

해외 사례 비교를 통한 건설현장 추락재해 예방기법 개선방안

Improvement of Fall Prevention Method in Construction Site through Comparison with Advanced Countries' Cases

김 대 영¹

윤 성 민²

김 지 명³

이 선 용⁴

손 기 영^{5*}

Kim, Dae Young¹

Yun, Sungmin²

Kim, Ji-Myong³

Lee, Sunyong⁴

Son, Kiyoung^{5*}

Associate Professor, Dept. of Architectural Engineering, Pusan National University, Pusan, 46241, Korea ¹

Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Yeungnam University, Gyeongbuk-do, 38541, Korea ²

Assistant Professor, Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National University, Jeollanam-do, 58554, Korea ³

Manager, Empirical Training Center Construction TF, Occupational Safety and Health Agency, Ulsan, 44429, Korea ⁴

Associate Professor, Dept. of Architectural Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 44610, Korea ⁵

Abstract

Although the domestic industrial accidents have been decreased gradually, deaths in the construction sites have been occupied 49.9 percent of the total industry and deaths from fall accident have been accounted for 59.7 percent of the construction industry. In order to prevent fall accident, various safety activities and policy have been carried out. However, the impact on the domestic construction industry was inadequate. On the other hand, in advanced countries, such as the United States, Japan, EU, and Singapore Industrial accidents have been lower than domestic industry due to safety activities, the regulations and policies appropriate for each country's situation. In this study, we compare the major points of the Industrial Safety and Health Act in developed countries with those in South Korea to reduce the number of falls, and propose a revision. As a result of conducting research, three revisions have been proposed as 1) Enhance standards for fall height, 2) Improvement of upper safety rail height on guardrail, 3) Revision and research on Horizontal Safety bar attachment system. This study will be utilized as a basic study for the analysis of cases in advanced countries.

Keywords : fall Accident, safety and health act, occupational safety and health, safety management, korea occupational safety and health

1. 서 론

산업재해가 점진적으로 감소하는 추세임에도 불구하고 산재사고로 인한 사망자 수는 연간 천여 명('16년 969명, '17년 964명)에 이르고 있고 그에 따른 경제적 손실은 약 21조

원에 달하고 있다[1]. 또한, 노동자 1만명당 사고사망자 비율인 사고사망만인율이 조금씩 감소하고 있으나 최근 들어 정체하고 있으며 Figure 1과 같이, 미국, 일본, 영국에 비해 현저히 높은 사고사망만인율을 나타내고 있는 실정이다 [2,3].

이에 정부 안전보건정책은 중대재해 감소에 집중되어 2017년 고용노동부 및 관계부처가 합동으로 재해예방을 위한 대책을 발표하였고, 안전에 대한 근본적인 변화를 이끌어 내기 위한 보완과 실천대책이 제기되고 있다. 또한, 산업현장의 안전보건 혁신을 위해 종합계획인 제4차(2015~2019) 산재예방5개년계획이 수립되고 추진중에 있다.

Received : September 14, 2020

Revision received : October 14, 2020

Accepted : October 15, 2020

* Corresponding author : Son, Kiyoung

[Tel: 82-52-259-2788, E-mail: sky9852111@ulsan.ac.kr]

©2020 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

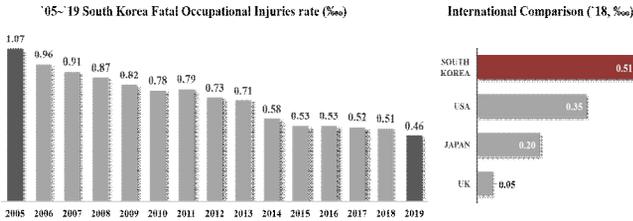


Figure 1. Domestic fatal occupational injuries rate and international comparison

하지만, 전체 산업재해 사고사망자의 절반 이상(51.5%)을 차지하는 국내 건설재해는 건설업의 특성상 외부환경에 직접 노출되고 상시 가변적인 공정 및 인력투입의 다양성, 취약 계층의 증가, 건설기계 장비의 위험성 등 복합적인 요소들로 인하여 재해발생 가능성이 더욱 높아지고 있다[4].

특히, 안전보건공단 재해통계 분석자료에 따르면 건설재해 감소를 위한 정부의 다양한 정책과 사전안전성 심사, 확인 점검 등을 통한 한국산업안전보건공단의 기술지도, 그리고 재해감소를 위한 건설현장의 자구책에도 불구하고, Table 1과 같이, 떨어짐으로 인한 사망자가 가장 많으며 사망자의 약 20%가 기계·장비 사용에 의해 발생하고 있다[5,6].

Table 1. '18 Number of construction injuries by occurrence type

Category	Total	Fall	Slip	Struck	(unit : worker)			
					Struck by objects	Caught in objects	Cut, Stabbed	
Accident	26,486	9,191	4,083	2,248	3,181	313	2,206	2,849
Death	570	290	4	49	23	24	17	1

추락재해는 가시설의 불안정한 상태, 영구 구조물의 인간 공학적 배려를 하지 않는 구조와 근로자들의 안전의식 부족에 따른 불안전 행동으로 어느 곳에서도 발생할 수 있는 대단히 위험성이 높은 재해유형이다. 따라서, 국가에서는 추락재해를 일순간의 방심으로 빚어지는 재래반복형 재해라 하여 제도적·법적조치 위주로 사망사고 예방노력을 유도하고 있다[7]. 즉, 산업보건안전법에서 큰 관리 기준을 정하고 세부 준칙들을 고용노동부령으로 지정하여 기업과 근로자가 모두 지키도록 강제하고 있다. 하지만, 여전히 높은 비율을 차지하고 있는 추락재해를 효과적으로 줄이기 위해 선진국의 추락재해 예방을 위한 법령 및 정책을 연대별로 조사 및 분석하여 국내 실정에 맞게 적용하는 접근 방법이 필요한 실정이다.

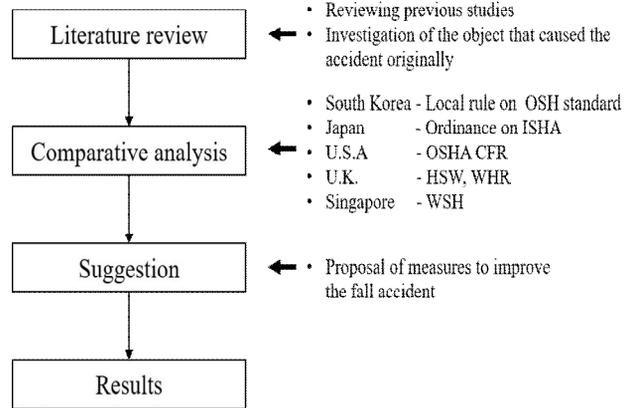


Figure 2. Methodology

한편, 미국, 일본, EU와 같은 안전선진국에서는 산재사고 맞춤형 안전정책의 꾸준한 시행으로 건설 산재사망사고가 감소되고 있는 추세이나 국내의 경우 각종 안전정책과 활동을 펼치고 있음에도 불구하고 그 효과는 크지 않다. 이에 본 연구에서는 건설업의 추락재해를 대상으로 해외 선진국 추락사고 법규를 비교 및 분석하고자 한다.

1.1 연구의 방법 및 범위

본 연구는 해외 선진국 중 일본, 미국, 영국, 싱가포르를 대상으로 범위를 한정하고, 건설업의 추락재해 관련 법령 비교를 통해 추락재해 개선에 의미 있는 정보를 제공하기 위해 Figure 2와 같은 순서로 진행한다.

첫째, 선행연구 고찰을 통하여 추락재해 규정개선 연구의 동향을 파악하고 국내 추락재해 현황을 통하여 기인물별 사고 발생율을 조사한다. 둘째, 현황에서 조사한 기인물 발생율이 높은 개구부, 작업발판, 비계, 사다리, 지붕에 대한 한국, 일본, 미국, 영국, 싱가포르의 법령들을 비교·분석한다. 셋째, 국내외 비교분석을 통해 도출된 결론을 바탕으로 한국의 건설현장 추락재해 개선방안을 제시한다.

2. 이론적 고찰

2.1 국내 규정개선에 관한 선행연구

Kim[8]는 건설공사 안전작업절차서 개발 연구와 관련하여 철골 공사 작업 과정에서 발생한 재해 사례를 분석하여 주요 재해요인을 도출하고 그에 따른 개선 방향을 제시하였다. Jeong et al.[9]은 소규모 건설현장의 추락사고 예방을 위한 안전모델 연구에서 소규모 건설현장과 관련한 국내·외

안전기준과 원인을 분석하고, 실태조사를 통해 문제점을 도출하여 관련한 안전장치를 개발하였다. 또한, 건설업 전문공사별 위험성 평가 및 안전모델 연구(2009)에서 지붕조립공사의 위험성에 대해 평가를 시행하고 이에 해당하는 추락위험지수를 제시하였다.

Park et al.[10]은 건설현장 추락사고 예방을 위한 시스템 비계 도입 방안에 관한 연구에서 비계와 관련한 국내·외 안전기준을 분석하고, 추락사고의 원인과 실태조사를 통해 문제점을 도출하고 개선 방향을 제시하였다. Ahn et al.[7]은 추락사고 원인분석 및 효과적인 예방대책 연구에서 추락사고 관련 국내·외 법규 및 사례분석을 통해 위험 저감방안을 제시하였다.

Choi et al.[11]은 지붕 작업 시 추락사고 실태조사 및 안전모델 연구에서 지붕 작업과 관련한 국내·외 안전기준을 조사하고 재해 원인분석과 실태조사를 통해 주요 문제점을 도출하였다. 이러한 결과를 토대로 작업발판 개정을 통해 안전인식 제고 및 규정을 강화해야 하는 방안을 제시하였다.

2.2 국내 건설업 추락사고 현황

Figure 3은 전 산업과 국내 건설업에서 발생하는 재해율의 추이를 나타낸 표이다. 국내 전체 산업 재해율은 2003년 이후 지속적으로 감소하고 있는 추세에 있는데 반해, 건설업 재해율은 2008년 이후 증가추세에 있다. 2005년부터 2009년까지 5년간은 전체 산업의 재해율보다 낮았으나 2010년 이후 건설업의 재해율이 상대적으로 높게 나타났다. 특히, 2014년 재해율이 큰 폭으로 감소하였으나, 다시 상승세를 보이며 2019년에 최고의 재해율을 기록하였다.



Figure 3. Construction industry accident rate compared to all industries

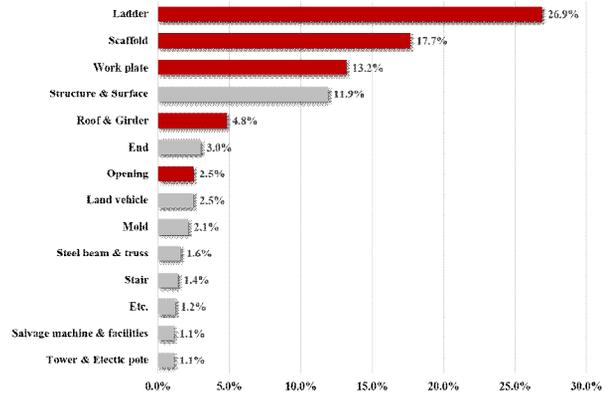


Figure 4. Fall accident rate by object caused the accident originally

Figure 4는 추락재해가 발생한 기인물의 비율을 나타낸 것이다. 특히, 사다리, 비계, 작업발판, 지붕, 개구부에서의 추락재해가 전체 추락재해의 60%이상을 차지하고 있는 것으로 나타난다. 따라서 본 연구에서는 개구부, 작업발판, 비계, 사다리, 그리고 지붕에 초점을 맞추어 법령을 비교하고자 한다.

3. 법령 비교 및 분석

3.1 개구부

최근 건설현장에서 개구부의 존재를 인식하지 못한 채 자재운반이나 출입 과정에서 추락하는 사고가 빈번히 발생하고 있다[12]. 개구부는 하나의 건축물을 완공하기까지의 공사과정에서 다양한 종류로 나타나게 되며 이러한 개구부는 근로자의 출입 또는 자재반입 등을 위해 사용되기 때문에 공사기간 중에 개구부를 파악, 분류하여, 개구부 유형에 따른 개구부 덮개, 안전난간과 같은 적절한 방호시설 및 조치가 이루어져야 한다[13]. 산업안전보건공단에서는 5cm이상의 개구부에는 개구부 덮개를 개구부보다 10cm정도 크게 설치하도록 권고하고 있다. 그러나, 현재 국내 건설현장에서는 공사단축, 안전관리비 사용이 어려움 등을 이유로 작업장에서 안전시설설치를 소홀히 하고 있는 실정이다.

산업안전보건공단이 집계한 자료에 따르면 개구부 추락재해의 주요원인은 작업자 부주의 사고, 안전난간 미설치 등의 법규 미준수 사고, 작업자 부주의로 인한 미끄러짐 사고, 개구부 덮개 등 파손으로 인한 부품 손상으로 인한 사고, 자체 정리 미흡 등 기타로 인한 사고로 인해 발생하였다[14]. 이에, 개구부의 법령비교의 주요 기준으로 위험표시, 높이 및 규격, 안전조치사항으로 분류하여 법령의 비교를 진행하였다.

Table 2. Comparison of act about opening

Category	South Korea (Local rule on OSH Standard, Article 43)	Japan (Ordinance on ISHA, Article 519)	U.S.A. (OSHA CFR 1926.501)	U.K. (HSW 1996 No. Sch 4.)	Singapore (WSH, No. S 518 2 2013.)
Danger mark	Openings should be marked that workers can recognize in dark place		Floor marking and warning lines shall be placed in complementary colors near openings		
Height and dimension		An opening located at a height of 2 m or more.	The inner edge of the opening is less than 0.99m from surface, The outer edge of the opening is 1.2m or more from surface		An opening located at a height of 2 m or more.
Safety measure	it should be protected by a structure with sufficient strength. If it is difficult to install a railing, a fall protection net shall be installed	Fences, handrails and covers must be installed on edges or opening. If installation is difficult, install a fall prevention net	If the worker leans to the opening, the worker should be protected by a fall prevention system.	The opening must be equipped with safety devices to prevent injury to the workers.	Install a handrails and covers to prevent falling danger on opening with the height is more than 2m

개구부에 관한 국내 법령과 해외 선진국의 기준을 비교한 결과, 국내의 기준은 일본과 안전조치사항에서 유사한 내용들이 적용되고 있는 반면 미국과 비교하여 안전조치사항, 개구부의 위험표시 및 높이와 규격에서 미비한 것으로 나타났다. 특히 국내와 일본에서는 안전조치사항으로 난간, 울타리 등을 설치하도록 명시하고 있으나 이에 대한 규격 및 기준은 기술되어 있지 않다. 반면, 미국에서는 수치적으로 명확한 기준을 규정하는 추락방지시스템을 사용하도록 규정하고 있다.

3.2 작업발판

비계 및 작업발판은 사망재해와 가장 밀접한 추락사고로 전이되는 비중이 전체의 95%를 상회하는 기인물이다[15]. 현재 작업발판은 국내 건설현장에서 가설자재로 분류되어 있으며, 고용노동부에서 사용지침과 성능, 제품인증 시험 등과 관련된 일체의 규정을 관리하고 있다. 이러한 작업발판은 고소작업에 사용되어 작업자가 작업하기 위해 이동하거나 작업이 이루어지는 곳이기 때문에 작업자의 심리적 안정을 확보할 수 있는 규격과 형상 등으로 이루어져야 한다[15].

그러나 현재 국내에서는 가설구조물로서 경제성 등을 이유로 규격화되지 못하고 임의대로 사용되고 있는 실정이다.

주요 사고 원인으로 작업 지시사항 미준수 등으로 인한 작업자 부주의 사고, 설치미숙, 작업자 부주의로 인한 미끄러짐 사고, 작업발판의 설치 미숙 사고, 작업자 부주의로 인한 헛디딤 사고, 작업발판 파손등의 부품 손상으로 인한 사고, 안전관련 법규 미준수로 인한 사고로 나타났다. 이에, 비교의 기준으로 발판간의 수직간격, 발판 폭, 안전조치사항으로 나누어 비교를 진행하였다.

국외의 작업발판에 관한 법령과 국내의 기준을 비교했을 때 재료 및 규격과 안전조치사항에서는 유사한 내용이 적용되고 있음을 알 수 있다. 반면, 작업발판의 설치 및 조립, 구조와 관련된 세부내용에서는 미국, 영국과 비교하여 미비하거나 기준의 차이를 나타내고 있다. 특히 국내 및 일본에서는 작업발판 사이의 틈을 3cm 이하로 규정하고 있는 반면 미국에서는 이보다 작은 기준인 2.54cm(1inch) 이하로 기술하고 있다. 뿐만 아니라 안전을 위해 유지해야 하는 통로 폭에 있어서도 미국에서는 45.72cm(18inch) 이내로 국내보다 넓은 통로의 폭을 가지도록 규정하고 있다.

Table 3. Comparison of act about work platform

Category	South Korea (Local rule on OSH Standard, Article 56)	Japan (Ordinance on ISHA, Article 545), (JISHA)	U.S.A. (1926 451 (b))	U.K. (WHR 2005, No. 735)	Singapore (WSH, Scaffold Regulations 2011)
Material, dimension			The maximum vertical spacing of work platform is must not exceed 12ft		
Install, Assembly Structure	The width of the work platform is more than 40cm, the gap between working plate material is less than 3cm	The width of the work platform is more than 40cm, the gap between working plate material is less than 3cm	The width of the work platform is more than 18inches(46cm)	The width of the work platform is more than 600mm	
Safety measures	The work platform must be solid at height of working place is more than 2m	If shelves, machinery, etc. are higher than worker's height, work platform with sufficient strength shall be used	If work platform supports more than 4 times the maximum working load, the object and debris causing the slippage shall be removed.	Handle and bracket shall be used to prevent slipping or falling from the work platform	Work platform and building clearance shall be within 300mm. Access should be prohibited outside of working hours.

3.3 비계

고용노동부에 의하면 비계는 2019년 기준 최근 5년간 건설업에서 발생한 사망재해사건 중 22.8% 비율을 차지하고 있으며, 488명의 사망자 중 추락재해에 의한 사고는 85.5%로 매우 높은 수치를 보이고 있다[16]. 국내 건설현장에서 비계는 가설자재로 정의되어 재료, 기능, 사용 목적에 따라 통나무비계, 강관비계, 시스템비계 등으로 분류하고 있다. 고용노동부에서는 재료, 조립·해체, 점검 및 보수 등 비계 관련 기준들과 비계 종류별 기준을 명시하고 있다. 비계는 주로 구조물 외곽 부분의 고소작업에 사용되어 작업자가 작업위치를 이동하거나 작업을 행하며 편의상 작업자재를 적재하기 때문에 자재의 성능, 구조적 안전, 작업자의 안전을 필요로 한다. 그러나 현재 국내에서는 비계가 구조물이라는 통상의 개념이 확고하지 않고 자재를 과적하거나 작업의 편의를 위해 임의 해체 및 미설치 하는 등 건설현장에서 여러 위험요인을 갖는 실정이다.

산업안전보건공단이 집계한 자료에 따르면 비계에 설치되는 작업발판에서의 추락재해의 주요사고원인으로는 작업자 부주의로 인한 미끄러짐사고, 작업자 부주의로 인한 헛디딤 사고, 비계 설치 미숙으로 인한 사고, 부품 손상으로 인한 사고, 법규 미준수에 의한 사고로 나타났다[17]. 이에, 비교기준으로 재료 및 규격, 조립·해체·개조, 안전조치사항, 비계종류로 분류하여 비교를 진행하였다.

국외의 비계에 관한 법령과 국내의 법령을 비교했을 때 재료 및 규격과 안전조치사항에서는 영국과 유사한 내용이 적용되고 있음을 알 수 있다. 더욱이 국내의 경우, 국외에 비해 다양한 비계에 대한 기준을 명시하고 있었다. 반면에 비계의 조립·해체·개조와 관련된 세부내용에서는 국외와 미비한 수준을 나타내고 있다. 국내에서는 사업주를 통해 비계 작업이 수행되도록 규정되어 있지만 국외에서는 비계 관련 자격 혹은 교육을 수료한 자를 작업 감독관으로 선임하도록 하고 있으며, 영국의 경우, 관련 작업자들에게도 비계 조립·해체·개조 계획을 교육 후 작업 수행하도록 규정하고 있다. 또한 국내, 일본, 영국에서는 비계의 지지사항을 명시하지 않고 있는데 반해 미국은 비계의 높이·폭 비율에 따라 연결재를 이용하여 구조물과 지지하도록 규정하고 있다. 안전조치관련 법령에서도 미국은 사업주와 작업 감독관의 역할을 규정하여 추락재해를 방지하도록 규정하고 있다.

Table 4. Comparison of act about scaffold

Category	South Korea (Local rule on OSH standard - article 54, 545), (JISHA 57-71)	U.S.A. (1926 451 (b))	U.K. (WHR 2005, No. 735)	Singapore (WSH, No. S 518 2 2011)
Material, dimension	Do not use materials that are deformed, corroded or damaged. Steel tube scaffold shall use materials above the criteria prescribed by ISA		It is necessary to have a calculation of structural efficiency of scaffold and must be follow recognized standard regulation	The scaffold must be solid material, appropriate strength, free from defects and safety
Install, Assembly and Structure	The employer shall provide workers with the scope and procedures for assembly, dismantling or alteration	appoint a person who has completed assembly, disassembly and modification training as supervisor. Supervisor must be checks material defects, worker placement, etc.	Assembly, disassembly and alteration work shall be carried out by only qualified supervisors	Do not assembly, relocate, change, maintain repair and disassemble without order of the scaffold manager
Safety measure	If there is bad weather, assembly, dismantling or alteration work, the platform material, joint, and handle, etc. shall be checked and repaired.	Scaffold which is during assembly and disassembly controls worker's entry. Inspect and repair of platform materials, joint, etc. in bad weather conditions	Stop a work with scaffold in bad weather conditions, shaking or detection of foreign substances. If scaffold is more than 3 m high, worker shall be protected from falling.	The maximum load shall not exceed 75kgf/m ² for wood scaffold. the remaining scaffold shall not exceed 220kgf/m ²
Scaffold type	Steel tube scaffold Steel tube frame scaffold Hanging scaffold(1) Hanging scaffold(2) Suspended scaffold Step scaffold Mobile scaffold System scaffold Log scaffold	Steel tube scaffold Log scaffold hanging scaffold	Steel tube scaffold Hanging scaffold(1) Hanging scaffold(2) Step scaffold Mobile scaffold System scaffold	Top scaffold Platform scaffold Wood scaffold Hanging scaffold(1)

3.4 사다리

사다리는 고소작업 진행 시 작업발판 설치가 곤란하거나 상대적으로 저렴한 가격으로 신속한 작업이 진행하기 위해 사용한다는 특징이 있다. 그러나 사다리를 이용한 작업은 작업발판의 기본인 공간적인 안전성도 확보가 되지 않을 뿐 아니라 사다리의 고정도 힘들고, 대부분의 안전시설물이 철거되거나 생략된 상태에서의 작업진행이 이루어진다. 사다리에서 발생된 추락재해를 심층 분석한 결과 전체 발생재해 580명 중 56%에 해당하는 324명이 사다리 본체의 미끄러짐과 승하강 및 작업시 미끄러짐으로 인해 발생된 재해로 대부분의 사다리는 작업장 내에서 별도의 추락방지조치 없이 다른 높이로의 이동용 및 작업대 대용으로 사용되고 있는 것으로 판단된다[18]. 이러한 사다리의 작업 시 추락에 의한 사고를 보다 체계적으로 분석하기 위해서는 국내외에서 실제로 생산 및 사용되고 있는 사다리를 대상으로 비교분석이 필요하다.

주요사고원인으로는 작업자의 부주의로 인한 사고, 작업자 부주의로 인한 미끄러짐 사고, 법규 미준수로 인한 사고, 하부 상태 및 고정 상태 이상으로 인한 설치 미숙 사고, 구조물 낙하 및 바람 등으로 인한 기타 사고가 있었다. 이에, 비교기준으로 사용하중, 계단 참, 안전조치사항으로 분류하여 비교를 진행하였다.

국내와 해외의 사다리 관련 법규를 비교한 결과, 우선 국내와 일본의 사다리 설치 시 사다리의 규정 폭이나 지면과의 각도 등 관련 규정이 비교적 유사한 것으로 나타났다. 한편 미국이나 영국에서는 사다리가 넘어지거나 미끄러지는 것을 방지하기 위한 조치를 제시해놓은 반면 국내에서는 미끄러짐 방지를 위한 조치가 필요하다고만 명시되어 있을 뿐 구체적인 조치를 취하고 있지는 않다. 특히 국내에서는 사다리의 설치 시 유의사항에만 중점을 두어 규정하고 있는 반면에 미국에서는 사다리의 설치뿐만 아니라 사다리 사용에 대한 규정과 사다리 작업 중이나 작업 후의 사다리 결함에 관한 규정 또한 명시하고 있다. 또한, 미국에서는 사다리 사용 시 제조된 최대 의도 하중을 초과하면 안된다는 등의 하중에 관한 규정을 하고 있는 반면 국내에서는 하중에 관한 규정이 명시되어 있지 않다.

3.5 지붕

2010년도 건설업 재해통계를 보면 지붕작업에서 발생된 재해 중 추락으로 인한 재해의 점유율은 79%(지붕작업 재해

자 562명 중 442명)로써 전 산업의 추락재해 점유율인 14%(전 산업 재해자 98,645명 중 14,040명)는 물론 건설업의 추락재해 점유율인 33%(건설업 재해자 22,504명 중 7,322명)보다 월등히 높은 것으로 나타난다[19]. 이와 같이 지붕작업에서 추락재해가 높은 점유율을 나타내는 이유는 지붕이라는 추락의 위험이 높은 장소에서 이루어지는 작업임에도 이에 대한 적절한 예방책이나 안전조치가 이루어지지 않은 상태로 작업이 진행되고 있기 때문이다. 이러한 지붕 작업의 위험요인을 보다 체계적으로 분석하기 위해서는 국내외지붕작업과 관련된 산업안전보건법령을 비교분석하는 것이 필요하다.

Table 5. Comparison of act about ladder

Category	South Korea (Local rule on OSH standard, article 24)	Japan (Ordinance on ISHA, article 545)	U.S.A. (1926 451 (b))	U.K. (WHR 2005, No. 735)	Singapore (WSH, No. S 518 2)
Working Load			Do not exceed Manufactured maximum intended load and rated capacity		
Stair landing	Install a stair landing within 5m if the length of the ladder pathway is more than 10 meters.		Install a stair landing when reaching a high working area using a separate ladder	Install a stair landings intermediate points at appropriate intervals if the height of ladder is 9m or more	The surface which supports a ladder must be supports the worker and load safely
Safety Measure	when an employer installing a ladder pathway with solid structure The material should not to be severely damaged or corroded and the spacing of the scaffold should be constant	The width of the mobile ladder must be at least 30cm and the material must not to be damaged or corroded. The folding ladder must be equipped with a device which secures the angle of the horizontal plane	The risk of slipping due to oil, lubricant, etc. must be eliminated. Defects affecting the use of ladders must be examined by qualified persons.	The surface on which the ladder is mounted must be rigid and have sufficient strength. And it must be able to keep the ladder horizontal and hold it safely.	All ladders in the working place must be solid materials, adequate strength, strong structure and free form defects

산업안전보건공단이 집계한 자료에 따르면 작업발판 추락 재해의 주요사고원인으로는 작업자의 부주의로 인한 사고, 작업자 부주의로 인한 미끄러짐 사고, 설치 미숙 사고, 작업

자 부주의로 인한 헛디딤 사고, 부품에 대한 결속 및 파손 등 부품손상으로 인한 사고가 있었다[17]. 이에 비교기준으로 사용하중, 계단 참, 안전조치사항으로 분류하여 비교를 진행하였다.

Table 6. Comparison of act about roof

Category	South Korea (Local rule on OSH standard article 45)	Japan (Ordinance on ISHA , article 524)	U.S.A. (1926 Subpart M App E 502 (K) (OSHA CFR 1926.501(a))	U.K. (WHR 2005, No. 735)	Singapore (WSH, No. S 223 8)
Fall protection			Stop a work without securing safety in humid weather, Install windscreen or stop a work during strong winds(more than 40 miles per hour)		Provide fall protection and fixings to workers who work over 2 meters height or at easily falling roof
Worker's duty			Work with Only qualified workers can operate the work	perceived risk must be reported to the supervisor.	
Stop working according to weather conditions	Consider a measure such as width of the work foot-plate over 30cm falling protection net, etc	Consider a measure such as width of the work foot-plate over 30cm falling protection net, etc	A fall protection system must be provided for the gentle-slope roofing without protective measure. A fall protection system or foot-plate must be provided for the steep-slope roofing without protective measure.	Employer checks all high working place's Fall Prevention System in the feasible category	

국내와 해외의 지붕 관련 법규를 비교한 결과, 우선 국내와 일본의 지붕 작업 시 위험을 방지하기 위한 조치에 관련된 일반사항은 유사한 것으로 나타났다. 하지만 국내의 지붕에

관한 산업안전보건법에서는 사업주는 지붕 작업 시 폭 30센티미터 이상의 발판을 설치하거나 추락방호망을 치는 등 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다고 명시되어 있는 반면 미국과 일본에서는 지붕 작업의 비, 눈 또는 진눈깨비 등의 기후에 따른 작업 중지 기준에 대해서도 명시하고 있다. 영국에서는 국내와 달리 지붕 작업 시 발판에 대한 규정은 명시되어 있지 않으나 지붕 작업 시 타인의 안전을 위태롭게 할 가능성이 있다고 인지되는 모든 활동 또는 결함을 관리자에게 보고를 하는 등의 고소작업자의 의무에 대한 일반사항을 자세하게 규정하고 있다. 또한, 미국의 지붕 관련 법규에 따르면 지붕 작업 시 자격을 갖춘 근로자만이 작업을 실행할 수 있으며 이러한 유자격자는 구역의 경계를 설정하고 근로자에게 명확하게 전달해야 한다는 등의 지붕 작업 유자격자에 대한 규정이 존재하는 반면 우리나라에서는 지붕 작업의 자격 요건에 관하여는 규정하고 있지 않다.

4. 추락사고 개선방안

4.1 추락높이에 대한 기준 개선

현재 국가별 추락 높이에 대해 우리나라와 영국을 제외한 국가에서 구체적인 추락 높이를 규정하고 있다. 특히, 영국은 추락 높이를 기인물에 따라 다르게 규정하고 있다. 영국의 추락 높이별 기준은 다음과 같다. 0m는 물과 인접한 작업의 경우, 바닥에 개구부가 존재하는 경우, 가리았거나 추락할 위험이 있는 경우(폭 3m이상, 넓이 9m2 이상)이다. 1m 이상은 계단 높이가 1m를 초과하는 경우, 1m 이상 지면과 이격되어 있는 타워 크레인 등 건설장비 운영실이다. 3m 이상은 지붕 작업 시 지붕의 경사가 45°를 초과하는 경우이다. 5m 이상은 벽돌 작업 시, 창문 작업 시 등을 나누어 규정하고 있다. 우리나라에서 추락 높이에 관한 규정은 2011년 7월 6일 산업안전보건기준에 관한 규칙 전부개정 때 제42조(추락의 방지)와 제43조(개구부등의 방호조치)에서 높이 2m 기준이 삭제되었다. 반면, 추락사고 예방과 관련된 규정인 제28조(보호구의 지급)과 제44조(안전대 부착설비 등), 제56조(작업발판의 구조)에서는 높이가 2미터 이상의 장소에 대한 규정은 전부개정 때도 그대로 유지되었다.

현재 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 추락 높이 2m에 대한 기준이 혼용되고 있어 규정 준수 시 혼란이 있는 실정이다. 선진외국에서는 추락사고 예방을 위한 구체적인 높이가 제시되어 있으나(미국 1.8m, 일본 2m 등) 우리나라는 2011

년 규칙개정으로 높이(2m)가 삭제되어 위험요인에 대한 관리기준이 불명확해져 있다.

충격력은 $F=mgh$ (m =중량, g =중력가속도, h =높이)로 산정되며, 1993년 European Standards(EN standards)에 따르면 사람이 버틸 수 있는 충격력(Impact forces)을 추락 계수가 1(안전대 부착설비가 없을 시)일 때 12KN(약 1,224kg의 충격력)이하로 정의하였다. 또한, 미국 OSHA의 OSHA Technical Manual(OTM)과 US military에서도 12KN은 추락사고 사망 리스크가 발생할 확률이 5% 이하로 "Reasonable risk"라 표현하고 있다. Table 7과 같이, 작업자가 1.8m에서 추락하더라도 충격력은 자기 체중의 10배 이상이 된다.

Table 7. Relationship between speed and impact force by falling height

Classification	Note								
Falling height(m)	0.3	1.2	1.8	2.7	4.9	7.6	11.0	14.9	
Speed(m/s)	2.4	4.9	6.1	7.3	9.7	12.2	14.6	17.1	
Impact force(kg)	182	726	1,090	1,634	2,906	4,540	6,356	8,898	
Time(s)	0.25	0.50	0.61	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	

* Standard : 200 pound (About 90.72kg), (U.S.A OTI)

우리나라의 2018년 건설근로자 종합생활 실태조사에 따르면 건설업 근로자 평균 연령 48.2세이고, 2015년 7차 한국인인체치수조사 사업에 따르면 평균 우리나라의 40대와 50대의 평균 몸무게는 62.7kg이다. 이에 체중을 60kg로 가정하여 높이를 산출해보면 $h=12KN/(60(kg) \times 10(g))$ 이므로 높이는 2.04m가 산출된다. 또한, 미국의 경우, 6피트(1.8m) 이상에서 대부분의 추락사고 사망자가 발생하기 때문에 추락높이를 6ft로 제안하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 추락의 방지를 위한 추락높이의 기준 적용에 대한 혼동을 줄이고, 보다 합리적인 규칙적용을 위해서 추락의 방지와 개구부 등의 방호조치가 요구되는 기준으로 높이 2미터 이상인 기준이 포함되어야 한다고 판단된다.

4.2 안전난간 상부난간대 높이의 개선

산업안전보건기준에 관한 규칙 제13조 안전난간대 내용 중 상부 난간대는 바닥면 등으로부터 90cm 이상 지점에 설

치하고, 상부 난간대를 120cm 이하에 설치하는 경우에는 중간 난간대는 상부 난간대와 바닥면 등의 중간에 설치하여야 하며, 120cm 이상 지점에 설치하는 경우에는 중간 난간대를 2단 이상으로 균등하게 설치하고 난간의 상하 간격은 60cm 이하가 되도록 하며 안전난간은 구조적으로 가장 취약한 지점에서 가장 취약한 방향으로 작용하는 100kg 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조여야 한다고 명시하고 있다.

이와 관련하여 싱가포르 Code of Practice for Working Safety at Heights 2013에서는 우리나라와 유사하지만 바닥면으로부터 최소 1m이상 지점에 설치하여야 하는데, 이는 작업자의 허리높이에 근거를 하였다. 또한, 최소한 한사람의 무게를 견딜 수 있는 구조(100kg: Singapore Standards SS 567: 2011-Code of practice for factory layout-Safety, health and welfare considerations)로 되어 있다.

영국은 안전난간에 설치기준에 대하여 아래의 규정들을 따르고 있으며 상부난간대 최소 설치높이는 110cm 이상 지점에 설치하여야 한다고 명시되어 있다. 미국의 경우, OSHA 1910.29 Fall Protection Systems and Falling Object Protection Criteria and Practices에 따르면 아래 그림과 같이 상부난간대는 바닥면으로부터 42inch(약 107cm)로 규정하고 있다.

2015년 7차 한국인인체치수조사 사업에 따르면 우리나라의 40-50대의 평균 허리높이는 97.37cm이다. 그러므로 현행 90cm-120cm를 작업자 신체치수를 근거로 안전난간 높이 최소기준을 100cm로 개선한다면 작업자의 심리적 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

4.3 수평 안전대 부착설비 연구 및 지침의 개선

산업안전기준에 관한 규칙 제42조 및 제43조에서는 근로자가 추락할 위험이 있는 장소에 안전난간 등의 설치가 곤란한 경우 근로자에게 안전대를 착용하도록 하고, 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 안전대 부착설비 등을 설치하여야 하며, 안전대 부착설비로 지지로프 등을 설치하는 경우에는 처지거나 풀리는 것을 방지하기 위한 조치를 하도록 규정하고 있다.

Kosha Guide C-49-2012 안전대 사용지침 및 M-43-2013 안전대의 줍줄에 관한 기술지침에 안전대 및 안전대 줍줄에 관한 기준이 소개되어 있으나 안전대 부착설비의 설치와 관련된 지침은 누락되어 있다.

반면에, 미국, 싱가포르 등 해외의 경우 안전대와 안전대 부착설비를 어떻게 설치하여야 근로자의 추락에 의한 충격을 최소화하고, 구조적 안전성을 확보할 수 있는지에 대한 연구가 상당히 진행되었고, 이를 통해 관련 지침이 제정되어 있는 상태이다. 또한, 안전대와 안전대 부착설비의 사용 시 엔지니어가 설계를 하도록 규정하고 있다.

한편, 우리나라도 상당수 건설현장에서 추락사고 예방을 위해 안전대 부착설비를 설치하고 사용 중이나, 실제 추락이 발생하였을 때 근로자의 부상이나 사망을 막을 수 있는지 그 효과를 장담할 수 없으며 관련 연구도 부족한 실정이다. 따라서, 우리나라도 외국의 경우와 같이 안전대와 안전대 부착설비의 안전한 사용을 위하여 관련 연구수행과 이를 통한 지침의 제정이 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 각국의 법령을 활용하여 해외선진국의 법령과 국내 법령을 비교 분석하는 것이다. 국내 건설산업에서 추락 재해관련 법령에 대해 5가지 기인물로 분류하고 사고발생 현황 및 선행연구고찰을 통해 사고발생시의 상황에 따른 위험요소를 도출하였다. 이를 활용하여 각 기인물의 기준을 만들어 각국의 법령을 비교하였다. 본 연구를 통해 분석한 내용은 다음과 같다,

- 1) 개구부, 국내의 기준은 일본과 안전조치사항에서 유사한 내용들이 적용되고 있는 반면 미국과 비교하여 안전 조치사항, 개구부의 위험표시 및 높이와 규격에서 미비한 것으로 나타났다.
- 2) 작업발판, 재료 및 규격과 안전조치사항에서는 유사한 내용이 적용되고 있었다. 반면, 작업발판의 설치 및 조립, 구조와 관련된 세부내용에서는 미국, 영국과 비교했을 때 국내의 안전 조치사항이 다소 미비한 것으로 나타났다.
- 3) 비계, 재료 및 규격과 안전조치사항에서는 영국과 유사한 내용이 적용되고 있으나, 비계의 조립·해체·개조와 관련된 세부내용에서는 해외에 비해 미비한 수준으로 나타났다.
- 4) 사다리, 국내와 일본의 사다리 설치 시 사다리의 규정 폭이나 지면과의 각도 등의 관련 규정이 비교적 유사한 것으로 나타났다. 한편, 미국에서는 사다리가 넘어지거나 미끄러지는 것을 방지하기 위한 조치를 제시해놓은

반면 국내에서는 미끄러짐 방지를 위한 조치가 필요하다고만 명시되어 있을 뿐 구체적인 조치를 취하고 있지 않은 것으로 나타났다.

- 5) 지붕, 국내와 일본의 지붕 작업 시 위험을 방지하기 위한 조치에 관련된 일반사항은 유사한 것으로 나타났다. 반면, 영국에서는 국내와 달리 지붕 작업 시 발판에 대한 규정은 명시되어 있지 않으나 지붕 작업 시 고소 작업자의 의무에 대한 일반사항을 자세하게 규정하고 있다. 또한, 미국에서는 지붕 작업 유자격자에 대한 규정이 존재하는 반면 우리나라에서는 지붕 작업의 자격 요건에 관하여는 규정하고 있지 않은 것으로 나타났다.

이에 대한 국내 산업안전보건법의 개정안으로 (1)추락높이에 관한 기준 개선, (2)안전난간 상부난간대 높이의 개선, (3)수평 안전대 부착설비 연구 및 지침의 개선을 제안하였다. 마지막으로, 본 연구에서는 추락재해예방을 위해 국내 산업안전보건법과 미국, 영국, 일본의 법령을 대상으로만 한정하여 연구를 진행하였으므로 향후 해외선진국을 추가하여 비교 및 분석을 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

요 약

국내 산업재해는 점진적으로 감소하고 있음에도 불구하고 건설업에서의 사망자는 전체 산업의 49.9%를 차지하고 있으며, 그 중 추락사고 사망자는 59.7%의 높은 비중을 차지하고 있다. 이에 따라 정부차원에서 건설업의 추락사고를 예방하기 위한 다양한 안전 활동 및 정책을 추진하고 있으나 그 효과는 미비한 실정이다. 반면 미국, 일본, 영국, 싱가포르 등 해외 선진국의 경우 각국의 상황에 적합한 안전 활동, 규제 및 정책 등을 펼친 결과, 국내보다 산업재해 발생율이 저조했다. 따라서 본 연구의 목적은 국내 산업안전보건법과 해외 선진국의 법령을 추락재해에 밀접한 영향을 미치는 기인물별로 비교·분석하여 국내 실정에 맞는 개선방안을 제시하는 것이다. 비교 분석 결과, 본 연구에서는 국내 건설현장의 추락재해 저감을 위한 개선방안으로 1)추락 높이에 대한 기준 개선 2)안전난간 상부난간대 높이의 개선 3)수평 안전대 부착설비 연구 및 지침의 개정 등의 개선방안을 제시하였다. 향후 본 연구는 해외 선진국의 사례분석을 위한 기초자료로 활용될 것이다.

키워드 : 추락사고, 안전보건법, 산업안전보건법, 안전관리법, 한국산업안전보건법

Funding

This research was supported by the Occupational Safety and Health Research Institute, Korean Occupational Safety and Health Agency (No. 2019 0401C46-00).

ORCID

Dae Young Kim, <https://orcid.org/0000-0003-3186-826X>
 Sungmin Yun, <https://orcid.org/0000-0002-7396-5917>
 Ji-Myoung, Kim, <https://orcid.org/0000-0002-3419-8639>
 Sunyong Lee, <https://orcid.org/0000-0002-9846-6217>
 Kiyoung Son, <https://orcid.org/0000-0002-5592-7458>

References

1. Ministry of Employment and Labor. Industrial accident prevention policy direction -Focusing on measures to reduce fatal accidents [Internet]. Seoul(Korea): Ministry of Employment and Labor; 2018. Available from: <http://www.moel.go.kr/local/skin/doc.html?fn=20180704190347da53270a714144deb82f51d8956d17ba.pptx&rs=/local/viewer/BBS/2018/#>
2. Korea Occupational Safety & Health Agency. International safety and health trends in 2018. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2018. 20 p.
3. Bureau of Labor Statistics. National census of fatal occupational injuries in 2018. U.S. Department of Labor; 2019. 9 p.
4. Jang YR. A study on the risk assessment for safety management in small and medium-sized construction. [master's thesis]. [Gwangju (Korea)]: Chonam National University; 2019. 178 p.
5. Ministry of Employment and Labor. Analysis of industrial accident status in 2018. Seoul (Korea): Ministry of Employment and Labor; 2018. 702 p.
6. Ministry of Employment and Labor. Measures to reduce deaths in industrial accidents -Intensive management in high-risk areas and spreading safety-first culture [Internet]. Seoul(Korea): Ministry of Employment and Labor; 2018. Available from: <http://www.korea.kr/common/download.do?tblKey=GMN&fileId=185832858>
7. Ahn HS, Kim YJ, Lee KJ, Park JH. Falls from height-Prevention and risk control effectiveness. Ulsan(Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2009. 389 p.
8. Kim IS. A study on the development of safety work procedure for construction projects. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 1997. 204 p.
9. Jeong SG.. A study on the safety model for prevention of fall injuries in small-sized construction sites -Focused on the safety standard, education and ladder- Ulsan(Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2008. 267 p.
10. Park JK, Kim YH, Ock JH. A study to introduce system scaffold for prevention of fall accidents in construction sites. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2009. 242 p.
11. Choi DH, Choi JW, Shin WC. Accidents analysis and research on risk of the actual conditions in roof works. Journal of Korean Society of Safety; 2012 Sep;27(5):111-6. <https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2012.27.5.111>
12. Hong SM, Kim BC, Kwon TW, Kim JH, Kim JJ. A study on prevention of construction opening fall accidents introducing image processing. Journal of Korean Institute of Building Information Modeling. 2016 Jun;6(2):39-46. <https://doi.org/10.13161/kibim.2016.6.2.039>
13. Choi SJ. The Research on the Countermeasure of Fall Disaster Prevention. Ulsan(Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 1992. 124 p.
14. Ahn HS, Kim JS, Kim TW, Lee HS, Lee YS. Study on countermeasures for reducing construction casualties throughout the safety improvement of working platform and working passage. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2018. 217 p.
15. Go SS, Yoe SK, Choi DH. A study on the safety plan for usage of the construction field work plate. Journal of Korean Society of Safety; 2011 Jan;26(3):34-42.
16. Park JC. Korea temporary equipment association "290 people were fell at the construction site last year"[Internet]. mcnews Agency. 2019 Sep 26. Available from: <http://m.mcnews.kr/67167>
17. Jeong SC, Park YK, Kwon JH. A study on preventing falls by tripping in platforms at construction site. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2014. 182 p.
18. Ryu BH, Kim HS, Jeong SG, Jung JJ, Lee SW. Analysis of the causes of fall accidents and preventive measures in manufacturing industry -Focus on using of portable ladders-. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2008. 159 p.
19. Choi DH, Choi JW. Survey on fall accident in roof work and study on safety model. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2011. 146 p.