

# 셔틀랙 기반 물류센터의 레이아웃별 반출입 신뢰성에 관한 연구

이승필\* · 신현수\*\* · † 김환성

\*한국해양대학교 대학원 KMI-KMOU 학연협동과정생, \*\*한국해양대학교 학부생 † 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

## A Study on the Reliability of Storage/Retrieval for Warehouse Layout Based on Shuttle Rack System

Seung-Pil Lee\* · Hyeon-Soo Shin\* · † Hwan-Seong Kim

\*KMI-KMOU Cooperation Program, Graduate school of Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, KOREA

\*\*Student, Dept. of Logistics, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, KOREA

† Professor, Dept. of Logistics, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, KOREA

**요 약** : 전 세계적으로 수출입 화물이 급격하게 늘어나면서 기업들은 창고의 효율성 증가와 창고 인력 감소로 인해 무인 자동화창고에 대한 관심과 연구개발이 증가하고 있다. 소규모 창고에서는 재고의 흐름을 유동적으로 할 수 있는 셔틀랙 기반의 레이아웃이 빈번하게 존재한다. 그러나 셔틀랙 기반의 물류센터는 비상상황(고장, 정전 등)에서 셔틀이 작동하지 않아 물류센터 효율성과 재고관리에 심각한 영향을 미치고 있다. 이에 셔틀랙 기반의 물류센터에서 다양한 셔틀의 통로와 RTV의 통로를 레이아웃별로 분류하고 특성과 유형을 분석하여 각 레이아웃별로 신뢰성을 도출하였다. 통로의 개수에 따라 적재율도 다르게 도출되어 각 레이아웃별로 신뢰성과 적재율을 비교 분석하였다.

**핵심용어** : 무인자동화창고, 셔틀랙, 물류센터, 레이아웃, 신뢰성, 적재율

**Abstract** : With the rapid increase in the quantity of goods transported worldwide, companies are now started to show great interest in unmanned automated warehouses along with related research and development due to the increase of warehouse efficiency and reduction warehouse manpower. In a number of small warehouses, shuttle rack-based layouts that can handle inventory flow flexibly. However, the shuttle rack-based logistics center does not operate in case of emergency situations (faults, power outages, etc.), which seriously affects the efficiency and inventory management of the entire logistics center. Accordingly, in shuttle rack-based logistics center, we have classified various shuttle passages and RTV passages by layout and have analyzed its characteristics and types, along with derived reliability for each layout. The loading rate was also derived differently according to the number of passages, and have compared and analyzed reliability and loading rate for each layout.

**Key words** : Automated Warehouse, Shuttle-rack, Logistic Center, Layout, Reliability, Loading Rate

## 1. 서 론

물류센터는 고객의 주문에 대한 서비스를 제공하기 위하여 재고를 보관하면서 입고/출고, 하역/보관, 배송의 기능을 수행하는 물류거점 및 시설(전일수 외, 2007)로 최근에는 부가가치 물류 개념으로 확대하면서 다양한 기능들이 서로 효율적으로 연계하여 가치를 창출하고 있다.

다양한 기능 중에서 보관은 물류센터의 가장 중요하고 핵심적인 부분이..(중략)

본 연구에서는 셔틀랙 기반 물류센터의 레이아웃별 반출입 신뢰성을 도출하는 것으로, 먼저 셔틀랙 기반 레이아웃을 설정 및 분류한다. 분류된 레이아웃별 셔틀/RTV의 신뢰성을 도출하고 각각의 물류센터의 적재율을 산출해 비교 분석한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 물류센터 내 다

양한 랙 종류와 기능을 서술하고 3장에서는 선행연구를 통해 본연구의 차별성을 제시한다. 그리고 물류센터의 레이아웃별 반출입 신뢰성을 도출하기 위해서는 우선적으로 셔틀랙 기반의 물류센터 레이아웃 신뢰성에 관한 연구가 선행되어야 한다. 4장에서 이러한 셔틀랙 기반 물류센터 레이아웃별 신뢰성과 적재율 산정식을 정의하고 고장을 증감에 따른 신뢰성 및 적재율 산출을 한다. 마지막 5장에서는 결론과 시사점을 제시한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 물류센터 랙 종류

셔틀랙은 팔레트 랙에 적용하는 최첨단 시스템 랙으로 전동랙과 같이 현장 적용 시 적재효율을 극대화 시킬 수 있는

랙의 형태로 충전 후 사용하는 서플카트가 팔레트 랙에 설치된 레일을 타고 이동하는 식으로 작동한다. CPU 컨트롤러 시스템으로 충돌 없이 안전한 팔레트 입출고 작업 및 유연한 시스템 운영이 가능하며 랙 내부 팔레트는 자동 운반 최첨단 시스템 서플랙은 제품별 다량 적재 시 적재효율을 극대화한다.

스태커 크레인은 자동창고 통로에 설치되어 화물을 자동으로 보관, 입출고하는 장비로 주행, 승강, 포킹 3가지 장치로 구성되어 있다. 주행 및 가속 능력이 우수하고 안전 유지보수용 전용 커리지가 별도로 구비되어 있으며 신속, 정확한 재고관리 및 장비제어 및 냉동 위험물 등 특수 작업조건에서도 안전한 작업진행이 가능하다.

RTV는 바닥에 설치된 레일을 따라 주행하면서 물품을 이송하는 장비로 직선형, 곡선형 등 현장 상황에 따른 유연한 레이아웃 구성이 가능하다. 레일에 의한 안정적인 고속주행 및 정밀한 정지가 가능하며 물동량이 많고 설치공간이 협소한 경우 효율적 싱크로 지능제어를 통해 신속, 간편한 비상조치가 이루어진다. (중략)

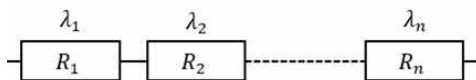
## 2.2 신뢰도 산출 방안

JIS Z 8115(일본 표준)에 의하면, 신뢰도는 사용기간의 함수로서, 사용가능한 확률을 나타내지만, 이 확률이 사용조건(사용환경, 기타)에 의해 변화한다. 여기서, 신뢰도를  $R(t)$ 로 나타내고  $R(t)$ 는 고장나지 않을 확률을 나타낸다.

$$F(t) = 1 - R(t)$$

일반적으로 시스템은 그것을 구성하는 적은 시스템의 조합이라 할 수 있다. 이 작은 시스템을 일반적으로 서브시스템(혹은 유닛)이라 한다. 시스템의 신뢰성은 이 서브 시스템의 신뢰성과의 관계로부터, 신뢰성을 높이기에는 어떠한 구조로 되어야 한다는 것을 고찰하여야 한다.

<그림 2> 비유연 시스템(직렬 시스템)



직렬 시스템은 시스템을 구성하는 서브 시스템의 어느 한개가 고장나면, 시스템 전체가 움직이지 않게 되는 시스템을 비유연성 시스템이라고 말하며 신뢰도 함수  $R_1(t), R_2(t), \dots, R_n(t)$ 를 지닌  $n$ 개의 서브 시스템으로 구성된 비유연성 시스템의 신뢰도는

$$R_1(t) = R_1(t)R_2(t) \cdots R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}$$

으로 나타낼 수 있다. (중략)

## 3. 선행연구 및 차별성

### 3.1 물류센터 최적 보관면적 산출관련 선행연구

박정현, 김동명, 여기태(2019)는 표준 팔레트 유닛로드 이용을 고려한 유통물류센터의 최적 보관면적 산출방안을 제시하였다. 국내에서 주로 사용되는 T-11형과 T-12형 팔레트의 보관이 가능한 표준 랙 설비 기준을 구체화 시켰으며 다양한 팔레트 운반 장비를 조사 및 분석하여, 유형별 표준 운반 장비 작업 통로를 정의하였다. 이를 통해 최적 보관면적 산출 수식을 개발해 보관설비 유형별 최적 보관면적을 제시한다.

선일식, 이원동(2016)은 물류센터 입고 프로세스에서의 효율적인 운반 장비 소요량을 시뮬레이션을 통하여 결정하고자 하였으며, 시뮬레이션 분석은 공장에서 생산된 제품이 입고되고 있는 물류센터의 입고프로세스를 대상으로 하였다. 입고 프로세스에서 이용되는 컨베이어 및 운반 장비의 설계 및 재원 등의 시뮬레이션 모델은 물류센터의 현황을 고려하여 반영하여 AutoMod 프로그램을 통해 시뮬레이션 분석을 실행하였다. 효율적인 운반 장비의 적정 배치 대수를 도출할 수 있었다.

### 3.2 물류센터 레이아웃 배치관련 선행연구

김기홍(2009)는 물류센터의 일일 입고수량이 각 이동공간으로 이동되는 최적 프로세스 시간의 경로선택을 위한 시뮬레이션 연구로서 입고수량이 이동되는 모델링을 구축하고 시뮬레이션 모델링 결과를 도출하였다. 입고 수량이 입고되어 저장공간, 분류공간, 대기공간, 출고공간까지 이동되는 시간과 거리 및 저장 공간에서 출고 공간, 분류 공간, 대기 공간까지 이동되는 시간과 거리를 측정하였다. 물류센터 구조가 L형, I형, U형별에 따라 각각 프로세스별 시간을 비교하여 공간에 집중되는 빈도수에 따라 유형별에 따른 프로세스 경로분석을 통한 물류센터 운영의 효율성을 높이고 의사결정을 위한 방법에 기여하는 모델을 연구하여 효과와 경과를 시뮬레이션을 통해 검증하고자 하였다.

### 3.3 본 연구의 차별성

현재까지 진행된 물류센터 최적 보관면적 산출 및 레이아웃 배치관련 연구는 다양하게 진행되어 오고 있다. 그러나, 구체화되어있고 자동화설비가 갖춰진 서플랙 물류센터의 경우 장비 고장 및 응급상황에서 재고 이송에 대한 신뢰성에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

이러한 측면에서 살펴 볼 때, 본 연구..(중략)

## 4. 레이아웃별 신뢰도/적재율 도출

### 4.1 전제조건 수립 및 레이아웃 설정

본 연구에서 활용되는 전제조건은 표x와 같다. 서플과 가로

/세로 RTV의 재원 및 성능에 따라 고장율( $\lambda$ )의 차이가 있을 수 있으므로, 고정된 고장율( $\lambda$ )을 설정하였다. 가동시간은 365일 24시간으로 단일품목이 물류센터 면적 1칸에 1개씩 보관하도록 하였다.

[5] 김기홍 『물류 센터에서의 배치 유형 최적화를 위한 시뮬레이션 연구』 명지대학교 산업공학과 2009.06

항목	구성
서플 고장율( $\lambda_1$ )	0.0001
가로/세로 RTV 고장율( $\lambda_1/\lambda_2$ )	0.00001
물류센터 가동시간	8,760hours
입/출구 수	2
보관장소의 Capacity	10X10

[표 1] 물류센터 레이아웃 설정 Case 1~3

본 연구에서는 서플렉 물류센터의 레이아웃은 표X로 총 6개로 분류하였다. (중략)

#### 4.2 레이아웃별 신뢰도, 적재율 산출 결과

본 연구에서는 서플렉 물류센터의 레이아웃 하고자 하였으며 표 2, 3은 물류센터 레이아웃별 도식화 및 각 설정에 따른 신뢰성 및 적재율 산출 공식을 나타내고 있다.

모든 레이아웃에 대해 서플 고장율, 가로/세로 RTV 고장율, 각 설비들의 가동시간, 물류센터 보관면적을 같은 기준으로 신뢰성 및 적재율 산출공식을 나타내고 있다. (중략)

### 5. 결 론

본 연구에서는 서플렉 기반 물류센터의 레이아웃별 신뢰성과 적재율을 분석하였다.

향후 연구에서는 신뢰성과 적재율의 우선순위를 설문조사를 통해 분석한 후 적용하여 최적화된 서플렉 기반 물류센터의 레이아웃을 도출해야한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 박정현 『유통물류센터의 최적 보관면적 산출 방법에 관한 연구』 인천대학교 동북아물류대학원 2019.06
- [2] 선일석 『물류센터에서의 효율적인 운반장비 배치를 위한 시뮬레이션 분석』 장안대학교 물류경영학과 2016.10
- [3] 권기덕 『무인 자동창고 운영을 위한 WMS 구현에 관한 연구』 공주대학교 테크노융합대학원 2015.11
- [4] 황현철 『모바일 로봇 기반 온라인 풀필먼트 센터의 레이아웃 최적화에 관한 연구』 인천대학교 동북아물류대학원 2020.02