Matrix of Checklist

Severity \ Frequency	Frequency		
	3	2	1
4	5	5	3
3	4	4	2
2	3	2	1
1	2	1	1

위험성결정의 위험수준(Table 6)은 사업장에서 일반적으로 사용하는 체크리스트 기법을 준용하여 1점(무시할 수 있는 위험)은 현재의 안전대책을 유지, 2점(경미한 위험)은 보호구 착용, 안전난간 설치, 안전정보 및 주기적 표준작업 안전교육 제공이 필요하나 현 상태로 작업이 가능, 3점(상당한 위험)은 조건부로 계획된 기간에 안전대책을 세워야하는 위험, 4점(중대한 위험)은 긴급 임시 안전대책을 세운 후 작업을 하되 계획된 기간에 안전대책을 세워야하는 위험, 5점(허용불가능한 위험)은 즉시 작업중단(작업을 지속하려면 즉시 개선을 실행해야 하는 위험)이 필요한 위험으로 정의하였다[2].

Table 6. Risk Management Criteria

Risk level		Improvements
Unacceptable	5	Risks that require immediate shutdown (risk of immediate improvement to continue work)
Serious	4	Risks of working after establishing emergency temporary safety measures, but establishing safety measures during the planned period
Significant	3	Risk of establishing safety measures during a conditionally planned period
Minor	2	It is necessary to provide protective gear, install safety railings, provide safety information, and provide safety training on a regular basis, but work is possible as is.
Negligible	1	Maintain current safety measures

3.2 후행난간 공법 시스템비계 위험성평가

발생 빈도와 강도는 위험성평가 전문가 1명과 설치업자 1명, 현장 관리자 1명, 안전관리자 1명, 대학 안전공학 교수 1명이 위험성평가팀을 구성하고 브레인스토밍 방식으로 평가 결정하였다.

위험성평가 결과는 Table 7에 정리하였다. 수직재 설치, 작업발판 설치, 계단 설치시에는 위험도가 1내지 2 수준으로 낮은 반면 자재 운반, 수평재 설치시에는 안전난간이 설치되지 않은 상부 작업발판에서 작업함에 따라 떨어져 사망할 수 있는 위험한 수준이었다. 이 수준은 작업을 즉시 중단하고 안전조치를 취한 후에만 작업을 개시할 수 있는 치명적인 위험이다.

Fig. 5, Fig 6, Fig. 7은 후행난간 공법의 위험성요인에 대한 4개의 방사형 그래프이다. 각각은 수직재 설치, 작업발판 설치, 계단 설치시의 위험으로 어깨 위로 손을 뻗거나 유지, 웅크리거나 구부린 자세 등 부자연스러운 자세, 13.5 kg의 계단이나, 12.6 kg의 작업발판 등 과도

한 힘의 요구 등 근골격계 부담작업과 수직재, 수평재, 계단, 작업발판 등 자재에 부딪힘, 떨어져 맞음 등 자재 취급시에 발생하는 일반적인 위험성이다. Fig. 8, Fig. 9는 상부 작업발판에서 안전난간(수평재)가 없는 상태에서 수평재, 수직재, 계단, 작업발판 등을 설치하기 위한 자재 운반, 수평재 설치에 따른 떨어져 사망할 위험이 있는 치명적 시급한 위험이다.

Table 7. Main Risk Factors and Risk

Step	Hazard factors	Frequency	Severity	Risk
S-1 Installation of Vertical members	• Bent position puts a strain on the waist	2	2	2
	• 11.9 kg member weight puts a strain on the shoulders.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	1	2	1
S-2 Installation of work platform	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• 12.6kg member weight puts a strain on the shoulders.	2	2	2
	• Bumpwiththemembers	2	2	2
	• Drop the material and hit.	3	1	2
S-3 Installation of steps	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• 13.5 kg member weight puts a strain on the shoulders.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	3	1	2
S-4 Material handling	• Risk of fall	3	4	5
	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• Members weight puts a strain on the shoulders and waist.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
S-5 Installation of Guardrails	• Drop the material and hit.	3	1	2
	• Risk of fall	3	4	5
	• Bend back and put a strain on shoulders and lower back.	1	1	1
	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• Bump with the members	3	1	1
	• Drop the materia land hit.	3	1	1

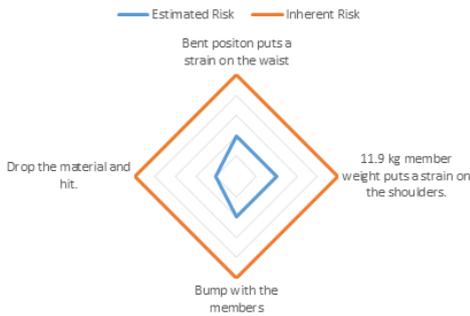


Fig. 5. Risk when installing vertical members

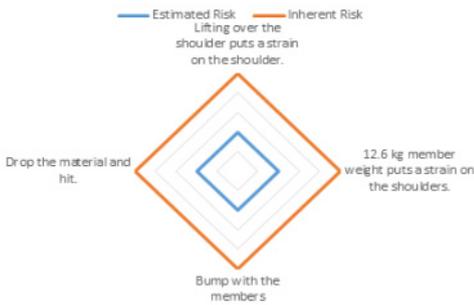


Fig. 6. Risk when installing work platforms

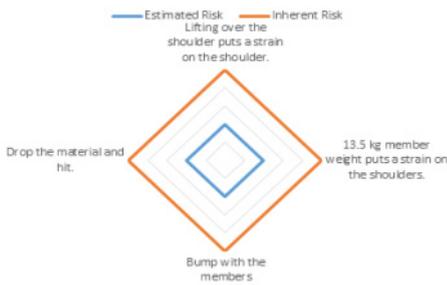


Fig. 7. Risk when installing steps

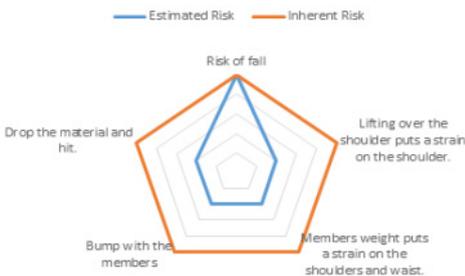


Fig. 8. Risk when transporting members

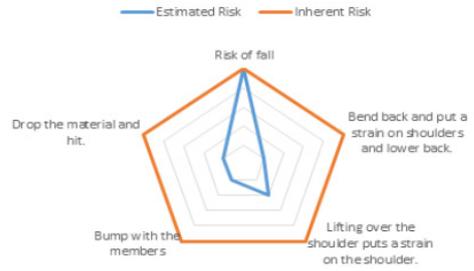


Fig. 9. Risk when installing Guardrails

3.3 선형난간 공법 시스템비교 위험성평가

선형난간의 발생 빈도와 강도는 앞의 후행난간에 참여한 위험성평가팀이 동일한 방법으로 위험성평가를 실시하였다. 위험성평가결과는 Table 8과 같이 수직재 설치, 선형난간 설치, 작업발판 설치, 계단 설치 및 자재 운반 시에도 위험도는 모두 낮은 1내지 2 수준으로 평가되었

Table 8. Main Risk Factors and Risk

Step	Hazard factors	Frequency	Severity	Risk
S-1 Installation of Vertical members	• Bent position puts a strain on the waist	2	2	2
	• 11.9 kg member weight puts a strain on the shoulders.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	1	2	1
S-5 Installation of Advanced Guardrail	• 7.2 kg member weight puts a strain on the shoulders.	3	1	2
	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	3	1	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	1	3	2
S-2 Installation of work platform	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• 12.6 kg puts strain on the shoulders and waist.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	3	1	2
S-3 Installation of steps	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• 13.5 kg puts strain on the shoulders and waist.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	3	1	2
S-4 Material handling	• Bend back and put a strain on shoulders and lower back.	2	2	2
	• Lifting over the shoulder puts a strain on the shoulder.	2	2	2
	• Bump with the members	2	2	2
	• Drop the material and hit.	3	1	2

다. 이는 후행난간과 같이 안전난간이 설치되지 않은 상부 작업발판에서 작업함에 따라 떨어져 사망할 수 있는 치명적인 위험은 없었다.

3.4 위험성평가결과 간 비교

Fig. 10은 후행난간 공법과 선행난간 공법 간 위험성평가 결과를 5개의 항목을 기준으로 비교한 방사형 비교 그래프이다. 5개의 비교항목은 각각 떨어짐, 맞음, 부딪힘, 부자연스러운 자세, 과도한 힘이다.

Fig. 10은 후행 안전난간 또는 선행 안전난간 설치를 위해 상부 작업발판 위에서 작업하는 상황에 대한 위험성평가로 과도한 힘, 부자연스러운 자세, 부딪힘, 떨어져 맞음 위험은 보다 가볍고, 크기가 작은 후행난간의 위험성이 낮았으나 수평재가 설치되지 않아 작업자가 바닥으로 떨어져 사망할 위험이 있었다.

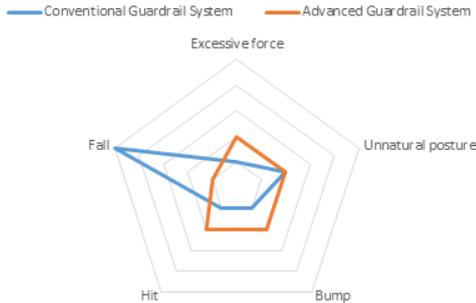


Fig. 10. Risk when installing conventional and advanced Guardrails

4. 결과 검토

후행난간과 선행난간의 위험요소 중 자재의 떨어짐으로 인한 맞음, 자재와 부딪힘, 자재를 들어 올리거나 지지할 때 과도한 힘, 자재를 조립시 부자연스러운 자세는 위험수준이 낮은 단계로 무시할 정도 또는 작업자 안전교육, 작업안전수칙 준수, 경고표지 부착 등으로 손쉽게 위험을 저감할 수 있는 수준이었다. 다만, 선행난간이 후행난간보다 맞음, 과도한 힘, 부자연스러운 자세에서 각각 141%, 11%, 12.5% 더 위험한 것으로 나타났다. 이것은 선행난간이 3개의 파이프가 1개로 결합된 형상, 크기, 무게(후행난간 수평재 1개의 무게는 3.7 kg이나 선행난간의 무게는 7.2 kg으로 95% 더 무거움)에서 오는 차이에 따른 것이다. 선행난간이 더 무겁고 큰 형상의 자

재를 머리 위에 손을 뻗어 설치시 자재의 떨어짐에 의한 맞음, 과도한 힘의 필요, 부자연스러운 자세가 나타날 수 있어 더 위험한 것으로 나타났다. 그러나 후행난간은 상부 작업발판 위에서 안전난간이 설치되지 않은 상태에서 자재운반이나 수평재 설치시 작업자의 떨어짐 위험이 사망에 이르는 심각한 수준으로 항상 노출될 수 있어 즉각 작업을 중단하고 개선조치 후에 작업을 개시해야 할 수준이다.

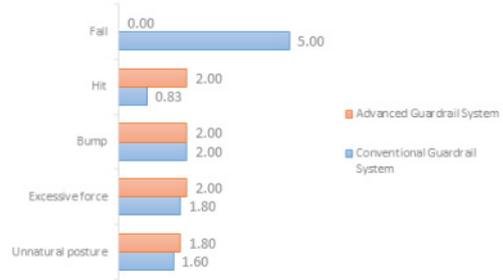


Fig. 11. Risk of Conventional Guardrail System and Advanced Guardrail System

5. 결론

국내 산업현장 사고사망자의 절반이 건설업에서 발생하고 있으며 그중 약 60%는 추락으로 사망하고 있다. 정부는 추락사망을 줄이고자 시스템비계 설치 보조지원 제도를 운영하고 있으나 시스템비계에서도 추락사망자가 5명 발생하였다. 사망원인을 파악한 결과 후행난간 공법의 안전난간을 설치하지 않은 상태에서 작업자가 상부 작업발판에 비계설치 작업하는 치명적인 문제점이 확인되었다. 본 연구는 후행난간 공법과 선행난간 공법과의 위험성평가를 통해 추락에 대한 위험성을 비교검토 하였다. 연구결과를 토대로 다음과 같은 결론 제안한다.

첫째, 이번 연구를 통해 선행난간은 후행난간보다 치명적인 사망재해를 일으키지 않는 것으로 확인되었다. 후행난간 공법이 선행난간 공법보다 수평재와 선행난간의 형상, 크기, 무게의 차이에 따라 좀더 안전하였으나 안전난간(수평재)이 없는 상태에서 상부 작업발판에서 작업시 떨어짐에 의한 사망사고 위험이 있는 치명적이고 시급한 문제점이 확인되었다.

둘째, 선행난간 시스템비계의 시장보급 및 확대를 위해 클린사업 지원대상에 지정되어야 한다. 강관비계에서 발생하는 사망사고에 비해 후행난간 공법의 시스템비계에서의 사망사고는 확실히 감소하는 것이 최근 3년간의

산재사고 분석을 통해 알 수 있었으나 후행난간 공법에 서도 5건의 떨어짐 사망사고가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 사망사고가 발생하는 후행난간 공법의 시스템비계에 정부의 자금지원이 계속되는 것은 시급히 개선해야 할 정책적인 문제이다.

셋째, 후행난간의 법적 보안을 위해 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 방호장치 안전인증기준이 개정되어야 한다. 정책적 제도적 보안을 위해서 시급히 선행난간 공법의 시험과 인증을 위한 기준이 제정되어야 할 것이다. 이것은 고용노동부에서 현재 일본, 미국에서 사용하는 선행난간 공법의 시스템비계 안전인증 기준을 참고하여 개정하면 될 것이다.

넷째, 정부, 공기업, 공공기관 발주공사시 우선적으로 의무 사용을 권고한다. 후행난간에서 작업자의 떨어짐 사망사고의 발생 위험성과 사망사고 현황을 확인하였으므로 기획재정부에서 예산을 지원받아 발주하는 정부, 공기업, 공공기관의 공사부터 선행난간 공법의 시스템비계를 사용하도록 의무화하여 가설기자재 민간시장에서도 선행난간 공법의 시스템비계가 조기 정착되도록 지원하여야 할 것이다.

선행난간 공법이 국내 건설현장에 조기 적용될 경우 비계의 설치, 해체 작업 중 떨어짐 사망사고 방지와 더불어 건설업 경쟁력 강화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

References

- [1] J.D. Park, "A Study on Advanced Guardrail Installation method of System Scaffolding to Prevent Falls", Ph.D dissertation, Ulsan University, pp.42-49, 2020. <http://www.riss.kr/libproxy.hoseo.ac.kr/index.do>
- [2] G. S. Cho, "Improvement for the Safety on the Automobile-Parts Assembly Process using Collaborative Robot through Risk Assessment : Disk snap ring assembly process mainly", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 21, No. 8, pp.342-347, 2020. <http://www.kais99.org/>
- [3] D.Y. Kim, "Improvement of Fall Prevention Method in Construction Site through Comparison with Advanced Countries' Cases", *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol. 20, No. 5, pp.471-480, 2020. <http://www.riss.kr/link?id=A107091711>
- [4] Y.C. Lim, D.H. Lee, S.C. Jung, "Analyzing Disaster Cases on Construction Sites to Prevent Falling Disaster of Hanging Scaffolding", *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol. 20, No. 6, pp.66-73, 2019. <http://www.riss.kr/link?id=A106447546>
- [5] D.H. Choi, "Case Study for Preventing Construction Site Fall Accidents", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 20, No. 6, pp.81-88, 2019. <http://www.riss.kr/link?id=A106447548>
- [6] J.H. Kim, M.J. Jung, T.H. Kim, "A Study on the Prevention of Fall Accidents for Elderly Workers", *Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 5, No. 4, pp.349-354, 2019. <http://www.riss.kr/link?id=A102595931>
- [7] C.J. Lee, S.I. Ham, "Design Guide Systems of Safety Handrail based on DfS and BIM for Preventing of Fall Accidents", *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 36, No. 10, pp.235-241, 2020. <http://www.riss.kr/link?id=A107096991>
- [8] S.H. Jun, S.S. Kang, G.G. Kim, "Smart Safety Hook Monitoring System to Prevent Falls from Height", *Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 2020, No. 8, pp.2564-2568, 2020. <http://www.riss.kr/link?id=A107085058>
- [9] G.H. Ryu, "Falling Accidents Analysis in Construction Sites by Using Topic Modeling", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 10, No. 7, pp.175-182, 2019. <http://www.riss.kr/link?id=A106302592>
- [10] J.D. Park, S.O. Moon, H.S. Lee, "Feasibility Analysis for Introduction of Scaffolding with Advanced Guardrail System to Prevent Falls", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 35, No. 4, pp.23-31, 2020. <http://www.riss.kr/link?id=A99777524>
- [11] Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), "Research On Application of the Method of Erecting Handrails First in Korean Construction Site", 2019. <https://oshri.kosha.or.kr/>
- [12] Korea Occupational Safety & Health Agency, "Steel pipe scaffolding safety work guidelines", p3, 2020. <https://www.kosha.or.kr/kosha/totalSearch.do>
- [13] Korea Occupational Safety & Health Agency, "System Scaffolding Safety Work Instructions", p1, 2020. <https://www.kosha.or.kr/kosha/totalSearch.do>
- [14] Korea Occupational Safety & Health Agency, "Technical Guidelines for Risk Assessment at Workplace Using Checklist(KOSHA Guide X-38-2014)", pp.9-12, 2014. <http://www.kosha.or.kr/kosha/info/getLaw.do#/a>
- [15] G. S. Cho, "Application of JSA and Checklist in Asbestos Sealing", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 35, No. 2, pp.61-66, April 2020. <http://www.kosos.or.kr/>
- [16] Korea Occupational Safety & Health Agency, "Risk Assessment Guideline", pp.39-41, 2017. <http://www.kosha.or.kr/kosha/info/getLaw.do#/a>

조 규 선(Guy-Sun Cho)

[정회원]



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

<관심분야>

공정안전, 안전보건경영시스템, 로봇안전, 위험성평가

류 요 엘(Joel Ryu)

[정회원]



- 2020년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 대학원 안전보건융합공학과 (박사과정)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 한국로봇산업진흥원 책임연구원

<관심분야>

로봇안전, 산업안전, 위험성평가, 안전보건경영시스템

최 민 제(Min-Je Choi)

[정회원]



- 2019년 8월 ~ 현재 : 호서대학교 대학원 안전행정공학과 (박사과정)
- 2012년 1월 ~ 현재 : 금양산업개발(주) HTC현장 안전보건팀 부장
- 2015년 11월 ~ 현재 : 사업장안전보건강사

<관심분야>

건설안전, 위험성평가, 안전보건경영시스템, 안전문화

이 준 원(Joon-Won Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 충북대학교 대학원 안전공학과 (공학박사)
- 1988년 1월 ~ 2019년 1월 : 한국 산업안전보건공단 지역본부장
- 2020년 7월 ~ 현재 : 숭실대학교 안전보건융합공학과 교수

<관심분야>

학교안전, 연구·실험실 안전관리, 위험성평가

전 진 우(Jin-Woo Jun)

[정회원]



- 2020년 2월 : 숭실대학교 대학원 안전보건융합공학과 (공학박사)
- 2001년 4월 ~ 2009년 8월 : 산업기술연구회(NST) 평가팀장
- 2010년 7월 ~ 현재 : 한국로봇산업진흥원 정책기획실장
- 2021년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 안전융합대학원 겸임교수

<관심분야>

기술정책, 위험성평가, 로봇안전, 로봇표준