



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

조선업 재해 조사의
잠재 위험 분석 절차 개선



2019년 2월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

안 전 공 학 과

예 정 현

공학석사학위논문

조선업 재해 조사의 잠재 위험 분석 절차 개선

지도교수 : 장 성 록

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2019년 2월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

안 전 공 학 과

예 정 현

이 논문을 예정현의 공학석사
학위논문을 인준함.



위 원 장 공학박사 이 의 주 (인)

위 원 공학박사 오 창 보 (인)

위 원 공학박사 장 성 록 (인)

목 차

제 1장 연구의 필요성 및 목적	1
제 2 장 연구 배경	5
2.1 조선업의 특성	5
2.2 조선업의 재해 특성	9
제 3 장 연구 방법	15
제 4 장 연구 결과	18
4.1 국내 조선업 재해 분석 기준 및 사례	18
4.1.1 재해 분석 및 관리 기준	18
4.1.2 국내 조선업 재해 분석 사례	19
4.2 해외 기업 재해 분석 기준 및 사례	23
4.2.1 재해 분석 및 관리 기준	23
4.2.2 해외 주요 선주(주문주) 재해 분석 사례	24
4.3 사례 분석을 통한 잠재 위험도 평가의 필요성 검증	35
4.4 재해 분석 활동 개선 방안	38
4.4.1 잠재 위험도 평가 기반의 조선업 재해 분석 제안	38
4.4.2 적용 결과	49
제 5 장 결론 및 고찰	50

Table List

Table 1 Various client and contractor joint efforts for the safety	2
Table 2 Incident rate of shipbuilding and ship repair industry	3
Table 3 Categorization of shipbuilding industry	6
Table 4 Types of accidents and potential risk in shipbuilding process	11
Table 5 Example of Root Cause Analysis (RCA) responsibility in accordance with incident severity	20
Table 6 Criteria of Actual Hurt Level (AHL) and Potential Hurt Level (PHL) from ExxonMobil	27
Table 7 Comparison of two incident investigation cases	37
Table 8 Categorization of serious injuries and fatalities from shipbuilding and ship repair industry (2013 ~ 2017)	40
Table 9 Guidance of High-Potential (Hipo) severity assessment	42
Table 10 Example of severity assessment matrix	45
Table 11 Example of occurrence likelihood criteria	46
Table 12 Example of consequence criteria	47
Table 13 Example of incident investigation level	48
Table 14 Comparison of potential severity assessment through two different guides	49

Figure List

Fig. 1 Work process of shipbuilding industry	7
Fig. 2 Flow chart of the study	17
Fig. 3 Example of incident investigation and control process	21
Fig. 4 Example of Root Cause Analysis (RCA) report	22
Fig. 5 OSHA incident investigation guide	23
Fig. 6 Hurt-based approach from ExxonMobil	24
Fig. 7 Mining the Diamond from ExxonMobil	25
Fig. 8 Severity level determination process from ExxonMobil	31
Fig. 9 Probable severity assessment tool from Chevron	33
Fig. 10 Principles for assessment of potential severity from BP	34
Fig. 11 Dropped objects consequence calculator	34
Fig. 12 Records of serious injuries and fatalities in shipbuilding and ship repair industry (2013 ~ 2017)	39
Fig. 13 Improved incident investigation and control process	44

Improvement of Potential Severity Assessment Process of Incident Investigation in Shipbuilding Industry

JEONG HYUN YE

Department of Safety Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

Korean shipbuilding companies have taken many efforts for safety over the years by developing Health, Safety & Environment (HSE) Management Systems, Procedures, Training, and studying Programs for prevention of incidents. As a result, the shipbuilding industry has succeeded in reducing overall injury rates. Nevertheless, the industry also noticed that incident rates are still not at zero and more importantly, serious injuries and fatalities are still occurring. One factor that may be attributing to this is the lack of managing potential severity during incident investigations, most incident investigations are implemented based on the actual result. Generally, each shipbuilding company

develops their customized incident investigation programs and these are also commonly being focused on actual result. This study aimed to develop a shift in strategy toward safety to classify the criteria of potential severity from any incidents and manage that to prevent any recurrence or causing any serious injuries or fatalities in the shipbuilding industry. Several global energy companies have already developed potential severity management tools and applied them in their incident investigations. In order to verify the necessity of improvement for current systems, a case study and comparative analysis between a domestic shipbuilding company and several global energy companies from foreign countries was implemented and comparison of two incident investigation cases from specific offshore projects was conducted to measure the value of a potential severity system. Also, a checklist was established from the data of fatalities and serious injuries in recent 5 years that occurred in Korea shipbuilding industry and a proposal to verify high potential incidents in the incident investigation process and comparative analysis between the assessment by applying proposed checklist and the assessment from a global energy company by using their own system was implemented. As a measure to prevent any incidents, it is required to focus on potential severity assessment during the incident investigation rather than to only control actual result. Hence,

this study aims to propose a realistic plan which enables to improve the existing practices of incident investigation and control in the shipbuilding industry.

Keywords: Potential Severity, Incident Investigation, Prevention of Incidents, Shipbuilding Industry



제 1 장 연구의 필요성 및 목적

대한민국 조선업은 기간산업으로써 정부의 적극적인 지원 아래 최고의 기술력과 경쟁력을 바탕으로 세계 조선해양 시장을 선도하고 있다. 하지만, 조선업은 규모가 방대하고 설계에서 조달, 생산 및 시운전, 인도에 걸친 전체적인 공정 프로세스가 복잡하며, 많은 인력의 투입과 이동이 요구됨과 동시에 제한된 공간에서 여러 공종의 작업들이 동시 다발적으로 진행되므로 추락, 낙하, 화재/폭발, 질식, 감전, 협착, 충돌 등 다른 업종에 비해 다양한 재해의 위험에 노출 되어 있다.

한국안전보건공단에 따르면 조선업의 연간 사망근로자는 40여명에 달하고, 2천명에 가까운 근로자가 부상당하는 등 사업장 곳곳에서 크고 작은 사건·사고들이 끊임없이 발생하고 있다.¹⁾

1990년대 조선업 산업재해에 관한 안전의식이 대두되고²⁾ 조선업 안전 관리 자율평가 프로그램이 실시되는 등 노·사 모두의 안전의식이 크게 향상되기 시작하면서³⁾ 각 사업장 별 안전 경영 시스템과 관리 절차를 수립하고 개인 안전 의식과 사업장 안전 문화를 개선하는 등 산업 재해 예방을 위한 많은 노력을 기울여 왔다.

또한, 조선업 특성 상 대부분의 발주처가 외국인이므로⁴⁾ Table 1과 같이 해외 고객과의 활발한 교류 활동을 통해 여러 선진 안전 관리 프로그램을 공유하고 학습하는 등 산업 재해 예방을 위한 많은 개선 노력을 하였다.

Table 1. Various client and contractor joint efforts for the safety

Programs	Activities
Joint Safety Committees	Leadership Meetings, Procedure Developments, etc.
Joint Safety Programs onsite	HAZID, JSA, Walkthrough, Stand-down/up, Training, etc.
Safety Audits	Regular/Irregular Audits, Cold Eye Review, Compliance Check, etc.
KSSS (Korean Shipbuilding Safety Standardization)	Develop Standardized Safety Procedures with Korean Shipbuilding Companies
Various Safety Forums and Workshops	Annual Safety Forums, Contractor Awards and Workshops, etc.

그 결과 Table 2와 같이 2000년대 초반 약 1.4~2.3% 이던 산업 재해율은 현재는 약 0.8~0.9% 수준까지 감소하였다⁵⁾.

Table 2. Incident rate of shipbuilding and ship repair industry

Year	No. of Employees	No. of Injured Persons	No. of Fatalities	Incident Rate(%)	Fatality Rate*
2000	90,842	1,258	33	1.4	3.6
2001	96,643	1,657	45	1.7	4.7
2002	98,279	1,974	42	2.0	4.3
2003	102,369	2,349	48	2.3	4.7
2004	117,156	2,366	44	2.0	3.8
2005	159,042	2,327	40	1.5	2.5
2006	118,559	2,240	48	1.9	4.0
2007	132,992	2,065	46	1.6	3.5
2008	134,699	2,375	45	1.8	3.3
2009	171,118	2,413	53	1.4	3.1
2010	177,433	2,122	47	1.2	2.6
2011	168,114	1,820	46	1.1	2.7
2012	180,661	1,760	51	1.0	2.8
2013	186,226	1,596	37	0.9	2.0
2014	215,833	1,713	37	0.8	1.7
2015	233,730	1,940	31	0.8	1.3
2016	229,899	1,911	32	0.8	1.4

* Fatality Rate = (No. of Fatalities / No. of Employees)*10,000

이토록 조선업 전반에 걸쳐 산업 재해율을 감소시키는데 있어서는 어느 정도 괄목할 만한 성과를 거두었다고 할 수 있지만, 다시 최근에 와서는 재해율 감소가 다소 정체 상태를 보이고 있다. 또한, 여전히 2016년 조선업의 재해율은 0.83%로 대한민국 전체산업의 재해율 0.49%, 제조업 전체 재해율 0.62%에 비하여 높은 수준이며 특히, 사망 사고 등 중대 산업 재해는 매년 꾸준히 발생하고 있는 실정이다.

세계 주요 조선·해양 Project를 발주하는 ExxonMobil, Shell, Chevron, BP 등 해외 주요 선주(주문주)들은 이러한 현상이 각 사업장에서 발생하는 산업 재해에 대한 충분한 분석과 관리가 선행되지 못하여 그 결과 더 심각한 사고로 이어지고 있는 것으로 분석하였다. 이를 보완하기 위해 산업 재해 잠재 위험도 분석과 관리를 위한 절차를 수립하고 적용하는 등 많은 노력을 기울여 왔다⁶⁻¹¹⁾. 하지만, 국내 조선업의 재해 분석 활동은 아직 실제 발생한 결과에 치중되는 경향이 높으며, 아직 잠재 위험도 분석과 관리를 위한 활동은 미흡한 수준이다.

이에 따라 본 연구에서는 국내 조선업과 해외 주요 선주(주문주)의 재해 분석 기준과 활동 사례를 비교·분석함으로써 국내 조선업 재해 분석 활동의 개선점을 도출하고, 잠재 위험도 평가 기반의 국내 조선업 재해 분석 활동 방안을 제시하고자 한다.

제 2 장 연구 배경

2.1 조선업의 특성

조선업은 산업재해보험법 분류상 선박 건조 및 수리업에 해당되며, 선박 건조 시 강판을 주재료로 사용하고 기계·설비류를 부가적으로 장착하여 선박을 건조하게 되며, 기존 선박의 용도 변경, 유지 및 보수 작업 등을 포함한 업종이다. 또한, 제철, 기계, 전자, 화학 등 여러 산업으로부터의 기자재를 공급받아 가공 또는 조립하는 종합적이고 규모가 가장 큰 조립 산업이며, 대형 신조 9개사와 중형 신조 조선소 10여 개소, 수리전문 조선소 75개소 등의 사업장이 전국에 분포하고 있다. 이중 산업재해보상보험에 가입한 조선업 사업장은 2010년말 기준 4,938개사로 177,433명의 근로자가 조선업과 관련된 일을 하고 있다¹⁾.

조선업은 선박의 용도에 따라 상선, 어선, 여객선, 함정, 특수 작업선 등 매우 다양하게 분류 되어 있고, 선박재질이나 구성품도 철강, 합성수지, 비철금속, 전자제품, 목재 등 다양화 되어 있다. 또한, 한국표준산업분류(KSIC)의 중분류기준에 의거 「선박 및 보트 건조업」이 이에 해당되며, 이는 다시 Table 3과 같이 “선박건조업”과 오락 및 경기용 보트 건조업“으로 세분화 되어 있다¹²⁾.

Table 3. Categorization of shipbuilding industry

Industry	Sub-class	Sub-division	Examples of Potential Risk
Shipbuilding	Vessel Construction (3511)	Steel vessel construction	Oil tanker, cargo vessel, fishing vessel, refrigerator vessel, tug vessel and special vessels constructed by steel
		Synthetic resins vessel construction	Fishing vessel, fish storing vessel, cargo vessel and ferry constructed by synthetic resins
		Nonferrous and other sailing vessel construction	Vessels constructed by nonferrous and wooden
		Other vessel construction	Dredging vessel, rigs, floating structure and non-sailing vessel
	Boat Construction for leisure/game (3512)	Boat Construction for leisure/game	Canoe, sail boat and yacht which are accelerated by motor, wind, pedal, paddle and other similar boats

조선업은 전·후방 산업에 대한 파급효과가 크고 노동 및 자본 집약적 산업으로 Fig. 1과 같이 설계에서 조달, 생산 및 시운전 등 건조 공정이 매우 복잡하고 구조물 제작 특성 상 기계·자동화에도 한계가 있고 완전 자동화에는 많은 어려움이 있기 때문에 많은 기술과 인력을 필요로 하는 산업이며, 이로 인해 직, 간접적으로 관련된 산업이 많아 다른 제조업종 보다는 상대적으로 고용 유발 효과가 큰 산업이다¹²⁾.



Fig. 1. Work process of shipbuilding industry

1960년대 이후 우리나라는 경제 및 산업구조를 근대화시키기 위한 정부의 경공업, 중화학공업 육성정책에 힘입어 지속적인 경제발전을 이루어 내었다. 특히, 중화학공업과 더불어 선박전조 및 수리업(조선업)의 획기적인

발전은 우리나라가 신흥공업국으로 성장하는데 중추적인 역할을 해왔다. 하지만 조선해양 조선업의 급속한 생산물량 증가로 인해서 근로자들은 여러 가지 위험요소에 노출되었으며, 중대재해가 지속적으로 발생되고 있다¹³⁾.

대한민국 조선업은 1999년 일본을 넘어선 이후 현재까지 세계 일류의 조선국으로 입지를 굳혀오고 있다. 하지만, 우리나라 조선업의 생산 기술력이 진화되고 국제 경쟁력을 갖춘 것에 비하면 안전보건관리나 재해발생 정도는 아직 부족한 것이 사실이다. 우리나라가 기술력에 있어서는 세계적인 조선해양 강국임이 분명한 사실이나, 연간 40여명의 근로자가 사망하고 2천명이 넘는 근로자가 부상당하고 있는 점은 다시 한 번 생각해 보아야 할 문제이다¹⁾.

대부분의 해외 주요 발주 업체는 입찰 단계에서 납기일을 지키거나 비용을 절감하는 것보다 안전을 훨씬 더 중요하게 생각하고 있으며, 최근 중국과 싱가포르 등지의 조선소와 경쟁이 심화되는 가운데 국내 조선업이 해외 조선소와의 경쟁에서 이기고 조선해양산업에서 지속적으로 선두의 자리를 지키기 위해서는 대한민국 조선업의 기술력에 걸 맞는 현장의 안전보건 관리체제가 구축하고 생산기술의 경쟁만큼이나 안전보건관리 활동의 경쟁력을 확보해야한다¹⁴⁾.

2.2 조선업의 재해 특성

조선업은 일반 제조업과는 다른 많은 특성을 가지고 있으며 이로 인해 다양한 위험성과 재해 특성을 가지고 있다.

첫째, 작업장 이동이 매우 많다. 블록(Block)조립-의장작업-도장작업-탑재 등으로 이어지는 공정으로 빈번한 이동에 따른 구조 및 설비의 설치, 가설비의 해체 등 반복 작업으로 휴먼에러를 발생시킬 가능성이 매우 높다.

둘째, 고소작업장이 상시 존재한다. 건조 중인 선박 또는 해양플랜트는 대형 철 구조물로 조립되기 때문에 작업장의 높이가 2미터에서 10미터이상의 고소작업이 많아 떨어짐이나 낙하물에 의한 연속적인 사고발생가능성이 매우 높고 일반사고에 비하여 치명적이다.

셋째, 구조상 협소하고 밀폐공간이 많아 질식이나 화재 폭발 등의 위험성이 도사린다. 밀폐구역의 환기시설미비 등으로 발생할 수 있는 중대재해 및 질식의 위험성이 항상 내재되어있다.

넷째, 작업간의 순서조정 등 통제가 매우 어렵다. 작업간, 공정간 순서관리, 공기, 물량변동, 수시이동, 일기의 변화에 따른 공정간의 우선순위의 마찰 및 간섭 등으로 통제의 어려움이 수반된다.

다섯째, 중량물 취급이 많다. 중량물 취급 및 이동시 중장비 사용의 과다로 대형사고를 발생시킬 수 있는 요인이 상시 존재한다.

여섯째, 인력이동이 매우 빈번하다. 인력집약산업으로 단위 프로젝트의 집중적 인력투입에 따른 인력이동이 심하다.

일곱째, 작업환경이 다변화한다. 수시로 변화되는 작업환경 속에서 건설박종류의 다양화에 따른 작업환경에 대한 대응력이 매우 어렵다.

여덟째, 한정된 공간 내에서 혼재작업이 필연적이다. 동일 공간 내에서 화기작업, 도장작업, 의장작업 및 선체용접작업 등 작업공정간의 마찰이나 간섭현상의 불가분의 관계로 인해 안전보건상의 문제와 중대재해 발생 가능성이 높다¹⁵⁾.

Table 4는 KOSHA CODE B-3-2001 조선업 안전 기술 지침¹⁶⁾, 선박건조분야 산업안전보건 교수·학습 자료¹⁷⁾ 및 대한조선학회의 선박건조공학의 공정 분류기준¹⁸⁾을 근거로 조선업의 공정을 가공 공사에서부터 시운전 까지 각 단계별로 분류하고 관련 잠재 위험 요소를 분석 한 것이다.

Table 4. Types of accidents and potential risks in shipbuilding process

Process	Type of Accidents	Examples of Potential Risk
Steel Transportation	Pinch, Collision, Trip, etc.	1) Risk of collision and pinch while accessing storage area 2) Risk of collision and pinch while operating heavy vehicles and cranes 3) Risk of collision and pinch while equipment/facility maintenance 4) Risk of trip and collapse while loading/un-loading steels 5) Risk of collision, dropped objects and noise while doing other related tasks
Pre-Blasting	Pinch, Collision, Trip, Explosion, etc.	1) Risk of pinch while operating conveyors 2) Risk of pinch and trip while accessing the site 3) Risk of fire/explosion while pre-heating 4) Risk of fire/explosion while drying
Steel Cutting	Pinch, Collision, Trip,	1) Risk of pinch and trip while transporting steel plates

	Musculoskeletal Disorder, etc.	<p>2) Risk of pinch between equipment and facilities</p> <p>3) Risk of pinch due to signal failure</p> <p>4) Risk of collision with steel plates</p> <p>5) Risk of exposure to fume and noise, etc.</p> <p>6) Risk of musculoskeletal disorder</p>
Steel Fabrication	Fire/Explosion, Musculoskeletal Disorder, etc.	<p>1) Risk of pinch by pressuring/bending machines</p> <p>2) Risk of exposure to line of fire</p> <p>3) Risk of dropped objects</p> <p>4) Risk of lifting and rigging failure</p>
Block Assembly	Pinch, Collision, Trip, Electric shock, Fire/Explosion, Suffocation, Fall, Musculoskeletal Disorder, etc.	<p>1) Risk of dropped plates and pallets</p> <p>2) Risk of dropped steel structure while lifting and turn-over</p> <p>3) Risk of pinch, collision and fall while rigging</p> <p>4) Risk of fire while doing hot work</p> <p>5) Risk of electric shock and exposure to noise, etc. while welding</p>
Blasting	Addiction, Fall,	1) Risk of fire/explosion in the

& Painting	Noise, Fire/Explosion, Suffocation, Pinch, Trip, Musculoskeletal Disorder, etc.	blasting and painting shop 2) Risk of suffocation in confined space 3) Risk of exposure to dust, noise and chemicals 4) Risk of fall while doing painting and blasting at the elevated area 5) Risk of musculoskeletal disorder by improper working position
Pre-Erection & Outfitting	Fall, Trip/Slip, Collision, Collapse, Dropped Objects, Musculoskeletal Disorder, etc.	1) Risk of pinch, collision and trip by poor housekeeping 2) Risk of trip and collapse structure by welding failure 3) Risk of dropped outfitting materials and tools 4) Risk of fall while working at height (scaffolding work, using MEWP, lifting & rigging, etc.)
Erection	Fall, Collision, Dropped Objects, Trip/Slip, Pinch, Fire/Explosion, Suffocation, Dust,	1) Risk of dropped objects while lifting and turn-over structure 2) Risk of fall while working at height (lifting & rigging, block setting, signal, using MEWP, etc.) 3) Risk of fire while cutting / fitting / welding the structure 4) Risk of suffocation while welding

	Musculoskeletal Disorder, etc.	inside of confined space (tanks, vessels, etc.)
Outfitting	Fall, Collision, Dropped Objects, Trip/Slip, Pinch, Fire/Explosion, Suffocation, Dust, Musculoskeletal Disorder, etc.	<p>1) Risk of fall while working at height (using MEWP, scaffolding work, lifting and rigging, working on the ladder/platform, etc.)</p> <p>2) Risk of fire while doing hot work (grinding, welding, fitting, cutting, etc.)</p> <p>3) Risk of trip/slip while moving at congested area</p> <p>4) Risk of collision with structure and outfittings</p> <p>5) Risk of SIMOPs</p>
Commissioning	Electric shock, Pinch, Suffocation, Collision, Fire/Explosion, Man Overboard, etc.	<p>1) Risk of electric shock while operating equipment</p> <p>2) Risk of pinch with mechanical machines</p> <p>3) Risk of man overboard while accessing on the ship</p>

제 3 장 연구 방법

본 연구에서는 문헌조사와 국내·외 사업장의 재해 분석 기준 및 활동 사례들을 조사하고 이를 비교·분석 하였으며, 이를 바탕으로 Fig. 2에 나타난 순서와 같이 연구를 진행 하였다.

1) 국내 재해 분석 기준 및 활동 사례

국내의 경우 산업안전보건법 (제2장 안전·보건 관리 체제, 제20조 안전 보건관리규정의 작성 등, 5. 사고 조사 및 대책 수립에 관한 사항) 및 관련 기술 지침 (업무상 사고조사에 관한 기술지침, 사고의 근본원인 분석 기법에 관한 기술지침, 중대산업사고 조사에 관한 기술지침 등) 과 국내 조선 사업장의 재해 조사 및 관리 절차와 활동 사례를 조사 하였다.

2) 해외 재해 분석 기준 및 활동 사례

해외의 경우 미국 노동성 산하의 직업안전 위생국 (Occupational Safety and Health Administration: OSHA)의 Incident Investigation Guide 와 ExxonMobil, Chevron, BP 등 해외 주요 선주(주문주)의 재해 조사 및 관리 절차와 활동 사례를 조사하였다.

3) 사례 비교 분석 및 잠재 위험도 분석 필요성 검증

재해 유형은 동일하지만 발생 결과와 잠재 위험도가 서로 다른 두 가지 재해 사례를 발굴하여 전문가 의견을 토대로 비교 분석하고 그 분석 결과를 바탕으로 잠재 위험도 분석의 필요성을 검증하였다.

4) 높은 잠재 위험도 (High-Potential Severity) 판별 방안 제시

최근 5년간 (2013 ~ 2017) 국내 조선 사업장에서 발생한 중대 재해를 문헌조사를 통해 수집하고 재해 원인을 분석하였으며, 분석 결과를 바탕으로 국내 조선 사업장에서 재해 발생 시 높은 잠재 위험도 (High-Potential Severity) 여부를 판별 할 수 있는 방안과 잠재 위험도 판별 결과에 따라 각 사업장 별 적절한 재해 원인 분석 활동 및 관리 절차의 방향을 제시 하였다.

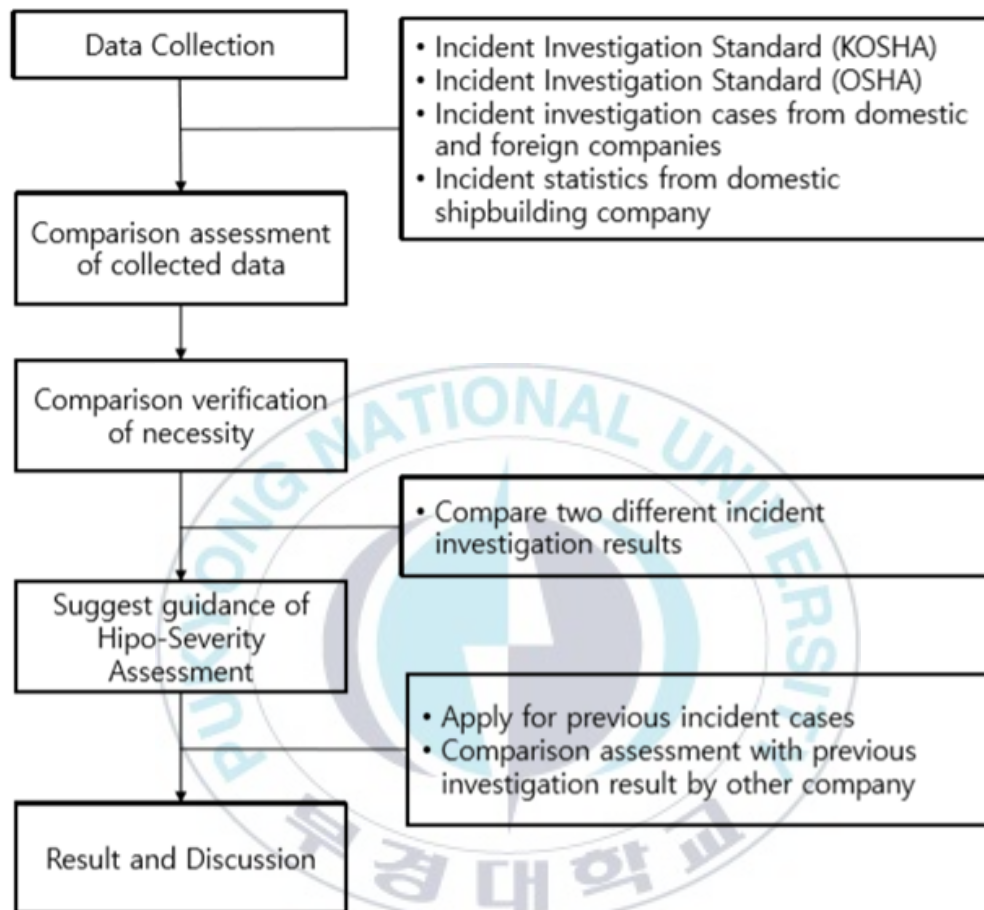


Fig. 2 Flow chart of the study

제 4 장 연구결과

4.1 국내 조선업 재해 분석 기준 및 사례

4.1.1 재해 분석 및 관리 기준

산업안전보건법에서 안전보건관리책임자는 산업재해의 원인을 조사하고 재발 방지 대책을 수립하며 통계의 기록 및 유지를 하도록 규정하고 있고, 사업주는 이러한 활동을 총괄 관리하는 조항을 두고 있다¹⁹⁾.

1993년 「기업활동 규제완화에 관한 특별조치법」이 시행 되면서 일반 산업 재해 발생 원인에 대한 조사와 대책을 기업 자율에 맡겨 보고 하도록 함으로써 각 사업장 별 자체 관리 기준에 따라 재해 원인 분석 및 개선 활동이 시행되고 있고, 심각한 상해를 유발하거나 중대 재해가 발생하는 등의 경우 정부 감독관에 의한 조사업무가 수행되고 있다²⁰⁾.

각 사업장 자체적으로 재해의 원인에 대하여 체계적이고 면밀한 조사를 수행하고 재발 방지를 위한 활동을 추진하도록 업무상 사고조사에 관한 기술 지침과²¹⁾ 당시 상황을 체계적으로 분석하여 재해의 근본적인 원인을 규명할 수 있도록 함으로써 동종 재해의 재발을 방지하는 목적으로 사고의 근본원인 분석기법 (Root Cause Analysis)에 관한 기술지침이 제공 되고 있다²²⁾.

4.1.2 국내 조선업 재해 분석 사례

재해분석 사례조사는 국내 A 조선업체의 재해 분석 기준과 운영 사례를 확인하고 개선점을 도출 하였다.

근본 원인 분석 활동 기준은 Table 5와 같이 각 재해의 발생 결과에 따라 등급을 규정하고, 그 등급에 따라 근본 원인 분석 활동의 책임을 규정하고 있었다. 하지만 주관적 판단에 따라 중대 재해를 유발 할 수 있는 것으로 고려되는 경우에 한하여 A등급으로 구분하고, 노·사 합동의 근본 원인 분석 활동이 요구 되고 있었으며, 그 외에는 대부분 실제 발생 결과에 따라 관리 되고 있었다.

그리고 재해 조사 및 처리 업무 프로세스로 재해 발생 시 정보 수집 및 조사 활동부터 재발 방지 활동까지 각 단계 별 모든 유관 조직의 활동과 책임이 Fig.3과 같이 규정되어 있었지만, 재해의 잠재 위험도를 분석하여 조사 대상이나 적절한 재해 분석 수준을 결정할 수 있는 기준은 정립되어 있지 않았다.

Table 5. Example of Root Cause Analysis (RCA) Responsibility in accordance with incident severity

	Incident Level	RCA Responsibility
Level A	Fatal Incidents	Joint Committee
	Incidents could cause Fatal Incidents	Division Committee (Lead by Safety Dept.)
	Serious Incidents	
Level B	Lost Time Incidents	Dept. related to incidents
	Property Incidents (> 10 million won)	
Level C	Except for A and B (including serious near miss)	

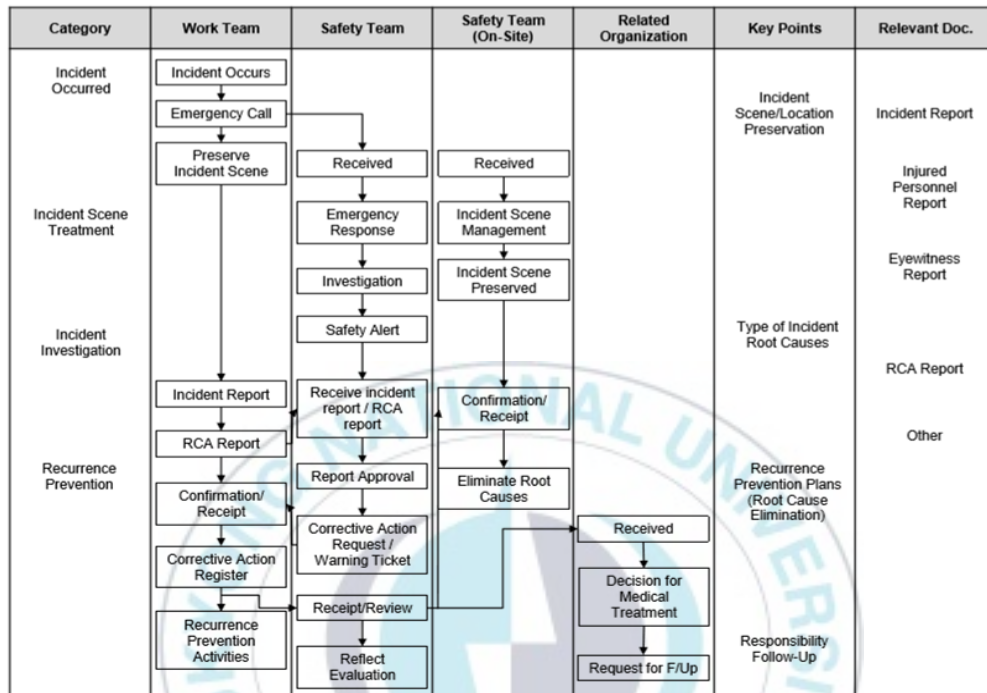



Fig. 3 Example of incident investigation and control process

이와 같이 현재 국내 조선업의 재해 분석 활동은 필요 시 주관적 판단에 따라 잠재 위험도를 평가하고 대부분 실제 발생한 결과에 보다 치중되어 있었으며 이로 인해 자칫 잠재 위험도가 높은 재해에 대한 면밀한 분석과 개선 대책 수립의 기회나 그 적절한 시점을 놓칠 수 있다는 문제점이 있다. 또한, Fig.4와 같이 사업장의 자체 재해 조사에서는 대부분 근본 원인 분석 기법을 사용 하고 있었으나 잠재 위험도에 대한 보고서 기술은 요구 되지 않아 추후 제 3자가 보고서를 접했을 때 실제 발생 결과는 경미하지만 잠재 위험도가 높은 재해에 대해서는 그 심각성을 정확히 인지하는 데 제한적일 수 있다.



Root Cause Analysis (RCA) Report						
[Date Written: () Writer:]						
1. RCA Outline						
Incident Date :		Date incident reported:		Period of investigation :		Date written and reported:
Investigator	Department	Position	Name(Sign)	Department	Position	Name(Sign)
2. Description						
Title						
Date & Time	(Weather :)			Location		
IP	(Department)	(Name)	(Position)	(Age)	(Date joined company)	
Damage				Project		
Description						

Fig. 4 Example of Root Cause Analysis (RCA) report

4.2 해외 기업 재해 분석 기준 및 사례

4.2.1 재해 분석 및 관리 기준

조선업의 경우 대부분의 발주처가 해외 기업으로 공사 기간 중 국내 안전 규정을 준수함과 동시에 발주처의 계약 요건에 따라 다양한 안전 기준을 추가로 적용해야 한다.

특히, Oil Major 선주(주문주)가 주도하는 해양플랜트 산업의 경우 재해 분석과 분류에 있어서 대부분 미국 노동성 산하의 직업안전 위생국 (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) 기준을 적용하고 있으며^{23,24)}, Fig. 5와 같이 OSHA Incident Investigation Guide에서는 아차사고까지 재해 조사 대상으로 포함하여 잠재적 위험 요소를 면밀히 분석하고 관리 할 것을 강력히 권고하고 있다.

Investigate All Incidents, Including “Close Calls”

OSHA strongly encourages employers to investigate all workplace incidents—both those that cause harm and the “close calls” that could have caused harm under slightly different circumstances. Investigations are incident-prevention tools and should be an integral part of an occupational safety and health management program in a workplace. Such a program is a structured way to identify and control the hazards in a workplace, and should emphasize continual improvement in health and safety performance. When done correctly, an effective incident investigation uncovers the root causes of the incident or ‘close call’ that were the underlying factors. Most important, investigations can prevent future incidents if appropriate actions are taken to correct the root causes discovered by the investigation.

Fig. 5 OSHA incident investigation guide

4.2.2 해외 주요 선주(주문주) 재해 분석 사례

해외 주요 선주(주문주)들은 재해를 분석함에 있어 잠재 위험도를 함께 평가하고 관리하여 무사고·무재해 사업장 구현을 위한 많은 노력을 기울이고 있었다.

그 대표적으로, ExxonMobil은 Fig. 6²⁵⁾과 같이 재해를 분류함에 있어 기존의 치료 기반의 분류 (Treatment Based Classifications)에서 상해 기반의 접근 (Hurt Based Approach)으로 전환하였다.

상해 기반의 접근은 ‘아무도 다쳐서는 안 된다’라는 ExxonMobil의 안전 경영 정책과 일맥상통하며 나아가 서로가 서로를 돌보는 안전 문화를 형성하는데 이바지 하였다. 또한, 상해 정도에 따른 정확한 재해 분류와 잠재 위험도를 결정이 가능하다.

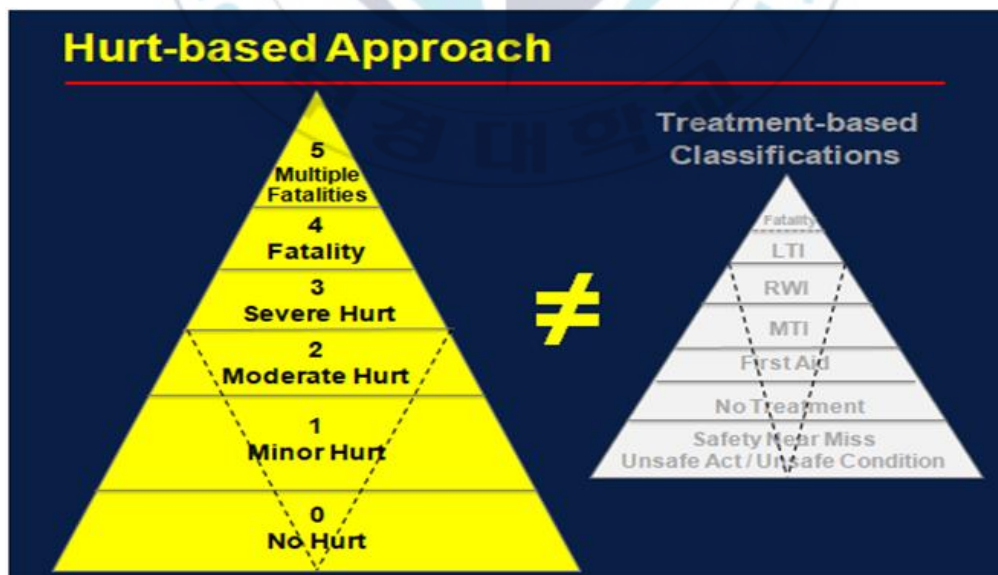


Fig. 6 Hurt-based approach from ExxonMobil

그리고 Fig. 7²⁵⁾과 같이 전체 사업장에서 발생한 재해를 분석한 결과 전체의 약 20%는 더 심각한 상해를 유발하거나 중대 재해로 이어질 수 있는 높은 잠재 위험성을 가졌다는 사실을 확인 하였고, ‘Mining the Diamond’라는 관리 기법을 통해 이를 관리 해 오고 있었다.

이는 즉, 아차사고나 First Aide Case와 같은 일반 경미 재해에서도 잠재 위험도가 높은 사건이나 사고가 발생 할 수 있고, 그 중 일부는 중대 재해로 이어질 수 있다는 것이다.

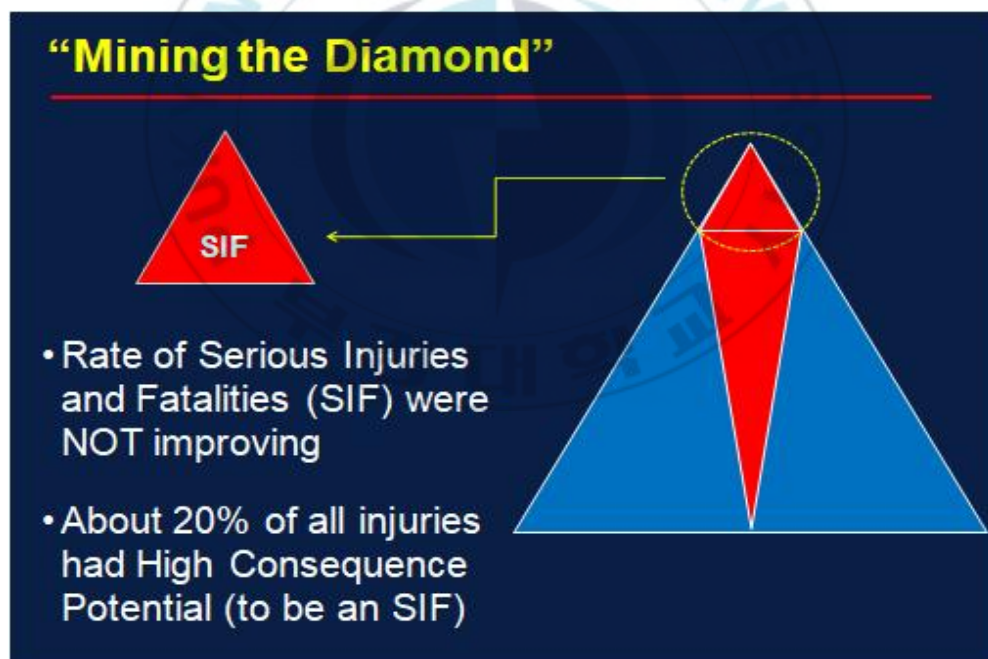


Fig. 7 Mining the Diamond from ExxonMobil

그리고 Fig. 8²⁶⁾과 같이 재해 발생 당시 조건을 고려하여 발생 가능한 잠재적 위험도를 결정하는 프로세스를 적용하고 그 과정에서 Table 6²⁷⁾의 실제 및 잠재적 위험도 수준을 결정할 수 있는 기준을 마련하여 재해 분석 활동에 적용 하고 있었다^{6,7)}.



Table 6. Criteria of Actual Hurt Level (AHL) and Potential Hurt Level (PHL) from ExxonMobil

Hurt Severity Levels	Actual Hurt Level (AHL) (How bad <u>was</u> it?)	Potential Hurt Level (PHL) (How bad <u>could</u> it have been?)
Level 5 "Multiple Fatalities"	Multiple Fatalities	Multiple Fatalities <u>or</u> a safety event that could <u>reasonably</u> have resulted in an "Actual Hurt Level 5 – Multiple Fatalities" but did not .
Level 4 "Fatality"	Fatality	Fatality <u>or</u> a safety event that could <u>reasonably</u> have resulted in an "Actual Hurt Level 4 – Fatality" <u>and</u> a higher Potential Hurt Level (Multiple Fatalities) is not reasonable.
Level 3 "Severe Hurt"	Injuries or illnesses causing severe physical body damage with probable long-term and/or significant life-altering complications such as: <ul style="list-style-type: none"> ● Life-altering fractures, lacerations, or penetrations ● Amputations ● Significant third degree burns ● Disfigurement 	A safety event that could <u>reasonably</u> have resulted in an "Actual Hurt Level 3 – Severe Hurt" <u>and</u> a higher Potential Hurt Level (Fatality) is not reasonable.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Loss/impairment of body organ function ● Severe to complete loss of hearing ● Severe visual impairment to total blindness ● Confirmed debilitating ergonomic or Serious Illness Events (SIE) cases 	
<p>Level 2 "Moderate Hurt"</p>	<p>Injuries of illnesses causing significant physical body damage; reasonably expected to heal without significant life-altering complications in a moderate time period (week(s) to months) such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fractures, Loss of tooth/teeth ● Significant lacerations/penetrations ● Partial/single digit amputations ● Significant second degree burns (blistering) ● Minor third degree burns 	<p>A safety event that could <u>reasonably</u> have resulted in an "Actual Hurt Level 2 - Moderate Hurt" <u>and</u> a higher Potential Hurt Level is not reasonable.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ● Significant Sprains & Strains ● Major infections post-injury or from illness ● Dislocations ● Punctured ear drum or moderate to moderately severe hearing loss ● Moderate visual impairment ● Confirmed ergonomic and SIE cases requiring significant treatment, surgery or physical therapy 	
<p>Level 1</p> <p>"Minor Hurt"</p>	<p>Injuries or illnesses causing minor physical body damage; reasonably expected to heal without any life-altering complications in a short time period (hours to days) such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Minor lacerations/penetrations (that bleed freely) ● Minor chipping or cracking of a tooth/teeth 	<p>A safety event that could <u>reasonably</u> have resulted in an "Actual Hurt Level 1 - Minor Hurt" <u>and</u> a higher Potential Hurt Level is not reasonable.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ● Minor second degree burns (blistering) ● Skin rashes/burns from exposure to chemicals/non-aqueous fluids ● Sprains & Strains ● Minor infections post-injury or from illness ● Bruises ● Partial and self-resolving dislocations ● Confirmed slight to mild hearing loss ● Mild eye (corneal) abrasions ● Confirmed ergonomic or SIE cases requiring minor treatment 	
<p>Level 0</p> <p>"No Hurt"</p>	<p>No Hurt occurred (no physical body damage) but there are actionable learnings to take to possibly prevent future Hurt.</p>	<p>No Hurt occurred (no physical body damage) <u>but</u> there are actionable learnings to take to possibly prevent future Hurt <u>and</u> a higher Potential Hurt Level is not reasonable.</p>

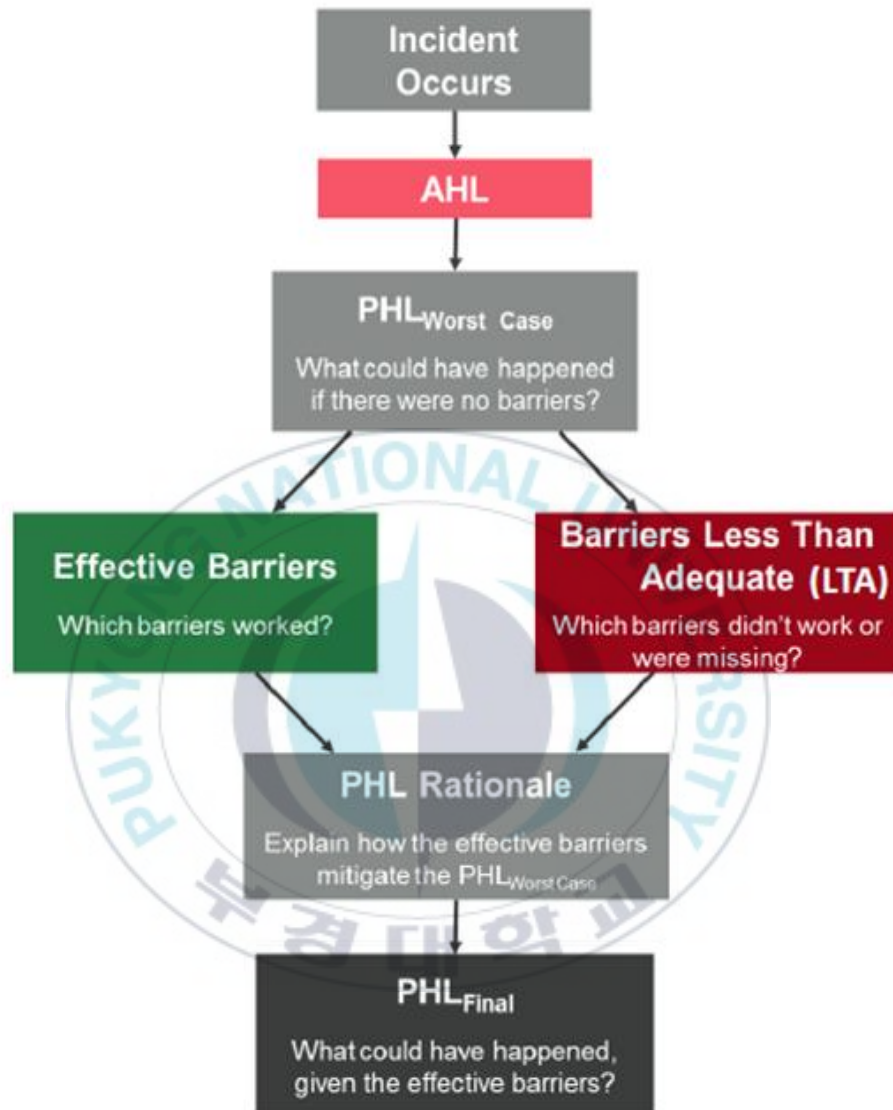


Fig. 8 Severity level determination process from ExxonMobil

이 외에도 Chevron의 경우에는 Fig. 9²⁸⁾와 같이 재해 발생 당시 Energy Source와 Potential Consequence, Control Measure 등을 종합적으로 평가하여 재해 조사 수준을 결정하는 Tool을 활용하고 있었으며, BP는 Fig. 10²⁹⁾의 Flow Chart를 활용하여 재해 잠재 위험도의 경중을 분석하고 그 결과에 따른 적정 수준의 재해 조사 활동을 실시하고 있었다.

또한, 조선업 특성 상 생산 과정 중 낙하물에 의한 재해가 많이 발생하는데 DROPS (Dropped Objects Prevention Scheme)에서는 낙하물 발생 높이와 무게에 따른 위험도를 측정 할 수 있는 Fig. 11³⁰⁾과 같은 Tool을 제공하고 있었다.



Probable Severity Assessment Tool

Instructions										
Step 1	Select the Energy Source. Refer to the 'Energy Sources' sheet for guidance.									
Step 2	Select the highest realistic consequence based on energy released/unreleased. Refer to the 'Energy Sources' sheet for guidance.									
Step 3	Select the highest control using the Hierarchy of Control. Refer to the 'Hierarchy of Controls' sheet for guidance.									
Step 4	Select Yes or No for "Did the Control Work".									
Step 5	The tool will now calculate the incident potential and recommend the appropriate investigation level.									
Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5						
Energy Source	Potential Consequence	Control	Did the control work?	Investigation Level						
Gravity	Medical Treatment (One or more injuries)	Administration	No	2						
Energy Sources										
Identify the Energy Source	Gravity	Motion	Mechanical	Electrical	Pressure	Temperature	Chemical	Biological	Radiation	Sound
Definition	The force caused by the attraction of all other masses to the mass of the earth.	The change of position of objects or substances.	The energy of the components of a mechanical system, in a rotation, vibration, or motion, or in a change of position (piece of equipment or machinery).	The presence of an electrical charge.	Energy applied to a liquid or gas that has been compressed or is under a vacuum.	The measurement of difference in the thermal energy of objects or the environment, which the human body senses as either heat or cold.	The energy present in a chemical reaction, or through nuclear fission, that the potential to cause a physical or health hazard to people, equipment or the environment.	Living organisms that can present a hazard.	The energy emitted from radioactive elements or sources and entering existing radioactive materials (radioactivity).	A sound is produced when a force that causes a solid or substance to vibrate and the energy is transmitted through the medium or wave.
Examples	Falling object, collapsing roof and a body, slipping or falling.	Vehicle, vessel, or equipment movement, floating water, wind, combined with one of the.	Rolling equipment, drive belts, pumps, compressors and rollers.	Overhead power lines, underground power lines, transformers, static charges, lightning, energized equipment, wiring and software.	Pressure piping, compressed containers, control lines, vessels, tanks, air hoses, pneumatic/hydraulic equipment.	Open flame, ignition sources, hot or cold surfaces, liquid or gases, steam, friction and ground uninsulated and wetted conditions.	Flammable vapors, reactive vapors, refrigerant or other toxic compounds, corrosives, asphyxiants, combustibles, oxygen deficient atmospheres, welding fumes, and dusts.	Coronaviruses, bacteria, viruses, insects, blood, some pathogens, improperly handled food, and contaminated water.	Lighting fixtures, welding arcs, x-ray film, microwave, lasers, X-rays, and NORM waste.	Equipment noise, impact noise, vibration, high-pressure releases, and the impact of noise to communication.
Is there a potential for a fatality?	False (from level 1) unless the consequence is a potential fatality.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for heat degree burns or asphyxiation.	Consider the potential for contact with asphyxiants and other health and safety hazards.	Consider the potential for contact with asphyxiants and other health and safety hazards.	Consider the potential for exposure to radiation.	Consider the potential consequences of sudden or loud noise exposure to affect people or other situations, depending on examples.
How much released or contained energy impact of the energy contacted a human body?	False (from level 1) unless the consequence is a potential fatality.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for entrapment of the human body with equipment or the energy of force for penetrating injury potential.	Consider the potential for heat degree burns or asphyxiation.	Consider the potential for contact with asphyxiants and other health and safety hazards.	Consider the potential for contact with asphyxiants and other health and safety hazards.	Consider the potential for exposure to radiation.	Consider the potential consequences of sudden or loud noise exposure to affect people or other situations, depending on examples.
There are guidelines and prompts only, sorted as per the classification and required. Refer to the Safety Prevention Handbook for potentially fatal hazards.	To provide potential for prompt action, refer to the Safety Prevention Handbook for potentially fatal hazards.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.	Consider the potential for fatality for speed greater than 100.

Fig. 9 Probable severity assessment tool from Chevron

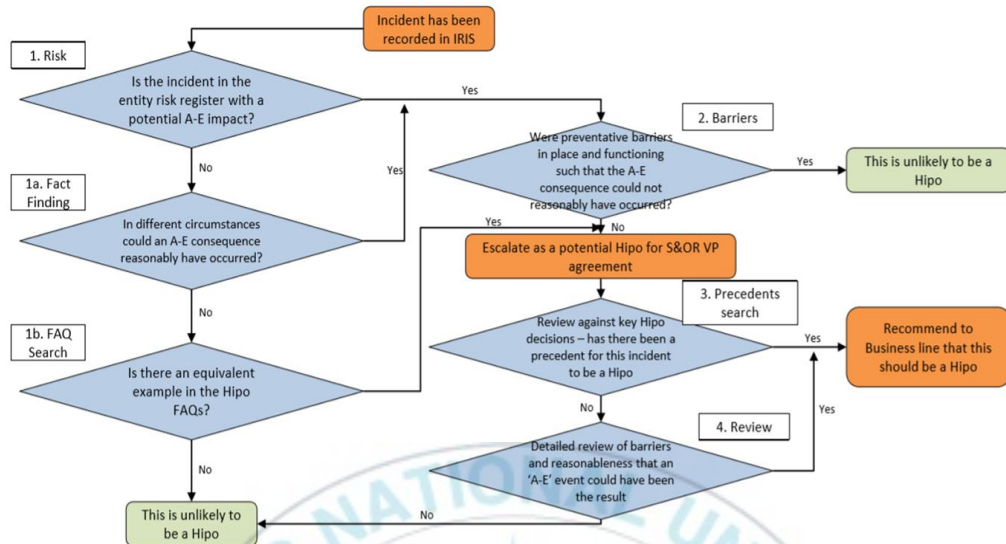


Fig. 10 Principles for assessment of potential severity from BP

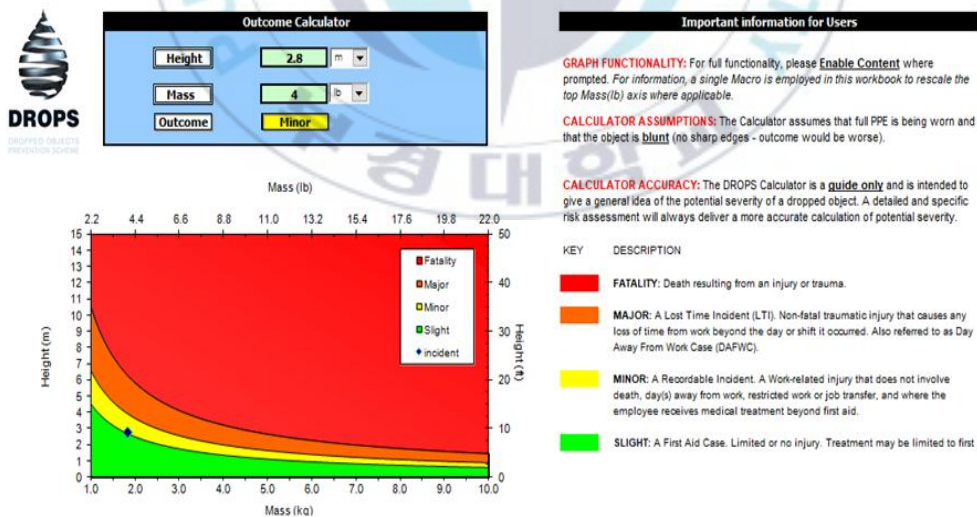


Fig. 11 Dropped object consequence calculator

4.3 사례 분석을 통한 잠재 위험도 평가의 필요성 검증

산업 재해 잠재 위험도 분석의 필요성을 검증하기 위해 재해 유형은 동일하지만 실제 발생한 결과와 잠재 위험도가 상이한 다음의 두 가지 재해 사례의 조사 결과를 비교 분석하였다.

재해사례#1

2015년 3월 8일 약 11:55분경, A Project에서 Grating 수정 작업 중 주변 인원 통제 미흡으로 작업장을 지나가던 동료 근로자가 고박 되지 않은 Grating을 밟는 순간 Grating이 한 쪽으로 기울어지며 약 30m 하부로 추락 할 번 한 아차사고가 발생 하였다.

재해사례#2

2015년 12월 11일 약 11:10분경, B Project의 가설 비계 상부를 이동 하던 중 개구부를 발견 하지 못하고 실족하면서 오른쪽 어깨가 골절되는 인명 피해가 발생 하였다. (재해 발생 당시 개구부로부터 약 2m 하부에 비계가 설치되어 있었음)

위의 두 사례는 모두 작업장 이동 중 실족에 의해 발생하였지만, 첫 번째 사례는 다행히 아차사고로 인명 피해가 발생 하지 않았고, 두 번째 사

례는 어깨가 골절되는 심각한 인명 피해가 발생 하였다.

하지만, 잠재적 위험도를 판단 해 볼 때 첫 번째 사례는 근로자가 약 30m 하부로 추락 할 수 있었던 중대 재해 성 아차사고인 반면, 두 번째 사례는 2m 하부에 비계가 설치되어 있어 추락 시 첫 번째 사례에 비해서 상대적으로 잠재적 위험도가 낮음을 확인 할 수 있다.

그럼에도 불구하고, 두 사례의 조사 결과를 비교 분석해 보면 첫 번째 사례의 경우 하루 정도의 재해 조사 기간이 소요되었고 약 2페이지 분량의 보고서가 작성 되었으며, 2가지 정도의 개선 대책이 수립 되는 등 일반적 경미한 재해 수준의 조사 활동이 진행 된 반면, 두 번째 사례의 경우 약 2 주간의 재해 조사가 진행 되면서 Tap Root Analysis 기법을 활용한 근본 원인 분석 활동과 7가지 근본원인 개선 대책이 수립 되었으며, 재해 조사 활동에 있어 Project 경영진이 직접 참여하는 등 보다 심도 있고 면밀한 재해 조사 활동이 진행되었음을 다음의 Table 7의 비교 분석표를 통해 확인 할 수 있다.

위의 비교 분석을 통해 알 수 있듯이 재해의 실제 발생 결과뿐만 아니라 잠재 위험도가 함께 고려되지 않을 경우 충분한 조사 활동이 진행 되지 않을 수 있으며, 이는 곧 하인리히 법칙 (1:29:300)이나 프랭크 버드 법칙 (1:10:30:600)과 같이 향후 더 심각한 대형 사고를 초래 할 수 있음을 알 수 있다.

Table 7. Comparison of two incident investigation cases

	Case #1	Case #2
Classification	Near Miss	Restricted Work Case
Injuries	None	Fracture (Shoulder)
Lost (Restricted) Work Days	None	3 months
Investigation Method	Normal	Tap Root Analysis
Investigation Length (Dates)	1 day	15 days
Final Report Length (Pages)	2 pages	25 pages
Interview	X	O (Witness, IP, Foreman)
Statement	X	O (Witness, IP, Foreman)
Drug & Alcohol Test	X	O
Management Involvement	X	O
Personnel Information	X	Training, Experience
Findings	Root Causes	Root Causes, 3 Lessons Learned
Corrective Actions	2 Actions	7 Actions

4.4 재해 분석 및 관리 방안

4.4.1 잠재 위험도 평가 기반의 조선업 재해 분석 및 관리 방안

조선업의 경우 타 산업에 비해 재해 유형이 다양하고 발생 건수도 많은 반면, 이를 관리하기 위한 전문 인력이나 시간, 비용 등은 매우 부족한 현실이다. 그렇기 때문에 간혹 경미한 재해에 대해서는 현업 조직의 자체적인 재해 분석 활동이 진행되는 경우도 있다. 이때 현업 담당자는 재해 분석 전문가에 비해 지식이나 경험이 부족하고 이로 인해 면밀한 원인 분석이 제대로 이루어지지 못하여 자칫 잠재 위험도가 높은 재해임에도 불구하고 적절한 재발 방지 대책이 수립 되지 못 할 수 있다. 또한, 잠재 위험도를 분석 하더라도 대부분 담당자의 주관적 관점에 따라 결정 되었다.

본 연구에서는 이러한 조선업의 특성과 현실적인 부분을 고려하여 재해 발생 시 신속히 재해 유형을 분석하고 보다 객관적으로 높은 잠재 위험도 여부를 판별할 수 있는 방안을 제시하고자 Fig. 12와 같이 최근 5년간 (2013 ~ 2017) 국내 조선업에서 발생한 총 89건의 중대 재해를 분석하였다.

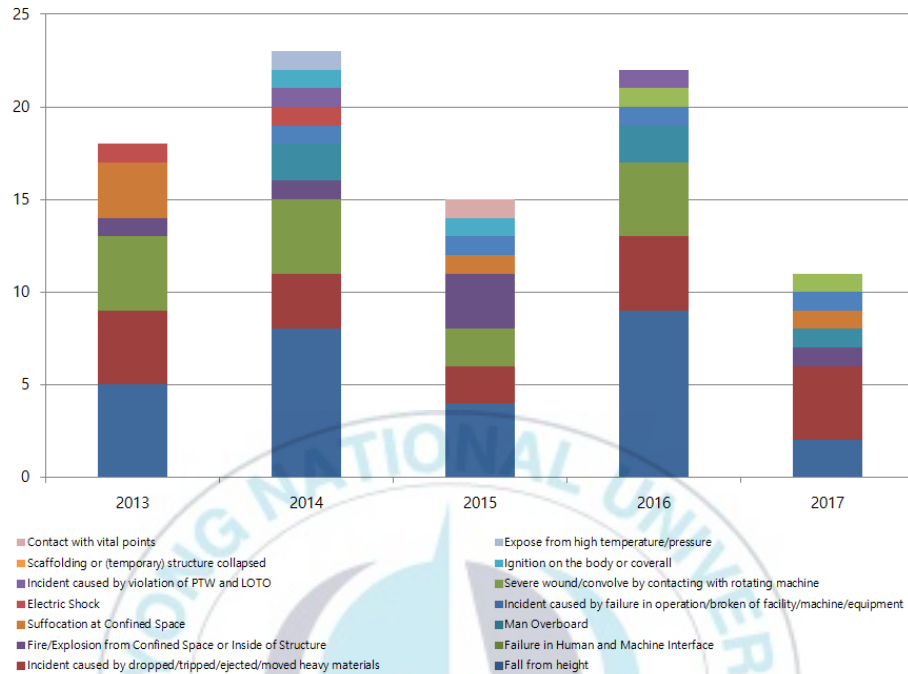


Fig. 12 Records of serious injuries and fatalities in shipbuilding and ship repair industry (2013 ~ 2017)

그 분석 결과를 바탕으로 Table 8과 같이 공통 된 재해 유형 항목을 구성 한 결과 2m 이상 작업장에서의 추락에 의한 재해 28건, 중량물의 낙하/전도/비레 등에 의한 협착/충돌 17건, 중장비 또는 설비에 의한 충돌/협착 14건 등 13가지의 중대 재해 유형이 도출 되었다.

Table 8. Categorization of serious injuries and fatalities from shipbuilding and ship repair industry (2013 ~ 2017)

No.	Serious injuries and Fatalities	Categorization
1	Pinch by tripped and dropped big steel block	Incident caused by dropped/tripped/ejected/moved heavy materials nearby any person
2	Argon suffocation in the tank	Suffocation at Confined Space
3	Fall from lashing bridge of container ship	Fall from height - 2m and above
4	Collision with forklift	Failure in Human and Machine Interface
5	Electric shock by exposed power cable of portable light	Electric shock
6	Fall in the water from quayside	Man Overboard
7	Exposed by high temperature vapor	Expose from high temperature/pressure
8	Burn during the grinding work	Ignition on the body or coverall
9	Fire while cutting of used vessel with oxygen torch	Fire/Explosion from Confined Space or Inside of Structure

10	Cut by portable grinding tool	Severe wound/convolve by contacting with rotating machine
11	Pinch between engine hood and boom of excavator	Incident caused by violation of PTW and LOTO
12	Cherry picker trip over, pinch between boom and ground	Incident caused by failure in operation/broken of facility/machine/equipment
13	Head collide with side shell while walking for inspection	Contact with vital points

그리고 이러한 분석을 바탕으로 Table 9와 같이 각 재해 유형 별 잠재 위험성이 높게 발생 할 수 있는 경우를 체크시트로 수립하였으며, 재해 조사 활동에 적용함으로써 재해 조사 시 높은 잠재 위험도 (High Potential Severity) 여부를 보다 빠른 시간 내에 효율적으로 판별 할 수 있는 방안을 제시 하였다. 또한, 각 사업자의 특성이나 작업 환경에 따라 상기 13가지 외의 경우를 고려하여 3가지 항목 (중대 안전 수칙을 위반하거나 중대 재해로 발생 했던 이력이 있는 경우 또는 중대 재해로 이어질 수 있었던 것으로 판단 될 경우)을 추가함으로써 최종적으로 총 16개 항목으로 구성된 체크시트를 수립하였다.

Table 9. Guidance of High-Potential (Hipo) severity assessment

Guidance of High-Potential Severity Assessment		
<p>High-Potential (Hipo) incident means an incident or near miss that has the potential severity could result in permanent disability/life altering injuries/death.</p>		
Check	No.	Category *(): No. of related incidents in 2013 ~ 2017
<input type="checkbox"/>	1	Fall from height - 2m and above *(28)
<input type="checkbox"/>	2	Incident caused by dropped/tripped/ejected/moved heavy materials nearby any person *(17)
<input type="checkbox"/>	3	Failure in Human and Machine Interface *(14)
<input type="checkbox"/>	4	Fire/Explosion from Confined Space or Inside of Structure *(6)
<input type="checkbox"/>	5	Man Overboard *(5)
<input type="checkbox"/>	6	Suffocation at Confined Space *(5)

<input type="checkbox"/>	7	Incident caused by failure in operation/broken of facility/machine/equipment *(4)
<input type="checkbox"/>	8	Electric shock - Low: Less than DC 750V, AC 600V / High: Above low and less than 7,000V / Extreme: Above 7,000V *(2)
<input type="checkbox"/>	9	Severe wound/convolve by contacting with rotating machine - i.e. Grinder, Boring Machine, Drill, etc. *(2)
<input type="checkbox"/>	10	Incident caused by violation of PTW and LOTO *(2)
<input type="checkbox"/>	11	Ignition on the body or coverall *(2)
<input type="checkbox"/>	12	Expose from high temperature/pressure *(1)
<input type="checkbox"/>	13	Contact with vital points *(1)
<input type="checkbox"/>	14	Violation of safety golden rules
<input type="checkbox"/>	15	Incident already resulted in Fatality or High Potential Incident
<input type="checkbox"/>	16	Etc. - When assessed as a High Potential Incident by the investigation team

현업 또는 재해 조사 담당자는 산업 재해 발생 시 Table 9의 체크시트를 활용하여 발생한 재해의 유형을 신속히 비교·분석하고 높은 잠재 위험도 여부를 판별 할 수 있을 것으로 사료 된다. 만약, 발생한 재해의 유형이 체크시트 한 개 이상의 항목과 부합 될 경우 우선적으로 높은 잠재 위험도를 가진 재해로 분류하고 이에 상응하는 면밀한 재해 조사 및 원인 분석 활동을 이어갈 수 있다. 이러한 활동은 현업 또는 재해 조사 담당자로 하여금 빠른 시간 내에 재해의 높은 잠재 위험도 여부를 판별 할 수 있도록 함으로써 중대 재해 예방을 위한 적절한 재해 분석의 기회를 적기에 제공 할 수 있을 것으로 사료 되며, 전반적인 개선 절차는 Fig. 13과 같다.



Fig. 13 Improved incident investigation and control process

또한, 체크리스트를 사업장 환경이나 작업 조건 등에 따라 지속 수정하고 관리함으로써 분석의 정확도를 개선 할 수 있을 것으로 사료 된다.

그리고 높은 잠재 위험도 (High-Potential Severity)를 지닌 재해 중 경우에 따라서는 Table 10, 11, 12와 같이 기존의 위험성 평가 Matrix를 사업장의 특성이나 환경에 따라 적절히 활용하여 재해 발생 빈도 및 강도를 고려한 보다 세부적인 잠재 위험도를 분석 할 수 있으며, 그 분석 결과에 따라 Table 13의 예시와 같이 각 사업장 특성에 맞는 재해 원인 분석 활동 기준을 수립하고 운영할 수 있을 것으로 사료 된다.

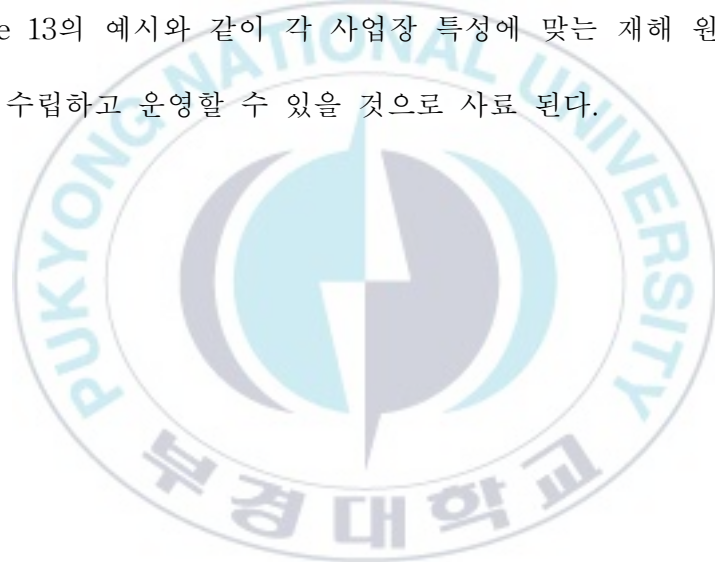


Table 10. Example of severity assessment matrix

Likelihood Consequence		Rare	Unlikely	Possible	Likely	Certain
		1	2	3	4	5
Minor	1	1	2	3	4	5
Moderate	2	2	4	6	8	10
Major	3	3	6	9	12	15
Severe	4	4	8	12	16	20
Catastrophic	5	5	10	15	20	25

Table 11. Example of occurrence likelihood criteria

Likelihood		Description
1	Rare	Accidents have never happened and there is no possibility of accidents under the current control
2	Unlikely	Accidents happened rarely and there is possibility of accidents under the current control
3	Possible	An accident has happened; accidents may rarely happen under the current control but may happen in the event of an administrative mistake
4	Likely	Accidents have happened and may recur under the current control
5	Certain	Accidents have happened and may recur and the potential hazards exist normally under the current control state

Table 12. Example of consequence criteria

Consequence		Description
1	Minor	No injury
2	Moderate	Require First Aid
3	Major	Require Medical Treatment or Restricted in Work
4	Severe	Loss Time Injury or Fatality
5	Catastrophic	Multi Fatalities

Table 13. Example of incident investigation level

Severity		Incident Investigation Level	
Green (1~4)	Low	Lv. 1	Investigation by incident happened organization and report to safety organization
Yellow (5~8)	Moderate	Lv. 2	Root Cause Analysis by incident happened organization and reviewed by safety organization
Amber (9~12)	High	Lv. 3	Joint investigation and root cause analysis with all authorities
Red (15~25)	Extreme	Lv. 4	Senior Management involved in investigation process

4.4.2 적용 결과

위의 Table 9에서 제안한 방법론을 활용하여 2012 ~ 2014년 수행된 A Project에서 발생한 총 57건의 재해 사례를 대상으로 전체의 몇 %가 높은 잠재 위험도 (High-Potential Severity)를 가졌는지 평가하였다.

적용 결과 Table 14와 같이 전체 57건 중 9건은 심각한 인명 피해나 중대 재해를 초래 할 수 있는 높은 잠재 위험도를 가졌던 것으로 분석 되었으며, A Project 발주처 자체의 잠재 위험도 분석 결과 (57건 중 6건이 높은 잠재 위험도를 가진 것으로 분석 됨)와 비교 했을 때 높은 잠재 위험도를 가진 재해에 대한 분석 결과는 동일했으며, 3건의 재해 사례가 추가적으로 높은 잠재 위험도를 가진 것으로 분석 되었다.

Table 14. Comparison of potential severity assessment through two different guides

Potential Severity	A Company	Apply Proposed Guidance
No. of Low Potential	51	48
No. of High Potential	6	9
% of High Potential	10.50 %	15.79%

제 5 장 결론 및 고찰

본 연구에서는 국내 조선업의 재해 분석 활동의 개선점을 도출하고 잠재 위험도 분석을 통한 재해 분석 및 관리 프로세스의 개선 방안을 제시하고자 국내 조선업 및 해외 주요 선주(주문주)들의 재해 분석 및 관리 기준과 활동 사례를 비교 분석하였고, 동일한 유형의 두 가지 재해 분석 결과 사례를 바탕으로 산업 재해 잠재 위험도 분석의 필요성을 검증 하였다.

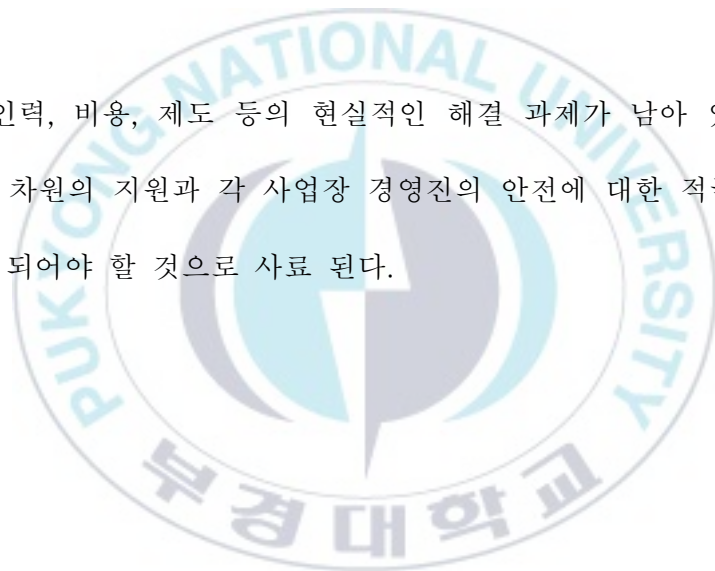
또한, 국내 조선업의 특성과 현실성을 고려하여 재해의 높은 잠재 위험도 (High-Potential Severity) 여부를 판별 할 수 있는 체크시트를 국내 조선업 중대재해 사례 원인 분석을 통해 수립 및 제안하고, 재해 사례 적용을 통해 기존 분석 결과와의 유의성을 검증 하였으며, 위험성 평가 기법을 활용한 보다 세부적인 분석 활동과 그 결과에 따른 관리 방안을 제안하였다.

이러한 접근 방법을 향후 각 사업장의 특성에 맞게 재해 분석 및 관리 프로세스에 접목시킨다면 재해 발생 시 높은 잠재 위험도 여부를 보다 신속하고 효율적으로 분석할 수 있을 것이고, 그 결과에 따른 적절한 재발 방지 대책을 수립하고 관리할 수 있을 것으로 사료 된다. 또한, 이는 곧 개인의 안전 의식과 조직의 안전 문화를 향상시켜 나아가 안전 관리에서 궁극적으로 추구하는 무사고 무재해 사업장을 구성하는 이바지 할 수 있을 것으로 기대 한다. 그리고 향후 재해 분석 활동의 개선 및 운영 지침과 홍

보 자료로 활용 되고, 재해의 잠재 위험도 분석에 대한 필요성을 제고함과 동시에 재해 예방 동기부여 자료로 활용 될 수 있기를 기대 한다.

하지만, 본 연구에서 제안한 방법을 적용함에 있어 분석자의 재해 조사 활동에 대한 전문 지식 수준이나 경험에 따라 결과가 상이하게 나올 수 있음을 확인하였고, 이러한 점을 보완하기 위해 추후 연구가 지속적으로 이루어진다면 산업 현장에서의 활용도를 더욱 높일 수 있을 것으로 기대 한다.

또한, 인력, 비용, 제도 등의 현실적인 해결 과제가 남아 있기 때문에 향후 정부 차원의 지원과 각 사업장 경영진의 안전에 대한 적극적인 의지가 뒷받침 되어야 할 것으로 사료 된다.



References

- 1) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), "Safety and Health Guide of Shipbuilding and Repair Industry", 2012.
- 2) Y. H. Lee and S. D. Lee, "A Study on Safety Consciousness for Preventing Accident of the Shipbuilding Industry", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 13, No. 1, PP. 119–130, 1998.
- 3) Occupational Health and Safety Research Institute, "Risk Assessment Program Model Development for Shipbuilding Industry", 2007.
- 4) The Kyunghyang Newspaper, 8 October, 2007.
- 5) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), Industrial Accident Statistics, 2000–2016.
- 6) R. M. Smith and M. L. Jones, "A Hurt-Based Approach to Safety", Society of Petroleum Engineers, SPE Americas E&P Health, Safety, Security and Environmental Conference, 18–20 March, 2013.
- 7) J. Jackson, "Mining the Diamond: Next Step in the Safety Journey", AAPG/SEG International Conference and Exhibition, London, England, October 15–18, 2017.

- 8) R. Rife, "Serious Injury and Fatality Prevention", National Safety Council (Congress & Expo), Sep. 2017.
- 9) S. G. Riddle, "Focus on Hurt Free", ExxonMobil Development, January 2017.
- 10) M. J. Booth, "The Incident Potential Matrix", Society of Petroleum Engineers, SPE Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production Conference, 1991.
- 11) T. V. Karlsson and B. M. Jahre, "Application of the Incident Potential Matrix Technique to Marine Sismic Operations", Society of Petroleum Engineers, 1994.
- 12) T. K. Kim, B. W. Jeong, S. J. Park, "Fairness operation plan of subcontract transaction in shipbuilding industry", Busan region fair trade office, 2002.
- 13) J. W. Choi, J. H. Yoo, H. J. Kim, J. M. Seo, S. B. Kim, K. B. Yoon, "A Study on Safety Management System for Shipbuilding Industry", ChungAng University, Safetia Co., Ltd, Ministry of Labor, 2008.
- 14) Chosun Biz Newspaper, 30 June, 2016.
- 15) J. G. Jung, "The Prevention Plan and Current Status of Industrial

- Accidents in Shipbuilding Industry”, Korea Occupational Safety & Health Agency, pp. 78-85, 2002.
- 16) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA Code (B-3-2011), “Safety Inspection Technical Guidance for Shipbuilding Industry”, 2011.
- 17) The Ministry of Education, “Occupational Safety and Health Professor·Study Material of Shipbuilding Industry”, 2014.
- 18) Society of Naval Architects of Korea, “Shipbuilding Engineering”, Dong Myung Sa, 1998.
- 19) Ministry of Employment and Labor (MOEL), Occupational Safety and Health Act, “Chapter II Safety and Health Management System, Article 13 Safety and Health Manager”, 2017.
- 20) Ministry of Employment and Labor (MOEL), “A study on the effect of the accident investigation affecting to the industrial accident prevention” 2010.
- 21) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), KOSHA Code (G-5-2017), “Technical guidance of work related accident investigation”, 2017.
- 22) The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA),

- KOSHA Code (P-151-2016), "Technical guidance of root cause analysis for the accident", 2016.
- 23) OSHA Safety and Health Standards - 29 CFR
- 24) OSHA Shipyard Industry Standards, 2268-11R, 2015
- 25) M. Smith, "A Hurt-Based Approach to Safety", EMDC Contractor Safety Forum, 2012.
- 26) R. Rife, "Serious Injury and Fatality Prevention", National Safety Council Congress & Expo, 2017.
- 27) Hurt Severity AHL-PHL Classification, ExxonMobil.
- 28) UG_Probable Severity Assessment Tool, Chevron, Mar. 2013.
- 29) E. Myers, "Incident Investigation and Reporting Procedure", BP Oil - Toledo Refinery, 2017.
- 30) Dropped Object Consequence Calculator, DROPS, 2016.

감사의 글

설렘과 두려움을 안고 안전 분야에서 보다 전문가가 되고자 부경대학교 산업대학원에 진학한지 어느덧 2년이라는 시간이 흘러 석사 과정을 무사히 마치게 되었습니다. 이 글을 통해 다시 한 번 도움을 주신 모든 분들에게 감사의 인사 올립니다.

먼저 지난 2년 동안 부족한 저에게 많은 용기와 조언을 아끼지 않으시고, 열정적으로 지도 해 주셨던 장성록 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 아버지 같은 따뜻한 배려와 이해 덕분에 멀고 높게만 느껴졌던 석사과정을 무사히 마칠 수 있게 되었습니다. 아직 부족한 부분이 많지만, 교수님께서 가르쳐 주신 안전에 대한 깊은 사고와 지식을 바탕으로 한 걸음 더 안전 분야에서 성장하여 교수님의 가르침에 보답하는 자랑스러운 제자가 되겠습니다. 그리고, 학위논문 준비 기간 동안 많은 가르침을 주시고 심사를 맡아 주신 이의주 교수님, 오창보 교수님께도 다시 한 번 감사의 인사 올립니다.

석사 과정동안 항상 친 동생 대하듯 자상한 모습으로 많은 조언과 도움을 주셨던 정승래 박사님, 수업과 연구실 활동에서 많은 지원과 격려를 해 주셨던 인간공학 연구실 모든 가족들에게 진심으로 감사드립니다.

개인적인 학업을 위해 회사 생활에 있어서 소홀했던 부분이 많았음에도
깊은 배려와 격려를 아끼지 않으셨던 김원배 부서장님, 안전 분야의 선배
로서 새로운 시각과 가치관을 일깨워 주신 심경훈 차장님, 학업으로 인해
회사 생활의 공백이 발생하면 항상 거리낌 없이 적극 지원 해 주신 송인준
과장님을 비롯한 다른 모든 부서원들에게도 감사의 뜻을 전합니다.

타지에서 회사 생활과 학업을 병행하며 혹시나 부족한 점은 없는지 항상
곁에서 지원해 주시고 사랑으로 응원 해 주시는 아버지, 어머니 그리고 가
족들에게 감사드립니다. 개인적으로 다소 힘든 시기였지만, 언제나 제 곁에
서 묵묵히 기다려주고 진심어린 사랑으로 저를 보살펴준 이 세상에서 가장
소중하고 착한 나의 사랑스러운 아내 박지윤에게도 다시 한 번 사랑과 감
사의 마음을 전합니다.

감사합니다.