

컨테이너 터미널 안전관리 개선방안에 관한 연구 - 위험성 평가 및 보우타이 기법 이용 -

박성훈* · 유지원** · † 김울성 · 정권재***

*한국해양대학교 해양금융물류대학원 해운항만물류학과,
**한국해양대학교 KMI학연협동과정 해양정책융복합전공,
† 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수,
***한국해양대학교 글로벌물류대학원 해운항만물류학과

요 약 : 부산항은 “한진 해운 파산”과 같은 불확실한 해운 상황에도 불구하고 2017년도 2,000만 TEU 이상 물동량을 처리하였다. 선박 생산성 또한 높은 수준으로 세계에서 가장 바쁜 터미널 6위를 달성하였다. 우리는 이러한 높은 수준을 유지하기 위하여 고객에게 생산성뿐만 아니라 고품질의 안전성 또한 제공하여야 한다. 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 : 위험성 평가, 보우타이 기법, ALARP, 부산항, 안전관리

컨테이너 터미널 안전관리 개선방안에 관한 연구
- 위험성평가 및 보우타이 기법 이용 -

한국해양대학교

김울성
박성훈
유지원
정권재

연구 배경 및 방법

- 항만 하역업의 경우 2003년에서 2009년까지 7년간 사고발생률 및 경제적 손실액을 종합적으로 살펴보면, 피해금액은 2,725억으로 집계

< 업종별 사고 재해 발생현황 >

구분	사업장	근로자	산업재해	사망사고	사고 재해율 (%)	사망 만연율 (%)
제조업	342,700	3,967,908	25,579	260	0.64	0.66
건설업	329,061	3,249,687	22,935	434	0.70	1.34
운·송업	60,394	776,341	3,862	74	0.49	0.95
항만 하역업	442	31,495	31,495	5	0.71	1.59

출처: KOSHA, 항만 하역사재임, 2015

- 부산항 ‘A’ 터미널에서 발생사고 데이터를 분석하여 어떤 장비가 가장 많은 사고를 발생하였고 어떤 위험점이 높은지 위험성 평가 기법으로 알아본 후 사고를 미연에 방지하기 위한 방안을 보우타이 기법으로 활용하여 개선방안 제시

INDEX

- 01 연구 배경 및 방법
- 02 안전관리 이론적 배경
- 03 부산항 컨테이너 터미널 시설 및 하역 재해 현황
- 04 재해사고 데이터 분석을 통한 개선방안
- 05 연구 결론

연구 배경 및 방법

- 항만 하역업의 경우 2003년에서 2009년까지 7년간 사고발생률 및 경제적 손실액을 종합적으로 살펴보면, 피해금액은 2,725억으로 집계

안전관리 이론적 배경

- 위험성 평가 (Risk Assessment)**란 위기관리, 리스크 매니지먼트 중 하나의 구성 요소로 정의된 평가 적용 분야로 재정, 손실, 부상, 환경영향, 명성하락 등 다양하며 평가 대상은 매우 광범위
- 위험성 평가 관련 법규**
우리나라 **산업안전보건법**은 근로기준법에서 출발하여 위험방지, 안전장치, 안전보건교육, 건강진단 등으로 구성

제41조의2(위험성 평가)

- ① 사업주는 건설물, 기계·기구, 설비, 원재료, 가스, 증기, 분진 등에 의하거나 작업 행동, 그 밖에 업무에 기인하는 유해·위험요인을 찾아내어 위험성을 결정하고, 그 결과에 따라 이 법과 이 법에 따른 명령에 의한 조치를 하여야 하며, 근로자의 위험 또는 건강장해를 방지하기 위하여 필요한 경우에는 추가적인 조치를 하여야 한다.
- ② 사업주는 제1항에 따른 위험성평가를 실시한 경우에는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 실시 내용 및 결과를 기록·보존하여야 한다.
- ③ 제1항에 따라 유해·위험요인을 찾아내어 위험성을 결정하고 조치하는 방법, 절차, 시기, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시한다.

† 교신저자 : 종신회원, logikys@kmou.ac.kr

안전관리 이론적 배경

• 위험성 평가 절차

위험성 평가 시 관리감독자들이 함께 브레인 스토밍 방법 (Brain Storming method) 실시

- ① 사업장 내 어떤 위험이 있는지 파악
- ② 위험성은 R(위험): L(빈도) × S(강도)
- ③ 위험성 평가표를 통해 수용 가능한 위험 파악
- ④ 위험성을 통제할 수 없다면 빈도와 강도를 경감할 수 있는 방안 생각
- ⑤ 비용대비 효과를 분석하여 최적의 ALARP 유지

안전관리 이론적 배경

• 위험성 결정

<위험성 평가표>

위험성 수준 (R)	상관 (L)	빈도 (L)	폭력 (S)	피동적 (S)	위험성 (R)				
					위험성 (R)				
					A	B	C	D	E
1	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험	적극적 위험
2	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험
3	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험
4	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험
5	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험	중요한 위험

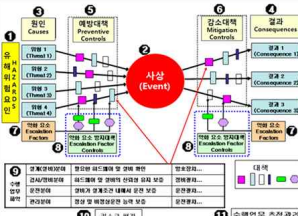
자료 : A사 내부 자료

■ 수용 불가능한 위험

안전관리 이론적 배경

• 보우타이 기법

- 보우타이 리스크 평가란 유해위험요소로부터 결과까지 리스크 경로를 따라 예방대책 및 감소 대책을 분석 및 설명하기 위한 위험성 평가 기법
- 유해위험요인, 사상 원인, 사상 결과, 사상 발생 예방을 위한 대책, 사상 결과를 감소하기 위한 대책, 기능을 악화 또는 무효화시키는 방지 대책이 표시되는 특징



<보우타이 평가 절차>

자료: KOSHA Guide X-19-2010(리스크 분석방법에 관한 지침)

안전관리 이론적 배경

• 컨테이너 터미널 안전관리 개선 관련 국내 선행연구 • 위험성 평가기법을 이용한 국외 선행연구

연구자	연구주제	연도	연구자	연구주제	연도
박용욱, 육신우	항만하역 작업 단계별 안전성향의 문제점 및 대책	2001	Hari Ajiyanti, Zaki Yang, Ramlin Rahi, Stephen Borsari, Jim Wang	Advanced uncertainty modelling for container port risk analysis	2010
박용욱	항만하역 작업환경관리 개선방안	2002	Sunaryo, Mochamad Achya Hamka	Safety Risks Assessment on container terminal using hazard identification and risk assessment and fault tree analysis methods	2013
남영우, 이창호	인한항 항만하역 재해분석 및 예방대책에 관한 연구	2005	A de Ruijter, F. Guidermund	The bowtie method: A review	2014
김우선, 최상희, 이주호, 하우희	항만하역관리 선진화 방안연구	2009	Islam H. Alefy	Hazard Analysis and Risk Assessment for Industrial Processes using FMEA and Bowtie methodologies	2015
이남수	컨테이너 터미널 재해 분석 및 개선방안	2013	Ute Christine Ehlers	Assessing the safety effects of cooperative intelligent transport system: A bowtie analysis approach	2016
박시영	피시잡을 이용한 항만 안전 인지도 평가 : 이용지침을 중심으로	2013	Petrolis L. Pallis	Port Risk Management in Container Terminals	2017
이원희	SAE를 이용한 항만하역 안전관리 개선방안에 관한 연구	2017			
이원용	항만하역용사자의 안전분담기대 태도가 안전행동에 미치는 영향	2017			

부산항 컨테이너 터미널 시설 및 하역 재해 현황

• 부산항 항만 하역 재해 현황

<근속 기간별 재해자 현황 2016 >

구분	1년 미만	1-3년	3-5년	5-10년	10년 이상
명수	-	4	2	1	5
비율 (%)	-	33.3	16.7	8.3	41.7

<사고시간별 재해자 현황 2016 >

구분	7-12시	12-17시	17-22시	22-03시	03-07시
명수	6	4	-	2	-
비율 (%)	50.0	33.3	-	16.7	-

<사고 형태별 재해자 현황 2016 >

구분	추락	전도	충돌	낙하	비레
12명	2	5	1	-	-
비율 (%)	16.7	-	41.7	8.3	-
붕괴	법적	바람	무려원동작	접촉	기타
-	-	-	2	1	1
-	-	-	16.7	8.3	8.3

재해사고 실증자료 분석을 통한 개선방안

• 컨테이너 터미널 'A' 사 실증자료 분석 (2015-2017)

<연도별 재해발생 추이 2015-2017 >

구분	2015년	2016년	2017년
사고건수	37	25	15
작업자 상해	2	1	0

<시간대별 사고발생 분류 2015-2017 >

구분	0-4시	4-8시	8-12시	12-16시	16-20시	20-24시
사고건수	17	14	9	13	13	11
비율 (%)	22	18	12	17	17	14

<요일별 사고발생 분류 2015-2017 >

구분	월	화	수	목	금	토	일
사고건수	14	6	11	9	11	10	16
비율 (%)	18	8	14	12	14	13	21

