

일괄 하역장비 운영을 위한 하역작업장 설계 및 경제성 분석에 관한 연구*

강무홍** · 이석*** · 추양길**** · 최상희***** · 원승환***** · 조성우***** · 김우선*****

Research on the Design and Economic Analysis for the Operation of Cargo Batch Loading and Unloading Systems

Kang, Moo-Hong · Lee, Suk · Chu, Yaung-Gil · Choi, Sang-Hei ·
Won, Seung-Hwan · Cho, Sung-Woo · Kim, Woo-Sun

Abstract

The dynamic nature of mechanization and automation to improve productivity and safety within logistics centers, has necessitated various studies to support efficient and safe working conditions for workers. However, accidents in the loading dock occur frequently as workers and forklift trucks operate within the same space. This research introduces cargo batch loading and unloading systems, which enable increasing productivity and safety through the use of mechanization and automation in the loading dock. To assist efficient operation of this new system, four pieces of general-purpose equipment or three pieces of dedicated equipment are deemed to be essential. Moreover, the floor area of the loading dock is designed to accommodate 256.28m² and 207.00m² for the general-purpose and dedicated systems respectively, in addition to the space allocated for equipment and additional space. The design of the loading dock considers the area of the loading dock as well as the cargo batch loading and unloading systems. Economic analysis, such as NPV, IRR, and PBT, were conducted in addition to sensitivity analysis on key variables.

Key words: Cargo Batch Loading And Unloading System, Loading Dock, Workshop Design, Logistics Center, Economic Analysis

▷ 논문접수: 2016. 12. 23. ▷ 심사완료: 2017. 02. 28. ▷ 게재확정: 2017. 03. 13.

* 『본 연구는 국토교통부 교통물류사업의 연구비 지원(R&D/13TLRP-C065167-01)에 의해 수행된 연구임』

** 한국해양수산개발원 전문연구원, 제1저자, mkang@kmi.re.kr

*** 한국철도기술연구원 책임연구원, 공동저자, slee@kri.re.kr

**** JAS건축사사무소 본부장, 공동저자, sinviro69@hanmail.net

***** 한국해양수산개발원 연구위원, 공동저자, shchoi@kmi.re.kr

***** 군산대학교 교수, 공동저자, shwon@kunsan.ac.kr

***** 군산대학교 교수, 공동저자, swcho@kunsan.ac.kr

***** 한국해양수산개발원 부연구위원, 교신저자, firstkim@kmi.re.kr

I. 서론

국내 물류시장 매출액은 '11년 기준 90조원으로 최근 5년간('07~'12) 연평균 6.3%로 성장하였다. 세계은행에서 발표한 우리나라 물류경쟁력 순위도 지속적으로 상승하는 등 외형적으로 고도성장하고 있다.

우리나라의 물류산업의 규모가 성장하면서 창고를 포함한 물류센터의 숫자는 2009년 2,457개소에서 2013년 2,982개소로 5년간 525개소로 21.4% 증가하였다. 또한 근로자수도 2009년 30,218명에서 2013년 37,622명으로 5년간 7,404명으로 24.5% 증가하였다(고용노동부, 2014).

물류센터는 작업특성 상 새벽과 야간에 작업이 집중된다. 일시에 많은 화물이 한꺼번에 집중됨에 따라 고생산성과 작업안전성을 필요로 한다. 현재 대부분의 물류센터에서는 인력에 의한 수동운반 작업과 지게차에 의한 동력운반 작업을 병행하고 있다.

작업물량이 많고, 일시에 많은 화물이 집하 및 출하되어 집배송차량과 물류센터내의 화물이 뒤엉켜 작업생산성 저하 및 안전사고의 위험이 높다. 고용노동부의 「산업재해 현황분석(2014)」에 의하면 2013년 창고업의 재해자 수는 226명이며, 재해율은 0.6에 이른다. 지게차 사고의 경우 2013년 기준 한해 1,200여건의 사고가 발생하고 있어 작업 시 생산성 뿐만 아니라 안전사고의 위험도 고려해야 한다.

물류센터의 생산성 및 작업안전도 향상을 위해 기계화 및 자동화가 급속도로 진행되고 있다. 그러나 상하역작업장에서 지게차로 화물을 트럭적재함이나 컨테이너에 상하차하는 기존 방식은 많은 작업시간을 필요로 하고, 사고의 위험 또한 높다. 현재의 상하역 분야는 노동집약적, 단순 기계적 시스템으로 많은 시간이 소요되고 있다.

따라서 팔레트 화물의 신속하고 안전하며 효율적인 반출입 작업을 위해 지게차로 하나씩 상하역하는 방식을 개선할 수 있는 대안으로 일괄 상하역장

비의 물류기술개발이 필요하다.

이러한 일괄 상하역장비는 대량화, 자동화를 통해 회전율을 빠르게 함으로써 물류 전체의 속도를 높이는 효과가 있다. 이미 선진국에서는 일괄 상하역 장비를 개발하여 실제 업무에 활용하고 있다.

Driest(2010)에 따르면 이러한 일괄 상하역장비는 적재장치의 구동 형태에 따라 5가지 형태가 있다. 이 중 컨베이어 방식은 체인, 슬랫, 벨트 형태로 구분한다. 스케이트 방식은 컨베이어 방식과 유사하나 운송용기 내에 간이 장치를 두는 점에서 다르다. 플러트랙 방식은 항공화물과 같이 용기 내에 장치가 설치되는 경우에 일반적으로 사용된다. 이러한 일괄 상하역장비는 트럭 운송이 많은 유럽 쪽에서 많이 활용되고 있으며, 네덜란드의 Ancra 시스템(Driest, 2010), 핀란드의 ACTIW 등이 대표적이다.

이러한 자동화 물류시스템에 대한 현장 적용 및 설계와 관련하여서는 다양한 연구가 진행되었다.

먼저 김정훈(2014)은 생산자가 소비자에게 상품을 효과적으로 배송할 수 있는 적정 재고 유지를 위한 물류센터를 설계하기 위한 설계조건을 제시하고 이에 맞는 창고의 냉·난방설비, 공조설비, 위생설비, 소방설비 등의 설계사례에 대해 연구하였다.

김의기(2015)은 물류컨설팅업체에 의한 경험적 치수적용의 한계를 가지고 있던 기존 건축설계기준의 문제를 해결하기 위해 물류센터 내부의 구체적 치수를 사례조사하여 최근 효율화, 대형화, 복층화되고 있는 상온물류센터의 작업통로 및 기둥간격을 제시하는 물류센터 설계 방안에 관해 연구하였다.

유우연·박운선·신정현(2008)은 물류센터 내에 크로스도킹 물류기법을 적용하기 위해 수학적 모델과 시뮬레이션 모델을 개발하였으며, 이를 이용하여 크로스도킹 물류센터의 입하장 및 출하장수를 결정하였다.

강정운·이홍철·엄인섭(2006)은 최근 자동창고(AS/RS)와 자동주행대차(AGV)를 중심으로 많이 건설되고 있는 자동화 물류센터의 설계를 위해 필요한 보관설비 및 운반설비의 사양, 시스템 운영규칙,

보관영역 및 보관물의 형태 등과 같은 설계변수들을 시뮬레이션을 통해 최적화하기 위한 방법에 대해 연구하였다.

서진호·박성철·이권순(2005)은 컨테이너 터미널에서 사용되고 있는 항만 자동화 장비들의 최적 운영 전략을 도출하기 위한 시뮬레이션 시스템을 개발하였으며, 이를 통해 장비의 최적 배치뿐만 아니라 작업계획까지도 도출할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

본 연구에서는 지게차 및 인력작업을 일반적으로 사용하고 있는 기존 물류센터와 달리 일괄 상하역 장비가 적용된 하역작업장의 설계를 목적으로 한다. 이를 위해 첫째, 일괄 하역장비를 설명한다. 둘째, 표준 물류센터를 설정하여 일별 물동량을 계산한 후 필요한 장비대수와 작업장 면적을 산정하였고 이를 기반으로 하역작업장을 설계한다. 그리고 NPV, IRR, PBT 등 경제성 분석을 실시하였으며 주요 변수에 대한 민감도 분석을 수행하였다.

II. 일괄 하역장비 개요

팔레트 화물을 플레이트 위에 적재 후 한 번에 트럭적재함 및 컨테이너에 반출입하는 일괄 상하역 장비는 범용, 전용방식과 윈바디 트럭을 지원하는 형태로 개발되고 있다. 본 장에서는 범용, 전용 및 윈바디 일괄 하역장비에 대해서 소개한다.

1. 범용 일괄 상하역장비

범용 일괄 상하역장비는 <그림 1>과 같이 상하역작업장에 플레이트를 설치하고, 지게차를 이용해서 플레이트에 팔레트를 적재한 후 트럭 적재함이나 컨테이너에 추가적인 장치 없이 일괄 상차하기 위한 시스템이다.

트럭이 도착하기 전에 사전에 플레이트 위에 팔레트를 적재하여 작업생산성을 향상시킬 수 있다.

또한 상차과정에서 발생할 수 있는 사고를 방지하기 위해 하역장비를 자동화하여 활용한다. 물류센터의 운영 효율성 향상 및 트럭 대기시간을 단축하여 물류비를 절감할 수 있다. 하차지에서는 일괄하차가 불가능하여 기존의 지게차 방식으로 하역한다.

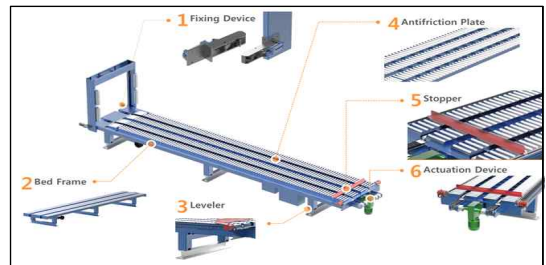


그림 1. 범용 일괄 상하역장비

2. 전용 일괄 상하역장비

전용 일괄 상하역장비의 형태는 <그림 2>와 같으며 상하역작업장과 트럭 적재함이나 컨테이너 내부에 별도의 장치를 추가하여 일괄 상하차가 가능한 장비이다. 팔레트 화물을 일괄적으로 트럭 적재함이나 컨테이너에 반입하여 상차시간을 단축할 수 있다. 상차과정에서 발생할 수 있는 사고를 방지하기 위한 자동화된 하역장비를 활용한다. 물류센터의 운영 효율성 향상 및 트럭 대기시간을 단축하여 물류비를 절감할 수 있다. 특히 고정된 경로에서 대량의 화물을 반복적으로 운송하는 경우에 적용하기 적합한 장비이다.

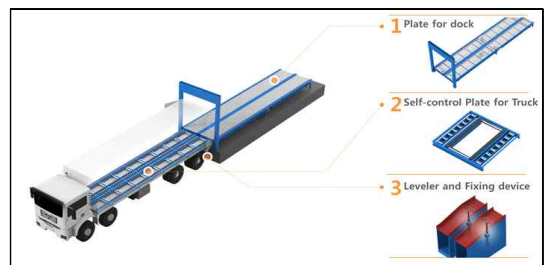


그림 2. 전용 일괄 상하역장비

3. 윈바디 차량용 일괄 상하역장비

윈바디 차량용 일괄 상하역장비는 <그림 3>과 같고 윈바디 차량에서 상하역작업을 손쉽게 하기 위한 장비로 차량 내부에 추가적인 장치 없이 돌출 도크, 컨베이어, 푸쉬장치 등의 활용을 통하여 효율적인 일괄 상차 및 하차가 가능한 시스템이다. 팔레트 화물을 일괄적으로 트럭 적재함이나 컨테이너에 반입하여 상차시간을 단축할 수 있다.

윈바디 일괄하역장비는 물류센터 내부에 일괄 상하역을 위한 별도의 공간이 불필요하다. 일괄 하차의 경우 도착한 윈바디 차량의 적재함과 플레이를 정렬하여 연결하고 푸쉬 장치 작동을 통하여 화물을 돌출 도크로 하역하는 방식이다.

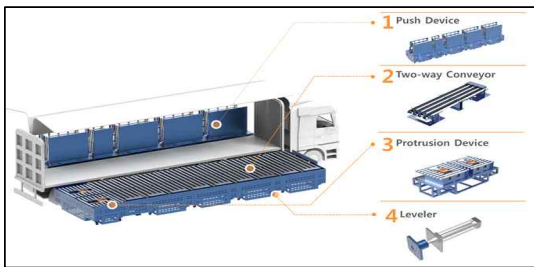


그림 3. 윈바디 차량용 일괄 상하역장비

III. 하역작업장 운영 적정 장비 대수 산정

앞 장에서는 하역작업장 내의 효율화를 위해 팔레트 단위의 화물을 한꺼번에 운송차량에 적입 또는 적출할 수 있는 범용, 전용, 윈바디 트럭용 일괄 하역장비에 대해서 설명하였다. 이러한 장비는 각각 다른 성능과 요구 작업공간을 가지고 있으며, 이에 따라 하역작업장에 필요한 장비 대수 및 하역장 규모가 결정되게 된다. 특히 범용과 전용 장비는 도크 내에 설치되는데 반해 윈바디 트럭용 장비는 도크 바깥에 설치되기 때문에 도크 공간의 제약이 없다는 차이가 있다. 그리고 윈바디 트럭용 장비의 경우 현재 개념적으로만 설계된 장비이기 때문에 본 연

구에서는 이에 대한 규모 산정은 제외하였다.

본 연구에서는 C사의 대표적인 물류센터를 기준으로 표준 물류센터를 설정한 후 요구되는 생산성과 장비별 성능을 비교함으로써 하역작업장에 필요한 장비 대수와 규모를 산정한다.

1. 표준 물류센터 설정

표준 물류센터의 트럭 출입분포를 통해 하루에 처리하고 있는 팔레트수와 트럭 1대당 평균적으로 싣고 있는 팔레트 수를 산정하였다.

일반적으로 5톤 규모의 트럭은 8개의 팔레트를 싣을 수 있으며 하루 79대 정도 출입되고 있는 것으로 조사되었다. 11톤 트럭은 팔레트를 14개 싣을 수 있고 하루 35대 정도 출입되고 있다. 이러한 트럭들은 대부분 100% 채워서 운행되지만 마지막 트럭의 경우 남은 화물을 싣게 되는데 평균적으로 50% 정도 채운다고 하며, 따라서 전체적으로는 98% 정도 적재율을 보이는 것으로 조사되었다.

표 1. 대상 물류센터의 트럭 출입 현황

형태	최대 적재 팔레트수	하루 출입대수	평균 적재율(%)
5톤	8	79	98
11톤	14	35	

<표 1>의 자료를 이용하여 표준 물류센터의 전체 팔레트 처리량을 계산해 보면 1,101개로 트럭 1대당 평균 10개의 팔레트를 싣는 것으로 계산되었다.

표 2. 물류센터 운영 정보

구분	내용
팔레트 상하차 비율	상차:하차=50:50
24시간 중 상하역 작업시간	360분
처리해야 하는 팔레트수	1,101개
트럭당 평균 적재 팔레트수	10개

표준 물류센터는 <표 2>와 같이 팔레트 화물의 상하차 비율이 50대 50으로 같고 상하역 작업 시간은 전체 24시간 중 6시간 정도 수행되는 것으로 조사되었다. 따라서 시간당 처리해야 하는 전체 팔레트 수는 <표 3>과 같이 184개이고 상차 및 하차는 각 92개씩이다.

표 3. 작업별 요구 생산성

작업	요구 생산성 (팔레트/시간)
적재	92
하역	92
합계	184

2. 일괄 하역장비 성능 및 운영여건

다음 <표 4>는 범용 및 전용 장비와 지게차의 성능을 정리한 표이다. 범용 장비는 팔레트 하나를 처리하는데 7분이 소요되고 하루 6시간 작업시간 중 준비시간을 제외하고 평균 90% 정도 가동이 된다. 전용 장비는 팔레트 하나당 4분의 처리시간이 필요하며, 범용 장비와 마찬가지로 평균 90% 정도 가동된다. 지게차는 1개의 팔레트를 팔레트에 올리거나 내리는데 20초 정도 소요되기 때문에 팔레트 하나를 처리하기 위해 평균 3.33분이 소요되지만 충전 문제로 6시간 중 2시간, 즉 34% 정도만 가동되고 있다.

표 4. 장비별 성능

장비	팔레트당 작업시간	가동률
범용 장비	7분/팔레트	90%
전용 장비	4분/팔레트	90%
지게차	3.33분/팔레트	34%

3. 일괄 하역장비 종류별 소요대수

이러한 물류센터 운영정보 및 각 장비들의 성능

을 기반으로 장비별 처리능력을 산정해 보면 다음 <표 5>와 같다.

범용 장비를 이용하여 1개의 팔레트를 처리하는데 소요되는 시간은 지게차를 이용하여 팔레트에 팔레트를 상차하는데 걸리는 시간 3.33분과 범용 장비 팔레트 상차 시간 7분을 합쳐 약 10.33분 정도 소요되고, 전용 장비는 7.33분 정도 소요되는 것으로 계산되었다.

이는 시간당 각각 59개, 82개의 팔레트를 처리할 수 있는 성능으로 상차 팔레트만 처리하는 범용 장비는 4대, 상하차 팔레트를 처리해야 하는 전용 장비는 3대가 필요한 것으로 분석되었다. 또한 지게차는 시간당 180개의 팔레트를 처리할 수 있으나 가동률이 34%이기 때문에 총 4대의 지게차가 필요한 것으로 분석되었다.

표 5. 장비별 처리능력 및 소요대수

장비	처리능력		소요대수
	(분/팔레트)	(팔레트/시간)	
범용 장비	10.33	59	4
전용 장비	7.33	82	3

IV. 하역작업장 설계

앞의 3장에서는 표준 물류센터의 하역장 규모 및 요구 생산성을 조사하여 이를 처리하기 위한 적정 장비 대수를 산정하였다. 본 장에서는 이를 기반으로 필요한 하역작업장 규모를 산정한 후 이에 맞는 상하역작업장 설계도면을 작성하였으며, SketchUp을 이용하여 3D로 모델링한다.

1. 상하역작업장 규모 산정

이를 위해 먼저 범용 및 전용 장비의 크기와 작업을 위한 추가 요구공간을 <표 6>과 같이 정리하였다. 범용 장비는 가로 2.3m, 세로 9.9m 크기의

며, 전용 장비는 가로 2.6m, 세로 10m이다. 하지만 지게차의 상하역 작업을 위해서는 장비 후방으로 5m의 이동공간이 추가적으로 필요하며, 장비 전기박스 및 컨트롤러 배치, 작업자 통로를 위해 옆으로 2m 이상의 추가 공간이 필요하다. 따라서 각 장비의 운영을 위해서는 <표 7>과 같이 범용 장비는 1대당 최소한 4.3m, 14.9m의 공간이 필요하고 전용 장비는 4.6m, 15m의 공간이 필요하다.

표 6. 장비 크기 및 추가 요구 공간

장비	크기(m)		추가 요구 공간(m)	
	가로	세로	가로	세로
범용 장비	2.3	9.9	2	5
전용 장비	2.6	10		

표 7. 장비별 총 요구 공간

장비	필요 공간(m)		총 요구 공간(m ²)
	가로	세로	
범용 장비	4.3 × 4	14.9	256.28
전용 장비	4.6 × 3	15	207.00

2. 상하역작업장 표준설계

하지만 이는 장비 운영을 위해 필요한 최소한의 공간을 기준으로 표준 물류센터의 하역장을 설계한 것으로 실제 물류센터 적용 시에는 물류센터의 차량 간 간격, 도크 폭 제약, 하역장 공간 한계 등과 같은 현실적인 문제도 고려해야 한다. 이러한 내용을 기반으로 하역작업장을 설계하면 다음 <그림 4>, <그림 5>와 같다.

그림 4. 범용 장비 하역장 3D 모델링

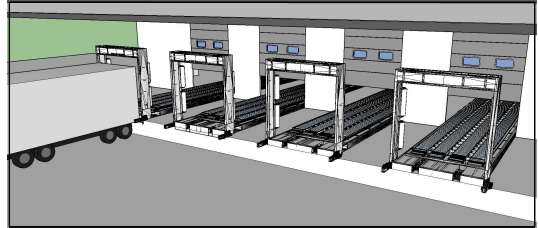
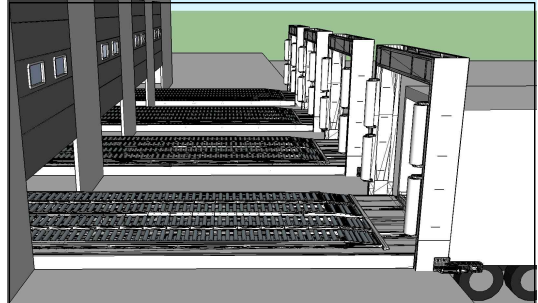
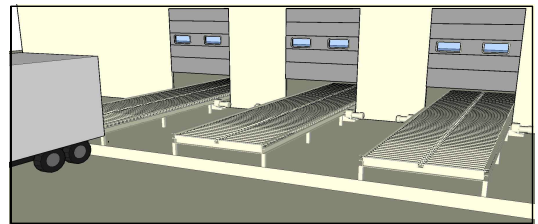
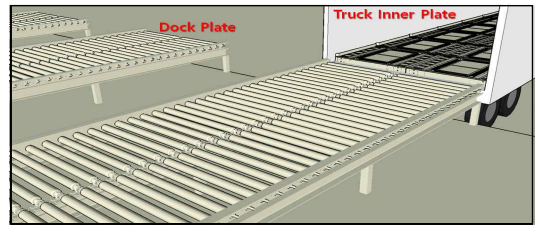


그림 5. 전용 장비 하역장 3D 모델링



V. 경제성 분석

경제성 분석은 B/C, NPV 등의 계산을 통하여 사업의 경제적 타당성을 국가 전체적 입장에서 측정한다. 본 분석에서는 표준 물류센터 및 테스트베드 물류센터에 각각 일괄 하역장비가 설치될 경우

표 8. 분석 대상 물류시설 정의

구분	분석 내용
1-1	범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터에서의 운영효과 분석
1-2	전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터에서의 운영효과 분석
1-3	원바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터에서의 운영효과 분석
2-1	범용 일괄 하역장비가 설치된 테스트베드 물류센터에서의 운영효과 분석
2-2	전용 일괄 하역장비가 설치된 테스트베드 물류센터에서의 운영효과 분석
2-3	원바디용 일괄 하역장비가 설치된 테스트베드 물류센터에서의 운영효과 분석

표 9. 분석을 위한 기초자료

항목	표준 물류센터	테스트베드 물류센터	범용 장비	전용 장비	원바디용 장비
운영시작 시점	2017년				
운영기간 수요	62,026톤/연, 105,000톤/연, 설치되는 물류센터의 수요를 따름				
장비 및 설비 내용연수	지게차 (8년)	지게차 (8년)	8년	8년	10년
설치공사비 (2015년 기준)	-	-	50,000,000원	17,000,000원	20,000,000원
취득비용 (2015년 기준)	60,000,000원	60,000,000원	250,000,000원	174,000,000원	200,000,000원
연간 유지관리비 (2015년 기준)	9,000,000원	9,000,000원	37,500,000원	26,100,000원	30,000,000원

를 가정하여 총 6가지 경우에 대한 운영효과를 분석하였으며, 분석 대상은 일괄 하역장비가 1대 설치될 수 있는 규모로 한정하여 분석을 실시하였다.

분석에 대한 기본 가정은 다음과 같다. 교통시설 투자평가지침의 기준값을 적용하여 사회적 할인율은 5.5%를 가정하고 분석기간은 30년으로 한다. 연간수요는 기존의 표준 및 테스트베드 물류센터를 기준으로 예측하고 단위는 톤으로 한다. 경제성 분석에 사용한 기초자료는 다음과 같다.

기존에 사용하였던 지게차를 일괄 하역장비로 대체함으로써 설치공사비, 하역장비 취득비용, 하역장비 유지관리비가 추가로 발생하지만, 화물차량 체류비용 절감, 하역장비 연료비용 절감, 하역장비 환경비용 절감, 하역 안전사고 감소 등에서 편익이

발생한다. 일괄 하역장비는 기존 지게차에 비해서 약 2~6배의 높은 생산성을 이끌어낸다. 따라서 물류센터 내의 작업시간 단축은 물론 물류센터를 방문하는 화물차량의 기회비용을 절감시킨다. 기존 지게차는 디젤 경유를 사용하였지만 일괄 하역장비는 전기 에너지를 사용함으로써 연료비 절감과 함께 환경비용 절감에 기여할 수 있다. 지게차는 정해진 궤도를 가지지 않고 운행하는 차량이므로 안전사고가 빈번히 발생하지만 일괄 하역장비는 고정된 위치에서 작업하므로 하역 안전사고 비용을 절감시킨다. 분석을 통하여 산출된 편익 항목의 경제적 기대 효과는 다음과 같다.

표 10. 편익 항목의 경제적 기대효과(표준 물류센터)

(단위 : 원)

구분	표준 물류센터		
	범용 장비	전용 장비	왕바디용 장비
연간 하역 안전사고 감소	1,669,538	1,669,538	1,669,538
톤당 화물차량 체류비용 절감	923	899	970
톤당 하역장비 환경비용 절감	425,7708	426,0965	421,7137
톤당 하역장비 연료비용 절감	889,9781	890,2073	889,3490

표 11. 편익 항목의 경제적 기대효과(테스트베드 물류센터)

(단위 : 원)

구분	테스트베드 물류센터		
	범용 장비	전용 장비	왕바디용 장비
연간 하역 안전사고 감소	1,669,538	1,669,538	1,669,538
톤당 화물차량 체류비용 절감	159	136	206
톤당 하역장비 환경비용 절감	242,9524	243,2781	238,8952
톤당 하역장비 연료비용 절감	508,2106	508,4397	505,3554

표 12. 경제적 타당성 분석 결과 요약

구분	표준 물류센터	테스트베드 물류센터
범용 일괄 하역장비	2.34	1.62
전용 일괄 하역장비	3.92	2.67
왕바디용 일괄 하역장비	3.61	2.56

분석결과 모든 경우에서 경제적 타당성이 있는 것으로 확인되었으며, 경제성 분석 결과를 요약하면 아래의 표와 같다.

민감도 분석 결과 B/C가 1 미만으로 떨어지는 경우는 발생하지 않았다.

VI. 결론

본 연구에서는 일괄 상하역장비가 운영될 수 있는 표준 상하역작업장 설계에 관해 연구하였다. 이

를 위해 첫째, 현재 국내에서 연구개발하고 있는 일괄 상하역장비에 대해 분석하였다. 둘째, 일괄 상하역장비를 설치하기 위한 표준 물류센터를 설정하여 물동량에 따른 요구 생산성을 조사하였다. 셋째, 물류센터의 생산성을 만족시키기 위한 일괄 상하역장비의 필요 장비 대수, 장비의 설치 및 작업을 위한 공간을 산정하였다. 마지막으로 장비 크기 및 운영을 위한 최소 요구 공간을 기초로 하여 표준 하역작업장을 설계하였다.

본 연구는 이를 통해 효율이 떨어지고 안전사고 발생률 또한 높은 기존 하역장 운영의 문제를 해결

하기 위한 방안으로 이러한 일괄 상하역 장비를 제시하였다. 특히 본 장비를 도입하게 되면 대당 연간 운영비용은 트럭 대기시간 감소로 인해 350만원 감소할 것으로 예상된다. 또한 에너지 절약과 CO₂ 배출 감소로 연간 174만원을 줄일 수 있을 것으로 예상된다(Lee et al., 2014). 본 연구의 경제성 분석에서는 비용으로 설치공사비, 하역장비 취득비용, 하역장비 유지관리비를 고려했으며, 편익은 화물차량 체류비용 절감, 하역장비 연료비용 절감, 하역장비 환경비용 절감, 하역 안전사고 감소 항목이 고려되었다. 경제성 분석 결과 민감도 분석을 포함하여 모든 경우에 경제적 타당성이 확보(B/C > 1) 되는 것으로 확인되었다.

하지만 본 연구에서는 물류센터 내 보관영역, 이송영역 등을 고려하지 않고 하역작업장만을 대상으로 하였기 때문에 전체 물류센터 운영을 위한 설계라고 할 수 없다. 현재 다른 연구를 통해 전체 물류센터를 대상으로 한 시뮬레이션 개발이 진행되고 있으며, 향후 본 연구의 결과와 통합한다면 일괄 상하역장비 기반의 최적 물류센터 설계가 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

- 강정윤, 이홍철, 엄인섭(2006), “시뮬레이션과 메타모델을 이용한 자동물류센터 설계 최적화”, 『한국시물레이션학회 논문지』, 제15집 제3호, 103-114.
- 고용노동부(2014), 『2013 산업재해 현황분석』.
- 국토교통부(2013), 『교통시설 투자평가지침(제5차 개정)』
- 김우선, 남기찬(2006), “자동화터미널의 ATC 운영전략 개발”, 『한국항해항만학회지』, 제30집 제3호, 235-240.
- 김의기(2015), “상온 다층물류센터 작업통로 및 기둥간격의 결정요인에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위논문.
- 김정훈(2014), “MWC 물류센터 설계사례, 한국설비기술협회”, 『설비:공조·냉동·위생』, 제31권 제9호, 66-73.
- 서진호, 박성철, 이권순(2005), “항만이송시스템의 성능평가를 위한 3차원 시뮬레이터 개발”, 『한국항해항만학회 2005년도 춘계학술대회 논문집』, 제29집 제1호, 423-428.
- 유우연, 박윤선, 신정현(2008), “크로스도킹 시스템을 위한 물류센터의 설계에 관한 연구”, 『대한안전경영과학회지』, 제10집 제2호, 187-193.
- 최용석, 하태영(2005), “컨테이너터미널의 장치장 레이아웃 설계방법”, 『한국항해항만학회지』, 제29집 제8호, 739-745.
- ACTIW, *Container Loading : ACTIW Loadplate*, <http://loadplate.com>
- Driest, J.(2010), *Technology Information: Automated Truck Loading Systems*, Netherlands: Ancra Systems BV.
- Lee, S., Chang, T. W., Won, J. U. and Kim, Y. J.(2014), “Systematic development of cargo batch loading and unloading systems,” *International Journal of Advanced Logistics*, Vol,3 No.1-2, 75-85.
- Thuesen, G. J. and Fabrycky, W. J.(1993), *Engineering Economy*, 8th edition, New Jersey, Prentice-Hall.

일괄 하역장비 운영을 위한 하역작업장 설계 및 경제성 분석에 관한 연구

강무홍 · 이석 · 추양길 · 최상희 · 원승환 · 조성우 · 김우선

국문요약

물류센터의 생산성 및 안전도 향상을 위한 기계화 및 자동화가 급속도로 진행되고 있으며, 작업자들의 효율적이고 안전한 작업 지원을 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 하지만, 집배송차량과 물류센터 간 연결 역할을 하고 있는 하역작업장의 경우는 아직까지도 지게차 위주의 작업이 이루어지고 있다. 또한 지게차와 작업자가 같은 공간에서 함께 작업함에 따라 이로 인한 안전사고도 자주 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 상하역작업장의 기계화 및 자동화를 통해 생산성과 안전성 향상의 문제를 해결하기 위해 여러 개의 팔레트를 한꺼번에 작업할 수 있는 일괄 하역장비들에 대해 소개하였다. 일괄 하역장비들은 새로운 개념의 하역장비로 적용 시 효율적인 운영을 위해 필요한 적정 장비 대수는 범용 4대, 전용 3대이다. 작업장 면적은 장비크기와 부가공간을 포함하여 범용 256.28㎡, 전용 207.00㎡가 필요하며 이를 기반으로 작업장 면적 및 일괄 상하역장비를 고려한 상하역작업장을 설계하였다. 또한 NPV, IRR, PBT 등 경제성 분석을 실시하였으며 주요 변수에 대한 민감도 분석을 수행하였다.

주제어: 일괄 하역장비, 하역작업장, 작업장 설계, 물류센터, 경제성 분석