

# 컨테이너 터미널 안전관리 개선방안에 관한 연구 - 위험성 평가 및 보우타이기법이용 -

박성훈\* · 유지원\*\* · † 김율성

\*PNIT HSSE팀 안전기획담당, \*\*한국해양대학교 KMI-KMOU 학연협동과정, † 한국해양대학교 물류시스템공학 부교수

## A Study on the Improvement of Safety Management on Container Terminal -Using Hazard Identification and Bow-tie Method-

Sunghun Park\* · Ji-Won You\*\* · † Yul-Seong Kim

\*HSSETeam, Pusan New International Terminal, Busan 46767, Korea

\*\*KMI-KMOU Cooperation Course, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† logistics system engineering, Korea maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약** : 부산항 ‘A’ 터미널에서 발생한 지난 3년간의 사고 데이터를 분석하여 어떤 장비가 가장 많이 사고를 발생하였고 어떤 위험점이 가장 높은지를 위험성 평가기법으로 알아보고, 이러한 사고를 미연에 방지하기 위한 방안을 보우타이 기법을 활용하여 제시하고자 한다. 실증자료를 분석한 결과 터미널 내의 이동장비 중 야드 트랙터의 충돌사고가 가장 높은 것으로 나타났다. 안전한 부산항을 만들기 위하여 우리는 가장 먼저 야드 트랙터의 충돌사고 예방법 (Control measure)과 사고 발생 시 대처방안 (Recovery measure)을 철저히 준비하여 사고를 미연에 방지하여야 할 것이다. 본 연구의 결과는 관련 실무에 다양한 시사점을 제공하였다.

**핵심용어** : 안전관리, 위험성평가, 보우타이기법, 부산항, 컨테이너 터미널

**Abstract** : It is time to study safety improvement on container terminals to maintain a high-quality service to customers' productivity and safety. The data analyzed was of the past 3 years accidents data from a container terminal in the Busan port. I especially tried to find out the equipment that had the highest number of accidents and what the main causes were. This study suggests the top hazards identified in the container terminal using risk assessment. Moreover, it seeks control measurements to prevent hazards by bowtie methodology.

**Key words** : Safety Management, Hazards Assessment, Bow-tie Evaluation Technique, Busan port, Container Terminal

### 1. 서 론

동북아시아의 최대 허브항 중 하나인 부산항은 “한진해운 파산”과 같은 불확실한 해운항만 시장 환경 상황에서도 2017년 2,000만TEU 이상의 물동량을 처리하였다. 물동량 기준 세계 6위를 기록함에도 불구하고 항만하역업은 타산업에 비해 사고 발생률이 비교적 높게 나타나고 있다. 항만에서의 사고 발생률과 경제적 손실액 등을 종합적으로 고려하면 우리나라는 아직 안전에 관하여 크게 뒤떨어져 있다는 사실을 알 수 있다. 또한, 컨테이너 터미널은 한번 사고가 나면 사망자 등 중대사고의 발생비율이 높은 편이다. 그 원인은 항만하역 생산성과 처리 물동량에 치우친 나머지 실제적인 근로자의 안전에 대한

관심이 부족하기 때문이다. 최근 사회 전반에 걸쳐 안전사고에 대한 인식과 안전관리방안을 추구하는 노력이 이루어지고 있다. ‘안전관리 (Safety management)’란 안전사고를 방지하기 위해 사업주가 실시하는 조직적인 일련의 조치를 말한다 (네이버 지식백과 산업안전대사전, 2019). 사업장에서 산업안전사고를 방지하기 위해서는 기계설비 등의 불안정한 상태와 작업자의 불안정한 상태를 제거하는 것이 필요하지만, 이들의 조치를 지속적으로 유지하기 위해서는 경영 수뇌부가 직장의 안전에 대해서 리더십을 가지고 조직적으로 실천하는 체제를 만드는 것이 필요하다.

현재 컨테이너 터미널 안전사고의 경우 대외 신인도 문제로 인해 공개적으로 연구되지 않고 있다. 이는 부산항의 향후 경

† Corresponding author : 종신회원, logikys@kmou.ac.kr 051)410-4332

\* 정회원, psh@pnitl.com 051)290-8112

\*\* 정회원, jiwon@kmou.ac.kr 051)410-4890

(주) 이 논문은 “컨테이너 터미널 안전관리 개선방안에 관한 연구”란 제목으로 “2018 한국항해항만학회 추계학술대회논문집(경주 더케이호텔, 2018.11.08.-09. pp.231-233)”에 발표되었음.

쟁력 강화에 매우 부정적인 영향을 미칠 것이며, 유사한 형태의 안전사고가 추가적 발생할 가능성이 높기 때문에 재발방지를 위한 연구가 반드시 필요하다고 판단된다.

Table 1 Status of safety accident by industry 2017  
(Unit: Number of People)

Sort	Labor	Fatal Accident	Accident Rate (%)	Death Rate (%)
Manufacturing	4,236,653	232	0.55	0.55
Construction Industry	3,152,859	499	0.82	1.58
Transportation Industry etc.	836,471	82	0.45	0.98
Harbor Loading and Unloading Industry	31,495	5	0.71	1.59

Source: Ministry of Employment and Labor, Status of Industrial Accident Occurrence, 2017.

본 연구에서는 부산항 컨테이너 터미널에서 하역 및 이송 등의 작업에서 일어나는 위험 (Hazard)을 판별하고, 실제 'A' 컨테이너 터미널에서 발생한 사고 현황자료를 분석하여 이에 대한 개선방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 위험성평가 기준으로 위험도가 높은 활동 또는 작업 유형을 계량적으로 수치화하여 찾아내고, 실제 글로벌 터미널 운영사 (PSA, DPW 등)에서 활용되고 있는 보우타이 기법을 활용하여 안전사고 원인과 예방방안을 제시하고자 한다.

## 2. 안전관리의 이론적 배경

### 2.1 위험성평가 개념

고용노동부(2017) 사업장 위험성 평가에 관한 지침에 따르면 위험성평가란 통상적으로 위기관리, 리스크 매니지먼트 (Risk Management) 중 하나의 구성 요소로서 정의되고 있는데, 이러한 평가 대상은 매우 광범위하다. 또한 위험성평가의 적용 분야도 재정의 손실, 인명의 부상, 환경의 영향, 평성의 하락 등 다양한 분야가 있다. 리스크 매니지먼트의 기본적인 개념은 우선 완벽하게 위험성이 존재하지 않는 환경은 없다는 인식을 기초로 위험성을 평가하고, 그 위험성으로 인해 야기되는 결과를 평가하여 수용 가능한 위험성 (Tolerable Risk)을 결정한다는 과정이다. 따라서 절대로 위험성이 있어서는 안 된다는 관점이 아닌 것이다. 또한 이러한 위험성평가는 위험도의 수준과 강도 등을 통해 계량적인 수치화를 통해 객관적으로 평가할 수 있는 장점이 있다.

### 2.2 보우타이기법 개념

한국산업안전보건공단 (2010)에서는 보우타이 리스크 평가에 대해 유해위험요인으로부터 결과까지의 리스크 경로를 따라

예방대책 및 감소대책을 분석·설명하기 위한 위험성평가 기법으로 정의하였다. 보우타이기법의 특징은 사고를 발생시킬 수 있는 위험요인을 종합적으로 판단한 후 위험원인요인과 결과요인 및 그에 대한 경감대책(사고 발생 예방대책, 사고 결과 경감대책)들을 차례로 확인하여 이를 보우타이 다이어그램을 통해 나비넥타이형태로 도식화하여 제시하는 방법이다. 보우타이 리스크 평가는 Fig. 1과 같이 1단계 유해위험요인 파악에서부터 11단계 수행업무 추적 단계로 단계별 실시 후 대책을 마련한다. 이러한 보우타이 기법의 장점은 도식화를 통해 관련 내용이 표시되므로 모든 과정을 한 눈에 볼 수 있어 이해하기 쉽고, 위험성 평가뿐만 아니라 위험도 관리가 가능한데 있다. 이를 통해 안전관리 대책에 대한 담당자 지정 및 관련 절차를 연결시킬 수 있고, 정량적이나 반 정량적 위험성 평가기법과 연계가 용이한 장점을 가지고 있다. 최근 국내에서도 유해화학물질 제조공정에서 보우타이기법을 활용한 위험성 평가 연구 (Tae et al., 2013)가 진행되고 있으나 아직 항만 하역 분야에서는 활용된 바가 없다. 다만, 부산항에 진출해 있는 글로벌 터미널 운영사에서 실무적으로 보우타이기법을 활용하고 있다.

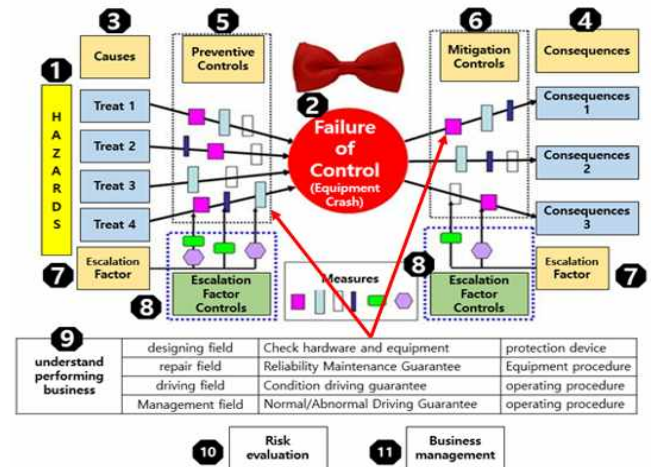


Fig. 1 Process of bow-tie evaluation technique  
Source: KOSHA Guide X-19-2010

### 2.3 선행연구고찰

국내에서 해운항만 분야에서 안전관리 관련 연구는 과거부터 지금까지 꾸준히 진행되어 왔다. 특히, 해상 및 선박운항과 관련한 안전관리 제도 및 안전관리 책임 등의 연구가 대부분이다 (Jin and Kim; 2013, Lee; 2002, Jang; 2015, Noh; 2007). 하지만 항만이나 컨테이너 전용 처리 부두인 '컨테이너 터미널'에서의 연구는 부족한 실정이다. Park and Mok (2001)은 항만하역 작업체계 및 사고사례를 분석하고 국내 법·제도를 비교 분석하며, 작업 단계별로 문제점 및 취약·위험요인을 파악하여 그 개선방안을 제시하고자 하였다. Nam and Lee (2005)는 인천항에서 10년간 (1994-2003) 발생한 총 923건의 항만하

역 사고사례를 분석하여 항만하역의 특수성, 유해·위험성·인천항의 하역 안전사고 특성 등을 근거로 항만하역 안전사고 특성 요인도를 작성하였다. Kim et al.(2012)은 국내 항만하역 사고 실태분석과 국내의 사례분석 등을 통해 항만하역 안전관리 선진화를 위한 법제도 개선방안과 항만하역 안전관리조직 등의 개선안을 제시하고자 하였다. 외국에서는 위험성평가 기법을 이용한 연구가 항만뿐만 아니라 화학 공장 등 많은 분야에서 연구되고 있다. Hani et al.(2016)은 컨테이너 터미널 운영 시스템의 안전성능은 국제 무역의 효율성을 향상시키는 역할을 한다고 하였고, 위험 발생 시 어떻게 대처 및 복구할 수 있는지 연구하였다. Sunaryo(2013)은 인도네시아 항만 내의 위험성을 찾아 평가하고, 결함수 분석 (Fault Tree Analysis) 방법을 사용하여 가장 위험한 활동을 조사하였다. 이러한 기존의 선행연구들과 달리 본 연구에서는 실제 발생한 컨테이너 터미널 사고이력에 대해 위험성 평가를 통해 계량적으로 수치화를 유도하고, 보우타이기법을 통해 원인과 대책의 객관성을 확보하는데 차별성을 가진다고 판단된다.

Table 2 Summary of previous studies

Researcher	Title
Park and Mok (2001)	Safety problems and countermeasures by stage in port handling
Lee (2002)	An Empirical Analysis for the Implementation of Safety Management System under ISM Code
Nam and Lee (2005)	A Study on Analysis and DMAIC Preventive Operations for Cargo Handling Accidents in Incheon Port
Noh (2007)	Empirical Study on the Induction Effects of Safety Management System for the Shipping Company
Kim et al. (2012)	A Study for Better Management of Cargo Handling Safety
Jin and Kim (2013)	A Study on the Qualification of Designated Person on the Maritime Safety Act
Sunaryo (2013)	Safety Risks Assessment on container terminal using hazard identification and risk assessment and fault tree analysis methods
Jang (2015)	A Study on the Responsibility for a Barge's Safety Management in a Marine Construction
Hani et al. (2016)	Advanced uncertainly modelling for container port risk analysis

### 3. 부산항 컨테이너 터미널 시설 및 안전사고 현황

#### 3.1 부산항 컨테이너 터미널 일반현황

2018년 부산항 컨테이너 물동량 2,159만 TEU (수출입 1,021만 TEU 전년대비 0.3% 증가, 환적 1,138만 TEU 전년대비 11.3% 증가)로 우리나라 전체 컨테이너 수출입 화물의 75%, 환적화물의 97%를 처리하고 있다. 부산항의 컨테이너 물동량 흐름에 따라 우리나라 컨테이너 물동량 처리실적이 좌우된다

고 말할 수 있다. 특히, 부산항 신항은 세계에 견줄 정도의 최신시설을 갖추고 있으며 대형 컨테이너선의 입·출항이 용이한 수심 17m와 최신 하역장비를 갖추고 있다. 2020년까지 44개 선석 개발이 진행 중이며, 추후 정부 계획에 따라 확장될 수 있다.

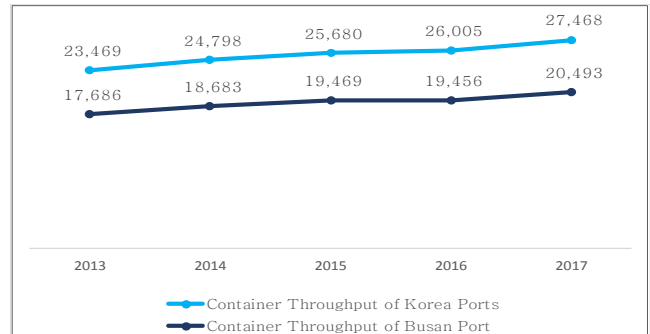


Fig. 2 Trend of container throughput by port in Korea and busan port (2013-2017)

#### 3.2 부산항 항만하역 안전사고 발생 추이현황

최근 5년 부산항 연도별 항만하역 사고자(사망 및 중경상) 발생추이는 '14년 27명으로 최다 사고자가 발생하였으며, '17년 15명으로 점차 감소 추세를 보이고 있는 것으로 나타났다. 아직 공식적인 통계자료가 발표되지는 않았지만 '18년에만 3명의 사망자와 50여명의 사고자가 발생하였다고 발표하고 있다 (국제신문, 2018.11.22.). 또한, 사고자와 관련해서는 통계자료로 집계해서 발표하고 있지만 경미한 항만하역 안전사고와 관련해서는 의무적 보고사항이 아니고, 대외 신뢰도 하락 등의 이유로 집계조차 되지 않고 있는 실정이다. 향후 부산항은 당분간 터미널 추가 공급계획이 없어 컨테이너 물동량이 지속적으로 증가하면 생산성이 중요하게 되고, 이로 인해 항만하역 안전사고 발생이 증가할 것으로 보인다. 따라서 부산항의 안전관리에 대한 관심을 다시 상기해야 할 것으로 판단된다.

Table 3 Trend of safety accidents in busan port(2013~2017)

Year	'13	'14	'15	'16	'17
Total	21	27	24	12	15
Death	1	1	-	-	-
Serious and Slight Injuries	20	26	24	12	15

Source: Korea Port Logistics Association, Statistics and Cases of reconstructing harbor unloading, 2018.

#### ① 근속기간별 현황

부산항 항만하역 사고자를 근속기간별로 살펴보면, 5년 이상 작업자의 발생률이 높은 것으로 나타났다. 5년 이상 작업자의 안전사고가 높은 것으로 보아 5년 근무 후에는 특별 안전교육이 필요한 것을 알 수 있다. 이는 주로 자만심 및 방심에 의한

안전의식 결여가 그 원인으로 장기 근속자에 대한 안전의식 고취가 요망된다.

Table 4 Status of safety accident by service period(2017)

	Less than 1 Year	1 - 3 Years	3 - 5 Years	5 - 10 Years	Over 10 Years
Number of Persons	-	2	3	5	5
Rate (%)	-	13.3	20.0	33.3	33.3

Source: Korea Port Logistics Association, Statistics and Cases of reconstructing harbor unloading, 2018.

② 작업시간별 현황

사고시간별 사고자 현황으로는 주간 교대 전 7시부터 점심시간 전 12시까지의 사고율이 집중되는 것을 알 수 있다. 교대 직전 및 직후 작업자들의 집중도가 감소하여 사고율이 높으므로 각 팀 관리감독자는 작업자의 작업 투입 전 Tool box 미팅을 실시하여 사고 예방에 힘쓰는 것이 필요하다고 보인다.

Table 5 Status of safety accident by working Time(2017)

	07 - 12H	12 - 17H	17 - 22H	22 - 03H	03 - 07H
Number of Persons	11	2	1	1	-
Rate (%)	73.3	13.3	6.7	6.7	-

Source: Korea Port Logistics Association, Statistics and Cases of reconstructing harbor unloading, 2018.

③ 사고형태별 현황

사고형태별 현황으로 전도 유형이 가장 높으며, 다음으로 충돌, 추락, 협착 등 순으로 나타났다. 전도 유형이 장애물과 외부 영향 등으로 전복되거나 전도되는 경우를 말한다.

Table 6 Status of safety accident by types(2017)

	Fall	Inversion	Clash	Plunge	Drop
Number of Persons	2	6	3	-	-
Rate (%)	13.3	40.0	20.0	-	-
Collapse	Narrowness	Rupture	Overtax	Contact	Etc.
-	2	1	1	-	-
-	13.3	6.7	6.7	-	-

Source: Korea Port Logistics Association, Statistics and Cases of reconstructing harbor unloading, 2018.

## 4. 안전사고 데이터 분석을 통한 개선방안

### 4.1 컨테이너 터미널 'A'사의 실증자료 분석

앞서 살펴본 Tabel 3. ~ Table 6.은 각 터미널 운영업체에서 한국항만물류협회에 신고한 작업자들의 사고현황(사망과 중경상)을 살펴보았다면, 본 장에서는 부산항 내 컨테이너 터미널 'A'사에서 발생한 경미한 사고를 포함한 모든 안전사고 자료를 바탕으로 주요 위험요인을 실증분석 하였다. 자료의 분석은 최근 3년간 사고 자료 (2015~2017년)를 바탕으로 수행하였다.

① 연도별 안전사고 발생 추이

컨테이너 터미널 'A'사의 사고건수는 협력업체 여부와 관계없이 사업장에서 발생한 모든 사고를 포함하였고, 작업자 상해는 부상의 경중에 관계없이 포함하였다. '15년 사고건수 37건에서 '17년 15건으로 많은 감소를 보이고 있는데, 이는 'A'사에서 '16년 안전전담 조직을 신설하여 안전에 대한 집중관리를 시작했기 때문이다.

Table 7 Annual safety accident trend(2015~2017)

Sort	2015	2016	2017
Number of Accidents	37	25	15
Injury	2	1	0

② 시간대별 사고발생 현황

사고 발생 시간은 0-4시 및 04-08시 새벽시간대에 비교적 많이 발생하였다. 이는 야간근무 시 (야간근무 20시 ~ 08시) 사고발생률이 주간보다 높고, 특히 새벽시간대에 안전관리가 취약하다는 것을 알 수 있었다. 이 자료를 바탕으로 0-4시 및 04-08시에 집중 안전 순찰이 필요할 것으로 판단된다.

Table 8 Status of safety accidents by time zone(2015~2017)

Sort	0 - 04H	04 - 8H	08 - 12H	12 - 16H	16 - 20H	20 - 24H
Number of Accidents	17	14	9	13	13	11
Rate (%)	22	18	12	17	17	14

Source: 'A' Container Terminal, Internal data 2016-2018.

③ 요일별 사고발생 현황

요일별 사고 현황은 일요일 사고 비율 (21%)이 가장 높고, 월요일 (18%)이 다음으로 높았다. 일요일과 월요일에 안전사고가 비교적 높게 나타나지만 요일별 차이가 크지 않기 때문에 근무자들의 요일별 작업량, 주말근무, 연장근무, 초과근무

현황 등을 종합적으로 분석해서 근무자별 휴식 여건(시간 및 시설)을 마련해야 한다.

Table 9 Safety accidents by day of the week(2015~2017)

Sort	Mon.	Tue.	Wed.	Thu.	Fri.	Sat.	Sun.
Number of Accidents	14	6	11	9	11	10	16
Rate(%)	18	8	14	12	14	13	21

Source: 'A' Container Terminal, Internal data 2016-2018.

④ 장비별 사고발생 현황

장비별로 사고 발생현황을 분석해 보면, YT의 사고 건수(51%)가 가장 높았다. 사고 빈도가 가장 높은 장비는 1) 야드 트랙터 2) 컨테이너 크레인 순이다. YT는 다른 장비와 달리 터미널 내부 이동거리가 가장 많은 장비이고, 장비 대수도 타 장비보다 약 3배 정도 많기 때문이다.

Table 10 Status of safety accidents by equipment(2015~2017)

Sort	QC <sup>1)</sup>	ARMG <sup>2)</sup>	YT <sup>3)</sup>	SM <sup>4)</sup>	R/S, <sup>5)</sup> F/L	XT <sup>6)</sup>	Others
Number of Accidents	14	4	39	2	5	11	2
Rate(%)	18	5	51	3	6	14	3

Source: 'A' Container Terminal, Internal data 2016-2018.

⑤ 발생형태별 사고현황

컨테이너 터미널 'A'사의 사고자료를 바탕으로 사고 발생형태별 사고건수를 분석할 결과 충돌 사고가 가장 많이 발생한 것으로 나타났다. 이는 터미널 내 장비의 사용(이동장비)이 많고, 아직도 대부분의 장비가 사람이 운전하는 수작업 장비이기 때문으로 판단된다.

Table 11 Status of safety accidents by type(2015~2017)

Sort	Narrowness	Inversion	Fall	Clash	Plunge	Etc.
Number of Accidents	2	2	0	62	5	6
Rate (%)	3	3	0	81	6	7

Source: 'A' Container Terminal, Internal data 2016-2018.

⑥ 사고 원인별 발생 현황

- 1) QC (Quay Crane)
- 2) ARMG (Automated Rail Mounted Crane)
- 3) YT (Yard Tractor)
- 4) SM (Signal Man)
- 5) R/S (Reach Stacker), F/L (Fork lift)
- 6) XT (External Truck)

사고 원인으로 분류하여 사고 자료를 분석한 결과에서는 작업자 불안정한 행동(안전수칙 미 준수, 작업 부주의, 졸음)이 약 95% 차지하였다. 이는 작업자의 불안정한 행동을 집중 관리한다면 사고를 충분히 예방할 수 있다는 뜻이며, 사고예방의 4원칙 중 예방가능의 원칙과 같은 것으로 판단된다.

Table 12 Status of safety accidents by cause(2015~2017)

Sort	Not Following Safety Rules	Negligence	Dozing	Component Failure	Etc.
Number of Accidents	5	54	15	1	2
Rate (%)	6	70	19	1	3

Source: 'A' Container Terminal, Internal data 2016-2018.

4.2 사고사례 실증분석 결과

고용노동부(2017) 위험성 평가 가이드라인에서 제시한 13개 위험성 평가기준을 바탕으로 컨테이너 터미널 'A'사에서 존재하는 16개 위험요인 (Table 13. 참조)을 도출하였다.

- ① 기계적 요인
- ② 전기적 요인
- ③ 물질(화학물질, 방사선) 요인
- ④ 생물학적 요인
- ⑤ 화재 및 폭발 위험요인
- ⑥ 고열 및 한랭 요인
- ⑦ 물리학적 작용에 의한 요인
- ⑧ 작업환경조건으로 인한 요인
- ⑨ 육체적 작업부담/작업의 어려움 요인
- ⑩ 인지 및 조작능력 요인
- ⑪ 정신적 작업부담 요인
- ⑫ 조직관련 요인
- ⑬ 그 밖의 요인

또한, 컨테이너 터미널 'A'사의 3개년 (2015년 ~ 2017년) 사고 데이터를 기준으로 아래의 공식을 사용하여 위험성을 평가하였다. Fig. 3 위험평가표에서 노란색 또는 붉은색인 경우에는 수용 불가능한 위험으로 경감방안을 강구하여야 한다.

$$R(\text{Hazard}) : L(\text{Level}) \times S(\text{Strength})$$

Strength (S)	Results				Level(L)				
	People (P)	Reputation (R)	Environment (E)	Finance (F)	None	Accident in Terminal	At least once a year	More than once	More than three times
					A	B	C	D	E
0	-	-	-	-					
1	Weak injury	Weak effect	Harm damage	Week effect					
2	minor injury	Minor effect	Phased damage	Minor effect					
3	Serious injury	Moderate effect	Medium-term damage	Serious effect					
4	Caused the death	Grave effect	Long-term damage	Grave effect					
5	A number of fatalities	Huge effect	Lasting damage	A huge sum of money					

Fig. 3 Risk assesment Table of 'A' container terminal

위험성 평가결과 컨테이너 터미널의 위험요인 대부분이 위험도는 매우 높은 수준으로 평가되었다. 특히 움직이는 장비에 대한 (No.9) 위험도가 가장 높게 “4E” 나타났다. “4E”의 의미는 Fig. 3 위험성평가표를 기준으로 ‘A’ 터미널 내부에서 1년에 최소한 3번 이상의 안전사고가 발생하였으며, 심각한 수준의 인명사고가 동반되었음을 의미한다. 사고 발생형태별 사고건수 자료를 합하여 본 결과 움직이는 장비 (위험요인)의 충돌 (발생형태)이 컨테이너 터미널 내 가장 위험한 사고요인이라는 것을 알 수 있었다.

Table 13 Result of hazard assessment

No.	Hazard Factors	Level (L)	Strength(S)				Results
			P	R	E	F	
1	LNG & LPG	B	4	3	-	3	4B
2	Compressed Gas	B	3	3	-	3	3B
3	Work in High Position	B	4	2	-	3	4B
4	Overhead Equipment	B	4	3	-	3	4B
5	Collision of Ship and Structure	B	4	2	1	3	4B
6	Tensioned State (wire rope, etc)	B	4	2	-	3	4B
7	Ground Movement (Apron, Yard)	B	4	2	-	3	4B
8	Slippage, Falls, Jammed	C	3	3	1	2	3C
9	Moving Equipment (PM, R/S, etc)	E	4	2	1	2	4E
10	Dangerous Equipment (Hammer, Drill, etc)	C	1	-	-	-	1C
11	Weather (Heat Wave, Gale, etc)	B	3	1	-	1	3B
12	Hot Surface (Engine, Restaurant, etc)	B	3	1	-	1	3B
13	Hight Voltage&Power	B	4	2	1	2	4B
14	Oxygen Deficiency	B	4	3	-	1	4B
13	Engine Oil	B	3	3	1	3	3B
14	Repetitive movement	C	2	-	-	1	2C
15	Noise	B	3	-	-	3	3B
16	Security Accident	B	5	5	-	3	5B

### 4.3 보우타이기법 분석 결과를 통한 개선방안

컨테이너 터미널의 위험성 평가결과에서 도출된 가장 위험도가 높은 요인은 “움직이는 장비의 통제 실패에 의한 충돌 위험”으로 나타났다. Fig. 4에서 보는 바와 같이, ‘A’ 터미널 동요인의 발생원인은 1) 운전 중 휴대폰 사용 2) 나쁜 날씨 3) 운전자 피로 4) 정비의 불량 5) 교차로 이동 6) 불법 주정차 때문이다. 이러한 원인에 대한 사전 예방대책으로 운전 중 휴대폰 사용을 원칙적으로 차단하기 위하여 작업 시 휴대폰 소지를 금하고, 안전 교육을 철저히 시행하여 안전주의에 만전을 기하도록 하여야 한다. 또한 날씨가 좋지 않은 경우에는 특히 운행에 주의하고 관리감독자는 사고가 작업자들에게 TBM (Tool Box Meeting) 시 주의사항을 근로자에게 상기시킬 수 있어야 한다. 운전자의 피로를 예방하기 위하여 교대근무시간을 철저히 준수하고, 충분한 휴게시간을 근로자에게 제공하여야 한다. 또한 졸음 방지제 (껌, 사탕 등)를 필요시 섭취하여 안전한 운행을 실시할 수 있도록 해야 한다. 운행 시작 전 장비의 상태를 확인하고, 사고를 예방할 수 있는 장치를 (Engineering Control) 설치·운영하도록 권고하여야 한다. 마지막으로 교차로 이동 시 장비의 경고음을 확인 후 안전운행을 실시하고, 터미널 현장 관리감독자는 불법 주정차 차량을 단속하여 불필요한 위험요소를 사전에 제거해야 한다. 또한, 움직이는 장비의 통제 실패에 의한 충돌사고 발생 이후에는 결과에 따라 작업자 상해는 응급조치와 비상연락, 장비파손은 긴급정비 등 매뉴얼에 따른 신속한 이행이 필요하다.

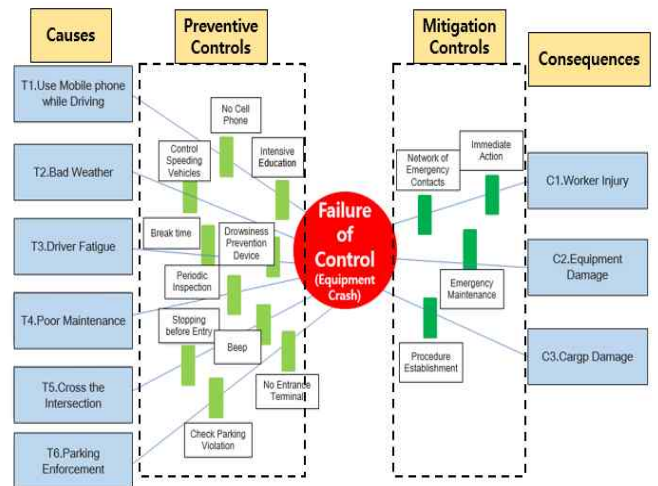


Fig. 4 Result of analysis bow-tie (Improvement plan)

## 5. 결 론

부산항에서 항만하역 사망사고는 '14년 이후로 발생하지 않았으며, 안전사고 발생 건수도 지속적으로 감소하였다. 이는 컨테이너 터미널 운영사의 지속적인 관심과 노력, 투자 등의



기인한 결과로 볼 수 있다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 '18년 부산항에서만 3건의 사망사고가 발생하면서 안전관리가 다시 중요한 평가 요인으로 부각되고 있다.

본 연구는 부산항 컨테이너 터미널 'A' 운영사의 실제 사고 데이터를 분석하여 위험성 평가와 이에 대한 개선방안을 제시하고자 하였다. 2015년부터 2017년의 실제 사고 데이터를 분석한 결과 터미널 내의 이동장비 중 야드 트랙터의 충돌사고가 가장 높은 것으로 분석되었다. 물론, 야드 트랙터가 다른 장비에 비해 터미널 내 이동거리가 가장 많고, 장비의 대수가 많아 높은 사고비율을 차지할 수 있지만 컨테이너 터미널에서 사고율을 줄이기 위해서 반드시 집중적으로 연구되어야 한다. 이러한 사고유형을 위험성 평가기준을 바탕으로 분류 및 분석하였고, 작업자의 불안정한 행동 (운전자 피로, 운전미숙, 장비의 후진)이 주요 원인임을 밝힐 수 있었다. 사고 발생의 가장 큰 원인은 작업자의 부주의였다. 작업자의 불안정한 행동을 방지하기 위하여 터미널 운영사는 작업자들에게 적절한 휴게시간을 제공하여야 하며, 안전운전을 위한 기술적 장치를 장비에 설치 (전방 충돌 감지 시스템, 사각지대 경보 시스템, 줄음 감지 시스템 등)하여 안전운전에 도움을 줄 수 있도록 조치할 필요가 있다. 작업자는 근무시간외 충분한 휴식을 취하여야 하며, 터미널에서 제공하는 안전 보조장치를 적극 활용하고 운전 능력을 향상하기 위하여 부단히 노력하여야 한다. 사고 예방을 위하여 노·사가 함께 협력하여야 하며, 모두의 관심이 필요하다. 컨테이너 터미널 경영진들은 현재 발생하고 있는 안전사고가 부산항 발전에 큰 저해요인임을 인식하고, 전폭적인 지원 (안전 보조장치 등)을 통해 개선의 밑거름이 되어야 한다.

본 연구는 실증 데이터 확보를 위해 부산항 'A' 기업의 3개년 (2015년 ~ 2017년) 사고 자료로 한정되었는데, 타 컨테이너 터미널 사고 데이터의 수집이 용이하지 않아 부산항 전체로 객관화하는데 한계가 있을 것으로 보인다. 또한, 컨테이너 터미널의 운영특성에 따라 하역인력, 장비, 시설물 등의 특성이 상이하지만 이에 대한 고려가 부족하였다. 향후 연구에서는 터미널 운영방식(수직과 수평, 자동과 반자동 등) 차이에 따른 위험성분석이나 사전 예방대책의 계량적 효과분석 등에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] Chan, H. T., Lee, H. S., Byun, C. H., Yang, J. M., Park, C. H. and Ko, J. W.(2013), "A Study of Risk Analysis of Manufacturing Process Using the Bow-Tie Method.", *Journal of the Korean Institute of Gas*, 17(3), pp. 33-38.
- [2] Jang, Y. J.(2015), "A Study on the Responsibility for a Barge's Safety Management in a Marine Construction.", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 39(1), pp. 37-43.
- [3] Jin, H. H. and Kim, J. K.(2013), "A Study on the Qualification of Designated Person on the Maritime Safety Act.", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 37(5), pp. 519-526.
- [4] Hani Alyami, Zaili Yang, Ramin Riahi, Stephen Bonsall, Jin Wang(2016), "Advanced uncertainly modelling for container port risk analysis", *Accident Analysis and Prevention Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.08.007>
- [5] Kim, W. S., Choi, S. H., Lee, J. H. and Ha, J. H.(2012), "A Study for Better Management of Cargo Handling Safety." Korea Maritime Institute.
- [6] Korea Occupational Safety and Health Agency(2010), *Guidelines on qualitative bow-tie risk assessment techniques*.
- [7] Korea Port Logistics Association(2018), *Statistics and Cases of Cargo Handling and Accident Situation*, Vol. 32.
- [8] Lee, O. Y.(200), "An Empirical Analysis for the Implemetation of Safety Management System under ISM Code.", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 26(2), pp. 245-259.
- [9] Ministry of Employment and Labor(2017), *Guideline of Workplace risk assessment*.
- [10] Nam, Y. W. and Lee, C. H.(2005), "A Study on Analysis and DMAIC Preventive Operations for Cargo Handling Accidents in Inchon Port.", *Journal of Korean Safety Management Science*, 7(2), pp. 13-27.
- [11] Noh, C. K.(2007), "Empirical Study on the Induction Effects of Safety Management System for the Shipping Company.", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 31(10), pp. 891-896.
- [12] Park, Y. W. and Jin, Y. M.(2001), "Safety problems and countermeasures by stage." Korea Maritime Institute.
- [13] Sunaryo, Mochamad Aditya Hamka(2013), "Safety Risks Assessment on container terminal using hazard identification and risk assessment and fault tree analysis methods", *Procedia engineering*, 10th International Conference on Marine Technology, MARTEC 2016.

Received 21 January 2019

Revised 26 February 2019

Accepted 27 February 2019