



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](#)

공학석사 학위논문

조선업 떨어짐 재해 위험성평가에 관한 연구

2016年 8月

부경대학교 산업대학원

안전공학과

박세영

공학석사 학위논문

조선업 떨어짐재해 위험성평가에 관한 연구

지도교수 : 장 성 록

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2016年 8月

부경대학교 산업대학원

안전공학과

박세영

이 논문을 박세영의 공학 석사
학위논문으로 인준함

2016년 8월

주심 공학박사 권오현



위원 공학박사 이창준



위원 공학박사 장성록



목 차

제 1 장 연구의 필요성 및 목적	1
제 2 장 연구 배경	10
2.1 조선업의 특성과 고려사항	10
2.2 조선업의 공정특성	13
2.3 떨어짐재해의 특성	15
제 3 장 연구 방법	16
제 4 장 연구 결과	19
4.1 S조선소 최근 10년간 산업재해 분석	19
4.1.1 발생형태별 분석	19
4.1.2 연령별 재해자 분석	20
4.1.3 성별 재해자 분석	21
4.1.4 근속기간별 재해자 분석	23
4.1.5 사업장 규모별 재해자 분석	26
4.1.6 원청사, 협력사의 재해발생 현황	27
4.1.7 공정별 재해자 분석	28

4.1.8 떨어짐재해 발생장소 분석	31
4.1.9 떨어짐재해 발생유형 분석	32
4.2 조선업 공정별 떨어짐 위험성평가	37
4.2.1 공정별 안전위험정보	43
4.2.2 공정별 떨어짐 위험성평가	49
4.3 조선업 떨어짐재해 예방대책	64
제 5 장 결론 및 고찰	69
참고문헌	71

Table List

Table 1 Current status of falling accidents in the manufacturing industry for last five years	2
Table 2 Current status of falling accidents in the top5 manufacturing industry for last five years	3
Table 3 Current status of workers recruitment in each manufacturing process for last one year in the shipyard of S company	25
Table 4 Type of falling accidents in the shipyard of S company ..	33
Table 5 Type of falling accidents in each process in the shipyard of S company	34
Table 6 Standards of occurrence likelihood	39
Table 7 Standards of consequence	40
Table 8 Standards of risk determination	41
Table 9 Standards of risk assessment	42
Table 10 Risk assessment of assembly process	50
Table 11 Risk assessment of outfitting process	53
Table 12 Risk assessment of painting process	56
Table 13 Risk assessment of erection process	59

Table 14 Risk assessment of assembly scaffolding process	61
Table 15 Risk assessment of supporting process	63



Figure List

Fig. 1 Accident rates of shipbuilding and manufacturing industries for last ten years	4
Fig. 2 Fatality rate per 10,000 people of shipbuilding and manufacturing industries for last ten years	5
Fig. 3 Type of industrial accidents in the manufacturing industry for last ten years	6
Fig. 4 Type of industrial accidents in the shipbuilding industry for last ten years	6
Fig. 5 Type of industrial mortality accidents in the manufacturing industry for last ten years	7
Fig. 6 Type of industrial mortality accidents in the shipbuilding industry for last ten years	8
Fig. 7 Flow chart of the study	18
Fig. 8 Type of industrial accidents for last ten years in the shipyard of S company	19
Fig. 9 Age distribution of the whole accident victims in the shipyard of S company	20
Fig. 10 Sex distribution of the whole accident victims in the shipyard of S company	21

Fig. 11 Sex distribution of the falling accident victims in the shipyard of S company	21
Fig. 12 Sex-age distribution of workers in the shipyard of S company	22
Fig. 13 Current status of accident occurrence depending on the length of service in the shipyard of S company	23
Fig. 14 Current status of accident occurrence in case of service for less than a year in the shipyard of S company	24
Fig. 15 Current status of accident occurrence depending on the size of workplace in the shipyard of S company	26
Fig. 16 Current status of accident occurrence of in the shipyard of S company and its internal subcontractor	27
Fig. 17 Current status of accident occurrence in each process in the shipyard of S company	28
Fig. 18 Sex of workers in each process in the shipyard of S company	29
Fig. 19 Age group of workers in each process in the shipyard of S company	30
Fig. 20 Place of falling accidents in the shipyard of S company	31
Fig. 21 Procedure of risk assessment	38

A Study on the Risk Assessment of Fall Accidents in the Shipbuilding Industry

SE YOUNG PARK

Department of Safety Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

As comparing with various industries, the shipbuilding industry includes complex processes due to the characteristics of its work. Especially, there are movements between work procedures and lots of works at high place with the high frequency of exposure to dangerous working environment such as handling heavy materials and operation in confined space. For last ten years, the accident rate of shipbuilding industry has been 1.42, which is higher than that of the manufacturing industry(1.06). Also, in terms of the fatal accident rate per 10,000, the shipbuilding industry is 2.09, which is two times more than that of manufacturing industry(1.03). Also, the type of industrial accidents in the manufacturing industry includes caught between, tripping, collision, flying, and falling in the order. While the

shipbuilding industry includes falling, tripping, collision, caught between, and flying in the order. Falling accidents take account for 23% of the whole industrial accidents in shipbuilding industry. Once a falling accident happens, the criticality is high, so that its period of treatment is long with the high probability of leading up to death. Therefore, this study aimed to understand the tendency of falling accidents by analyzing 667 industrial accidents(185 falling accidents) in the shipyard of S company and its internal subcontractor of Korea from 2004 to 2013, and also to suggest the measures based on the characteristics of falling accidents and causes for accidents through the risk assessment of falling accidents in each process. In the results of the study, falling accidents happened the most in the process of painting, erection, and assembly scaffolding. Also happening the most in the process of using a vertical ladder to move within ship blocks. In order to prevent falling accidents, it is important to conduct basic activities such as checking the condition of scaffolding by a supervisor before starting work, and installing the facility connecting to safety belts and wearing them in accordance with the work condition, and also to put efforts into the reduction of unnecessary high place work, unstable work posture, and unsafe behaviors. This study is expected to contribute to the prevention of falling accidents in the shipbuilding industry by using it as

basic data when establishing measures to prevent falling accidents in the domestic shipbuilding industry.

Keywords: shipbuilding industry, falling accident, high place work, scaffolding, analysis of accidents, risk assessment



제 1 장 연구의 필요성 및 목적

고용노동부가 발표한 산업재해 분석자료에 따르면 Table 1에서 나타낸 바와 같이 2014년 제조업에서 떨어짐으로 인한 재해자는 총 2,546명으로 전체 사고 재해자의 약 10%를 차지하였으며, 52명의 사망자가 발생하여 떨어짐으로 인한 사망재해는 전체 사고사망재해의 약 20%를 차지하는 것으로 나타났다. 재해자수 대비 사망률도 떨어짐재해가 약 1.8%로 전체사고재해 약 1% 보다 높게 나타나 타 재해에 비해 치사율이 높은 것으로 나타났다^{1,2)}. 또한 국내 산업현장의 떨어짐재해를 선진국과 비교해보면, 2006년도 기준으로 우리나라의 떨어짐으로 인한 근로자 10만 명당 사망률은 3.65로 영국 0.15의 24.3배, 미국 0.56의 6.5배, 일본 0.84의 4.3배에 달하는 것으로 나타나 국내 떨어짐재해의 심각성이 매우 높음을 보여주고 있다¹⁾.

떨어짐재해는 가시설의 불안정한 상태, 영구 구조물의 인간공학적 배려를 하지 않는 구조와 근로자들의 안전의식 부족에 따른 불안전 행동으로 인해 어느 곳에서도 발생할 수 있는 위험성이 매우 높은 재해유형이다. 일순간의 방심으로 빚어지는 재래반복형 재해이지만 공사현장조건 및 공정의 복잡 다변화, 선진공법의 도입, 근로자의 특성변화 및 이동 등으로 인해 떨어짐의 위험요인 또한 더욱 다양화, 복잡화 되고 있다. 이에 대해 일상적 안전조치 기술 및 법적 조치 강행 등도 중요하지만 이를 예방하기 위하여 특화된 재해발생 원인정보를 바탕으로 인적, 물적, 정책적, 영향요인의 총체적인 접근 방법이

무엇보다 필요한 실정이다³⁾.

Table 1 Current status of falling accidents in the manufacturing industry for last five years^{1,2)}

Division		'10	'11	'12	'13	'14
All industrial accident	Number of victims	30,899	29,367	28,387	26,226	25,579
	Mortality	349	324	336	284	260
	Fatality rate per 10,000 people	1.1%	1.1%	1.2%	1.1%	1.0%
Fall accident	Number of victim	2,917	2,751	2,776	2,631	2,546
	Mortality	71	66	59	42	52
	Fatality rate per 10,000 people	2.3%	2.2%	2.2%	1.9%	1.8%
Ratio of fall accidents to all industrial accidents		9.4%	9.4%	9.8%	10.0%	10.0%
Ratio of fall fatal accidents to mortality		20.3%	20.4%	17.6%	14.8%	20.0%

최근 5년간 제조업 중업종별 떨어짐재해 발생현황을 분석해보면, 제조업 중 업종에서 떨어짐재해자수가 가장 높은 업종은 선박건조 및 수리업, 비금속광물 등 제조업, 식료품제조업, 기계기구제조업, 화학제품제조업 순이다²⁾.

Table 2에서 나타낸 바와 같이 떨어짐재해가 많이 발생하는 상위 5개 제조업 중업종의 근로자수와 떨어짐사망자수를 파악하여 사망만인율을 분석해보면 화학제품제조업이 0.15%, 기계기구제조업이 0.18%, 식료품제조업이 0.21%, 비금속광물 등 제조업이 0.36%, 조선업이 0.43%로 조선업의 떨어짐재해로 인한 사망만인율이 타 업종에 비해 가장 높게 나타났다²⁾.

Table 2 Current status of falling accidents in the top5 manufacturing industry for last five years²⁾

Type of industry	Number of woker	Mortality	Fatality rate per 10,000 people
Shipbuilding industry	928,267	40	0.43%
Metal products manufacturing industry	1,271,214	46	0.36%
Grocery manufacturing industry	1,127,214	24	0.21%
Machines and equipment manufacturing	2,279,446	41	0.18%
Chemical product manufacturing industry	1,624,979	25	0.15%

조선업은 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 제조업 평균 재해율에 비해 높은 수준을 보이고 있다. 최근 10년간 우리나라의 제조업과 조선업의 재해율을 분석해보면, 제조업의 경우 10년 평균 재해율이 1.06%인 반면 조선업은 1.42%로 전체 제조업에 비해 약 1.3배 이상 높게 나타났다²⁾.

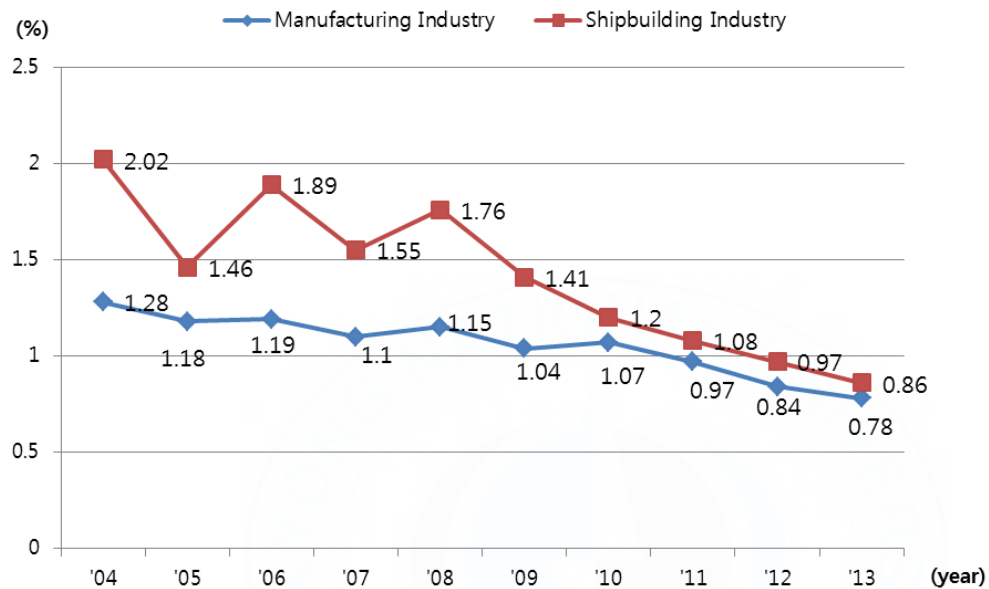


Fig. 1 Accident rates of shipbuilding and manufacturing industries for last ten years²⁾

업무상사고사망만인율의 경우 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 제조업이 1.03%, 조선업이 2.09%로 제조업에 비해 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다²⁾.

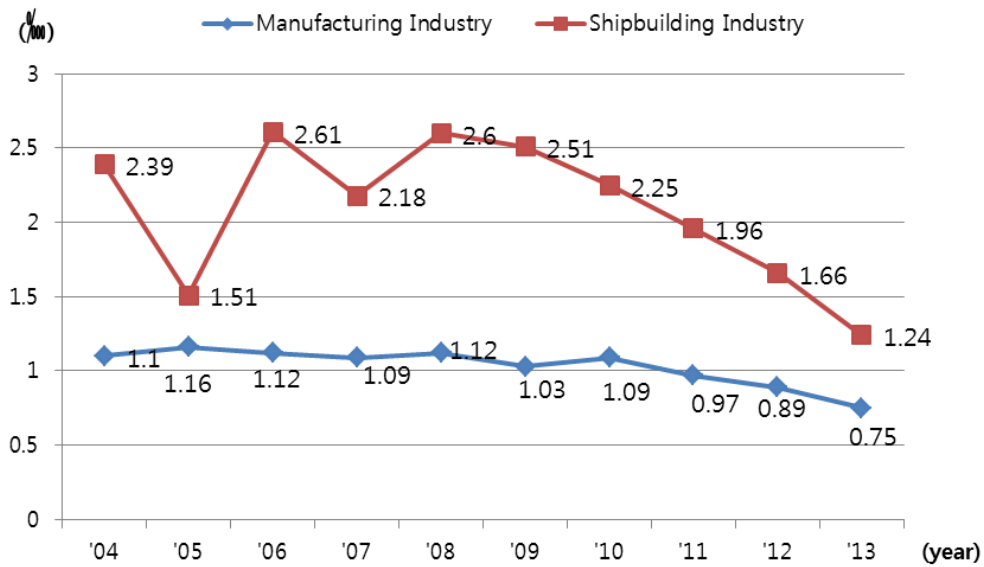


Fig. 2 Fatality rate per 10,000 people of shipbuilding and manufacturing industries for last ten years²⁾

최근 10년간 사고재해자와 사고사망자의 재해발생형태를 분석해보면 Fig. 3과 Fig. 4에서 나타낸 바와 같이 사고재해자의 경우 제조업은 끼임(37%), 넘어짐(12%), 부딪힘(11%), 물체에 맞음(10%), 떨어짐(9%) 순으로 발생하며, 조선업은 떨어짐(23%), 넘어짐(19%), 부딪힘(15%), 끼임(14%), 물체에 맞음(12%) 순으로 발생하여 제조업은 사고재해 중 끼임 재해가 가장 많이 발생하였고 조선업의 경우 떨어짐재해가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다²⁾.

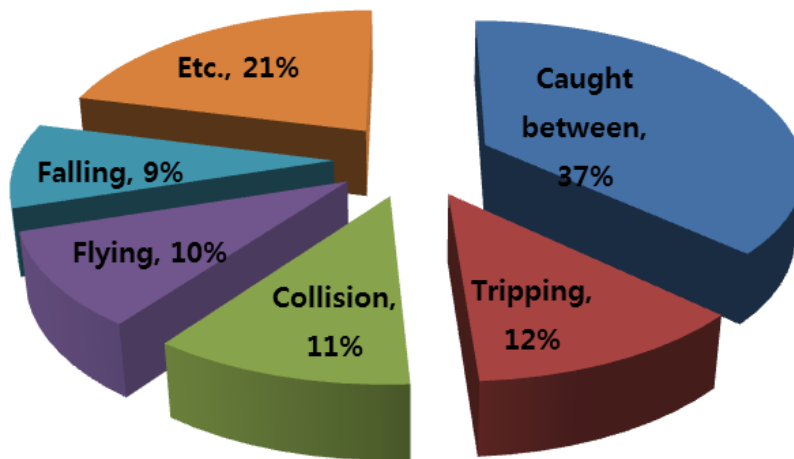


Fig. 3 Type of industrial accidents in the manufacturing industry for last ten years²⁾

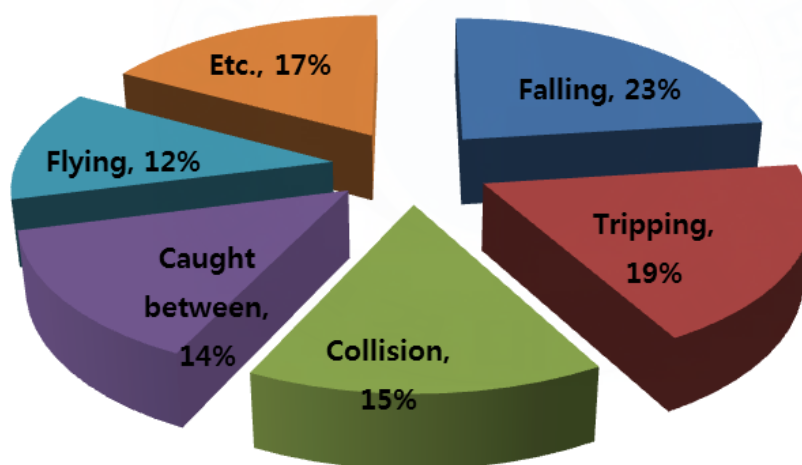


Fig. 4 Type of industrial accidents in the shipbuilding industry for last ten years²⁾

사고사망자는 Fig. 5와 Fig. 6에서 나타낸 바와 같이 제조업은 끼임(25%), 떨어짐(19%), 물체에 맞음(9%), 부딪힘(7%), 폭발·파열(7%), 순으로 발생하며, 조선업은 떨어짐(30%), 물체에 맞음(13%), 끼임(11%), 화재(10%), 넘어짐(5%), 부딪힘(5%) 순으로 발생하여 제조업은 끼임으로 인한 사망재해가 가장 많이 발생하였고 조선업은 떨어짐으로 인한 사망재해가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다²⁾.

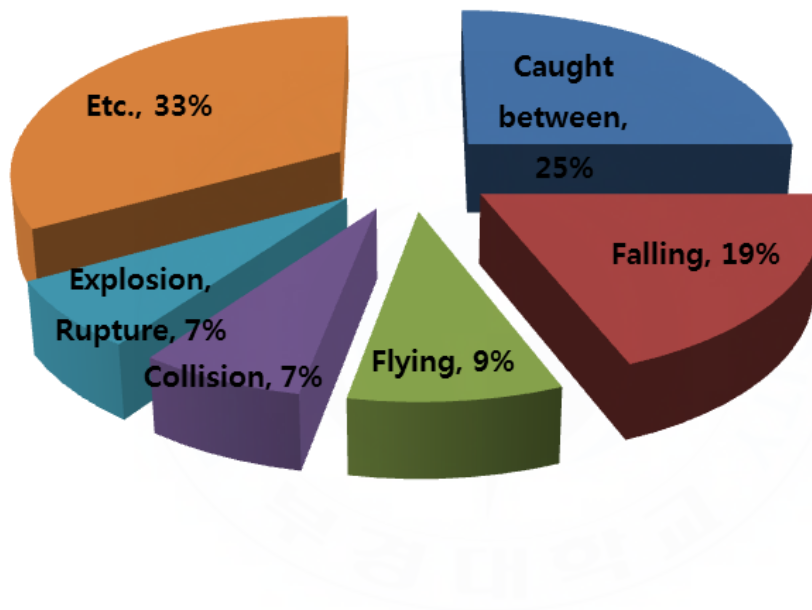


Fig. 5 Type of industrial mortality accidents in the manufacturing industry for last ten years²⁾

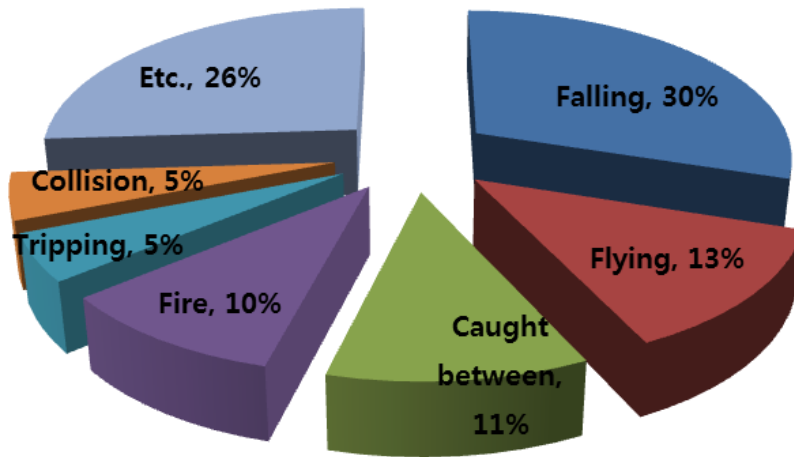


Fig. 6 Type of industrial mortality accidents in the shipbuilding industry for last ten years²⁾

선행연구에서는 조선업의 산업재해 파악 및 예방대책에 관한연구, 안전관리 시스템 구축에 관한 연구, 작업자 특성, 휴먼에러에 관한 연구 등과 같이 조선업 전체 산업재해에 대한 예방대책이나 근로자의 안전의식, 근로자들의 직무스트레스, 근골격계질환과 관련된 연구가 많이 수행되었다. 하지만 조선업에서 가장 많이 발생하고 있는 떨어짐재해에 관한 원인분석 및 대책에 관한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 국내 대형조선소 중 한 곳인 S조선소에서 발생한 최근 10년간 사고재해 및 사고사망재해와 국내조선업 떨어짐으로 인한 사고사망재해 분석을 통해 조선업의 떨어짐재해 특성을 파악하고, 조선업 각 공정별로 떨어짐

재해가 발생할 수 있는 요인에 대해 위험성평가를 실시함으로써 그 대책을 제시하고자 한다. 이를 통해 향후 조선업의 떨어짐재해 예방을 위한 기초 연구 자료로 활용함에 그 목적이 있다.



제 2 장 연구 배경

2.1 조선업의 특성과 고려 사항

지난 수백 년의 역사를 가지고 있는 조선업은 그동안 끊임없는 기술개발 및 장비개발에도 불구하고 여전히 세계적으로 매우 위험한 업종으로 분류되고 있다. 조선업은 산업재해보상보험법 분류상 대업종은 제조업, 중업종으로는 선박 건조 및 수리업에 해당된다. 선박 건조 시 강판을 주 재료로 사용하고 기계·설비를 부가적으로 장착하여 선박을 건조하게 되며, 기존 선박의 용도변경, 유지·보수 작업 등을 포함한 업종이다⁴⁾.

1960년대 이후 우리나라는 경제 및 산업구조를 근대화시키기 위한 정부의 경공업, 중화학공업 육성정책에 힘입어 지속적인 경제발전을 이루어 내었다. 특히, 중화학공업과 더불어 조선업의 획기적인 발전은 우리나라가 신흥공업국으로 성장하는데 중추적인 역할을 해왔다. 하지만 조선업의 급속한 생산물량 증가로 인해서 근로자들은 여러 가지 위험요소에 노출되었으며, 중대재해가 지속적으로 발생되고 있다⁵⁾.

조선업은 제철, 기계, 전자, 화학 등 여러 산업으로부터의 기자재를 가공 혹은 조립하는 종합적이고 규모가 가장 큰 조립산업으로 국내에 7,635개 사업장이 있는 것으로 파악되며, 전체 종사 근로자의 84%가 2,000인 이상 대형 조선소 7개소에 속해있다. 또한 전체 재해 중 81%가 2,000인 이상 대형조선소에서

발생되고 있는 것으로 나타났다^{2,4)}.

미국의 노동부 통계자료에 따르면, 선박건조와 수리는 가장 위험한 3대 업종 중의 한 업종으로 규정하고 있다. 지난 수백 년 동안 선박건조방법, 시설 및 장비가 개발되었고 또한 관련기술도 발전되어 왔다. 그러나 선박기술의 발전에도 불구하고 오늘날의 선박건조 및 정비 보수와 관련된 업무와 작업조건들은 수백년 전의 그것들과 거의 유사하다는 것이다. 비록 일부 자동화가 된 부분도 있지만 선박 조립방법, 의장부분을 포함한 많은 부분에서 옛날 방법과 유사하다⁶⁾.

조선업은 건조기간동안 제조업과 다른 많은 특성을 가지고 있다. 첫째, 작업 특성상 작업장 이동이 매우 많다. 블록(Block)조립-의장작업-도장작업-탐재 등으로 이어지는 공정으로 빈번한 이동에 따른 구조 및 설비의 설치, 가설비의 해체 등 반복작업으로 휴먼에러를 발생시킬 가능성이 매우 높다. 둘째, 고소작업장이 상시 존재한다. 건조선박은 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 위험성이 도사린다. 밀폐구역 과다에 의한 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 건조선박종류의 다양화에 따른 작업환경에 대한 대응력이 매우 어렵다. 여덟째, 한정된 공간 내에서 혼재작업이 필연적이다. 동일공간 내에서 화기작업, 도장작업, 의장작업 및 선체용접작업 등 작업공정간의 마찰이나 간섭현상의 불가분의 관계로 인해 안전보건상의 문제와 중대재해 발생 가능성이 높다⁷⁾.

2.2 조선업의 공정특성

조선업의 공정은 크게 가공, 조립, 의장, 도장, 탑재, 시운전으로 나눌 수 있다. 가공공정은 선체구조를 구성하고 있는 부재를 제작하는 공정이다. 선체구조 부재는 평면판, 곡면판, 직선형강 및 곡선형강 등으로 구성되며, 이 부재들은 강판재와 형강재의 절단작업, 굽힘작업을 통하여 제작된다.

조립공정은 가공공장에서 제작된 선체의 부재가 조립장으로 이송되어 선체 내부구조물에 보강재를 붙이는 소조립 과정을 거쳐 선체 외판재에 늑골을 붙이는 중조립 과정으로 이어지고, 다시 블록을 완성하는 대조립 과정을 거치게 된다⁸⁾.

의장공정은 선체에 선박의 운항에 필요한 주기관을 비롯한 각종 기계장치, 전기장치들을 부착하고, 이 장치들을 하나의 시스템으로 연결하는 배관공사와 배선공사 등의 작업, 선원의 거주설비 공사 등을 총괄하여 말한다.

도장공정은 선체 재료를 가공하기 전 단계에서 공장내에서 슛 블라스팅하여 녹을 완전히 제거하고 일차 도장한 후 가공 공정을 실행한다. 블록이 완성되면 다시 블록 도장을 시행하고, 도크에 탑재하여 최종 용접작업이 완료되면 진수작업 직전에 마무리 도장작업을 실시하는 등 공사 진행과정에 따라 도장공사를 수행한다⁸⁾.

탑재공정은 조립공정에서 이송된 블록들을 선대나 도크에서 서로 연결하여 선체의 전체 형태를 구성하도록 하는 선체공사의 마지막 공정이다. 그리고 탑재작업에서는 설계도에 제시된 선체의 형상이 완성되어야하기 때문에 선체의

치수가 정확한지 점검해야 한다. 선체가 하나의 대형 중구조물로 완성되면 수면에 떠야하기 때문에 진수작업을 용이하고 안전하게 할 수 있도록 선대나 도크에서 조립작업을 수행해야 한다⁸⁾.

시운전은 선체공사가 마무리 되고 의장공사가 완성되면, 선박에 설치된 각종 장비의 성능을 개별적으로 시험한다. 장비의 성능시험이 완료되면 선박 전체의 성능을 점검하고 설계 시 목표로 한 성능이 만족되는지 여부를 확인하기 위하여 선주와 선급기관의 입회 아래 선박의 속력, 연료소비량, 조종성능, 주기관과 추진기의 성능 등을 시험한다. 이 시험은 공식 시운전이라 하며, 이 시험에 합격해야만 비로소 선주에게 완성된 선박을 인도할 수 있다⁸⁾.

위에서 언급한 공정 외에도 작업 시 통행에 필요한 안전통로와 안전난간 등을 설치하고 해체하는 공정인 가설물 설치/해체 공정, 크레인과 지게차, 모듈 트랜스포터 등 장비를 운전하고 수리하거나, 생산작업에 필요한 가스라인, 분전함, 조명 등 각종 유틸리티를 설치, 수리, 유지·보수하는 지원공정 등 다양한 공정이 존재한다.

2.3 떨어짐재해의 특성

추락 즉, 떨어짐이란 사람이 고소에서 다른 물체와 접촉 없이 자유낙하 하는 것을 말하며 유사한 용어로 전락이 있는데 계단이나 경사면에서 굴러 떨어지는 것을 말한다. 동일하게 떨어지는 것이라도 물체의 경우는 낙하로 용어를 구분하여 사용한다. 산업재해 조사업무처리 규정에서는 추락의 발생형태를 “사람이 건축물, 비계, 기계, 사다리, 계단, 경사면, 나무 등에서 떨어지는것”으로 하여 전락을 추락의 범주에 포함하여 분류하고 있어 추락은 전락의 개념을 포함한 것이다. 추락의 발생은 중력과 사물 위치의 고저차에 기인하며 역학적 의미는 위치에너지의 감소현상이다. 보통 사람은 추락의 존재를 경험적으로 이해하고는 있지만 항상 의식하고 있지는 않으며, 추락의 결과 사람이 물체에 부딪혀 사망하거나 부상함으로써 떨어짐재해가 된다. 떨어짐재해에 있어서 상해의 정도는 추락의 높이, 추락장소, 충격부위에 따라 다르며, 지금까지의 조사결과에 나타난 추락의 일반적 특징은 다음과 같다.

(1) 충격부위가 다리인 경우보다 머리인 경우에 상해가 크고, 사망에 이르기 쉽다. (2) 충격장소가 부드러운 경우보다 딱딱한 경우에 상해가 크다. (3) 대체로 추락높이가 높을수록 상해가 크다. (4) 고령자일수록 상해가 크다. (5) 체조선수나 유도선수와 같이 신체가 유연하고, 평소에 낙법 등으로 훈련하고 있는 사람들은 상해가 적다⁹⁾.

제 3 장 연구 방법

본 연구는 국내 대형조선소중 한 곳인, S조선소(협력사 포함)에서 최근 10년간 발생한 667건의 산업재해와 국내 조선업에서 발생한 95건의 떨어짐 사망재해¹⁰⁾를 대상으로 Fig. 7에서 나타낸 순서로 연구를 진행하였다.

1) S조선소 산업재해자료 수집 및 분석

S조선소에서 최근 10년간 발생한 667건의 사고보고서를 수집하고 S조선소의 인원 및 조직구성, 협력사현황, 선박건조공정에 대한 자료, 공정별 근로자 수, 성별, 연령분포 등 재해분석을 위한 기초자료를 수집하였다.

수집한 자료를 바탕으로 S조선소에서 발생한 재해를 발생형태별로 분석하고 각 발생형태별로 공정, 작업내용, 재해자의 연령, 성별, 근속기간 등 재해발생 형태에 따른 특성을 분석하였다.

S조선소에서 가장 많이 발생한 재해유형인 떨어짐 재해자료를 바탕으로 재해자의 연령, 성별, 근속기간, 작업내용, 사업장규모, 재해발생장소 등 다양한 형태로 분석하여 조선업에서 각 공정별 떨어짐재해가 발생하는 경향과 떨어짐 재해자의 특성 등에 대해 파악하였다.

2) 조선업 각 공정별 떨어짐 위험성 평가

조선업 각 공정별 떨어짐 위험성평가를 실시하기 위한 사전준비로 S조선소

안전관리자 및 관리감독자와 작업장순회점검을 실시하였고, 작업표준서 등의 자료수집을 통해 S조선소 내 공정을 분류하여 각 공정별 세부 작업순서와 작업내용, 작업에 필요한 기계·기구 등 평가대상 공정에 대한 위험정보를 사전 파악하였다.

또한, 2006년부터 2016년까지 국내 조선업에서 발생한 95건의 떨어짐사망재해 자료¹⁰⁾와 안전보건공단에서 제공하는 조선업 각 공정별 안전관리모델, 안전작업방법 등의 떨어짐재해 예방에 대한 문헌조사를 실시하였다.

앞서 실시한 S조선소의 현장조사결과, 산업재해 분석결과, 국내조선업에서 발생한 95건의 떨어짐사망재해 자료, 떨어짐재해 예방관련 자료들을 바탕으로 위험성평가 대상 공정에 대해 4M 리스크 평가기법¹¹⁾을 적용하여 각 공정별 기계·기구에 대한 위험요인, 예상되는 잘못 또는 고장, 작업환경, 불안정한 행동 등의 유해·위험요인을 인적, 기계적, 물질·환경적, 관리적 4가지 분야로 분류하여 도출하였다.

도출된 유해·위험요인을 S조선소 위험성결정기준¹²⁾에 따라 발생가능성과 중대성을 추정하여 위험도를 결정하였고, 허용불가능한 유해·위험요인에 대한 개선실행방안을 제시하였다.

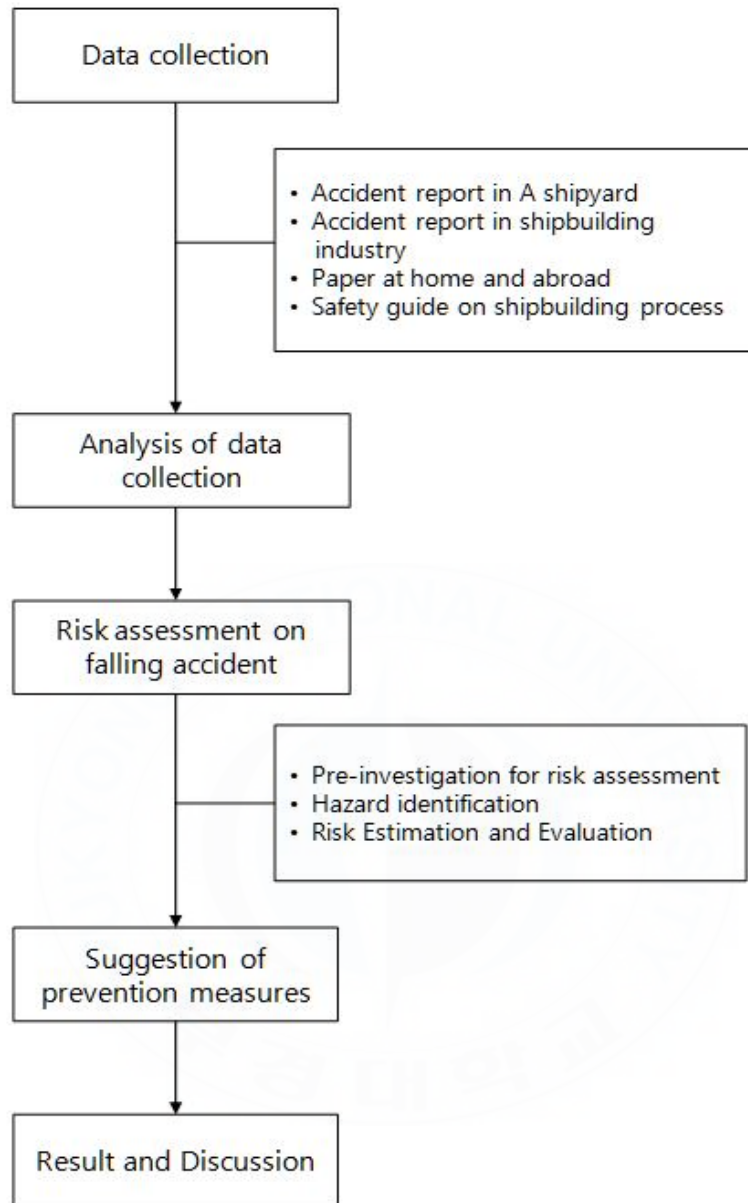


Fig. 7 Flow chart of the study

제 4 장 연구결과

4.1 S조선소 최근 10년간 산업재해 분석

4.1.1 발생형태별 분석

S조선소에서 발생한 667건의 사고재해를 발생형태에 따라 분석해보면 Fig. 8에서 나타낸 바와 같이 떨어짐재해가 약 27%로 가장 많이 발생하였고, 넘어짐, 부딪힘, 물체에 맞음, 끼임 순으로 재해가 발생한 것으로 나타났다.

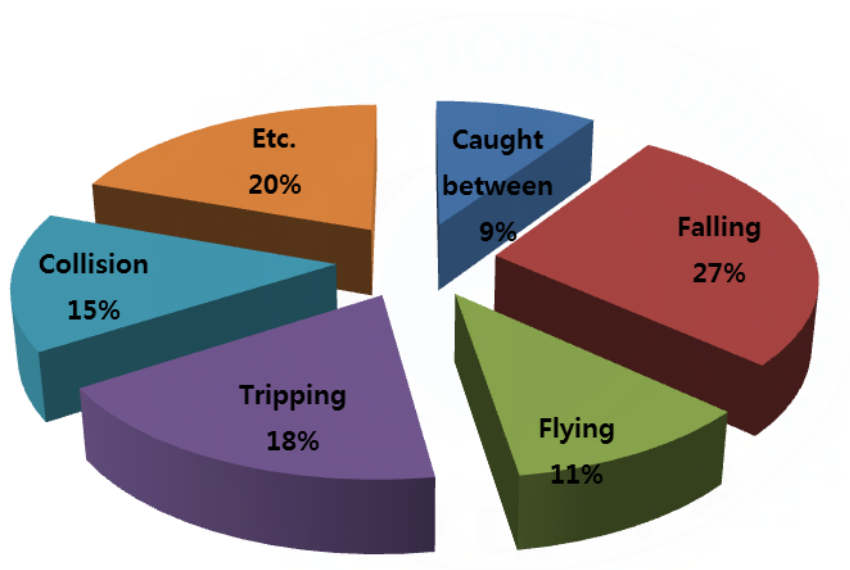


Fig. 8 Type of industrial accidents for last ten years in the shipyard of S company

4.1.2 연령별 재해자 분석

S조선소의 연령별 근로자 분포 및 재해현황은 Fig. 9에서 나타낸 바와 같이 30대가 약 34%이상을 차지하고 있으며, 전체재해의 약 30%, 떨어짐재해의 약 31%를 차지하고 있어 절대 재해자수는 30대가 가장 높은 것으로 나타났다. 하지만 50대 근로자의 분포는 약 22%, 전체재해의 약 21%를 차지하지만 떨어짐재해의 경우 50대 근로자가 약 27%의 높은 비율을 차지하고 있어 고령으로 갈수록 근로자수 분포대비 떨어짐재해의 발생 비율이 높은 것으로 나타났다.

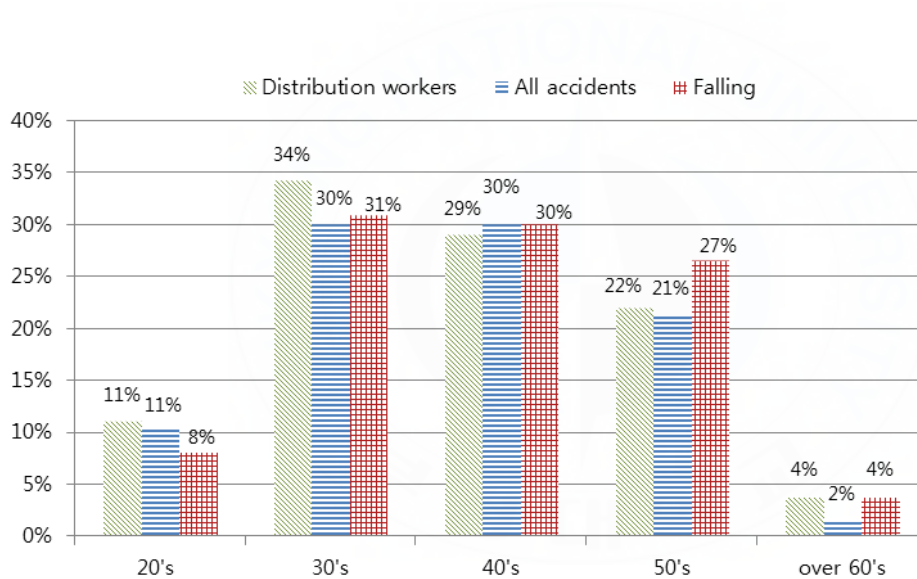


Fig. 9 Age distribution of the whole accident victims in the shipyard of S company

4.1.3 성별 재해자 분석

S조선소 근로자의 성별 분포를 조사한 결과 전체근로자 대비 여성근로자는 약 8%, 남성근로자는 약 92%를 차지하는 것으로 나타났다. 재해자의 성별분포는 Fig. 10과 Fig. 11에서 나타낸 바와 같이 전체 재해자의 약 10%가 여성 근로자로 근로자수 분포대비 재해발생 가능성은 남성에 비해 조금 높은 것으로 나타났다. 떨어짐재해의 경우 여성재해자가 약 17%로 남성에 비해 떨어짐 재해 발생비율이 더 높은 것으로 나타났다.

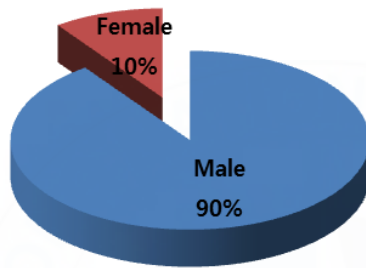


Fig. 10 Sex distribution of the whole accident victims in the shipyard of S company

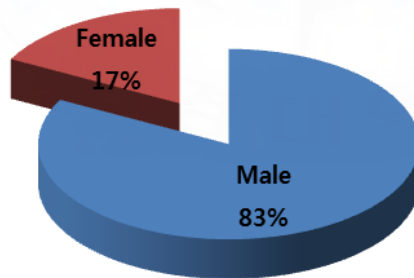


Fig. 11 Sex distribution of the falling accident victims in the shipyard of S company

S조선소 근로자의 성별과 연령대를 분석해본 결과 Fig. 12에서 나타낸 바와 같이 남성의 경우 30대가 약 31%로 가장 높은 비율을 차지했지만, 여성근로자는 약 49%가 50대이며, 약 57%가 50대 이상의 준고령, 고령근로자인 것으로 나타났다. 4.1.2의 연구결과를 바탕으로, S조선소 여성근로자의 재해율이 높은 이유 중 하나로 준고령, 고령의 여성근로자의 비율이 높다는 점을 들 수 있을 것이다.

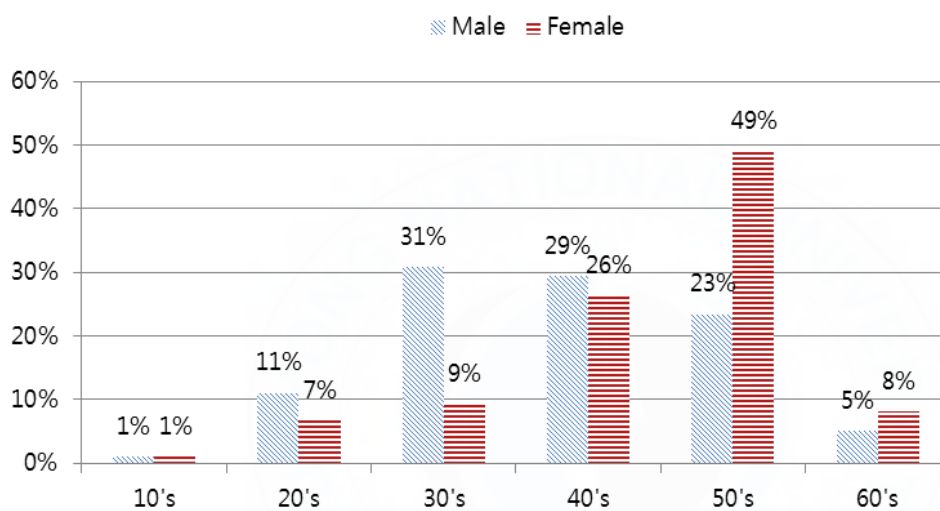


Fig. 12 Sex-age distribution of workers in the shipyard of S company

4.1.4 근속기간별 재해자 분석

S조선소에서 발생한 재해자의 근속기간을 분석한 결과 Fig. 13과 같이 1년 미만의 근로자가 전체재해의 약 50%로 가장 높은 비율을 차지하였고 떨어짐 재해의 경우 1년 미만의 근로자가 약 59%를 차지하여 떨어짐재해에 더 취약한 것으로 나타났다.

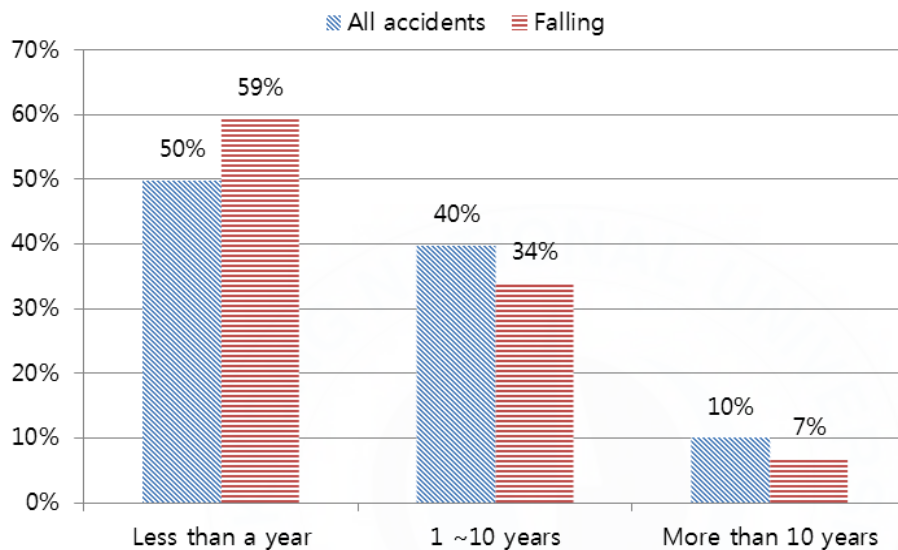


Fig. 13 Current status of accident occurrence depending on the length of service in the shipyard of S company

S조선소의 근속 1년 미만 재해자를 좀 더 세부적으로 분석 한 결과 Fig. 14와 같이 1개월 미만의 재해자가 약 29%를 차지했고 떨어짐재해자는 약 34%를 차지하여 1개월 미만의 신규채용자의 경우 떨어짐재해에 더 취약한 것으로

나타났다.

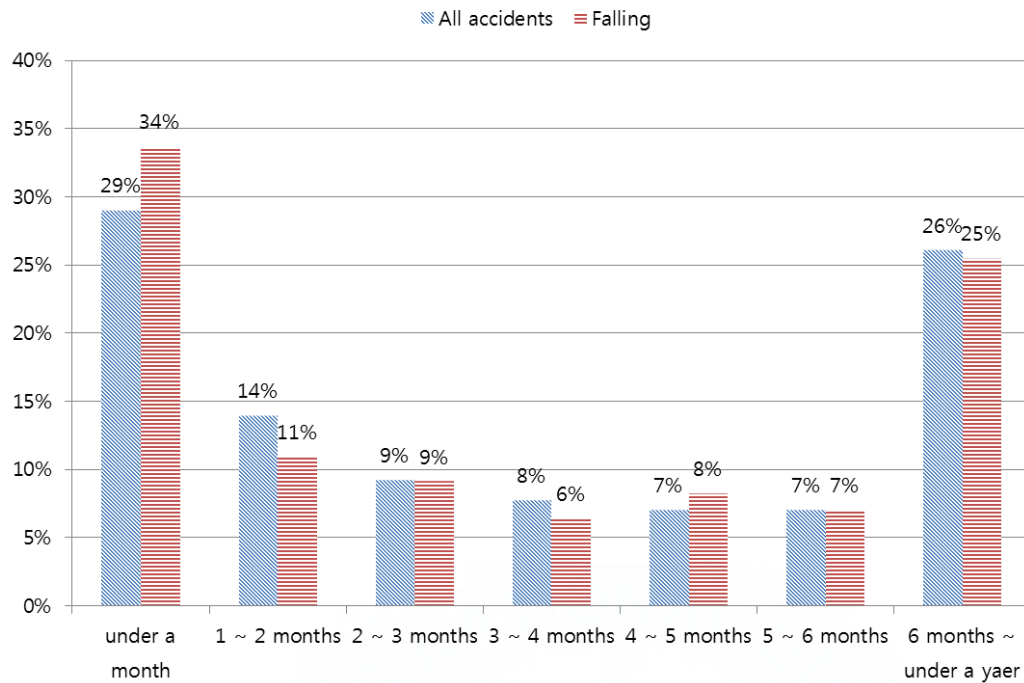


Fig. 14 Current status of accident occurrence in case of service for less than a year in the shipyard of S company

S조선소의 최근 1년간 각 공정별 근로자 채용현황은 Table 3에서 나타낸바와 같이 1년간 생산근로자 5,678을 채용 한 것으로 나타났다. 이는 전체 생산 근로자수 대비 106%를 채용한 것으로 근로자의 입·퇴사율이 매우 높다는 것을 나타낸다. 특히, 가설물 설치/해체 공정의 근로자의 입·퇴사율이 약 466%로 가장 높게 나타났으며, 가설물 설치/해체공정에서 발생한 떨어짐재해를 분석해본 결과 재해자의 약 70% 이상이 근속 1년 미만인 것으로 나타났다.

Table 3 Current status of workers recruitment in each manufacturing process for last one year in the shipyard of S company

Division	Painting	Out fitting	Erection	Assembly	Assembly of scaffolding	Surpporting
Number of woker	909	1,746	861	1,199	171	494
New Employer	1,305	2,379	562	600	797	35
Ratio of recruits	144%	136%	65%	50%	466%	7%

4.1.5 사업장 규모별 재해자 분석

S조선소는 현재 1,000인 이상의 원청사와 사내 다양한 규모의 약 80여개의 협력사로 구성되어 있다. 최근 10년간 원청사와 협력사에서 발생한 재해의 근로자가 소속된 사업장의 규모를 분석한 결과 Fig. 15에서 나타낸바와 같이 원청사에서 발생한 재해가 약 39%로 가장 높게 나타났다. 50인 미만 사업장의 경우 전체재해의 약 25%를 차지했지만 떨어짐재해는 50인 미만의 사업장이 약 32%로 가장 높은 비율을 차지하여 50인 미만의 소규모 사업장은 떨어짐 재해에 더 취약한 것으로 나타났다.

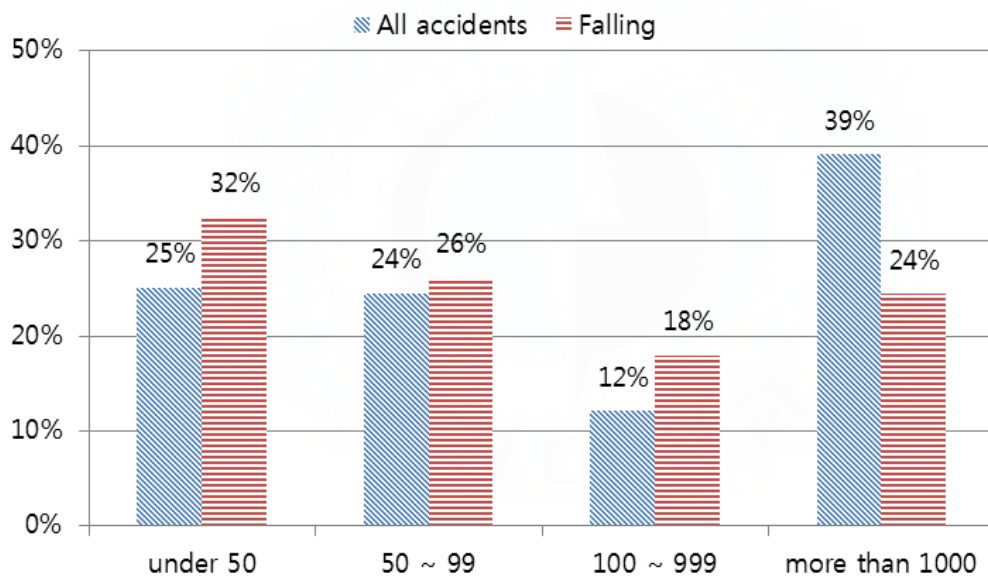


Fig. 15 Current status of accident occurrence depending on the size of workplace in the shipyard of S company

4.1.6 원청사, 협력사의 재해발생 현황

S조선소에서 최근 10년간 발생한 재해자의 소속을 분석해본 결과 Fig. 16에서 나타낸바와 같이 전체재해의 약 39%가 원청사에서 발생 하였으며, 협력사에서 약 61%가 발생하여 원청사에 비해 협력사에서 재해가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 떨어짐재해의 경우 원청사에서 약 24%, 협력사에서 약 76%가 발생하여 원청사 대비 협력사에서 떨어짐재해가 약 3배 이상 많이 발생하는 것으로 나타났다.

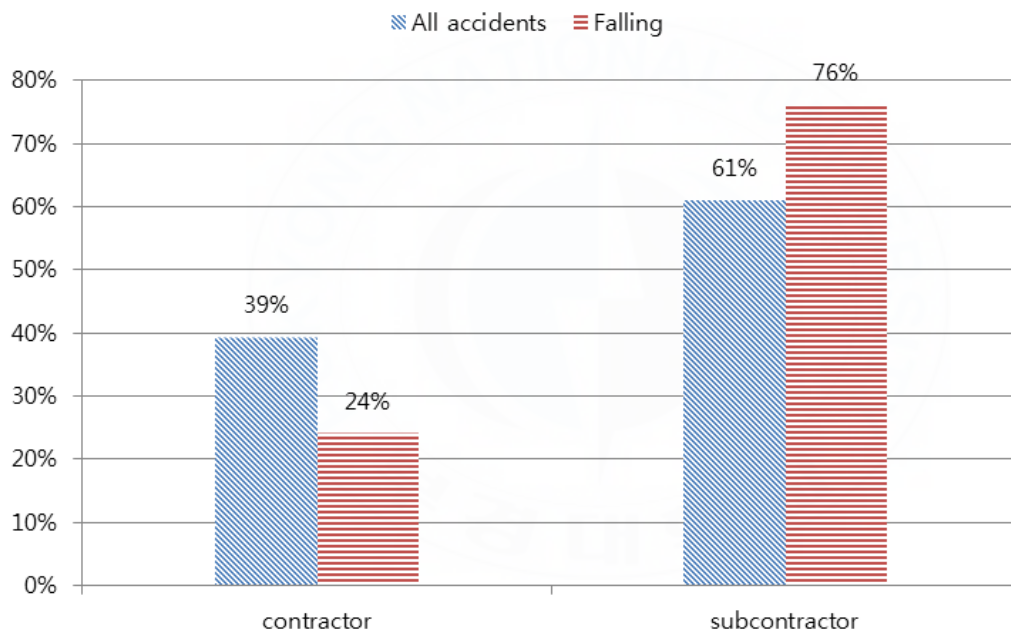


Fig. 16 Current status of accident occurrence of in the shipyard of S company and its internal subcontractor

4.1.7 공정별 재해자 분석

S조선소의 공정별 근로자수를 분석한 결과 Fig. 17과 같이 도장(20%), 탑재(19%), 가설물설치/해체(6%) 공정의 근로자수 대비 재해발생비율이 높은 것으로 나타났다. 떨어짐재해의 경우 약 28%가 도장공정에서 발생하여 타 공정 대비 가장 많이 발생하였으며, 그밖에 가설물 설치/해체 공정, 지원공정에서도 타 발생형태 대비 떨어짐재해가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

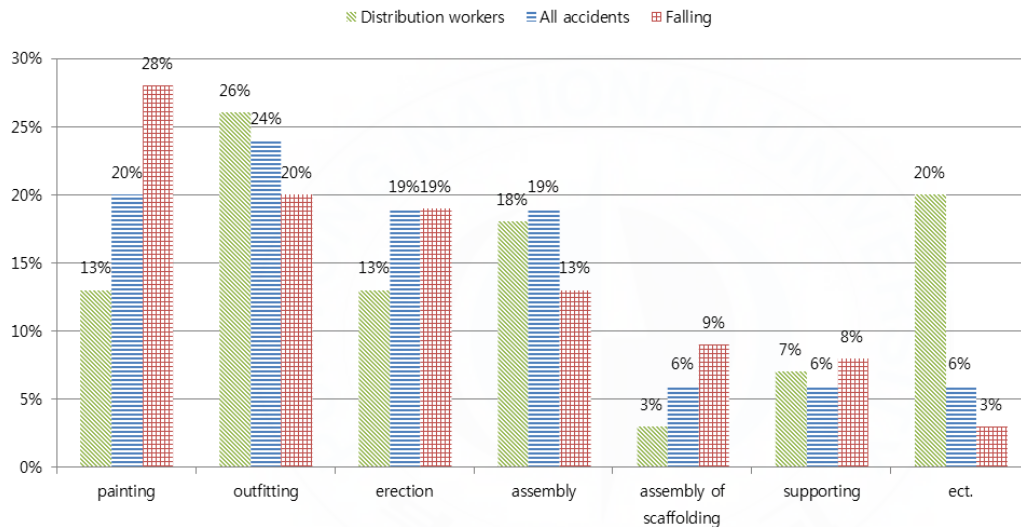


Fig. 17 Current status of accident occurrence in each process in the shipyard of S company

S조선소 내 공정 중 선박블록의 탑재가 이루어지기 전에 진행되는 선행공정과 탑재가 이루어진 후에 진행되는 후행공정으로 나눌 수 있는 도장공정과 의장공정의 재해를 분석해본 결과, 도장공정의 경우 선행도장에서 발생한 재

해가 약 29%, 후행도장에서 발생한 재해가 약 71%인 것으로 나타났고, 의장공정의 경우 선행의장에서 발생한 재해가 약 24%, 후행의장에서 발생한 재해가 약 76%로 선행공정에 비해 후행공정에서 떨어짐재해가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

S조선소의 공정별 근로자 성별을 분석해본 결과 Fig. 18과 같이 도장공정(20%)과 조립공정(10%)에서 여성근로자의 비율이 타 공정에 비해 높은 것으로 나타났다.

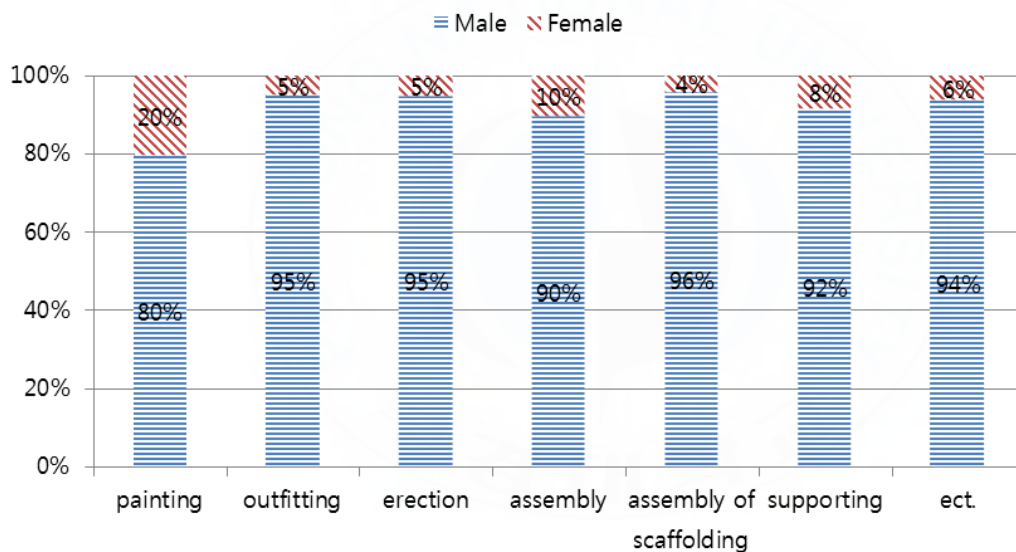


Fig. 18 Sex of workers in each process in the shipyard of S company

S조선소의 공정별 근로자 연령을 분석해본 결과 Fig. 19와 같이 50대 이상의 준고령, 고령근로자의 비율은 가설물 설치/해체(38%), 조립(33%) 공정이 타 공정에 비해 높은 것으로 나타났다.

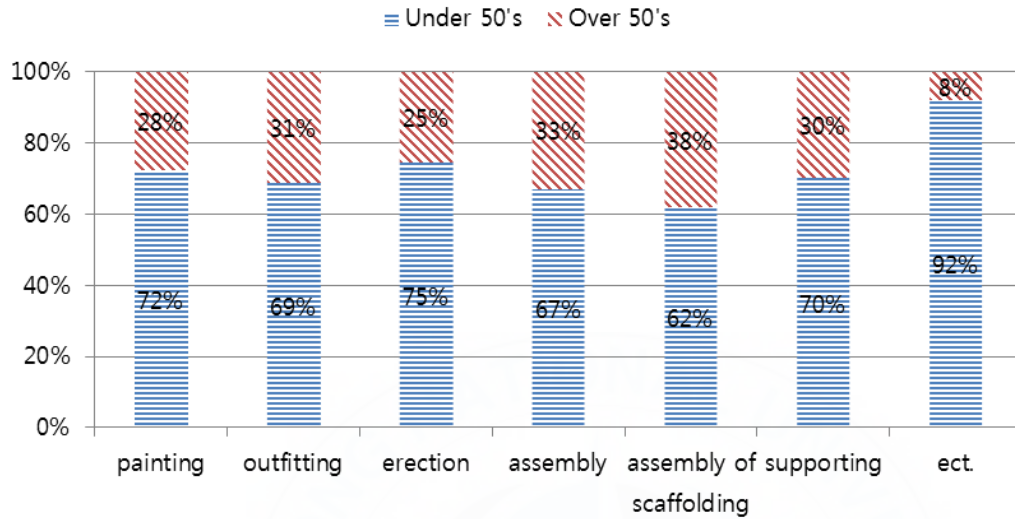


Fig. 19 Age group of workers in each process in the shipyard of S company

4.1.8 떨어짐재해 발생장소 분석

S조선소에서 발생한 떨어짐재해의 발생장소를 분석한 결과 Fig. 20에서 나타난 바와 같이 수직사다리(34%), 블록(17%), 작업발판(15%), 개구부(13%), 구조물(10%) 순으로, 수직사다리에서 떨어짐재해가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다.

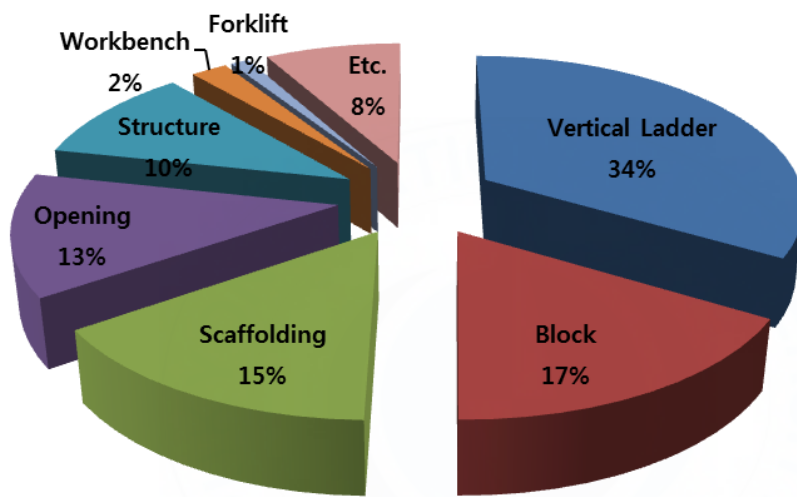


Fig. 20 Place of falling accidents in the shipyard of S company

4.1.9 떨어짐재해 발생유형 분석

S조선소에서 발생한 떨어짐재해가 발생하는 유형을 분석해본 결과 Table 4에서 나타낸 바와 같이 수직사다리를 이용하던 중 발생한 재해가 약 30%로 가장 많았고, 이동 또는 작업중에 개구부에 빠지는 재해가 약 12%, 작업발판, 안전난간 등 가설시설물이 설치되어 있으나 설치상태가 미흡하여 떨어진 재해가 약 11%, 작업발판, 안전난간 등 가설시설물이 설치되어 있지 않은 상태에서 작업을 수행하다가 떨어진 재해가 약 9%, 선박구조물인 의장품을 밟고 작업하다 떨어진 재해가 약 6%, 가설시설물을 설치 또는 해체하다가 떨어진 재해가 약 4%, 선박구조물인 의장품을 밟고 이동하다 떨어진 재해가 약 3%, 지게차, 크레인 등 장비를 사용하다 떨어진 재해가 약 3% 발생한 것으로 나타났다.

Table 4 Type of falling accidents in the shipyard of S company

Division	Case	%
Falling in the middle of using a vertical ladder	56	30%
Falling into an opening	23	12%
Falling due to the insufficient installation of scaffolding	21	11%
Falling because scaffolding have not been installed	17	9%
Falling while working on the structure	11	6%
Falling during the process of assembly scaffolding	7	4%
Falling while moving on the structure	6	3%
Falling in the middle of using equipments	5	3%
Etc.	39	21%
Total	185	100%

S조선소에서 발생한 떨어짐 재해를 공정별 발생하는 유형으로 분석해본 결과 Table 5 에서 나타낸 바와 대부분의 공정에서 수직사다리를 이용하던 중 떨어진 재해가 가장 높은 비율을 차지했고, 도장공정의 경우 개구부에 빠지는 재해(18%), 의장공정은 선박구조물인 의장품을 밟고 작업하다 떨어진 재해(16%), 탑재공정은 개구부에 빠지는 재해(20%), 조립공정은 가설시설물이 설치되어 있지 않아 떨어진 재해(29%), 가설물설치/해체공정은 설치/해체작업 중 떨어진 재해(41%), 지원공정은 크레인, 지게차 등 장비를 사용하던 중 떨어진 재해(13%)가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

Table 5 Type of falling accidents in each process in the shipyard of
S company

Division	Paint ing	Out fitting	Erection	Assem bly	Assem bly of scaffolding	Surpport ing
Falling in the middle of using a vertical ladder	33%	32%	26%	29%	12%	47%
Falling into an opening	18%	8%	20%	4%	18%	-
Falling due to the insufficient installation of scaffolding	12%	8%	17%	13%	12%	7%
Falling because scaffolding have not been installed	6%	8%	6%	29%	-	13%
Falling while working on the structure	10%	16%	-	-	-	-
Falling during the process of assembly scaffolding	2%	3%	3%	4%	12%	-
Falling while moving on the structure	-	-	9%	-	-	13%
Falling in the middle of using equipments	-	-	-	-	41%	-
Etc.	20%	24%	20%	21%	6%	20%

S조선소의 최근 10년간 산업재해를 다양한 형태로 분석해본 결과 아래의 결론을 도출할 수 있었다.

1) 고령근로자, 여성근로자, 신규채용자의 떨어짐재해 발생비율이 높다.

50대 이상의 준고령, 고령근로자의 떨어짐재해 발생비율은 약 31%로 전체재해 발생비율인 약 23%보다 높게 나타났으며, 여성근로자의 떨어짐재해 발생비율은 약 17%로 전체재해 발생비율인 약 10%보다 높게 나타났다. 또한, 1년 미만의 신규채용계층에서 떨어짐재해가 약 59%발생 하였고, 1년 미만의 신규채용계층 중에서 채용 1개월 미만에서 떨어짐 재해가 약 34%발생하여 가장 높은 비율을 차지하였다.

2) 50인 미만의 소규모사업장의 떨어짐재해 발생비율이 높다.

떨어짐재해의 경우 대부분이 50인 미만이거나 사내 안전관리자가 선임되어 있지 않은 협력사에서 약 76%가 발생하였고, 떨어짐재해의 약 32%가 50인 미만의 소규모사업장에서 발생하여 가장 높은 비율을 나타냈다.

3) 후행공정의 떨어짐재해 발생비율이 높다.

떨어짐재해는 후행도장에서 약 79%, 후행의장에서 약 76%발생하여 선행공정에 비해 후행공정에 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

4) 가설물의 불안전한 상태로 인한 떨어짐재해 발생 비율이 높다.

떨어짐재해의 기인물은 대부분 가설물로, 수직사다리, 개구부보호대, 안전난간, 수직사다리 등 가설물이 설치되어 있지 않아 발생한 재해가 약 21%, 가설물이 설치되어 있으나 고정이 충분하지 않거나 누락되는 등 설치방법이 잘못되어 발생한 재해가 약 11%로 가설물에 의한 재해 발생비율이 가장 높게 나타났다.

5) 가설물의 설치/해체 공정의 떨어짐재해 발생 비율이 높다.

가설물의 설치/해체 공정의 경우 가설물을 설치하거나 해체하는 작업을 진행하는 도중 가설물의 붕괴 등으로 발생한 재해가 약 41%로 떨어짐재해의 가능성에 가장 많이 노출되는 공정이었으며, 50대 이상의 준고령, 고령근로자가 약 38%로 가장 많은 비율을 차지하였다. 또한, 1년간 근로자의 입/퇴사율이 근로자대비 약 466%로 신규채용자의 비율이 가장 높은 공정으로 나타났다.

4.2 조선업 공정별 떨어짐 위험성평가

위험성평가 추진방법은 Fig. 21에서 나타낸 바와 같이 공정분류, 공정관련 정보수집, 유해·위험요인파악, 위험도 결정, 개선실행방안수립의 순서로 진행하였다. 앞의 연구결과를 바탕으로 조선업 공정 중 떨어짐재해의 발생가능성이 거의 없는 가공공정을 제외하고 조립, 의장, 도장, 탑재, 가설물설치/해체, 지원 공정으로 공정을 분류하였다.

유해·위험요인은 S조선소에서 발생한 떨어짐재해와 조선업 떨어짐사망재해 95건¹⁰⁾의 재해개요와 S조선소 내 작업환경을 바탕으로 도출하였다. 발생가능성과 중대성은 A조선에서 발생한 재해의 요양일수를 참고로 하여 산정하였으며, 개선실행대책은 국내 조선업의 우수사례 등을 참고하여 제시하였다.

위험성평가는 4M 리스크 평가기법¹¹⁾을 사용하여 유해·위험요인을 모든 생산설비의 불안전 상태를 유발시키는 설계·제작·안전장치 등을 포함한 “기계적”요인, 소음, 분진, 유해물질 등 “물질 및 환경적”요인, 작업자의 불안전행동인 “인적”요인, 안전의식 미흡으로 사고를 유발시키는 “관리적”요인으로 나누어 위험성평가를 진행하였다.

4M 리스크 평가표에는 작업내용, 평가구분(4M), 유해·위험요인, 피해대상,재해형태, 기존 리스크관리 활동 등 다양한 항목으로 구성되어있으나, 본 연구에서는 모든 항목을 포함할 수 없어 작업장 마다 달라질 수 있는 항목을 제외하고 대상공정, 평가구분, 유해·위험요인, 현재리스크, 리스크관리 계획의 5개 항목으로 간소화하여 표를 만들어 위험성평가를 진행하였다.

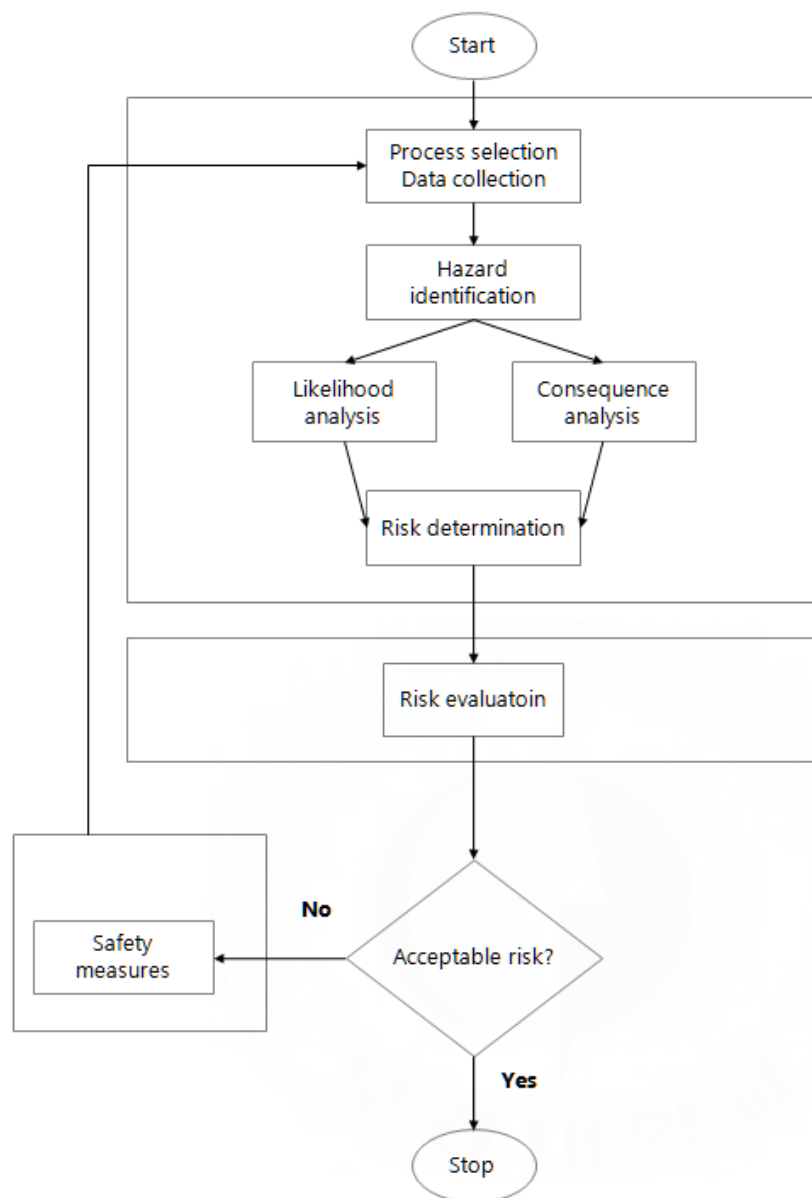


Fig. 21 Procedure of risk assessment

리스크의 발생가능성 기준은 Table 6¹²⁾에서 나타낸 바와 같이 현재 상 태에
 서 재해발생가능성이 없는 1단계에서부터 5단계까지로 나누어 진행하였으며,
 S조선소에서 최근 10년간 발생한 떨어짐재해를 공정별 발생유형으로 나누어
 산정하였다.

Table 6 Standards of occurrence likelihood¹²⁾

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.

리스크의 중대성 기준은 Table 7¹²⁾에서 나타낸 바와 같이 부상이 없거나 의학적 치료가 필요하지 않은 1단계에서부터 2명이상이 사망할 수 있는 5단계까지 나누어 진행하였으며, S조선소에서 최근 10년간 발생한 재해의 요양일수를 기준으로 산정하였다.

Table 7 Standards of consequence¹²⁾

Consequence		Description
1	Minor	No injury or medical treatment case.
2	Moderate	Medical treatment case less than 3 days.
3	Major	Medical treatment case more than 3 months or An accident result in less 5 injuries.
4	Severe	Fatality of one person or An accident result in less 10 injuries.
5	Catastrophic	Fatality of two persons.

리스크의 결정 기준은 Table 8¹²⁾에서 나타낸 바와 같이 유해·위험요인의 발생가능성과 중대성을 곱한 숫자가 8이상일 경우 허용 불가능한 유해·위험요인으로 결정하였다.

Table 8 Standards of risk determination¹²⁾

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

리스크의 유해·위험요인은 점수에 따라 Table 9¹²⁾와 같이 유해·위험요인의 발생가능성과 중대성을 곱한 숫자가 1~3일 경우 아무런 조치가 필요 없으며, 4~6일 경우 조치가 필요하지 않으나 지속적인 모니터링과 향상방안을 고려하고, 8~12일 경우 적절한 위험성 감소 조치를 실시하며, 15이상일 경우 위험성이 감소할 때까지 작업을 중단하는 등의 조치를 취해야한다.

Table 9 Standards of risk assessment¹²⁾

Score		Action
Acceptable risk	1~3	- Do not require any action or documentation.
Low risk	4~6	- Do not require additional control. - Improve it with a small expense. - Consider an effective solution or enhancement. - Continuous monitoring.
Moderate risk	8~12	- Try to reduce the risk grade within the restricted expense or range and perform the action to reduce risk within the delivery date. - If an extremely harmful result is expected, continue to perform risk assessment to check the possibility of risk as a reference to improve the control method. - For a normal risk which is rarely probable but very serious, take proper actions to maintain the current control state.
Major risk	15	- Do not start the work until the risk is reduced. - Take emergency actions for the work in progress.
Extreme risk	16~20	- Do not start the work until the risk is reduced.

4.2.1 공정별 안전위험정보

1) 조립공정^{13,14,15)}

조립공정은 선체내부 구조물에 보강재를 붙이는 소조립과정을 거쳐 선체 외판재에 늑골을 붙이는 중조립과정으로 이어지고, 다시 블록을 완성하는 대조립 과정을 거치게 된다. 소조립은 소조립 정반에서 내부판에 보강재나 브라켓 등을 취부하여 용접하는 과정으로, 여기서 완성된 부재는 중조립이나 대조립 과정으로 이송된다. 중조립부터는 블록을 지지하는 핀지그 조정작업 후 핀지그 위에서 중·대블록을 조립한다. 중조립은 평판블록, 곡외판블록, 상부구조블록을 조립하는 과정으로 나눌 수 있다. 중조립된 블록은 다시 입체적인 블록을 형성하여 도크에서 탑재될 수 있는 정도의 대블록으로 조립된다.

조립공정이 확정되면 도면, 치공구 등을 준비하고 세부조립절차서 확인 및 정반 작업계획을 수립한 후 트랜스포터, 크레인, 트레일러, 지게차와 같은 중장비를 통해 주판 및 형강재 등의 자재가 입고된다.

주판에 론지, 소부재 등을 배열하고 취부, 용접, 사상공정을 거쳐 소블록이 완성된다. 이때 크레인, CO₂ 용접기, 자동용접기, 라쳇트, 레버풀러, 체인블록, 유압잭, 망치, 연삭기, 환기장치, 조명설비 등이 사용된다. 소블록이 완성되면 주판에 블록을 탑재하기 위해 핀지그의 위치를 정하고 높이 조정 및 고정작업을 실시한다.

핀지그 위에 플레이트와 프레임을 조립하고 소조립 부재들을 부착하여 블록의 한면을 이루는 패널을 만든 후 소조, 중조 부재 등을 종합하여 선체공간의

한 구역을 조립한다. 이때, 크레인, CO₂ 용접기, 가우징기, 라체트, 레바풀라, 체인블록, 유압잭, 망치, 연삭기, 환기장치, 조명설비 등이 사용된다. 대블록이 완성되면 광과측정기, 추, 줄자 등을 활용하여 블록의 정도를 확인한 후 비파괴검사기, 에어테스트기 등을 통해서 용접상태를 검사하고 크레인, 트랜스포터 등의 중장비를 이용하여 블록을 조립장 밖으로 반출한다.

2) 의장 공정^{13,16)}

의장공정은 선체의장, 전기의장, 기관의장, 선실의장으로 나누어진다. 선체의장은 거주구와 기관실을 제외한 구역의 배관 및 철의장을 주로 작업하며 계선계류장치, 하역장치 등을 설치하며, 전장의장은 선박의 전기장치, 지시장치 등의 설치 및 항해·통신에 필요한 제반장치를 설치한다. 기관의장은 주엔진 및 주엔진과 관련된 축타계공사와 보일러, 발전기 등의 보기설치 작업 및 철의장, 보온작업이 포함된다. 거주구의 환창작업, 도어류, 패널, 실링, 냉난방설비, 각종 위생설비 등은 선실의장 공정에서 설치된다. 선체, 기관, 선실의장에서는 렌치, 드릴, 스패너, 클램프, 체인블록, 레버풀러, CO₂ 용접기, Ar용접기, 연삭기, 가스절단기, 환기장치, 조명장치 등이 사용되고 전기의장은 전기드릴, 드라이버, 와이어스트리퍼, 터미널압착기, 케이블드럼, 접이식사다리, 조명장치 등을 주로 사용한다.

3) 도장 공정^{13,17)}

도장공정은 블라스팅, 테이핑 및 마스킹, 스프레이, 터치업, 도막체크, 출고 순의 세부공정으로 이루어진다. 도장작업을 실시하기 전 블록은 트랜스포터로 전처리장에 입고된 후 연마재에 7~8kg의 에어(Air) 압력을 가하여 철판에 부착된 녹 등 이물질 제거하는 블라스팅 공정을 실시한다. 이때, 블라스팅 머신, 집진기, 고소차, A형사다리, 송기마스크 등이 사용된다. 블라스팅 작업이 끝나면 블록 도장부위 외에 도포방지를 위하여 청테이프, 비닐 등을 사용하여 테이핑 및 마스킹을 실시한다.

테이핑 작업이 끝나면 에어리스펌프, 유압펌프 등을 사용하여 스프레이 작업을 위한 도료의 주성분인 수지, 안료와 용제, 경화제 등을 혼합하고 스프레이 펌프에 7~8kg 에어를 이용하여 도료에 직접 압력을 가해 미립화하면서 작업면에 도포한다. 스프레이 작업 시에는 스프레이건, 고소차, A형사다리, 환기팬, 방폭등, 송기마스크 등이 사용된다.

스프레이작업 이후에는 롤러 등 브러쉬에 도료를 묻혀 도장이 되지 않은 부위와 작업이 끝나고 철거한 가설물에 의해 손상된 도장면에 T/UP 및 수정작업을 실시한다.

도장작업이 완료되면 도막게이지를 이용하여 규정된 도막두께를 측정하고 도장부위를 검사한 후 블록에 남아있는 먼지 등을 제거한 후 도장공장 내에서 출고된다. 블록 도장을 시행하고 도크에 탑재하여 최종 용접작업이 완료되면 마무리 도장작업을 실시하는 등 건조공정 과정에 따라 도장공정이 수행된다.

4) 탑재 공정^{13,18)}

탑재공정은 블록 최초적치를 위한 그라운드 마킹 및 블록받침대인 반목을 배치하는 작업에서부터 블록운반 준비, 줄걸이작업, 운반, 간섭물제거, 줄걸이 해체, 취부·용접, 사상, 검사작업 순으로 이루어진다.

반목은 콘크리트, 나무 두 가지가 있으며 지게차를 사용하여 운반하고 정해진 위치에 배치된다. 반목배치 후에는 운반하기 위한 블록의 설계도를 최종확인하여 줄걸이 러그의 위치 및 동선, 인원배치, 무전확인 등 준비작업이 이루어지고 러그에 샤클 등으로 줄걸이 작업을 실시한다.

줄걸이가 완료되면 크레인 운전자와 신호수간의 무전을 통해 탑재작업이 시작된다. 탑재가 진행되는 도중 상·하 블록간의 파이프 등의 접합위치를 확인하며 간섭물이 발견되면 고소차 등의 고소작업용 장비에 탑승하여 가스절단기 등으로 간섭물 제거작업을 실시하게 된다. 다음 공정은 근접위치로 이동한 블록을 블록리프트, 유압자키, 해머 등을 사용하여 미세조정하고 용접을 통해 1차 구속 후 블록에 체결된 줄걸이 샤클을 해체하고 취부작업을 통해 블록의 단차 및 미세간격을 조정하여 구속하고 CO₂ 용접을 실시한다. 용접이 완료된 후에는 연삭기를 사용하여 용접된 비드를 매끄럽게 가공하는 사상작업을 실시한다. 공정이 마무리 되면 블록 용접부위의 누설여부를 확인하기 위하여 탱크를 밀폐한 후 압력을 올려 압축공기를 사용하여 테스트를 실시하면서 블록의 접합정도를 검사한다. 이러한 과정에서 고소차, 곤도라, 리프트와 같은

고소작업용 장비를 많이 사용하게 된다.

5) 가설물 설치/해체 공정

선박 블록에서 작업 시 통행에 필요한 안전통로와 안전난간 등을 설치하고 해체하는 가설물 설치/해체 공정은 작업 전 통제로프 설치, 자재운반, 브라켓 시공, 작업발판 가설, 안전난간 설치, 사다리 설치, 작업발판 해체, 검사 및 정리정돈 순으로 공정이 진행된다.

작업이 시작되기 전에는 가설물을 설치·해체 하는 중 각종 자재들이 아래로 떨어져 보행중인 근로자가 맞는 재해를 예방하기 위해 작업반경 주위에 통제로프를 설치한다. 가설물 설치공사가 시작되기 전 선종에 따라 사용되는 가설재 수요량을 파악하고 작업위치까지 크레인, 지게차 등을 사용하여 자재를 운반한다. 운반이 완료되면 피스에 작업발판을 설치할 수 있도록 브라켓을 볼팅하거나 용접하여 시공한다. 브라켓 위에 작업발판을 가설하여 발판고정용 철사를 사용하여 고정한 후 설치된 브라켓 끝단에 스텐션 및 안전난간을 설치한다. 작업발판과 안전난간 설치가 완료되면 작업발판으로 오르내리기 위한 수직사다리를 클램프 등을 사용하여 설치한다.

가설물이 설치가 완성된 블록에서 생산작업이 진행되고 작업이 완료되면 가설물을 해체하게 되는데 이때 가설물을 설치할 때와 마찬가지로 작업 전 통제로프 설치한 후 설치된 역순으로 커터기를 사용하여 철사를 절단하면서 해체작업을 실시한다.

6) 지원 공정

지원공정은 장비운영, 유틸리티지원, 각종 설비를 유지·보수하는 공정으로 이루어진다. 장비운영은 선박의 건조공정 과정에서 필요한 블록, 자재 등을 운반하기 위해 필요한 크레인, 지게차, 트랜스포터 등을 운전·신호한다. 신호수는 자전거에 탑승한 채로 경광봉을 손에 들고 트랜스포터의 이동속도에 맞추어 신호하며, 크레인 신호 시에는 줄걸이작업도 같이 실시하며 주로 무전기를 사용하여 크레인과의 운반물의 이동경로를 눈으로 확인하며 신호한다. 유틸리티공정은 생산공정에 맞춰 필요한 각종 가스라인, 분전함, 조명등, 환기팬 등의 시설물을 설치, 해체, 점검한다. 그밖에도 지원공정에서는 생산공정에서 사용되는 각종 중장비와 기계·기구·설비 등을 유지·보수한다.

4.2.2 공정별 떨어짐 위험성평가

1) 조립공정

조립공정의 위험성평가 실시결과 떨어짐재해가 발생할 수 있는 유해·위험요인으로는 수직사다리 미고박, 3타점 미준수 등 수직사다리와 관련된 것으로 S조선소의 조립공정 떨어짐재해의 약 29%, 국내 조선소 떨어짐사망재해 약 20%가 발생하여 떨어짐재해의 가능성이 가장 높게 나타났다. 다음으로, S조선소에서 수직사다리와 마찬가지로 약 29%의 떨어짐재해가 발생되었던 요인은 레버풀러 체인이 파단되어 반력에 의해 작업발판에서 떨어진 경우로, 레버풀러는 조립공정에서 부재를 원하는 위치에 끌어당기는 용도로 많이 사용하는 치공구이다. 그 밖에 떨어짐재해가 발생할 수 있는 요인은 안전난간, 개구부보호대와 같은 가설물 미설치로 인한 위험이다. 조립공정의 경우 작은 소부재부터 큰 대블록을 모두 조립하기 때문에 다른 공정에 비해 작업해야할 블록의 개수가 많으며, 작업높이가 약 2m 정도로 낮은 경우도 많다. 따라서 가설물이 설치되지 않은 상태에서 작업하거나 설치가 누락되는 경우가 많이 발생한다. 이러한 유해·위험요인의 개선실행방안으로는 작업시작 전 관리감독자에 의한 가설물 설치상태 점검, 레버풀러 등 치공구의 정기적인 점검과 수직사다리 이용 및 치공구류의 안전한 사용방법에 대한 교육실시 등이 있다.

조립공정의 떨어짐 위험성평가 결과는 Table 10과 같다.

Table 10 Risk assessment of assembly process

process	Sub-assembly	likelihood	Consequence	Risk
Division	Machine	3	3	9
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling down due to rebound when a chain is broken in the middle of work by hanging a lever puller onto the outside panel of a block.		Before using the lever puller, check the deformed condition of the chain. Carry out a regular inspection by supervisor and Tag results.		
process	Grand-assembly	likelihood	Consequence	Risk
Division	Man	2	4	8
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling from the upper part of a block when Pinjig supporting the block is bent and the block is collapsed.		Contact the end of Pinjig to the steel plate. In case of Pinjig bigger than 2 meter, connect it by using a horizontal material.		
process	Grand-assembly	likelihood	Consequence	Risk
Division	Machine	3	3	9
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling down when the worktable is shaking in the middle of work on the movable worktable.		Use a worktable installed with safe handrails. Install a fastening device on the lower part of a worktable.		
		.		
		.		
		.		

2) 의장공정

의장공정에서 떨어짐재해가 발생할 수 있는 유해·위험요인을 파악한 결과 조립공정과 마찬가지로 수직사다리로 인한 S조선소 의장공정 떨어짐재해가 약 32% 발생하여 수직사다리로 인한 떨어짐 가능성이 가장 높게 나타났다. 다음으로 떨어짐재해가 발생할 가능성이 높은 요인은 S조선소 의장공정 떨어짐재해의 약 16%가 발생한 것으로 설치중인 배관 등 의장품을 밟고 작업하거나 이동하는 것이다. 의장공정에서 설치하는 의장품은 배관파이프 등이 많으며 이것은 둥근 형상으로, 배관파이프를 밟고 작업하거나 작업 중 밟고 이동할 경우 둥근면에 발이 미끄러져 떨어질 가능성이 매우 높다. 또한 옥외에서 작업이 진행될 경우 눈이나 비로 인해 발이 미끄러지기 쉬우므로 재해발생 가능성은 더 높아지게 된다. 의장공정에서 떨어짐재해가 발생할 경우 중대성이 높은 유해·위험요인은 국내 조선업 의장공정 떨어짐사망재해의 약 50%이상을 차지한 것으로 보행 중 개구부에 떨어질 위험, 작업발판 위에서 작업을 진행하다 발판을 지지하는 브라켓이나 단책 등이 탈락되면서 붕괴할 위험, 안전난간의 탈락, 미설치로 인한 위험 등과 같이 가설물의 설치상태 미흡이나 미설치로 인한 위험성이다.

또한, 의장공정 진행 중 배관파이프 등과 간섭되는 가설물을 임의로 해체하여 다른 근로자가 작업, 보행 중 떨어질위험은 발생가능성이 낮으나 중대성이 높은 요인으로 평가되었다.

이러한 유해·위험요인의 개선실행방안으로는 의장공정을 선행화하고 공정률

을 관리하여 준수하는 것이다. 의장공정의 경우 조립공정 이후 실시되는 선행 의장, 블록이 탑재된 이후 실시하는 후행의장으로 나누어지는데 선행의장의 경우 블록이 뒤집혀져 있는 상태에서 작업이 진행되어 의장품들을 설치하기 용이하다. 하지만 블록이 탑재되기 위해서는 블록을 180도 뒤집는 턴오버를 실시하기 때문에 탑재된 이후에는 의장공정이 진행되기 어렵고, 고소작업 또한 많아지게 된다. 이러한 경우 선행공정이 준수되지 못해 탑재이후 후행공정에서 의장작업을 진행하게 되면 한정된 공간내에서 다른 공정과 혼재되어 작업이 진행되기 쉽고, 의장공정에 맞는 가설물이 설치되기 어려워 근로자가 불안정한 상태에서 작업하거나 의장품 간섭에 따른 가설물을 임의해체가 발생하기 쉽다. 또한, 작업시작 전 관리감독자에 의한 가설물 설치상태 점검을 실시하고, 부득이하게 가설물의 설치가 어려운 장소에서 작업이 진행되는 경우에는 안전대 부착설비를 설치하고 안전대를 착용 후 작업하는 것과 동시에 정기적인 안전교육을 실시하여 불안정한행동을 줄이는 노력을 실시해야 한다.

의장공정의 떨어짐 위험성평가 결과는 Table 11과 같다.

Table 11 Risk assessment of outfitting process

process	Hull fitting	likelihood	Consequence	Risk
Division	Management	4	3	12
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling down by slipping in the middle of bolting work standing on a pipe.		Install a scaffolding before starting work. Installing the facility connecting to safety belts and wearing them.		
process	Machinery fitting	likelihood	Consequence	Risk
Division	Man	3	4	12
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of other worker's falling after randomly disjoining an interfered scaffolding in the middle of installing fittings.		In case of unavoidably remove a foothold, the scaffolding should be reinstalled by a qualified worker through the prior consultation.		
process	Electric fitting	likelihood	Consequence	Risk
Division	Machine	3	3	9
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling down when a folding ladder is shaking in the middle of spreading cables on the ladder.		Use a ladder equipped with devices preventing widening, falling, and slipping.		
		.		
		.		
		.		

3) 도장공정

도장공정에서 떨어짐재해가 발생할 수 있는 유해·위험요인을 파악한 결과 앞의 의장, 조립공정과 마찬가지로 수직사다리로 인한 S조선소 도장공정 떨어짐재해가 약 33% 발생하여 수직사다리로 인한 떨어짐 가능성이 가장 높게 나타났다. 특히, 도장공정의 경우 페인트통, 롤러 등 작업도구를 손에 들고 작업 공간을 이동해야 하므로 수직사다리 이용 시 3타점이 준수되지 못할 가능성이 높다. 다음으로는 론지를 밟고 이동하거나 론지 위에서 작업을 진행하다 떨어질 위험으로 S조선소 도장공정 떨어짐재해의 약 10%가 발생하였고, 국내 조선업 도장공정 떨어짐사망재해의 약 36%가 발생하여 가능성과 중대성 모두 높은 것으로 평가 되었다. 론지란 ㄱ형상, ㄴ형상, ㄷ형상 등의 프레임으로 선박 외부의 수압에 견딤과 동시에 선박 내부 화물을 지지하는 강도를 가지게 하는 보강재 역할을 한다. 선박 건조 공정이 마무리 되면 탱크 내부 론지에 설치되어 있었던 발판 브라켓을 해체하면서 론지의 도장면이 손상되어 T/UP을 실시하는 경우나 도장검사를 진행하기 전 론지 상부 청소를 위해 안전장치 없이 론지 상부로 이동하는 경우 떨어짐재해가 발생할 가능성이 높다. 또한, 도장공정에서는 개구부에 떨어지는 재해가 발생할 가능성이 높다. 도장 스프레이나 블라스팅 작업 시 착용하는 송기마스크는 근로자의 시야를 좁게 하고, 설치된 조명등에 도장입자가 묻어 조도가 확보되기 어렵다. 이러한 상황에서 개구부에 덮개 또는 보호대가 설치되지 않을 경우 개구부를 인지하지 못하고 떨어질 가능성이 높게 된다. 또한, 선박의 탱크 입구인 맨홀주위에 도장작업을

을 실시한 후 건조를 위해 개구부 덮개나 보호대를 해체하는 경우도 종종 발생한다.

이러한 유해·위험요인의 개선실행방안으로는 먼저, 수직사다리 주변에 페인트통, 공구 등을 작업위치까지 이동시킬 수 있는 달줄이나 달포대 등을 설치하여 수직사다리를 이용할 때 3타점을 준수할 수 있도록 관리해야한다. 작업 시작 전에는 관리감독자에 의한 가설물 설치상태 점검과 수직사다리 등 가설물 이용에 관한 정기적인 교육을 실시해야한다.

또한, 작업발판 등 가설물 해체부위에 손상이 발생하지 않도록 패드를 부착하고, 가설물 등 안전통로가 설치되지 않은 상태에서 고소작업부위에 도장작업을 해야 할 경우 긴 장대모양의 고소작업용 도장롤러를 사용하는 등 불안정한행동이 발생하지 않도록 관리해야 하며 도장건조를 위해 개구부를 오픈시킬 경우 전용 덮개를 제작하거나 출입금지조치를 실시하여야 한다.

마지막으로, 도장공정에서 착용하는 송기마스크는 보행 시 시야확보가 어려우므로 수직사다리 등을 사용하여 블록내부 또는 블록 간 이동이 필요한 경우 송기마스크를 벗고 안전모를 착용토록하고, 조명등은 조도가 확보될 수 있도록 정기적으로 유지·관리하는 것이 필요하다.

도장공정의 떨어짐 위험성평가 결과는 Table 12와 같다.

Table 12 Risk assessment of painting process

process	T/UP	likelihood	Consequence	Risk
Division	Management	5	3	15
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling by slipping in the middle of using a vertical ladder while holding tools in a hand.		Install a string or container that can carry tools. In case of using a vertical ladder, the safety education should be provided.		
process	Spray	likelihood	Consequence	Risk
Division	Management	4	4	16
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling without recognizing the opening opened for drying after ship painting.		Produce and use the cover of opening for drying. In case of removing a opening cover, assign an overwatcher for the access control.		
process	Blasting	likelihood	Consequence	Risk
Division	Electric fitting	3	4	12
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling without recognizing the opening when the sight is not secured during the blasting work.		Before starting work, secure enough illuminance. Install a guard or cover for the opening.		
		.		
		.		
		.		

4) 탑재공정

탑재공정에서 떨어짐재해가 발생할 수 있는 유해·위험요인을 파악한 결과 S 조선소 탑재공정 떨어짐재해 중 가설물의 설치가 미흡하거나 가설물이 설치되어 있지 않아 발생한 재해가 약 43%로 떨어짐재해가 발생할 가능성이 가장 높았다. 탑재공정의 경우 블록과 블록을 접합해야 하므로 작업이 시작되기 전 탑재에 간섭이 되는 안전난간, 개구부보호대 등이 해체된다. 이러한 상태에서 블록을 운반하기 위한 줄걸이작업이나 탑재작업이 진행되는 중 간섭물이 발견되어 절단작업을 하기위해 블록 상부를 보행할 경우 떨어짐재해의 가능성이 매우 높아진다. 또한, 블록이 탑재된 이후 진행되는 용접, 사상공정은 다른 공정과는 다르게 대부분이 고소부위에서 이루어지기 때문에 작업부위로 이동하던 중 가설물의 설치가 미흡하거나 가설물이 설치되어 있지 않아 떨어질 가능성 또한 높다.

탑재작업이 진행되는 과정에서는 고소차, 곤도라 등과 같은 고소작업용 장비가 많이 사용되는데, 이러한 장비들의 정기적인 점검이 실시되지 않거나 안전장치가 설치되지 않은 상태에서 사용하는 경우 또는 목적외 사용 하는 경우 떨어짐재해가 발생할 가능성이 매우 높고, 재해가 발생할 경우 그 중대성 또한 매우 높아진다.

마지막으로, 발생 가능성은 낮으나 한번 발생하면 2인, 3인 이상의 근로자가 사망할 수 있는 중대성이 매우 높은 요인으로서는 블록을 탑재한 후 1차 결속이 미흡하게 되어 탑재된 블록 상부에서 취부, 용접작업을 실시하던 중 블록을

지지하고 있는 받침목이나 지주, 보강재 등이 파단 또는 넘어질 경우 블록 자체가 넘어지거나 떨어지면서 상부근로자가 함께 떨어질 위험이다.

이러한 유해·위험요인의 개선실행방안으로는 탑재작업을 위해 안전난간, 개구 부보호대 등을 해체할 경우 출입통제를 위해 감시자를 배치하여 관리해야 하며, 줄걸이 작업 등 불가피하게 출입해야 할 경우에는 고소작업용 장비를 사용하거나, 안전대를 착용한 후 작업을 실시해야 한다. 또한, 크레인을 사용한 탑재작업이 완료된 후 취부, 용접 등 작업이 시작되기 전 관리감독자에 의한 가설물 설치상태 점검을 통해 안전통로가 확보된 상태에서 작업해야 한다. 탑재된 블록자체가 넘어지는 것을 예방하기 위해서는 받침대, 보강재, 지그 등을 설계도서에 맞게 설치하고, 블록간 구속이 완료되기 전까지는 크레인을 해체하지 않도록 관리해야 한다.

마지막으로 고소차, 곤도라 등 고소작업용 장비는 충분한 교육이 이루어진 숙련된 근로자에 한해 작업하도록 관리하고, 관리감독자에 의한 사용 전 점검을 실시해야 한다. 고소차의 경우 안전대 착용, 곤도라의 경우 곤도라 고정 와이어로프 이외에 별도의 생명줄을 설치하여 안전블럭, 안전대 등 안전장치를 설치한 후 작업하도록 하고, 장비를 목적 외 사용해서는 안 된다.

탑재공정의 떨어짐 위험성평가 결과는 Table 13과 같다.

Table 13 Risk assessment of erection process

process	Grinding	likelihood	Consequence	Risk
Division	Man	5	3	15
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling while working on an unfastened vertical ladder.		Work on a safe worktable. Fasten more than two spots when installing a vertical ladder.		
process	Welding	likelihood	Consequence	Risk
Division	Man	4	4	16
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling while crossing to move to the upper part of a block from high place operation car.		Use the high place operation car only for the purpose. Provide & manage the safety education about using aerial lift platform.		
process	Erection	likelihood	Consequence	Risk
Division	Electric fitting	3	4	12
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling while walking after removing the safety handrail for loading.		In case of removing a handrail for erection, assign an inspector for the access control.		

·
·
·

5) 가설물 설치/해체 공정

가설물 설치/해체 공정의 떨어짐재해가 발생할 수 있는 유해·위험요인은 가설물의 설치나 해체순서가 맞지 않아 가설물이 무게중심을 잃고 붕괴되어 떨어질 위험, 가설물 설치 중 고박되지 않은 발판이나 가설물 해체 중 고정용 철사를 절단한 발판을 다른 근로자가 밟아 떨어질 위험, 작업발판 가설을 위해 설치한 브라켓이나 단책의 고정부가 미흡하여 빠지면서 발판이 붕괴되어 떨어질 위험 등이 있다. 가설물 설치/해체 공정은 생산작업을 위한 안전통로를 설치하는 작업으로 가설물 설치/해체 공정의 근로자들은 떨어짐의 위험에 노출된 채로 작업을 수행할 수 밖에 없어 숙련된 근로자가 아닌 경우 떨어짐 재해의 발생 가능성과 그 중대성이 매우 높아진다.

이러한 유해·위험요인의 개선실행방안으로는 가설물 설치/해체 공정을 실시하기 전에는 반드시 안전대부착 설비를 설치하고 안전대를 착용한 후 작업할 수 있도록 해야 한다. 또한, 가설물 설치/해체 공정은 정해진 순서에 맞게 설치하지 않으면 무게중심에 의해 무너질 우려가 있으므로, 반드시 안전작업방법을 정하고 교육을 실시한 후, 숙련된 근로자에 한해 작업을 실시하도록 해야 한다. 가설물 설치/해체 공정이 진행되는 중에는 관리감독자가 상주하여 작업의 순서와 안전대 착용여부 등을 수시로 관리해야 한다.

가설물 설치/해체 공정의 떨어짐 위험성평가 결과는 Table 14와 같다.

Table 14 Risk assessment of assembly scaffolding process

process	Carry materials	likelihood	Consequence	Risk
Division	Management	3	4	12
Hazard and effect		Improvement plan		
A risk of falling when losing a balance in the middle of conveying materials to the lower part.		Use equipments like crane for carrying materials. Installing the facility connecting to safety belts and wearing them.		
process	Assembly scaffolding	likelihood	Consequence	Risk
Division	Man	4	4	16
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling when a scaffolding is collapsed as a bolt on bracket and support after installing a scaffolding.		Inspect the condition of fastening bolts after installing a scaffolding. It should be conducted by a qualified worker.		
process	Remove scaffolding	likelihood	Consequence	Risk
Division	Management	4	4	16
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling as the scaffolding is collapsed in the moment of cutting a wire to demolish scaffolding.		Decide the work order and provide education/management by a supervisor. It should be conducted by a qualified worker.		
		.		
		.		
		.		

6) 지원 공정

지원공정에서 떨어짐재해가 발생할 수 있는 유해·위험요인을 파악한 결과 S 조선소 지원공정 떨어짐재해 중 수직사다리 사용 중 발생한 재해가 약 47%로 발생가능성이 가장 높은 것으로 나타났다. 다음으로는, 크레인, 트랜스포터 등 장비를 신호하던 중 뒷걸음으로 인해 안벽 아래나 블록 아래로 떨어진 재해가 약 26% 발생하여 그 가능성 또한 높은 것으로 나타났다.

떨어짐재해가 발생할 경우 중대성이 높은 요인으로는 국내 조선업 지원공정에서 발생한 떨어짐사망재해 중 천정크레인 수리를 위해 크레인 거더위를 보행하던 중 떨어진 재해가 약 25% 발생하여 중대성이 가장 높은 것으로 나타났다.

이러한 유해·위험요인의 개선실행방안으로는 작업시작 전 관리감독자에 의한 가설물 설치상태 점검하고 수직사다리의 안전한 사용방법에 대한 교육을 수시로 실시해야 한다. 또한, 장비를 신호할 경우 작업표준에서 정해진 위치에 신호수를 배치하고 무전기 등을 사용하여 전방을 주시한 상태에서 신호할 수 있도록 관리해야 한다.

크레인 등 고소작업부위에서 유지·보수작업을 진행할 경우에는 안전난간을 설치하거나 안전대부착설비를 설치하고 안전대를 착용한 후 작업을 실시하고 유지·보수 중이라는 표지판 부착 또는 관리감독자를 배치해야 한다.

지원 공정의 떨어짐 위험성평가 결과는 Table 15와 같다.

Table 15 Risk assessment of supporting process

process	Signal	likelihood	Consequence	Risk
Division	Management	3	4	12
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling into a back opening when giving a signal to a crane while stepping back.		In case of signal work, keep an eye on the front on the fixed spot. Establish the signal system like walkie-talkie.		
process	Maintenance	likelihood	Consequence	Risk
Division	Machine	4	4	16
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling by losing a balance while walking on a girder after repairing the ceiling crane.		Install a safety guard rail or facility connecting to safety belts on the girder.		
process	Remove scaffolding	likelihood	Consequence	Risk
Division	Man	3	3	9
Hazard and effect		Improvement plan		
Risk of falling by losing a balance while working on the fork of a forklift		Use a forklift only for the purpose		

·
·
·

4.3 조선업 떨어짐재해 예방대책

S조선소에서 발생한 산업재해를 분석한 결과와 조선업 각 공정별 떨어짐 위험성평가를 실시한 결과를 바탕으로 아래와 같은 대책을 제시하였다.

1) 기초설계 및 생산공법 연구를 통한 고소작업의 최소화

앞의 연구결과에서 최근 10년간 조선업에서 발생한 재해유형 중 떨어짐재해가 약 23%로 가장 많았으며, S조선소에서 최근 10년간 발생한 재해유형 중 떨어짐재해가 약 27%로 가장 높게 나타났다. 떨어짐재해를 예방하기 위해서는 선박의 건조공정에서 고소작업을 없애는 것이 가장 근본적인 대책이지만 공정 특성상 고소작업을 완전히 제거하는 것은 어렵다. 따라서, 선박건조의 가장 첫 단계인 기초설계 단계에서부터 작업 시의 안전을 고려하여 설계를 진행하는 것이 필요하다. 현재 일부 건설업이나 해양플랜트를 건조하는 조선업에서는 선박설계 시 안전과 관련된 사항을 검토하고 설계하는 부서가 있지만 선주사의 요구사항이 있는 프로젝트에 한정되어있어 대부분의 일반상선을 건조하는 조선업에서는 설계단계에서 작업 시의 안전이 크게 고려되고 있지 않다. 생산부서와 설계부서의 유기적인 협조를 통해 생산공정에서 발생하는 위험요소들을 설계단계에 반영하고, 생산공정계획 수립 시 고소작업을 최소화할 수 있도록 공정계획에 반영하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 생산기술 연구를 통해 로봇을 통해 용접자동화, 도장자동화로 고소작업을 줄이는 방법을 연구개발이 필요할 것으로 사료된다.

2) 공정선행화 및 공정을 준수

의장공정과 도장공정의 경우 후행공정에서 발생한 떨어짐재해가 각 76%, 71%로 높은 발생비율을 보였다. 선반건조공정은 공정이 진행될수록 고소작업이 많아지고 작업발판, 안전난간과 같은 안전통행설비가 해체되어 공정을 진행하기에 알맞은 작업환경이 조성되기 어렵다. 이러한 환경에서 후행공정을 진행하거나, 지연된 선행공정을 진행하게 되면 떨어짐재해의 발생가능성이 높아질 수 밖에 없다. 따라서, 공정계획 시 공정을 선행화하고 공정을 준수한다면 떨어짐재해를 예방하는데 기여할 수 있을 것이라고 사료된다.

3) 가설시설물 점검제도 마련 및 선박용 가설기자재 연구개발

앞서 연구결과에서 언급했듯이 가설시설물이 설치되어 있지 않거나 설치상태가 미흡하여 발생한 떨어짐재해는 전체 떨어짐재해의 약 32%를 차지하는 것으로 나타났다. 선박의 건조공정에서 안전통로 및 작업공간을 확보하기 위해 작업발판, 안전난간 등 가설시설물을 설치하는 것은 필수적인 작업이다. 하지만 가설시설물을 설치한 후 적정하게 설치되었는지 확인 하는 절차와 작업이 이루어지는 기간에 설치된 가설시설물이 안전한 상태로 유지되고 있는지에 대한 점검제도나 확인방법이 구체적으로 마련되지 않고 있다. 따라서 작업발판이나 안전난간이 미흡하게 설치되어 있거나 작업을 수행하는 도중 작업간의 간섭 등의 이유로 근로자가 가설시설물을 임의로 변형, 해체하여 불안정한상태가 되어도 다른 근로자는 이를 인지하지 못하고 작업 또는 통행 중에 떨어

지는 재해가 발생하게 된다. 이를 예방하기 위해서는 작업장 자체적으로, 크게는 법제도 내에 가설시설물의 설치상태를 점검하고 기록하여, 근로자가 확인할 수 있는 점검제도가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 선박블록의 다양한 구조 때문에 기존의 가설기자재를 설치할 수 없어 위험에 노출된 상태로 작업하는 경우도 종종 발생한다. 향후 가설기자재 제작업체 및 대형 조선소 중심으로 선박블록 형상에 적합한 다양한 가설기자재를 연구, 개발하여 소규모사업장까지 전파하는 등의 활동이 필요할 것으로 사료된다.

4) 관리감독자 및 가설물설치/해체 근로자 자격제도 마련

S조선소 전체 떨어짐재해의 약 76%는 협력사에서 발생하여 원청사 대비 떨어짐재해 발생비율이 매우 높은 것으로 나타났다. 또한, 전체 떨어짐재해의 약 32%가 50인 미만의 소규모 사업장에 발생하는 것으로 나타났다.

“산업안전보건법”상 조선업의 경우 상시근로자 50명 이상일 경우 안전관리자를 두어야 한다고 되어있어 50인 미만의 사업장의 경우 관리감독자가 안전·보건에 관한 업무를 수행하고 있다. 안전관리자의 경우 법에서 정하고 있는 자격을 갖추어야만 선임 될 수 있지만 관리감독자는 별도의 자격기준 없이 연간 16시간 이상의 정기교육만 받으면 된다. 따라서 실제 조선소 내 50인 미만의 협력사 관리감독자는 안전·보건에 관한 지식이나 정보가 부족하여 법에서 정한 관리감독자의 업무를 수행하기 어려운 경우가 많을 것으로 판단된다.

또한, 연구결과에 따르면 가설물 설치/해체 공정은 근로자수 대비 재해발생 비율이 약 3배 이상 높은 것으로 나타났다. 「유해·위험 작업의 취업 제한에 관한규칙」에 따르면 비계의 조립 및 해체 작업은 “국가기술자격법”에 따른 비계기능사보 이상의 자격을 가지거나 “근로자직업능력 개발법”에 따른 해당 분야 직업능력 개발훈련 이수자 등 취업에 제한을 두고 있지만 실제 조선소에서 이 규칙의 준수율은 낮으며, 일부 대형 조선소에서 규칙에서 정하는 교육 기관으로 지정받아 교육을 이수하도록 하고 있다.

S조선소에서 가설물 설치/해체 공정의 근로자대비 1년간 입사율은 466%로 나타났다. 이러한 연구결과는 가설물 설치/해체 공정의 숙련자의 비율이 낮다는 것을 의미한다. 실제 S조선소 가설물 설치/해체공정에서 발생한 재해 중 약 70% 이상이 근속 1년 미만의 재해자인 것으로 나타났다. 앞으로도 미숙련 근로자나 자격이 부족한 근로자가 가설물 설치/해체 작업을 수행한다면 재해 발생 가능성은 감소하기 힘들 것이라고 판단된다.

따라서, 현재 법에서 정하고 있는 관리감독자와 비계의 조립 및 해체작업 근로자에 대한 자격기준을 더 강화하고, 법 준수 여부를 철저히 관리감독 해야만 떨어짐 재해예방에 효과가 있을 것이라고 사료된다.

5) 산재취약계층(신규채용자, 고령근로자, 여성근로자)에 대한 관리

조선업의 경우 작업물량에 따라 인력의 이동이 많고 근로자의 입,퇴사율이 매우 높다. 연구결과에 따르면 떨어짐재해의 약 20% 이상이 1개월 미만의 신

규채용자로 떨어짐재해의 발생가능성이 높은 것으로 나타났다. 또한, 50대 이상의 준고령, 고령근로자의 떨어짐재해 발생 비율은 약 30%, 여성근로자의 경우 약 17%로 다른 재해발생형태에 비해 높은 것으로 나타났다. 신규채용자, 고령근로자, 여성근로자의 경우 경험이나 신체기능, 신체특성 등 다양한 이유로 떨어짐재해에 더 많이 노출될 수 있다. 따라서, 각 계층에 맞는 교육, 건강관리, 작업배치 등의 관리가 필요할 것으로 판단된다.

제 5 장 결론 및 고찰

본 연구에서는 조선업에서 발생하는 떨어짐재해의 발생경향과 특성을 파악하기 위해 국내 대형조선소 중 한 곳인 S조선소 내에서 연구를 진행하였다. 먼저, S조선소에서 발생한 최근 10년간 산업재해자료를 분석하였다. 산업재해 분석자료를 바탕으로 최근 발생한 조선업의 떨어짐사망재해 자료를 추가하여 조선업의 공정(조립, 의장, 도장, 탑재, 가설물설치/해체, 지원)별 위험성평가를 실시하였으며, 연구의 결과를 통해 아래와 같은 결론을 도출하였다.

S조선소에서 발생한 떨어짐재해는 수직사다리를 사용하다 발생한 재해가 30%, 가설물의 설치가 미흡하거나 설치되어있지 않아서 발생한 재해가 20% 발생하는 것으로 나타났다. 떨어짐재해는 각 공정에서 가설물을 이용할 때 유발되는 불안정한행동과 가설물의 불안정한상태 때문에 발생하는 재해가 대부분이었다.

따라서, 조선업의 떨어짐재해를 예방하기 위해서는 선박 설계 및 선박 공정 계획수립 시 고소작업을 최소화하고, 공정선행화 및 공정율을 준수함과 동시에 선박의 다양한 형상에 알맞은 가설기자재를 개발, 보급하고 생산공정 과정에서 가설물의 불안정한상태가 유발되지 않도록 하는 점검제도를 마련하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 가설물 설치/해체 근로자 및 관리감독자의 자격기준을 강화하여 가설물의 불안정한상태가 유발되는 가능성을 줄이고, 소

규모사업장의 관리감독자의 역량을 강화시켜 소규모 사업장의 안전관리시스템을 정착시키는 것이 필요할 것으로 판단된다. 더불어 산재취약계층(신규채용자, 고령근로자, 여성근로자)에 대한 교육, 작업배치 등의 계층별 관리를 통해 떨어짐재해를 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 국내 모든 조선소에서 발생한 재해자료를 수집할 수 없어 대형 조선소 중 한 곳인 S조선소 내의 작업환경과 산업재해를 분석하여 결과를 도출 하였으며, 조선업의 공정을 세부단위로 나누지 않고 대공정 중심으로 연구를 진행하여 세부공정별 공정특성과 떨어짐재해가 발생하는 경향에 대해 파악하지 못했다. 향후 떨어짐재해를 예방하기 위한 각 공정별 현실적이고 근본적인 대책을 수립하기 위해서는 본 연구결과를 바탕으로, 선박건조공정의 세부 공정별 작업환경, 작업특성 등을 추가분석하고 떨어짐재해가 발생하는 경향과 원인 및 대책에 대한 연구를 수행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

References

- 1) Y. Choi, "The Study of the Characteristics of the Workers Related to Fall Accidents in the Shipbuilding Industry", HanSung University master's thesis, pp. 1-16, 2012.
- 2) Ministry of Employment and Labor, "Industry accidents statistics", 2004-2014.
- 3) H. S. Ahn, E. J. Kim, G. J. Lee, J. H. Park, M. W. Joo, J. C. Oh, S. B. Kim, "Falls from Height-Prevention and Risk Control Effectiveness", Occupational Safety & Health Research Institute, pp. 3-6, 2009.
- 4) Korea Occupational Safety & Health Agency, "Standard Safety Operation Method for Prevention Industrial Accidents in Shipbuilding Industry ", pp. 12-28, 2005.
- 5) 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", Journal of the Korean Society of Safety. Vol.23, No.5, pp. 14-19, 2008.
- 6) S. T. Park, "A Study for Understanding of Actual Condition and Prevention Countermeasures Regarding Industrial Disaster in Shipbuilding Industry", Ulsan University master's thesis, pp. 9-17, 2005.
- 7) J. G. Jung, "The Prevention Plan and Current Status of Industrial Accidents

- in Shipbuilding Industry”, Korea Occupational Safety & Health Agency, pp. 78-85, 2002.
- 8) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Risk assessment model] Shipbuilding Industry”, pp. 3-7, 2010.
 - 9) Korea Industrial Safety Association, “Standard Safety Work for Prevention of Fall Accidents”, Safety Technology, Vol.104, pp. 80-91, 2001.
 - 10) <http://www.kosha.or.kr/www/cmsTiles.do?url=/cms/board/board/Board.jsp?communityKey=B0027&menuId=158>
 - 11) KOSHA GUIDE X-14-2014 , “ Guideline on 4M Risk Assessment”
 - 12) S Offshore & Shipbuilding Co., Ltd. "Risk Assesment Procedure"
 - 13) <http://sms.khoa.go.kr/UOC/industry/building/building.asp>
 - 14) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Grand-assembly] Safety Management Model of Shipbuilding Process”, 2011.
 - 15) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Sub-assembly] Safety Management Model of Shipbuilding Process”, 2014.
 - 16) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Outfitting] Safety Management Model of Shipbuilding Process”, 2013.
 - 17) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Painting] Safety Management Model of Shipbuilding Process”, 2012.
 - 18) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Erection] Safety

Management Model of Shipbuilding Process”, 2012.

- 19) Korea Occupational Safety & Health Agency, “[Module-erection]
Safety Management Model of Shipbuilding Process”, 2014.



감사의 글

대학교 졸업 후 3년간의 직장생활을 하던 중 부푼 꿈을 품고 다시 찾은 부경대학교 산업대학원에서 어느덧 2년 6개월이라는 시간이 지나 석사과정을 마치게 되었습니다. 지난 석사과정 동안 많은 가르침과 도움을 주신 분들께 감사의 인사를 올립니다.

부족한 저에게 많은 격려와 가르침을 주셨던 존경하는 장성록 교수님, 교수님의 열정적인 지도와 가르침 덕분에 너무나도 멀고 높게만 느껴졌던 석사과정을 마칠 수 있음에 깊은 감사를 드립니다. 아직도 많이 부족하지만 그 부족함을 점점 채워가며 교수님의 가르침에 보답하는 자랑스러운 제자가 되겠습니다. 또한, 졸업논문 심사기간 동안 많은 조언과 지도를 해주신 권오현 교수님, 이창준 교수님께도 감사의 인사를 올립니다.

석사과정동안 언제나 자상한 모습으로 조언해주시며 앞으로 나아갈 수 있도록 안내해주셨던 이종빈 박사님, 언제나 연구실 식구들과 함께 하며 격려해주셨던 오현수 박사님, 옆에서 든든한 언니처럼 항상 꼼꼼하게 짚어주시고 조언해주셨던 이유정 박사님, 묵묵히 저와 동기들에게 많은 도움과 관심을 주셨던 승래선배, 연구실을 항상 지키며 많은 도움을 준 내 눈엔 세상에서 제일 예쁜 후배 은혜 등등 한분 한분 언급할 순 없지만 석사과정동안 많은 도움과 인생

의 가르침을 주셨던 인간공학 연구실 가족들에게 진심으로 감사드립니다.

석사과정 중 찾은 나의 두 번째 직장인 안전보건공단 부산지역본부에서 아직 신입사원임에도 학업으로 인해 소홀했던 부분이 많았음에도 깊은 배려와 격려를 아끼지 않으셨던 박홍대 부장님을 비롯한 산업안전부 식구들과, 언제나 힘이 되어준 내 동기들에게도 감사의 뜻을 전합니다.

이제 서른을 바라보는 나이에 불구하고 여전히 투정과 짜증만 부리는 딸이지만, 곁에서 항상 지지해주시고 언제나 저를 사랑해주시는 어머니, 아버지 감사드립니다. 논문준비 기간 동안 언제나 제 곁에서 묵묵히 기다려주고 지켜봐주었던 너무나도 착한 나의 예비신랑 최준용에게도 사랑과 감사의 마음을 전합니다.

끝으로 지난 2년 6개월의 시간을 손잡고 함께 걸어와준 박현, 김선아 동기에게도 감사의 뜻을 전합니다. 함께였기에 서로 의지하고 격려하며 많은 추억을 남길 수 있었습니다. 감사합니다.