

보관작업장 사고방지 예방에 관한 연구: 랙 작업장을 중심으로

정병현* · 김기홍**

*우송대학교 교수 · **우송대학교 초빙교수

A Study on Cargo Picking Safety Work: Focusing on Rack Work Place

Byung Hyun Chung* · Ki Hong Kim**

*Woosong University Professor · **Woosong University Visiting Professor

Abstract

Rack is a place to store products. Workers pick products from rack storage. After picking up, workers move to another location by forklift. Driving speed, worker condition, and number/frequency of operation is responsible for forklift accidents. When an accident occurs, products get damaged. Therefore, it is important to prevent one. As the research result, To prevent forklift accidents, the minimum order quantity, the minimum number of operations, and low speed operation are required.

Keywords : Logistics center rack work place, Picking, Safety Work, Forklift

1. 서론

물류센터 내 작업장별 기계장치가 있는 곳은 랙이 설치된 공간, 컨베이어가 설치된 공간, 도크레벨이 설치된 공간이 대표적이다. 기계설비는 생산 작업을 하기 위해 필요한 동력, 유틸리티, 전력, 센싱, 부속 장치 등이 합쳐져 기계설비를 동작하게 하는 시스템으로 볼 수 있다[1] 기계장치가 설치된 곳은 산업재해가 발생된다. 한국산업안전보건공단의 2020년 사고발생 보고서에 의하면 사고발생으로 사망한 노동자가 882명이고, 사고발생형태를 보면 떨어짐이 37.2%이고 끼임이 11.1%이며 부딪힘, 물체에 맞음, 깔림, 뒤집힘 등의 순서로 발생되었다. [2] 뿐만 아니라, 서비스업에서는 떨어짐, 부딪힘, 끼임, 넘어짐 등의 사고가 전체 122명 중 76명으로 전체 6%를 차지한다[2]

물류센터 내 작업장별로 산업재해가 발생할 경우, 각 작업장에서 산업재해 유형별로 발생원인을 분류해보면 다음과 같다. 첫째, 랙이 설치된 공간에서는 떨어짐, 부딪힘, 물체에 맞는 경우가 발생할 것이고, 둘째, 컨베이어 작업장에서는 끼임, 뒤집힘, 부딪힘 등의 사고가 발생되며, 마지막으로 도크레벨 작업장에서는 떨어짐, 깔림, 뒤집힘 등의 사고가 발생할 수 있다. 자동화, 기계화의 의존도가 높은 운영방식의 물류센터에서 사고는 경미한 사고가 발생

되어도 단순 재해로 처리할 가능성이 높은 것으로 추정된다. 하지만 발생율이 낮다고 해서 산업재해 발생을 예방하지 않는다면 큰 재해로 이어질 수 있을 것이다.

산업재해는 건설업과 제조업에서 주로 많이 발생된다. 다른 산업현장들은 소수의 산업재해가 발생할 것이고, 물류센터도 소수의 산업재해가 발생하는 현장 중 한 곳이다. 산업재해가 발생하게 되면, 기업은 법적인 문제, 사회적인 문제 등으로부터 많은 책임을 지게 되고 불이익도 감수해야 한다. 그래서 기업은 산업안전 예방에 많은 노력을 기울여 한다.

물류센터의 운영방식이 자동화, 기계화와 같은 본 연구에서는 물류센터 내 랙이 설치된 보관작업장에서 화물의 피킹작업 횟수와 지게차 속도에 따른 랙 또는 화물에 부딪히는 사고 발생 가능성을 실험연구하고 랙과 화물에 지게차가 부딪힌 후 화물의 낙하 발생 가능성을 실험 연구하려고 한다. 동일한 화물 무게에서 작업의 횟수에 따라 작업 후 지게차 운행 시 랙에 부딪힘으로 랙에 있는 화물과 지게차에게 있는 화물의 안전성을 예방 할 수 있는 방안이 필요하다. 실험연구를 통해 예방원인과 예측에 따라 문제점을 해결할 수 있는 개선안을 제시하려고 한다. 뿐만 아니라, 연구의 구성은 서론, 선행연구, 연구모형과 실험을 통한 연구모형의 결과, 결론으로 진행하려고 한다.

†본 논문은 2022년 우송대학교 교내 학술연구조성비 지원을 받아수행된 연구임

†Corresponding Author : Kihong Kim, Department of Logistics System, Woosong University, 171 Dongdaeseon-no, Daejeon 300-712, Korea, E-mail: akk72@korea.com

Received August 02, 2022; Revision September 15, 2022; Accepted September 19, 2022

2. 선행연구

산업재해가 발생할 수 있는 물류센터에서 산업재해가 소수로 발생하는 원인은 앞에서 언급되었듯이, 인사사고가 아니면, 산업재해에 대한 인식이 가벼운 경미사고로 판단하거나, 거래처 신용에 때문에 큰 사고로 인식하지 않을 수 있다. 하지만, 지게차로 인한 사고는 대형화, 중량화, 고속화 등에 수반하는 등 새로운 형태의 산업재해가 발생되게 되었다.[3] 하지만 실외에서는 대형화, 중량화가 가능하지만 실내에서는 고속화로 인한 지게차 사고발생 가능성이 높다. 박운규외2명은 지게차 사고재해 종류로 협착사고, 충돌사고, 전도사고로 구분하고 그 원인으로는 감시자 미배치, 급선회, 급제동 오조작 운전미숙과 위험작업 구역내 출입 금지 위반, 신호불량, 운전결함, 편중된 하중 등의 원인으로 조사연구 되었다.[3] 보관작업장에 지게차 사고발생 한다면 급선회, 급제동, 운전미숙, 운전결함, 편중된 하중으로 사고원인으로 적용 가능성이 높다.

이시형 외1명은 지게차 전도예방은 지게차 반응속도에 따라 구조적으로 전류구동과 후륜구동으로 나누어 하중에 따라 구동에 설치된 실린더의 각도가 각각 15℃에서 수평이 이루어지고 안전을 유지할 수 있는 반응속도에 대한 데이터 분석 시뮬레이션 연구가 진행되었다

배황빈외4명은 화물의 무게를 다르게 하여 1인이 작업할 수 있는 무게를 3종류와 차이는 5Kg과 2인이 할 수 있는 무게를 3종류와 차이는 10Kg씩 나는 중량물 상자를 들게 한 후 위험 발생율이 1인의 경우 37%와 2인의 경우 39%가 발생할 수 있다는 연구결과가 나왔다.[5] 가벼운 화물인 경우 1인이 작업을 하는 것도 부하는 발생되지만 2인의 작업에서 부하로 인한 사고 발생은 1인보다 높게 나왔다는 것은 2인 작업자들의 서로 간 작업에 대한 규칙이 없으면 발생율이 더 높게 나타날 수 있는 것으로 해석된다.

최원석외 1인은 팔을 어깨위로 올리는 작업 자세에서의 작업부하가 발생하는 각도는 1Kg일 때는 30도 2kg과 3Kg는 90도일 때 작업자들의 주관적인 판단 하에서 위험한 범위라고 연구되었다[6] 물류센터에서 랙이 설치된 작업장에서 작업자들이 박스를 파렛타이징 할 경우 화물의 무게와 어깨위로 박스를 올리는 작업을 하게 된다. 이 때 주관적인 판단으로 작업자들은 작업의 과부하가 발생되면 랙에 부딪히는 사고유형이 발생할 수 있다.

본 연구에서는 물류센터에서 산업재해 발생 건수가 다른 산업에 비해 사고 발생율이 매우 낮은 것으로 판단된다. 화재로 인한 산업재해 사고, 지게차 충돌 또는 낙하와 같은 산업재해 사고는 사망사고로 이어져서 중대한 산업재해로 인식되어 기업에서도 조심한다. 하지만 작업자 작

업부하로 인한 지게차 운행 시 부딪힘, 낙하로 인한 기계 장치의 붕괴, 화물의 낙하 등의 사고가 경미한 것으로 처리되고, 인사사고, 화재사고와 같은 산업재해만이 중대사고로 처리되면 산업재해에 대한 경미한 사고발생 건수로 인해 산업재해 예방의 발전 속도는 늦추어지는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 산업재해에 대한 연구가 현실적으로 매우 부족하다. 선행연구에서처럼, 다른 산업의 산업재해에 관한 연구는 많은 진화가 되어 있는 것으로 보여진다. 물류센터 내 작업장별 사고 유형에 따른 안전예방에 관한 연구는 지속적으로 이루어져야 한다.

3. 연구모형

3.1 연구 배경

물류센터 내 기계장치가 설치된 곳은 보관 장소의 랙과 분류장소의 컨베이어, 화물의 상하차 장소의 도크레벨이다. 3곳의 기계 중 동력에 의해 작동하는 곳은 컨베이어와 도크레벨이다. 일반창고의 경우 랙은 고정식이 대부분이다. 동력에 의해 작동되는 기계설비 안전조건은 구조의 안전화, 작업 점의 안전화, 보전작업의 안전화 조건이 필수적이라고 할 수 있고 랙은 외형의 안전화가 필수적이다.[1] 본 연구에서는 작업 점의 안전화에 대한 문제로 파커들이 파킹 작업 후 지게차로 인해 레게 부딪혀 지게차 사고 발생을 예방에 관한 실험연구이다. 지게차로 랙을 부딪치게 되면 랙 장치가 휘어지거나 부러지는 현상이 발생되면 랙 보관되어 있는 제품의 낙하 사고가 발생된다.

창고보관 시스템의 운용에서 오더피킹 시스템 중 주문 형태별로 분류하면 총 9가지로 분류하며, 그 중 적재방법과 파중방법(씨뿌리기 방식)과, 따내기 방법(집어내기 방식)이 있다.[6] 전자는 랙에 보관된 화물별로 오늘 출고될 화물의 총 수량을 피킹하고 출고장으로 이동 후 거래처별 출구수량을 차량별로 화물을 나누어 주는 방식이다. 후자는 빈 파렛트 또는 컨테이너를 가지고 거래처별 주문 수량을 각각 파렛타이징 하는 방식이다. 예를 들면, 씨뿌리기 방식은 3개의 거래처 A, b, C 총 제품 주문수량을 전체 피킹 한 후 출고장에서 거래처별로 재분류 피킹한다면, 따내기 방식은 하나의 파렛트에 첫 번째 거래처 주문량 A, B, C 주문품목수를 집어서 파렛타이징 하는 방식이다

씨뿌리기방식과, 집어내기 방식으로 보관작업장에서 피킹을 실시하고 피커들의 작업 과로에 의해 지게차를 운하게 한다. 랙과 랙사이는 간격이 지게차 1대가 회전할 수 있는 거리이기에 조금의 속도가 높아져도 랙을 부딪힐 수 있는 발생률이 높다. 따라서 피킹작업으로 인한 피커들의

작업피로도를 높이지 않아야 지게차 운행으로 인한 렉에 부딪힘 발생을 낮출 수 있다.

3.2 연구모형 정의

3.2.1 실험계획법

실험연구는 영국의 R.A. Fisher의 실험계획법에 따른다. 즉 해결하고자 하는 문제를 대상으로 실험을 행하고 데이터를 어떻게 취급하며, 또한 실험을 통하여 얻어진 데이터를 통계적으로 분석하면 최소의 노력과 비용으로 최대의 정보는 얻는 계획이다.[7] 본 연구에서 실험계획을 통해 사고의 발생가능성을 실험하고 얻어진 데이터로 유의하게 통계적으로 분석하여 예방을 위한 개선방향을 제시하려고 한다.

3.2.2 연구모형 정의

연구모형은 앞에서 언급되었듯이, 주문수량에 따라 피킹작업 후 일정속도에 의해 지게차를 운행하면 렉을 부딪히는 재해 사고가 발생하지 않도록 예방하기 위한 연구이다.

[Figure 1]의 통로는 지게차가 직선으로 운행하고 회전할 수 있는 통로이다, 이곳에서 주문에 따른 피킹작업을 하며, 집어내기 방식으로 운행된다. 또한 지게차는 화물이 담겨진 파렛트를 렉에 적재하거나 적출하여 출고장으로 이동하게 되므로 이동할 수 있는 반경이 매우 좁다, 이것이 씨뿌리기 방식의 운영방법이다. 마지막으로 피킹은 집어내거나 씨뿌리기 방식의 모두 적용되므로 피킹작업 후 잔량이 남은 상태이다.



[Figure 1] The causal factors of the research model

3.2.3 연구요인

실험계획의 연구를 위해, 3자물류 기업의 전산 자료를 기초로 3개월간 일일 자료를 기초로 실험 요인을 <Table 1>처럼 정리하였다.

<Table 1> Design factor

factor	Min	Max	Min	Max
25Kg number of boxes	1	10	10	20
number rate of picking	1	10	10	20
speed	0.25	0.45	0.25	0.45
bump	1	5	1	5

3개의 요인들은 25Kg 박스 수이다. 주문수량이 1개인 경우, 2개인 경우, 10개인 경우의 수이고, 주문수량에 따라, 작업횟수는 총 10회 기준으로 10회 미만과 10회 이상으로 구분하여 어느 영역에서 속도에 따라 지게차 운행 시 렉에 부딪힘이 발생하는지를 실험하였다. 일반적으로 작업의 횟수가 많으면, 작업의 피로도가 떨어져 다음 작업에서 작업의 집중도는 떨어진다, 하지만 본 연구에서처럼 10회를 전후로 피킹 작업을 실시 후 어떤 영역에서 작업의 피로도로 인해 다음 작업에 사고가 발생 될 수 있는 영향이 있는지를 실험하고, 영향이 없는 범위를 벗어나면 사고가 발생되지 않게 개선안을 제시하여 참조할 수 있는 연구를 하고자 한다.

3.3 연구모형 실험설계

요인 배치법의 실험계획은 실험하고자 하는 요인들의 주효과 뿐만 아니라 요인들 간의 교호작용을 검정하는데 효과적이다[8] 즉 요인 실험에 따라 인자에 대한 각 수준의 모든 가능한 조합에 대하여 반복 실험을 하여 인자의 효과(주효과와 교호작용 효과)를 구하고자 함이다.[7] 즉 어떤 인자들이 효과에 크게 영향을 요인들 간의 상호작용 결과를 실험 분석하기 때문이다. 본 연구에서 25Kg의 주문 수량, 작업횟수, 속도의 인자들이 지게차 운행 시 렉에 부딪히는 사고가 발생 가능성의 영향을 미치는 인자를 찾는 것이다. 각각의 독립적인 인자도 있지만 교호작용을 통한 인자도 발생된다. 예를 들면, 25Kg 주문수량이 많아서 지게차 운행 시 렉에 부딪힐 수 있는 원인도 되지만, 25Kg 주문수량이 많고 속도가 빨라서 지게차 운행 시 렉에 부딪힐 수 있기도 하다. 실험계획의 2³형 요인배치 데이터 구조는 <Formula 1>처럼 A,B,C 3인자 각각의 수준이 2인 실험이며, (abc)ijk와 e ijk는 서로 교락되어 있어 3인자 교호작용(abc)ijk와 오차e ijk는 서로 분리검출을 할 수 없어 반복 실험한다.[7]

<Formula 1> research experiment formula

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + c_k + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + e_{ijk}$$

$$i, j, k = 0, 1$$

$e_{ijk} \sim N(0, \sigma E^2)$ 이고 서로 독립

<Table 1>의 실험계획 요인들을 배치하여 MiniTab14 프로그램을 통해 스크리닝 설계를 구성한 결과, 표준순서(S/O:StdOrder)는 처음 실험이 설계될 때의 순서, 실험 실행순서(R.O:RunOrder)는 실험 계획 후 실험 실시에 따른 랜덤순서[8]로 25Kg 박스 주문 수량, 작업횟수, 속도의 설계된 계산값은 <Table 2>의 구성된 표이다.

<Table 2>의 요인설계방식 구성표는 25Kg 주문량이 10 ~ 20개이고, 작업횟수는 10 ~ 20번이다. 속도와 부딪힘의 횟수는 25Kg 주문량이 1 ~ 10개와 작업횟수는 1 ~ 10번의 실험요인을 분류하고 속도(m/s)와 부딪힘(횟수)은 동일한 조건에서 각각의 요인설계방식 구성표를 작성하고 실험하였다. 속도는 최소 0.5미터를 2초동안 이동하고 같은 시간 내 최대 0.9미터 이동하는 조건이며, 부딪힘은 1 ~ 5 사이의 부딪힘 가능 범위로 설계하였다. 그리고 같은 방법으로 렉에 부딪힌 후 낙하 가능성에 대한 실험도 함께 부딪힘 단계보다 낮은 데이터를 입력하여 진행하였다.

3.4 연구결과

물류센터에서 인력을 통해 작업하는 경우는 피킹에서 많이 발생된다, 택배의 경우도 25Kg 이상의 박스무게는 기계를 통해 피킹작업을 하는 경우가 많다. 물류센터도

25kg이 넘는 제품들은 2명의 피킹작업자들이 투입되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 25Kg의 제품무게를 실험 요인으로 설계하였다. 25Kg 제품무게를 1회 이상 피킹작업을 하게 되면 작업의 피로도는 올라가고 다음 작업에 영향을 미치게 될 것이다.

본 연구의 결과로는 25Kg 주문 박스수가 10개가 넘고, 작업횟수도 10회를 초과하면 연구모형에서 설계된 속도에서는 지게차 운행 시 렉에 부딪힐 가능성이 매우 높은 것으로 실험 결과가 나왔다.

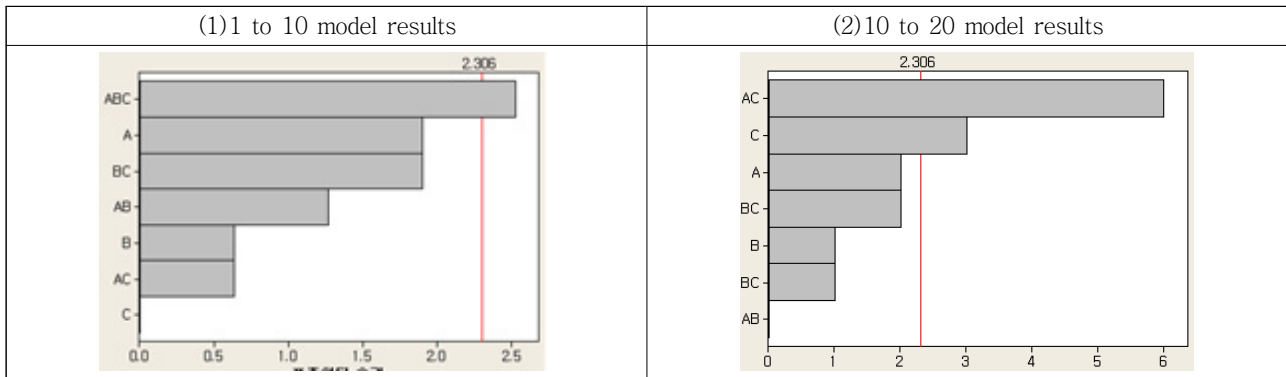
<Table 3> 연구결과는 Pareto 차트이다. (1)은 주문량과 작업횟수 1 ~ 10개까지의 실험 결과이다. A(주문량), B(작업횟수), C(속도)는 A,b,C 모두가 교호작용이 이루어져야 렉에 부딪힐 수 있는 결과이다. A, B, C의 각각의 요인과 2개의 교호작용으로는 렉에 부딪히는 용인이 되지 못한다. 반면에, 10 ~ 20회 모형에서는 A,C 교호작용과 속도 C는 개별적으로 지게차 운영 시 렉에 부딪힐 수 있는 영향이 있는 것으로 실험결과가 도출되었다. 전자의 실험 데이터 신뢰도(R^2)은 66.67%이고 후자는 87.30%이므로 후자의 실험데이터가 신뢰도가 있다고 판단된다. 같은 방법으로 1 ~ 15개 모형과 15 ~ 30개 모형으로 실험을 하였는데 두 모형 모두 신뢰도가 낮고 아무 영향도 없는 것으로 결과가 도출되었다.

지게차가 렉에 부딪힌 사고 발생 후 렉에 저장된 화물 또는 파렛트에 적재된 화물의 낙하 가능성에 대한 실험을 같은 모형으로 하였다. <Table 4> 연구결과처럼, (3)의 모형은 A,B,C와 A,B,D의 교호작용일 때 10개 미만의 모형에서는 낙하의 영향을 미친다. (4)모형 20개 미만은

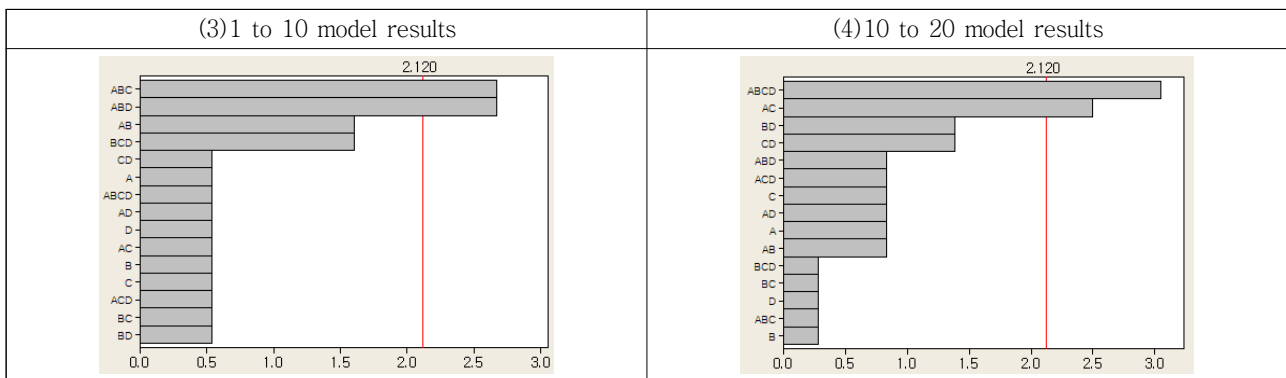
<Table 2> Factorial design method scheme

S/O	R/O	node	block	25Kg number of boxes	number rate of picking	speed	bump
5	1	1	1	10	10	0.45	2
13	2	1	1	10	10	0.45	3
16	3	1	1	20	20	0.45	4
10	4	1	1	20	10	0.25	3
15	5	1	1	10	20	0.45	2
6	6	1	1	20	10	0.45	3
11	7	1	1	10	20	0.25	5
9	8	1	1	10	10	0.25	4
3	9	1	1	10	20	0.25	5
14	10	1	1	20	10	0.45	3
4	11	1	1	20	20	0.25	2
12	12	1	1	20	20	0.25	3
1	13	1	1	10	10	0.25	5
7	14	1	1	10	20	0.45	3
8	15	1	1	20	20	0.45	4
2	16	1	1	20	10	0.25	3

<Table 3> Collision Research Results



<Table 4> Fall Research Results



A,B,C,D와 A,C의 요인들과의 교호작용에서 낙하의 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 하지만 두 모형의 데이터 신뢰도(R^2)가 (3)은 58.52%와 (4)와 59.92%이므로 신뢰도가 낮아 영향이 있다고 판단하기 어렵다.

4. 결론

물류센터 내 지게차 사고 발생이 공개되는 경우는 잘 없다, 인사사고, 전복사고 등과 같은 중대사고가 아니면, 기업 이미지와의 관계에서 사고를 은폐할 수 있다. 하지만 경미한 사고를 방지하면 큰 재해가 발생될 수 있다. 본 연구에서처럼, 주문수량에 따라 작업횟수가 낮을수록 작업의 피로도는 높지 않아 렉에 부딪히는 사고 발생이 낮아 보이지만, 작업자의 지게차운행 경험이 적으면 부딪히는 사고는 발생될 수 있다. 연구결과처럼, 작업의 피로도를 높일 수 있는 피킹작업 후 지게차 운행에 의한 부딪힘 사고는 발생 가능성이 높은 것으로 판단된다.

본 연구결과처럼, 주문수량이 많고, 피킹작업 횟수가 많으면, 사고발생 예방을 위해, 첫 번째, 피킹작업자들을 추가로 투입을 의무화하고, 두 번째, 피킹작업의 작업유형을 단순화, 표준화 하여 작업횟수에 무관하게 작

업의 피로도를 낮출 수 있는 작업방법을 개선해야 한다, 작업방법의 개선을 단순화, 표준화하기 위해서는 먼저 화물의 피킹작업에 필요한 기계장치의 투입이 우선시 되어야 할 것이다. 마지막으로, 주문방식을 규격화 하여 주문이 이루어질 수 있도록 규칙을 정하는 것도 하나의 방법이라 생각된다.

물류센터 렉이 설치된 보관지역에서 지게차 사고 예방을 위한 피킹작업의 요인이 아닌 작업자 숙련도에 따른 지게차 사고방지, 화물 유형별에 따른 지게차 사고 등과 같은 다른 요인들로 인한 사고예방에 관한 연구가 지속되어야 한다.

5. References

- [1] E. S. Kim(2019), Mechanical safety engineering. Book Publishing Companies Fairy Donghwa Technology, pp. 23-39.
- [2] D. S. Kim(2020), Industrial accident statistics news release-「2020 Industrial Accidents in Statistics」. Korea Occupational Safety and Health Agency, pp. 1-4.

- [3] Y. G. Park, J. H. Seo, K. S. Kang(2003), "Research on industrial accident analysis and prevention (focused on forklift)." Korea Safety Management and Science 2003 Korea Safety Management and Science Fall Conference, 81-88.
- [4] S. H. Lee, Y. C. Bae(2021), "Design of simulator for rollover prevention of forklift truck." Journal of the KIECS, 16(3):571-576.
- [5] H. B. Bae, Y. C. Kim, M. H. Go, D. E. Ahn, H. J. Kwak(2021), "Analysis of workload according to one worker and two workers during lifting work." Proceedings of 2021 Fall Conference of ESK, 321-321.
- [6] W. S. Choi, Y. C. Kim(2020), "A study on assessment of physical workload in the posture of raising the arm above the shoulder." J Ergon Soc Korea, 39(4):333-343.
- [7] J. H. Park, G. H. Park(2018), Certified professional logistician storage and unloading theory. Sinjiwon, pp. 138-140.
- [8] T. H. Woo, J. H. Park, Y. W. Cho, K. M. Yang(2010), Design of experiments. Hyungseul Publisher, pp. 13-15.
- [9] H. C. Kim(2009), Design of experiment with hangul minitab. Hanol Publisher, pp. 212-242.
- [10] DONGHO FL. CO., LTD., Electric forklift counter type(Reach Truck). 2022year 7month 18Day access. http://www.tcmkorea.co.kr/04_ele/02.asp?menu_img=2

저자 소개



정병현

한양대학교 도시공학 학사 및 교통계획 석사
일본 關西大學 철도정책 및 물류박사
관심분야 : 철도물류, 철도안전



김기홍

고려대학교 경영학사
SNHU 경영석사
명지대학교 박사
관심분야 : SCM, 레이아웃, 시뮬레이션,
운송경로