

부산 컨테이너 터미널에서의 작업 중 사고발생에 대한 요인 분석*

신현주

한양대학교 스마트시티공학과 박사과정

김재현

한양대학교 교통·물류공학과 선임연구원

이건우

한양대학교 교통·물류공학과 부교수

An Analysis of Factors Affecting Accidents at a Container Terminal in Busan, Korea

Hyunju Shin^a, Jae Hun Kim^b, Gunwoo Lee^c

^aDepartment of Smart City Engineering, Hanyang University, Korea

^bDepartment of Transportation & Logistics Engineering, Hanyang University, Korea

^cDepartment of Transportation & Logistics Engineering, Hanyang University, Korea

Received 11 November 2020, Revised 15 December 2020, Accepted 24 December 2020

Abstract

Occurrence of accidents at a container terminal results in casualties and damages of equipments which are involved in the accidents, and affects the terminal operation. Therefore, analyzing factors affecting occurrence of accidents at a container terminal is important for efficient operation of the terminal. Most of existing studies analyzing factors of accidents have performed in a land transportation field. And most of existing studies in a maritime field have focused on developing risk assessment methods, rather than identifying factors of accidents. This study aims to analyze the factors affecting the damage level which was resulted from accidents at a container terminal in Busan, Korea. After a basic statistical analysis of the accident dataset which was occurred in the terminal, a linear regression model is applied to identify the factors which affect the damage level resulted from the accident. As a result of analysis, it is found that the more number of equipments, facilities and containers damaged from the accidents positively affect the damage level from the accidents, as well as dozing during working. The results of this study are expected to be a basic for developing safety management.

Keywords: Accident, Container Terminal, Linear Regression, Risk Analysis

JEL Classifications: C30, L92

* This research was a part of the project titled 'Smart Port IoT convergence and operation technology development[20190399]', funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea

^a First Author, E-mail: sinzoo@hanyang.ac.kr

^b Corresponding Author, E-mail: jhkim8182@gmail.com

^c Co-Author, E-mail: gunwoo@hanyang.ac.kr

© 2020 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

I. 서론

항만 컨테이너 터미널에서는 신호수 등의 작업자 및 야드트럭이나 크레인 등의 이송장비에 의해 컨테이너의 양하적 및 반출입 등의 작업이 이루어지기 때문에 다른 산업시설들과 마찬가지로 작업 중 사고가 발생할 위험이 높은 시설이다. 컨테이너 터미널에서 발생하는 사고에는 장비와 장비, 또는 장비와 컨테이너 간의 충돌사고, 작업자가 피해를 입는 인명사고, 양하적 또는 이송작업 중에 발생하는 컨테이너 파손 또는 충돌사고 등의 여러 유형이 있다. 컨테이너 터미널에서 발생하는 이러한 유형의 사고는 작업자, 장비 및 컨테이너에 피해를 야기하며, 그 피해규모에 따라서 산재보상액 및 간접손실비가 포함된 경제적 손실이 발생하여 터미널의 운영에도 영향을 끼친다.

Korea Port Logistics Association (2018)에 따르면 한국 내 전체 컨테이너 터미널에서 발생한 사고는 2014년 사망 4명, 중경상 126명에서 2015년 사망 4명, 중경상 91명, 2016년 사망 1명 중경상 79명으로 인명사고가 점차 감소하는 추세를 보이다가 2017년에 사망 1명 중경상 96명으로 증가하였다. 그리고 사고 발생에 따른 경제적 손실 추정액은 2014년 236억 4,500만원에서 2015년 188억 1,000만원, 2016년 172억 9,500만원으로 점차 감소하는 추세를 보이다가 2017년에 208억 2,500만원으로 다시 증가하였다. 이러한 인명사고와 경제적 손실 추정액의 추세는 컨테이너 터미널에서 발생하는 사고의 규모가 터미널의 운영에 대한 경제적 손실에 영향을 미치고 있음을 보여준다.

인적, 물적 손실을 야기하는 사고의 발생과 관련한 연구는 주로 자동차 등의 육상 교통과 관련하여 진행되어 왔으며, 구체적으로는 고속도로에서 발생하는 교통사고 요인을 분석한 연구(Lee Hye-Ryung, Kum Ki-Jung and Son Seung-Neo (2011)), 차량이 관련된 보행자 사고 요인을 분석한 연구(Choi Jai-sung et al. (2009), Choi Jai-sung et al. (2015))가 있으며, 교통사고 경험이 있는 버스 운전자를 대상으로 버스의 사고 요인을 분석한 연구(Park Young-Ho (2000))가 진행되기도 하였다. 컨테

이너 터미널을 포함한 항만 분야에서도 사고와 관련된 연구가 진행되어 왔으며, 구체적으로는 항만에서의 하역작업과 관련된 안전요인을 분석한 연구(Kim Byung-Hwa et al. (2018))와 해상에서 발생하는 선박충돌사고에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구(Keum Jong-Soo, Yang Weon-Jae and Jang Woon-Jae (2003))가 있다. 그 외에 컨테이너 터미널 내에서 발생하는 사고 유형별로 위험도 평가방법을 제시한 연구(Yeun Dong-ha, Choi Yong-seok and Kim Sun-gu (2014), Kim Dong-Jin (2016)), 사고의 심각도 및 빈도를 이용하여 위험도 평가방법을 제시한 연구(Budiyanto and Fernanda (2020), Chlomoudis et al.(2016), Fabiano et al. (2010), Sunaryo and Hamka (2017))와 컨테이너 터미널에서의 사고발생 요인에 대한 안전교육이 사고에 미치는 영향을 분석한 연구(Cha Sang-Hyun and Noh Chang-Kyun (2016)) 등이 있다.

컨테이너 터미널에서 발생하는 사고는 작업자, 장비 및 컨테이너 간에 다양한 유형으로 발생하며, 그만큼 그 원인도 작업자나 장비 운전자의 주시 태만, 위험 운전 등의 인적 요인이나 태풍과 같은 자연요소 등으로 다양한 편이다. 항만 컨테이너 터미널에서 발생하는 사고는, 인적자원과 물적자원에 피해를 야기하고, 피해를 입은 규모에 따라서는 터미널의 운영에도 영향을 미치기 때문에, 컨테이너 터미널의 효율적인 운영을 위해서는 터미널에서 발생하는 사고에 영향을 미치는 위험요인을 분석하고, 분석된 위험 요인의 최소화를 통하여 향후 터미널 내 작업의 안전성을 제고해야 한다.

본 연구는 부산 지역의 컨테이너 터미널에서 발생한 과거 사고이력자료를 이용하여 터미널에서 발생한 사고의 피해 수준에 영향을 미치는 요인을 분석한다. 이를 위해 2017년과 2018년에 컨테이너 터미널 중 한 곳에서 발생한 사고 이력자료를 분석하고 이를 바탕으로 해당 컨테이너 터미널에서 발생한 사고로 인한 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 분석한다. 본 연구는 다음과 같이 구성된다. 2장은 본 연구와 관련하여 기존에 수행된 연구를 조사하고, 3장에서는 분석에 이용할 자료의 기초 통계분석을

진행한다. 4장에서는 분석 결과 및 도출된 결론을 정리하고, 5장에서는 결론 및 추가 연구를 언급한다.

II. 선행연구

사고발생 및 그로 인한 피해의 정도에 영향을 미치는 요인을 분석하는 것은 이미 발생한 사고의 분석을 통하여 안전 취약요인을 판별하여 향후 사고가 발생할 위험을 최소화 할 수 있다는 점에서 중요하다. 따라서 기존 연구들 중에서는 사고발생 이력자료를 이용, 사고에 영향을 미치는 요인의 분석과 관련된 연구가 진행되어 왔다. 사고에 영향을 미치는 요인을 확인한 연구는 대부분 육상교통 분야에서 진행되어 왔는데, Park Young-Ho (2000)는 버스 운전자 중 교통사고 경험이 있는 운전자와 무사고자를 대상으로 하여 교통사고에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며 그 결과 운전자의 작업태도, 안전풍토, 피로 등의 인적요인이 사고에 미치는 영향이 높음을 확인하였다. Choi Jai-sung et al. (2009)과 Choi Jai-sung et al. (2015)은 보행자 사고자료를 이용하여 보행자 사고 심각도에 영향을 미치는 인적 및 물적 요인을 분석하였고, 이를 통하여 사고 가해자인 운전자의 성별, 나이, 음주 여부 및 사고 피해자인 보행자의 성별, 나이 등의 인적 요인이 사고 심각도에 직접적으로 영향을 미치며, 그 외에 사고 발생시 보행자의 상황에 따른 사고 유형도 사고 심각도에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 그 외에 Lee Hye-Ryung, Kum Ki-Jung and Son Seung-Neo (2011)는 고속도로에서 발생하는 사고의 심각도에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며, 분석결과 승합차종과 차대 사람 사고, 트레일러 및 특수차량과 차대 사람 사고, 주시대만과 흐린 날씨가 교통사고의 심각도에 영향을 주는 것을 확인하였다. 육상교통 분야 외에 항만 분야에서도 안전과 관련된 연구가 진행되어 왔으며, Kim Byung-Hwa et al. (2018)는 철재화물 항만하역 작업과 관련된 안전요인을 인적요인 (예. 작업자의 안전의식, 건강상태 등), 장비 및 설비 (예. 안전장비 설치

여부 및 작업에 적합한 장비 사용 여부 등), 안전교육 (예. 안전감독, 훈련 및 평가, 안전풍토 등) 및 기업환경 (예. 안전 관리 시스템, 운영 매뉴얼, 사후 관리 등)의 4개 주요 요인으로 구분하여 분석하였고, 분석결과 인적요인, 안전교육, 장비 및 설비, 기업환경 순으로 요인의 중요도가 나타남을 확인하였다. Keum Jong-Soo, Yang Weon-Jae and Jang Woon-Jae (2003)은 해상에서 발생하는 선박충돌사고의 원인을 분석하였으며, 그 결과 선박승무원의 경계 불충분, 졸음, 항법미준수 및 보고인계 부적절 등의 인적요소가 사고발생에 영향을 주는 것을 확인하였다.

사고이력자료를 이용한 사고요인의 분석을 통하여 사고발생의 위험도를 평가하는 방법을 제시한 연구도 있다. Yeun Dong-ha, Choi Yong-seok and Kim Sun-gu (2014)는 광양항의 한 터미널에서 발생한 사고 이력자료를 이용하여 안벽장비, 야드장비 및 이송장비 등의 사고유형에 따른 리스크 매트릭스를 제시하였고, Kim Dong-Jin (2016)도 컨테이너 터미널의 하역사고 사례를 이용하여 안벽장비, 야드장비 및 이송장비 등의 사고 유형에 따른 위험도 분석 방법을 제시하였다. 그 외에 Cha Sang-Hyun and Noh Chang-Kyun (2016)은 안벽장비, 야드장비 및 이송장비 등의 사고유형에 따른 발생 요인을 분석하고, 해당 요인과 관련된 안전교육이 사고에 미치는 영향을 분석하였다. Budiyanto and Fernanda (2020), Chlomoudis et al.(2016), Sunaryo and Hamka (2017)은 항만 컨테이너 터미널에서 발생한 사고이력자료를 이용하여 위험요인을 심각도와 빈도로 구분하여 분석하였고, 이를 바탕으로 사고발생 위험을 평가 및 관리하는 방법론을 제시하였으며, Alyami et al. (2014)은 사고발생의 심각도와 빈도 외에 위험요인이 인지되지 못하는 확률과 항만 운영 시스템에 위험요인이 미치는 영향을 추가로 고려하여 컨테이너 터미널에서 발생하는 사고 위험을 평가하는 방법론을 제시하였다. 그리고 Alyami et al. (2019)은 컨테이너 터미널에서 발생하는 유형별 사고 위험이 터미널 운영에 미치는 영향을 평가하기 위한 인덱스를 제시하였다. 그 외에도 Fabiano

et al. (2010)은 컨테이너 터미널에서의 사고자료를 이용하여 부상 사고발생 빈도 및 부상 인덱스를 이용하여 인명사고가 컨테이너 터미널의 생산성에 미치는 영향을 분석하였다.

국내에서의 사고위험요인 분석 연구는 주로 차량과 보행자 등의 도로교통을 중심으로 진행되어 왔으며, 컨테이너 터미널을 대상으로 하는 사고요인 분석의 경우 항만 하역작업과 관련된 안전요인 분석(Kim Byung-Hwa et al. (2018))과 컨테이너 터미널 내에서 발생하는 사고 유형에 따른 위험도 평가방법을 제시한 연구(Yeun Dong-ha, Choi Yong-seok and Kim Sun-gu (2014), Kim Dong-Jin (2016))와 컨테이너 터미널에서의 사고발생 요인에 대한 안전교육이 사고에 미치는 영향을 분석한 연구(Cha Sang-Hyun and Noh Chang-Kyun (2016)) 등이 있다. 하지만 위험도 평가방법 제시를 위한 단계 중 하나인 컨테이너 터미널 작업 중 사고발생에 영향을 미치는 요인을 확인한 연구는 많지 않다. 사고발생에 영향을 미치는 요인을 확인하는 것은 그 결과를 토대로 개발되는 위험도 평가방법의 적정성에도 영향을 미치기 때문에 이를 위한 연구는 중요하다. 본 연구는 부산에 있는 한 컨테이너 터미널에서 과거에 발생한 사고 이력자료를 이용하여 터미널에서 발생하는 사고로 인한 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 한다.

Ⅲ. 분석대상 및 데이터

본 연구는 부산의 컨테이너 터미널 A사에서 발생했던 사고이력자료에 대하여 기초 통계 분석을 수행하였다. 기초자료에서는 차량, 인명, 항만 내 시설, 컨테이너 등 사고발생으로 인한 피해 내역, 피해에 따른 지출비용, 사고가 발생한 구역 및 사고가 발생한 원인 등의 정보가 포함되어 있으며, 이 중 사고발생으로 인한 피해 내역의 경우 인명피해 사고와 object 피해 사고의 두 가지 범주로 구분하였다. 즉 인명 피해가 발생한 사고에 대해서는 전부 인명 피해 사고로 분류하였으며, 인명 피해를 제외한 장비, 항만 내 시설 및 컨테이너의 경우에는 object로

분류하였고, 사고 발생으로 피해를 입은 object의 수에 따라 이를 다시 1개, 2개, 3개 이상이 피해를 입은 사고로 분류하였다. 분석기간은 2017년부터 2018년까지 2년간이며, 결측값을 제외한 데이터의 기초 분석결과는 <Table 1>과 같다.

<Table 1>에서 보는 것처럼, 2017년과 2018년에 해당 터미널에서 발생한 사고 건수는 총 159건이며, 구역별로는 야드에서 70건(44.0%), 에이프런에서 34건(21.4%), 선박에서 39건(24.5%), 터미널 내 도로에서 9건(5.7%), 그 외 지역에서 7건(4.4%)으로 야드에서 사고가 가장 많이 발생했음을 확인할 수 있다. 사고유형의 경우 차량, 장비, 시설 등을 포함하여 1개, 2개, 3개 이상의 object가 피해를 입은 사고 건수, 작업자 부상 등의 인명 사고 건수, 그 외 사고 유형으로 구분하였으며, 1개의 object가 피해를 입은 사고는 106건(66.7%), 2개의 object가 피해를 입은 사고는 21건(13.2%), 3개 이상의 object가 피해를 입은 사고는 6건(3.8%), 작업자 부상 등의 인명 사고는 16건(10.1%), 그 외 사고는 10건(6.2%)으로, 인명 사고를 제외하면 1개의 object가 피해를 입은 사고가 가장 많은 것으로 나타났다. 사고가 발생한 원인으로는 졸음운전이 14건(8.8%), 태풍 등의 자연재해가 2건(1.3%), 연락 불능이 3건(1.9%), 이동/작업 중 부주의가 71건(44.7%), 이동/작업 중 주변 상황 주시 태만이 45건(28.3%), 부주의한 운전 7건(4.4%), 그리고 기타 원인이 17건(10.6%)으로, 이동/작업 중 부주의로 인한 사고가 많이 발생한 것으로 나타났다. 마지막으로 사고 발생으로 인해 지출된 비용의 경우, 지출된 비용이 없는 사고가 66건(41.5%), 1만원에서 10만원 미만의 비용이 지출된 사고가 4건(2.5%), 10만원에서 100만원 미만의 비용이 지출된 사고가 24건(15.1%), 100만원에서 1,000만원 미만의 비용이 지출된 사고가 54건(34.0%), 1,000만원에서 1억원 미만의 비용이 지출된 사고가 11건(6.9%)으로, 지출된 비용이 없는 사고를 제외하면 100만원에서 1,000만원 미만의 비용이 지출된 사고가 가장 많은 것으로 나타났다.

그리고 사고발생으로 인해 지출된 비용을 제외한 변수들을 대상으로 요인분석을 <Table 2>

Table 1. Summary of accident occurred at container terminal A in Busan from 2017 to 2018

			(Unit: %)
	Variable	Number	Ratio
Area where accident occurred	Occurred at yard	70	44.0
	Occurred at apron	34	21.4
	Occurred at vessel	39	24.5
	Occurred on road	9	5.7
	Occurred at other area	7	4.4
Accident type	Accident: one object damaged (1: Yes, 0: No)	106	66.7
	Accident: 2 objects damaged (1: Yes, 0: No)	21	13.2
	Accident: 3 or more objects damaged (1: Yes, 0: No)	6	3.8
	Accident: injury (1: Yes, 0: No)	16	10.1
	Accident: other (1: Yes, 0: No)	10	6.2
	Reason: dozing (1: Yes, 0: No)	14	8.8
	Reason: natural disaster (1: Yes, 0: No)	2	1.3
Reason of accident	Reason: not communicate (1: Yes, 0: No)	3	1.9
	Reason: not keep watching (1: Yes, 0: No)	71	44.7
	Reason: not observed flow (1: Yes, 0: No)	45	28.3
	Reason: rough handling (1: Yes, 0: No)	7	4.4
	Reason: other (1: Yes, 0: No)	17	10.6
	No cost paid	66	41.5
monetary cost for accident(1,000 Won)	10~100	4	2.5
	100~1,000	24	15.1
	1,000~10,000	54	34.0
	10,000~100,000	11	6.9
Total		159	100

Source: 'A' Container Terminal, Internal data 2017-2018.

와 같이 수행하였다. <Table 2>에서 보는 것처럼, 변수들의 요인 값이 대부분 0.6 이상으로 나타나서 사고발생 요인 분석을 위한 변수로 사용하기 적합하다는 것을 보여주고 있다. 한편 요인 분석의 적정성을 확인하기 위하여 Barlett 검정과 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 검정을 수행하였다. 일반적으로 KMO 검정값이

0.5 이상이거나 Barlett 검정에서의 p-value 값이 0.05 이하인 경우 요인 분석을 수행해도 좋은 정도의 상관관계가 존재한다고 할 수 있으며, <Table 2>에서는 KMO 검정값은 0.224로 0.5보다는 낮지만, p-value가 0.00으로 0.05이하이므로 요인 분석을 수행해도 좋은 상관관계가 존재함을 확인하였다.

Table 2. Factor Analysis

Variable	Factors						
	1	2	3	4	5	6	7
Occurred at yard	.725	.118	-.114	.418	-.088	.072	-.203
Reason: dozing	.707	-.077	.061	-.021	-.028	-.213	.105
Occurred at vessel	-.590	-.365	.312	.296	.185	-.148	-.062
2 objects damaged	.552	.010	.350	-.017	.186	.486	-.070
Reason: not observed flow	-.147	.864	.071	-.142	-.027	-.021	.041
Reason: not keep watching	-.268	-.841	-.009	-.188	-.083	-.023	-.018
One object damaged	-.144	-.018	-.865	.001	-.272	-.210	-.114
Injury accident	-.168	.068	.778	-.043	-.251	-.205	-.070
Occurred at apron	-.224	.253	-.221	-.765	-.053	-.061	-.224
Reason: rough handling	-.094	.157	-.173	.664	-.044	-.001	-.172
Reason: not communicate	.056	.029	-.046	-.116	.776	-.005	-.209
3 or more objects damaged	-.183	.002	.086	.125	.712	-.059	.274
Reason: natural disaster	-.097	.002	-.045	.040	-.086	.867	.016
Occurred at road	.005	.062	.005	-.044	-.005	.004	.932
Kaiser-Meyer-Olkin Measure				0.224			
Barlett Spherical Aberration				804.382			
D.F.				91			
p-value				.000			

IV. 실증분석

1. 분석모형

본 연구에서는 3장의 기초통계분석을 토대로 항만 컨테이너 터미널에서 발생한 사고에 의한 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 선형 회귀 모형을 이용하였으며, 분석 프로그램으로는 R 통계 프로그램을 이용하였다. 종속변수는 사고 발생으로 인해 지출된 비용의 로그값으로, 이를 사고 발생으로 인한 피해의 등급으로 정의하였고, 설명변수로는

2개의 object가 피해를 입은 사고, 3개 이상의 object가 피해를 입은 사고, 인명 사고, 사고 원인 중 졸음운전 및 이동/작업 중 주변상황 주시 태만을 사용하였다. 위의 변수들을 이용한 회귀분석 식은 식 (1)과 같다.

$$\log Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 \quad (1)$$

(Y: 사고발생으로 인한 지출비용, x_1 : 2개의 object가 피해를 입은 사고, x_2 : 3개의 object가 피해를 입은 사고, x_3 : 인명사고, x_4 : 사고원인이 졸음운전임, x_5 : 사고원인이 주변상황 주시 태만임)

Table 3. Result of a linear regression model

Variable	Coefficients	t-values	VIF
Constant	1.169	7.948 ***	-
Accident: two objects damaged	1.287	3.936 ***	1.070
Accident: more than three objects damaged	1.416	2.502 *	1.015
Accident: injury	0.555	1.541	1.024
Reason: dozing	1.189	3.014 **	1.090
Reason: not observed flow	0.246	1.013	1.042
R-squared	0.1885		
Adjusted R-squared	0.1619		
F-value	7.106 with 153 degree of freedom		
p-value	5.286e-6		

Notes: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Marginal effect의 경우, Y를 그대로 설명변수로 사용하는 일반 회귀분석에서는 각 독립변수의 계수값이 marginal effect이므로 별도로 계산하지는 않지만, Y에 log를 취하여 이를 설명변수로 사용할 경우, 독립변수 x값의 변화에 따른 marginal effect를 계산하며, 이는 식 (2)와 같다.

$$\frac{\Delta Y}{Y} = (e^{\beta \Delta x} - 1) \tag{2}$$

2. 분석결과

부산에 있는 컨테이너 터미널에서 2017년~2018년 발생한 사고이력자료를 이용하여 사고발생으로 인한 피해정도에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과는 <Table 3>과 같다.

<Table 3>에서 보는 바와 같이, 인명사고 및 이동/작업 중 주시태만을 제외한 모든 변수의 t-값이 높아서 통계적으로 유의함을 확인할 수 있다. 구체적으로는 2개의 object가 피해를 입은 경우, 3개 이상의 object가 피해를 입은 경우, 그리고 장비 운전자가 졸음운전을 한 경우 모두 사고 발생으로 인한 피해 등급과 양의 상관성을 가지고 있어서, 이러한 케이스에 해당

될 경우에 사고발생으로 인한 피해 정도가 높아지는 것을 발견하였다. 이는 컨테이너의 양 하적 및 이송이 이루어지는 작업환경에서 이를 담당하는 운전자의 주의 부족으로 인하여 2개 이상의 장비가 사고에 관련되면서 그로 인한 피해가 커지는 것으로 해석될 수 있다. 그 외에 2개의 object가 사고로 피해를 입은 경우보다는 3개 이상의 object가 피해를 입은 경우의 계수값이 높아서, 3개 이상 object가 피해를 입은 경우가 피해 등급에 미치는 영향이 더 높은 것을 확인하였다. 이는 3개 이상의 장비가 사고에 관련될 때 대형사고로 발전하는 경우가 많음을 고려하면 적절한 설명이라고 할 수 있다. 또한 다중공선성의 척도를 나타내는 VIF (Variance Inflation Factor)의 경우, 모든 변수의 VIF 값이 1.0의 근사값을 갖는 것으로 나타났다. VIF 값이 1에 가까울수록 다중공선성의 정도가 작은 것이므로, 분석에 사용된 변수들이 가지는 다중공선성은 낮다고 할 수 있다.

그리고 각 독립변수의 변화에 대한 marginal effect를 <Table 4>와 같이 계산하였다. <Table 4>에서 보는 바와 같이, 2개의 object가 사고에 의해 피해를 입은 경우에는 사고 피해 등급이 약 262% 증가하고, 3개 이상의 object가 피해를 입은 경우에는 약 312% 증가하며, 사고 발생

Table 4. Result of a linear regression model

Variable	Marginal effects
Accident: two objects damaged	2.62
Accident: more than three objects damaged	3.12
Reason: dozing	2.28

원인이 운전자의 졸음운전인 경우에는 사고 피해등급이 약 228% 증가하는 것을 알 수 있다. 각 변수들에 대한 marginal effect를 비교했을 때, 사고발생 원인이 졸음운전인 경우의 marginal effect의 크기가 가장 작은 반면, 3개 이상의 object가 사고로 인해 피해를 입은 경우의 marginal effect가 가장 커서 해당 케이스의 발생이 피해 등급에 미치는 영향이 크다는 것을 확인할 수 있다.

3. 시사점

본 연구에서는 선형회귀 모형을 통하여 항만 컨테이너 터미널 A에서 발생한 사고에 의한 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 분석하였는데, 그 결과 2개 이상의 object가 사고로 인하여 피해를 입은 경우, 그리고 장비 운전자가 졸음운전을 한 경우에 사고로 인한 피해 정도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 각 변수의 변화에 따른 marginal effect를 분석한 결과, 3개 이상의 object가 사고로 인해 피해를 입은 경우 피해 등급의 증가율이 높아서 해당 사고가 사고 피해등급에 미치는 영향이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 컨테이너의 양하적 및 이송작업이 이루어지는 작업 특성을 고려할 때 컨테이너 관련 작업을 담당하는 장비 운전자가 졸음운전으로 인하여 주변 상황을 인지하지 못할 때, 그리고 그로 인하여 2개 이상의 장비가 사고에 관련될 때 사고로 인한 피해가 증가한다고 해석될 수 있다. 그리고 이러한 결과는 컨테이너 터미널에서 위험요인 최소화를 위한 안전관리 계획 수립시에 2개 이상의 object가 한 작업구역에 있고 사고가 발생할 가능성이 있는 경우, 그리고 장비 운전자를 포함한 작

업자의 피로도를 고려해야 할 필요성을 시사하고 있다. 인적 요인의 경우 기존 연구에서도 운전사의 피로도(Park Young-Ho (2000)), 항만 하역 작업자의 건강상태(Kim Byung-Hwa et al. (2018)) 등이 사고 발생 및 안전에 중요한 영향을 미치는 것을 발견했음을 고려할 때, 안전계획 수립에서 중요한 요소임을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 부산 지역의 컨테이너 터미널 중에서도 한 곳에서 발생한 사고 이력자료만을 이용하였지만, 타 터미널에서도 사고발생 이력자료를 수집하여 분석에 이용한다면 각 터미널 별로 사고발생 및 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 찾아낼 수 있고, 이를 통하여 공통적인 위험 요인을 발견할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이렇게 분석된 결과는 사고발생 위험 요인의 최소화를 통한 컨테이너 터미널의 안전성 제고 및 운영 효율화를 위한 안전관리 계획 수립에 도움이 될 것으로 기대된다.

V. 결론

본 연구에서는 선형회귀 모형을 통하여 부산 내 항만 컨테이너 터미널 중 한 곳에서 발생한 사고에 의한 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 그 결과 2개 이상의 object가 사고로 인하여 피해를 입은 경우, 그리고 장비 운전자가 졸음운전을 한 경우에 사고로 인한 피해 정도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 2개보다는 3개 이상의 object가 사고에 관련되었을 때 사고 피해정도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 해당 컨테이너 터미널에서 위험요인 최소화를 위한 안전관리 계획 수립에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 부산 지역의 컨테이너 터미널 중에서도 한 곳에서 발생한 사고 이력자료만을 이용하였는데, 표본 수가 충분하지 않아서 회귀분석으로 유의한 변수들을 분석하기에는 어려움이 있다. 따라서 향후 연구에서는 해당 터미널에서 추가 사고이력자료를 수집하여 회귀 분석을 수행하거나, 적은 표본 수로도 사고요인 분석이 가능한 random forest나 decision tree 방법을 분석에 활용해야 할 것으로 보인다.

본 연구에서 수행한 사고요인 분석 결과는 컨테이너 터미널에서 위험요인 최소화를 위한

안전관리 계획 수립에의 활용을 위한 시작점이 될 것으로 기대된다. 특히 여러 터미널에서 사고발생 이력자료를 수집하여 분석에 이용한다면 각 터미널 별로 사고발생 및 피해 정도에 영향을 미치는 요인을 찾아낼 수 있고, 이를 통하여 공통적인 위험 요인을 발견할 수 있을 것이다. 또한 이렇게 분석된 결과는 사고발생 위험요인의 최소화를 통한 컨테이너 터미널의 안전성 제고 및 운영 효율화를 위한 안전관리 계획 수립에 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- Alyami, H., P. T. W. Lee, Z. Yang, R. Riahi, S. Bonsall and J. Wang (2014), “An Advanced Risk Analysis Approach for Container Port Safety Evaluation”, *Maritime Policy & Management*, 41(7), 634-650.
- Alyami, H., Z. Yang, R. Riahi, S. Bonsall and J. Wang (2019), “Advanced Uncertainty Modeling for Container Port Risk Analysis”, *Accident Analysis and Prevention*, 123, 411-421.
- Budiyanto, M. A. and H. Fernanda (2020), “Risk Assessment of Work Accident in Container Terminals Using the Fault Tree Analysis Method”, *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(6), 466.
- Chlomoudis, C. I., P. L. Pallis and E. S. Tzannatos (2016), “A Risk Assessment Methodology in Container Terminals: The Case Study of the Port Container Terminal of Thessalonica, Greece”, *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 4, 251-258.
- Cha, Sang-Hyun, and Chang-Kyun Noh (2016), “The Accidents Analysis for Safety Training in The Container Terminal”, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 40(4), 197-205.
- Choi, Jai-Sung, Sang-Youp Kim, Kyung-Sung Hwang and Seung-Yup Baik (2009), “Severity Analysis of the Pedestrian Crash Patterns Based on the Ordered Logit Model”, *International Journal of Highway Engineering*, 11(1), 153-164.
- Choi, Jai-Sung, Sang-Youp Kim, Sung-Kyu Kim, Jun-Hyoung Yeon and Chil-Hyun Kim (2015), “A Study on Pedestrian Crashes Contributing Factors During Jaywalking – Focused on the case of Seoul”, *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 14(3), 38-49.
- Fabiano, B., F. Curro, A. P. Reverberi and R. Pastorino (2010), “Port Safety and the Container Revolution: A Statistical Study on Human Factor and Occupational Accidents Over the Long Period”, *Safety Science*, 48, 980-990.
- Keum, Jong-Soo, Weon-Jae Yang and Woon-Jae Jang (2003), “A Study on the System Dynamics Analysis for Human Factors in Ship’s Collision Accidents”, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 27(5), 493-498.
- Kim, Byung-Hwa, Sung-hoon Park, Jeong-Min Gong and Gi-Tae Yeo (2018), “A Study on the Safety

- Factor Analysis of Bulk Cargo Handling Using Fuzzy-AHP: Focused on Steel Cargo”, *Journal of Digital Convergence*, 16(2), 179-188.
- Kim, Dong-Jin (2016), “A Risk Analysis of Accidents for Improving Port Logistics Productivity – A Case Study of a Container Operator of a Port”, *Productivity Review*, 30(4), 53-79.
- Korea Port Logistics Association (2018), *Statistics and Cases of Cargo Handling and Accident Situation* (Issue Paper, No. 33), Seoul: Korea Port Logistics Association.
- Lee, Hye-Ryung, Ki-Jung Kum and Seung-Neo Son (2011), “A Study on the Factor Analysis by Grade for Highway Traffic Accident”, *International Journal of Highway Engineering*, 13(3), 157-165.
- Park, Young-Ho (2000), “An Analysis of Traffic Accidents in Terms of Human Factors: The Case of Bus-Drivers”, *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 13(2), 75-90.
- Sunaryo and M. A. Hamka (2017), “Safety Risks Assessment on Container Terminal Using Hazard Identification and Risk Assessment and Fault Tree Analysis Methods”, *Procedia Engineering*, 194, 307-314.
- Yeun, Dong-ha, Yong-seok Choi and Sun-gu Kim (2014), “An Assessment & Analysis of Risk Based on Accident Category for Container Terminals”, *Journal of Shipping and Logistics*, 30(4), 843-858.