



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

석유화학공장 정기보수작업의 추락

재해 안전대책에 관한 사례연구



2018年 8月

부경대학교 산업대학원

안전공학과

김경식

공학석사 학위논문

석유화학공장 정기보수작업의 추락

재해 안전대책에 관한 사례연구

지도교수 : 장 성 록

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2018年 8月

부경대학교 산업대학원

안전공학과

김경식

이 논문을 김 경 식의 공학석사
학위 논문으로 인준함

2018년 8월

주 심 공학박사 오 창 보 (인)

위 원 공학박사 이 창 준 (인)

위 원 공학박사 장 성 록 (인)

목 차

제 1 장 서론	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구의 목적	5
제 2 장 연구방법	6
2.1 연구내용	6
2.2 연구범위	7
제 3 장 연구배경	8
3.1 석유화학공장의 특수성	8
3.2 석유화학공장에서 정기보수작업의 이론적 고찰	10
3.3 석유화학공장의 안전관리(PSM)제도와 수준	13
3.4 정기보수기간 중 사고위험 요인	16
3.5 S기업의 사고관리 시스템과 사고분류	18
3.6 정기보수작업 기간 S기업의 안전관리수행 사례	26

제4 장 연구결과	34
4.1 정기보수 기간 S기업의 추락재해 현황분석	34
4.2 협력사 관련 추락재해의 연관성 분석	38
4.3 정기보수기간의 SHE Committee 수행 결과분석	39
4.4 추락재해에 대한 근로자의 인식조사 결과분석	43
4.5 추락재해 예방을 위한 구체적인 실행방안	50
4.6 추락재해 예방 활동사례	51
4.7 SHE Committee 활동결과	53
제 5 장 결론 및 고찰	55
참고문헌	57

Table List

Table 1 Data of domestic industry-falls(2006~2010)	01
Table 2 Number of working days for regular maintenance period(SK -group)	03
Table 3 Data of disasters during the maintenance From 2005 to 2016 (SK-group)	04
Table 4 Domestic PSM rating level status	14
Table 5 Status of disasters during regular overhauling(2005~2016)	17
Table 6 Classification of accidents(Incident management procedure of S-company)	18
Table 7 Periodic maintenance work accidents report	21
Table 8 Measures to prevent recurrence	24
Table 9 Log Book(Implementation measures to prevent recurrence)	25
Table 10 Role sharing of SHE Committee	30
Table 11 Duties and functions of SHE Committee/ Coordination team in the activities	31
Table 12 Number of fall disasters by year	34
Table 13 Number of fall disasters by day of week	35
Table 14 Number of fall disasters by age group	35

Table 15 Relevance to fall disaster on specific sectors	36
Table 16 Status of the accident by work types	36
Table 17 Analysis of immediate causes of fall disaster	37
Table 18 Measures to prevent recurrence of fall	37
Table 19 Collaborating company-related crash incident analysis	38
Table 20 Data of violent accidents during SHE committee activities (2009~2016)	39
Table 21 Major violences for regular maintenance period(2009~2016)	40
Table 22 Statistics of violations per person(2012~2016)	41
Table 23 Survey of age ranges from field workers	44
Table 24 Survey of work experience from field workers	44
Table 25 Ranking of safety facilities by frequency use in height	45
Table 26 Main causes of fall accidents for field workers	45
Table 27 Survey of age ranges from supervisors	46
Table 28 Survey of work experience from supervisors	46
Table 29 Performance of hazard prediction training for field work	47
Table 30 Survey on main causes of disaster from supervisors	47
Table 31 Management supervisor survey for effective training	48

Table 32 Questionnaire on necessity of activities from supervisors	48
Table 33 Number of violations by day & Rate of violations per person (2012~2017)	53
Table 34 Proportion of violations related fall in periodic maintenance (2009~2017)	54



Figure List

Fig. 1 Occurrence of industrial accidents in 2009	02
Fig. 2 Location map of Ulsan petrochemical complex	07
Fig. 3 Main flow of regular maintenance work	11
Fig. 4 Job assignment of regular maintenance work	12
Fig. 5 Evaluation of SHE Global level in S-company	14
Fig. 6 Diagnosis report of safety culture by UK Consulting	15
Fig. 7 Procedures for the accident(SK-Safety Management Regula- tions)	20
Fig. 8 Analysis of causes of accident by RCA (Human and Material factors)	22
Fig. 9 Analysis of causes of accident by RCA(Operational and Adm- inistrative factors)	23
Fig. 10 Initial activities of SHE committee in 2009	26
Fig. 11 SHE Committee organization and task assignment	29
Fig. 12 Fall prevention measures(Safety Golden Rules)	32
Fig. 13 Graph of violation cases related to fall(2009 ~ 2016)	40
Fig. 14 Rate of violation per person(2012 ~ 2016)	41
Fig. 15 Statistics by type of violation(2009 ~ 2016)	42

Fig. 16 Activity plans of SHE Committee in 2017	50
Fig. 17 Management of New workers & Aged workers / Experiential training center in high area	51
Fig. 18 On-site screen training	52
Fig. 19 Trend of violations by year(2012~2017)	53
Fig. 20 Trend analysis of violations related fall during periodic maintenance	54



A Study on the Reduction Plan of Fall Accident during Regular Maintenance in Chemical Plant

Kyung Sik Kim

Department of Safety Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

The accidents in petrochemical plants have been occurring frequently during regular maintenance and repair. As deterioration of equipment, there are getting more Items to be fixed in Ulsan, Yeosu in Korea. The features of routine maintenance work in chemical plant are simultaneously processing multiple tasks in the short term, running similar operations to construction industry and most of all, fall accidents related to work from Height are caused pretty often.

In this study, details of preventive measures about high occupational fall accidents at petrochemical plants in overhaul period are acutely required.

It was investigated the fall accident during regular overhauls (2005~2016) in 9 different facilities including Petroleum, Synthetic resin manufacturing, Lubricant oil, Heavy crude oil, Naphtha cracking center, etc in S-company

inside Ulsan petrochemical industrial complex.

To prevent fall accidents in the period of regular maintenance and repair, I performed systematic safety management activities then shared reviews from near miss and violence cases. Also I conducted the survey to the field workers and safety managers who have been working for regular overhaul.

As taking part in specialized safety activity, SHE Committee and from the result of the survey, we offered workable alternative from investigation of near misses and analysis of violence cases.

1) We provided the real-time education videos in smoking areas and staff lounges to develop their safety knowledge, safety behavior and safety skills. It is produced from the previous Near Misses/Violence in the period of regular maintenance.

2) As understanding the characteristic of day laborers, construct the experience centers which have effective training for dealing with fall accidents as “OJT”(On the Job Training).

3) Applied tighten enforcement of safety standard and suspensions to any recurrence of violence such as “One Strike Out”.

In order to reach to the zero-hazard we have to persistently ameliorate the safety system with specific countermeasures, having conferences after routine overhaul activities, making distinct management plan to prevent the accidents in high risk site like fall accident.

Key Words: Chemical Plant, During regular maintenance, Fall Accident



제1장 서론

1.1 연구의 필요성

고용노동부와 한국산업안전보건공단이 발표한 산업재해 분석 자료에¹⁾ 의하면 2010년에 발생한 추락사고로 인한 재해자는 총14,040명으로 전체재해자의 14.2%를 차지하고, 사망자는 453명으로 전체사망자에 비해 20.6%를 차지하는 것으로 나타났다. 재해자수 대비 사망률도 전체재해 2.2%보다 높은 3.2%를 차지하고 있으며, 치사율이 높게 나타내고 있는데 세부내용은 Table 1과 같다. 또한, 국내추락재해의 발생현황을 선진국과 비교해보면 06년도 기준으로 우리나라 10만 명당 사망률 즉, 만인율이 3.65로 영국의 만인율 0.15보다 24.03배 높고 미국 0.56보다 6.5배, 일본 0.84보다 4.3배에 해당되어 국내 추락으로 인한 재해의 심각성을 보여주고 있어서 향후 추락재해의 발생을 근본적으로 예방하고, 추락재해 재발방지 대책을 강구해야한다²⁾.

Table 1 Data of domestic industry-falls(2006~2010)

Item		2006	2007	2008	2009	2010
Total number of workers		11,688,797	12,528,879	13,489,986	13,884,927	14,198,748
Total disaster embroidery	Disaster	89,910	90,147	95,806	97,821	98,645
	Deaths	2,453	2,403	2,422	2,181	2,200
	Death rate	2.7%	2.7%	2.55	2.18%	2.29%
Total crash disaster	Disaster	11,687	11,834	14,027	13,589	14,000
	Deaths	427	418	468	450	453
	Death rate	3.7%	3.5%	3.3%	3.2%	3.2%
Disaster crash disaster(%)		13.0%	13.1%	14.6%	13.9%	14.3%
Accident death (%)		17.4%	17.4%	19.3%	20.6%	20.6%

국내 제조업 대상 재해 유형별로 살펴보면 Fig. 1과 같이 전도 20,184명, 협착 16,174명, 추락 13,589명, 낙하 비레 8,337명, 충돌 8,438명, 절단. 베임 7,310명, 기타 15,068명 등으로 나타났다.

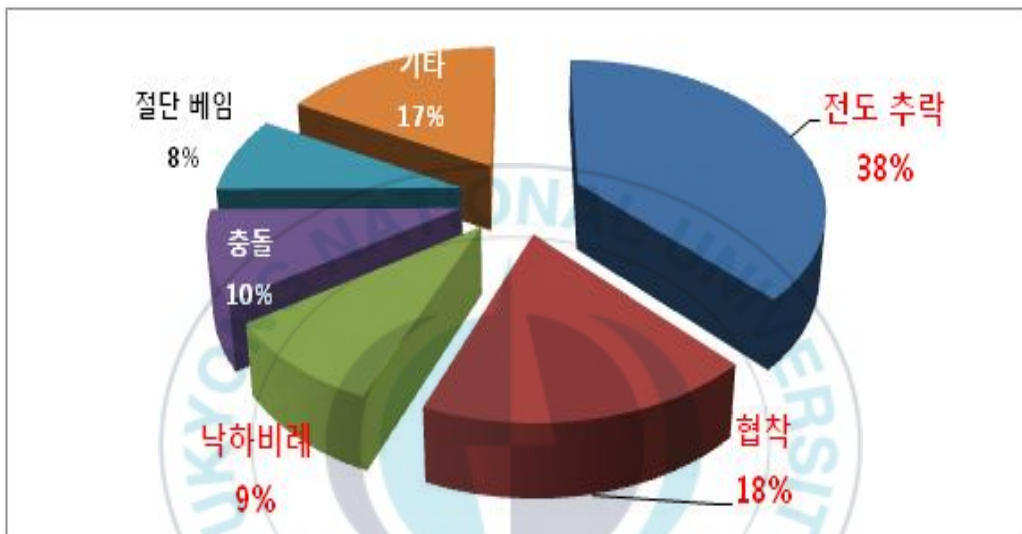


Fig. 1 Occurrence of industrial accidents in 2009

2008년에도 전도, 협착, 추락 등 3대 재해의 발생률이 56%로, 절반이상을 차지한 것으로 나타났다³⁾.

석유화학공장의 경우 정기보수(TA: Turn Around) 작업은 주로 4~6년 단위로 실하고 있으며, 단위공장의 가동을 중단하고 정비하는 작업 즉 대정비, 정기보수, TA 및 Overhaul 등, 동일한 뜻으로 단기간에 동시 다발적인 작업이 진행되고, 다수의 외부 일용근로자가 참여하여 보수작업을 수행하기 때문, 대형 사고의 위험이 크다⁴⁾. 특히 울산석유화학 단지내 9개의 사업장을 대상으로

조사된 연중 재해 발생분포를 보면, Table 2와 같이 연중 정기보수 기간은 평균, 한달(30일) 가량 소요되며 일상작업에 비해 정기보수작업 기간에 발생한 재해가 정상운전 330일에 비해 재해율이 상대적으로 매우 높다⁵⁾.

Table 2 Number of working days for regular maintenance period(SK-group)

Regular maintenance year	Process	Process stop period	Maintenance work period
2012	NRC	34days	27days
2013	NAC	30days	23days
2015	NRP	27days	21days
2016	NRC	32days	26days
Average	-	30.7days	24.2days

Table 3과 같이 정기보수기간에 발생한 재해가 80건이고 일상관련 재해발생 건수가 50건으로 정기보수 관련재해의 점유율이 58%에 해당하며 단기간 감안한다면 높은 재해율에 해당한다.

그리고 협력사 관련재해는 총재해 80건수 중 사업장소속 근로자의 19건에 비해 61건으로 76%를 차지하고 있다.

또한, 고소지역작업의 관련재해는 지상 작업의 관련재해보다 64.0%를 차지하고 있어, 정기보수기간 중 발생한 협력사 관련재해와 고소지역작업의 관련재해가 높은 비중을 차지하고 있다.

Table 3 Data of disasters during the maintenance from 2005 to 2016(SK-group)

Disaster type	Number of disasters(2005~2016)	Rate
Maintenance disaster	Maintenance disaster: 80, Normal disaster: 50	58.0%
Supplier disaster	Affiliated workers: 61, Workplace workers: 19	76.0%
High area disaster	High area: 52, Ground area: 29	64.0%

상기 분석 자료와 같이 정기보수작업기간 동안 발생한 재해는 정상가동 중에 발생하는 재해 즉, 화재, 폭발, 누출 등 과 같은 재해가 아니라, 건설업종에 많이 나타나고 있는 추락, 낙하, 협착 및 비레와 같은 형태의 재해로 주로 고소지역 작업에서 주로 발생하고, 추락 재해발생 점유율이 상대적으로 타재해보다 높음을 알 수가 있다. 석유화학공장에서의 사고는 주로 유지보수의 정비 시에 많이 발생한다.

석유화학공장이 밀집되어 있는 국내의 경우 울산과 여수지역에서 관련설비 노후화가 진행되고 있어서 정비를 해야 하는 대상설비가 증가되고 있다.

석유화학공장에서의 발생하고 있는 재해는 많은 요인이 복합적으로 발생되고 있는데, 특히 정비 시에도 유사한 문제가 발생하고 있다. 석유화학공장 정기보수작업의 특징은 건설업의 경우와 유사한 작업으로 이루어지며, 고소지역 작업의 재해가 증가하고 있다. 향후, 추락으로 재해가 증가될 소지가 있어서 재해예방에 각별한 대책이 필요하다⁶⁾.

1.2 연구의 목적

정기보수기간 동안에 재해 발생형태는 건설업종에서 발생하는 재해와 유사하다. 그 이유는 정기보수 작업 시 사전에 관련 주요설비에 포함되어 있는 내용 물을 완전히 비우고 가연성물질 없음을 확인한 후 정비작업을 수행하기 때문이다. 따라서 Table 2와 같이 협력사 관련재해가 높은 비중을 차지하고 있다. 이는 대부분 일용 근로자들이 정기보수 기간에 관련설비의 보수작업을 수행하기 때문이다.

2005년부터 2016년까지 울산석유화학 단지내 S기업의 정기보수 현장에서 발생한 재해발생 건수 중에 고소지역 관련 재해가 전체 80건 중 65건으로 전체 비율이 81.28%를 차지하고 있다⁷⁾. 이는 동기간 동안에 협력사 관련 재해 중 고소지역 관련 작업 중에 발생한 재해가 전체 61건 중 43건으로 전체 비율이 70.49%를 차지하고 있다.

본 연구에서는 석유 화학공장의 정기보수기간 동안에 발생했던 고소작업 관련 재해를 분석하고, 구체적인 안전대책을 제시함으로써 향후, 추락으로 인한 재해를 줄이는데 기여하고자 한다.

제2장 연구방법

2.1 연구내용

정기보수기간 동안 발생한 추락 재해의 현황과 원인분석을 실시하였고, 정기보수 수행 중에 위반사례 및 아차사고를 발굴하고, 설문을 통하여 실현가능한 안전대책을 제시하기 위하여 세단계로 연구를 하였으며, 연구내용은 다음과 같다.

1) 울산 석유화학 단지에 위치하고 있는 S기업 9개 사업장의 정기보수기간(2005년~2016년)동안에 발생되었던 재해⁸⁾ 중 협력사 관련 추락재해의 현황과 원인을 분석하고, 추락재해의 연관성 분석을 실시하였다.

2) 현장 점검강화를 위하여 정기보수기간(2009년~2016년)동안 전문적인 현장 활동인 SHE Committee를 통하여 사고의 전단계인 위반사례 및 아차사고 사례를 발굴하여 추락관련에 대한 재발방지대책을 제시하였다.

3) 정기보수작업에 참여하는 현장근로자와 관리감독자를 대상으로 추락재해에 대해 가지고 있는 인식을 조사하고, 연령, 경력등과 고소지역에서 느끼는 추락위험의 인지, 재해발생 원인 및 구체적인 안전대책을 제시하였다.

추락재해의 안전대책을 제시하는 것에 그치지 않고, 구체적인 실행계획을 수립한 후 2017년 정기보수 기간의 SHE Committee 활동을 직접 수행하였다.

2.2 연구의 범위

울산 석유화학 단지 내 위치하고 있는 S기업의 화학공장을 대상으로 재해 현황을 분석 평가하여 안전대책을 수립하였다.

울산 석유화학 단지 내 위치한 대부분의 화학 공장은 S기업이 보유하고 있는 사업장 Fig. 2와 같이 중질유 공장, 합성수지 공장, 경질유 공장, 정유공장, 납사분해 공장, 방향족제조 공장, 동력 공장, 운영저장 시설, 윤활유 공장 등 9개의 사업장으로 이루어져 대부분 울산석유화학 단지 내의 동종 및 유사한 사업장을 갖춘 국내 대표적인 화학업종을 보유한 기업이다⁹⁾.

상기 사업장을 대상으로 구체적이고 실질적인 현장조사 및 연구결과를 제시 할 수 있다고 사료된다.



Fig.2 Location map of Ulsan petrochemical complex

제3장 연구배경

3.1 석유화학공장의 특수성

3.1.1 석유화학공장의 특징

석유화학공업은 납사를 분해하여 에틸렌, 프로필렌 등 올레핀계 제품과, B·T·X(Benzene, Toluene, Xylene) 등 방향족 제품과 같은 기초화학 제품을 생산하고 이를 원료로 합성수지, 합성고무 등을 생산하는 산업을 지칭하며, 막대한 설비투자와 고도의 기술수준이 요구되는 자본 집약적 장치산업일 뿐만 아니라 고부가 가치 장치산업이다. 화학공장의 설비는 화합물을 물리적 또는 화학적으로 처리하거나 반응시키는데 사용되는 설비로 혼합, 분리, 저장, 계량, 열교환, 성형, 가공, 분체취급, 압축, 이송 등에 필요한 장치, 기계, 기구가 해당 된다¹⁰⁾.

석유화학공장의 특징은 장치산업으로 설비의 노후화가 가속화로 지속적인 정비대상의 증가하고 있다. 이로 인해 일정 계획에 의해 주기적인 정기보수작업을 수행해야 한다.

공정특성상 정상 운전이란 공정의 문제가 없는 한 운전을 멈추지 않고 365일 지속운전의 개념으로 공정 가동 율(Plant ability: P/A 100)이라 한다.

화학공장의 정기보수(T/A) 작업은 생산제품의 수급을 조절하기 위하여 업종별 관련 사업장의 생산과 정비의 일정 관리를 긴밀하게 조정하여야 한다.

단위공장의 가동을 중단하고 정비하는 작업으로 미리(통상1년 전에) 계획된 일정에 따라 공정 별로 설비가 가동 정지된 상태에서 정비, 검사 또는 설비 개선/교체 등을 수행하는 작업이다.

설비를 분해하여 정밀검사, 정비, 노후설비 점검 및 촉매 교체 등 모든 기계의 가동을 멈추고 설비를 분해해 생산 과정에서 발생한 찌꺼기 등을 청소하는 작업으로 대형 시설인 만큼 일이 많고 까다로운 작업으로 사고 발생 빈도가 크다.

3.1.2 석유화학공장 현장근로자의 근무형태

석유화학공장의 조직은 공정특성마다 다소 차이는 있지만, 단위 공장 별 조직내 공장장이 안전관리책임자의 역할을 수행하고 Staff 부서는 공정팀을 Supporting group으로는 안전환경부서, 생산 조정업무, 인사인력으로 구성되어 있고, 공정운전부서는 팀장, 총괄반장, 교육담당, 교대반장 등으로 산업.안전.보건법상 관리감독자는 구성원 대비 15~18%를 차지하고 있다¹¹⁾.

대다수 석유화학공장의 4조 3교대의 근무형태로 운영하며, 팀 운영상에 주간근무자에 한하여 교대 반/조장을 총괄하는 총괄반장과 행정 교육담당을 겸할 수 있다.

공장산하에 SHE 관리원과 SHE 점검원은 현장 안전관리와 대관의 안전·환경·보건업무를 담당한다.

3.2 석유화학공장에서 정기보수작업의 이론적 고찰

공정문제발생시 또는 계획정비에 따라서 정기 보수작업, 일반 보수작업, 긴급 정비작업으로 구분 한다¹²⁾.

- 1) 정기보수작업: 주로 4~6년 주기로 공정가동을 중단하고 정비하는 작업으로 대정비, TA(Turn Around) 및 Over hall등으로 불리며, 단기간 내 동시 다발작업이 진행되므로 다수의 외부 근로자가 참여하기 때문에 사고 위험이 크다.
- 2) 일반보수작업 : 일상 중에 공정 및 설비를 보수하는 것을 일상 정비라고 하며, 일부공정이 운전 중인 경우가 있으므로 간혹, 정상 가동 중인 공정에 Trouble을 초래하여 위험 물 누출이나 화재. 폭발의 위험 가능성이 있다.
- 3) 긴급정비보수: 공정 및 설비의 갑작스런 문제발생으로 긴급하게 정비/보수하는 작업으로 짧은 시간에 해당설비를 정비해야 하므로 작업 전에 위험요소를 충분히 고려하지 않은 상태에 작업을 수행할 경우 대형사고의 발생 가능성이 크다.

그리고 정기보수작업의 수행계획에 따라 다소 차이는 있으나 대부분 Main flow는 Fig. 3과 같이 정기보수 준비단계에서 작업계획서와 안전작업계획서를 검토 받아 단계적으로 승인을 거치는 과정이다.

위험요인을 제거하는 단계에서는 정기보수작업이 이루어지기전에 관련 장치설비를 격리하고, 치환하는 과정이다.

정기보수작업 단계는 모든 작업은 위험성평가(JSA: Job Safety Analysis)실시하여 정비작업을 안전하게 수행하는 단계이다. 설비의 재가동 단계에서는 가동전 안전점검을 수행한 후에 설비를 안전하게 가동한다.

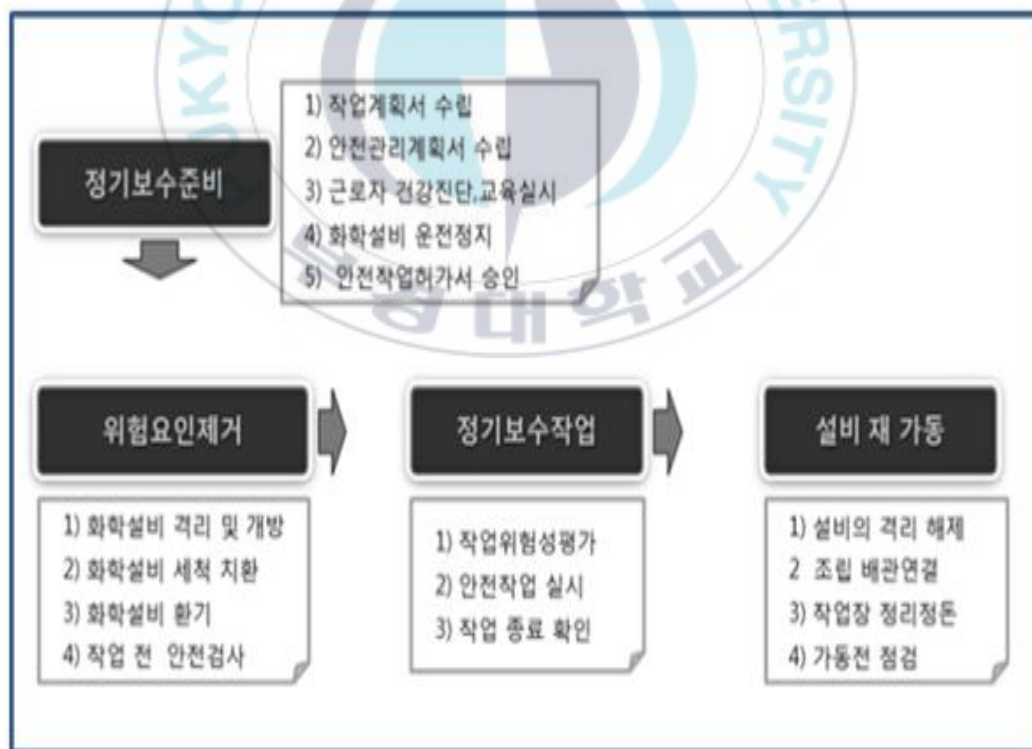


Fig. 3 Main flow of regular maintenance work

정기보수기간에 각 기능별 역할분담이 이루어지는데 통상적인 직무는 업무 조직표, Fig. 4와 같이 공정팀장이 Leader가 되며, 교대조별 제관담당, 배관기계/ 계장, 일반담당으로 구분되어 업무수행을 한다.

- 제관: Tower, 반응기, 열교환기 등 공정장치 설비에 해당된다.
- 배관: Pipe 관련 개선작업으로 화기용접, 가공작업
- 기계: Pump 압축기 관련 회전기기 정비작업
- 계장/전기: 전기, 계기관련설비 및 자동화 설비관련 정비작업
- 일반작업: 설비의 보온, 도색, 운반, 조립작업

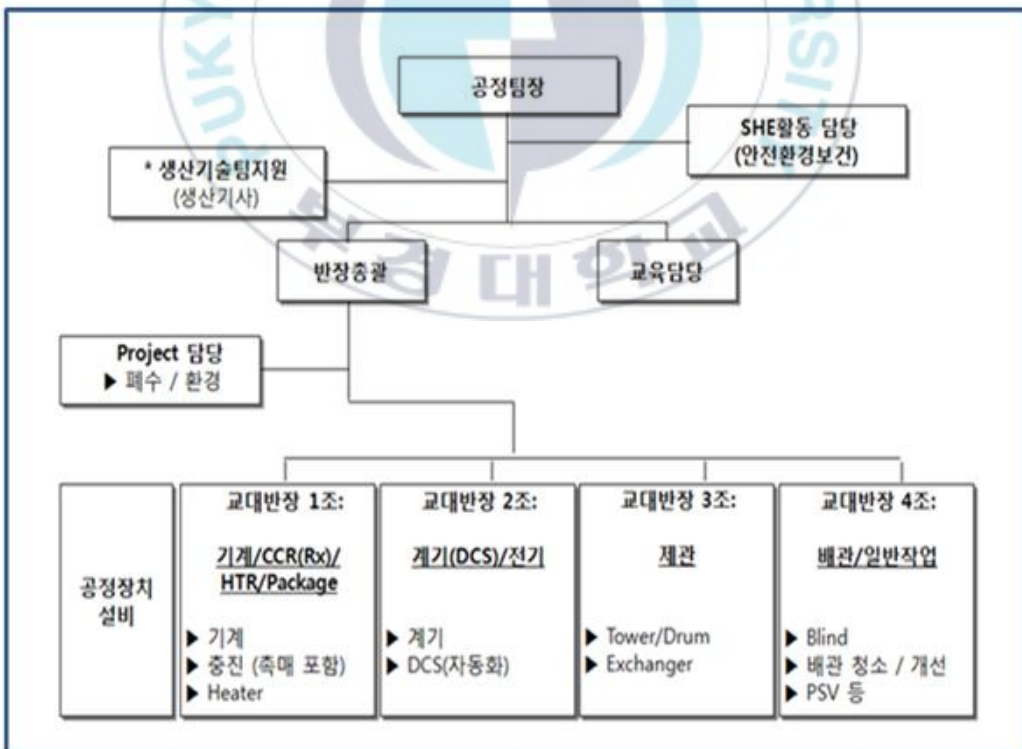


Fig. 4 Job assignment of regular maintenance work

3.3 석유화학공장의 안전관리제도(PSM)와 수준

3.3.1 공정안전관리 제도

공정안전관리 제도란(PSM: Process Safety Management)¹³⁾ 1996년 국내 처음으로 실시, 산업안전보건법상 7대 위험업종과 51종 위험물질 규정수량을 취급하는 경우 공정안전보고서를 제출하여 심사/ 확인 받은 후 정기적인 평가를 받아 사후관리를 실시하는 제도이다. 이제도의 목적은

- 1) 화재, 폭발 및 위험물질의 노출로 중대 산업사고를 예방
- 2) 사고발생시 피해를 최소화하고 비상시 종합적인 안전관리시스템 확보
- 3) 중대 산업사고를 예방하고 체계적이고 구체적인 활동
- 4) 이행성 등급 구분은 고용노동부가 평가하는 등급심사에서 P등급이 평점 90 점 이상, S등급이 평점80점 이상~ 90 점미만, M+등급이 평점70점 이상, 80점미만, M- 등급이 평점70점미만으로 분류한다.

3.3.2 S기업의 SHE 수준과 안전문화

S기업의 SHE 수준을 보면 Table 4와 같이 고용노동부에서 정기 평가하는 공정안전관리 수준은 2018년 현재 S기업의 9개 사업장 중 8개 사업장이 P 등급(88%)으로 전국 5.1%에 비해 최상위 수준으로 벤치마킹 대상 사업장이며, Glo-bal Level에 해당된다.

Table 4 Domestic PSM rating level status

Item	Grade P	Grade S	Grade M+	Grade M-	Etc
Domestic	103(5.1%)	543(26.9%)	567(28.1%)	203(10.1%)	602(29.8%)
Ulsan	24(5.9%)	105(25.9%)	94(23.1%)	56(13.8%)	126(31.1%)
SK	8(88.9%)	1(11.1%)	-	-	

2017년 선진기업의 SHE 수준평가를 객관적으로 나타낸 수치를 보면 Fig. 5와 같이 미국 API에서 제공하는 SHE 성과관리지표인 LTI(Lost Time Incident)의 Global target는 0.103이며 S기업의 경우는 LTI 수치가 2012년에 구성원 사고가 9건/ 협력사 사고 16건으로 LTI 수치가 0.19, 2013년 구성원 사고 7건/ 협력사 사고 20건으로 LTI 수치가 0.116, 2014년 구성원 사고 7건 / 협력사 사고 23건으로 LTI 수치가 0.161, 2015년 구성원 사고 5건/ 협력사 사고 10건으로 LTI 수치가 0.111, 2016년 구성원 사고 4건/ 협력사 사고 12건으로 LTI 수치가 0.092로 국내 화학업종 중 최상의 안전관리수준이다¹⁴⁾.

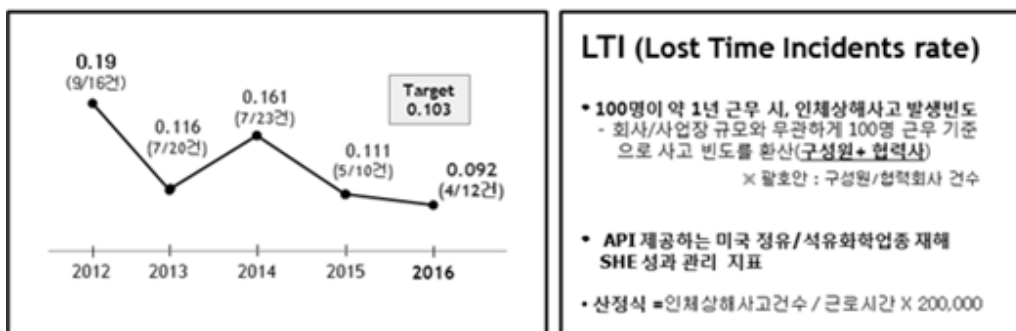


Fig. 5 Evaluation of SHE Global level in S-company

또한, 2016년에서 2017년 사이 안전문화수준을 평가하는 국제 전문컨설팅 회사인 ERM 수준평가는 Fig. 6과 같이 국내 동종유사 기업보다 최상위권에 속하고 해외 선진기업과 대등 소위한 수준으로 평가되고 있다.

Fig. 6에 표기한 평가항목 중에 조직문화와 개인적사명감은 해외 선진 그룹보다 높은 안전성숙도를 보이는 항목이며, 반면에 개인적 만족도와 같이 마이너스 수치로 표기한 항목은 해외 선진 그룹보다 낮은 성숙도를 보이는 항목이다.

	울산 CLX Aromatic 공장	해외선진사 그룹	해외 선진사 대비 Δ	국내 A社	국내 B社
조직의사명감	3.76	3.89	-0.1	3.47	3.36
조직문화	3.78	3.61	0.2	3.53	3.14
개인적사명감	3.91	3.64	0.3	3.71	3.72
리더의행동	3.64	3.80	-0.2	3.36	3.04
직속상사의행동	3.72	3.72	0.0	3.49	3.21
동료의행동	3.63	3.88	-0.2	3.28	3.25
조직성과	3.52	3.85	-0.3	3.46	3.57
개인적만족도	3.54	3.90	-0.4	3.25	3.25
평균	3.69	3.79	-0.1	3.44	3.32

Fig. 6 Diagnosis report of safety culture by UK Consulting

3.4 정기보수기간 중 사고위험 요인

S기업인 경우 9개의 다양한 사업장이 연관성과 원료/생산 수급에 연동되어서 운용 된다.

통상적으로 봄/ 가을 2회 정기보수작업을 수행하고 있으며 대부분 정비인력은 협력사의 일용근로자에 단시간(약 30일 이내) 동시다발적으로 보수작업이 이루어지기 때문에 안전관리에 각별한 신경을 써야한다. 석유화학공장의 정기보수기간 중 사고위험요인은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 화재/폭발 사고: 공정이 가동 전 이나 운전정지 기간에 발생하기 쉽고, 정기 보수기간에 내용물을 완전히 비우고 작업을 수행하기 때문에 화재/ 폭발의 발생 확률이 적다.
- 2) 유해/위험물 누출 사고: 저장탱크를 제외하고 정기보수 기간에는 내용물을 완전히 비우고 작업을 수행하기 때문에 누출 발생확률이 적다.
- 3) 밀폐공간작업의 질식사고: 산소결핍으로 인한 사망사고가 발생되지만, 정기보수작업 기간에는 발생 빈도는 낮다.
- 4) 추락사고: 정기보수 기간에 가장 많이 발생하는 재해로 대부분 인력동원작업이 다수 이루어지기 때문에 고소지역 관련 재해가 많은 비중을 차지한다.
- 5) 크레인/중량물: 대부분 재해가 크레인 작업 진행 동안 허가 없이 중장비를 이동, 설치하여 재작업 수행 할 경우 재해가 종종 발생한다.

- 6) 차량관련사고: 작업공정 내로 진입하는 과정에서 통행로 확보가 되지 않아 차량 사고가 발생하는 경우가 있다.
- 7) 전기관련사고: 활선 작업보다는 정전작업 중에 전기충격으로 인한 감전 사고가 대부분으로 반드시 작업 전 검전기를 체크하고 작업을 수행해야 한다.
- 8) 기타 사고: 이외에도 공기압으로 인한 사고 및 스팀 등 화상으로 인한 사고가 발생한다.

특히, 2005년부터 2016년 사이 정기보수작업 중에 발생한 재해 현황을 보면, Table 5와 같이 총 재해발생건수 61건 중에 추락 및 낙하 관련재해건수 27건 으로 전체 44.1%로 타 재해보다 가장 높은 재해 발생률을 보이고 있다.

Table 5 Status of disasters during regular overhauling(2005~2016)

Item	Fire	stric -turb	crash	Elec -tric	Vire	fall	Ev ang -elize	Etc
Number	9	6	10	2	4	23	5	2
Rate	15%	10%	16%	3%	7%	38%	8%	3%

3.5 S기업의 사고관리 시스템과 사고분류

3.5.1 사고 분류 및 등급 구분

사고의 영향에 따라 화재·폭발, 환경오염, 생산손실, 설비손상, 품질 클레임, 부적합품 발생 등으로 분류 한다¹⁵⁾.

사고등급은 손실종류 별 해당등급 중 가장 높은 등급을 기준으로 분류하고, 인체 상해사고의 사고등급 세부사항은 II-SHE-06 표준서와 같고 치료 후 당일 즉시 정상업무에 복귀 가능한 상해로 노동이 가능한 상태, 공정/ 환경사고에 대한 관리등급은 사고등급 구분의 Table 6의 기준에 따라 피해규모 및 파급 영향 등에 3단계 등급(A/B/C) 및 이상으로 구분하여 관리 한다.

단, 품질클레임 사고가 발생한 경우에는 제품별 전사 품질관리 조직에서 조사 및 보고가 이루어지므로 별도의 등급구분 없이 B급으로 관리한다.

사고/이상에 대한 판정 및 등급 구분이 어렵거나 불명확한 경우에는 사고관리팀에서 사고 및 이상의 해당여부를 판정하여 사고조사팀에 권고할 수 있다.

Table 6 Classification of accidents(Incident management procedure of S-company)

Type accident	Type loss	Accident grade			
		A	B	C	D
Human accident	Human injury	Death/permanent disability	Permanent partial disability status	Incapable part labor	First aid
Fire explosion vehicle, Etc	Direct loss	Over 200 Million	100 Mill~200Mill	3Mill~100Mill	3.Million
	Vehicle breakage	Vehicle wave	Half-wave Over 3 Million	Part over 0.5Mill~3Mill	minor under 3.0 Million

사고관리를 체계적으로 관리하기 위해서 보고서 작성 시 관리번호가 자동으로 시스템 상에서 부여되며 사고관리번호는 공정/ 비공정/ 인체상해사고/ Near-Miss에 상관없이 동일하게 아래 체계를 따른다. 단, 일련번호는 공정사고, 비공정사고 및 인체상해 사고, Near Miss 네 가지 범주로 구분하여 각각 별도로 부여되며 사업장별로 구분하여 일련번호를 부여한다.

사고분류의 예) □□ - ○○○○○○ - ○○○ - □□□ - ○○○
 사고대분류 - 발생년도 발생횟수 - 공정- 소분류

아차사고(Near Miss)란, Near Accident라고하며 잠재되어 있는 사고요인을 작업자가 사전에 발견 하거나 사고조건이 형성되지 않아 실제 사고로 발전하지는 않았으나, 실수나 고장으로 인해 인체 상해나 직업병, 공정원료 손실, 공정시설 및 부대시설 손실 등의 사고가 발생할 수 있었던 경우를 말한다.

이상이란 공정사고 등급 기준에는 해당되지 않으나, 공정 안정운전에 영향을 줄 수 있는 현상이 발견 또는 감지되어 지는 경우를 말한다. 어떠한 조치 및 상세 Monitoring이나 원인분석, 관리 등이 필요한 상태이다.

이로 인한 손실액(직접 + 간접) 미미한 경우를 말하며 설비 이상과 공정이 상으로 구분한다.

3.5.2 사고 발생 시 조치 절차

사고 발생 시 절차는 Fig. 7과 같이 당사자 또는 발견자는 신고 처에 본인이 바로 신고 하거나 신고가 지체 될 가능성이 있는 경우 다른 사람에게 신고를 요청해야 한다. 사고 발생 시 당사자 또는 발견자는 사고신고 후 상위 관리자에게 신속하게 보고해야 한다.

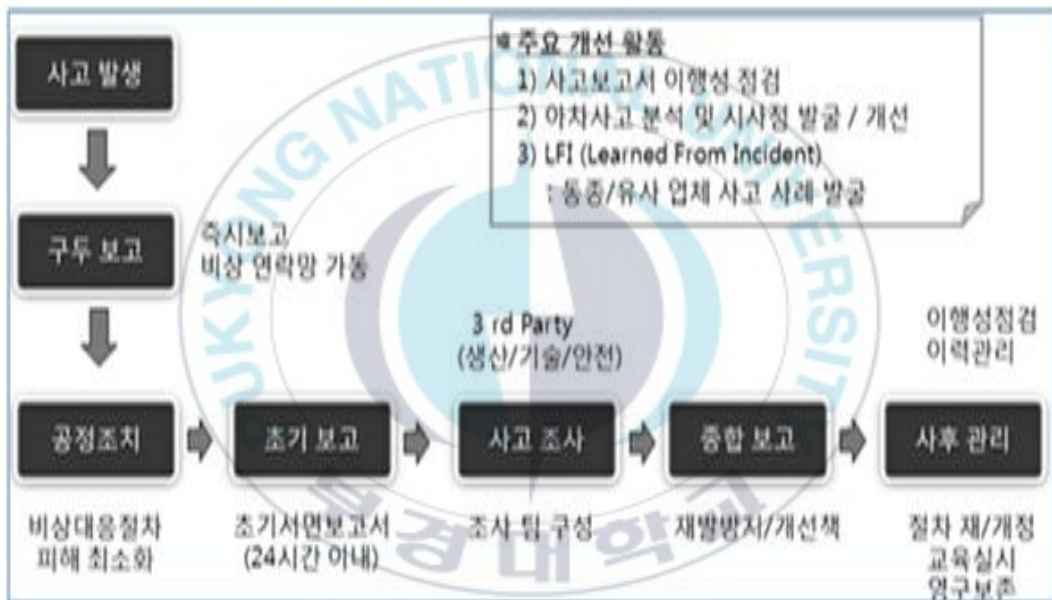


Fig.7 Procedures for the accident(SK-Safety management regulations)

3.5.3 사고관리시스템(SKIMS: SK, Incident Management System) 운영

정기보수 현장에서 발생한 재해현황을 통합사고 관리시스템(SKIMS)에서 RCA(Root-Cause-Analysis)분석 기법을 활용하며, 원인별 분석 및 재발방지 대책 및 이행상태 여부를 확인한다.

1) 사고 보고서

재해가 발생하면, Table 7과 같이 사고보고서를 작성하여야 하며, 동종/유사의사고 재발방지를 위하여 재해발생 관련하여 RCA기법에 의거 사고 원인을 직/간접적인 원인을 분류하고 인적/ 물적 오류와 작업적/ 관리적 오류로 분석한다.

Table 7 Periodic maintenance work accidents report

Process department		Heavy plant	Process	VDRS	Incident classification	S-UL-H-16-006
Occurrence date		2016-04-07 @11:20			Weather	Rain
Accident grade		C				
Classification	Main category	Human accident				
	Small	Fall				
Facility		Fixing device				
Occurrence		Regular maintenance				
Facility occurrence site		DS-D3330R(CHPS) (1st Platform to Ground)				
Direct cause		Slip by carelessness when using a ladder				
Type classification		Primary classification	Secondary classification	Tertiary classification		
work factors		Inadequate working methods	Poor order	Etc		
Human factors		Lack of attention	Insecure behavior	-		

2) 사고원인 RCA에 의한 분석(인적/물적 요인)

Fig. 8과 같이 작업자 행동 측면(인적오류)과 장치물 측, 기인물(물적 오류)에 대한 사고의 영향을 평가 분석한다.

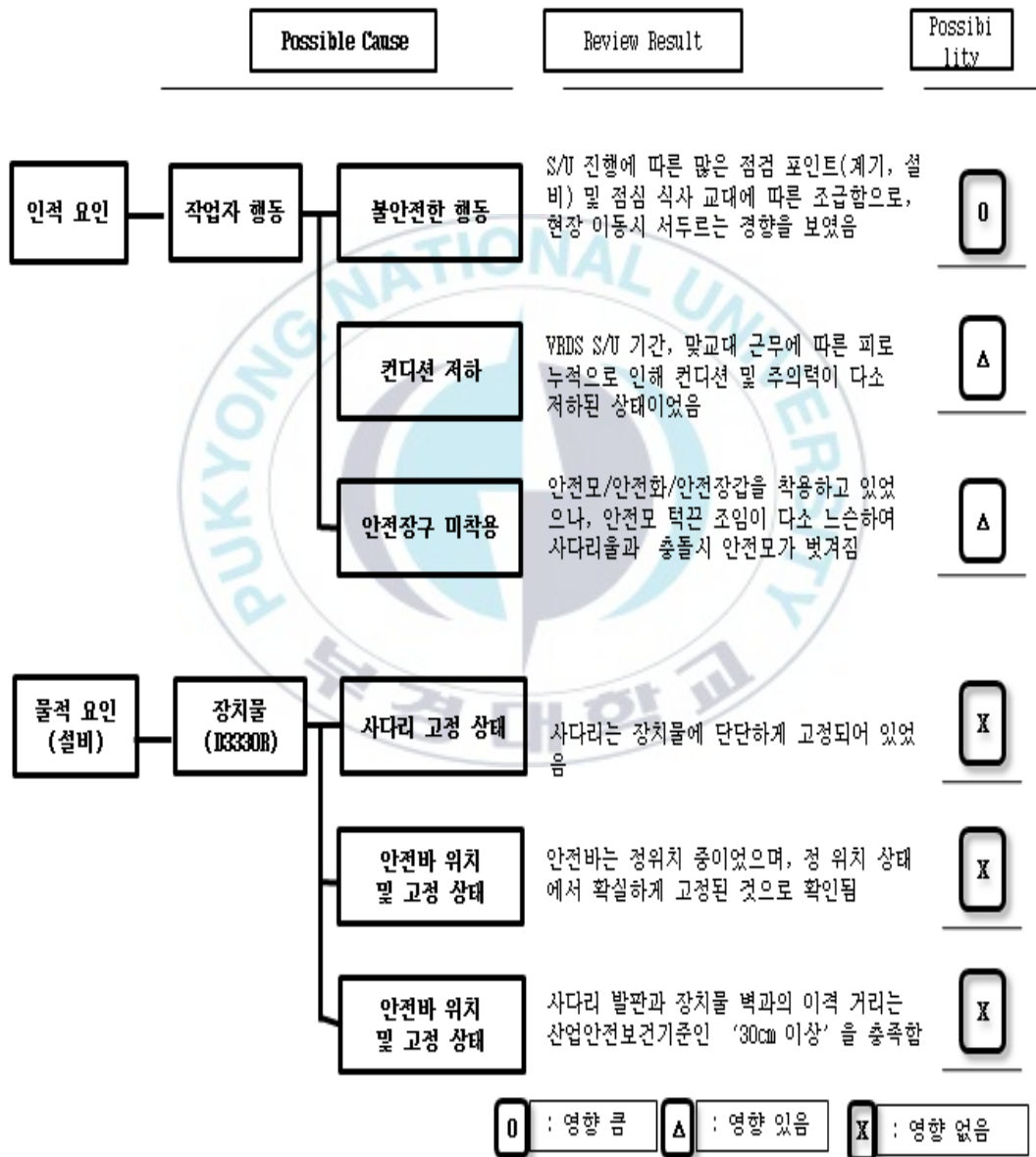


Fig. 8 Analysis of causes of accident by RCA(Human & Material factors)

3) 사고원인 RCA에 의한 분석(작업적/관리적 요인)

Fig. 9와 같이 작업환경과 작업방법(작업적 요인)측면과 작업절차나 위험관리 측면 (관리적 오류)에 대한 사고의 영향을 평가분석 한다.

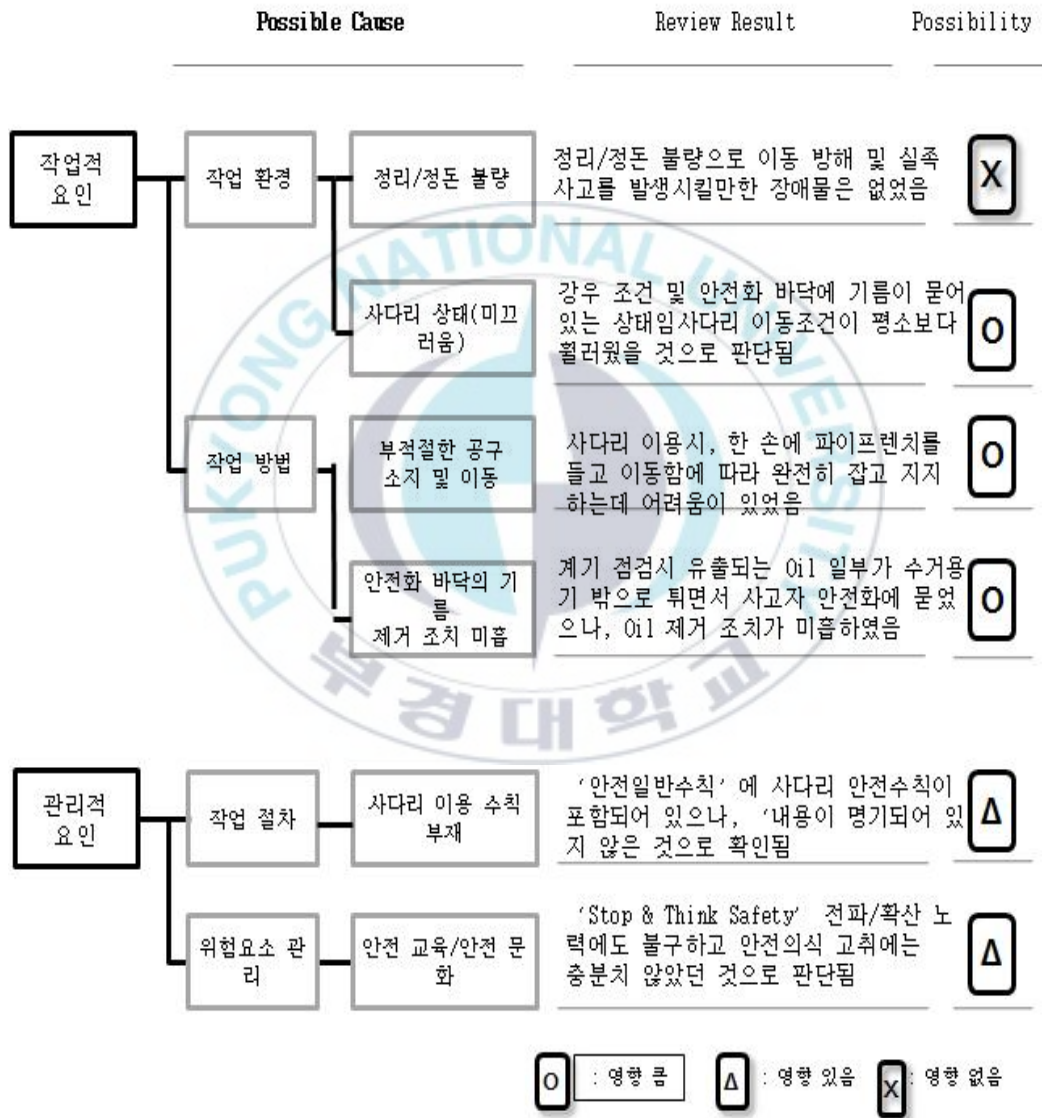


Fig. 9 Analysis of causes of accident by RCA(Operational and Administrative factors)

4) 재발방지 대책

사고보고서 이후 재발방지대책으로 구체적이고 상세하게 Table 8과 같이 재발방지대책에 대한 관리번호를 부여하고, 대책실시 부서와 완료예정일을 기록하여 지속적으로 관리한다.

Table 8 Measures to prevent recurrence

Management number	Measures to prevent recurrence	Action team	Completion date
S-U-L-001	Establish safety rules for ladder use	SHE team	2016-07.31
S-U-L-002	Install the accident point warning panel	HU-1 team	2016-12.31
S-U-L-003	Horizontal deployment of accident cases	SHE team	2016-12.31
S-U-L-004	Special education for raising safety consciousness	HU-1 team	2016-07.31
S-U-L-005	Implementation and application of safety helmet training	SHE team	2016-07.31

3.5.4 사고 예방대책 관리

대책조치를 요청받은 해당 조치수행자는 실행계획을 수립하고 Table 9와 같이 조치관리번호를 부여받고 조치 완료 후 그 결과를 “대책조치 결과서”에 작성하여야 하며, 대책실시에 대한 이행 완료 여부를 반드시 확인해야 한다.

해당 대책의 이행 여부를 증빙할 수 있는 서류를 반드시 첨부해야 한다.

조치수행 팀장은 대책 조치요청서에 따라 해당 재발방지대책을 수행할 담당자를 지정하여 지속적인 Follow-up이 가능하도록 해야 한다.

Table 9 Log book(Implementation measures to prevent recurrence)

Management number	Action department	Result wrap up	Completed & not
			Yes () No()
			Yes () No()
			Yes () No()

3.6 정기보수작업 기간 S기업의 안전관리 수행사례

3.6.1 SHE Committee 활동이란

정기보수작업 기간에 안전/ 생산/ 설비/ 협력사의 안전관리자로 구성된 종합적이며, 체계이고 전문적인 안전 활동이며 SHE Control Tower 역할을 수행하고 정기보수작업 사업장에 “무재해 목표” 달성하기 위한 전문적인 안전 활동이다. 활동 초기부터 현재까지 활동단계별로 구분할 수 있다. 활동 초기 단계는 2009년부터 SHE Committee를 구성하여 현장점검활동 중 위반사례/아차사고사례를 발굴하기 시작하였다. Fig. 10은 2009년 본인이 직접 활동하기 시작하였으며, 각 기능팀별 안전 관리자와 협의하여 현장중심의 안전 활동과 지속적인 개선활동을 거치면서 SHE Manager 역할을 담당하고 있다.

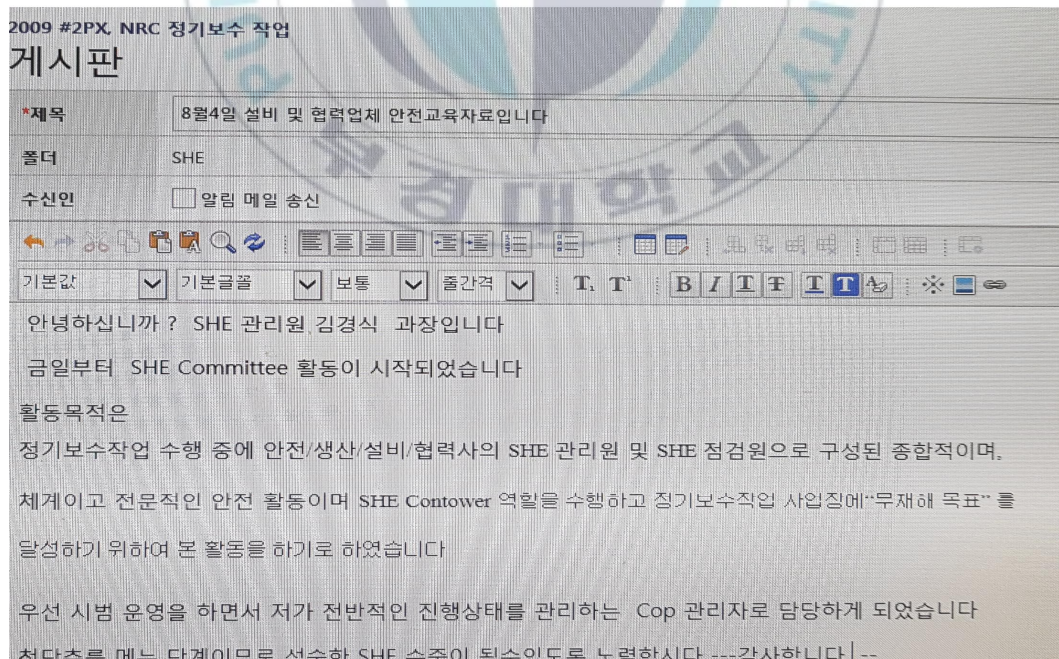


Fig. 10 Initial activities of SHE Committee in 2009

정착 단계인 2012년에는 안전 철칙인 Safety Golden Rules을 규정화하여, 정기보수현장에 참여하는 모든 작업자는 안전대를 착용해야 현장에 출입할수 있도록 규정하고 현장관리의 강화하여 3-Strike Out제도를 도입하여 강력한 안전관리 규정을 준수하도록 하였다. 또한, 현장작업자의 위반사항에 대한 인당위반율과 평균 위반건수를 분석하였다.

성숙단계인 2015년에는 SHE Committee 규정¹⁶⁾을 표준화 및 체계화하여 적용하기 시작하였으며, 현장작업에 대해서 처음으로 일일작업 위험성평가(JSA: Job Safety Analysis)를 실시, 사업장에 확대실시 및 적용하였다. 또한 그룹사별 동종유사 벤치마킹 대상 사업장이 되었다.

특히 Safety Golden Rules를 위반할 경우, 강력한 One-Strike Out제도를 적용하여 단 한번의 규정위반 시 정기보수작업에 수행 할 수 없도록 규정화 하였다. 정기보수 작업표준화의 기본 Cycle은 P.D.C.A(Plan, Do, Check Action)의 흐름 따라 정기보수작업을 수행한다.

P.D.C.A의 기본 Cycle의 주요업무는 다음과 같다.

- PLAN : 정기보수 참여업체 안전관리 계획서 확인 승인, 관련 교육이수, 무재해 서약식 실시
- DO : 모든 작업 위험성평가실시, 현장 점검 및 위험요소 제거활동
- Check : 이행성 점검 및 문제점 해결확인

- Action: 정기보수 결과보고서, 간담회 실시, 평가 분석, 차기적용

특히 정기보수 수행 전에 참여 관련 업체에서 안전관리계획서와 정기보수 수행 계획서를 승인받아 관련 작업 위험성평가를 실시하고 정기보수 참가가 전원을 대상으로 무재해서약식을 수행하여 현장 점검활동과 합동 점검 활동을 통하여 문제점이나 위반사항에 대하여 이행성 항목을 조치여부를 확인하여 정보를 공유 안전성을 확보하고 있다.

정기보수가 완료되면 계층별간담회 및 활동결과를 분석하여 차기 정기보수 시 문제점을 보완하고 있다.

3.6.2 SHE Committee 구성 및 조직

SHE Committee의 조직을 보면 Fig. 11과 같이 위원장이 설비팀장이 되고, 조직산하에 SHE 전담팀, 설비기능 Coordination팀, 공정Coordination팀, 협력사 Coordination팀으로 구성되어 있다.

SHE 전담팀은 주로 정기보수 현장에 안전점검 활동을 주 업무로 하며, 설비기능 Coordination팀은 주로 각 설비 보수업무에 관련된 안전업무를 관할하며, 공정Coordination팀은 공정에 관련된 안전 업무를 전담, 협력사 Coordination팀은 협력사 관련 현장일용근로자의 안전업무를 담당하면서 서로 수평적으로 업무를 정보공유 한다.

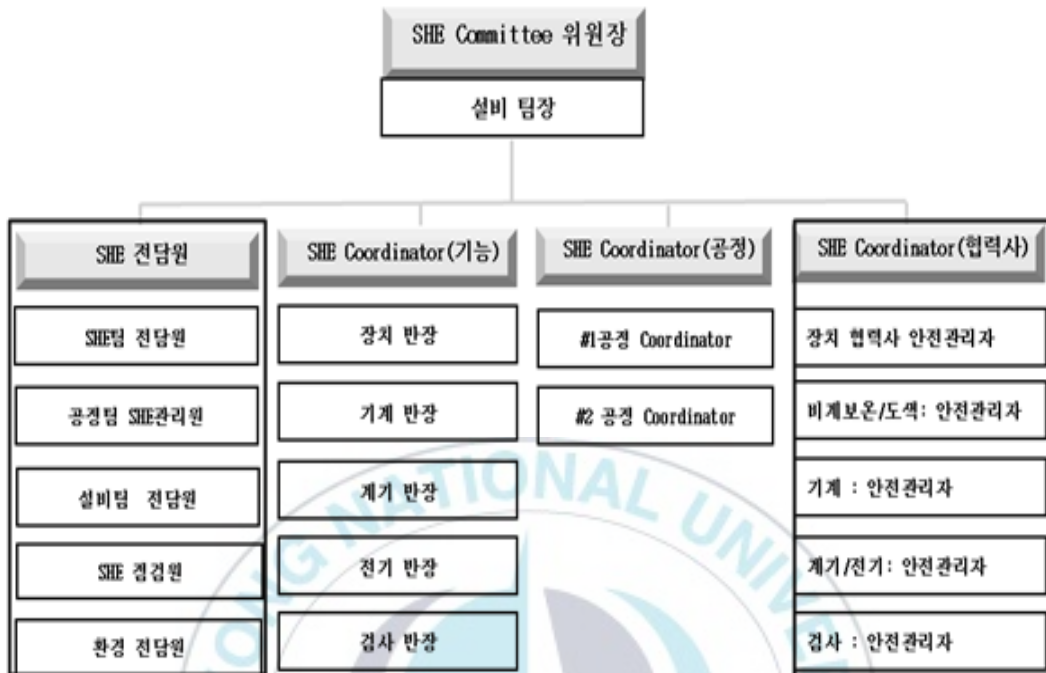


Fig. 11 SHE Committee organization and task assignment

SHE Committee의 각 담당업무는 Table 10과 같이 즉, 안전, 공정, 설비기능으로 역할 분담이 된다.

SHE 전담팀은 안전에 관련된 전반적인 업무를 담당하면서 정기보수기간 중에 안전작업허가서 이행성 점검과 고위험도 작업의 안전점검을 담당한다.

공정 담당팀(Process)은 정기보수 작업을 가능할수 있도록 장치 용기에 내용물을 완전히 비우(Purge-out)는 작업을 수행해 야며, 가연성가스가 없는 분위기를 만든다. 각 설비 기능팀은 장치물에 관련된 회전기기, 계기/전기류, 전자제어의 관련 설비를 안전하게 가동을 정지시키거나 점검 보수를 위해 사전준비 업무를 수행 한다.

Table 10 Role sharing of SHE Committee

Item	Name	Team	role
SHE	XXX	SHE-I team	- Safety Golden Rules Management - Work Permit Transit Check - Closed container operation
	XXX	SHE-II team	
Process	XXX	Process-II	- Working conditions such as purge - Blind management, vent / drain - Cushion and tagging status - Initial open / split status
equipment	XXX	Equipment management team	- Heavy equipment management, scaffold installation / management - Maintenance work such as fall / fall - Arrangement / cleaning status

그리고 현장 활동에 참가하는 SHE 점담 원과 Coordination팀의 주요활동은 Table 11과 같이 SHE 활동계획을 수립하여 협력회사 관리감독자 안전 • 환경 • 보건교육을 주관하고, 작업 위험성 평가 및 실행계획서 점검 확인한다.

SHE 전담원은 Daily SHE 현장점검 결과 이행성 정보를 공유하고 미 조치 사항을 Follow up한다.

각 기능별 Coordinator는 정기보수 현장에 동시다발적으로 이루어지는 기능별 작업의 업무 공백을 해소시켜 정보 공유하고 문제점 등을 협의를 한다.

Table 11 Duties and Functions of SHE Committee and Coordination team in the activities

	Duties & functions
Leader	General checking
SHE check Team	✓ Establishing SHE Activity plan ✓ Supervisory of SHE ✓ Checking work risk assessment and implementation plan ✓ Daily SHE performance check ✓ Joint SHE violation check conducted ✓ Confirm corrective action for daily SHE ✓ Report on the results of the Daily coordination meeting ✓ Daily SHE meeting ✓ No-accident campaign ✓ SHE Award for best employee ✓ SGR violation check
Each function coordinator	✓ Daily SHE violation Check information sharing ✓ Attend function-specific team work meetings ✓ Each functional team safety management plan ✓ Review safety work permit ✓ Review / approve JSA implementation plan ✓ Each function team partner SHE recommendation of excellent model employees

3.6.3 SHE Committee의 주요활동

SHE Committee Guide에 언급된 기술내용을 보면 Fig. 12와 같이 가장 기본적인 SHE 철칙인 SGR(Safety Golden Rules)을 준수해야하고, 모든 참가자에게 예외 없이 적용한다.

또한 정기보수기간에 추락재해를 근본적으로 방지 예방하기 위한 관련규정을 제도화 하여 위반사항에 대해서는 이행성 점검을 실시하고 추락재해에 관련 항목은 다음과 같이 집중 점검하고 있다.

- 1) 상하 동시작업 금지 및 비계 관리표 이행성 확인
- 2) 고소지역 소형공구/ 자재 보관 시 박스사용
- 3) 개구부 낙하 방지용 시트 및 안전방망 설치
- 4) 고소 이동시 Life Rope설치 및 안전대 체결

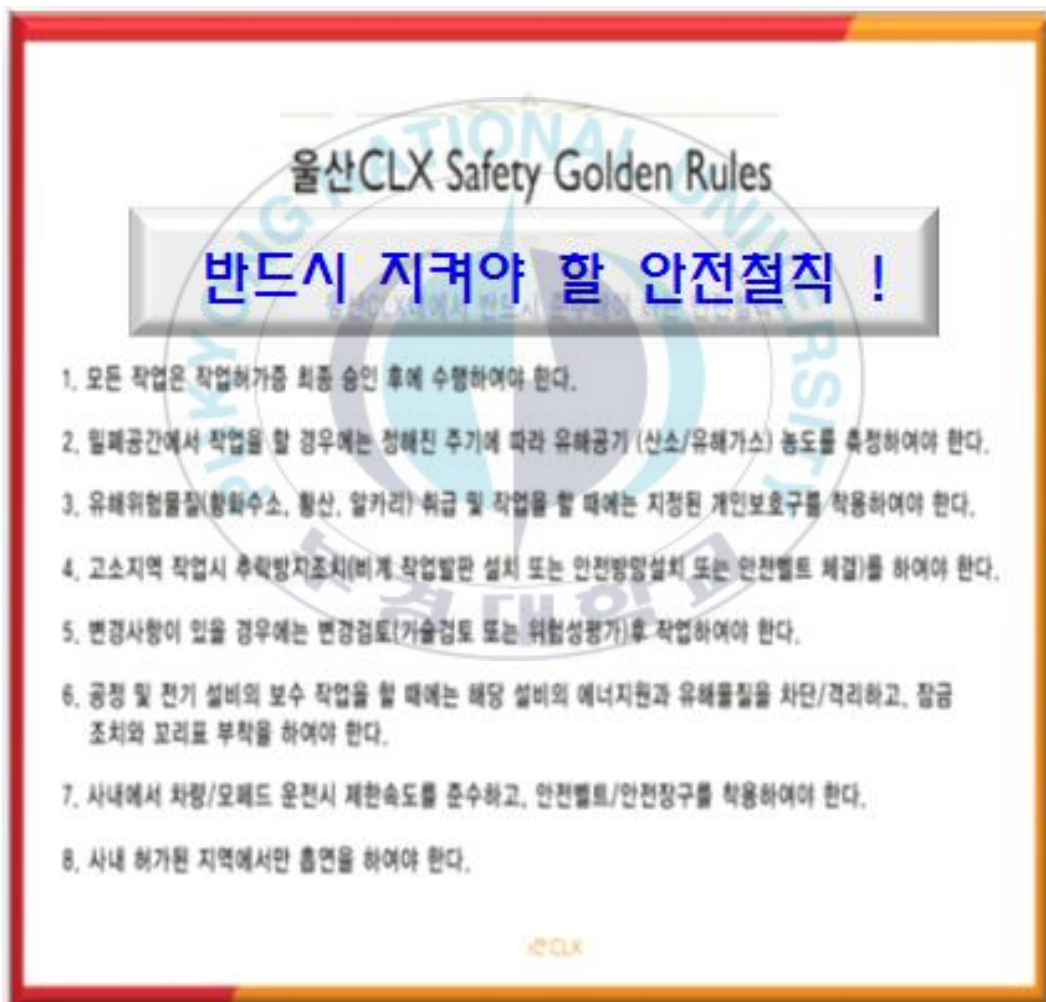


Fig. 12 Fall prevention measures(Safety Golden Rules)

정기보수현장에 반드시 지켜야 할 8가지 철칙인 Safety Golden Rules 의 세부지침은 아래와 같다¹⁷⁾.

Safety Golden Rules의 세부지침

- 1) 모든 작업은 작업허가증 최종 승인 후에 수행하여야 한다.
- 2) 밀폐공간에서 작업을 할 경우에는 정해진 주기에 따라 유해공기 (산소/유해가스) 농도를 측정하여야 한다.
- 3) 유해위험물질(황화수소, 황산, 알카리) 취급 및 작업을 할 때에는 지정된 보호구를 착용하여야 한다.
- 4) 고소지역 작업 시 추락방지조치(비계 작업발판 설치 또는 안전방망 설치 또는 안전벨트 체결)를 하여야 한다.
- 5) 변경사항이 있을 경우에는 변경검토(기술검토 또는 위험성평가) 후 작업하여야한다.
- 6) 공정 및 전기설비의 보수작업을 할 때에는 해당 설비의 에너지원과 유해물질을 차단/격리하고, 잠금 조치와 꼬리표 부착을 하여야 한다.
- 7) 사내에서 차량/모페드 운전 시 제한속도를 준수하고, 안전벨트/ 안전장구를 착용하여야 한다.
- 8) 사내 허가된 지역에서만 흡연을 하여야 한다.

제4장 연구결과

4.1 정기보수기간 S기업의 추락재해 현황 분석

4.1.1 연도별 재해 분석

정기보수기간 동안 협력사관련 추락재해의 원인을 각 항목별로 분석 하였다. 연도 별 재해 분석은 Table 12와 같이 평균 5.5(건/년)으로 편차 폭이 없어서 연관성이 없는 것으로 조사 되었다. 사업장별 정기보수 주기가 통상 4~6년마다 실시하기 때문이다.

Table 12 Number of fall disasters by year

Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Number	4	3	7	5	2	0	4	7	6	10	5	8
Rate(%)	6.5	4.9	11.4	8.2	3.2	0	6.5	11.4	9.8	16.0	8.2	13.1
Relation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.2 계절 및 요일별 분석

계절별 추락재해발생 연관성은 큰 편차를 보이지 않고 있다. 그 이유는 석유화학공장의 특성상 인근 석유화학 관련사업장에 원료제품의 수급 상황을 고려해서 정기보수작업을 봄, 가을에만 실시하기 때문이다. 또한 요일별 재해 발생 요인은 Table 13과 같이, 휴일이나 공휴일도 휴무없이 평일과 같이 동일한 조건에서 수행하기 때문에 연관성이 없는 것으로 조사 되었다.

Table 13 Number of fall disasters by day of week

By day	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
Number	14	8	6	11	7	10	5
Rate (%)	23	13	10	18	12	16	8
Relation	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3 시간대별 재해 분석

시간대별 재해요인을 보면, 수행시간이 주간에 이루어지므로, 야간작업은 긴급이나 돌발작업을 제외하고 수행하지 않는다. 오전시간대 재해발생 건수가 27건으로 44.0%이고, 오후 시간대가 29건으로 48%, 저녁시간대가 5건으로 8.0%를 차지하고 있으며 시간대별 연관성은 없는 것으로 분석되었다.

4.1.4 작업자 연령대별 재해 분석

재해자의 연령대 분포는 Table 14와 같이 주로 40대가 19건으로 44.%이고 50대가 10건으로 23.0% 차지하고 있으며, 40~50대 고령자의 재해발생 점유율이 67%로 향후 현장작업자의 연령대가 증가추세로 고령화가 예상되며 사고 발생 재해자의 연령대 역시 증가추세가 전망된다.

Table 14 Number of fall disasters by age group

Age	20's	30's	40's	50's	60's
Occur	1	10	19	10	3
Rate (%)	3.0	23.0	<u>44.0</u>	<u>23.0</u>	7.0
Relation	-	-	O	O	-

4.1.5 기인물에 의한 재해 분석

기인물에 의한 추락재해를 현황을 보면 Table 15와 같이 고소지역 비계 관련 작업자의 재해율이 23.2%, 배관 상단작업자의 재해율이 11.6%, 크레인 관련 작업자의 재해율이 13.9%, 계단에서 작업관련 재해율이 7.0%로 주로 고소지역에서 작업수행 시 발생재해가 55.7%로 절반이상을 차지하고 있다.

Table 15 Relevance to fall disaster on specific sectors

Item	Filling	On piping	Scaffolding	Stairs	Crane car	Tool	Etc
Number	7	5	10	3	6	5	7
Rate (%)	16.2	<u>11.6</u>	<u>23.2</u>	<u>7.0</u>	<u>13.9</u>	11.0	16.2
Relation	-	O	O	O	O	-	-

4.1.6 작업 내용 의한 추락재해 분석

작업내용 별로 재해발생 원인을 보면 Table 16과 같이 배관용접 작업시 재해 발생율이 28.0%, 보온관련 작업이 5.0%, 축매적재 작업이 18.0%를 차지하고 있어서 주로 고소지역에서 작업 수행 시 발생되었다.

Table 16 Status of the accident by work type

Work type	Operation	Ground	Repair	Welding	Insulated	Loading	Carrying	Filling	Etc
Number	2	3	2	12	2	18	7	3	4
Rate(%)	5.0	7.0	5.0	<u>28.0</u>	<u>5.0</u>	<u>18.0</u>	16.0	7.0	4.9
Relation	-	-	-	O	O	O	-	-	-

4.1.7 원인별 추락재해 분석

작업자의 직접적인 원인을 분석해보면 Table 17과 같이 보호구 미 착용으로 인하여 재해발생이 25.6%, 안전절차 미준수가 23.2%, 작업자부주의가 18.6%, 자세불량이 18.6%, 관리감독 부재가 11.6%로 향후 현장작업자의 안전절차 교육과 안전의식 교육이 필요하다.

Table 17 Analysis of immediate causes of fall disaster

Cause	Without protection	Worker carelessness	Miss-procedures	Monitoring failure	Inadequate posture
Number	11	8	10	5	8
Rate(%)	25.6	18.6	23.2	11.6	18.6
Relation	1st	3rd	2nd		3rd

4.1.8 추락 재해의 재발방지 대책

추락재해에 대한 재발방지대책이의 분석결과를 보면, Table 18과 같이 안전 절차교육의 필요성이 48.8%, 관리감독강화가 23.2%, 작업절차교육이 20.9%으로 현장작업자의 안전절차 및 안전의식 교육이 요구되고 있다.

Table 18 Measures to prevent recurrence of fall

Prevention measures	Safety training	Strengthen supervision	Complementary facilities	Prediction training	Procedure training
Number	21	10	2	1	9
Rate (%)	48.8	23.2	2.9	4.6	20.9
Relation	1st	2nd			3rd

4.2 협력사 관련 추락재해의 연관성 분석

협력사 관련 추락재해 연관성 분석결과 Table 19와 같이 추락관련 재해자는 주로 작업자의 고령층과 고소지역 이동시 추락재해가 발생 현장작업 시 절차교육과 고소지역 작업에 대한 중점관리가 필요하다고 분석되었다.

Table 19 Collaborating company-related crash incident analysis

item	Contents of analysis	Relevance
1) 1. Analysis by year	Periodic maintenance performed Number of disasters by year	No
2. Seasonal	Spring and autumn in a year	No
3. By day of the week	Disaster happens day of the week	No
4. By time	No meaning by time frame	No
5. Age	Age range of workers is mainly 40 ~ 50	Yes
6. Defacement	A disaster occurs mainly at moving to high-altitude area	Yes
7. Work content	Disaster during scaffolding and piping welding	Yes
8. Direct cause	Lack of safety awareness of workers	Yes
9. Prevention	Safety training process training required	Yes

2017년 정기보수작업 기간에 신규작업자 및 고령 작업자를 대상으로 안전 절차 및 안전의식 교육(보호구 착용절차, 안전수칙)을 중점관리 활동을 다음과 같이 수행(SHE Committee 활동)하였다.

- 1) 고소지역 구체적인 중점관리 활동
- 2) 안전 절차 및 안전의식 교육(보호구 착용절차, 안전수칙)

4.3 정기보수기간의 SHE Committee 수행 결과분석

S사의 정기보수작업기간의 안전관리수행 사례에서 설명한 바와 같이 2009년부터 2016년까지 SHE Committee활동기간에 위반사항과 아차사고 사례를 유형별로 발굴하여 다음과 같이 분석하였다.

4.3.1 연도별 정기보수기간 중 아차사고(규정위반) 사례 분석

SHE Committee 활동 중 연도별 발생한 아차사고 및 위반사례의 현황을 유형별로 보면 Table 20과 같이 전체적으로 추락낙하에 관련 항목의 점유율이 가장 높다. (2011, 2014년에는 정기보수작업을 수행하지 않음)

Table 20 Data of violent accidents during SHE committee activities(2009~2016)

Year	crash	fall	Vire	strict ure	fire	cont act	Etc	pollu -tion
2009	4	24	5	3	8	3	7	4
2010	3	12	5	3	3	2	4	3
2012	1	13	5	3	4	1	6	2
2013	1	24	8	3	0	1	13	1
2015	1	9	6	1	2	1	6	0
2016	0	14	5	1	1	0	3	1
Total	10	96	34	14	18	8	39	11

연도별 추락재해 관련 점유율을 보면 Fig. 13과 같이 35%에서 50%범위에서 높은 점유율을 나타내고 있다. 특히 2016년 정기보수기간에 추락재해에 대한

위반사례가 56.0%로 가장 높아서 추락으로 인한 재해가 우려되었다.

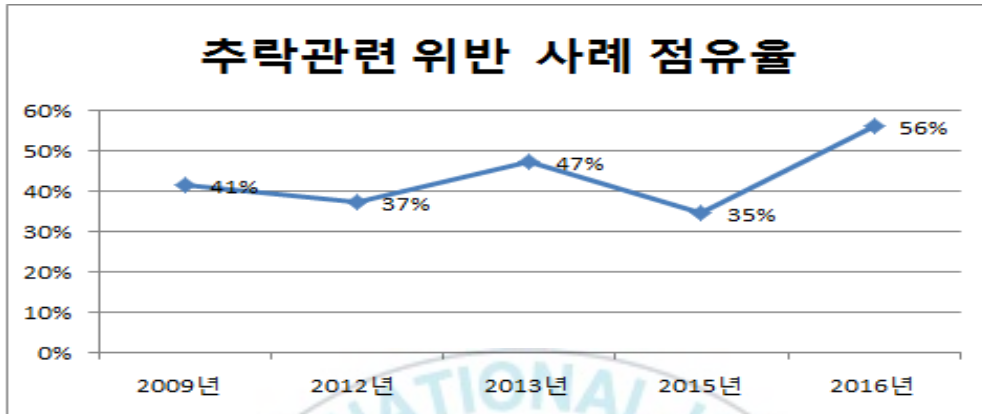


Fig. 13 Graph of violation cases related to fall(2009 ~ 2016)

또한 정기보수기간 2009년부터 2016년까지 작업장의 위반사항의 유형을 보면 Table 21과 같이 2009년에 개인보호구 미착용, 2010년과 2012년에 정리정돈 불량, 2015년에 고소지역 추락 방지망 불량, 그리고 2016년에 고소지역의 안전조치 불량으로 조사되었다.

Table 21 Major violences for regular maintenance period(2009~2016)

Year	Major violation case	Process S/D term
2009	personal protective equipment	NRC / #2PX(43days)
2010	disarrangement	NAC / #1PX(29days)
2012	disarrangement	NRP/ #1BTX(34days)
2013	Inadequate posture / safety measures	NRC / #2PX(30days)
2015	Poor fall prevention facility	NRP / #2MDU(27days)
2016	Failure of workplace in high area	NRC / #PX(32days)

4.3.2 정기보수 기간 중 연도별 위반율 결과분석

2012년부터 2016년까지 정기보수기간 중 현장작업자의 누적인원에 대한 일일평균 위반율은 Table 22와 같이 2012년 3.66건, 2013년 3.40건, 2015년 4.77건, 2016년은 3.90건으로 증가폭의 경향이 크지 않았다.

Table 22 Statistics of violations per person(2012~2016)

maintenance year	Number of violations(days)	Violation rate per person (cumulative number)	Process S/D term
2012	3.66	1.24 % (25,536)	NRC / #2PX(34)
2013	3.40	0.66 % (26,660)	NAC / #1PX(30)
2015	4.77	0.70 % (18,309)	NRP / MDU(27)
2016	3.90	0.63 % (19,735)	NRC / #2PX(32)

반면에 현장작업자의 누적인원에 대한 인당 위반율은 평균 위반율은 Fig. 14와 같이 2012년 1.24%, 2013년 0.66%, 2015년 0.7%, 2016년은 0.63%까지 점차적으로 감소되었다.

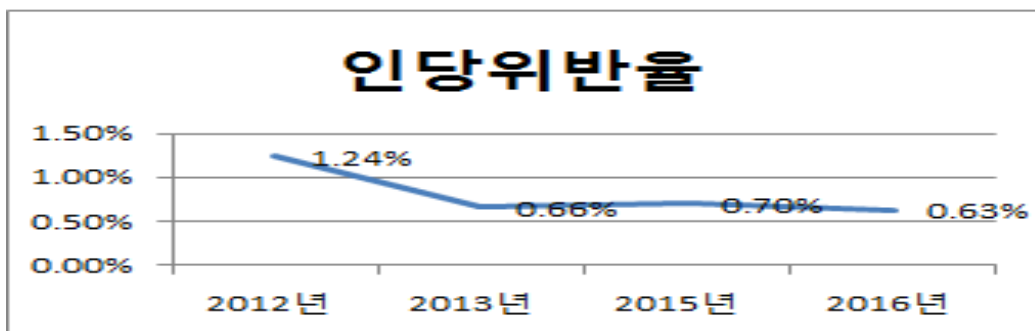


Fig. 14 Rate of violation per person(2012 ~ 2016)

4.3.3 추락재해 예방대책의 필요성

2009 ~ 2016년 규정위반/ 아차사고 사례를 분석해보면 Fig. 15와 같이 추락에 관한 위반 사례가 42% 전도/비례가 16% 협착시례가 6%를 차지, 추락관련 위반사례가 높은 점유율 차지하고 있다.

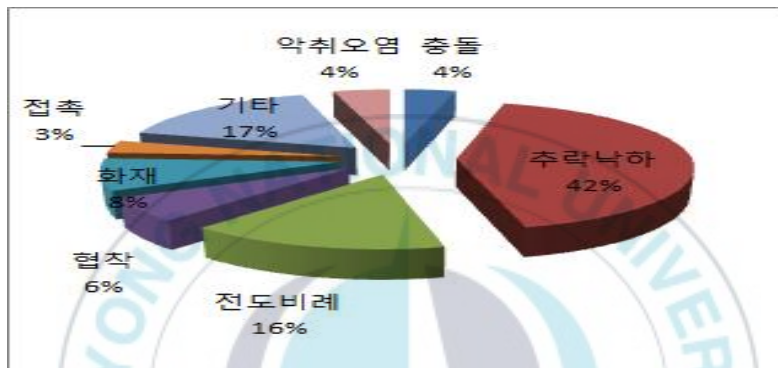


Fig.15 Statistics by type of violation(2009 ~ 2016)

SHE Committee활동결과 인당 위반율은 감소되었지만, 추락에 관한 위반 사례와 아차사고사례의 점유율은 여전히 줄어들지 않고 있어 하인리히 법칙을 적용한다면 향후, 추락재해가 발생할 소지가 매우 크며 앞으로 시급한 대책이 요구되었다.

4.4 추락재해에 대한 근로자의 인식조사 결과분석

4.4.1 설문조사 실시 배경

SHE Committee 활동 후 분석결과 추락에 관련된 재해가 우려되어 정기보수기간 중 참여 근로자에 대한 안전인식 및 설문조사를 실시, 근로자의 추락재해 예방대책과 문제점을 개선하고 설문결과를 통하여 실현가능한 재해예방대책을 강구하였다.

- * 설문기간: 2017년 2월15일~28일(15일)
- * 대상자: 정기보수 관련 참여 근로자: 현장작업자(160명), 안전관리자(80명)
- * 대상 업체: 협력사 주요 8개 업체(배관, 비계, 보온, 도장, 기계, 계전)
- * 설문유형: 고소지역 작업에 대한 위험성

4.4.2 설문조사 결과

설문결과의 보고서는 Fig. 13같이 정기보수작업에 직접 참여하고 있는 현장 근로자와 관리감독자를 대상으로 추락재해에 대해 인식을 조사하였고 추락재해 발생 원인 및 안전대책의 결과와 분석은 다음과 같다.

1) 현장작업자의 연령분포 및 현장 근무경력

정기보수기간 중 현장작업자의 연령분포는 Table 23과 같이 40대와 50대가 전체 68%로 점유율이 가장 높게 나타내 있어 향후 정기보수작업에 참여하는 현장 작업자의 고령층 연령대 증가가 예상된다.

Table 23 Survey of age ranges from field workers

No	Age	Answer	Pax	Rate(%)
1	10's	5	160	3.1
2	20's	20		12.5
3	30's	33		20.6
4	40's	87		54.4
5	50's	15		9.4

반면에 현장작업자의 40~50대 연령에 비해 현장 근무경력은 Table 24와 같이 5~10년이 25.0%, 10~15년이 5.0%, 1년에서 4년 이하가 전체작업자의 70%로 가장 많다. 향후 신규작업자의 증가로 재해발생의 증가가 예상된다.

Table 24 Survey of work experience from field workers

No	Work experience	Answer	Pax	Rate(%)
1	1~4years	112	160	70.0
2	5~10years	40		25.0
3	10~15years	8		5.0
4	Over 15years	0		0.0

2) 고소 지역 작업 시 시설 이용 빈도

고소지역 작업 시 이용시설을 보면 Table 25와 같이 고정식계단과 고정식 사다리의 사용빈도가 60%로 정기보수작업 현장의 고소지역에는 대부분 고정식 사다리가 설치되어 있다. 정기보수작업 현장에 추락방지의 시설은 비교적 잘 갖추어져 있는 것으로 조사되었다.

Table 25 Ranking of safety facilities by frequency use in height

No	Facility	Ranking	Pax	Rate(%)
1	Movable ladder	5	160	7
2	Fixed ladder	2		27
3	Movable stairs	4		13
4	Fixed stairs	1		33
5	Scaffolding	3		20

3) 현장작업자 대상 추락재해의 발생원인

현장작업자의 추락재해의 발생 원인에 대한 인식조사는 Table 26과 같이 작업자 인지부족이 34.3%, 교육 부족이 25.6%, 관리부족이 21.0%로 조사되어 불안정한 행동의 분류 4가지인 작업수행 시 위험에 대한 지식의 부족, 안전하게 작업을 수행할 수 있는 기능의 미숙, 안전에 대한 태도의 불량, 인간의 실수와 같이 사고발생 관련 불안정한 행동유발과 유사한 것으로 조사 되었다.

Table 26 Main causes of fall accidents for field workers

No	Causes	Ranking	Pax	Rate(%)
1	Lack of awareness	1	160	34.3
2	Lack of administrator	3		21.0
3	Lack of education	2		25.6
4	Inadequate facilities	5		7.5
5	Lack of safety action	4		11

4) 관리감독자의 연령분포 및 현장 근무경력

관리감독자의 연령분포는 Table 27과 같이 40대가 27.5%, 50대가 전체 연령대의 분포가 50%로 가장 많고, 현장 작업자의 연령분포와 유사한 수준으로 나타나고 있어서, 향후 정기보수 작업현장에 관리감독자 연령대의 고령화가 예상된다.

Table 27 Survey of age ranges from supervisors

No	Age	Answer no	Pax	Rate(%)
1	20's	5	80	6.25
2	30's	11		13.75
3	40's	22		27.5
4	50's	40		50
5	60's	2		2.5

또한 관리감독자의 근무 경력을 보면, Table 28같이 연령대는 10년 이하의 경력자는 23.77%, 20년 이하의 경력이 36.25%, 20년 이상 ~30년 이하의 경력자가 40%로 20년 이상 근무 경력자가 전체 연령대별 40% 이상 차지하고 있어서, 고령화에 따른 관리감독자가 증가하고 있다.

Table 28 Survey of work experience from supervisors

No	Work experience	Answer	Pax	Rate(%)
1	Under 10years	19	80	23.75
2	10~20years	29		36.25
3	20~30years	32		40.0
4	Over 40years	0		0

5) 작업 전 위험예지훈련 실시 여부

고소지역에 대한 작업 전 위험예지활동은 Table 29와 같이 현장 작업 전에 J.S.A(일일작업 위험성평가)를 수행을 하는 것으로 고위험도 작업의 경우는 반드시 위험예지훈련을 실시하고 것으로 조사되어 2016년 이후 산업안전보건법의 시행령 강화로 인한 영향으로 조사되었다.

Table 29 Performance of hazard prediction training for field work

No	Question	Answer	Pax	Rate(%)
1	Must be performed	34	80	42.5
2	If necessary	46		57.5
3	Never	0		0

6) 관리감독 대상 재해의 발생원인

재해의 발생의 직접적인 원인에 대한 관리감독자의 인식조사에서는 Table 30과 같이 인식부족이 31.2%, 교육 부족이 25.0%, 관리감독 부족이 22.5%로 현장작업자의 설문결과와 같이 불안정한 행동유발의 원인과 유사한 것으로 조사 되었다.

Table 30 Survey on main causes of disaster from supervisors

No	Causes	Ranking	Pax	Rate(%)
1	Lack of awareness	1	80	31.2
2	Lack of administrator	3		22.5%
3	Lack of education	2		25
4	Inadequate facilities	4		10
5	Lack of safety Action	5		8.7

7) 재발방지 대책의 원인

추락재해를 예방하기 위한 방안으로 관리감독자의 인식 조사결과에서는 Table 31과 같이 일일작업자의 특성상 집체교육 보다는 경험을 통한 교육이 효과가 있으나 현실적이지 않다고 조사 되었고 아차 사고/ 주요위반사례에 대한 눈으로 보는 교육 및 현장 동영상 교육이 필요하다고 조사되었다.

Table 31 Management supervisor survey for effective training

No	Preventive measures	Answer	Pax	Rate(%)
1	On-the-spot training	25	80	31.25
2	Safety awareness training	15		18.75
3	Supplementing safety facilities	0		0
4	On-site video education	40		50.0

8) SHE Committee 활동의 평가

정기보수작업 기간 동안 SHE Committee 활동 평가에 대한 결과 Table 32와 같이 관리감독자 입장에서 보는 관점은 정기보수 기간에 Committee의 활동의 필요성이 93.8%로 적극 공감하는 것으로 조사되었다.

Table 32 Questionnaire on necessity of activities from supervisors

순위	Necessity for Activities	Answer	Pax	Rate(%)
1	Necessary	75	80	93.8
2	Unnecessary	5		6.25

9) 설문결과 종합

설문결과를 요약해보면 현장작업자의 연령대별 나이에 비해, 현장경험이 낮고, 재해유발 원인에 대한 설문결과는 인지부족, 교육 부족, 관리감독 부재 순으로 분석되었고, 눈으로 보는 교육 등 현실에 맞는 실질적인 현장 체험교육과 지속적인 전문 현장 활동인 SHE Committee 활동을 요구하고 있다.

현장 일용근로자의 특성상 이론 교육이나 집체 교육은 그다지 효과적이지 못하는 실정이다. 그 이유는 집단의 소속성 및 작업의 연계성이 없는 현장 일용직 근로자의 특성을 파악하여 효율적인 교육 및 시간활용과 현장 체험사례를 적용하는 눈으로 보는 교육이 절실히 필요하다.

추락재해의 유발 가능성에 대한 문제점은 신규작업자 및 고령 작업자의 차별화 관리 방안 등, 본인 및 동료의 최근 직/간접적으로 경험한 위반 사례를 직접 확인 및 체험할 수 있는 실시간 영상을 제공하여 어떻게 하면 현장작업자가 교육의 실효성을 얻을 수 있는 방안을 찾아야 한다. 또한 현장 관리감독자의 감독 부재의 문제점 해결은 위험을 보는 수준을 높여야 한다. 안전수준은 정기보수기간동안 발생한 아차/위반사례의 영상을 반복 학습하여 현장작업자가 스스로 볼 수 없는 불안전한 상황 즉, 잠재적인 위험요인을 찾는 역량을 키워야 한다.

4.5 추락재해 예방을 위한 구체적인 실행방안

2005년~2016년 정기보수기간에 발생되었던 추락재해분석결과 재발방지 대책과 2009년~2016년 정기보수기간 아차사례 및 위반사례의 분석결과 그리고, 설문인식조사 분석결과를 토대로 2017년 6월 정기보수기간에 Committee의 중점 활동으로 Fig. 16과 같이 수행하였다.

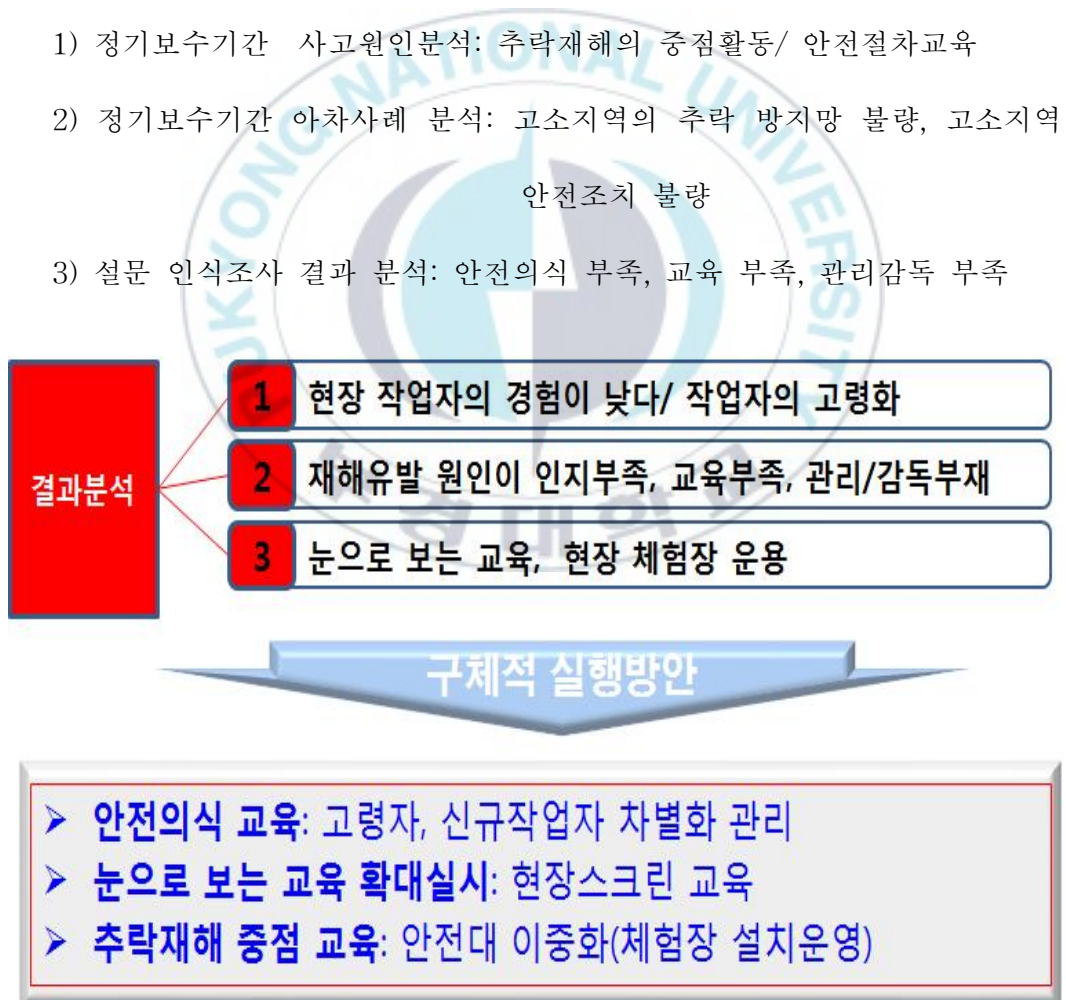


Fig. 16 Activity plans of SHE Committee in 2017

4.6 추락재해 예방 활동 사례

2017년 6월 정기보수기간에 Fig. 17과 같이 작업 전 현장작업자의 특성을 파악하여 신규작업자와 고령자의 차별화관리를 위하여 작업 현황판을 운용 현장 작업의 중점관리를 하였다.

고소작업과 위험작업을 배제하여 지상 작업과 일반작업 및 단순작업을 우선 순위로 정하여 차별화하였고, 신규작업자를 위하여 고소지역 현장 체험장을 운용하여 작업전 TBM시간을 활용하여 반드시 고소작업 체험장을 거쳐야 작업을 수행할수 있도록 허용하였다.



Fig.17 Management of New workers & Aged workers / Experiential training

center in high area

Fig. 18과 같이 현장 스크린교육 (동영상모니터 교육)장을 설치하여 정기 보수기간동안 발행하였던 사고와 위반사례를 현장실물을 위주로 상영하여 On the Job Training 같은 교육의 실효성을 가져왔다.

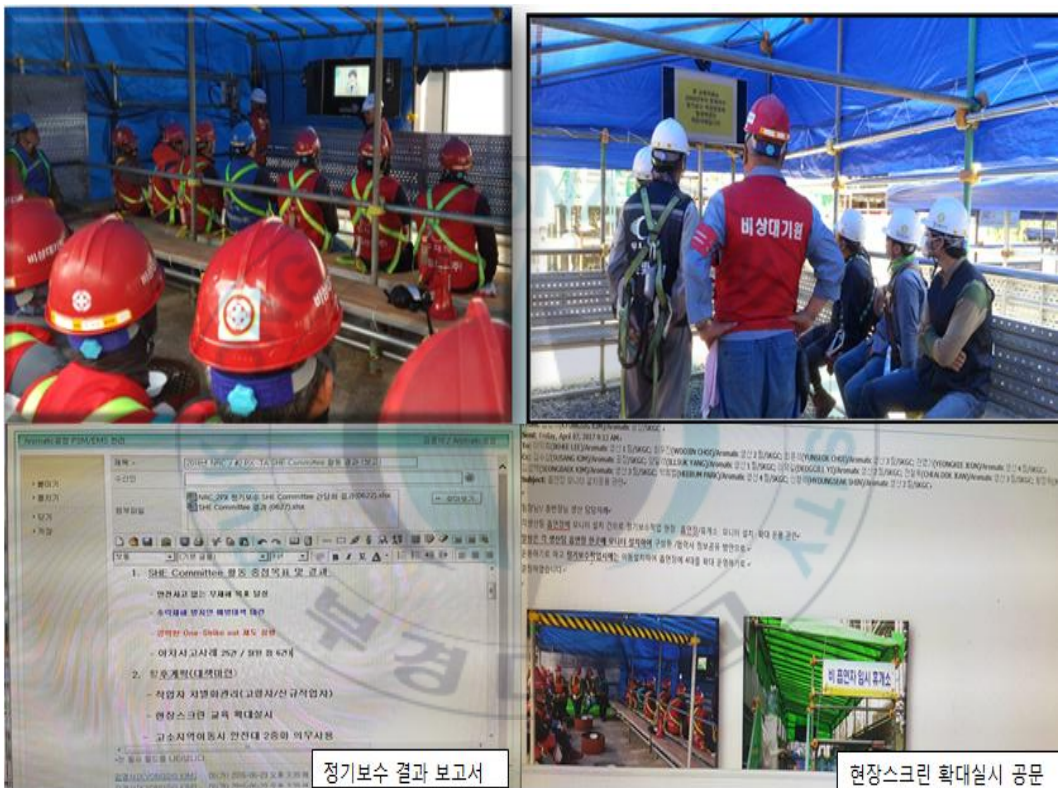


Fig.18 On-site screen training

4.7 SHE Committee 활동 결과

체계적이고 전문적인 SHE Committee 활동으로, 2017년 최근 정기보수활동 결과¹⁸⁾ 인당 위반건수와 일일 위반건수를 비교해 보면 Table 33 & Fig. 19와 같이 2016년 활동 전 인당위반율이 0.63%에서 2017년 0.03%까지 양호하게 관리되고 있으며, 일일 위반건수 역시 2016년 3.90(건/일)에서 2017년 2.51(건/일) 감소추세로 나타나고 있다.

Table 33 Number of violations by day & Rate of violations per person(2012~2017)

Maintenance year	Number of violations/day	Per person violation rate (cumulative number)	Process S/D term (Process Repair)
2012	3.66	1.24 % (25,536)	NRC / #2PX(34days)
2013	3.40	0.66 % (26,660)	NAC / #1PX(30days)
2015	4.77	0.70 % (18,309)	NRP / MDU(27days)
2016	3.90	0.63 % (19,735)	NRC / #2PX(32days)
2017	2.51	0.3 % (29,400)	NAC / #1PX(34days)

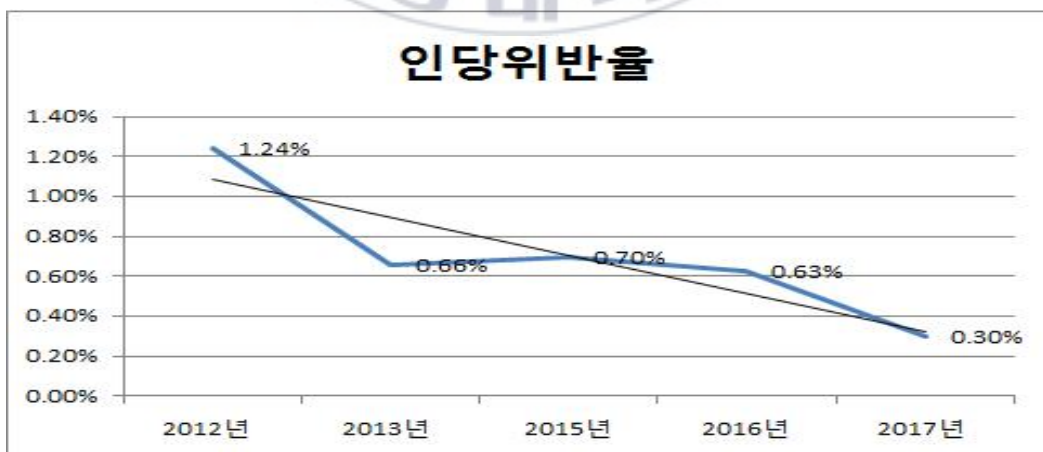


Fig. 19 Trend of violations by year(2012~2017)

또한 2017년 정기보수기간동안에 아차사고사례와 위반항목 중 추락, 낙하에 관련된 점유율을 보면 Table 34 & Fig. 20와 같이 2016년 56%에서 2017년에는 29.0%까지 현저히 감소되었다.

Table 34 Proportion of violations related fall in periodic maintenance(2009~2017)

Maintenance year	violation items related to fall(%)
2009	41%
2012	37%
2013	47%
2015	35%
2016	56%
2017	29%

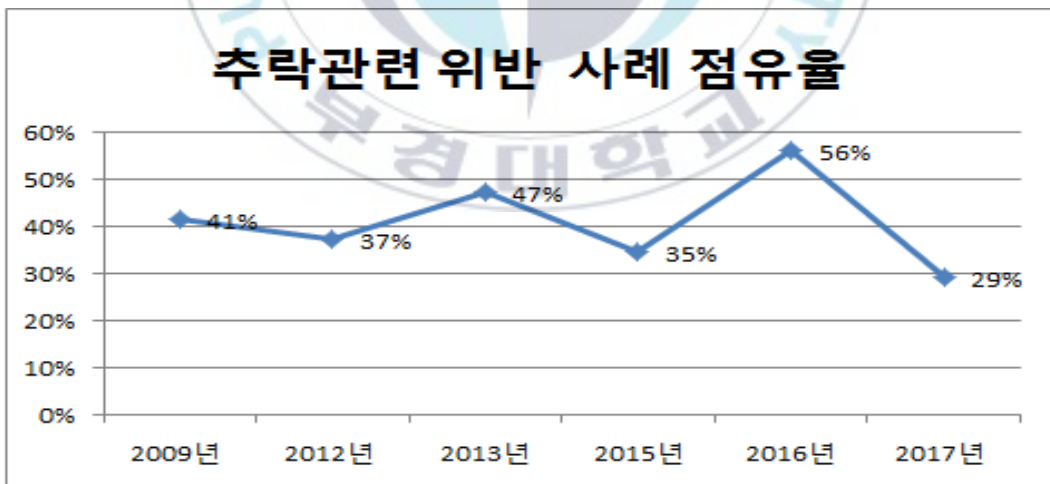


Fig. 20 Trend analysis of violations related fall during periodic maintenance

5장 결론 및 고찰

석유화학공장의 정기보수기간에 발생하고 있는 재해를 분석한 결과 점유율이 높은 추락 재해에 대하여 구체적인 예방 대책이 절실히 요구되었다.

본 연구는 정기보수현장에 참여하고 있는 현장근로자의 설문과 인식조사, 그리고 SHE Committee 활동을 직접 수행하면서 사고의 전단계인 아차사고 발굴과 위반사례를 분석하고 실행 가능한 대책을 제시하였고, 다음과 같이 결론을 도출하였다.

1. 정기보수기간 S기업의 추락재해 현황을 분석한 결과 주로 작업자의 고령층과 고소지역 이동시 재해발생 비율이 높고, 재발방지 대책으로 고소지역 작업시 안전절차 및 안전의식 교육 등 중점관리 활동을 실시하였다.
2. 정기보수기간 중 아차사례와 위반사례를 분석한 결과 인당 위반율은 감소되었지만, 여전히 추락에 관한 위반사례와 아차사고 사례의 점유율은 감소되지 않아 추락재해가 발생할 소지가 매우 크며 앞으로 시급한 대책이 요구되어 정기보수작업에 참여하고 있는 근로자를 대상 설문 결과 재해유발 원인에 대한 설문결과 인지부족, 교육 부족 등으로 분석되었고, 현실에 맞는 실질적인 SHE Committee 활동을 강화하였다.
3. 상기 분석결과를 토대로 2017년 정기보수기간 SHE Committee 활동을 하

면서 현장 일용근로자의 특성을 파악하여 추락재해의 고위험군 차별화 관리와 효율적인 동영상 교육 및 고소지역 체험 장 운용 등 전사업장에 확대 적용하였다. 그 결과 추락관련에 대한 위반사례를 현저히 감소되었다.

4. 향후, 정기보수작업장의 추락재해의 안전대책으로 영국의 기업 살인법과 같은 강력한 안전규칙을 강화하여야 하며, 재발성 위반사항에 대하여서는 작업불가의 원칙을 적용해야 한다. 특히, 추락재해 관련된 작업은 중점관리하고, 구체적이고 실행 가능한 예방대책으로 실행력을 확보하여, 무재해 사업장을 달성 할 수 있도록 지속적으로 개선해야 한다.



Reference

1. Safety and Health Management Corporation, "Industrial Accident Analysis Data by year(www.kosha.or.kr)", 2012
2. H. S. An, "Analysis of the causes of fall accidents and effective preventive measures", 2009.
3. Safety and Health Management Corporation "Domestic industrial accidents(www.kosha.or.kr)". 2009
4. Safety and Health Management Corporation, "Prevention of chemical accidents Safety measures for regular maintenance work". 2015
5. SK-energy, "A Report Periodic maintenance report", 2012~2016
6. K. H. Kim, "A Study on Present Status and Prevention Measures of Safety-related Accidents in Chemical Plants", 1999
7. SK-energy, "Report on the results of regular maintenance". 2005~2016
8. SK-energy, "Accidents Management System", 2017
9. S. S. Kim, "Development process of Ulsan petrochemical industry". 2007
10. Safety and Health Management Corporation, "Chemical facilities maintenance repair(www.kosha.or.kr)". 2013
11. SK-Chemical, "Job and organization in Chemical Plants.(IV-5034-009)" 2005

12. SK-energy, "Perform regular maintenance working standards in (IV-5034-009 SK)", 2005
13. Y.S Lee, "A Study on the Rationalization Plan of the Process Safety Management System", 2008
14. DRILLING CONTRACTOR, "Lost-Time Incident rate is flat but Recordable Incidents increase(Vol.61 No.4)", 2005
15. SK-Global Chemical, "CLX Incident Management Procedures (II-SHE-0601-SKGC)", 2005
16. SK-Global Chemical, "Manual of SHE Committee Activity(IV-5034-010 SKGC)", 2015
17. SK-Global Chemical, "General / Special Safety Precautions(III-SHE-0201-SKGC)", 2016
18. SK-Global Chemical, "A Performance report in regular maintenance in SKGC". 2017