보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
교통물류사업 최종보고서

R&D / 15TLRP-C065345-03

화물차량 상하역 시간 단축을 위한 일괄 하역장비 기술개발 최종보고서

2017. 03. 23.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / CJ대한통운(주)
(주)웨이브엠
(주)한성웰텍
(주)보우시스템
한국해양수산개발원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

국토교통 R&D Report

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘화물차량 상하역 시간 단축을 위한 일괄 하역장비 기술 개발’(연구개발 기간 : 2013. 05. 03 ~ 2017. 03. 23) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017. 3. 23.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
공동연구기관명 : CJ대한통운(주)
(주)웨이브엠
(주)한성웰텍
(주)보우시스템
한국해양수산개발원

주관연구기관책임자: 이 석(한국철도기술연구원)
공동연구기관책임자: 정재숙(CJ대한통운(주))
박연희((주)웨이브엠)
서정도((주)한성웰텍)
이광영((주)보우시스템)
김우선(한국해양수산개발원)

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>15TLRP-C065345-03</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2013-05-03 ~2017-03-23 (3년 10개월)</td><td>단계구분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5">교통물류연구사업</td></tr>
<tr><td>연구과제명</td><td colspan="5">화물차량 상하역 시간 단축을 위한 일괄 하역장비 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>이 석</td><td>총 연구기간 참여 연구원 수</td><td>총: 154명
내부: 154명
외부: 0명</td><td>총 연구 개발비</td><td>정부:5,440,000천원
기업:1,815,000천원
정부 외: 천원
계: 7,255,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">한국철도기술연구원
물류시스템연구실</td><td colspan="2">참여기업명
CJ대한통운(주)
(주)웨이브엠
(주)한성웰텍
(주)보우시스템</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약

○ 본 연구과제는 파렛트 화물을 일괄적으로 트럭 적재함이나 컨테이너에 인입 및 반출하여 상하역 시간을 단축하고, 상하역 과정에서의 사고를 방지하기 위한 하역장비 기술 개발을 목표로 함
○ 본 연구과제의 주요 성과는 다음과 같음
- 마찰력 저감형 플레이트를 활용하여 화물을 일괄 상차하는 ‘범용 일괄 하역장비’ 개발
- 트럭 적재함 또는 컨테이너 내부에 Self 제어 플레이트 추가 방식의 ‘전용 일괄 하역장비’ 개발
- 윙바디 차량의 측면을 이용하여 화물을 일괄 상차 하는 ‘윙바디 차량용 일괄 하역장비’ 개발
- 일괄 하역장비의 효율적 운영을 위한 ‘하역장비 통합 운영시스템’ 개발
○ 본 연구개발 과제의 기대 효과는 다음과 같음
- 상하역 작업시간 단축 및 트럭 대기시간 감소를 통한 상하역 작업생산성 향상
- 자동화를 통한 상하역 작업의 안전성 증대
- 자동화 물류센터의 실현을 위한 상하역 자동화 솔루션 제공</td><td colspan="2">보고서 면수

391</td></tr>
</table>

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	○ 파렛트 화물을 일괄적으로 트럭 적재함이나 컨테이너에 인입 및 반출하여 상하역시간을 단축하고, 상하역 과정에서의 사고를 방지하기 위한 하역장비 기술 개발 - 일괄 상하역을 위한 화물의 총 중량 최대 25톤 이하 (40ft 컨테이너 기준) - 범용 일괄 하역장비 : 상차 소요시간 7분 이내 - 전용 일괄 하역장비 : 상차 또는 하차 소요시간 6분 이내 - 윙바디 차량용 일괄 하역장비 : 상차 또는 하차 소요시간 5분 이내 - 하역장비 통합 운영시스템
연구개발성과	○ 범용 일괄 하역장비 기술개발 - 시제품 제작 및 기능별 동작테스트 완료 - 파렛트 화물 20개 기준 일괄 상차시간 7분 이내 달성(5회 반복 작동 후 평균시간 및 용량 측정) - 적재상태 검지장치 spot 개수 722 확보로 신뢰도 향상 - 장애물 검지장치의 과제 목표치인 장애물 크기 70㎜ × 70㎜ × 70㎜ 달성으로 신뢰도 향상 - 종이/나무/금속 재질 모두 검지 완료 - 적재함 내부의 5,900㎜ 깊이에 위치한 장애물을 최소 65㎜까지 검지 - 실사용 환경 구축 및 시험운영 수행 ○ 전용 일괄 하역장비 기술개발 - 플레이트 화물이송 설계속도 6m/min 달성 - 차량 플레이트 설계높이 100㎜ 이내 달성 - 차량 플레이트 설계중량 1,200㎏ 이내 달성으로 35% 경량화 ○ 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 개발 - 시제품 기능별 동작테스트 완료 - 일괄 상하차 시간 5분 이내 달성 - Load Capacity 성능목표 1,000Kg 달성 - 공인 인증기관 입회 하에 테스트 실시 및 시험성적서 발급 완료 - 실사용 환경 구축 및 시험운영 수행 ○ 하역장비 통합 운영시스템 개발 - 통합 운영시스템 및 일괄 하역장비 도입으로 기존 상하역 시스템의 수정 최소화 - 기존 상하역 시스템과 일괄 하역장비를 도입한 시스템을 같이 병행하여 실시간 모니터링 - 기존 시스템의 적재물 검수시스템을 일괄 하역장비를 도입하면서 자동화가 가능하도록 적용

연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 현장적용 및 실용화·제품화 - 본 연구 진행 시 국내 최대의 물류기업을 공동연구기관에 포함시켜 연차별 산출물에 대한 현장 적용성 검증을 수행하여 기술개발과 고도화를 동시에 추진하며, 다양한 물류환경에 적용할 수 있는 기술개발을 통해 산업확산 추진 및 현장적용을 지원 - 또한 물류 상하역 자동화를 위해 3가지 핵심 시스템(범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디차량용 일괄 하역장비)과 요소기술을 적절히 조합하여 현장 적용형 일괄 상하역 시스템 및 연계시스템 상용화를 추진하며, 적재용 플레이트 핵심기술, ULS 핸들링 핵심기술, 안전장치 및 상태 검지기술 등을 모듈화하여 개발된 기술을 조합하고 물류센터 상하역 구조의 다양성과 기술 변화 방향 및 현장 요구사항을 반영하여 최적화된 일괄 상하역시스템의 상용화 및 확산 추진의 발판으로 활용 - 향후 관련 기술이 확산되는 단계에서 시장에서의 선도적인 역할을 수행할 수 있도록 확장성을 고려한 실용화·제품화 추진에 활용 가능 ○ 미래 원천기술 확보 - 기술개발 컨소시엄 및 관련 연구기관과 협력을 통해 현장과 이론적인 영역을 포괄적으로 반영할 수 있는 기술개발 기반 구축과 ISO 등 국제적인 표준화 동향, 정부의 정책추진 방향을 감안하여 기술개발을 수행 - 개발 결과물에 대한 국내외 표준화 활동을 통한 기술 주도권 확보 추진 시 활용이 가능할 것으로 판단 - 또한 해외 제품에 대한 벤치마킹을 통하여 해외에 수출이 가능한 일괄 상하역시스템을 개발하고, 해외 물류장비시장 진출에 활용 ○ 신산업 창출 - 제어 알고리즘 기반의 지식서비스 산업 확대, 센싱 기술을 접목한 AIDC (Automatic Identification and Data Capture) 산업 활성화, 물류센터 내에서 활용하고 있는 다양한 장비를 일괄 제어할 수 있는 알고리즘 개발을 통해 지식서비스로의 확대 추진 가능 - 뿐만 아니라 센싱기술, 장비 미세 제어기술을 활용하여 자동화 시스템 산업의 활성화 및 연계기술 기반 신산업 창출이 가능할 것으로 기대

핵심어 (5개 이내)	물류	상하역	물류장비	효율화	안전

SUMMARY

Purpose & Contents	1.Purpose Development of automatic loading/unloading systems to reduce handling time and prevent accidents by loading/unloading pallets to/from truck deck or container en bloc. 2.Research Scope 1) General-purpose System : Loading en bloc by using friction-reducing plate 2) Dedicated System : Loading/unloading en bloc by using Self-control plate 3) System for Wing-body truck : Loading/unloading en bloc by using protrusion device and push device 4) Integrated Operating System : System operation & safety management, linked to Legacy system
Results	1. We dealt with automatic cargo batch loading and unloading systems. this systems reduce loading and unloading time of palletized cargo and prevent accidents during the work in distribution center. - We designed and developed the three types of system (general-purpose system, dedicated system, system for wing-body truck) and an integrated operation system. 1) General-purpose System - No modification of existing truck deck or container - Load up to 25ton at a time (40ft container basis) - Shorten loading time to 7min from 40min by forklift 2) Dedicated System - Optimized to repeatedly carry a large amount of freights on the fixed route - Needed for modifying the inside of truck deck - Shorten loading or unloading time to 4min from 40min by forklift 3) System for Wing-body truck - Designed to be removable - Minimize space for system inside the distribution center - Shorten loading or unloading time to 4min from 20min by forklift 4) Integrated Operating System - Status Monitoring : Collect the real-time data for control and operation - Maintenance Management : Manage the system safely and efficiently - System Connection : Connect all the equipment with legacy information system using a standard interface

Expected Contribution	1. We are expected to improve efficiency due to reduce handling time and establish a safe working environment in distribution center 2. Also the system will be a core technology for automation of distribution centers and applied in various areas.				
Keywords	Logistics	Loading & Unloading	Logistics Facility	Efficiency	Safety

CONTENTS

Chapter 1 Outline of Research and Development Project ·· 3

Section 1 Purpose of Research and Development ····· 3

Section 2 Necessity of Research and Development ····· 7

Section 3 Scope of Research and Development ····· 15

Chapter 2 Domestic and Foreign Technology Development Status ····· 23

Section 1 Domestic and Foreign Technology Trends ····· 23

Section 2 Domestic and Foreign Industry Trends ····· 45

Section 3 Bulk Carriage Equipment Market Survey ····· 55

Chapter 3 Research performance and achievements ····· 73

Section 1 Development of General-purpose Cargo Batch Loading and Unloading System ····· 73

Section 2 Development of Dedicated Cargo Batch Loading and Unloading Systems ····· 129

Section 3 Development of Cargo Batch Loading and Unloading System for Wing-body truck ····· 157

Section 4 Development of Safety and State Detection System for Cargo Batch Loading and Unloading ····· 177

Section 5 Development of Integrated Operating System for Cargo Batch Loading and Unloading ····· 205

Section 6 Docking Station Design for Cargo Batch Loading and Unloading ····· 249

Section 7 Establishment of Strategies for Cargo Batch Loading and Unloading System ····· 336

Chapter 4 Goal Completion and Contribution to Related Sectors ····· 349

Section 1 Goal Achievement ····· 349

Section 2 Contribution to the related field ····· 351

Chapter 5 Plan for Utilization of R & D Performance ··· 355

Section 1 Elemental Technology Information ····· 355

Section 2 Performance Utilization Network Information ····· 358

Section 3 Performance Information ····· 360

Section 4 Performance Use Information ····· 365

Section 5 Performance Utilization Plan ····· 369

Chapter 6 Overseas Science and Technology Information Collected During the Research Process ····· 375

Chapter 7 Security Level of Research and Development Achievement ····· 383

Chapter 8 Status of Research Facilities and Equipment Registered in the National Science and Technology Comprehensive Information System ····· 383

Chapter 9 Implementation of Safety Measures in Laboratories According to Performance of R&D tasks ····· 384

Chapter 10 Research Achievements of Research and Development Project ····· 386

Chapter 11 References ····· 389

목 차

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 3

제1절 연구개발의 목적 ····· 3

제2절 연구개발의 필요성 ····· 7

제3절 연구개발의 범위 ····· 15

제2장 국내·외 기술개발 현황 ····· 23

제1절 국내·외 기술 동향 ····· 23

제2절 국내·외 산업 동향 ····· 43

제3절 일괄 하역장비 시장 조사 ····· 55

제3장 연구 수행내용 및 성과 ····· 73

제1절 범용 일괄 하역장비 기술 개발 ····· 73

제2절 전용 일괄 하역장비 기술 개발 ····· 129

제3절 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 개발 ····· 157

제4절 일괄 하역장비 안전 및 상태 검지 기술 개발 ····· 177

제5절 일괄 하역장비 통합 운영시스템 개발 ····· 205

제6절 물류센터 하역작업장 설계 ····· 249

제7절 일괄 하역장비 실용화 전략 수립 ····· 336

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도 ····· 349

제1절 목표 달성도 ····· 349

제2절 관련분야 기여도 ····· 351

제5장 연구개발성과의 활용계획 ····· 355
제1절 요소기술 정보 ····· 355
제2절 성과활용 네트워크 정보 ····· 358
제3절 성과정보 ····· 360
제4절 성과활용 정보 ····· 365
제5절 성과활용 계획 ····· 369

제6장 연구과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 375

제7장 연구개발성과의 보안등급 ····· 383

제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·
장비현황 ····· 383

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치
이행 실적 ····· 384

제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 386

제11장 참고문헌 ····· 389

< 표 목 차>

표 1.1.1 연구 목표(25톤 이하) 설정 근거 ····· 5
표 1.2.1 국내 물류센터 인력수급 사항 ····· 12
표 1.3.1 범용 일괄 하역장비 기술 연구개발 범위 ····· 16
표 1.3.2 전용 일괄 하역장비 기술 연구개발 범위 ····· 17
표 1.3.3 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 연구개발 범위 ····· 18
표 1.3.4 일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템 연구개발 범위 ····· 19
표 2.1.1 분석대상 기술분류 기준 ····· 32
표 2.1.2 특허기술 현황 정리표 ····· 40
표 2.1.3 유사특허 비교분석 및 회피 전략 ····· 41
표 2.1.4 유사특허 대응방향 ····· 42
표 2.2.1 Global logistics Costs & 3Party Logistics Revenues 2015 ····· 45
표 2.2.2 물류센터 내 투자자산 비용 비율 ····· 47
표 2.2.3 국내 물류산업 일반 현황 ····· 50
표 2.2.4 창고 유형별 현황 ····· 52
표 2.2.5 화물 입출고 단위 ····· 54
표 2.3.1 시장조사 항목 ····· 56
표 2.3.2 제조업 사업체 수 및 종사자 수 ····· 57
표 2.3.3 산업군별 자동하역 긍정비율 ····· 59
표 2.3.4 자본재 사업체 수 및 종사자 수 ····· 59
표 2.3.5 소비재 사업체 수 및 종사자수 ····· 60
표 2.3.6 IT 사업체 수 및 종사자수 ····· 61
표 2.3.7 중간재 사업체 수 및 종사자 수 ····· 62
표 2.3.8 산업군별 일괄 하역장비 시장규모 예측 ····· 64
표 2.3.9 산업군별 범용 일괄 하역장비 시장규모 예측 ····· 65
표 2.3.10 산업군별 전용 일괄 하역장비 시장규모 예측 ····· 66
표 2.3.11 산업군별 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시장규모 예측 ····· 67
표 2.3.12 화물차 등록현황 ····· 67
표 2.3.13 윙바디 구조변경 신청건수 추이 ····· 68
표 3.1.1 Bed Frame 사양 ····· 74
표 3.1.2 마찰력 저감형 플레이트 사양 ····· 76
표 3.1.3 구동장치 사양 ····· 77
표 3.1.4 막음장치 사양 ····· 79
표 3.1.5 높이 조절장치 사양 ····· 81

표 3.1.6 Bed Frame 구조해석 하중 조건 ····· 85
표 3.1.7 Bed Frame 구조해석 결과 ····· 85
표 3.1.8 플레이트 롤러 구조해석 하중 조건 ····· 86
표 3.1.9 플레이트의 롤러 구조해석 결과 ····· 87
표 3.1.10 구동모터 취부 Bracket 구조해석 하중 조건 ····· 87
표 3.1.11 구동모터 취부 Bracket 구조해석 결과 ····· 88
표 3.1.12 범용 일괄 하역장비 핵심 기능 테스트 결과 ····· 92
표 3.1.13 시뮬레이션 모델링 변수 ····· 94
표 3.1.14 대안별 적재방식 ····· 98
표 3.1.15 대안별 수리적 모형 분석 결과 () ····· 98
표 3.1.16 Dual Plate 적재방식에 따른 생산성 분석 ····· 100
표 3.1.17 셋업 플레이트 Frame 설계 ····· 101
표 3.1.18 정렬장치 설계 ····· 101
표 3.1.19 이송장치 설계 ····· 101
표 3.1.20 시제품 사양 ····· 108
표 3.1.21 성능평가 항목 ····· 109
표 3.1.22 일괄상차 시간 시험 결과 ····· 111
표 3.1.23 일괄상차 용량 시험 결과 ····· 111
표 3.1.24 범용 일괄 하역장비 시험운영 결과 ····· 114
표 3.2.1 구동롤러 사양 ····· 139
표 3.2.2 구동롤러 구동력 검토 ····· 139
표 3.2.3 차량 플레이트 검토 모델 ····· 140
표 3.2.4 적용 재질 ····· 142
표 3.2.5 파트별 모델 ····· 143
표 3.2.6 Type 1 구조해석 결과 ····· 144
표 3.2.7 Type 2 구조해석 결과 ····· 145
표 3.2.8 Type 3 구조해석 결과 ····· 146
표 3.2.9 구조해석 결과 요약 ····· 147
표 3.2.10 세부 검토안 중량 산정 ····· 148
표 3.2.11 차량 플레이트 경량화 결과 ····· 148
표 3.2.12 차량 플레이트 가격 ····· 149
표 3.2.13 에어 리프트 타입 구조해석 ····· 151
표 3.2.14 차량 플레이트 사양 ····· 152
표 3.2.15 도크 플레이트 사양 ····· 153
표 3.2.16 레벨유지 및 고정장치 사양 ····· 153
표 3.2.17 축소모형 사양 ····· 154
표 3.2.18 축소모형 기능 시험 ····· 156

표 3.3.1 Mast Car 구동장치 ····· 159
표 3.3.2 Mast Up/Down 장치 ····· 160
표 3.3.3 Push-Pull 장치 ····· 160
표 3.3.4 파렛트 고정장치 ····· 161
표 3.3.5 재질의 특징 ····· 163
표 3.3.6 화물 운반용 Arm 구조해석 결과 ····· 164
표 3.3.7 Main Frame 구조해석 결과 ····· 165
표 3.3.8 Push-Pull 장비 구조해석 결과 ····· 167
표 3.3.9 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 사양 ····· 171
표 3.3.10 기능 동작시험 결과 ····· 172
표 3.3.11 일괄 상하차 시간 시험 결과 ····· 174
표 3.4.1 장애물 검지 센서 비교 ····· 178
표 3.4.2 DT50-N1113 거리측정 센서 주요 사양 ····· 182
표 3.4.3 장애물 검지 장치 로그 항목 정의 ····· 187
표 3.4.4 BEA사 Sensorio LZR-U920 제원 ····· 190
표 3.4.5 적재상태 안전검지기 구성 ····· 191
표 3.4.6 정상상태 시나리오 ····· 197
표 3.4.7 적재함 체적 측정 오류 시나리오 ····· 197
표 3.4.8 적재상태 검지 오류 시나리오 ····· 197
표 3.4.9 장애물이 있는 경우 테스트 결과 ····· 199
표 3.4.10 화물 측정 테스트 결과 ····· 201
표 3.4.11 성능 검증 항목 ····· 201
표 3.4.12 장애물 측정 크기 성능 검증 결과 ····· 202
표 3.4.13 적재상태 검지 성능 검증 결과 ····· 204
표 3.5.1 일괄 하역장비 주요 소모품 ····· 212
표 3.5.2 헤더 메시지구조 ····· 216
표 3.5.3 패킷헤더: 메시지ID ····· 216
표 3.5.4 패킷헤더 : 송수신자 ID ····· 216
표 3.5.5 패킷전문 : 배차정보 할당 ····· 217
표 3.5.6 패킷전문 : 하역작업 진행상태값 ····· 218
표 3.5.7 패킷전문 : 차량 정보전달 장치 연동값 ····· 218
표 3.5.8 하역작업 장애사항 ····· 223
표 3.5.9 작업이력 통계관리 ····· 225
표 3.5.10 하역작업 장애사항 ····· 227
표 3.5.11 Header 메시지 구조 ····· 229
표 3.5.12 Packet ID 항목 ····· 229
표 3.5.13 장비 상태 수신 ····· 232

표 3.5.14 작업상태값 코드값 ····· 233
표 3.5.15 프로세스 항목 및 기능 ····· 234
표 3.5.16 센터/도크 차량정보 전송 메시지 ····· 235
표 3.5.17 전광판 도크안내 메시지 ····· 235
표 3.5.18 일괄 하역장비 도입 시 개선사항 ····· 237
표 3.5.19 계약정보 테이블 설계서 ····· 239
표 3.5.20 출고정보 테이블 설계서 ····· 239
표 3.5.21 작업 상태값 정보 ····· 242
표 3.5.22 장애 상태 검지 시 발생되는 장애유형코드 ····· 243
표 3.5.23 적재상태 불량 검지 시 발생되는 장애유형코드 ····· 244
표 3.5.24 바코드 에러 코드 정의 ····· 245
표 3.6.1 일괄 하역장비 유형별 적용 도크 방향 ····· 251
표 3.6.2 일괄 하역장비 유형별 도크 길이 ····· 253
표 3.6.3 트럭 크기별 전면 공간 길이 ····· 254
표 3.6.4 일괄 하역장비 유형별 캐노피 길이 및 방식 ····· 254
표 3.6.5 일괄 하역장비 유형별 도크실 및 도크쉘터 적용대안 ····· 257
표 3.6.6 일괄 하역장비 유형별 도어 폭 ····· 257
표 3.6.7 표준 물류센터 상하역 작업 정보 ····· 260
표 3.6.8 장비별 처리 파렛트수 ····· 261
표 3.6.9 장비별 처리시간 및 가동률 ····· 261
표 3.6.10 지게차 작업시간 ····· 261
표 3.6.11 장비별 성능 및 소요대수 ····· 262
표 3.6.12 Dock 개수 별 As-Is 출력 데이터 ····· 273
표 3.6.13 지게차 가동률 Min-Max intervals analysis(As-Is) ····· 273
표 3.6.14 지게차 대기률 Min-Max intervals analysis(As-Is) ····· 274
표 3.6.15 Truck 평균 서비스 시간 Min-Max intervals analysis(As-Is) ····· 274
표 3.6.16 Dock 개수 별 전용 및 범용 LoadingPlate 출력 값 ····· 275
표 3.6.17 지게차 가동률 Min-Max intervals analysis(전용 및 범용) ····· 275
표 3.6.18 지게차 대기률 Min-Max intervals analysis(전용 및 범용) ····· 275
표 3.6.19 Truck 평균 서비스 시간 Min-Max intervals analysis(전용 및 범용) · 276
표 3.6.20 Dock 개수 별 윙바디 출력 값 ····· 276
표 3.6.21 지게차 가동률 Min-Max intervals analysis(윙바디) ····· 277
표 3.6.22 지게차 대기률 Min-Max intervals analysis(윙바디) ····· 277
표 3.6.23 Truck 평균 서비스 시간 Min-Max intervals analysis(윙바디) ····· 277
표 3.6.24 지게차 가동률 출력변수 값 비교 ····· 278
표 3.6.25 지게차 대기률 출력 변수 값 비교 ····· 278
표 3.6.26 Truck 평균 서비스 시간 출력 변수 값 비교 ····· 279

표 3.6.27 플레이트 모델 시나리오 요약 ····· 279
표 3.6.28 플레이트 속도변화에 따른 지게차 가동률 ····· 279
표 3.6.29 플레이트 속도변화에 따른 트럭 평균서비스시간 ····· 280
표 3.6.30 플레이트 속도변화에 따른 일일 평균 팔레트 수량 ····· 280
표 3.6.31 윙바디 모델 시나리오 요약 ····· 280
표 3.6.32 윙바디 속도변화에 따른 지게차 가동률 ····· 281
표 3.6.33 윙바디 속도변화에 따른 트럭 평균서비스시간 ····· 281
표 3.6.34 윙바디 속도변화에 따른 일일 평균 팔레트 수량 ····· 281
표 3.6.35 지게차 가동률 출력변수 값 비교 ····· 282
표 3.6.36 지게차 가동률 출력변수 값 비교 ····· 282
표 3.6.37 Truck 평균 서비스 시간 출력변수 값 비교 ····· 283
표 3.6.38 Dock 개수(장비대수) 별 As-Is 출력 데이터 ····· 283
표 3.6.39 Dock 개수(장비대수) 별 전용 및 범용 일괄상하역 장비 출력 값 ····· 284
표 3.6.40 실 사용환경 As-Is 출력값 ····· 284
표 3.6.41 실 사용환경 범용 Loading Plate 출력값 ····· 284
표 3.6.42 Dock 개수(장비 대수) 별 윙바디 일괄상하역 장비 출력 값 ····· 285
표 3.6.43 Truck 평균 서비스시간 출력변수 값 비교 ····· 285
표 3.6.44 성능개선을 고려한 지게차 최대 투입 대수(추정치) ····· 286
표 3.6.45 장비별 크기 및 추가 요구공간 ····· 287
표 3.6.46 장비별 대당 요구크기 및 전체 필요 공간 ····· 287
표 3.6.47 건물 내 배치(대안 1) 장단점 ····· 290
표 3.6.48 건물 외 배치(대안 2) 장단점 ····· 290
표 3.6.49 대상물류센터 시설규모 ····· 292
표 3.6.50 대상물류센터 취급화물 ····· 293
표 3.6.51 범용하역장비 운영성능 ····· 298
표 3.6.52 전용하역장비 운영성능 ····· 298
표 3.6.53 전용하역장비 운영성능 ····· 299
표 3.6.54 표준 물류센터에서의 운영효과 분석 대상 ····· 300
표 3.6.55 실 사용환경 물류센터에서의 운영효과 분석 대상 ····· 301
표 3.6.56 일반적인 물류시설의 유형 ····· 301
표 3.6.57 표준 물류센터의 수요 ····· 303
표 3.6.58 실 사용환경 물류센터의 수요 ····· 304
표 3.6.59 물류시설의 일반적 편익 항목 ····· 305
표 3.6.60 물류시설 유형별 일반적 편익 항목 ····· 305
표 3.6.61 물류시설의 일반적 비용 항목 및 내용 ····· 315
표 3.6.62 범용 일괄 하역장비의 설치공사비 ····· 316
표 3.6.63 전용 일괄 하역장비의 설치공사비 ····· 316

표 3.6.64 윙바디용 일괄 하역장비의 설치공사비 ····· 317
표 3.6.65 표준 물류센터의 지게차 취득비용 및 유지관리비 ····· 317
표 3.6.66 범용 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비 ····· 317
표 3.6.67 전용 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비 ····· 318
표 3.6.68 윙바디용 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비 ····· 318
표 3.6.69 실 사용환경 물류센터의 지게차 취득비용 및 유지관리비 ····· 319
표 3.6.70 공사기간별 사업비 투입 비율 ····· 321
표 3.6.71 표준 물류센터에서의 운영효과 분석 대상 ····· 321
표 3.6.72 실 사용환경 물류센터에서의 운영효과 분석 대상 ····· 322
표 3.6.73 경제성 분석 기초자료 요약 ····· 322
표 3.6.74 분석 1-1 결과 : 범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N1) ····· 323
표 3.6.75 분석 1-2 결과 : 전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N2) ····· 324
표 3.6.76 분석 1-3 결과 : 윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N3)325
표 3.6.77 분석 2-1 결과 : 범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N4) ····· 326
표 3.6.78 분석 2-2 결과 : 전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N5) ····· 327
표 3.6.79 분석 2-3 결과 : 윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N6)328
표 3.6.80 경제적 타당성 분석 결과 요약 ····· 329
표 3.6.81 분석 1-1에 대한 민감도 분석 결과 ····· 330
표 3.6.82 분석 1-2에 대한 민감도 분석 결과 ····· 330
표 3.6.83 분석 1-3에 대한 민감도 분석 결과 ····· 331
표 3.6.84 분석 2-1에 대한 민감도 분석 결과 ····· 331
표 3.6.85 분석 2-2에 대한 민감도 분석 결과 ····· 332
표 3.6.86 분석 2-3에 대한 민감도 분석 결과 ····· 332
표 3.6.87 편익 항목의 경제적 기대 효과 ····· 333
표 3.6.88 연속적인 작업상황을 고려한 경제석분석 결과 ····· 335
표 3.7.1 일괄 하역장비별 현장적용 방안 ····· 336
표 3.7.2 일괄 하역장비 적용 비즈니스 모델 ····· 338
표 3.7.3 해외 기술과의 비교 ····· 344
표 3.7.4 주요 품목별 수출 현황 ····· 346
표 9.1.1 연구실 안전 점검 체계 ····· 384

< 그 림 목 차 >

그림 1.1.1 차량의 운행 제한 규정 ····· 5
그림 1.1.2 전체 연구개발 기술 개념 ····· 6
그림 1.1.3 전체 연구개발 목표 ····· 6
그림 1.2.1 물류센터의 기능 변화 ····· 8
그림 1.2.2 Warehouse Automation Equipment Adoption Rates ····· 8
그림 1.2.3 미국 내 주요 물류비용 증가요인 ····· 9
그림 1.2.4 미국, 독일, 호주의 물류 및 수송관련 종사자 인력 분포 ····· 10
그림 1.2.5 주요 국가별 인구 고령화 속도 ····· 11
그림 1.2.6 인구 구조변화 추이 ····· 11
그림 1.2.7 분야별 Injuries & Illnesses 2012 ····· 13
그림 1.2.8 물류센터 내 안전사고 유형 ····· 13
그림 1.2.9 일괄 상하역시스템 개념 ····· 14
그림 2.1.1 LoadPlate와 Multi-Container LoadPlate ····· 23
그림 2.1.2 LoadPlate 시스템의 사용 예 ····· 23
그림 2.1.3 LoadForm 시스템 ····· 24
그림 2.1.4 C-Loader 적재방식 ····· 24
그림 2.1.5 Vanloda Rollerbed의 작동 예 ····· 25
그림 2.1.6 Roller Track System ····· 25
그림 2.1.7 Hydraroll Powered Cargo System ····· 26
그림 2.1.8 Vehicle Loading System ····· 27
그림 2.1.9 Moving Floor ····· 27
그림 2.1.10 Automated Dock Loading ····· 28
그림 2.1.11 Slat Conveyor System ····· 28
그림 2.1.12 Hydraroll Slipchain System ····· 29
그림 2.1.13 Hydraroll Trailer Skate ····· 29
그림 2.1.14 Skate System ····· 30
그림 2.1.15 One Shot Container Loading System ····· 30
그림 2.1.16 연도별 출원건수 및 누적 출원건수 ····· 33
그림 2.1.17 국가별 특허 출원건수 ····· 33
그림 2.1.18 주요시장국별 포트폴리오 분석 ····· 34
그림 2.1.19 주요 출원인의 특허 출원 동향 ····· 35
그림 2.1.20 적재용 플레이트 기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수 ····· 36
그림 2.1.21 적재용 플레이트 기술분야의 주요 출원인 동향 ····· 36
그림 2.1.22 ULS 핸들링 기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수 ····· 37

그림 2.1.23 ULS 핸들링 기술분야의 주요 출원인 동향 ····· 37
그림 2.1.24 적재상태 검지기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수 ····· 38
그림 2.1.25 적재상태 검지기술 분야의 주요 출원인 동향 ····· 38
그림 2.1.26 물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수 ····· 39
그림 2.1.27 물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술 분야의 주요 출원인 동향 ····· 39
그림 2.2.1 세계 경장성장률 추이 및 전망 ····· 43
그림 2.2.2 글로벌 Lift Truck Market ····· 43
그림 2.2.3 글로벌 물류장비 시장규모(2015년 기준, 해운장비 제외) ····· 46
그림 2.2.4 물류센터 장비 및 지게차 시장규모 ····· 46
그림 2.2.5 미국의 자재 취급장비 제조 관련 시장 규모 변화 ····· 48
그림 2.2.6 미국의 자재 취급장비 수출입 규모 변화 ····· 48
그림 2.2.7 Logistics Performance Index(LPI) ····· 51
그림 2.2.8 화물 입출고 단위 ····· 54
그림 2.3.1 지역별/면적별/업태별 창고 등록 현황 ····· 55
그림 2.3.2 40대 제조업 5대 산업군 ····· 58
그림 2.3.3 자본재 도입의사 ····· 60
그림 2.3.4 소비재 도입 의사 ····· 61
그림 2.3.5 IT 도입의사 ····· 62
그림 2.3.6 중간재 도입의사 ····· 63
그림 2.3.7 산업군별 시장규모 추정 ····· 64
그림 2.3.8 장비별 시장규모 추정 ····· 65
그림 2.3.9 장비별 도입 긍정 업체 수 ····· 69
그림 3.1.1 범용 일괄하역장비 기술개요 ····· 73
그림 3.1.2 Bed Frame 3D 모델 ····· 75
그림 3.1.3 마찰력 저감형 플레이트 3D 모델 ····· 76
그림 3.1.4 구동모터 토크 산출 근거 ····· 77
그림 3.1.5 구동장치 3D 모델 ····· 78
그림 3.1.6 막음장치 3D 모델 ····· 80
그림 3.1.7 높이 조절장치 3D 모델 ····· 82
그림 3.1.8 비상정지 스위치 위치 ····· 83
그림 3.1.9 터치패널 내 수동 조작 기능 화면 ····· 83
그림 3.1.10 범용 일괄 하역장비 구조해석 범위 ····· 84
그림 3.1.11 롤러와 프레임의 구조 ····· 89
그림 3.1.12 롤러의 해석모델 ····· 89
그림 3.1.13 작용하중에 의한 변형량 및 응력 해석(전체모델의 10% 크기로 확대) 90

그림 3.1.14 반복되는 충격고려하중에 대한 롤러의 피로해석 ····· 90
그림 3.1.15 범용 일괄 하역장비 축소모형 Layout ····· 91
그림 3.1.16 범용 일괄 하역장비 축소모형 제작 과정 ····· 91
그림 3.1.17 축소모형을 활용한 범용 일괄 하역장비 핵심 기능 테스트 ····· 92
그림 3.1.18 분석의 범위 ····· 93
그림 3.1.19 Single Plate 운영방식 ····· 94
그림 3.1.20 Dual Plate 운영방식 ····· 95
그림 3.1.21 범용 일괄 하역장비 운영 생산성 분석 결과 ····· 96
그림 3.1.22 Dual Plate 1열 적재방식 ····· 99
그림 3.1.23 Dual Plate 2열 적재방식 ····· 99
그림 3.1.24 Dual Plate 3D 모델링 ····· 100
그림 3.1.25 Dual Plate를 활용한 범용일괄 하역장비 Process ····· 102
그림 3.1.26 롤러에 작용하는 하중 ····· 103
그림 3.1.27 테이퍼 베어링을 적용한 롤러 설계도 ····· 103
그림 3.1.28 롤러에 작용하는 하중의 개략도 ····· 103
그림 3.1.29 유한요소모델 ····· 104
그림 3.1.30 유효변형률 분포 ····· 105
그림 3.1.31 베어링에 작용하는 총 축방향 하중(2342.8 N) ····· 105
그림 3.1.32 범용 일괄 하역장비 시제품 제작 과정 ····· 106
그림 3.1.33 범용 일괄 하역장비 시제품 ····· 106
그림 3.1.34 범용 일괄 하역장비 시제품 각 장치별 사진 ····· 107
그림 3.1.35 실 사용환경 구축을 위한 장비 개선 사항 ····· 108
그림 3.1.36 일괄상차 시간 시험 장면 ····· 109
그림 3.1.37 일괄상차 용량 시험장면(파렛트 정량) ····· 110
그림 3.1.38 일괄상차 용량 시험장면(상차 프로세스) ····· 110
그림 3.1.39 시험성적서 ····· 112
그림 3.1.40 실 사용환경 구축 및 시험운영 개요 ····· 113
그림 3.1.41 범용 일괄 하역장비 시험운영 ····· 114
그림 3.1.42 일괄하역장비 연계 입고 자동화 프로세스 ····· 116
그림 3.1.43 일괄하역장비 연계 출고 자동화 프로세스 ····· 117
그림 3.1.44 일괄하역장비 통합운영 출고 Process Map ····· 118
그림 3.1.45 일괄하역장비 통합운영 입고 Process Map ····· 119
그림 3.1.46 상하역 자동화 연계 프로세스 생산성 민감도 분석 ····· 120
그림 3.1.47 도크용량 및 지게차 작업 생산성 민감도 분석 ····· 120
그림 3.1.48 일괄하역장비 연계 인터페이스 통합운영 Simulation Model ····· 121
그림 3.1.49 일괄하역장비 연계 인터페이스 통합운영 생산성 분석 ····· 122
그림 3.1.50 일괄하역장비 연계 인터페이스 기술 설계 Concept ····· 123

그림 3.1.51 일괄하역장비 연계 인터페이스 이송기능 ····· 124
그림 3.1.52 일괄하역장비 연계 인터페이스 분배기능 ····· 124
그림 3.1.53 일괄하역장비 연계 인터페이스 검수기능 ····· 125
그림 3.1.54 파렛트 화물 운반 셔틀 설계도 ····· 126
그림 3.1.55 파렛트 화물 듀얼운반 셔틀 설계 Concept ····· 126
그림 3.1.56 파렛트 화물 연계 이송 컨베이어 설계도 ····· 127
그림 3.1.57 파렛트 화물 운반 셔틀 Track Switching 구조 설계도 ····· 128
그림 3.2.1 전용 일괄 하역장비 ····· 129
그림 3.2.2 차량 플레이트의 Step by Step 구동 ····· 131
그림 3.2.3 차량 플레이트 개념 ····· 134
그림 3.2.4 차량 플레이트 모듈 ····· 134
그림 3.2.5 차량 플레이트 모듈 배치 예 ····· 135
그림 3.2.6 도크 플레이트 개념 ····· 136
그림 3.2.7 플레이트 구동장치 ····· 137
그림 3.2.8 좌우 이동 휠 ····· 137
그림 3.2.9 플레이트 구동장치 ····· 138
그림 3.2.10 2차 개선 검토 모델 ····· 141
그림 3.2.11 해석 모델 ····· 142
그림 3.2.12 차량 플레이트 내부 여유공간 ····· 149
그림 3.2.13 에어 리프트 도입에 따른 체인연결 ····· 150
그림 3.2.14 전용 일괄 하역장비 축소모형 전체 ····· 155
그림 3.2.15 축소모형 기능 시험(무부하) ····· 155
그림 3.2.16 축소모형 기능 시험(부하) ····· 155
그림 3.3.1 물류센터 윙바디 차량용 화물 하역 모습 ····· 157
그림 3.3.2 윙바디 차량용 일괄 하역장비 개념 ····· 157
그림 3.3.3 화물 전도 방지 및 이송용 Clamp Hook ····· 161
그림 3.3.4 비상 시 수동 동작이 필요한 전동 모터 및 유압 작동부 위치 ····· 162
그림 3.3.5 모터 전원공급 이상 시 대응 방안 ····· 162
그림 3.3.6 화물 운반용 Arm의 변위구속 및 하중 조건 ····· 163
그림 3.3.7 Main Frame의 변위구속 및 하중 조건 ····· 165
그림 3.3.8 Push-Pull장비의 변위구속 및 하중조건 ····· 166
그림 3.3.9 축소모형 제작 ····· 168
그림 3.3.10 축소모형 기능시험 ····· 168
그림 3.3.11 안전 및 자동화를 위한 센서 추가 ····· 169
그림 3.3.12 장비 흔들림 최소화를 위한 도킹 핀 추가 ····· 169
그림 3.3.13 시제품 제작과정 ····· 170
그림 3.3.14 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품(1) ····· 170

그림 3.3.15 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품(2) ····· 170
그림 3.3.16 기능 동작 시험 ····· 172
그림 3.3.17 일괄 상하차 용량 시험 ····· 173
그림 3.3.18 일괄 상하차 시간 시험 ····· 174
그림 3.3.19 시험성적서 ····· 174
그림 3.3.20 윙바디차량용 일괄하역장비 시험운영 절차 ····· 175
그림 3.3.21 윙바디차량용 일괄하역장비 구동 Process ····· 176
그림 3.4.1 안전장치 및 상태 검지장치 구성도 ····· 177
그림 3.4.2 장애물 검지 H/W 인터페이스 구성도 ····· 179
그림 3.4.3 장애물 검지 작동 데이터 흐름도 ····· 179
그림 3.4.4 장애물 검지 정지 데이터 흐름도 ····· 180
그림 3.4.5 적재함 체적 측정 ····· 180
그림 3.4.6 적재함 높이 측정 ····· 181
그림 3.4.7 적재함 너비 측정 ····· 181
그림 3.4.8 적재함 체적 측정 H/W 인터페이스 구성도 ····· 182
그림 3.4.9 적재함 측정 작동 시 데이터 흐름도 ····· 183
그림 3.4.10 적재함 측정 오류 시 데이터 흐름도 ····· 183
그림 3.4.11 적재상태 안전 검지기술 개념도 ····· 184
그림 3.4.12 안전 및 상태 검지 장치 순서도 ····· 186
그림 3.4.13 장애물 검지 장치 시스템 로그 ····· 187
그림 3.4.14 적재함 장애물 검지 알고리즘(최소자승법) ····· 188
그림 3.4.15 적재함 장애물 검지 알고리즘(RANSAC) ····· 188
그림 3.4.16 적재함 깊이 측정 ····· 189
그림 3.4.17 적재함 너비 측정 ····· 189
그림 3.4.18 적재함 높이 측정 ····· 189
그림 3.4.19 테스트 상에서 화물 적재상태 검지 ····· 191
그림 3.4.20 lzr-measure 실행 결과값과 에러 영역 구분 ····· 192
그림 3.4.21 프로그램 구성도 ····· 193
그림 3.4.22 검지 알고리즘 개념도 ····· 193
그림 3.4.23 스캐너 초기위치 및 가우시안 필터 적용된 결과 ····· 194
그림 3.4.24 테스트 상에서 화물 적재상태 에러 검지 ····· 195
그림 3.4.25 H/W 인터페이스 구성도 ····· 195
그림 3.4.26 S/W 인터페이스 구성도 ····· 196
그림 3.4.27 장애물 검지 및 적재상태 기술 개발을 위한 테스트 환경 ····· 198
그림 3.4.28 장애물 검지 테스트 ····· 199
그림 3.4.29 적재상태 양호 검지 결과 ····· 200
그림 3.4.30 적재상태 불량 검지 결과 ····· 200

그림 3.4.31 장애물 검지장치 성능 검증 ····· 202
그림 3.4.32 적재상태 검지장치 성능 검증 ····· 203
그림 3.4.33 시험성적서 ····· 204
그림 3.5.1 하역장비 통합 운영시스템 구성도 ····· 205
그림 3.5.2 화물 유형별 상하역 작업 흐름 ····· 206
그림 3.5.3 물류센터 內 상차 및 출고 프로세스 ····· 207
그림 3.5.4 CL물류센터 표준 프로세스 ····· 208
그림 3.5.5 택배허브터미널 표준 프로세스 ····· 208
그림 3.5.6 배차정보 스케줄링 및 할당 프로세스 ····· 210
그림 3.5.7 작업진행상태 및 안전 및 상태검지값 수신 ····· 210
그림 3.5.8 관제사이트에서 비상정지 프로세스 ····· 210
그림 3.5.9 작업장에서 비상정지 프로세스 ····· 210
그림 3.5.10 도크진입정보 판단 프로세스 및 전광판 알림 프로세스 ····· 211
그림 3.5.11 소모품 관리 프로세스 ····· 212
그림 3.5.12 소모품 교체주기 체크 프로세스 ····· 212
그림 3.5.13 연계운영 프로세스 ····· 213
그림 3.5.14 WMS 및 통합운영시스템 분석서 ····· 214
그림 3.5.15 TMS시스템 분석서 ····· 214
그림 3.5.16 배차정보 수집 ····· 215
그림 3.5.17 작업완료 보고 ····· 215
그림 3.5.18 배차정보 송신 Flow ····· 217
그림 3.5.19 작업진행상태값 수신 Flow ····· 217
그림 3.5.20 차량 정보전달 장치 연동 Flow ····· 218
그림 3.5.21 통합운영시스템 H/W 및 네트워크 구성도 ····· 219
그림 3.5.22 통합운영시스템 Interface Flow ····· 219
그림 3.5.23 이기종 DB 연결을 위한 게이트웨이 기능 ····· 220
그림 3.5.24 DB 게이트웨이 및 표준 I/F의 활용도 ····· 220
그림 3.5.25 운영현황 관리를 위한 상황판 ····· 221
그림 3.5.26 일괄하역장비 작업진행 순서도 ····· 222
그림 3.5.27 하역작업이력 ····· 222
그림 3.5.28 배차상세목록 ····· 222
그림 3.5.29 센터차량진입현황 ····· 223
그림 3.5.30 장애이력 ····· 224
그림 3.5.31 관리자 비상정지이력 ····· 224
그림 3.5.32 작업별 통계 ····· 225
그림 3.5.33 지역별 통계 ····· 225
그림 3.5.34 장애별 통계 ····· 226

그림 3.5.35 소모품 이력관리 구성도 ····· 226
그림 3.5.36 소모품관리 ····· 227
그림 3.5.37 소모품 등록 ····· 227
그림 3.5.38 자동화 정보시스템 연계도 ····· 228
그림 3.5.39 통합운영 인터페이스 구조도 ····· 230
그림 3.5.40 표준 인터페이스 소프트웨어(DB Gateway) 연계 화면 ····· 230
그림 3.5.41 작업지시서 가져오기 ····· 231
그림 3.5.42 작업 완료 보고 ····· 231
그림 3.5.43 작업처리 속도 Log ····· 231
그림 3.5.44 하역장비 작업 시작 프로세스 ····· 232
그림 3.5.45 전광판 ····· 233
그림 3.5.46 RFID리더기 ····· 233
그림 3.5.47 도크접안거리센서 ····· 233
그림 3.5.48 차량인식을 위한 센싱 장비 설치도 ····· 234
그림 3.5.49 도크접안 및 하차 프로세스 ····· 235
그림 3.5.50 차량입문 및 도크접안 프로세스 ····· 235
그림 3.5.51 통합운영 프로세스 검증 ····· 235
그림 3.5.52 A사 업무 프로세스 ····· 236
그림 3.5.53 A사 현행 운영관리 시스템 ····· 236
그림 3.5.54 시스템 구성도 ····· 238
그림 3.5.55 전체 A사 일괄 하역장비 연동 프로세스 ····· 238
그림 3.5.56 M100 ~ M131 영역을 읽는 MELSEC 프로토콜 예제 ····· 240
그림 3.5.57 M100 ~ M131 영역에 대한 응답 MELSEC 프로토콜 예제 ····· 241
그림 3.5.58 작업 상태 연동 Flow ····· 242
그림 3.5.59 적재함 내부 장애물 검지 Flow ····· 243
그림 3.5.60 적재상태 불량 검지 Flow ····· 244
그림 3.5.61 시험환경 검수시스템 변경 전/후 ····· 245
그림 3.5.62 바코드 스캔 및 검수 Flow ····· 246
그림 3.5.63 검수 오류 시 동작 Flow ····· 246
그림 3.5.64 바코드 인식 실패 시 동작 Flow ····· 247
그림 3.5.65 상하역 연동 인터페이스 적용 상황판 ····· 248
그림 3.6.1 설계계획 수립 절차 ····· 249
그림 3.6.2 직각방식 ····· 251
그림 3.6.3 경사방식 ····· 251
그림 3.6.4 평행접차방식 ····· 251
그림 3.6.5 직각방식 차량 간격 설정 ····· 252
그림 3.6.6 경사방식 차량 간격 설정 ····· 252

그림 3.6.7 상온 도크(돌출형) ····· 253
그림 3.6.8 냉장/냉동 도크(무돌출형) ····· 253
그림 3.6.9 지붕형 캐노피 ····· 254
그림 3.6.10 돌출형 캐노피 ····· 254
그림 3.6.11 셔터형 도어 ····· 255
그림 3.6.12 상부이동식 ····· 256
그림 3.6.13 고정식 ····· 256
그림 3.6.14 커튼식 ····· 256
그림 3.6.15 도크쉘터 구성 ····· 256
그림 3.6.16 전용 하역장비 도어 폭 계산 ····· 257
그림 3.6.17 범용 하역장비 도어 폭 계산 ····· 258
그림 3.6.18 윙바디 트럭용 하역장비 도어 폭 계산 ····· 258
그림 3.6.19 장비별 적정 처리능력 및 개발규모 산정을 위한 엑셀 화면 ····· 262
그림 3.6.20 시뮬레이터 초기 Layout 화면 ····· 264
그림 3.6.21 시뮬레이터 시나리오 초기화면 ····· 265
그림 3.6.22 As-Is 시뮬레이션 화면 ····· 265
그림 3.6.23 To-Be 시뮬레이션 화면(전용&범용 플레이트) ····· 266
그림 3.6.24 To-Be 시뮬레이션 화면(윙바디) ····· 267
그림 3.6.25 일반사항 입력화면 ····· 267
그림 3.6.26 물동량 입력화면 ····· 268
그림 3.6.27 장비정보 입력화면 ····· 268
그림 3.6.28 하역장비 정보 입력화면 ····· 269
그림 3.6.29 시나리오 분석기 화면 ····· 270
그림 3.6.30 출력값 설정 화면 ····· 270
그림 3.6.31 입력값 설정 화면 ····· 271
그림 3.6.32 시나리오 실험값 설정 화면 ····· 271
그림 3.6.33 시나리오 출력값 화면 ····· 272
그림 3.6.34 시나리오 반복 실험결과값 화면 ····· 272
그림 3.6.35 범용(싱글) 작업장 설계도면 ····· 288
그림 3.6.36 범용(듀얼) 작업장 설계도면 ····· 288
그림 3.6.37 전용 작업장 설계도면 ····· 288
그림 3.6.38 윙바디용 작업장 설계도면 ····· 288
그림 3.6.39 범용(싱글) 작업장 3D 모델 ····· 289
그림 3.6.40 범용(듀얼) 작업장 3D 모델 ····· 289
그림 3.6.41 전용 작업장 3D 모델 ····· 289
그림 3.6.42 윙바디용 작업장 3D 모델 ····· 289
그림 3.6.43 4개 장비 설치 작업장 3D 모델 ····· 289

그림 3.6.44 건물 내 배치(대안 1) 작업장 3D 모델 ····· 290
그림 3.6.45 건물 외 배치(대안 2) 작업장 3D 모델 ····· 291
그림 3.6.46 건물 외 배치(대안 2)의 지게차 동선 문제점 ····· 291
그림 3.6.47 물류프로세스(지게차 적용 물류센터) ····· 295
그림 3.6.48 물류프로세스(일괄상하역장비 적용 물류센터) ····· 296
그림 3.6.49 일괄상하역장비 작업영역 ····· 297
그림 3.6.50 운영효과 분석 절차 ····· 302
그림 3.7.1 화물 유형별 To-Be 표준 프로세스 ····· 337
그림 3.7.2 Rule System 적용 모형 ····· 341
그림 3.7.3 Rule System 등록 및 조회화면 ····· 341
그림 3.7.4 CBR 모형을 활용한 사례분석 ····· 342
그림 3.7.5 글로벌 Lift Truck Market ····· 343
그림 3.7.6 일괄하역장비 선택 프로세스 ····· 344
그림 3.7.7 신규 수요처 발굴 ····· 346
그림 6.1.1 COPAL사의 Container Stripper & Palletizer System ····· 375
그림 6.1.2 Joloda사의 하역장비 ····· 376
그림 6.1.3 Auto Store사의 적재시스템 ····· 376
그림 6.1.4 셔틀시스템 ····· 377
그림 6.1.5 AGV 기술 ····· 377
그림 6.1.6 무인지게차 기술 ····· 378
그림 6.1.7 높이 조절형 트럭 ····· 378
그림 6.1.8 샤시 기반 자동 화물 적재 시스템 ····· 379

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구개발 범위

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

본 연구개발 과제의 목적는 파렛트 화물을 일괄적으로 트럭 적재함이나 컨테이너에 인입 및 반출하여 상하역 시간을 단축하고, 상하역 과정에서의 사고를 방지하기 위한 하역장비 기술을 개발하는 것이다. 이를 통해 물류 활동에서 빈번하게 일어나고 있는 상하역 작업을 자동화함으로써, 물류시스템의 효율성을 극대화하고 화물 운반의 안전성을 제고하여 물류 산업은 물론 국가 물류 경쟁력을 강화하고자 한다.

본 연구과제의 최종 성과물은 타입별 일괄 하역장비 3종(범용, 전용, 윙바디 차량용 일괄 하역장비)과 상태 검지기술 및 운영시스템으로 구성된다.

① 범용 일괄 하역장비 기술 개발

○ 마찰력 저감형 플레이트를 이용하여 상차 후 플레이트를 제거하는 방식으로 일괄 상차하는 장비

○ 범용 일괄 하역장비 기술의 성능목표는 다음과 같음

- 범용 일괄 하역장비를 이용하여 40ft 컨테이너에 파렛트 화물을 7분 이내에 일괄 상차

② 전용 일괄 하역장비 기술 개발

○ 트럭 적재함이나 컨테이너 내부에 Self 제어 플레이트를 추가하여 일괄 상하역이 가능한 하역장비

○ 전용 일괄 하역장비 기술의 성능목표는 다음과 같음

- 전용 일괄 하역장비를 이용하여 11톤급의 파렛트 화물을 6분 이내에 일괄 상차 또는 하차

③ 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 개발

○ 푸쉬-정렬 통합 장치의 활용을 통하여 윙바디 차량의 측면을 이용하여 일괄상차가 가능한 하역장비 개발

○ 현재 국내 운송 트럭 중 윙바디 차량이 차지하는 비율이 약 30%로, 윙바디 차량에 효율적인 하역작업을 할 수 있는 일괄 하역장비에 대한 기술 개발이 시급함

○ 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술의 성능목표는 다음과 같음

- 윙바디 차량용 일괄 하역장비를 이용하여 11톤급 차량에 화물을 5분 이내에 일괄 상차 또는 하차

④ 일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템 개발

○ 일괄 하역장비의 효율적인 운영을 위한 물류센터 상하역 작업장 최적 설계 및 표준 인터페이스를 통한 정보시스템 및 자동화장비와의 연계, 하역장비의 운영현황, 이력관리를 위한 운영시스템 및 일괄 하역장비 상태 검지기술 개발

○ 일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템의 성능목표는 다음과 같음

- 상차작업 중 화물 및 일괄 하역장비 파손 방지 및 하역 작업의 안전성 확보
- 시뮬레이션 및 통합 설계기술을 통한 기존 수작업 대비 작업효율성(공간, 동선 등) 향상
- 상하역 자동화시스템 운영에 따른 화물정보, 차량정보 등 기존 WMS, TMS와 연동되어 실시간 정보처리가 가능한 표준 인터페이스
- 일괄 하역장비 실시간 작업 및 장애 모니터링을 통해 장비운영 효율성 향상

현재 국내의 경우 화물을 트럭 적재함이나 컨테이너에 일괄적으로 인입 및 반출할 수 있는 하역장비가 존재하지 않는다. 대부분의 물류 현장에서는 지게차를 사용하여 40ft 컨테이너에 상하역 작업을 하고 있으며, 이 과정에서 약 40분이 소요되어 화물 상하역 작업의 효율성, 안전성 등이 떨어지는 실정이다. 반면, 해외의 경우 유럽 등을 중심으로 범용 일괄 하역장비의 생산 및 판매를 하고 있으며, 제조사 및 물류기업 등 많은 고객들이 사용 중이다.

해외에서 개발된 일괄 하역장비의 경우. 파렛트 화물을 트럭 적재함이나 컨테이너에 인입할 경우 약 8분이 소요된다, 따라서 본 연구개발 과제에서는 작업시간 단축을 통해, 국내 기술 확보는 물론 세계 시장에서 해외제품과 견주어 더욱 경쟁력 있는 제품을 개발하는 것에 목적을 두고 있다.

현재 컨테이너 운송에 관한 중량제한 규정[1]에 따르면 도로를 운행하는 차량의 총중량 40톤, 하중 10톤을 초과하거나 정량을 초과하는 화물을 적재한 차량에 대해, 중량 측정계의 오차를 감안하여 10%의 허용치를 두어, 총 중량 44톤 또는 11톤의 축 하중 이상시 고발 조치하고 있다. 40ft 컨테이너 운송의 경우, 차량 헤드 무게, 샤시 무게, 컨테이너 자중 등을 고려하면 운송 가능한 화물 중량은 약 24톤으로 분석된다. 따라서 본 연구에서는 40ft 컨테이너 기준으로 일괄 상하역을 위한 화물의 총 중량을 최대 25톤 이하로 설정하였다.



그림 1.1.1 차량의 운행 제한 규정
자료 : http://www.bukhangbr.com/imgs/info/restriction_img01.gif

표 1.1.1 연구 목표(25톤 이하) 설정 근거

구분	20ft	40ft	40HQ	45ft
A. 컨테이너 중량	2.26	3.74	3.94	4.88
B. 운송 가능한 내품 중량	17.5	24	24	24
C. 차량 헤드 무게	5.8	5.8	5.8	5.8
D. 샤시 무게	3.5	7	7	7
E. 총 중량(A+B+C+D)	29.06	40.54	40.74	41.68

1) 도로법 제59조 및 도로법 시행령 제55조(차량의 운행 제한)

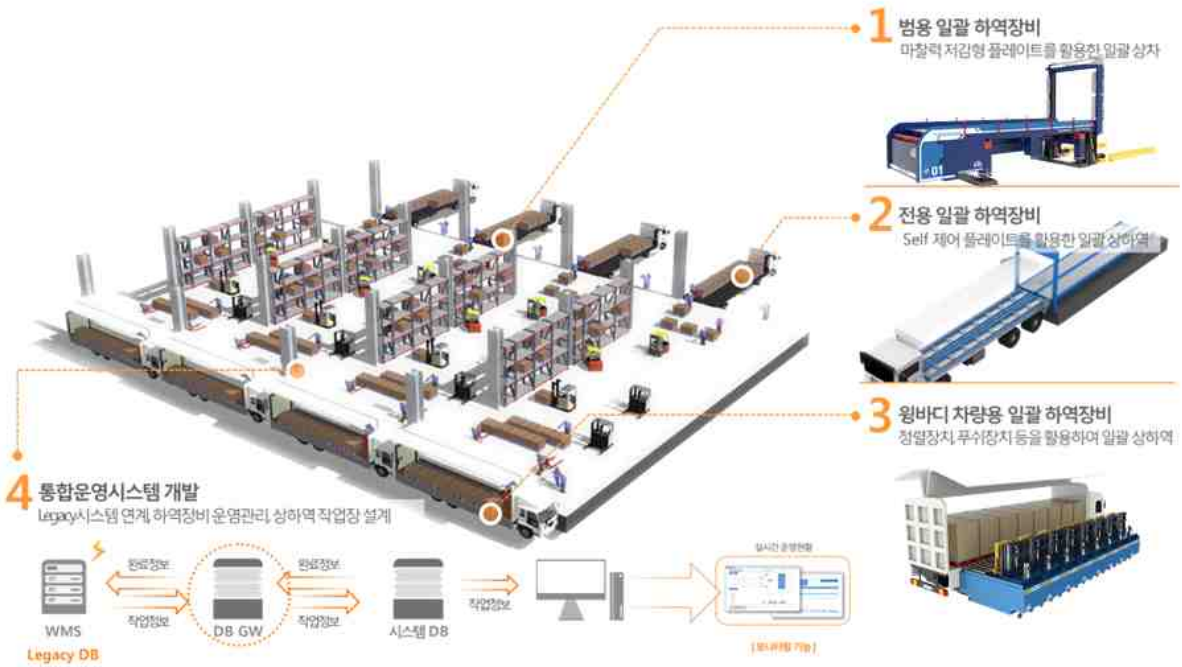


그림 1.1.2 전체 연구개발 기술 개념



그림 1.1.3 전체 연구개발 목표

제2절 연구개발의 필요성

1. 물류산업의 환경 변화

전 세계적으로 물류비의 지속적인 상승에 따른 비용 절감 및 탄소배출 규제에 대응할 수 있는 첨단물류기술 개발이 중요한 과제로 등장하고 있으며, 따라서 물류 선진국들은 첨단 물류기술 개발을 통해 물류 전반 분야에 효율성 향상 및 자동화 기술개발에 초점을 맞추고 있다.

○ 수송분야 : 환경문제의 대두 및 고유가 등으로 인하여 대량수송이 가능한 철도, 해상수송의 중요성이 증가하고 있으며, 효율적인 수송을 위한 연계운송기술개발을 추진하고 있음

○ 보관분야 : 단순 보관이 아닌 부가가치 활동의 증가 및 물류센터의 대형화로 인하여 물류센터의 효율성 향상 및 에너지 절감 등을 위하여 자동화를 위한 첨단 물류장비들의 개발 및 실용화에 주력하고 있음

○ 포장분야 : RRP[2] 등 새로운 형태의 포장이 확산되고 있으며, IT를 활용한 스마트 포장, 환경친화적 포장재 개발, 포장 자동화 장비 개발 등을 추진하고 있음

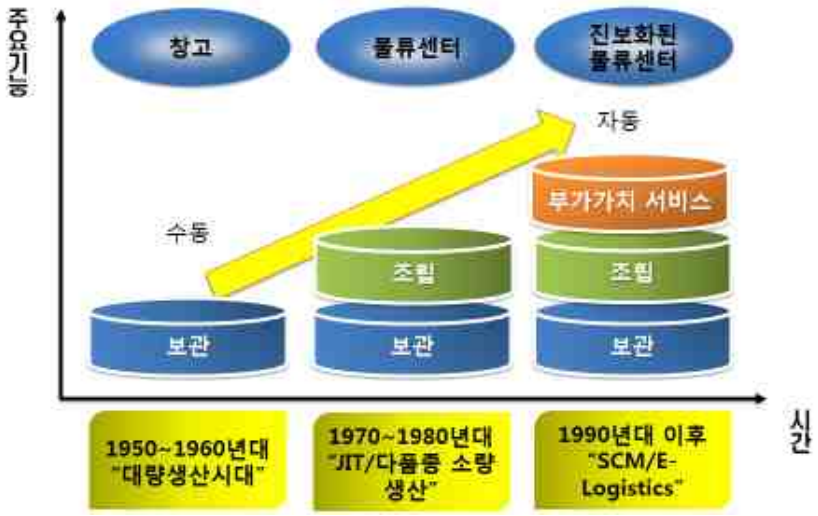
○ 상하역분야 : 수송, 보관, 포장의 효율적인 연계를 위하여 상하역 효율화의 중요성이 대두되고 있으며, 물류 선진국을 중심으로 상하역 자동화를 위한 기술개발이 활발히 진행되고 있음

○ 정보화분야 : 정보통신기술과 물류가 결합하면서 전자물류(E-Logistics)가 활성화되고 있고, 최근에는 무선통신기술이 발달하면서 웹기반의 전자물류가 화물의 위치추적을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 모바일(mobile)물류로 변화되고 있음

최근 물류센터는 과거 전통적인 창고의 기능만이 아닌 보관, 조립, 부가가치서비스를 제공하는 공간으로 진화하면서, 효율성과 경쟁력을 갖추기 위한 기술개발 및 자동화가 이루어지고 있다. 다양한 기술들과 고효율 장비들을 이용하여 점차 무인화되고 있으며, 노동집약적·단순 기계적 하역시스템에서 전기, 전자, IT기술과의 융합을 통해 기술집약적·복합 산업적 하역시스템으로 발전하고 있다.

---

2) Retail Ready Package의 약자로 판매 준비완료 포장 또는 간편 진열포장의 의미가 함축되어 있음

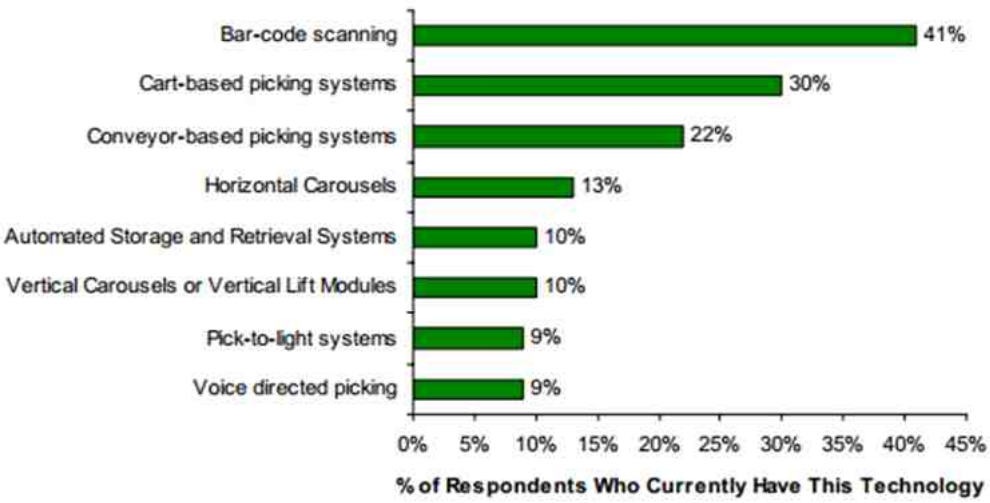


자료: E. H. Franzelle, World-Class Warehousing and Material Handling, 2002.

그림 1.2.1 물류센터의 기능 변화

이러한 추세에 발맞추어 물류센터 자동화를 위한 지능형 시스템 개발이 필요하며, 물류장비에 대한 안정된 기술구현이 요구되고 있다. 그동안 물류센터 내의 자동화 장비는 많은 발전을 이루었으나. 물류센터 내부에서의 작업 활동인 Pick & Pack에 집중되었고, 여전히 노령화에 따른 인력 수급에 어려움을 겪고 있다.

Aberdeen Group에서 조사한 미국 내 창고에서의 자동화 장비 취급률을 살펴보면, Pick & Pack 관련 자동화장비인 바코드 스캐닝, 피킹 시스템 등이 주류를 이루고 있다.



자료: Aberdeen Group, http://www.aberdeen.com

그림 1.2.2 Warehouse Automation Equipment Adoption Rates

Pick & Pack 작업의 경우 상대적으로 취급하는 화물의 무게가 적어 수작업이 수월하나, 상하역의 경우에는 화물이 패키징 된 상태에서 작업이 이루어지므로 화물자체의 무게가 노령 인력이 감당하기 어려운 수준에 이른다. 따라서 이를 보완할 수 있는 상하역 자동화 장비에 대한 기술 개발이 필요한 상황이다.

물류 기능 중 특히 상하역 분야는 노동집약적, 단순 기계적 시스템으로 시간이 많이 소요되어 작업효율이 떨어지고, 이로 인한 상하역 전후 프로세스의 지연이 발생한다. 따라서 파렛트 단위 화물의 신속하고 효율적인 상하역 작업을 지원하고, 상하역 전후 프로세스 간 병목현상을 제거할 수 있는 기술 개발이 시급하다고 할 수 있다. 최근 미국에서도 상하역으로 인한 비용이 물류비용 증가의 주요 요인으로 지목되고 있으며, 트럭과 물류센터의 연계에 있어 상하역 자동화 장비의 필요성과 이로 인한 효과의 중요성에 대해 인식하기 시작했다.

Logistics activity	Trade-offs
Transportation	
Increased package information	Decreases shipment delays; increased package information decreases tracking of lost shipments
Increased package protection	Decreases damage and theft in transit, but increases package weight and transport costs
Increased standardisation	Decreases handling costs, vehicle waiting time for loading and unloading; increased standardisation; increases modal choices for shipper and decreases need for specialised transport equipment
Inventory	
Increased product protection	Decreased theft, damage, insurance; increases product availability (sales); increases product value and carrying costs
Warehousing	
Increased package information	Decreases order filling time, labour cost
Increased product protection	Increases cube utilisation (stacking), but decreases cube utilisation by increasing the size of the product dimensions
Increased standardisation	Decreases material handling equipment costs
Communications	
Increased package information	Decreases other communications about the product such as telephone calls to track down lost shipments

자료: Worldbank, http://www.worldbank.org

그림 1.2.3 미국 내 주요 물류비용 증가요인

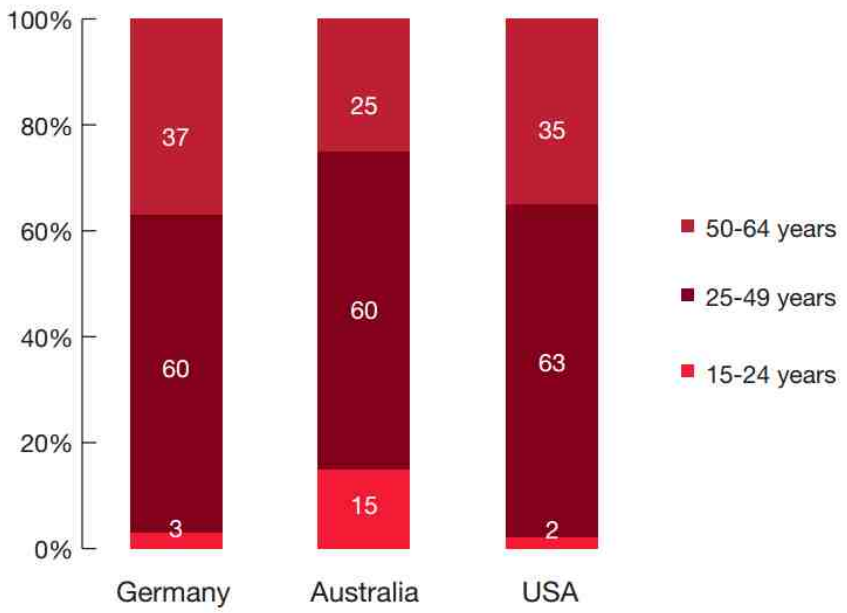
상하역 자동화 기술은 물류센터 운영의 효율성뿐만 아니라 수송, 포장, 재고관리, 3PL 등 물류 전반적인 영역에 효율성을 가져오며, 상하역의 자동화를 통해 물류 전체의 회전율을 빠르게 하는 효과가 있다.

2. 현재 물류센터 상하역 시스템의 문제점

가. 노령화로 인한 인력 수급문제

현재 국내·외 물류 프로세스는 많은 부분을 인력에 의존하지만, 인력 수급 문제로 난항을 겪고 있다. 인력 수급 문제의 원인으로는 노령화, 3D산업 이미지, 낮은 근로자 복지 수준 등이 있다.

물류 선진국으로 불리는 독일, 호주, 미국의 물류 및 수송 관련 종사자 연령을 살펴보면, 가장 양질의 노동력을 제공하는 연령대인 25~49세의 분포도는 60~63%이나, 50~64세의 경우 25~37%에 달하는 것으로 나타났다. 특히 노령화가 가속화 되고 있는 지금의 추세로 볼때, 급속도로 50~60세의 비중이 높아질 것으로 예상된다.



자료: Germany: Bundesamt für Güterverkehr, 2011, Australia:Department of Transport, Victoria, 2008, USA: Global Insight tabulations of CPS micro-data files for Jan-Oct, 2004, PwC analysis
재인용

그림 1.2.4 미국, 독일, 호주의 물류 및 수송관련 종사자 인력 분포

우리나라의 경우 고령화 속도가 세계에서 가장 빠른 속도로 진행되고 있다. 전체 인구 구성원 중 노인 인구의 비중이 7%(고령화)에서 20%(초고령 사회)가 되는데 프랑스는 154년, 미국 94년, 일본은 36년이 소요 되었으나, 우리나라는 2000년 노인 인구비중이 7%를 넘어섰으며, 2018년에는 20%를 넘어 초고령 사회에 진입할 것으로 전망된다.



그림 1.2.5 주요 국가별 인구 고령화 속도
자료 : 머니투데이, 인구 '보너스' 끝나고 '오너스' 시대 진입, 2014. 6. 19.

통계청의 인구 구조변화 추이를 살펴보면, 0~14세 유소년 인구는 급감하고 있으며, 65세 이상 노인인구는 지속적으로 증가하여 2017년 인구 역전 현상이 발생했다. 또한 15~64세 생산가능 인구는 2016년부터 감소하기 시작했으며, 베이비붐 세대가 고령인구로 진입하는 2020~2028년에는 연평균 30만명씩 감소할 것으로 예상된다.

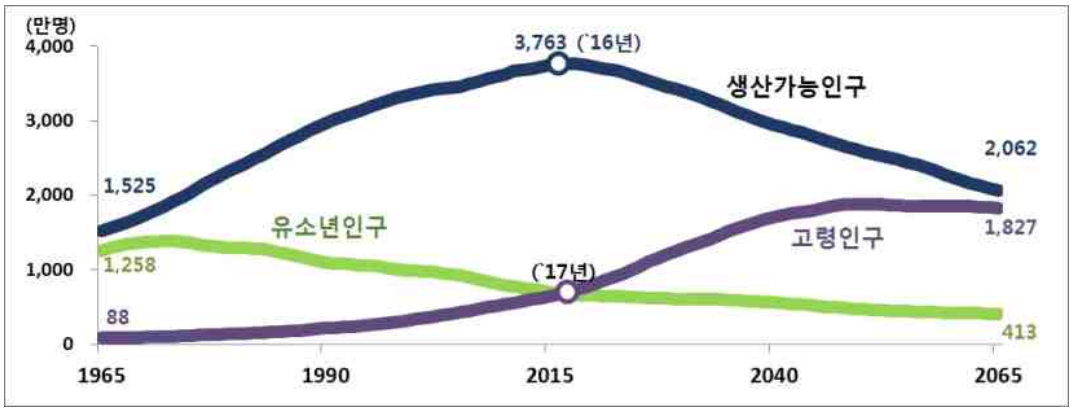


그림 1.2.6 인구 구조변화 추이
자료 : 통계청, 장래인구추계 : 2015~2065년, 2016.

국내 물류센터 인력수급 사항을 살펴보면, 인구수가 집중되어 있는 수도권에 비해, 노령화 인구가 많은 안성, 일죽, 평택의 경우 현재 인력수급에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 가까운 미래에 수도권에서도 나타날 것으로 예상된다. 이 문제를 해결하기 위해서는 무엇보다도 물류센터의 자동화가 필수적이다.

표 1.2.1 국내 물류센터 인력수급 사항

구분	권역	동탄	기흥	용인	이천	광주	안성	일죽	평택
	센터	물류단지	A	B	C	D	E	F	G
인력 수급 정도	어려움						0	0	0
	보통			0	0	0			
	용이	0	0						

자료: SCM 학회 '물류단지 경쟁력 평가지표 모델과 분석사례' 2012.

나. 상하역 작업 효율성 및 안전성 문제

물류센터는 지역별, 국가별 거점역할을 하는 주요 시설로 효율화를 통한 경쟁력 확보는 필수적이다. 그러나 국내 물류센터의 기계화는 50%를 넘지 않으며, 대부분이 인력을 통한 운영이 이루어지고 있어, 효율성 저하, 안전사고 증가 문제 등을 야기하고 있다.

물류 작업은 대부분 파렛트 단위로 이루어지고 있으며, 지게차를 이용하여 트럭 적재함이나 컨테이너에 하나씩 상하역하는 방식은 많은 시간이 소요되고, 사고 위험을 내포하고 있다. 트럭 적재함이나 컨테이너의 좁은 입구와 긴 길이로 인해, 파렛트 인입 및 반출 작업의 효율이 떨어지고, 이로 인한 상하역 작업시간의 증가로 트럭의 대기시간 증가, 주차공간 부족 등의 문제점이 발생한다. 이에 따라 현재 물류센터에서는 트럭의 대기 및 파렛트 취급업무 지연 등 상하역 작업의 전후 프로세스의 지연으로 병목현상이 발생하고 있다.

특히 냉장/냉동 트럭의 적재함이나 냉동 컨테이너의 경우에는 지게차 진입이 불가능하여 지게차로 파렛트를 밀어서 적재하고 있고, 이로 인하여 인명사고의 위험이 높은 실정이며, 상하차 시간의 지연으로 인해 전력낭비가 심각한 문제로 대두되고 있다. 또한 지게차를 이용할 경우 지게차 운전미숙 또는 작업 피로에 따른 인적 오류로 인하여 화물의 훼손 또는 지게차 사고 등 안전사고가 끊임없이 발생하고 있다. 따라서 파렛트 화물의 신속하고 효율적인 트럭 적재함이나 컨테이너의 인입/반출 작업과 안전한 취급을 위하여 현재 지게차를 이용하여 파렛트를 하나씩 상하역하는 방식을 개선할 수 있는 기술 개발이 시급한 실정이다.



자료: OSHA(Occupational Safety and Health Administration), https://www.osha.gov

그림 1.2.7 분야별 Injuries & Illnesses 2012



자료: www.containerstuffers.com

그림 1.2.8 물류센터 내 안전사고 유형

물류의 효율화, 인력수급, 안전성 확보의 문제를 해결하기 위해서는, 물류산업에서 가장 비효율적이며, 많은 안전사고와 인력을 가장 많이 요하는 분야인 상하역에 대해서 자동화가 절실하나 이에 대한 자동화는 전무한 상태이다. 상하역은 SCM 상의 모든 분야에서 이루어지고 있으나 아직도 지게차와 인력에 의존하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해선 화물의 상하역 프로세스의 효율성을 향상시키고 노령화 시대에 대비하며, 안전한 상하역 취급을 위해서는 자동화되고 안전한 일괄 상하역 시스템 기술이 필요하다.

물류센터에서 40ft 컨테이너에 20개의 파렛트 화물을 상차하여야 할 때, 지게차로 운반하는 것보다 일괄 상하역 시스템을 이용하는 것이 상하역 시간을 줄이고 이에 따른 비용을 절감할 수 있으며, 지게차를 사용하는 경우 보관되어 있는 파렛트를 도크로 이동시키고, 도크에 적재된 파렛트를 지게차로 하나씩 컨테이너에 20번 운반하여야 했던 것을 일괄 상하역시스템을 사용하면, 보관되어 있는 파렛트를 적재 플레이트에 이동시키고, 한번에 컨테이너에 상차할 수 있다. 특히, 트럭에 상차하는데 있어 지게차, 인력이 필요하지 않아 안전성을 확보할 수 있으며, 상하역 시간 단축 등으로 인해 물류 효율화를 꾀할 수 있다.

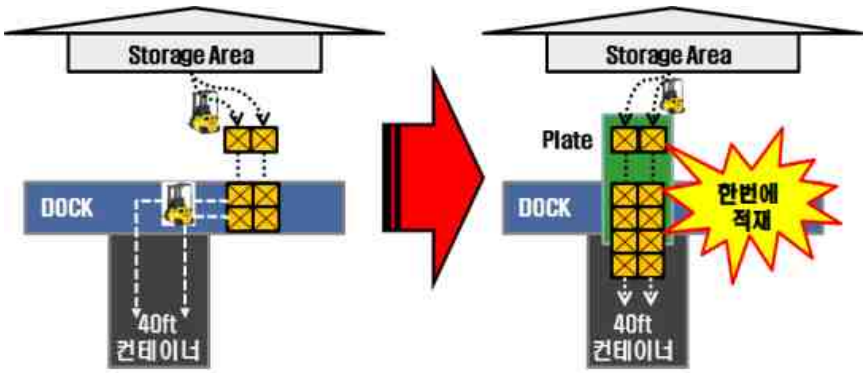


그림 1.2.9 일괄 상하역시스템 개념

제3절 연구개발의 범위

본 연구과제는 TRL 3에서 시작하여 실용화 단계인 TRL 7까지를 기술개발 범위로 정의한다.

구분		표기	단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	☐	
	TRL 2	☐	
실험 단계	TRL 3	☑	
	TRL 4	☑	
시작품 단계	TRL 5	☑	
	TRL 6	☑	
실용화 단계	TRL 7	☑	
	TRL 8	☐	
사업화 단계	TRL 9	☐	

기술개발 기획서에 의거하여 최초 연구단계는 TRL 3단계로 정의하고, 기능적 형태의 결과물을 도출하였다. 최종 연구단계에서는 산업계 적용을 위한 시제품을 개발하여 공동연구기관의 실 운영환경에서 성능을 검증할 수 있는 TRL 7단계를 목표로 하였다. 또한 TRL 목표 검증을 위해 각각의 단계별로 산출물을 정리하고 연구실 규모의 성능평가에서 Pilot 단계의 시작품 검증까지 수행하였다.

연차별 연구 목표에 따른 세부 연구개발 범위는 다음과 같다.

표 1.3.1 범용 일괄 하역장비 기술 연구개발 범위

연차	연구목표	연구개발 범위
1차년도	• 범용 일괄 하역장비 요소기술 개발	• 범용 일괄 하역장비 요구사항 분석 • 범용 일괄 하역장비 기술요소 정의 • 범용 일괄 하역장비 요소기술 설계 - 마찰력 저감형 무동력 플레이트 설계 - 플레이트 이동을 위한 구동장치 설계 - 적재화물 상차를 위한 막음장치 설계 - 적재함 연결 및 고정장치 설계 - 플레이트 안전장치 설계 - 플레이트 이동제어 및 이동상태 검지장치 설계 • 범용 일괄 하역장비 요소기술 구조해석 • 범용 일괄 하역장비 축소모형 개발 및 요소기술 기능시험
2차년도	• 범용 일괄 하역장비 통합설계 및 시제품 제작	• 범용 일괄 하역장비 요소기술 설계 보완 및 통합설계 - 화물 충격량 시험 및 저감방안 개발 - Dual Plate 운영방식 개발 및 효과 분석 - 요소기술 설계 보완 - 구조 안정성 분석 - 범용 일괄 하역장비 상세설계 • 범용 일괄 하역장비 시제품 제작 • 범용 일괄 하역장비 기능시험
3차년도	• 범용 일괄 하역장비 실 사용환경 구축 및 성능시험	• 범용 일괄 하역장비 시제품 보완 • 범용 일괄 하역장비 성능평가 - 범용 일괄 하역장비 성능평가 항목 설정 - 범용 일괄 하역장비 성능평가 실시 • 범용 일괄 하역장비 실 사용환경 구축 - 하역장비 설치위치 선정 - 하역장비 설치를 위한 기초공사 - 상하역 인프라 인터페이스 기술 개발 - 하역장비 시제품 설치 • 범용 일괄 하역장비 시험운영 - 시험운영 계획 수립 및 평가지표 설정 - 시험운영 및 이슈 도출 • 비상시 대응방안 수립 및 보완 - 비상상황 발생 시 대응방안 수립 및 설계 보완

표 1.3.2 전용 일괄 하역장비 기술 연구개발 범위

연차	연구목표	연구개발 범위
1차년도	• 전용 일괄 하역장비 요소기술 개발	• 전용 일괄 하역장비 요구사항 분석 • 전용 일괄 하역장비 기술요소 정의 • 전용 일괄 하역장비 요소기술 설계 • Self 제어 플레이트 설계(차량용 Self 제어 플레이트 설계 포함) - 플레이트 이동을 위한 구동장치 설계 - 적재함 연결 및 고정장치 설계 - 플레이트 안전장치 설계 - 파렛트 이동제어 및 이동상태 검지장치 설계 • 전용 일괄 하역장비 요소기술 구조해석 • 전용 일괄 하역장비 축소모형 개발 및 요소기술 기능시험 • 전용 일괄 하역장비 적재상태 및 장애물 검지장치 개발 - 적재상태 및 장애물 검지장치 요구사항 분석 - 적재상태 및 장애물 검지장치 설계 및 개발 - 적재상태 및 장애물 검지장치 인터페이스 개발
2차년도	• 전용 일괄 하역장비 통합설계	• 시장성 및 효과 분석 • 전용 일괄 하역장비 요소기술 설계 보완 및 통합 설계 - 차량용 플레이트 두께 최소화 및 경량화 설계 - 비용저감방안 수립 및 설계 반영 - Dual Plate 운영방식 개발 및 효과 분석 - 요소기술 설계 보완 - 구조 안정성 분석 - 전용 일괄 하역장비 상세설계

표 1.3.3 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 연구개발 범위

연차	연구목표	연구개발 범위
1차년도	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 요소기술 개발	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 요구사항 분석 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술요소 정의 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 요소기술 설계 - 윙바디 차량용 플레이트 설계 - 윙바디 차량 적재함 연결 및 고정 장치 설계 - 돌출도크 및 푸쉬 장치 설계 - 플레이트 안전장치 설계 - 파렛트 이동제어 및 이동상태 검지장치 설계 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 요소기술 구조해석 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 축소모형 개발 및 요소기술 기능시험 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 적재상태 및 장애물 검지장치 개발 - 적재상태 및 장애물 검지장치 요구사항 분석 - 적재상태 및 장애물 검지장치 설계 및 개발
2차년도	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 통합설계 및 축소모형 제작	• 시장성 및 효과 분석 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 요소기술 설계 보완 및 통합 설계 - 장비 간략화 방안 수립 및 설계 - 요소기술 설계 보완 - 구조 안정성 분석 - 윙바디 차량용 일괄 하역장비 상세설계 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 축소모형 개발 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 축소모형 기능시험
3차년도	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 개발	• 비상시 대응방안 수립 및 설계 보완 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 제작 및 기능시험 - 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 제작 - 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기능시험 - 기능시험 결과 분석 및 이슈 도출 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 보완 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 성능평가 - 윙바디 차량용 일괄 하역장비 성능평가 항목 설정 - 윙바디 차량용 일괄 하역장비 성능평가 실시

표 1.3.4 일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템 연구개발 범위

연차	연구목표	연구개발 범위
1차년도	• 일괄 하역장비 상태 검지기술 설계 • 일괄 하역시스템 시뮬레이션 및 통합 운영시스템 설계	• 일괄 하역장비 적재상태 및 장애물 검지장치 개발 - 적재상태 및 장애물 검지장치 요구사항 분석 - 적재상태 및 장애물 검지장치 설계 및 개발 - 적재상태 및 장애물 검지장치 인터페이스 개발 • 상하역 작업장 현황분석 및 운영 프로세스 설계 - 화물 유형별 상하역 프로세스 분석 및 설계 - 물류센터 표준 프로세스 도출 • 일괄 하역시스템 시뮬레이션 - 시뮬레이션 표준 Data-Set 개발 - 객체지향 시뮬레이션 로직 설계 - 객체 스키마(Object Schema), 대기메커니즘, - 객체기반 통계량 설계 - 시뮬레이션 평가지표 설정 - 운영 시뮬레이션 개발 • 물류센터 대안별 일괄 상하역 작업장 설계기준 수립 - 시스템 구조, 배치, 동선체계 기준 개발 - 소요장비 및 성능기준 개발 - 설계기준서 작성 • 상하역 자동화 통합운영 및 인터페이스 설계 - WMS, TMS 등 기존 물류정보시스템 분석 - 통합 운영을 위한 표준 인터페이스 설계 - 표준 Interface Prototyping • 일괄 하역장비 상태관리 및 통합 운영시스템 설계 - 요구사항 분석 - 시스템 아키텍처 및 DB 설계 - 실시간 통합 모니터링시스템 설계 - 자가진단 및 유지보수 관리시스템 설계 - 자동운영 메커니즘 설계 • 일괄 하역장비 적용을 위한 비즈니스 모델 개발 - 일괄 하역장비 적용 시나리오 분석 - 상하역 자동화 비즈니스 모델 설계
2차년도	• 일괄 하역장비 상태 검지기술 개발 • 물류센터 상하역 작업장 설계 및 통합 운영시스템 개발	• 적재상태 및 장애물 검지기술 개발 - 적재상태 검지장치 개선 및 신뢰도 검증 - 장애물 감지장치 개선 및 신뢰도 검증 • 물류센터 상하역 작업장 설계 - 일괄 상하역 작업장 대안별 설계계획 수립 - 적정 처리능력 및 개발규모 산정

		- 시뮬레이션을 이용한 시스템 구조, 배치, 동선 체계 설계 - 시뮬레이션을 이용한 소요장비 및 성능 설계 - 물류센터 상하역 작업장 평면배치계획 수립 - 일괄 상하역 작업장 설계도면 작성 - 시설, 장비, 운영계획 등 마스터플랜 수립 • 상하역 자동화 통합운영 및 인터페이스 개발 - 통합 운영을 위한 표준 인터페이스 개발 - 자동화 장비와 물류정보시스템 간 통합 운영 프로세스 개발 • 일괄 하역장비 통합 운영시스템 개발 - 실시간 통합 모니터링시스템 개발 - 자가진단 및 유지보수 관리시스템 개발 - 자동운영시스템 개발 • 일괄 하역장비 적용을 위한 비즈니스 모델 개발 - 일괄 하역장비 비즈니스 모델 개발 - 일괄 하역장비 비즈니스 모델 적용 • 일괄 하역장비 실 사용환경 구축계획 수립 - 대상 업체 선정 및 실행방안 수립 - 도입에 대한 효과 분석
3차년도	• 일괄 하역장비 상태 검지기술 적용 • 통합 운영시스템 적용 및 실용화전략 수립	• 안전 및 상태 검지장치 적용 및 보완 - 적재상태 검지장치 시험운영 및 보완 - 장애물 감지장치 시험운영 및 보완 • 시장성 및 활용성 분석 보완 • 일괄 하역장비 통합 운영시스템 적용 및 보완 - 실시간 모니터링시스템 시험운영 및 보완 - 작업이력 관리시스템 시험운영 및 보완 - 시스템 인터페이스 시험운영 및 보완 - 바코드 시스템을 통한 검수기능 개발 및 적용 • 실용화 전략 수립 - 일괄 상하역시스템 적용을 위한 사전조건 분석 - 적용성 향상을 위한 제품 개발방안 수립 - 확산 및 사업화전략 수립

제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내·외 기술 동향

제2절 국내·외 산업 동향

제3절 일괄 하역장비 시장 규모 예측

제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내·외 기술 동향

1. 국내·외 기술개발 수준 분석

가. ACTIW 사의 LoadPlate

핀란드의 ACTIW 사에서 개발한 LoadPlate는 플레이트에 지게차로 적재한 뒤 화물 플레이트를 일치시켜 한 번에 컨테이너에 적재하는 방식으로, 차량과 도크의 락킹으로 안전성 확보와 적재 시간을 단축하였다. 컨테이너 로더 외의 별다른 설비가 필요 없으며, 파렛트 단위의 상품뿐만 아니라 목재, 박스 단위, 페이퍼 등을 적재할 수 있다는 장점이 있다.

또한 ACTIW사의 Multi-Container Loadplate는 Loadplate와 기능이 동일하나, 고정형이 아닌 궤도를 통해 도크를 옮겨 다닐 수 있어 도크마다 장비를 설치할 필요성이 없는 실용적인 기술이다. 수출용 컨테이너 적재에 적합하며, 적재시간을 줄여 보관창고의 시간운영에 도움을 준다.

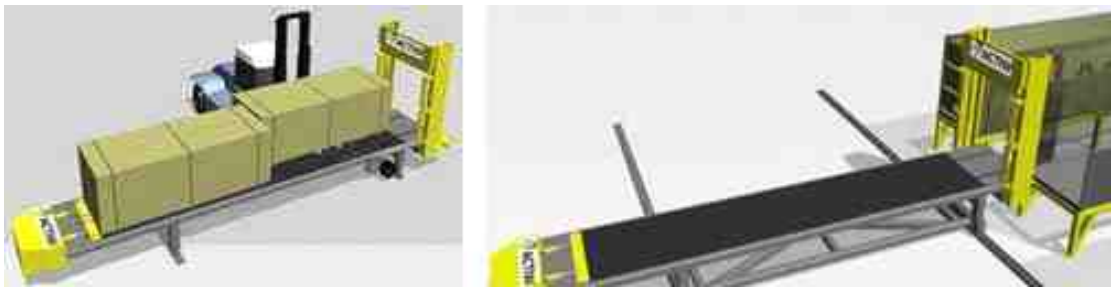


그림 2.1.1 LoadPlate와 Multi-Container LoadPlate



그림 2.1.2 LoadPlate 시스템의 사용 예

또한, LoadForm 시스템은 자동보관 장치와 Loadplate 시스템 간의 인터페이스 역할을 수행하는 장치로, 기존의 지게차 작업으로 인한 사고와 비효율적인 방식을 개선하여 유연한 물류센터 운영이 가능하도록 하였다.

현재 국내 도입사례는 없으며, 해외에서는 파렛트 화물, 벌크 화물 등을 대상으로 10여개 회사에서 사용하고 있다.

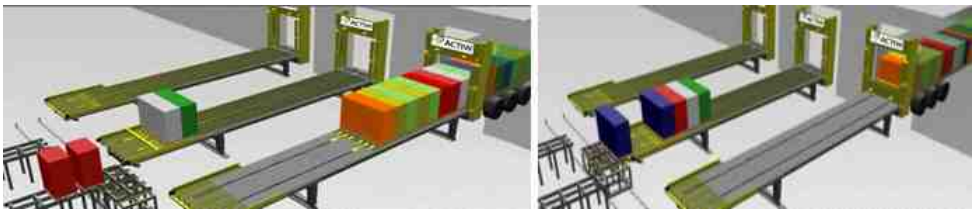


그림 2.1.3 LoadForm 시스템

나. CSL 사의 C-loader

40ft 컨테이너 화물의 환적시간을 단축하기 위해, C-loader라는 컨테이너 적재 장치를 2008년 개발하여 미국 내 화물터미널에 설치 중이다.

현재 40ft 컨테이너의 화물 적재 시간은 40분 가량으로 화물 파렛트 각각을 지게차를 이용하여 컨테이너로 출입하면서 적재하는 방식이지만, C-loader 장치는 적재할 파렛트 화물들을 기어박스를 이용하여 한 번에 모든 화물을 적재하는 방식으로, 적재시간을 40분에서 8분으로 단축시킨다.

C-loader는 현재 컨테이너 화물만을 대상으로 제작되어 세로방향으로 적재가 가능하지만, loader 및 기어박스 변형을 통하여 타 운송수단 환적에 도입할 수 있다. 또한 원목 등의 불규칙한 자재의 적재는 K-loader라는 별도의 장치를 개발하여 일괄 상하역할 수 있도록 하고 있다.



그림 2.1.4 C-Loader 적재방식

다. Vanloda 사의 Rollerbed

플레이트에 Air Reservoir(공기압력롤러)를 장착하여 손쉽게 화물적재가 가능한 기술이다. Air Bags가 플레이트를 고정하여 화물의 이탈을 방지하며, 밴(Van) 형태의 소규모 화물차에 적재하기에 적합한 방식이다.



그림 2.1.5 Vanloda Rollerbed의 작동 예

라. Ancra 사의 Roller Track System

주로 항공 화물의 상하역에 쓰였으나 화물형태에 따라 공기압과 유압형태를 사용하여 트럭과 창고에 적합하게 설계하였다. 기본적인 성능은 항공 화물에 사용하는 것과 동일하다.



그림 2.1.6 Roller Track System

마. Joloda 사의 Hydraroll Powered Cargo System

트럭과 트레일러의 Air Cargo ULD container를 트럭 내부 하단의 구동롤러를 이용하여 안전하고 효율적으로 환적할 수 있는 시스템이다. 항공기로 부터 1km 이상의 거리에서는 기존의 견인차보다 3배 이상 빠르게 운송된다는 장점이 있다.



그림 2.1.7 Hydraroll Powered Cargo System

바. Ancra 사의 자동 상하역 시스템(Vehicle Loading System)

공기 유압기와 체인을 이용한 상하역 자동화 시스템으로, 파렛트 표준 규격인 1200×800mm과 1200×1000mm을 모두 지원한다. 기존의 컨베이어보다 설치를 위한 공간을 적게 사용하며, 무게가 가벼워 파렛트 상하역에 적합하다는 장점이 있다.

하지만 컨테이너 내부에 별도의 장치 필요하기 때문에, 모든 보관창고 컨테이너에 적용하기는 사실상 불가능하며, 내륙 물류의 규모가 큰 기업 내지는 국가 단위의 물류창고에 적용할 수 있다.

본 시스템은 상하역 자동화로 인간공학적 보관창고 Facility 구축의 한 예로 볼 수 있으나, 별도의 설비가 필요한 것이 단점이다.

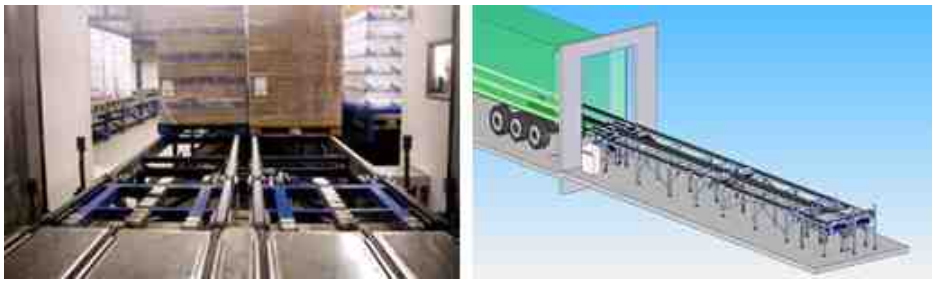


그림 2.1.8 Vehicle Loading System

사. Joloda 사의 Moving Floor System

도크에서 동일한 수준의 높이로 화물 플레이트를 일치시켜 적재하는 방식으로, 무한궤도를 활용하여 적재하므로 지게차가 트럭 내부 깊숙이 진입할 필요가 없다.



그림 2.1.9 Moving Floor

아. ICA 사의 Automated Dock Loading

상하역 작업 중에는 롤러가 올라오고, 적재 후에는 내려가는 AIR LIFT Roller와 AIR LIFT Chain 모듈을 조합한 시스템으로 일괄 상하역 작업을 수행한다. 단, 트럭, 트레일러, 항공기에 롤러 또는 체인이 설치되어야 한다는 단점이 있다.



그림 2.1.10 Automated Dock Loading

자. Ancra 사의 Slat Conveyor System

굴곡이 없는 평평한 바닥의 컨베이어 벨트로 알루미늄과, 강철을 사용하여 제작하였다. 레일 및 롤러 방식과 달리 바닥이 평평하기 때문에 파렛트, 롤러 케이지, 종이필름, 박스 단위 등 다양한 유닛의 상품을 상하역할 수 있다는 장점이 있다.



그림 2.1.11 Slat Conveyor System

차. Joloda 사의 Hydraroll Slipchain System

파렛트를 사용하는 부두와 트레일러에 적용 가능하며, 공기압으로 올리고 내릴 수 있는 체인과 롤러를 통합한 시스템이다. 환적 시 높은 속도를 낼 수 있어, 90초 내에 26개 파렛트를 하역할 수 있고, 지게차로 인한 손상을 제거해 안전하다는 장점이 있다.

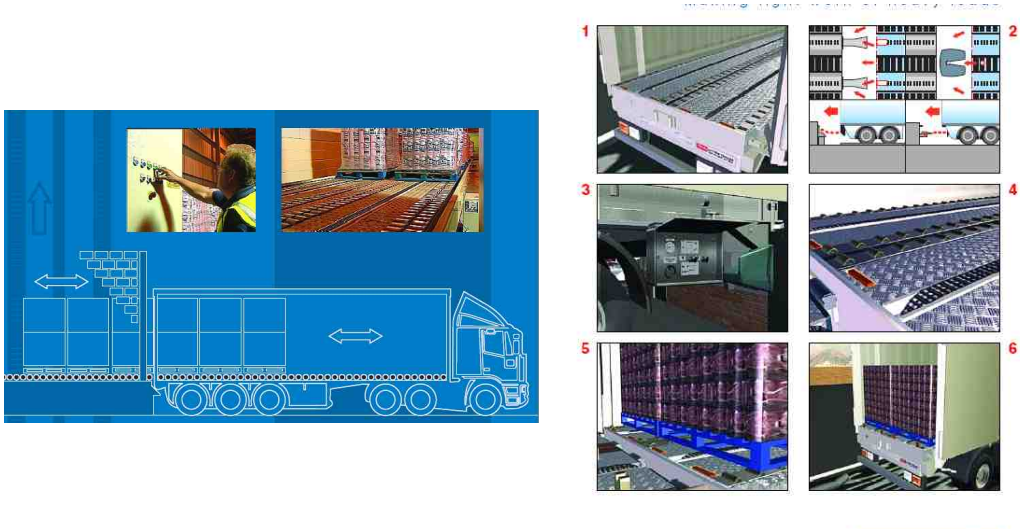


그림 2.1.12 Hydraroll Slipchain System

카. Joloda 사의 Hydraroll Trailer Skate

13.6m 4개의 긴 스케이트를 공기압을 사용하여 환적을 하는 시스템으로, 트레일러의 설치비용을 최소화하고 14분 만에 26개의 팔레트를 하역 할 수 있다. 필요한 트럭의 수를 줄일 수 있고, 차량하중을 자동으로 계산할 수 있어 관리가 쉽다는 장점이 있다.

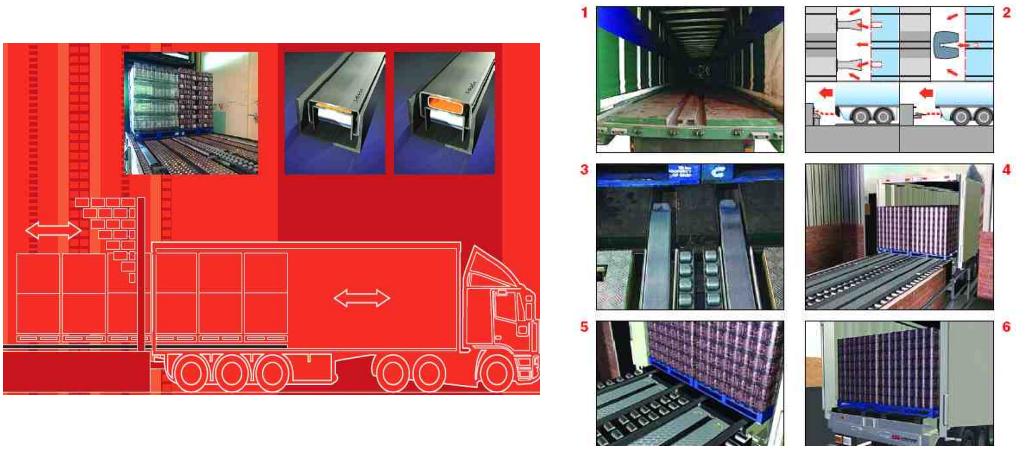


그림 2.1.13 Hydraroll Trailer Skate

타. Ancra 사의 Skate System

상하역 방식은 도크에 설치된 강철 프레임과 롤러를 사용하여 파렛트를 미끄러지듯이 상하역하는 방식으로, 유럽 표준의 파렛트 33개를 상하역 작업하는데 6분이 소요된다. 기존의 상하역 자동화 시스템과 달리, 트레일러에 별다른 시스템을 설치할 필요가 없어 설비 투자비용이 절감되는 효과가 있다.



그림 2.1.14 Skate System

파. Joloda 사의 One Shot Container Loading System

컨테이너 바닥에 궤도를 장착하며, 도크와 컨테이너 간 1° 경사를 적용하는 하역 기술로, 경사를 활용하기 때문에 불과 두 사람 수준의 적은 힘으로도 화물적재가 가능하다는 장점이 있다. 단, 도크가 낮은 상태로 있어 컨테이너를 걸어 낮춰야 하는 단점이 있다.

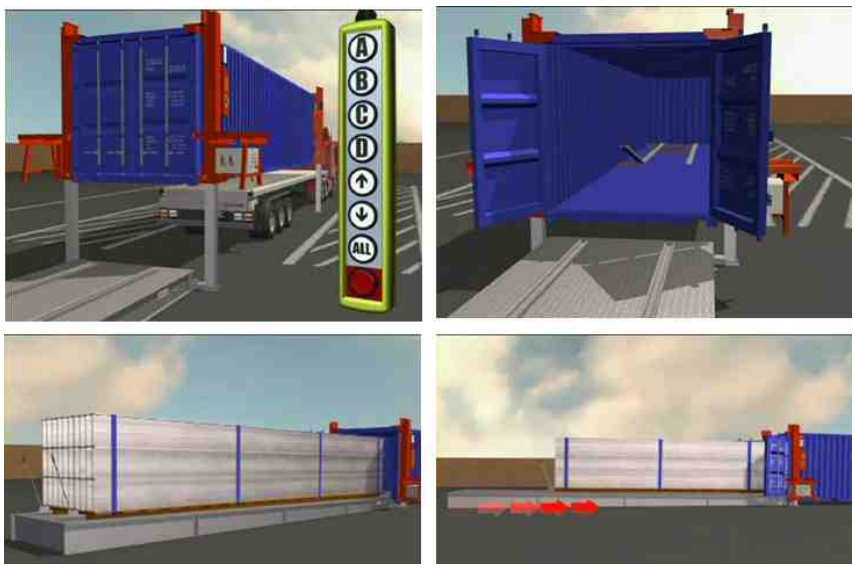


그림 2.1.15 One Shot Container Loading System

하. 기존 기술 대비 차별성

기존 물류센터에서의 도크 레벨러 등을 이용한 상하역 작업은 트럭이 접차한 상태에서 화물의 입출하가 이루어져, 주차 공간 부족과 병목현상 등의 문제가 발생하며 수작업에 의존하기 때문에 높은 작업시간이 소요되고 환경적인 측면의 문제도 발생한다는 단점이 있다.

미국, 유럽 등 물류 선진국의 기업들은 다양한 종류의 일괄 및 간편 상하역시스템을 사용하여 물류효율성을 극대화하고 있으나, 상하역 작업 전후의 프로세스와의 연계성 및 호환성이 떨어지고 연속된 상하역 작업에서의 효율성이 떨어지는 한계점을 가지고 있다.

국내의 경우에는 대부분 지게차를 이용한 적재방식으로 트럭 적재함이나 컨테이너에 하나씩 상하역하고 있어, 물류기술 수준은 선진국과 비교하여 6~10년 정도 낙후되고 있다. 또한, 독창적인 물류기술의 개발이 이루어지지 못하여 선진국의 물류기술을 쫓아가고 있는 추격형의 기술개발이 이루어지고 있는 실정이다.

본 과제에서 개발하고자 하는 일괄 상하역 기술은 화물의 입·출하 시 기존의 지게차로 화물을 싣고 내리는 대신, 트럭 또는 컨테이너의 화물을 한 번에 일괄적으로 상하역할 수 있는 기술로서, 트럭 대기시간 감소로 인한 회전율 향상, 물류센터 주차 공간 부족의 해소 및 자동화에 따른 짧은 작업시간으로 높은 생산성을 확보할 수 있다.

또한, Dual 상하역 자동화시스템의 적용을 통하여 일괄 상하역을 좀 더 빠르게 수행함으로써, 트럭 대기시간을 감소시키고 회전율을 향상시켜 동일한 물동량을 처리하는데 필요한 트럭의 대수를 줄일 수 있다. 또한 최근 많이 사용하고 있는 윙바디 차량에 대해서는 차량의 측면을 활용하는 돌출형 도크를 통한 일괄 상하역을 수행함으로써, 기존 입출고장의 작업 공간을 침해하지 않고 협소한 작업환경에서도 시스템의 도입이 가능하도록 하였다.

일괄 상하역 적재용 플레이트는 최소 12m 이상의 매우 긴 장치이므로, 적재용 플레이트를 가변형으로 개발하면 작업 공간이 좁은 물류센터에도 쉽게 적용 가능하도록 응용이 가능하다. 이와 더불어 각종 자동 검지시스템을 적용하여 상하역 작업의 무인 자동화를 추구하였으며, AS/RS, 컨베이어 시스템, WMS, TMS 등과의 연계를 통해 물류센터의 무인 자동화를 위한 핵심기술로 활용될 수 있도록 시스템을 개발하였다.

2. 국내·외 관련 특허 동향 분석

일괄 상하역 기술은 적재용 플레이트 기술, ULS 핸들링 기술, 적재상태 검지기술, 물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술 등을 이용하여 보다 효율적이고 향상된 신뢰성 및 안전성을 가지는 물류시스템의 구축을 목적으로 하며, 화물의 적재 및 하역 시간을 단축하고 정확한 화물운송을 위한 서비스 범위 확대를 통해 생산성 향상을 도모하고 국가경쟁력을 강화하는데 기여할 수 있는 기술이다.

일괄 상하역 기술과 관련하여 적재용 플레이트 기술, ULS 핸들링 기술, 적재상태 검지기술, 물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술을 대상으로 특허 동향 분석을 실시하였다. 분석 범위는 Wisdomain FOCUST 및 KIPRIS, WIPS, TOTAL PATENT를 분석 DB로 사용하여, 2012년 4월까지 출원 공개 및 등록 공고 된 한국, 일본, 유럽, 미국 및 PCT 국제 출원의 등록 및 공개 특허를 분석하였다.

표 2.1.1 분석대상 기술분류 기준

대분류	중분류	검색개요 (기술범위)
일괄 하역장비	적재용 플레이트 기술	▪ 마찰력 저감형 무동력 플레이트 ▪ Self 제어 플레이트 등의 관련기술
	ULS 핸들링 기술	▪ 핸들링장치, 이동제어, 이동상태 검지 ▪ 적재함 연결 및 자세제어 등의 관련기술
	적재상태 검지기술	▪ 플레이트 적재물 형상 및 중량 측정 ▪ 적재함 3차원 공간 형상 측정 등의 관련기술
	물류센터 통합 설계 및 운영관리 기술	▪ 물류센터 상하역 작업장 설계 및 표준 인터페이스 ▪ 시스템 상태관리 및 자동운영 등의 관련기술

일괄 상하역 기술 분야의 연도별 출원 건수[3]를 살펴보면, 1990년대 이후 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났다.

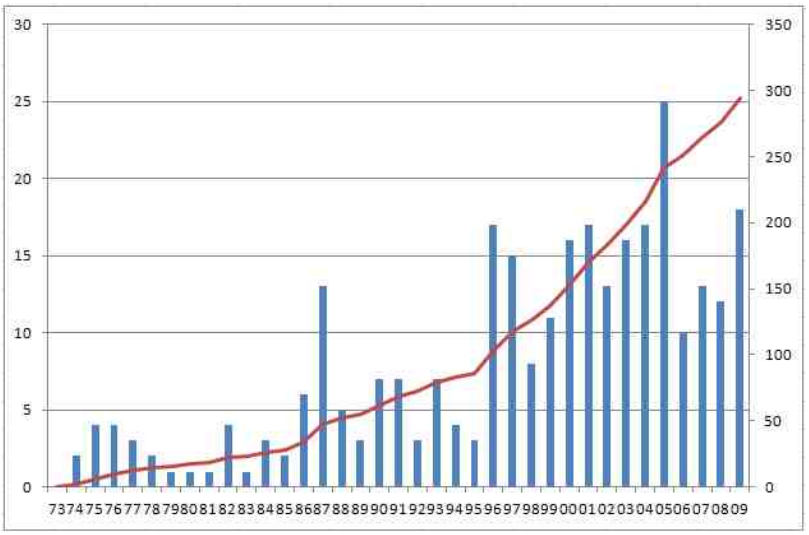


그림 2.1.16 연도별 출원건수 및 누적 출원건수

일괄 상하역 기술 분야의 국가별 출원 건수를 살펴보면, 미국이 가장 많은 특허 출원량을 보이며, 본 기술 분야의 기술 개발을 주도하고 있는 것을 알 수 있다. 우리나라의 경우 90년대 후반부터 급격하게 출원량이 증가하고 있어, 미국을 뒤따르고 있는 것으로 분석된다.

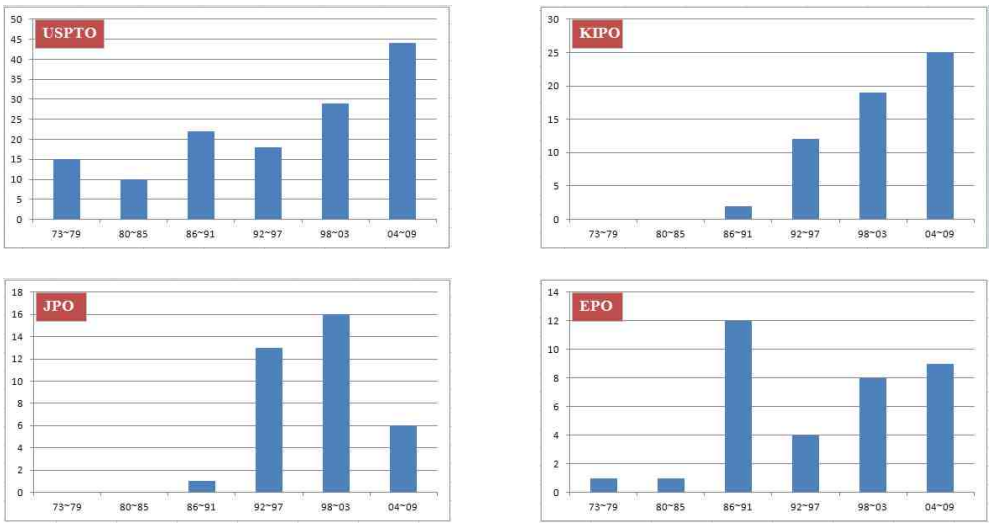


그림 2.1.17 국가별 특허 출원건수

3) 출원 미공개 특허 존재 : 2010년 11월 이후의 결과는 특허 공개제도(특허 출원 후 1년 6개월 이후에 공개)의 특성상 공개되지 않은 특허가 다수 존재할 수 있어 불완전한 데이터임

포트폴리오로 나타낸 전체 특허의 기술 위치를 살펴보면, 4구간(1992년~1997년)[4] 부터 5구간(1998년~2003년)까지는 출원 건수와 출원인의 수가 크게 증가하는 성장기의 단계에 있으며, 이 시기에 급격한 기술 개발이 이루어진 것으로 분석된다. 5구간(1998년~2003년)부터 6구간(2004년~2009년)까지는 출원 건수 및 출원인 수의 증가세가 다소 감소하는 동향을 보이나, 출원 건수 및 출원인 수는 증가 추이를 유지하고 있어 성장기에 있는 것으로 분석된다.

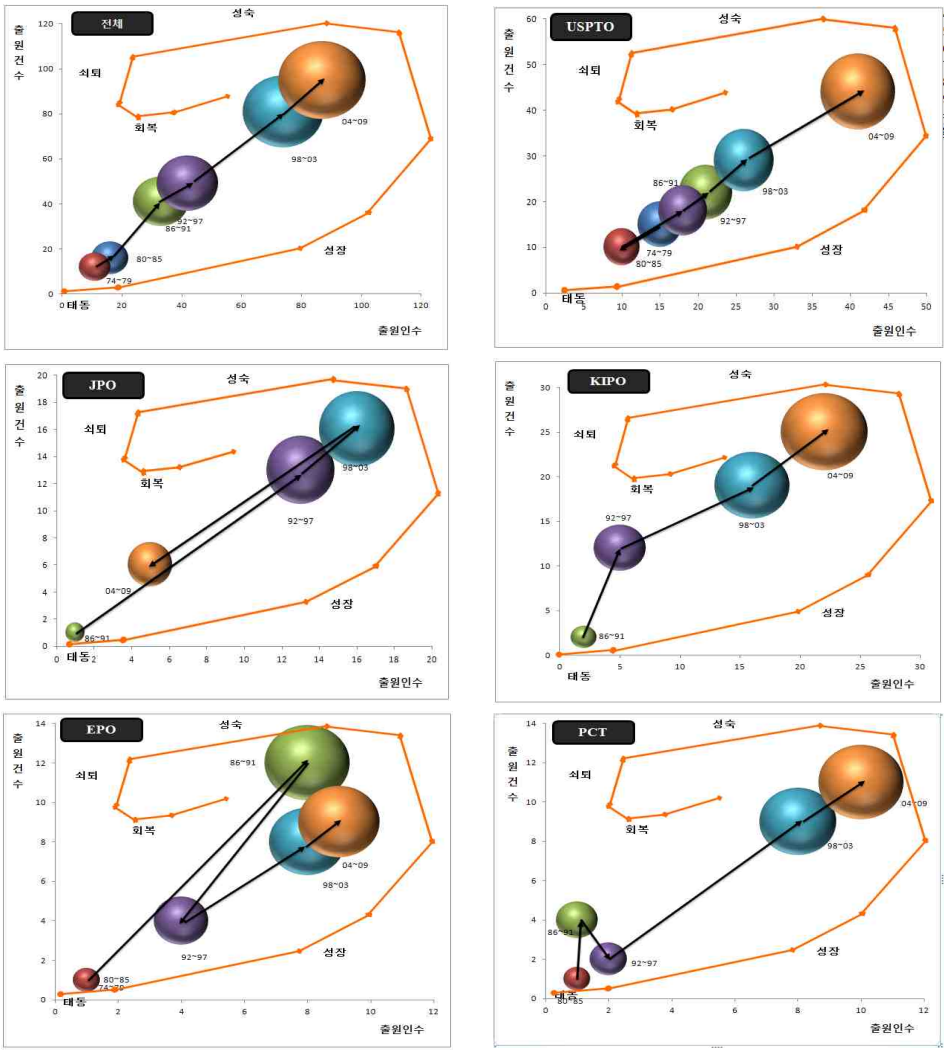


그림 2.1.18 주요시장국별 포트폴리오 분석

4) 제1구간 : 1973~1979년, 제2구간 : 1980년~1985년, 제3구간 : 1986년~1991년, 제4구간 : 1992년~1997년, 제5구간 : 1998년~2003년, 제6구간 : 2004년~2009년

주요 출원인별 출원 동향은 아래와 같다. JOLODA 및 SIEMENS가 ULS(Unit Loading System) 핸들링 기술 분야에 집중도가 높고, HYUNDAI 및 POSCO가 적재 상태 검지기술에 집중도가 높은 것으로 나타났다. ULS 핸들링 기술에서는 JOLODA가 22건으로 압도적 비중을 차지하고 있고, 적재상태 검지 기술에서는 HYUNDAI가 8건으로 높은 비중을 차지하고 있다.

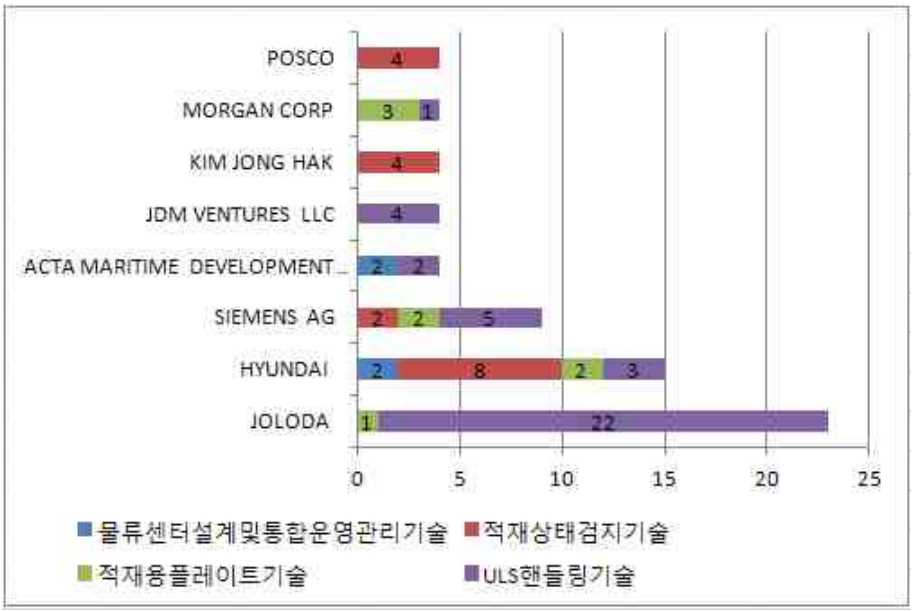


그림 2.1.19 주요 출원인의 특허 출원 동향

적재용 플레이트 기술 분야의 전체 연도별 출원 건수는 70년대 중반 출원 이후, 약 10여 년간 출원이 나타나지 않다가 1987년 1건, 1990년 2건 등의 출원이 있었고, 90년대 중반을 넘어서면서 꾸준한 출원이 나타났으며, 2001년 5건의 출원 외에는 연간 1~2건의 출원에 그친 것으로 분석되었다.

적재용 플레이트 기술의 주요 출원인은 MORGAN CORP가 3건으로써 많은 출원 건수를 점유하고 있으며, ANCRA CORP, HYUNDAI, Naaraharju OY, SIEMENS AG 및 STEWART-GLAPAT CORP가 2건으로 동일한 출원 건수를 차지하고 있다.

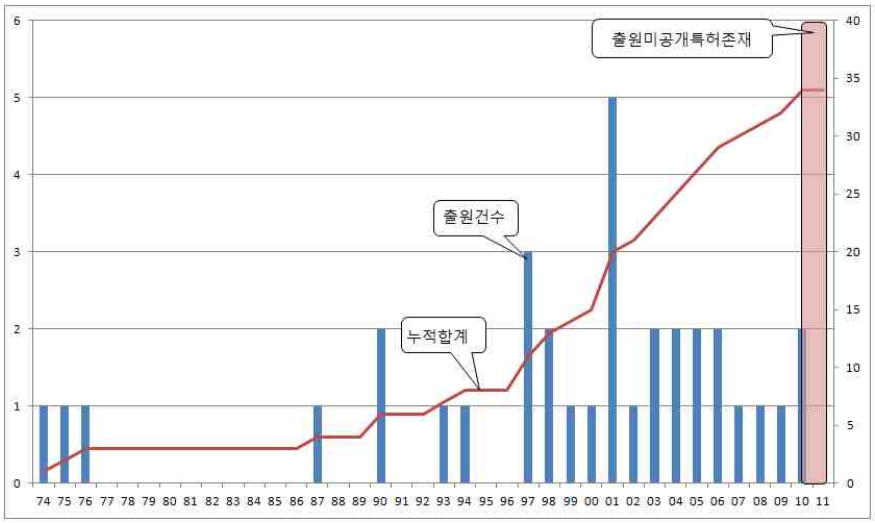


그림 2.1.20 적재용 플레이트 기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수



그림 2.1.21 적재용 플레이트 기술분야의 주요 출원인 동향

ULS 핸들링 기술 분야의 전체 연도별 출원 건수는 분석 구간 전반에 걸쳐 비교적 고른 출원 동향을 보이고 있고, 특히 1987년 11건으로 많은 출원이 있었으며, 2000년대 중반가지는 출원 동향이 완만하게 증가하는 추이를 보이고 있으나, 2000년대 중반 이후로는 출원량이 감소하는 추이를 보였다. 다만, 2009년 10건의 출원이 나타나면서, 향후의 동향 추이를 더 관찰할 필요가 있다고 판단된다.

ULS 핸들링 기술의 주요출원인은 JOLODA가 22건으로 가장 많은 출원 건수를 보이고 있고, 다음으로 SIEMENS AG가 5건, 그리고 JDM VENTURES LLC가 4건이며, SCTIW OY, CONTAINER STUFFERS LLC, HYUNDAI 순으로 나타났다.



그림 2.1.22 ULS 핸들링 기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수

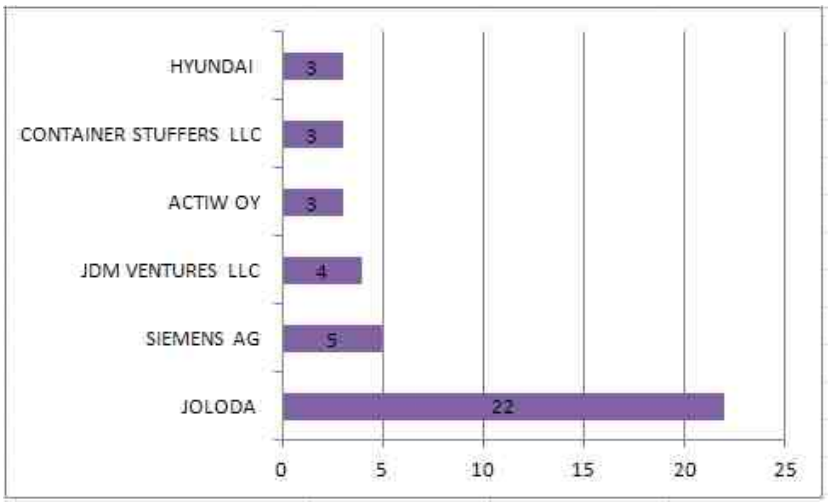


그림 2.1.23 ULS 핸들링 기술분야의 주요 출원인 동향

적재상태 검지기술 분야의 전체 연도별 출원 건수는 90년대 중반까지는 의미있는 출원 동향이 나타나지 않다가 1996년에 9건의 출원이 있었고, 2000년까지 3~5건 정도의 출원 건수를 유지하였으며, 2000년 이후로는 연간 출원 건수가 다소간 감소하는 추이를 나타내고 있다.

적재상태 검지기술의 주요 출원인은 HYUNDAI가 8건으로 최상위를 차지하고 있으며, KIM JONG HAK과 POSCO가 다음으로 4건을 출원하였고, CAS, SIEMENS AG, SHINKO DENSHI 순으로 나타났다.

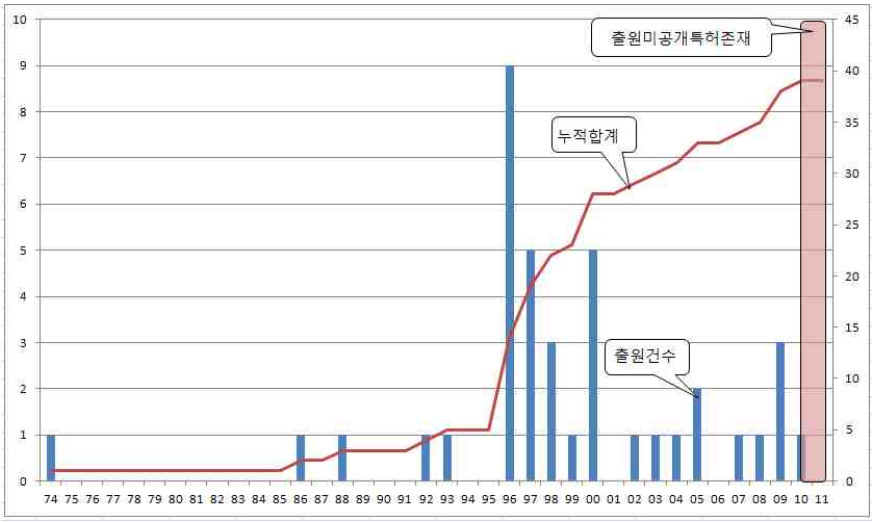


그림 2.1.24 적재상태 검지기술 연도별 출원건수 및 누적 출원 건수

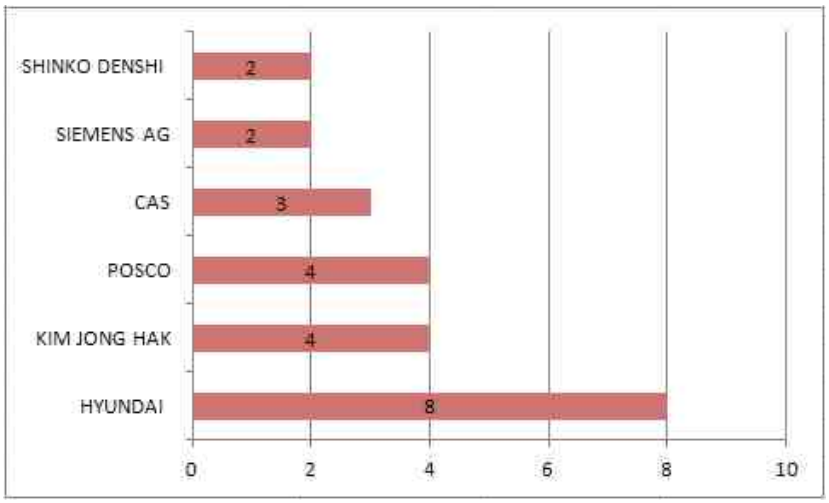


그림 2.1.25 적재상태 검지기술 분야의 주요 출원인 동향

물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술 분야의 전체 연도별 출원건수는 1976년 1건의 출원 후 90년대 말까지는 간헐적인 1~2건의 출원이 나타나다가, 2000년대 초반부터 중반까지의 구간에서 높은 출원 증가율을 나타내고 있고, 2007년 7건의 출원 이후로는 출원건수가 급감하는 형태를 보이고 있다.

물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술의 주요 출원인은 GOODRICH CORP가 3건이고, 다음으로 HYUNDAI, TOYOTA, FMC CORP, Greendoor Data AS가 2건으로 동일한 출원 건수를 차지하고 있으나, 출원 건수의 차이가 적어 주요 출원인으로서 의미는 적은 것으로 분석된다.

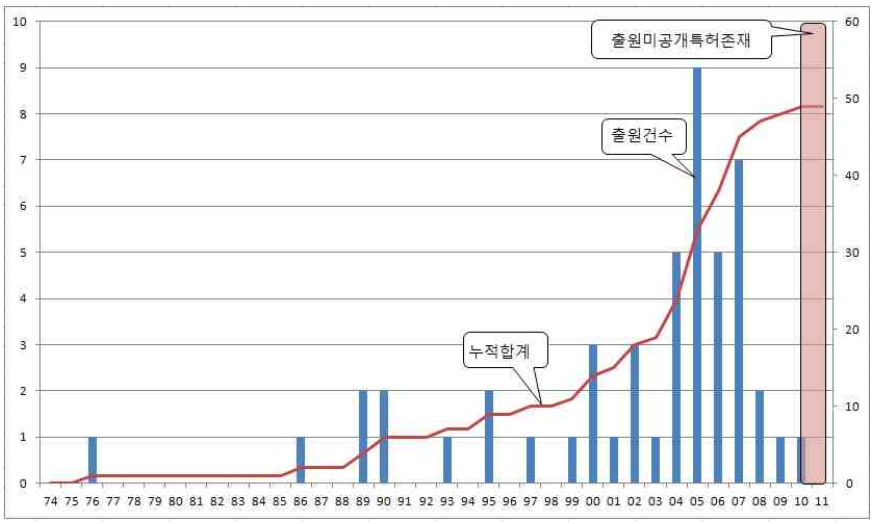


그림 2.1.26 물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술
연도별 출원건수 및 누적 출원 건수

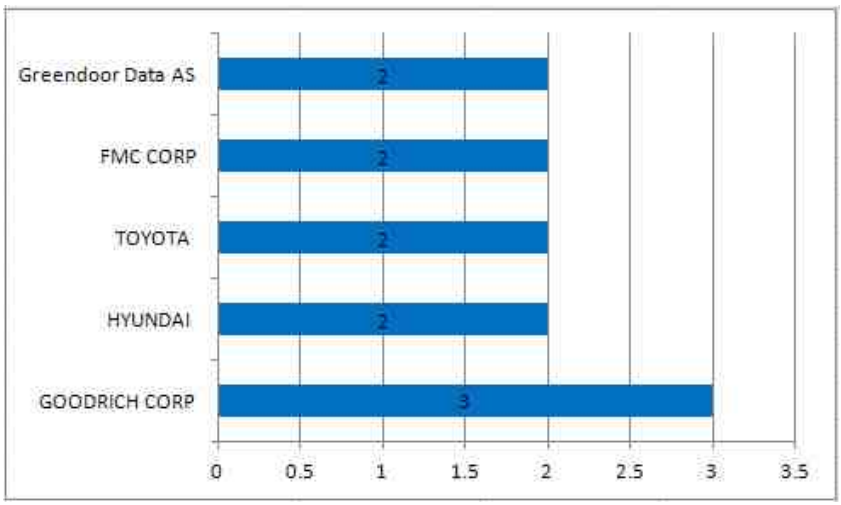


그림 2.1.27 물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술
분야의 주요 출원인 동향

특허 동향 분석 결과를 종합하면 일괄 상하역 기술 분야는 적재용 플레이트 기술 및 적재상태 검지기술이 주를 이루는 추세에서 최근 물류센터 설계 및 통합 운영 관리 기술에 관한 출원으로 기술 트렌드가 이동하고 있는 경향을 보인다.

표 2.1.2 특허기술 현황 정리표

대분류	중분류	IP시장성 (구간별 외국인 출원 증가율)	출원 증가율 및 점유율	상위출원인 동향	시사점
일괄 하역 장비	적재용 플레이트 기술	신흥 시장국에 대한 해외출원인의 출원이 증가하고 있어 시장 선점 노력이 있는 것으로 보임	점유율은 높지 않으나, 출원 증가 동향이 2000년대 초반까지 유지 되었고, 최근에는 정체 동향을 보임	1. MORGAN CORP 2. ANCRA CORP, SIEMENS AG, STEWART-GLAPAT, Naaraharju OY 주요 출원인에 의한 점유율은 높지 않음	출원 증가율이 정체되어 있는 상태로 관련 기술개발이 활발하지 않은 상태로 보임. 응용 기술에 대한 기술개발이 필요한 분야로 판단됨
	ULS 핸들링 기술	신흥 시장국에 대한 해외 출원인의 출원빈도가 높아지고 있는 분야임	출원 증가율은 다소 정체되어 있으나, 연간 6-7건 정도의 출원이 이어지고 있음	1. JOLODA 2. SIEMENS AG 3. JDM ENTURES LLC JOLODA사가 압도적인 점유율을 보이고 있음	점유율은 비교적 높으나 출원 증가율이 다소 감소하고 있으며, 응용 기술 위주의 기술 개발 활동이 주효할 것으로 분석됨
	적재상태 검지기술	신흥 시장국에 대한 해외 출원인의 출원빈도가 높아지고 있는 분야임	출원 증가율은 감소하고 있는 동향을 보이고 있고, 점유율 면에서도 높지 않은 분야임	1. HYUNDAI 2. KIM JONG HAK 3. POSCO 국내 출원인이 상대적으로 강세를 보이는 분야임	낮은 점유율을 보이고 있으며, 출원 증가율도 감소추세에 있는 분야임
	물류센터 상하역 작업장 통합 설계 및 운영관리 기술	주요 시장국 및 신흥 시장국에 대한 해외 출원인의 출원빈도가 높아지고 있는 분야임	점유율의 상승 추이가 크고, 출원 동향이 증가 추이에 있는 분야임	1. Sociedad Anonima Damm 2. GOODRICH, Greendoor Data, TOYOTA 주요 출원인의 점유율이 높지 않음	최근 출원 증가가 커지고 있는 분야로 기술개발 경쟁이 점차 거세지고 있는 분야임. 원천기술 선점을 위한 연구개발이 필요한 분야로 분석됨

표 2.1.3 유사특허 비교분석 및 회피 전략

<table>
<tr><th colspan="5">유사특허 비교분석</th></tr>
<tr><th>구 분</th><th>특허
(등록·출원)
번호</th><th>비고</th><th>관련
핵심기술</th><th>권리비교</th></tr>
<tr><td rowspan="4">국내</td><td rowspan="2">KR19960018996U
(출원인: LG)</td><td>유사점</td><td rowspan="2">ULS
핸들링
구조(이송
부+제어부
+센서부)</td><td>화물에서의 상하역을 위한 이송부와 제어부가 있어 ULS 핸들링을 위한 구조에 대해 개시되어 ULS 핸들링 구조(이송부+제어부+센서부) 관련 기술임</td></tr>
<tr><td>차이점</td><td>이송부의 구성요소가 상이하며, 이송 방법에 대한 개시가 없고, 또한 센서부가 부존재</td></tr>
<tr><td rowspan="2">KR20030034725A
(출원인:
HYUNDAI)</td><td>유사점</td><td rowspan="2">장치 설계
기술(편의
성+속도+
안정성)</td><td>향상된 팔레트 운송시간을 위해 컨베이어 장치를 사용한 ULS 핸들링 장치(화물고정 장치+컨베이어+베어링) 관련 기술임</td></tr>
<tr><td>차이점</td><td>팔레트의 이송에 있어 필요한 화물 고정장치 및 방법에 대해서는 명시적인 개시가 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="4">해외</td><td rowspan="2">US10/694599
(출원인:
SIEMENS AG)</td><td>유사점</td><td rowspan="2">ULS
핸들링
구조(이송
부+제어부
+센서부)</td><td>화물에서의 상하역을 위한 이송부가 있어 ULS 핸들링을 위한 구조에 대해 개시되어 ULS 핸들링 구조(이송부+제어부+센서부) 관련 기술임</td></tr>
<tr><td>차이점</td><td>화물 이송에 있어 별도의 제어부 및 센서부에 대한 명시적이지 않음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">EP1987904402
(출원인:
JOLODA)</td><td>유사점</td><td rowspan="2">ULS
핸들링
구조(이송
부+제어부
+센서부)</td><td>화물에서의 상하역을 위한 이송부와 가이드를 이용한 ULS 핸들링 구조에 대해 개시되어 ULS 핸들링 구조(이송부+제어부+센서부) 관련 기술임</td></tr>
<tr><td>차이점</td><td>ULS 핸들링을 위한 센서부 및 제어부 관련 기술에 대해서는 명시적이지 않음</td></tr>
<tr><td>특허
회피
전략</td><td colspan="4">일괄 하역장비 기술의 ①ULS 핸들링 구조(이송부+제어부+센서부), ②화물차량 구조(가이드+하부BED)는 설계단계에서 ①, ② 기술이 함께 구조적으로 서로 연계되어 이루어져 구현되는 경우가 많아 양 분야에서 관련 기술들이 검색되었으며, 특히 ①이송부+제어부+센서부 결합 기술이 중요도가 더 높은 기술분야에 해당함, 국내에는 비교적 관련 출원들이 많지 않으며, ③화물고정 장치+컨베이어+베어링 기술은 컨베이어 구조 또는 베어링을 이용한 구조가 다수이며 두 장치를 결합한 발명이 적음. 외국의 경우에는 특히 유럽에서 관련 연구와 발명이 비교적 많이 진행되고 있는 것으로 파악되어 유럽이 기술적으로 앞서있는 분야로 파악됨. 국내는 핵심특허 확보가 거의 이루어 지지 않았고, 국외에는 특히 유럽을 중심으로 특허 확보가 이루어지고 있는 상황이므로 기술 개발과 함께 해외특허 확보 전략이 필요함</td></tr>
</table>

표 2.1.4 유사특허 대응방향

일괄 상하역 기술		
기술개발 Goal	이송부와 제어부, 센서부를 포함하는 핸들링 구조기술, 가이드와 하부 BED를 포함하는 차량 구조기술, 화물 고정장치 및 컨베이어, 베어링 기술 등이 포함되는 ULS 핸들링 장치에 관한 기술의 개발	
국내 / 외 경쟁력	국내현황	▪ key player - HYUNDAI ▪ 팔레트 운반 시스템 (KR20030034725A)
	국외현황	▪ key player - JOLODA ▪ A LOAD HANDLING SYSTEM (EP1987904402)
대응방향	이송부+제어부+센서부 결합 기술이 중요도가 더 높은 기술분야에 해당함, 국내에는 비교적 관련 출원들이 많지 않으며, 화물고정 장치+컨베이어+베어링 기술은 컨베이어 구조 또는 베어링을 이용한 구조가 다수이며, 두 장치를 결합한 발명에 대한 연구도 가능해 보임	

일괄 상하역 기술과 관련하여 그 세부 기술 및 개량 기술에 대한 특허가 다수 존재하고 있고 활발한 출원이 이어지고 있으나, 주요 출원인 등을 중심으로 한 관련 원천 기술의 특허권 중에는 이미 특허 존속기간이 만료된 경우도 적지 않은 것으로 분석되었다. 따라서 해당 특허 문헌들이 응용기술 개발 및 존속 특허권의 회피 기술 개발 등을 통한 국산화 연구 활동에 상당히 유리한 기술 문헌으로 활용될 수 있다고 사료된다.

다만 새로운 방식, 기술 및 구성이 접목된 신기술들의 출현도 활발히 진행되고 있으므로 종래 원천기술을 기반으로 하는 새로운 응용기술 및 융합 기술에 대한 활발한 연구개발을 통해 새로운 원천기술을 선점하기 위한 노력이 시급한 것으로 판단된다.

제2절 국내·외 산업 동향

1. 해외 산업 동향

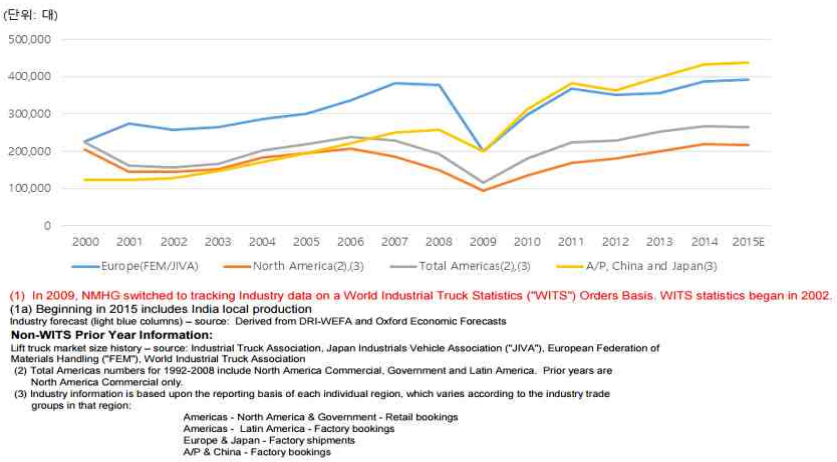
물류산업은 모든 산업의 뿌리산업으로 물류장비는 성격상 경제상황에 따라 매출 및 투자부분에 있어 가장 많은 영향을 받는 산업이다. 세계경제 성장률과 물류산업의 가장 기본 장비이자 기계화, 자동화의 기본인 Lift Truck의 글로벌 마켓 규모를 살펴보면, 이와 같은 상황이 더욱 명확히 보인다.

'00년~'07년까지 세계경제와 Lift Truck의 글로벌 마켓 규모는 같은 성장세를 보였다. 특히 '08~'09년 글로벌 금융위기로 인해 세계경제 성장률의 급락과 함께 Lift Truck 의 시장규모 또한 급락하였으며, 글로벌 금융위기 뒤 세계 경제 성장률은 연평균 2.9%로 성장하였으나 Lift Truck의 시장규모는 세계 경장성장률 보다 가파르게 성장하였다.



자료: KT경제경영연구소, 데이터 IMF, Blomberg Business week('14.11)

그림 2.2.1 세계 경장성장률 추이 및 전망



자료: WITS(World industrial Truck statistics 2015)

그림 2.2.2 글로벌 Lift Truck Market

글로벌 금융위기 후 각 기업들은 경쟁력을 갖추기 위해, 모든 방법을 통원하였고 그 해결방안을 자동화에서 찾아 생산부분에 있어 자동화율이 크게 상승하였다. 하지만 생산라인의 자동화만으로는 경쟁력을 갖출 수 없었으며, 또한 자본이 부족한 제조사에 있어 생산라인에 대한 자동화는 갖추기 어렵다.

이에 대한 해결방안으로 기업들은 Off-shoring을 통한 인건비 절감과 함께 물류효율화를 통한 경쟁력 향상을 꾀하였다. 그러나 지금 현재 Off-shoring을 통한 인건비 절감에 대한 매력이 점차 잃고 있는 실정이다. 대표적인 Off-shoring 대상 국가였던 중국은 가파른 인건상승비 상승으로 경쟁력을 잃고 있다.

이에 글로벌 기업들은 생존을 위해 인건비가 더욱 저렴한 동남아시아로 이전하거나 자국으로 돌아가는 리쇼어링(Reshoring) 현상(중국에 나가있던 기업들이 비용, 정책 등을 이유로 다시 본국으로 돌아가는 현상) 등 중국 Exodus 현상이 발생하고 있다. 그러나 동남아시아 또한 인건비가 급상승하고 있으며, 리쇼어링 또한 공장 자동화가 먼저 이루어지지 않으면 성공하기 어렵다. 최종적으로 선진국의 높은 임금수준과 낮은 유연성을 고려해 볼 때 값비싼 노동력 보다는 로봇이나 기계와 같은 자동화 설비의 채택을 늘려갈 것으로 예상된다. 이는 물류산업 또한 마찬가지이다.

글로벌 3PL시장은 1996년 이후 연평균 10% 이상의 고성장을 유지하고 있으며, 최근 아시아-태평양 지역이 가장 큰 규모로 성장하고 있다. 특히 2015년 기준으로 중국이 미국을 제치고 3PL 수익부분에서 1위를 차지하였다. 하지만 중국을 제외한다면, 3PL 시장은 EU와 북미가 주를 이루고 있다.

글로벌 물류시장에서 부가가치를 창출하기 위해서는 3PL의 거점 역할을 담당하는 물류센터의 경쟁력 확보가 무엇보다 중요하다고 할 수 있으며, 특히 물류센터의 경쟁력 확보를 위하여 자동화를 통한 상하역 효율성 향상이 무엇보다 중요하다. 상하역의 효율화를 통하여 대기시간 단축 및 회전율 증가 등을 통한 수송 분야의 효율성 향상, 파렛트 중심의 포장으로 인한 효율성 향상, 안전성확보, 노령화 시대 대비, 재고유지비용 감소 등을 달성할 수 있다.

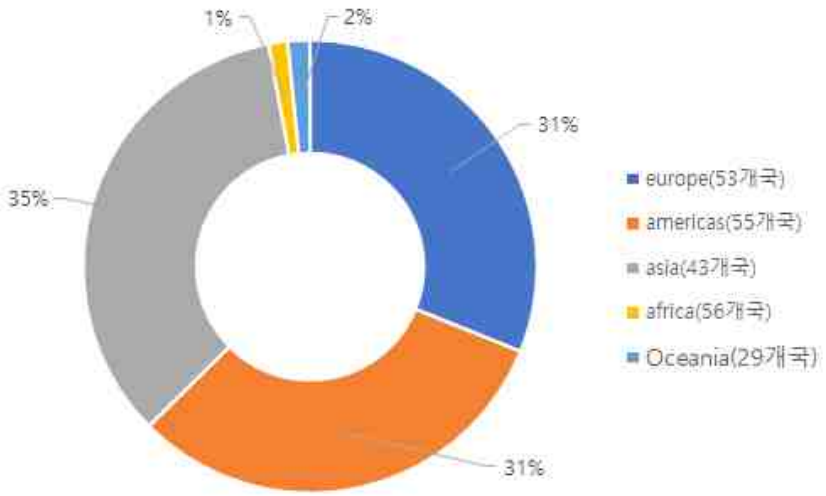
표 2.2.1 Global logistics Costs & 3Party Logistics Revenues 2015(US$ Billions)

구분	국가	2015 GDP[5]	GDP대비 물류비 비중	2015 물류비	물류비 대비 3PL매출	2015 3PL매출
북미	캐나다	1,573.00	9.00%	141.6	10.20%	14.4
	멕시코	1,161.00	12.00%	139.4	10.40%	14.5
	미국	17,970.00	8.20%	1,473.50	10.90%	161.2
	소계	1,754.50	10.70%	190.1	10.70%	190.1
유럽	프랑스	2,423.00	9.50%	229.9	10.50%	24.1
	독일	3,371.00	8.80%	297.1	10.50%	31.2
	이탈리아	1,819.00	9.70%	176.5	10.60%	18.7
	네덜란드	750.8	8.30%	62.6	14.30%	9
	스페인	1,221.00	9.70%	118.2	10.00%	11.8
	영국	2,865.00	8.80%	251.1	10.50%	26.4
	Others	3,621.50	9.30%	335.9	9.90%	33.3
	소계	16,071.30	9.20%	1,471.30	10.50%	154.5
아태 평양	호주	1,241.00	10.50%	130.2	10.20%	13.3
	중국	11,380.00	18.00%	2,048.40	8.00%	163.8
	홍콩	307.8	8.50%	26.1	11.30%	2.9
	인도	2,183.00	13.00%	283.6	7.00%	19.8
	인도네시아	872.6	10.70%	93.4	7.20%	6.8
	일본	4,127.00	8.50%	350.8	10.50%	36.8
	말레이시아	313.5	10.70%	33.6	7.10%	2.4
	필리핀	292	10.70%	31.3	7.10%	2.2
	싱가폴	294	8.50%	25	11.50%	2.9
	한국	1,393.00	9.00%	125.3	11.10%	13.9
	대만	518.8	9.00%	46.8	11.00%	5.1
	태국	373.5	10.70%	39.9	7.20%	2.9
	베트남	198.8	10.70%	21.3	7.40%	1.6
	Others[6]	319.8	10.70%	34.2	7.30%	2.5
	소계	23,814.80	13.50%	3,289.90	8.50%	276.9
남미	아르헨티나	578.7	12.00%	69.5	8.90%	6.2
	브라질	1,800.00	11.60%	208.8	9.00%	18.8
	칠레	240	11.50%	27.6	9.40%	2.6
	콜롬비아	274.2	12.50%	34.3	8.10%	2.8
	페루	179.9	12.50%	22.5	8.40%	1.9
	베네수엘라	131.9	11.90%	15.7	7.00%	1.1
	Others	226.6	14.20%	32.2	5.80%	1.9
	소계	3,431.30	11.90%	410.6	8.60%	35.3
기타 지역/국가		9,923.30	17.50%	1,735.20	3.70%	64.2
총합계1		73,944.70	11.70%	8,661.50	8.20%	721

주) CIA 공식 환율 적용 GDP

자료: ARMSTRONG & ASSOCIATES,INC. Global Market Size Estimates, http://www.3plogistics.com/3pl-market-info-resources/3pl-market-information

국제 물류관련 장비의 시장규모를 살펴보면, 2015년 기준으로 아시아가 35%, 유럽 31%, 아메리카 31% 로 가장 큰 시장을 형성하였다.



자료: The industrial truck Association(ITA), http://www.indtrk.org

그림 2.2.3 글로벌 물류장비 시장규모(2015년 기준, 해운장비 제외)

Region	Orders			Shipments		
	2014	2015	% Increase	2014	2015	% Increase
Europe (53 countries/territories)	344,533	373,321	8.4%	338,378	359,096	6.1%
Americas (55 countries/territories)	267,716	277,542	3.7%	255,549	259,907	1.7%
Asia (43 countries/territories)	438,327	413,777	-5.6%	432,098	409,630	-5.2%
Africa (56 countries/territories)	19,346	16,337	-15.6%	18,480	16,950	-8.3%
Oceania (29 countries/territories)	18,444	18,903	2.5%	18,524	18,641	0.6%
Total (236 countries/territories)	1,088,366	1,099,880	1.1%	1,063,029	1,064,224	0.1%

자료: The industrial truck Association(ITA), http://www.indtrk.org

그림 2.2.4 물류센터 장비 및 지게차 시장규모

5) CIA official exchange rate GDPs (www.CIA.gov) - The World Factbook (5/31/2016)
6) Others = Bangladesh, Burma, Cambodia, Laos, Nepal
Note: Amounts may be off due to rounding.

물류센터내의 장비와 지게차 시장을 살펴보면, 2015년 기준으로 지게차는 109만 9천대 시장을 형성하였다.

미국 상무성의 노동통계국(Bureau of Labor Statistics)에 따르면, 자재취급 및 물류는 미국의 최대 성장 산업 중의 하나이며, 미국 내 관련 장비 및 시스템의 소비는 매년 1,560억 달러를 넘어서고 있다. Venture Development Corp oration(VDC)의 연구에 의하면, 미국의 300개 제조업자, 유통업자, 공공기관 등의 물류센터 및 창고 자동화에 소요되는 비용의 분포는 다음의 표와 같다.

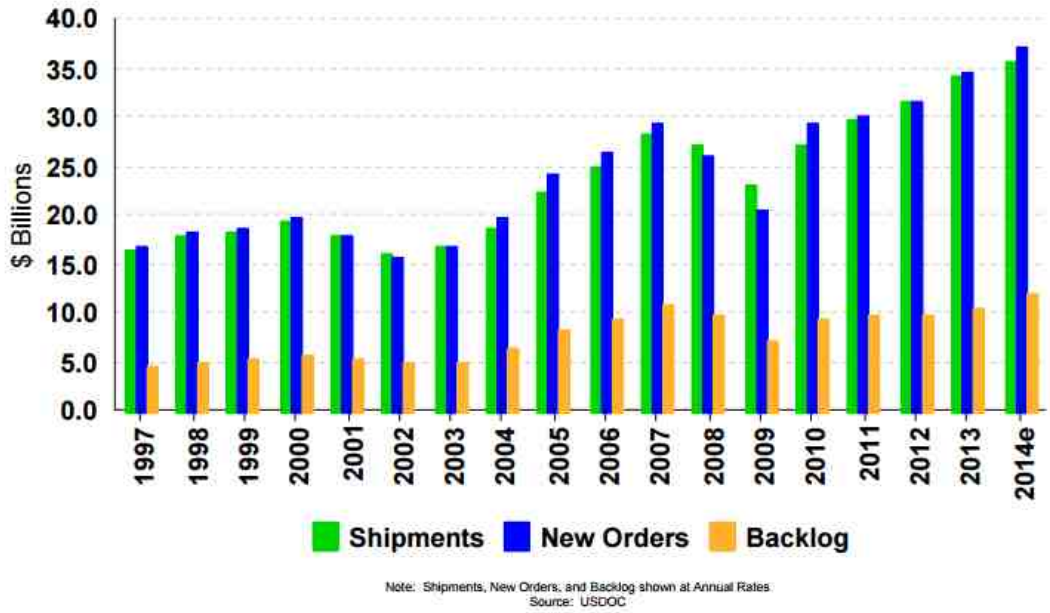
표 2.2.2 물류센터 내 투자자산 비용 비율

투자자산 분야	총 소요비용 비율	연간 성장률
자재취급 및 상하역 장비	20.3%	19.0%
자동 식별 (Auto ID)	21.3%	24.0%
정보시스템	58.4%	13.0%

자료 : Esync, Logistics Execution Systems Perspective, 2003

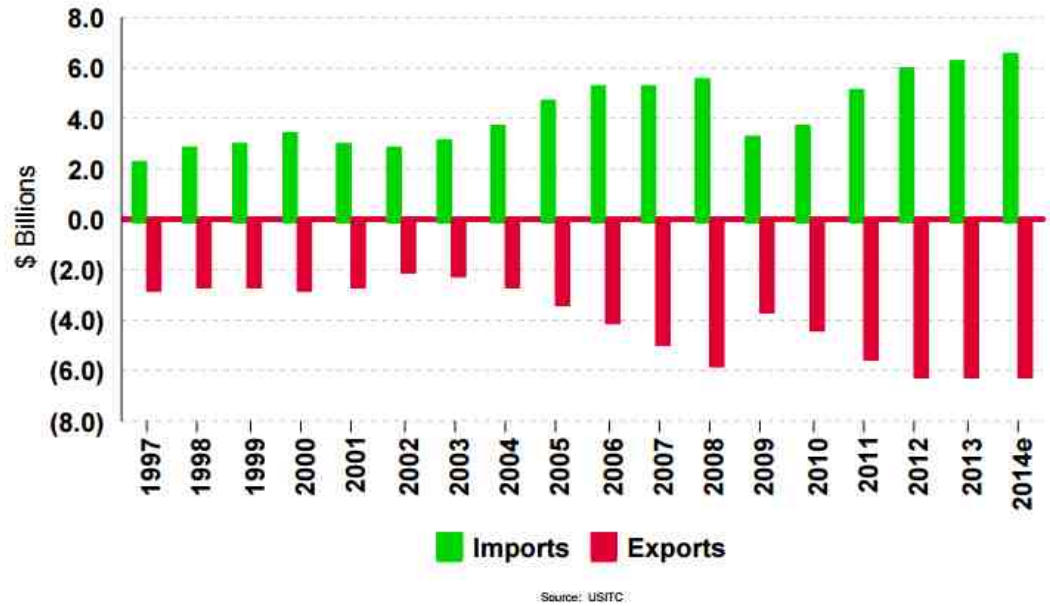
미국 Peerless Research Group의 설문조사 결과에 따르면, 회사별 자재취급 및 상하역(Materials Handling) 장비 예산이 2012년 $451,700(5.4억원) 정도로 정체될 것으로 예상되긴 했으나, 2010년 $395,000(4.74억원)에서 2011년 $451,000(5.41억원)으로 대폭 증가된 바 있다. 또한 물류센터에서 운영비 절감을 위해 벌이는 다양한 활동 중 재고관리나 인력감축 등보다 물류처리 활동 개선(Improving warehouse processes)에 가장 높은 응답률(77%, 2010년에도 72%)을 보인 바 있어, 현장에서는 물류센터에서의 처리 방식에 대한 개선을 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다.

미국 산업협회의 보고에 따르면, 자재취급(Material Handling) 장비 제조와 관련된 시장의 규모는 2008년 금융위기 후 잠깐 주춤했으나 지속적인 상승세를 보이고 있다. 또한 미국의 자재취급장비 수출과 수입 규모 또한 지속적으로 증가하다. '13년 이후 보합세를 보이고 있음 ('13년 대비 '14년 수입 5%증가, 수출 동일)



자료: MHIA Staff, Material Handling Equipment Manufacturing: Segment Brief, April 2014

그림 2.2.5 미국의 자재 취급장비 제조 관련 시장 규모 변화



자료: MHIA Staff, Material Handling Equipment Manufacturing: Segment Brief, April 2014

그림 2.2.6 미국의 자재 취급장비 수출입 규모 변화

호주 SAFE Work Australia Council의 6개 특정 산업에 대한 보고서에 따르면, 35-44세의 운송 및 보관 작업자의 안전사고율이 관련된 호주노동자들의 사고율보다 75% 나 높은 것으로 조사된 바 있어, 자동화된 일괄상하역 작업이 더 안전함을 보여주고 있다. 이에 반해 국내는 하역작업의 인력의존도가 높아 하역생산성이 낮고, 이로 인한 화물 파손율 증가, 하역차량 대기, 재고 증가 등의 문제 발생하며, 안전사고율 또한 높아 하역 분야의 기계화 수준은 약 50% 정도로 자동화를 통한 생산성 향상과 안전성 확보가 필요하다.

네덜란드 Ancra, 핀란드 ACTIW, 호주 ICA(Industrial Conveying Australia Pty. Ltd.), 영국 Joloda International, 미국 CSL(Container Stuffers, LLC) 사 등은 보관창고의 상하역 자동시스템을 실용화하였다. 특히, ICA는 2,000만 호주달러(230억 원 정도), DHL, Toyota, Bavaria, Federal Express, Procter & Gamble 등을 고객으로 두고 있는 Ancra Systems는 2007년 750만 유로(113억 원 정도), Joloda는 800만 파운드(150억 원 정도)의 매출액을 기록하고 있다.

2. 국내 산업 동향

통계청 자료에 따르면, 국내 물류관련 사업체는 2015년 기준 총 368,191개사로, 2011년 이후 연평균 1.6% 증가한 것으로 나타났다. 이 중 육상운송업체 수가 94.8%로 절대적인 비중을 차지하고 있으며, 창고 및 물류 서비스업의 경우 5%의 비중을 차지하고 있다.

물류산업의 시장규모를 나타내는 총 매출액은 2011년 136조원에서 2015년 약141조원으로 4% 증가하였으며, 연평균 0.9%씩 증가하였다. 업종별로 살펴보면 육상 운송업의 비중이(42.3%) 가장 높으나, 창고 및 운송관련 서비스업의 매출 증가세가 매년 약 5.3%씩 성장하여 가장 높은 것으로 나타났다.

표 2.2.3 국내 물류산업 일반 현황

(단위: 개, 명, %, 십억원)

구분		2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	비중	연평균 증감율
기업체 수	총 계	346,079	343,696	359,583	367,585	368,191	100%	1.6%
	육상운송업	327,736	325,047	340,654	348,755	348,972	94.8%	1.6%
	수상운송업	472	502	611	584	662	0.2%	8.8%
	항공운송업	34	34	33	32	32	0.0%	-1.5%
	창고 및 운송관련 서비스업	17,837	18,113	18,285	18,214	18,525	5.0%	1.0%
종사자 수	총 계	1,084,531	1,077,839	1,094,318	1,083,000	1,102,000	100%	0.4%
	육상운송업	917,132	904,074	918,769	910,000	920,000	83.5%	0.1%
	수상운송업	25,025	27,006	27,538	26,000	28,000	2.5%	2.8%
	항공운송업	30,400	31,578	32,488	33,000	35,000	3.2%	3.6%
	창고 및 운송관련 서비스업	111,974	115,181	115,524	114,000	119,000	10.8%	1.5%
매출액	총 계	136,162	141,568	142,568	140,171	140,916	100%	0.9%
	육상운송업	56,034	56,521	58,621	59,300	59,563	42.3%	1.5%
	수상운송업	41,557	44,986	40,787	38,451	37,917	26.9%	-2.3%
	항공운송업	20,351	21,361	20,966	21,492	20,997	14.9%	0.8%
	창고 및 운송관련 서비스업	18,219	18,700	19,894	20,929	22,438	15.9%	5.3%

자료: 통계청 각 년도 운수업조사보고서

물류경쟁력을 나타내는 LPI평가[7]는 2016년 기준 24위로, 2012년 21위에 비해 3단계 떨어졌으며, 교역량[8]에 비해 상당히 낮은 수준인 것으로 나타났다. LPI 스코어(5점 만점 기준) 또한 2012년 대비 0.02점 감소하였다.

한편, 기존에 1위를 차지하였던 싱가포르는 독일, 벨기에, 영국 등 유럽 국가에 밀려 5위로 떨어졌는데, 이러한 배경에는 유럽의 물류정책과 R&D가 경쟁력 향상에 직접적인 영향을 미친 것으로 보여진다. 따라서 우리나라 또한 적극적인 R&D를 통해 세계 물류시장에서의 경쟁력 향상이 시급한 실정이다.

2012 LPI index

Country	rank	score	% of highest performer
Singapore	1	4.13	100.0
Hong Kong SAR, China	2	4.12	99.9
Finland	3	4.05	97.6
Germany	4	4.03	97.0
Netherlands	5	4.02	96.7
Denmark	6	4.02	96.6
Belgium	7	3.98	95.3
Japan	8	3.93	93.8
United States	9	3.93	93.7
United Kingdom	10	3.9	92.7
Austria	11	3.89	92.5
France	12	3.85	91.2
Sweden	13	3.85	91.2
Canada	14	3.85	91.1
Luxembourg	15	3.82	90.3
Switzerland	16	3.8	89.7
United Arab Emirates	17	3.78	88.9
Australia	18	3.73	87.2
Taiwan	19	3.71	86.6
Spain	20	3.7	86.4
Korea, Rep.	21	3.7	86.2

21위→24위
3단계 하락

2016 LPI index

Country	rank	score	% of highest performer
Germany	1	4.23	100.0
Luxembourg	2	4.22	99.8
Sweden	3	4.2	99.3
Netherlands	4	4.19	98.8
Singapore	5	4.14	97.4
Belgium	6	4.11	96.4
Austria	7	4.1	96.0
United Kingdom	8	4.07	95.2
Hong Kong SAR, China	9	4.07	95.1
United States	10	3.99	92.8
Switzerland	11	3.99	92.6
Japan	12	3.97	92.1
United Arab Emirates	13	3.94	91.2
Canada	14	3.93	90.8
Finland	15	3.92	90.5
France	16	3.9	89.9
Denmark	17	3.82	87.3
Ireland	18	3.79	86.6
Australia	19	3.79	86.6
South Africa	20	3.78	86.0
Italy	21	3.76	85.4
Norway	22	3.73	84.7
Spain	23	3.73	84.5
Korea, Rep.	24	3.72	84.2

자료: Worldbank 'The Logistics Performance Index & Its Indicators' 2012, 2016

그림 2.2.7 Logistics Performance Index(LPI)

국내 물류센터 현황을 살펴보면 창고업체수는 2015년 기준 3,399개사로 2014년 3,260사 대비 4% 증가하였으며, 종사자수는 15,834명에서 17,718명으로 큰 폭으로(12%) 증가했다. 종사자들의 총 급여액을 살펴보면 3,975억원에서 4,563억원으로 약 15% 증가하였으며, 세부 업종으로는 기타 보관 및 창고업(26%), 일반창고업(22%), 위험물품보관업(21%)

7) LPI는 Logistics Performance Index의 약어로서 세계은행이 정기적으로 분석하여 발표
8) 우리나라의 교역량은 2016년 상반기 기준 236,099백만달러로 세계 7위, 한국무역협회 K-stat (http://stat.kita.net)

이 큰 폭으로 증가하였다. 이는 위험물과 기타 화물을 취급하는데 있어 인력에 의한 작업이 이루어져, 위험성과 동반되어 인건비가 증가하는 것으로 판단된다.

기업체수 대비 업체별 장비대수 및 창고 수는 일반 창고업 8대, 냉장/냉동창고업 4대 농산품 창고업 14대, 위험물품 보관업 32대. 기타보관 및 창고업 4대로 나타났다. 냉장/냉동창고업의 장비대수가 가장 낮은 원인으로는 냉장/냉동창고 및 냉동탑차의 특성상 장비의 사용이 어려워 인력의존도가 높은 것으로 파악된다.

표 2.2.4 창고 유형별 현황

(단위: 개, 명, 백만원, %)

구분	기업체수			종사자수		
	2014	2015	증감율	2014	2015	증감율
일반 창고업	212	378	78%	5,454	7,265	33%
냉장/냉동 창고업	244	256	5%	3,549	3,651	3%
농산물 창고업	736	693	-6%	3,483	3,311	-5%
위험물품 보관업	35	37	6%	931	1,018	9%
기타 보관및창고업	19	20	5%	403	458	14%
합계	3,260	3,399	4%	15,834	17,718	12%
구분	급여액			장비대수 및 창고 수		
	2,014	2,015	증감율	2,014	2,015	증감율
일반 창고업	182,321	222,167	22%	1,763	3,054	73%
냉장/냉동창고업	112,713	117,298	4%	899	919	2%
농산물 창고업	38,142	39,040	2%	9,836	9,481	-4%
위험물품보관업	52,305	63,200	21%	1,085	1,189	10%
기타보관및창고업	10,035	12,610	26%	75	81	8%
합계	397,530	456,330	15%	15,672	16,739	7%
구분	매출액			영업 비용		
	2,014	2,015	증감률	2,014	2,015	증감률
일반 창고업	1,024,119	1,240,401	21%	941,048	1,135,174	21%
냉장/냉동창고업	542,808	572,092	5%	453,434	492,843	9%
농산물 창고업	107,271	116,643	9%	101,839	85,461	-16%
위험물품보관업	303,342	334,076	10%	204,044	244,528	20%
기타보관및창고업	59,530	72,699	22%	56,166	64,351	15%
합계	2,039,084	2,337,926	15%	1,758,545	2,024,372	15%

자료: 통계청 '각 년도 운수업조사 보고서'

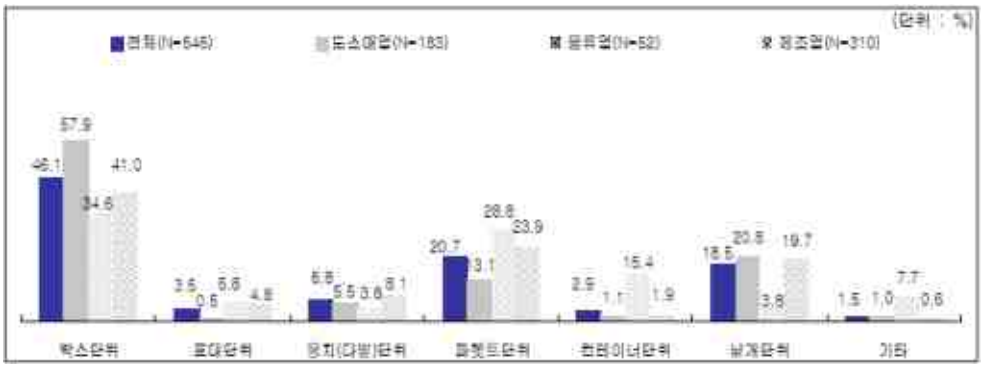
국내 상하역 작업의 기계화 정도는 약 50% 정도로, 절반 가량을 인력작업에 의존하고 있다. 이로 인해 인건비의 과다 지출 및 시간 지체가 발생하고, 트럭 등 수송 장비의 상하역 대기시간이 길어져, 물류센터의 효율성을 떨어뜨리는 요인으로 작용하고 있다.

또한 창고의 기능이 과거 단순 보관시설(Storage)에서 재고관리·유통가공 기능까지 수행하는 유통창고(Warehouse)로 전환되고 있다. 이러한 상황에서 인력에 의존한 하역작업으로 인하여 하역차량의 대기시간이 지체되어 수송회전율이 저하됨으로써 재고가 증가하고 창고시설의 부족과 금융비용의 증가를 가져오는 등 전체적인 물류관리에 어려움이 가중되고 있다. 또한, 인력에 의존한 작업이 많아 재해사고가 꾸준히 늘어 창고의 능률적인 운영을 하는데 어려움을 겪고 있다.

물류장비 시장은 주로 지게차 등의 운반장비, 리프터, AGV 등에 치우쳐 있고, 그 외 Pick to Light, APS(Auto Picking System)가 일부기업에서 생산하고 있으나 주로 자체기술이 아닌 국외기술을 도입하여 제품을 생산하고 있다. 원인으로는 국내 물류장비관련 업체의 영세함으로 인해 독자적인 연구개발이 이루어지고 어렵기 때문이다.

보관/하역 분야에 있어서의 무인화·자동화 추세는 기계적인 기술 진보와 더불어 IT 기술의 발전과 융합하여 계속적으로 주목 받아 왔으며, 자동화 물류장비의 안정된 기술구현이 요구되고 있다.

라벨링, 포장, 조립, 회수관리 등의 부가서비스를 제공할 수 있는 물류센터(DC)의 역할이 공급사슬에서 지속적으로 커져가고 있으며, 물류센터에서의 상하역 효율화는 더욱 필요한 시점이라 할 수 있다. 그러나 현재 화물차량에서 화물을 상하 할 때에의 입출고 단위가 파렛트 단위거나 박스 단위가 대부분으로 제품 보관 시 입출고 단위는 박스단위가 46.1%로 가장 이용률이 높으며 파렛트 단위(20.7%), 낱개 단위(18.5%) 순으로 조사된 바 있다. 물류관련 업종은 파렛트 단위 28.8%, 컨테이너 단위 15.4%로 타 업종에 비해 이용률이 높은 것으로 집계되었다.



자료 : 2007년 물류 표준화 실태조사 보고서

그림 2.2.8 화물 입출고 단위

표 2.2.5 화물 입출고 단위

구분	사례수	박스 단위	포대 단위	묶치 (다발) 단위	파렛트 단위	컨테 이너 단위	낱개 단위	기타	계
전체	545	46.1	3.5	6.8	20.7	2.9	18.5	1.5	100
도소매	183	57.9	0.5	5.5	13.1	1.1	20.8	1.0	100
물류업	52	34.6	5.8	3.8	28.8	15.4	3.8	7.7	100
제조업	310	41.0	4.8	8.1	23.9	1.9	19.7	0.6	100

자료 : 2007년 물류표준화 실태조사 보고서

또한, 입출고 단위에 비해 화물차량은 컨테이너 단위로 수송하기 때문에 화물을 트럭으로부터 상하역 할 때 대부분 수작업으로 이루어지고, 이에 따라 물류 센터의 작업시간이 길어지며, 하역작업은 주로 지게차나 수작업을 이용하는 경우가 많으며 이에 따라 화물 하역작업의 자동화가 미흡하며 지게차에 대한 안전사고가 빈번하게 발생하고 있다.

화물 하역 시 이용방식은 지게차가 49.5%로 가장 높았고 인력 42.4%로 나타났으며, 물류관련 산업에서도 주로 지게차와 인력을 이용하여 화물의 하역작업을 하는 것으로 조사되었다.(지게차 59.6%, 인력 55.2%)

제3절 일괄 하역장비 시장 규모 예측

1. 시장 조사 개요

일괄 하역장비의 시장규모 예측을 위해 물류센터, 화물차량, 이송장비(지게차 등) 등록현황 조사를 통한 상하역 기초데이터를 수집하였다. 물류센터에 대해서는 지역별/면적별/업태별 창고 등록현황을 조사하였고, 화물차량은 국토부 통계자료 및 차량별/차종별 유형별 등록현황을 조사하고 수집하였다.

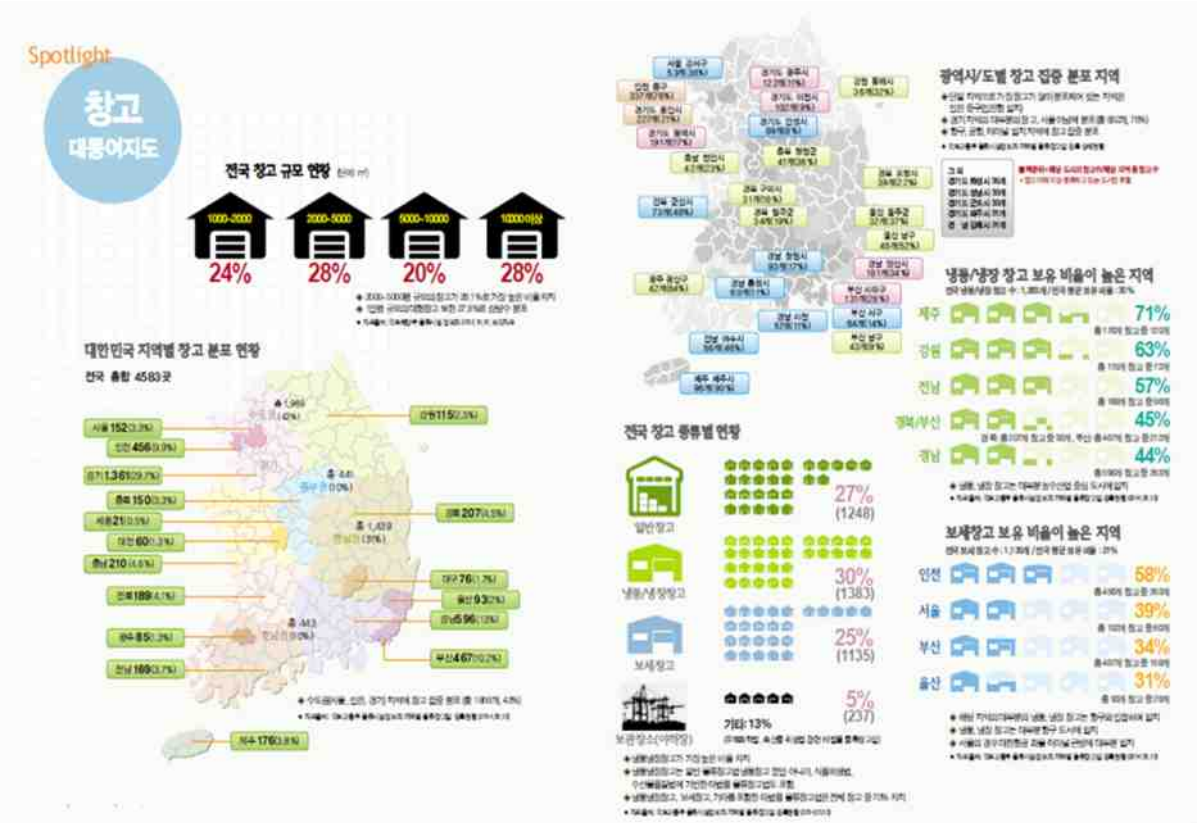


그림 2.3.1 지역별/면적별/업태별 창고 등록 현황

자료 : CLO(Chief Logistics Officer), http://clomag.co.kr/article/933

이를 바탕으로 일괄 하역장비의 실수요 대상인 제조업체를 중심으로 시장조사를 실시하였다. 조사 대상업체는 '중견기업 성장촉진 및 경쟁력 강화에 관한 특별법'에 의한 상시근로자 수 300명 이상 또는 자본금 80억원 이상의 중견제조업체로 선정하였다.

표 2.3.1 시장조사 항목

조사 항목		내용 및 활용(안)
① 업체현황		
1-1	기업 일반 현황	매출액, 종업원 수, 업종 등
1-2	취급 품목 현황	원자재, 생산품 등
1-3	취급 화물량 현황	일 평균 물동량 등
② 하역 시스템 현황		
2-1	하역 방법	하역장비, 방법, 시간, 비용, 인력 등
2-2	적재 방법	적재장비, 방법, 시간, 비용, 인력 등
2-3	하역 회전율	물동량
③ 하역 장비 현황		
3-1	하역장비 현황	지게차, 컨베이어 벨트 등의 개수
④ 일괄하역장비 도입여부		
4-1	일괄하역장비 도입 여부	선호 타입
4-2	필요대수	사업장 수, 사업장 별 필요대수
⑤ 일괄하역장비 요구 조건		
5-1	현 하역 시스템 문제점	-
5-2	자동 하역장비 도입 시 문제점	-

2. 시장 조사 표본 선정 및 규모

시장조사 표본 선정을 위해 통계청 자료를 참고하였으며, 2013년 기준 제조업 사업체 수는 65,389개 업체로 나타났고, 이중 유형 자산 80억원 이상의 기업 수는 총 10,303개 업체로 조사되었다.

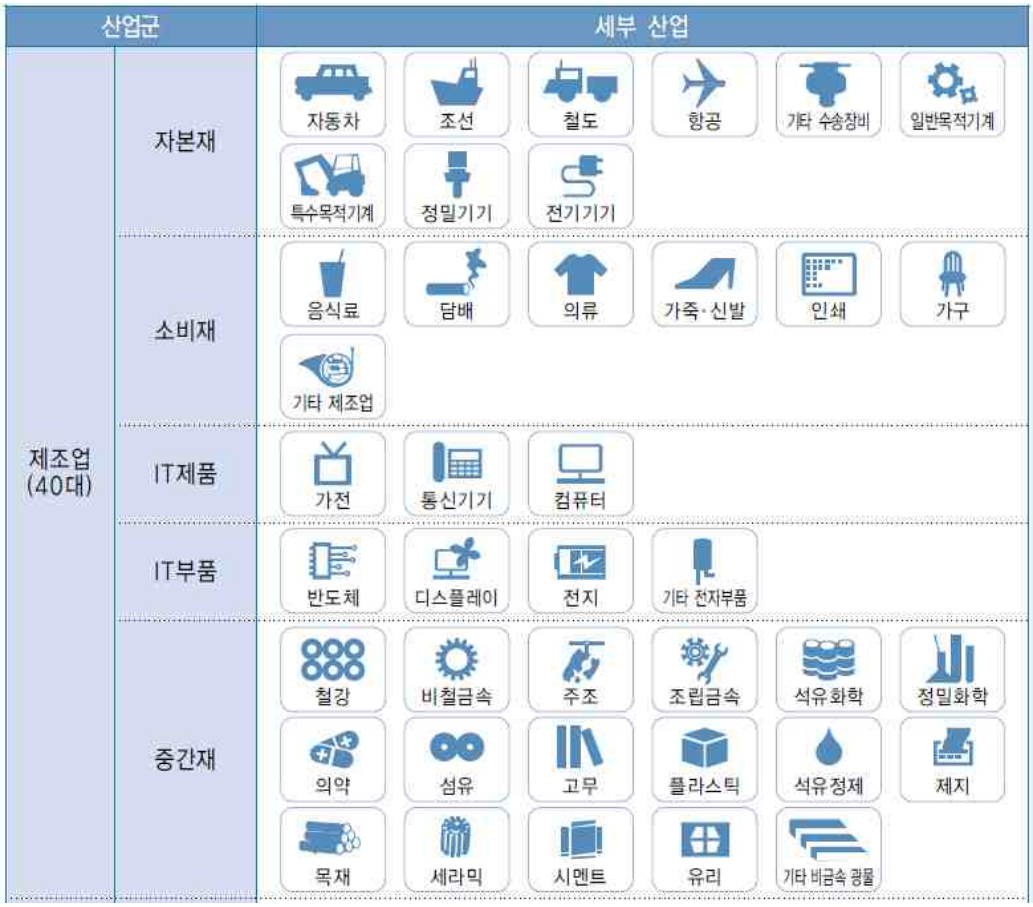
제조업은 산업구조가 진화되고 고도화되면서 국제표준산업분류체계(ISIC) 및 한국표준산업분류체계(KSIC)가 개편되었고, 2010년부터 ISTANS의 산업통계분류체계 역시 산업구조 재편을 반영하여 수정되고 세분화되면서 주요 40대 제조업 통계 제공이 가능해졌다. 통계청의 '2013년 기준 광업제조사 조사 보고서' 에서는 확장된 주요 40개 제조업을 산업특성, 기술수준 등을 고려하여 제조업 산업군을 자본재, 소비재, IT제품, IT부품, 중간재 등 5개로 구분하였다. 본 연구에서 이루어지는 일괄하역 장비 시장규모 조사도 제조업의 산업특성, 기술수준에 따라 상이할 것으로 판단하여, 40대 제조업 5개 산업군을 구별하여 시장규모 조사를 실시하였다. 단, IT 제품, IT 부품사는 IT 업체로 통합하여 조사하였다.

또한 시장조사 규모는 자본재, 소비재, IT, 중간재 4개 산업군에 대해, 통계적 유의수준을 고려하여 각 항목별 최소 30개 이상 업체를 대상으로 조사하였다.

표 2.3.2 제조업 사업체 수 및 종사자 수

구분	사업체수 (개)	종사자수 (명)	출하액 (조원)	주요 생산비 (조원)	부가가치 (조원)	기업체 단위당 유형자산(억원)
제조업	65,389	104,023,031	1492	1016	479	78
10 ~ 19	32,571	11,270,441	92	59	34	12
20 ~ 49	22,515	19,524,285	178	118	61	30
50 ~ 99	6,189	13,686,163	146	99	48	83
100 ~ 199	2,727	12,786,972	160	110	51	210
200 ~ 299	713	6,372,925	89	61	29	464
300 ~ 499	370	5,922,304	92	64	29	873
500명이상	304	34,459,941	733	506	228	7494

출처: 통계청, 2013년 기준 광업제조사 조사 보고서, 2014



출처: 산업연구원 주요산업동향지표, 2014

그림 2.3.2 40대 제조업 5대 산업군

3. 시장 조사 결과

가. 산업군별 도입 의사

(1) 전체 시장

시장 조사를 통해 산업군별 일괄하역장비 도입 의사, 평균보유 사업장 수, 사업장별 필요대수를 기준으로 일괄하역장비 종류별 시장성 분석을 실시하였다. 소비재 32개사, 자본재 32개사, IT 31개사, 중간재 31개사를 조사하였다.

산업군별로 일괄 하역장비 도입에 대한 선호를 묻는 질문에, 소비재 38%, 자본재 38%, IT 45%, 중간재 52%의 긍정적인 답변을 보인 것으로 나타났다.

표 2.3.3 산업군별 자동하역 긍정비율

구분	소비재	중간재	IT	자본재
조사업체 수	32	31	31	32
긍정비율	약 38%	52%	45%	약 38%

(2) 자본재

자본재 산업군은 자동차, 조선, 철도, 항공, 기타 수송장비, 일반목적기계, 특수목적기계, 정밀기기, 전기기기분야의 산업군을 말한다. 통계청 '13년 기준 광업제조사 조사 보고서에 의하면 자본재 사업체수는 총 15,744개사로 이중 중견기업 업체 수는 1291개사로 조사되었다.

표 2.3.4 자본재 사업체 수 및 종사자 수

구분	사업체수 (개)	종사자수 (명)	출하액 (조원)	주요생산비 (조원)	부가가치 (조원)	기업체 단위당 유형자산(억원)
구분	15,744	34,753,966	365	253	113	75
10 ~ 19	6,848	2,660,940	19	12	7	13
20 ~ 49	5,720	5,358,863	43	28	15	31
50 ~ 99	1,885	4,385,629	35	24	12	66
100 ~199	860	4,068,752	34	22	12	149
200 ~ 299	225	2,058,790	22	15	7	370
300 ~ 499	122	1,917,254	25	18	7	617
500명이상	84	14,303,738	187	134	53	6,039

자료: 통계청, '2013년 기준 광업제조사 조사 보고서'

자본재 산업군의 일괄 상하역 장비 도입의사를 묻는 질문에는 도입 희망 31%, 향후 도입 6%, 도입 비 희망 63%로 나타났다.

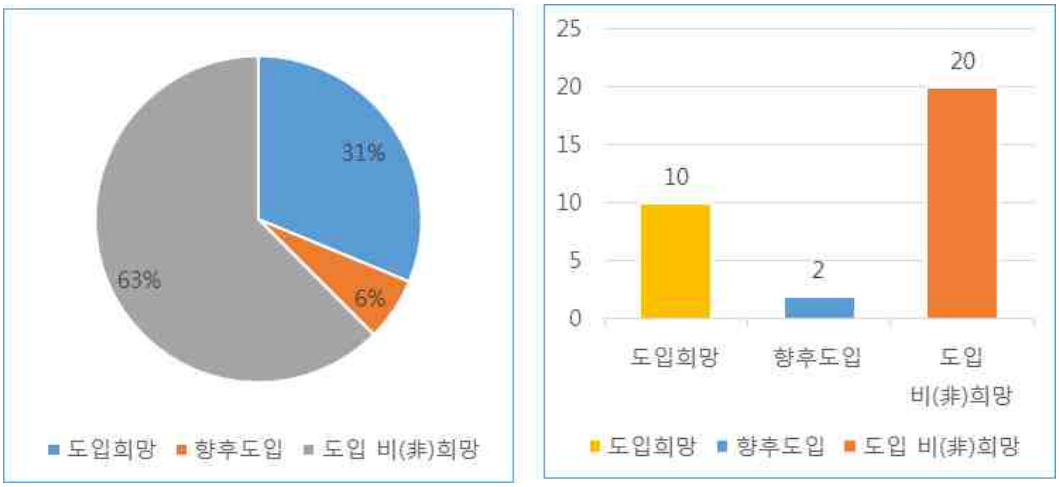


그림 2.3.3 자본재 도입의사

(3) 소비재

소비재 산업군은 음식료, 담배, 의류, 가죽·신발, 인쇄, 가구, 기타 제조업분야로, 통계청 '13년 기준 광업제조사 조사 보고서에 의하면 제조업 중 소비재 사업체 수는 총 11,388개사이고 이중 중견기업 이상 사업체는 544개사로 조사되었다.

표 2.3.5 소비재 사업체 수 및 종사자수

구분	사업체수 (개)	종사자수 (명)	출하액 (조원)	주요생산비 (조원)	부가가치 (조원)	기업체 단위당 유형자산(억원)
총 계	11,388	9,507,416	122	77	46	33
10 ~ 19	6,313	1,648,094	14	9	5	8
20 ~ 49	3,629	2,580,876	26	17	9	22
50 ~ 99	902	1,659,445	23	15	8	73
100 ~ 199	369	1,372,659	21	13	8	178
200 ~ 299	109	820,477	15	9	6	430
300 ~ 499	47	656,489	11	6	5	696
500명이상	19	460,723	7	4	2	984

자료: 통계청, '2013년 기준 광업제조사 조사 보고서'

소비재 산업군의 일괄 상하역 장비 도입의사를 묻는 질문에는 도입 희망 28%, 향후 도입 63%, 도입 비 희망 63%로 나타났다.



그림 2.3.4 소비재 도입 의사

(4) IT

IT 산업군은 가전, 통신기기, 컴퓨터, 반도체, 디스플레이, 전지, 기타 전지부품 분야로, 통계청 '13년 기준 광업제조사 조사 보고서에 의하면 제조업 중 IT 사업체수는 총 4,630개사이고 이중 중견기업 업체 수는 564개사로 조사되었다.

표 2.3.6 IT 사업체 수 및 종사자수

구분	사업체수 (개)	종사자수 (명)	출하액 (조원)	주요생산비 (조원)	부가가치 (조원)	기업체 단위당 유형자산(억원)
구분	4,630	18,159,550	273	151	123	211
10 ~ 19	1,916	654,084	5	3	2	7
20 ~ 49	1,557	1,297,432	10	7	4	23
50 ~ 99	593	1,206,012	12	8	4	70
100 ~ 199	321	1,344,298	14	10	5	140
200 ~ 299	101	849,012	10	7	3	332
300 ~ 499	57	751,136	8	4	3	542
500명이상	85	11,698,386	211	112	100	9,022

자료: 통계청, '2013년 기준 광업제조사 조사 보고서'

IT 산업군의 일괄 상하역 장비 도입의사를 묻는 질문에는 도입 희망 39%, 향후 도입 6%, 도입 비 희망 55%로 나타났다.



그림 2.3.5 IT 도입의사

(5) 중간재

중간재 산업군은 철강, 비철금속, 주조, 조립금속, 석유화학, 정밀화할, 의약, 섬유, 고무, 플라스틱, 석유정제, 제지, 목재, 세라믹, 시멘트, 유리 기타비금속 광물 분야이다. 통계청 '13년 기준 광업제조사 조사 보고서에 의하면 제조업 중 중간재 사업체 수는 총 16,979개사로 이중 중견기업 이상 업체는 2,456 개사로 조사되었다.

표 2.3.7 중간재 사업체 수 및 종사자 수

구분	사업체수 (개)	종사자수 (명)	출하액 (조원)	주요생산비 (조원)	부가가치 (조원)	기업체 단위당 유형자산(억원)
총 계	16,979	21,430,185	463	341	123	85
10 ~ 19	8,681	2,735,419	27	18	10	13
20 ~ 49	5,842	5,099,431	50	33	17	35
50 ~ 99	1,502	3,400,965	42	29	14	107
100 ~ 199	654	3,286,671	57	41	17	332
200 ~ 299	154	1,499,286	29	21	8	683
300 ~ 499	80	1,424,143	25	17	8	1426
500명이상	66	3,419,792	228	181	47	7195

자료: 통계청, '2013년 기준 광업제조사 조사 보고서'

중간재 산업군의 일괄 상하역 장비 도입의사를 묻는 질문에는 도입 희망 36%, 향후

도입 16%, 도입 비 희망 48%로 나타났다.

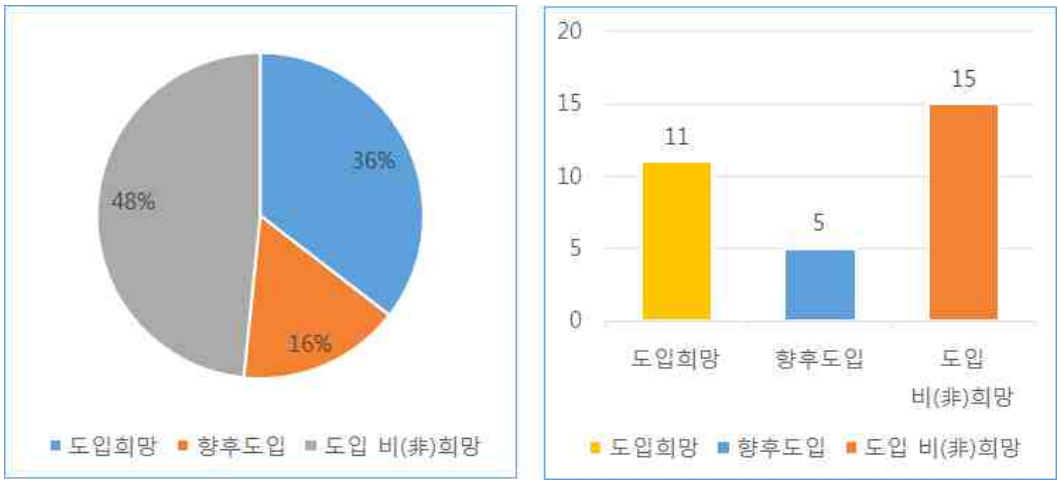


그림 2.3.6 중간재 도입의사

나. 일괄 하역장비 시장규모 예측

(1) 전체 시장규모

시장조사 결과를 통해 산업군별 일괄 하역장비 도입 의사, 평균보유사업장 수, 사업장별 필요대수를 기준으로 일괄 하역장비 종류별 시장성 분석을 수행하였다. 일괄 하역장비의 전체 시장규모는 약 1조 4,392억원으로 추정되며, 종류별로는 범용 일괄 하역장비의 시장규모가 가장 큰 것으로 조사되었고, 장비별 시장비율은 범용 66%, 윙바디 27%, 전용 7%로 조사되었다.

표 2.3.8 산업군별 일괄 하역장비 시장규모 예측

단위 : 천원

구분	소비재	중간재	IT	자본재	합계
범용	299	5,526	2,053	1,627	9,505
전용	68	619	185	156	1,028
윙바디	180	1,105	1,877	697	3,859
합계	547	7,250	4,115	2,480	14,392

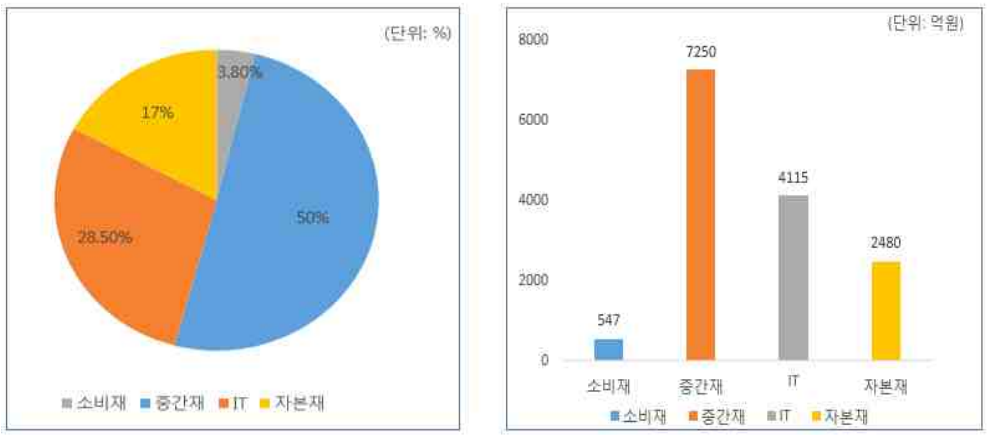


그림 2.3.7 산업군별 시장규모 추정

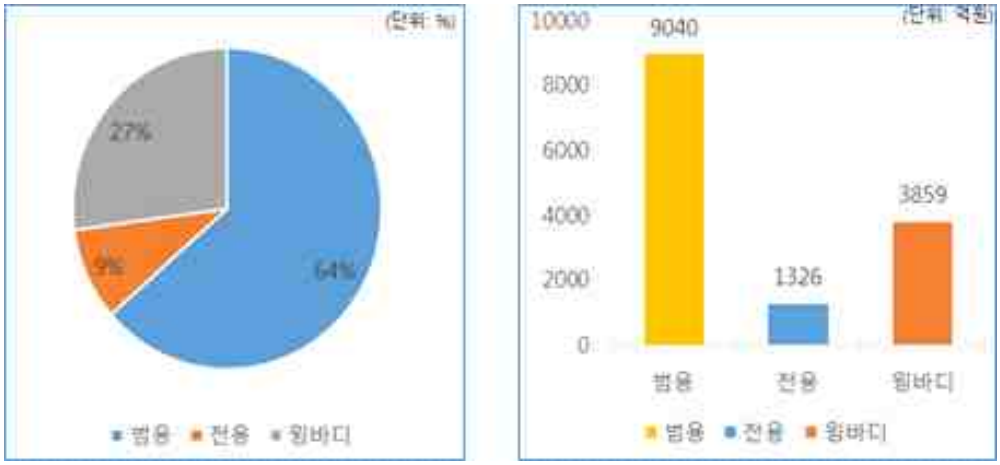


그림 2.3.8 장비별 시장규모 추정

(2) 범용 일괄하역장비

시장조사 결과를 통해 산출한 범용 일괄 하역장비의 시장규모는 약 9,505억원으로 조사되었다.

표 2.3.9 산업군별 범용 일괄 하역장비 시장규모 예측

(단위: 개, %, 억원)

산업군	사업체수	긍정비율	평균보유 사업장수	필요대수	장비가격	시장규모
소비재	544	25%	1.1	1	2	299
중간재	2,456	45%	2.5	1	2	5,526
IT	564	35%	2.6	2	2	2,053
자본재	1,291	35%	1.2	2	2	1,627
총시장규모						9,505

주) 시장규모 산출근거 : 사업체수 × 긍정비율 × 사업장수 × 사업장별 필요대수 × 가격
※ 도입장비 가격은 2억원으로 가정

범용 일괄 하역장비 주요시장은 수출주도 형태의 제조업으로 컨테이너 상차 효율화에 관심이 많음을 보였다. 한국은행 국내 주요지표 통계자료에 의하면 '10~'13년 국내 GDP대비 수출 비중은 평균 53.4%로 컨테이너 하역 작업의 효율성을 높이면 국내 수출기업의 경쟁력이 향상될 것으로 조사되었다.

범용 일괄 하역장비는 상차시간의 획기적인 단축뿐만 아니라 다양한 트럭 톤수(4.5ton~40ft 컨테이너 까지)에 적용이 가능하여 수출 주도국가인 우리나라 현황과 맞아 시장규모 및 전망에 있어 밝은 것으로 예상된다.

(3) 전용 일괄하역장비

시장조사 결과를 통해 산출한 전용 일괄 하역장비의 시장규모는 약 1,028억원으로 나타났다. 시장조사에 따르면 전용 일괄 하역장비는 직영차량(자차)으로 자가물류 운영이 가능한 주류 및 음료업체와 자동차 부품과 같이 정기적인 공급이 필요한 업체에서 선호하는 것으로 조사되었다.

정기적인 간선운송이 필요한 화주기업의 선호도가 높은 것으로 나타났고, 출하 중심의 국내 제조업 현실(출하, 입하 불균형 등)에서 시장 적용 가능성이 다소 제한적이기는 하나 상하차를 모두 자동화할 수 있다는 장점과 센터 간 이송시간의 획기적인 단축이 가능한 것으로 나타났다.

표 2.3.10 산업군별 전용 일괄 하역장비 시장규모 예측

(단위: 개, %, 억원)

구분	사업체수	긍정비율	사업장수	필요대수	장비가격	전용차량 보유대수	전용차량 설치비용	시장규모
소비재	544	9%	1.1	1	1.2	3	0.35	68
중간재	2,456	6%	2.5	1	1.2	4	0.35	619
IT	564	6%	2.6	1	1.2	5	0.35	185
자본재	1,291	6%	1.2	1	1.2	4	0.35	156
총 시장규모								1,028

주) 시장규모 산출근거 : (사업체수×긍정비율×사업장수×사업장별 필요대수×장비가격) + (사업체수×긍정비율×전용차량 보유대수×전용차량 설치비용)

※ 도입장비 가격은 1.2억원, 전용차량 장비설치 비용은 0.35억원으로 가정

(4) 윙바디 차량용 일괄 하역장비

시장조사 결과를 통해 산출한 윙바디 차량용 일괄 하역장비의 시장규모는 약 3,859억원으로 추정되었다.

표 2.3.11 산업군별 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시장규모 예측

(단위: 개사, %, 억원)

구분	사업체수	긍정비율	사업장수	필요대수	장비가격	시장규모
소비재	544	15%	1.1	1	2	180
중간재	2,456	9%	2.5	1	2	1,105
IT	564	32%	2.6	2	2	1,877
자본재	1,291	15%	1.2	1.5	2	697
총 시장규모						3,859

주) 시장규모 산출근거 : 사업체수 × 긍정비율 × 사업장수 × 사업장별 필요대수 × 가격
※ 도입장비 가격은 2억원으로 가정

국토교통부 통계자료에 따르면 화물차량(화물 카고형) 등록대수는 2016년 기준 약 2백21만 대로, 2008년 대비 약 17만 8여대 증가하였고, 이 중 윙바디 주력 톤수(5~12톤 미만) 차량의 증가대수는 약 2만 4천여대로 조사되었다.

표 2.3.12 화물차 등록현황

단위: 대

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
화물카고형 계	2,032,821	2,034,424	2,052,943	2,070,041	2,078,088	2,098,811	2,135,818	2,179,743	2,210,610
1톤 이하	1,614,633	1,613,774	1,625,851	1,637,369	1,644,651	1,661,463	1,688,167	1,727,237	1,752,466
3톤 이하	187,179	184,994	183,971	181,398	178,140	177,776	180,054	180,529	180,227
5톤 미만	97,820	100,959	105,095	110,301	113,628	116,523	121,879	124,560	127,886
8톤 미만	70,466	70,548	71,090	71,597	71,795	72,690	74,005	74,776	75,628
10톤 미만	9,809	9,661	9,593	9,565	9,338	9,285	9,460	9,747	10,360
12톤 미만	14,372	13,880	13,363	12,742	11,916	11,249	10,700	10,189	9,696
12톤 이상	38,482	40,608	43,980	47,069	48,620	49,825	51,553	52,705	54,347
5톤 미만~12톤 미만 계	192,467	195,048	199,141	204,205	206,677	209,747	216,044	219,272	223,570
5톤 미만~12톤 미만 차량등록 증가 대수		2,581	4,093	5,064	2,472	3,070	6,297	3,228	4,298

주) 차량등록 증가대수 산출근거: 당해 연도 - 전연도
자료 : 국토교통부, '자동차 등록현황', 당해 연도

교통안전공단 통계자료에 의하면, 2008~2014년까지 윙바디 구조변경 건수는 약 4만 1천대로, 윙바디 주력 톤수(5~12톤 미만) 차량 증가분 2만 4천대 보다 높은 수치를 보였다. 특히 2014년에는 전년 대비 23% 증가하였고, 신규 화물차량 뿐만 아니라 기존 화물차량의 윙바디화가 급격히 진행되고 있음을 알 수 있었다.

표 2.3.13 윙바디 구조변경 신청건수 추이

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	합계
구조변경 건	4,635	3,886	5,649	6,651	5,932	6,483	7,955	41,191
증가율		-16.2%	45.4%	17.7%	-10.8%	9.3%	22.7%	

자료 : 교통안전공단 자동차 구조변경 자료 재인용

윙바디 화물차량은 급격한 증가 추세를 보이고 있으며, 이에 따라 윙바디 차량용 일괄 하역장비의 실용화 가능성이 증가할 것으로 기대된다. 윙바디 차량용 일괄 하역장비 주요시장은 내수 육로 수송을 하는 업체로, 현재 윙바디 차량의 증가세와 함께 화주, 소비자가 원하는 화물의 안정성을 확보할 수 있는 장비로써 추후 시장이 급격히 커질 것으로 예상되어, 이에 대한 대응책이 필요할 것으로 분석되었다. 또한, 윙바디 차량용 일괄하역장비의 수요기업에 물류프로세스 자동화를 위한 타 시스템과의 맞춤형 현장적용을 고려할 필요가 있는 것으로 분석되었다.

(5) 시장규모 분석 종합

시장조사 결과 범용 → 윙바디 → 전용 순으로 시장규모 형성 126개 조사업체 중 41개사(약 33%)가 범용 하역장비 도입 긍정적 이였으며, 그 뒤로 윙바디 23개사(약 18%), 전용 8개사(약 6%)가 도입에 긍정적인 것으로 나타났다.



그림 2.3.9 장비별 도입 긍정 업체 수

장비 타입별 주요 타겟 시장을 살펴보면, 범용 일괄 하역장비의 주요시장은 수출주도 제조업으로 컨테이너 하역 효율화 방안에 관심이 깊은 기업으로 나타났다. 2014년 기준 국내 수출컨테이너 물동량은 총 585만 2743TEU로 조사되었으며(해양수산부 화물수송실적 통계), 한국은행 국내 주요지표 통계자료에 의하면 2010~2013년 국내 GDP대비 수출비중은 평균 53.4%로, 컨테이너 하역 작업의 효율성을 높인다면 국내 수출 기업의 경쟁력이 향상될 것으로 분석되었다. 향후 범용 일괄 하역장비는 수출 주도국가인 우리나라 현황과 맞아 시장규모 및 전망에 있어 밝은 것으로 나타났다.

전용 일괄 하역장비의 주요 시장은 직영차량(자차)을 운영하며, 출하와 입하의 물동량이 균형을 이루는 업체로 조사되었다. 전용 일괄 하역장비의 경우 차량 내부에 별도의 장치를 설치해야 하는 특수성과 최근 3자 물류 증가 추세에 따라, 제조업이 아닌 물류 업중 우편, 택배 등 거점을 통한 운영이 필요한 업종에서 수요가 있을 것으로 판단된다.

윙바디 일괄 하역장비 주요시장은 내수 육로 수송을 하는 업체로 현재 윙바디 차량의 증가세와 함께 화주, 소비자가 원하는 화물의 안정성을 확보할 수 있는 장비로써 추후 이에 대한 시장이 급격히 커질 것으로 예상 되어 이에 대한 대응책이 필요할 것으로 분석되었다.

제 3 장 연구 수행내용 및 성과

제1절 범용 일괄 하역장비 기술 개발

제2절 전용 일괄 하역장비 기술 개발

제3절 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 개발

제4절 일괄 하역장비 안전 및 상태 검지 기술 개발

제5절 일괄 하역장비 통합 운영시스템 개발

제6절 물류센터 하역작업장 설계

제7절 일괄 하역장비 실용화 전략 수립

제3장 연구 수행내용 및 성과

제1절 범용 일괄 하역장비 기술 개발

1. 기술 개요

범용 일괄 하역장비는 적재용 플레이트를 이용하여 상차 대상인 파렛트 화물을 트럭 적재함이나 컨테이너에 상차한 뒤, 플레이트만 제거하는 방식으로 일괄 상차하는 자동화 장비이다.

트럭의 적재함이나 컨테이너의 개조가 필요 없이 화물 일괄 상차가 가능하고 하차지에서는 기존의 방식대로 지게차를 이용하는 특징을 가지고 있으며, 이동이 가능한 형태로 활용성을 증대하였다. 특히, 하차지에 일괄 상하역 시스템이 설치되어 있지 않거나 차량에 설치되는 전용 장비의 회수가 불가능한 수출입 컨테이너 등에 적용하기에 적합하다.

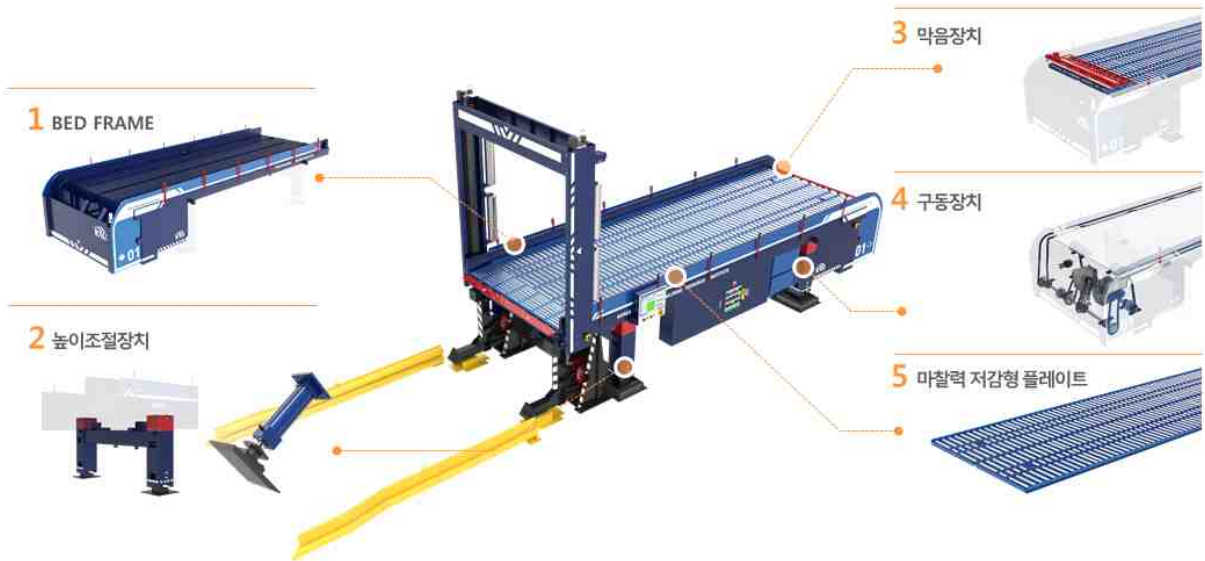


그림 3.1.1 범용 일괄하역장비 기술개요

2. 요소기술 설계

가. 설계 고려사항

범용 일괄 하역장비는 물류센터 내 지정된 위치에 고정하여 안전하고 신속하게 일괄 하역할 수 있어야 하고 공장 내 사용 장소에 따라 이동이 가능해야 한다.

범용 일괄하역장비 설계 시, 세부 고려사항은 다음과 같다.

○ 화물 적재 능력을 향상 시킬 수 있는 사양

- 7분 이내 트럭 적재함 및 컨테이너에 적재
- 최대 적재 중량 25톤 (40ft 컨테이너 기준)

○ 적재 방법의 효율성 : 개별 Pallet 화물을 신속하게 상차

○ 컨테이너 적재 공간 : 적재화물의 규모에 상관없이 트럭 적재함 및 컨테이너 내부 앞 공간으로 적재

○ 작업 안전성 확보 : 화물 적재 시, 장치 오작동 및 장치 간 인터페이스 문제 감지를 통한 사고 예방

나. 장비 기본설계

(1) Bed Frame

Bed Frame은 장비의 주요 골조로, 플레이트의 작동 및 화물의 안전한 적재를 위해 충분한 강성과 강도가 유지되도록 설계하였다. 또한 플레이트를 구동하기 위한 체인이 움직일 수 있도록 Bed Frame에 2열의 홈을 형성하였다.

표 3.1.1 Bed Frame 사양

구분		기본 사양	비고
크기	길이	13,550 mm	
	너비	2,550 mm	
	높이(두께)	300 mm	
최대 적재 중량		25,000 kg	자중 : 8,300 kg
구조		형강 BEAM 용접 구조	CHANNEL 형강
주요 재질		SS400 Frame	강성 유지(처짐 방지)



그림 3.1.2 Bed Frame 3D 모델

(2) 마찰력 저감형 플레이트

마찰력 저감형 플레이트는 화물을 적재하여 트럭 적재함 또는 컨테이너로 이송하는 주요 장비이며, 상하 2중 구조의 무동력 롤러를 장착하여 마찰력을 저감하여 상차가 용이하도록 설계하였다. 마찰력 저감형 플레이트의 높이를 최소화하고, 한쪽 끝은 경사가 지도록 설계하여, 파렛트 화물 적입 후 플레이트 제거 시 화물이 플레이트에서 안정적으로 분리가 가능하다. 플레이트는 감속 모터에 장착된 체인로 작동되며, 플레이트의 양 사이드에 막음장치를 위한 체인과 독립모터를 장착하도록 설계하였다.

표 3.1.2 마찰력 저감형 플레이트 사양

구분		기본 사양	비고
크기	길이	13,100 mm	• Roller를 상/하로 배열 • 일체형 Frame 구조 • Roller 구름 마찰계수 0.1
	너비	2,220 mm	
	높이	60 mm	
주요 재질		Roller + SS400 Frame	
마찰력		2,500㎏f	

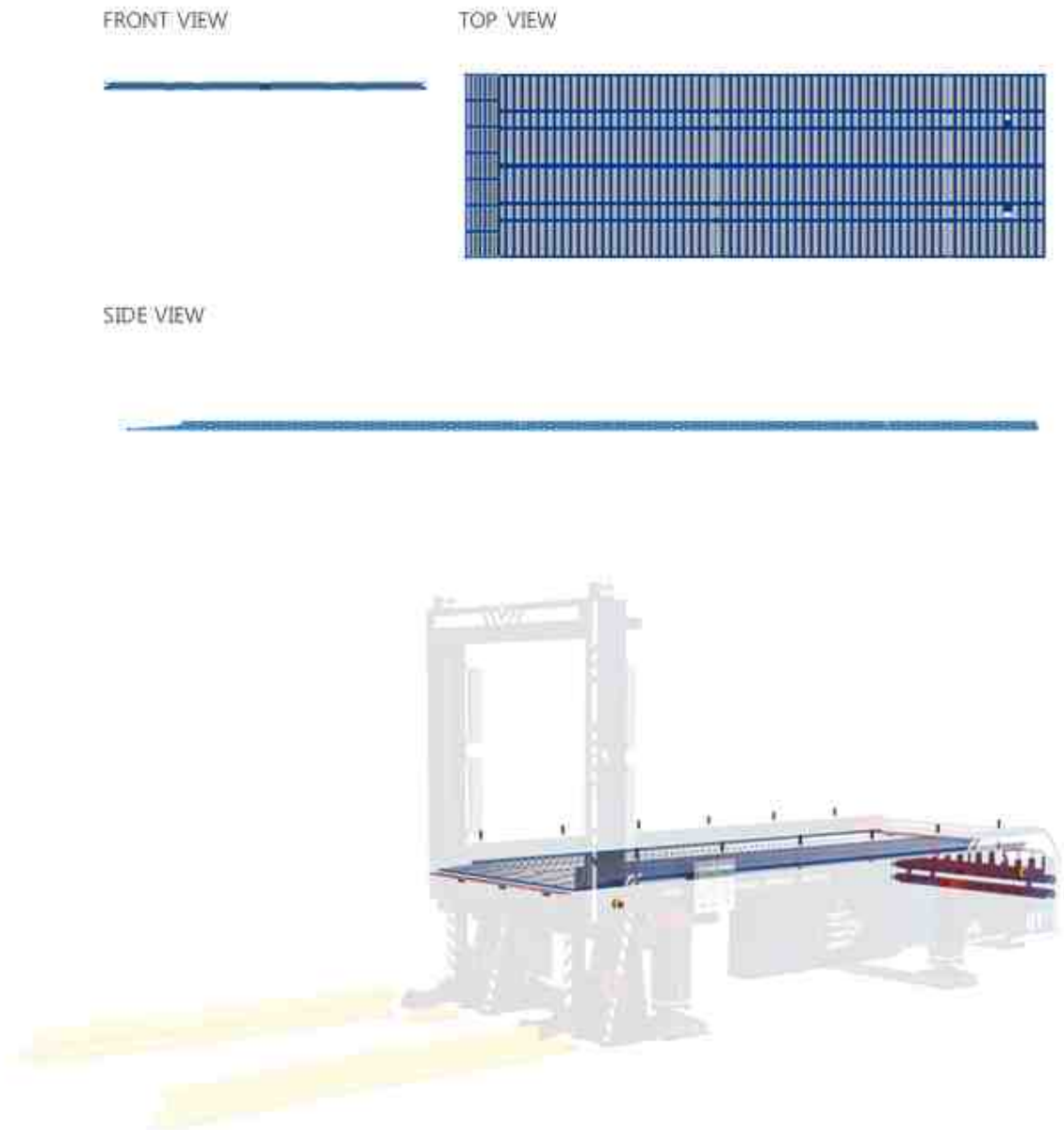


그림 3.1.3 마찰력 저감형 플레이트 3D 모델

(3) 구동장치

구동장치는 플레이트를 구동하기 위한 장치로, 모터 양쪽에 체인 커플링과 연결하여 구동하고 모터에 의해 전/후진 반복으로 작동할 수 있도록 설계하였다. 기어드모터를 적용하여 6m/min의 안정적인 속도로 플레이트가 이동하며, 인버터와 브레이크 등 제어장치를 통해 화물 이송 시 전도 대비 등 안전성을 확보하였다. 또한 직렬연결을 통하여 동력 전달의 효율성을 높이고, 모터 양쪽에 연결된 체인간의 균형을 유지하였다. 체인은 3열 복식(2 set)으로 플레이트 아래쪽에 위치하며, 플레이트는 체인과의 체결을 통하여 작동한다.

구동장치 모터용량 산정식은 다음과 같다.

○ 작용 하중 : 3,000kg (구름마찰계수 : 0.1 적용)

○ 작용 거리 : 스프라켓 반지름 r = 207.5/2 = 104mm

○ 작용 토크(유효 토크) : 3,000 * 0.104 = 312kgf·m

○ 서비스 팩터(Sf)에 의한 등가 출력 토크(TLE) : 312 (kgf·m) * 10.3 / (974*0.9) = 3.66kW ⇒ 구동모터 용량은 3.7 kW로 결정

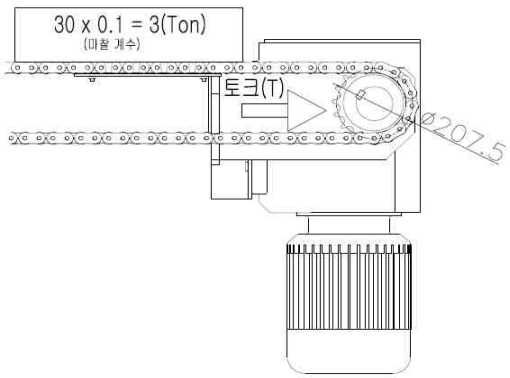


그림 3.1.4 구동모터 토크 산출 근거

표 3.1.3 구동장치 사양

구분	기본 사양	비고
구동력	3.7kW 이상	▪ 기어드 모터 ▪ 감속비 160:1 내외
모터수량	1EA	
전원	3상/60Hz,/380V/4P	
전원 배전반	자동제어	

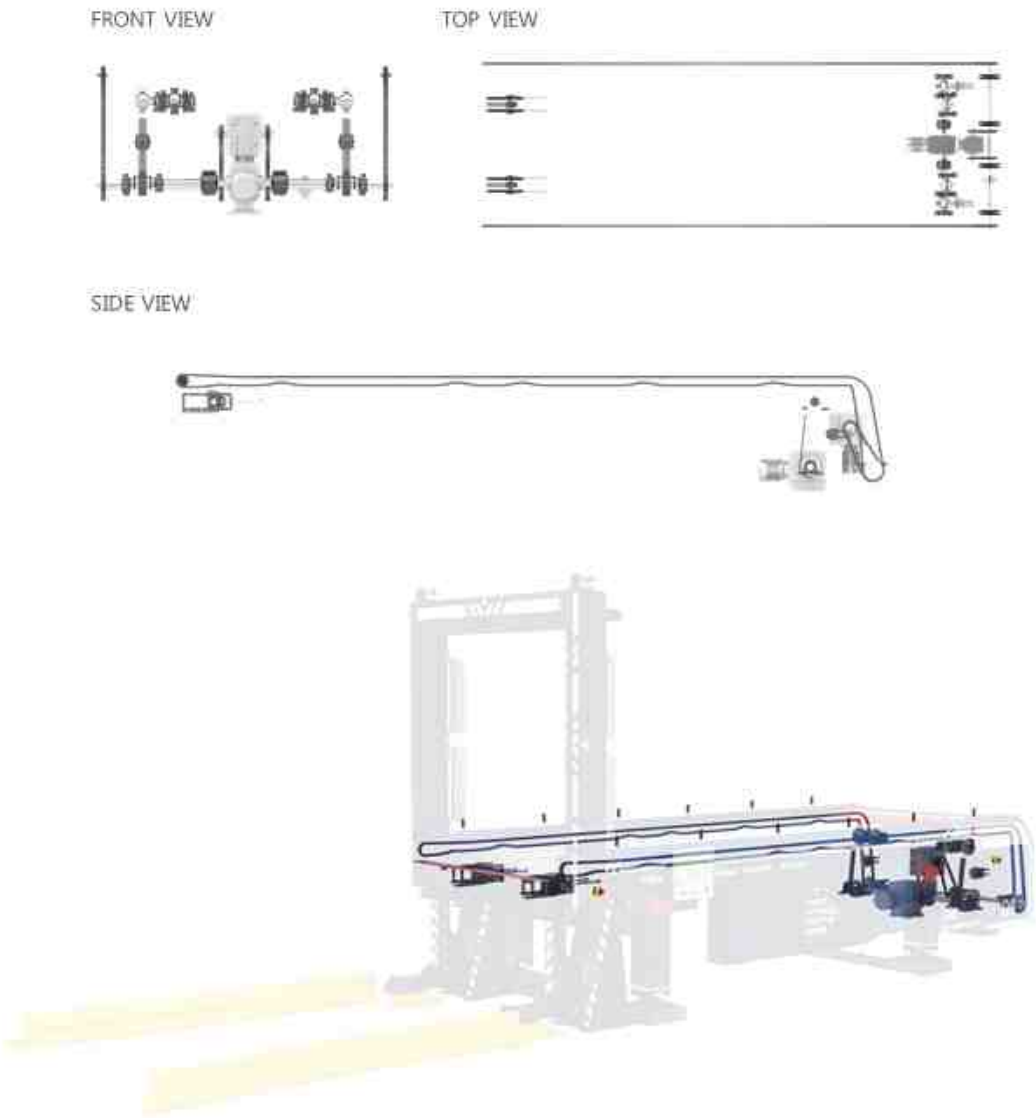


그림 3.1.5 구동장치 3D 모델

(4) 막음장치

막음장치는 플레이트의 적재된 화물을 전진 배치하고, 트럭 적재함 및 컨테이너 내부에 화물을 적재하기 위하여 플레이트를 후진할 때 플레이트의 이동방향과 반대로 구동하여 화물 위치의 고정 및 조절이 가능하도록 설계하였다.

플레이트 중앙부에 설치된 막음장치용 체인을 구동축으로 연결하고, 구동축의 한쪽 사이드에 서브모터(감속형)를 설치하여 구동한다. 플레이트 위에 파렛트 화물을 안정적으로 적재하기 위해, 막음장치가 플레이트의 한쪽 끝에서 아래 방향으로 내려갈 수 있도록 설계하였다. 또한 막음장치 구동모터를 플레이트 하단에 배치시켜 플레이트 이용에 효율을 높이고, 막음판 양 끝에 Guide Roller 설치로 체인 유격에 의한 흔들림 등의 현상을 방지하였다.

막음장치의 모터용량 산정식은 다음과 같다.

○ 플레이트에 작용하는 마찰력

- F(마찰력 kgf) = μ(마찰계수) * N1(수직 항력 kg) = 0.05 * 25,000 kg = 1,250 kgf

○ 유효 토크

- T(유효 토크 kgf·m) = F(마찰력 kgf) * r(스프라켓 반지름 m) = 1,250 kgf * 0.057m = 71kgf·m (∅112.7 스프라켓 사용으로, 반지름은 56.8mm)

○ 막음장치 모터 용량

- 용량(kW) = (T(유효 토크 kgf·m) * N(Pinion 회전수)) / (974 * η(기계효율)) = (71 kgf·m * (1650/70)) / (974 * 0.9) = 1.9kW

⇒ 막음장치 모터 용량은 2.0kW(감속비 70 이상)으로 결정

표 3.1.4 막음장치 사양

구분	기본 사양	비고
길이	2,140 mm	
높이	140 mm	
운전속도	12.5 m/min	
구동력	2㎾ 이상	
모터수량	1EA	서브모터 (감속형)
전원	3상/60㎐	220V /4P
전원 배전반	자동제어	

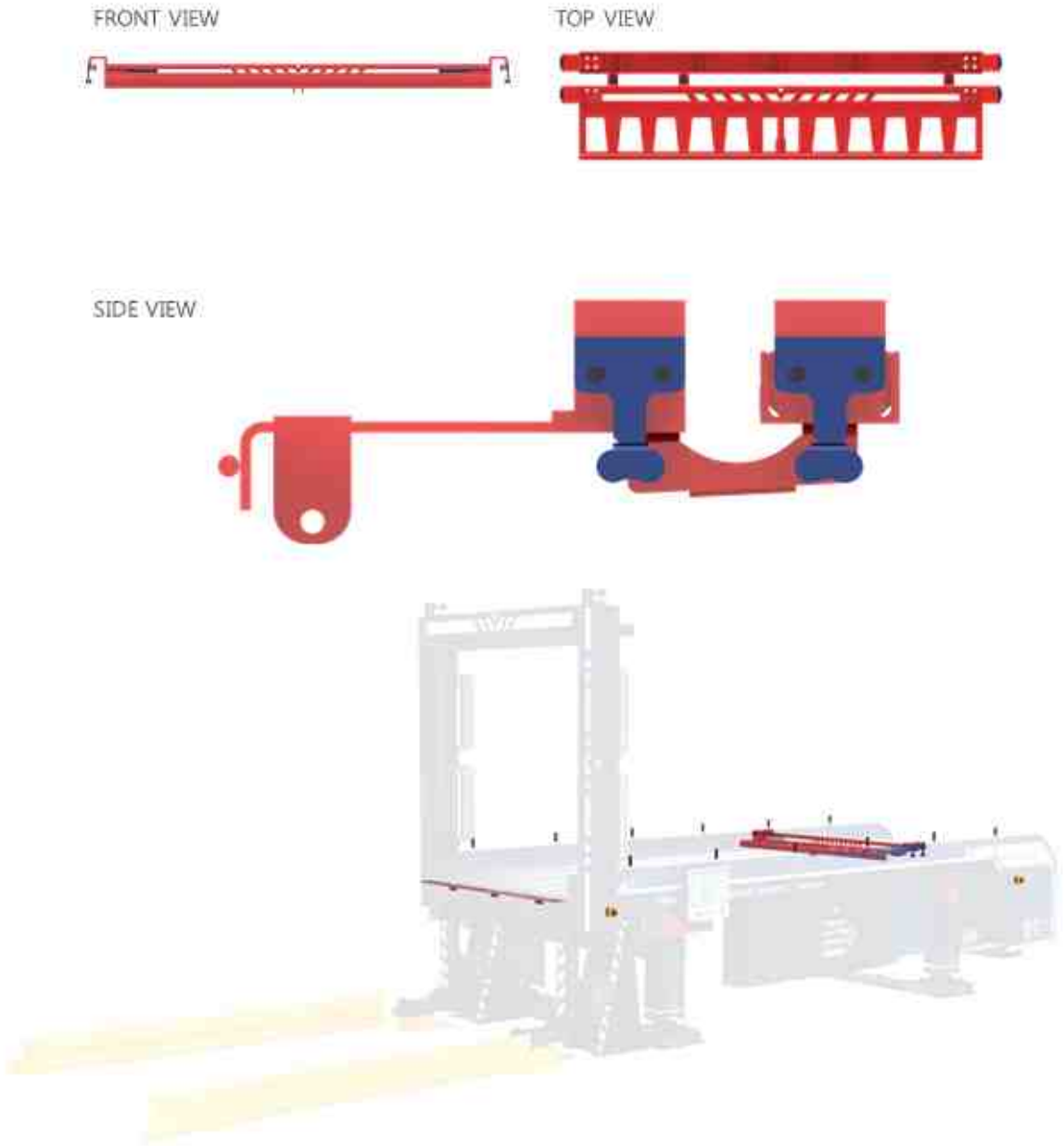


그림 3.1.6 막음장치 3D 모델

(5) 높이 조절장치

높이 조절장치는 플레이트와 트럭 적재함 및 컨테이너와 수평을 유지하여 화물 이송에 걸림이 없도록 하고, 화물 중량에 따라 높낮이가 변형이 되지 않도록 설계하였다. 신속한 높이조절을 위해 4개의 유압 장치를 통하여 각 지지 Frame 높이를 동시에 조절 가능하며, 차량과의 신속한 높이 조절 및 유지로 일괄 제어가 가능하다.

높이 조절장치 설계 시, 용량 산정 기준은 다음과 같다

○ 실린더 직경 산정

- 실린더에 작용하는 힘을 결정하여, 적합한 실린더 직경 사양 결정
- F(힘 kg*f) = P(유압 사용압력 kg/㎠) * A(실린더 단면적 πD²/4㎠) = 10,000 kg*f = 140kg/㎠ * A
- A = 10,000/140㎠ ≒ 71.4㎠
- D = 9.6cm (D² = 71.4㎠ / 0.785 ≒ 91㎠)

  ⇒ 실린더 직경은 100¢로 결정 (표준 실린더 기준)

○ 펌프용량 산정

- 100¢x300(Stroke) 실린더가 60초 안에 이동하는데 필요한 펌프 용량을 기준으로 산정
- Q(펌프용량 ℓ/min) = V(실린더 속도 cm/초) * A(실린더 단면적 πD²/4㎠) = 30cm/60초 * (A= πD²/4=78.5㎠) = 2355㎤/60초 = 2.36ℓ/min

  ⇒ 펌프 용량은 2.36ℓ/min 로 결정

○ 전동 모터 산정

- 펌프 및 사용 압력에 따라 결정
- 모터용량 (kW) = P(사용압력 kg/㎠) * Q(펌프 용량 ℓ/min) / 102 = 140 kg/㎠ * 2.36ℓ/min / 102 = 3.24kW

  ⇒ 전동 모터의 최소 용량은 3.7 Kw로 결정

○ 유압탱크 용량 산정

- 유압장치의 용도나 사용 빈도에 있어 일반적으로 펌프 토출량의 3~5배로 정하는 것이 바람직하며, 본 기본 설계에서는 4배를 기준으로 함
- Q = 2.36ℓ/min * 4개 * 4배 ≒ 40ℓ

표 3.1.5 높이 조절장치 사양

구분	기본 사양	비고
실린더 수량	4EA	
유압 모터	3.7kW	3상/60Hz
높이조절길이	0.3m	

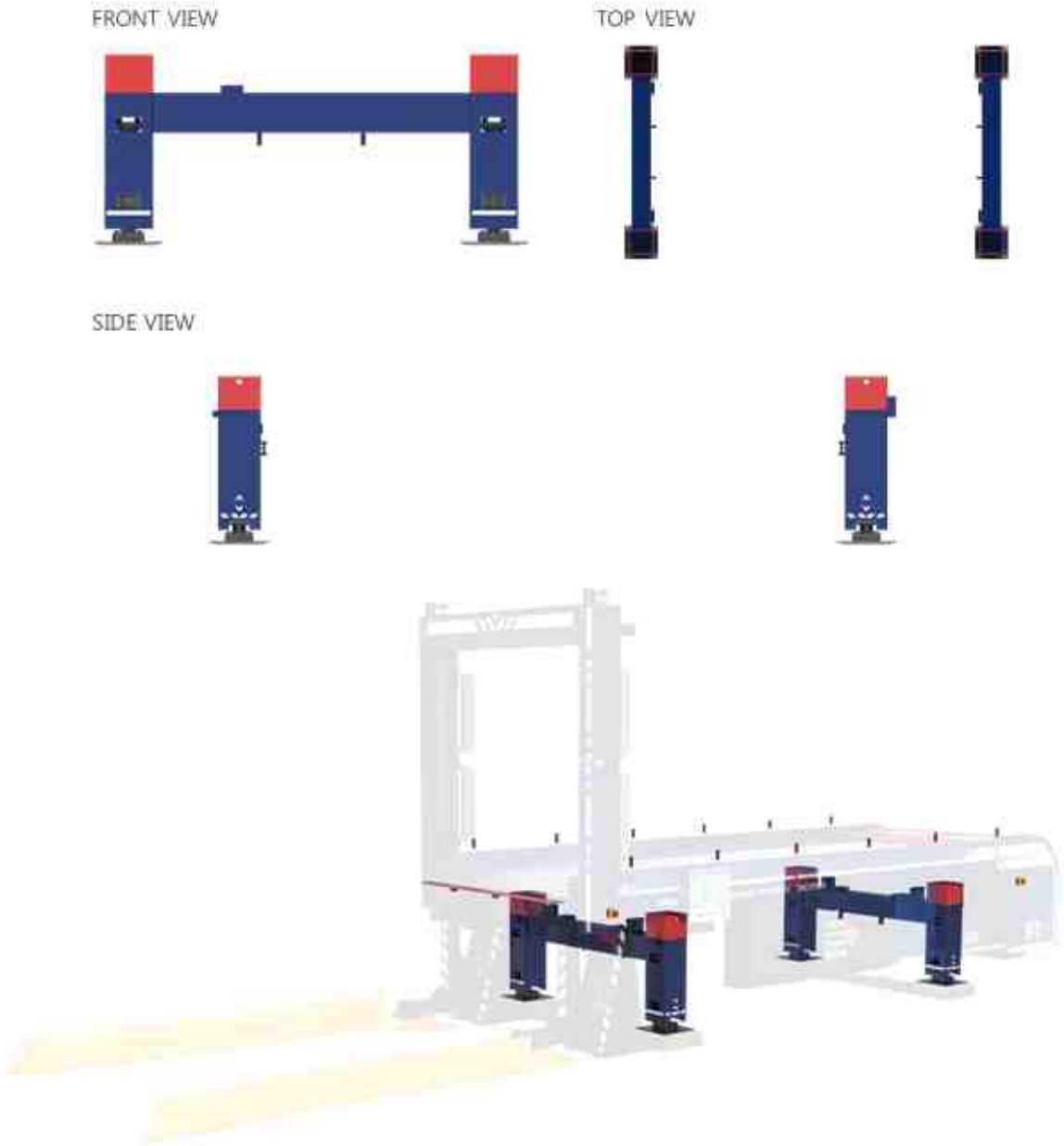


그림 3.1.7 높이 조절장치 3D 모델

다. 장비 고장 시 대응방안 설계

장비 고장 시 대응을 위해, 비상 스위치를 설치하여 수동 조작이 가능하도록 설계하였다. 비상정지 버튼을 누르면 장비의 작동이 멈추면서 경보가 울리게 되고, 작업자는 장비 내 터치 패널을 통해 수동 조작하여, 장비의 문제가 되는 상황을 확인 및 해결하게 된다. 문제 대응 후에는 터치 패널 내 Reset 버튼을 눌러 범용 일괄하역장비를 재가동 시키도록 설계하였다.

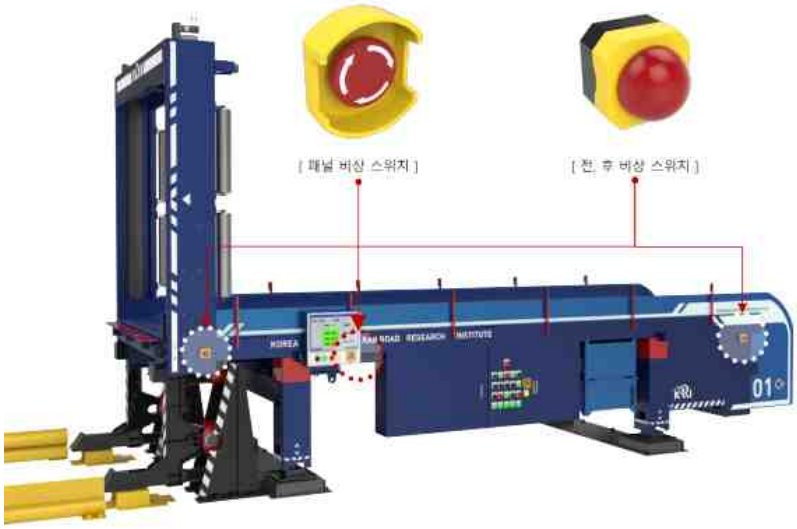


그림 3.1.8 비상정지 스위치 위치



그림 3.1.9 터치패널 내 수동 조작 기능 화면

3. 구조 해석

가. 요소기술 구조 해석

(1) 해석 조건

범용 일괄 하역장비 같은 새로운 장비의 경우 구조해석에 대한 특정 적용 규격이 없기 때문에, 본 연구에서는 보편적으로 적용되는 장비 구조체의 하중 조건에 따라 구조해석을 실시하였다. 유한요소법(FEM)을 이용하여 구조물의 변형과 응력을 기준으로 구조 안정성을 분석하였다.

주요 구조물(Bed Frame, 마찰력 저감형 플레이트의 롤러, 구동모터의 취부 Bracket)에 대하여 유한요소해석 모델링을 실시하고, 각각의 하중조건을 부여하여 정적 변위와 응력 계산을 통한 구조 안정성을 평가하였다.

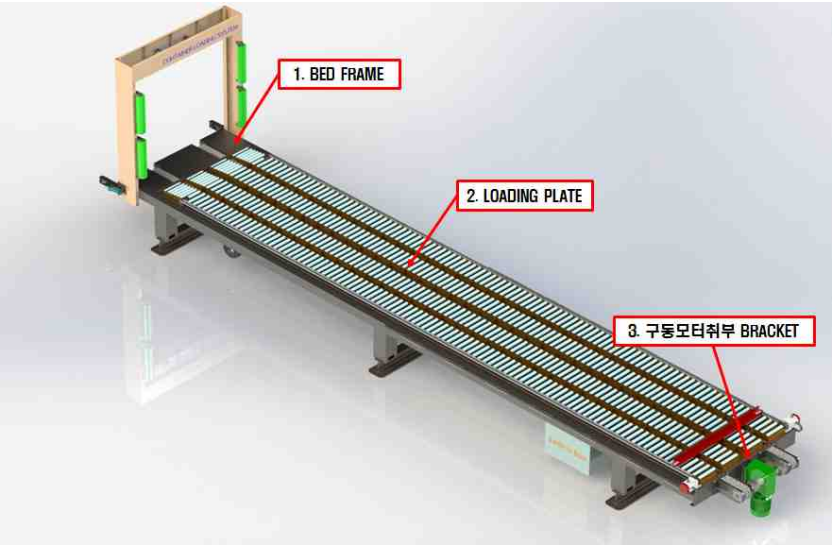


그림 3.1.10 범용 일괄 하역장비 구조해석 범위

(2) Bed Frame 구조해석

Bed Frame 유한요소 해석 모델링 방법은 다음과 같다.

○ 구조체의 지지점은 X, Y, Z 방향으로 고정

○ 모든 Frame은 용접으로 접합된 일체 구조물

○ 적재물 하중은 Bed Frame 상부에만 등분포로 작용

○ 요소 90,474개 및 절점 183,425개

표 3.1.6 Bed Frame 구조해석 하중 조건

구분	중량 (kg)	비고
Bed Frame 자중	8,300	
마찰력 저감형 플레이트	2,900	
전장품	2,100	구동 및 유압장치
최대 적재 화물	25,000×1.2=30,000	안전하중계수 : 1.2
부하 하중	35,000	자중을 제외한 하중

구조해석 결과는 다음과 같다.

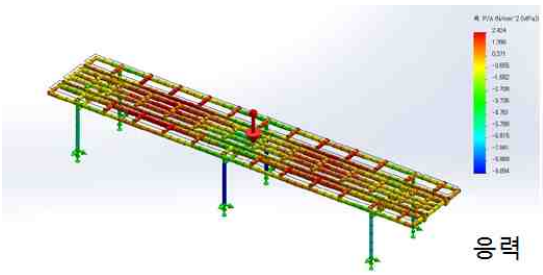
○ 응력 : Bed Frame의 Side Beam의 높이를 300mm로 해석한 결과, 안전한 것으로 분석

○ 변위 : 최대변위 3.4mm를 주어 해석한 결과, 안전한 것으로 분석

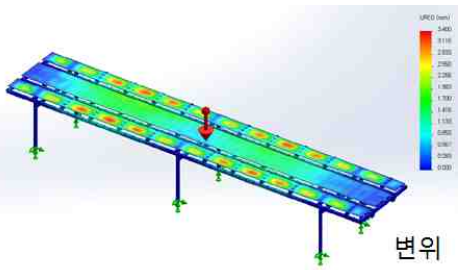
표 3.1.7 Bed Frame 구조해석 결과

(단위 : N/mm², mm)

하중조건	발생부위	최대응력	재질	항복강도	비고
수직하중 (등분포하중)	중앙 Side Beam 아래의 Leg Frame부	9.8 (압축)	SS400	245	안전 (항복강도의 70% 이내)
하중조건	**발생부위**	**최대변위**	**Leg Frame**	**변위기준**	**비고**
수직하중 (등분포하중)	Side Beam(Leg Frame사이)	3.4	5,500	5.5 (지지대간 거리/1000)	안전



응력



변위

(3) 마찰력 저감형 플레이트의 롤러 구조해석

마찰력 저감형 플레이트의 롤러 유한요소 해석 모델링 방법은 다음과 같다.

○ 구조체의 지지점은 X, Y, Z 방향으로 고정

○ 모든 Frame은 용접으로 접합된 일체 구조물

○ 원형봉 상부에만 단위 적재물[9] 하중 작용

○ 요소 100,313개 및 절점 166,093개

하중조건은 다음과 같다.

○ 롤러 상부에 1개의 파렛트 화물의 최대 하중이 등분포 부하

표 3.1.8 플레이트 롤러 구조해석 하중 조건

구분	중량 (kg)	비고
파렛트 최대 하중	1,000	파렛트 1개 기준
파렛트 크기(L×W)	1,100×1,100(mm)	
파렛트 당 지지하는 롤러 수량	18개	1,100mm 길이당
롤러 1개당 적용 하중	133 * 1.2 = 160Kg (2,400/18 = 133Kg)	안전 하중 계수 : 1.2

구조해석 결과는 다음과 같다.

○ 응력 : 각각의 roller상부에 160㎏씩 부과한 결과, 안전한 것으로 분석

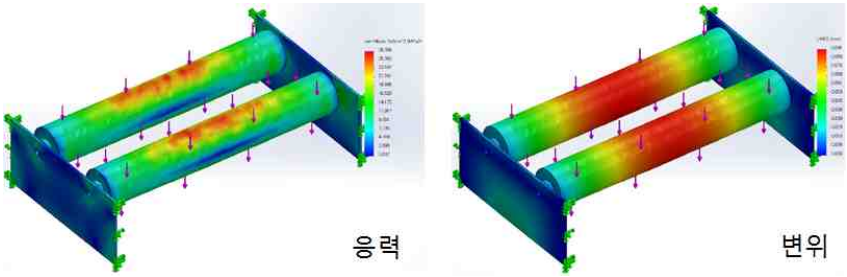
○ 변위 : 최대변위 0.091mm를 주어 해석한 결과, 안전한 것으로 분석

9) 단위 적재물 하중이란 파렛트(1100×1100mm) 1개에 부하된 하중조건에서 하부에 접촉되는 롤러 수량으로 나누어진 롤러 1개가 부담하는 하중을 의미함

표 3.1.9 플레이트의 롤러 구조해석 결과

(단위 : N/mm², mm)

하중조건	발생부위	최대응력	재질	항복강도	비고
수직하중	Frame 조립부	28.3	STS304	205	안전 (항복강도의 70% 이내)
하중조건	**발생부위**	**최대변위**	**Leg Frame**	**변위기준**	**비고**
수직하중	Roller 중앙	0.091	410	0.41 (지지대간 거리/1000)	안전



(4) 구동모터의 취부 Bracket 구조해석

구동모터의 취부 Bracket 유한요소 해석 모델링 방법은 다음과 같다.

○ 구조체의 지지점은 X, Y, Z 방향으로 고정

○ 모든 Frame은 용접으로 접합된 일체 구조물

○ 취부되는 Bracket에만 구동 모터 작동 하중이 작용

○ 요소 17,916개 및 절점 29,187개

하중조건은 다음과 같다.

○ 주 구동 모터 하중은 Bed Frame 중앙에서 집중 하중됨

표 3.1.10 구동모터 취부 Bracket 구조해석 하중 조건

구분	중량 (kg)	비고
구동 모터 자중	750	감속기 포함
동적 하중 계수	5	안전 계수
부과 하중	750×5=3,500kg	작동시 부과되는 하중

구조해석 결과는 다음과 같다.

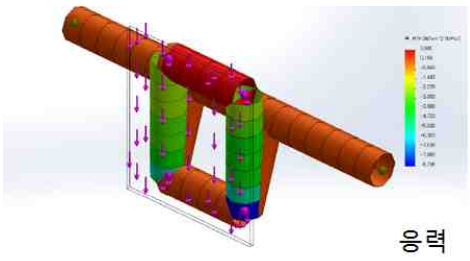
○ 응력 : 상부 Frame에 최대응력 1N/mm² 부과한 결과, 안전한 것으로 분석

○ 변위 : 최대변위 0.07mm를 주어 해석한 결과, 안전한 것으로 분석

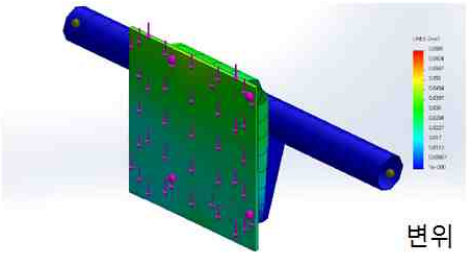
표 3.1.11 구동모터 취부 Bracket 구조해석 결과

(단위 : N/mm², mm)

하중조건	발생부위	최대응력	재질	항복강도	비고
수직하중	상부 Frame	1	SS400	245	안전
하중조건	**발생부위**	**최대변위**	**Leg Frame**	**변위기준**	**비고**
수직하중	하부 Frame	0.07	415	0.4 (지지대간 거리/1000)	안전



응력



변위

나. 낙하 충격에 의한 롤러 구조피로 해석

플레이트 위에 파렛트 화물을 내려놓을 때, 반복되는 충격하중에 대한 플레이트 롤러의 피로 해석을 수행하였다. 충격 고려하중의 반복 회수로 롤러의 피로수명 예측하고, 하중에 의한 변형량 및 발생 응력을 해석하였다.

○ 충격을 고려한 작용하중 계산

- 2ton의 화물을 지게차에서 하차 시, 80mm 높이의 충격 고려
- 롤러 개수 = 화물길이 / 롤러간 거리 × 롤러 열 = 1150 / 100 × 2 = 22 ea
- 작용 하중 = 화물무게 × 충격계수 / 롤러 개수 = 2,000 kgf × 3 / 22 ea = 272.73 kgf (2,672.73 N)

○ 하중을 받는 롤러와 프레임의 구조

- 강관(∅48)내부에 볼 베어링 양쪽 2개 내장
- 중앙의 샤프트를 양단 프레임 구멍에 볼트로 결합
- 양단 프레임에 ㄷ채널(4.5t)에 등 간격으로 롤러 배치

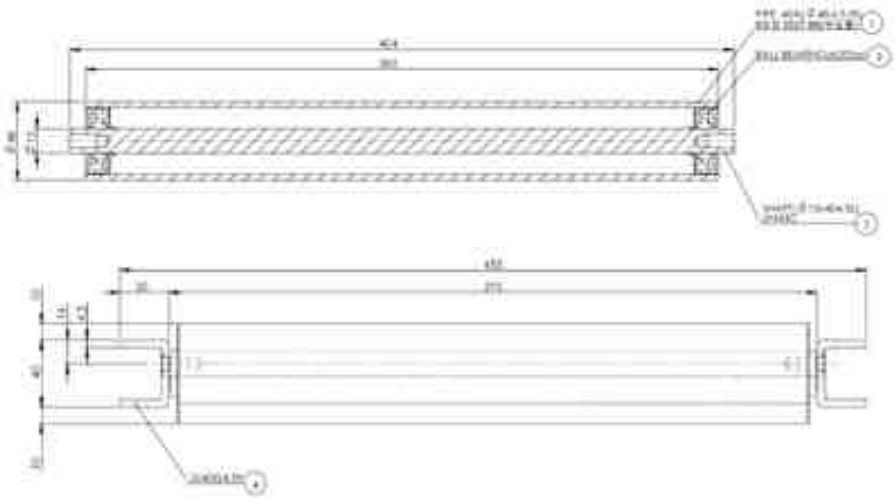


그림 3.1.11 롤러와 프레임의 구조

○ 작용하중을 받는 롤러의 해석모델

- 롤러와 프레임은 볼트로 체결되어 있으므로 일체형으로 단순화
- 프레임은 반목구간을 대칭구속조건으로 표현
- 작용하중은 롤러 상단에 선 하중으로 정의

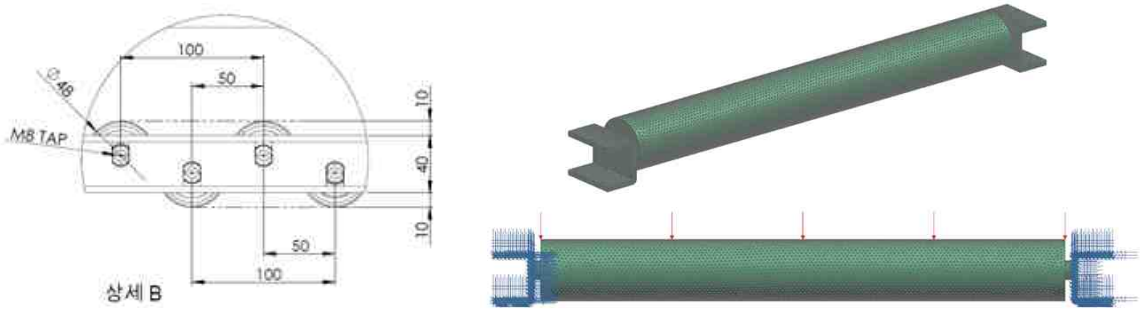


그림 3.1.12 롤러의 해석모델

작용하중에 의한 롤러와 프레임의 변위와 응력은 70.7MPa로 사용재질의 허용 응력값(230MPa)에 미치지 않으므로 안전하다고 판단되었다.

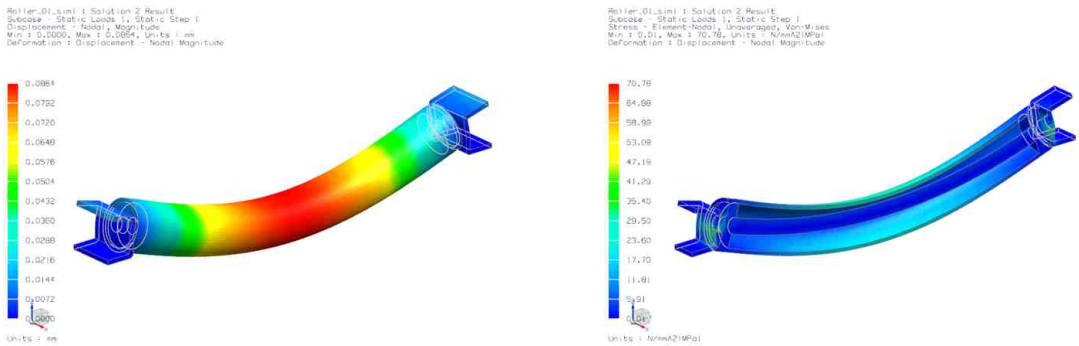


그림 3.1.13 작용하중에 의한 변형량 및 응력 해석(전체모델의 10% 크기로 확대)

반복되는 작용하중으로 인한 피로한도는 106회를 넘어 영구수명으로 판단되었다.

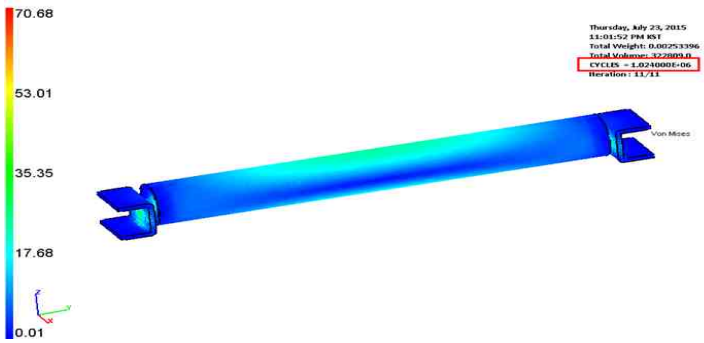


그림 3.1.14 반복되는 충격고려하중에 대한 롤러의 피로해석

4. 핵심 기능 테스트

가. 핵심 기능 테스트를 위한 축소모형 제작

기본 설계된 범용 일괄 하역장비의 중요 장치에 대한 위치 선정과 기능 등의 오류를 검토하여, 실제 발생할 수 있는 문제점 및 에러 등을 사전에 예측하고 추후 상세 설계에 반영하기 위하여 축소모형을 제작하여 기능시험을 실시하였다.

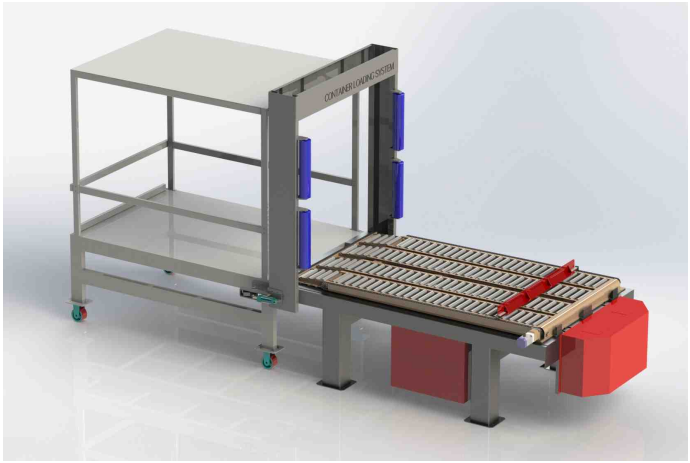


그림 3.1.15 범용 일괄 하역장비 축소모형 Layout



그림 3.1.16 범용 일괄 하역장비 축소모형 제작 과정

나. 핵심 기능 테스트 결과

기능 시험은 빈 파렛트를 이용한 무부하 시험과 1,000kg 화물을 이용한 부하 시험을 혼용하여 수행하였고, 정상적으로 기능이 동작하는 것을 확인하였다. 축소모형을 활용한 범용 일괄 하역장비의 핵심 기능 테스트 결과는 다음과 같다.



그림 3.1.17 축소모형을 활용한 범용 일괄 하역장비 핵심 기능 테스트

표 3.1.12 범용 일괄 하역장비 핵심 기능 테스트 결과

구분	항목	설명	결과
막음 장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 정상적인 작동(전/후진) 및 플레이트와의 인터페이스를 확인한다.	정상동작
	개별 무부하 구동	일괄 이송되는 전체 파렛트 화물을 적재함으로 이송 시 플레이트 상부의 화물을 앞으로 전진(1.1m)시키고 원위치 하는 기능 동작을 확인한다.	정상동작
플레이트 구동 장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 플레이트가 적재함 속으로 간섭 없이 들어가는지와 정지시 적재함과의 인터페이스를 확인한다.	정상동작
	개별 무부하 구동	일괄 이송되는 전체 파렛트 화물을 적재함으로 이송 시 정상적인 속도로 작동하고 적재함과의 마찰 및 간섭이 없는 정위치 동작을 확인한다.	정상동작
완성장비 구동	일괄 부하 구동	일괄 이송되는 전체 파렛트 화물을 적재함으로 이송 시 작동 프로그램 순서대로 각 장치들이 작동하고 적재된 화물들이 정상적인 속도로 적재함으로 이송되며 각 장치별로 마찰 및 간섭이 없는 정위치 동작이 되는지를 확인한다.	정상동작

5. Dual 시스템 운영방식 개발

가. 개요

하나의 범용 일괄 하역장비로 연속된 상차작업을 수행할 경우, 메인 플레이트에 화물을 적재하는 준비시간으로 인해 전체적인 하역 생산성이 크게 향상되지 않는 현상이 발생할 우려가 있다. 단일 장비 위에 연속적인 파렛트 화물 적재 시, 적재 대기시간 발생으로 인하여 효율성 저하될 수 있다. 하지만, 소요시간 단축을 위한 추가 장비를 투입할 경우에는, 투자비가 증가하고 물류센터 내부 공간의 제약으로 인한 문제가 발생 가능하다.

본 연구에서는 범용 일괄 하역장비가 컨테이너나 트럭 적재함에 상차작업을 수행하는 동안, 셋업 플레이트에 미리 화물을 적재하여 일괄 상차를 위한 준비시간을 단축시킬 수 있는 Dual Plate 개념을 도입하여, 하역장비의 효율성을 향상시키고자 한다. 일괄 하역장비는 물류센터의 환경제약에 관계없이 활용 가능하도록, 부분 자동화 및 완전 자동화를 모두 고려한 Dual Plate 방식으로 설계를 진행하였다.

나. Dual Plate 운영방식 생산성 분석

시뮬레이션 모형을 활용한 Single Plate와 Dual Plate 운영방식의 생산성 분석 진행 과정은 다음과 같다.

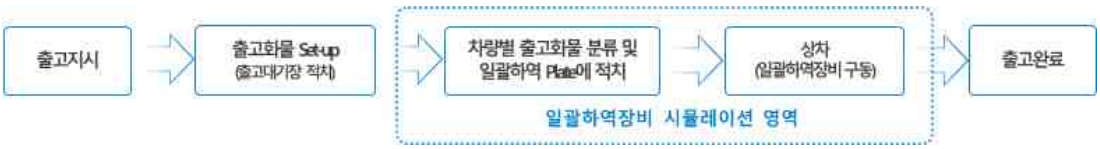


그림 3.1.18 분석의 범위

○ 시뮬레이션 가정

- 출고화물 상차를 위한 화물차량은 항상 대기
- 출고주문은 순차적으로 처리
- 출고주문의 단위는 화물차량 1대 분량
- 장비 Set-up 및 Warm-up 시간은 고려하지 않음
- 도크에 Plate 설치공간은 확보된 것으로 가정

시뮬레이션 모델링 변수는 아래와 같이 7개로 정의하였다.

표 3.1.13 시뮬레이션 모델링 변수

구분	변수	조건
1	도크 수	1개
2	도크당 출고화물 대기장소	1개
3	출고주문 수(출고지시 건수)	10개
4	출고화물 Set-up시간(출고대기장 적치)	30분
5	출고대기화물 이적시간(출고대기장→ 일괄하역 Plate)	10분
6	상차시간(일괄하역장비 구동시간)	7분
7	Dual Plate 화물 연계이송시간(Set-up Plate→ Main Plate)	2분

(1) Single Plate 운영방식

Single Plate 운영방식에서 최초 주문은 메인 플레이트에 Set-up하고 두 번째 주문은 출고화물 임시 적치 장소에 적치하는 방식으로 운영된다. 이후 주문부터는 출고화물 임시 적치장소를 거쳐 메인 플레이트로 이동하는 방식으로 운영되며 모든 주문에 대해 상차 완료시까지 반복한다.

○ 기준시간 : 메인 플레이트 Set-up(최초주문) 및 출고화물 임시 적치 장소에 화물 적치 30분이 소요되며, 출고화물 임시 적치장소 → 메인 플레이트 이송 10분, 메인 플레이트 일괄 상차까지 7분 소요

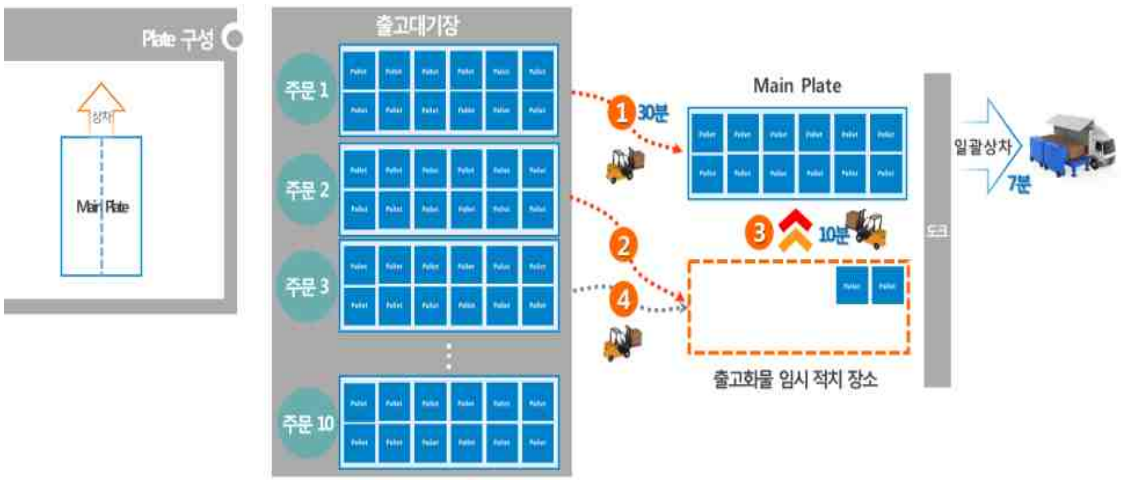


그림 3.1.19 Single Plate 운영방식

(2) Dual Plate 운영방식

Dual Plate 운영방식에서 최초 주문은 메인 플레이트에, 두 번째 주문은 셋업 플레이트에 동시 Set-up되는 방식으로 운영된다. 이후 주문부터는 셋업 플레이트를 거쳐 메인 플레이트로 연계 이송하는 방식으로 운영되며 모든 주문에 대해 상차 완료 시까지 반복한다.

○ 기준시간 : 메인 플레이트 Set-up(최초주문) 및 셋업 플레이트 화물 적치 30분이 소요되며, 셋업 플레이트 → 메인 플레이트 연계이송 2분, 메인 플레이트 일괄 상차까지 7분 소요

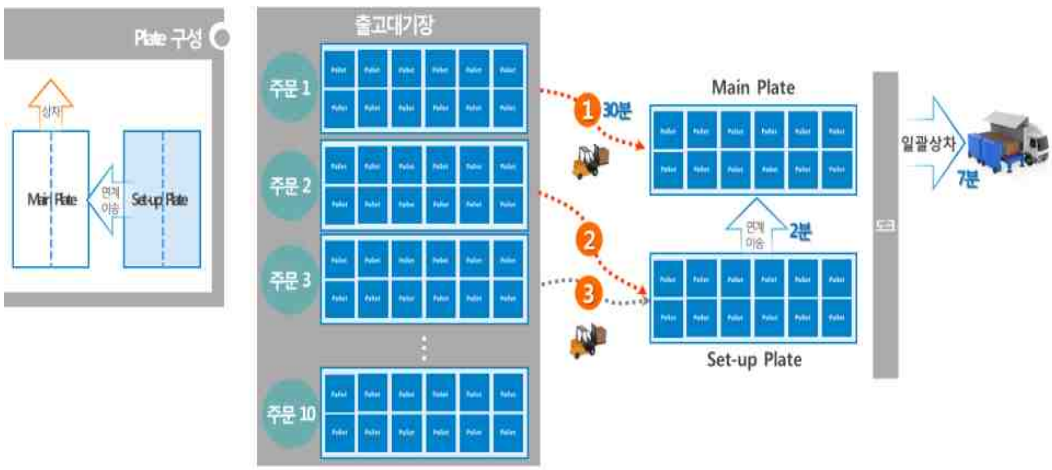


그림 3.1.20 Dual Plate 운영방식

운영방식의 생산성 분석 결과, ARENA를 활용한 범용 일괄 하역장비 운영 생산성 분석대상 운영방식 모두 기존 상하역 작업에 비해 생산성이 우수한 것으로 분석되었으며, 특히 Dual Plate 운영방식이 Single Plate 운영방식에 비해 생산성이 우수한 것으로 분석되었다. Dual Plate 운영방식 적용 시 평균 주문대기시간 및 출고 대기장 체류시간이 큰 폭으로 감소함을 볼 수 있었다. 이를 통해 셋업 플레이트에서 메인 플레이트로 연계 이송하는 과정에서 발생하는 시간차가 결정적 변수로 작용함을 알 수 있었다.

시뮬레이션 결과 Single/Dual Plate 일괄 하역장비 도입 시 도크의 수 및 주문 처리량이 증가할수록 장비 도입 효과가 더 커질 것으로 분석되었다.

구분	총 주문처리시간	평균 주문처리시간	평균 주문대기시간	출고대기장 체류시간	일괄하역장비 가동률	평균 작업대기 주문 수	장비 생산성
Single Plate	294분	211분	127분	93분	23%	2.8건	136%
Dual Plate	236분	163분	80분	64분	30%	1.9건	169%
모델별 비교 (Single vs. Dual)	20% ▼	23% ▼	37% ▼	31% ▼	7% ▲	32% ▼	24% ▲

※ 장비생산성은 기존 상하역 작업시간 比 도크당 10개 주문 처리시간(400분) 기준으로 산정

그림 3.1.21 범용 일괄 하역장비 운영 생산성 분석 결과

(3) Dual Plate 적재방식

셋업 플레이트를 따로 설치하고 미리 준비된 화물을 일괄 하역장비의 메인 플레이트에 연계 이송하는 방법으로, 1열 또는 2열 적재방식을 검토하였다. 적재 방식에 따라 다양한 운영모델을 제시하고, 대안별로 결정변수에 대한 수리 모형을 바탕으로 대안을 분석하였다.

대안에 대한 가정은 다음과 같다.

○ 출고화물 상차를 위한 모든 화물차량이 출고주문 순서대로 대기하고 있으며, 이에 출고주문은 순서대로 순차적 처리

○ 출고주문의 단위는 화물차량 1대 분량

○ 장비 셋업 등 초기화 시간은 고려하지 않으며, 도크에 대안에서 고려하고 있는 다양한 상황에 대한 플레이트(들)의 설치공간은 충분함

○ 도크 수가 1개인 경우를 고려

○ 지게차는 2개만 운영 가능한 경우를 고려

○ 초기 상황으로, 메인 플레이트, 셋업 플레이트 혹은 임시 적치장소 모두 비어있는 상황을 고려

○ 임시 적치 장소에서 화물이 메인 플레이트로 이적하기 시작하여 적치 장소에 빈 공간이 발생하면, 그 시점 이후로 다음 출고대기화물을 임시 적치장소로 이적이 가능(즉, 임시 적치장소를 완전히 비운 후, 다음 출고대기화물을 옮기는 경우를 고려하지 않음)

각 운영 대안별로 공통적으로 사용하는 매개변수는 다음과 같다:

○ N : 출고주문 집합 ($N=\{1,2,3,...,n\}$)

○ c_i : 출고화물 $i(\in N)$ 셋업시간 (출고화물을 출고 대기장 혹은 플레이트에 적치하는데 소요되는 시간)

○ d_i : 출고대기화물 $i(\in N)$ 이적시간 (지게차를 활용하여 출고 대기장에서 일괄하역 플레이트로 출고대기화물을 이적하는데 소요되는 시간)

○ m_i : (2열)셋업 플레이트에서 메인 플레이트로의 출고화물$i(\in N)$의 연계이송 시간

○ b_i : 메인 플레이트에 적재된 화물 $i(\in N)$의 상차시간 (일괄하역장비 구동시간)

또한, 효과적인 수리 모형 도출을 위해 다음과 같은 결정변수를 추가로 정의하였다.

○ s_i : 출고화물 $i(\in N)$의 메인 플레이트 적치 완료시간

○ t_i : 출고화물 $i(\in N)$의 일괄상차 완료시간 (출고화물 $i+1$의 메인 플레이트 적치 가능 시점)

본 연구에서는 크게 메인 플레이트 운영대수가 1대인 경우와 2대인 경우에 대해 살펴보고자 한다. 메인 플레이트 운영대수가 1대인 경우는 다시 셋업 플레이트가 없는 경우(출고화물 임시 적치장소 운영), 2열 셋업 플레이트를 설치하는 경우, 2개의 1열 셋업 플레이트를 설치하는 경우로 구분한다. 그리고 앞서 언급한 각 경우별로 플레이트들의 화물 적재 방식에 따라 최종 대안들이 구분되어진다. 따라서 다음과 같은 7가지 대안들을 다루고자 한다.

아래 표 항목 중 '각 출고대기화물 별 지게차 대수'는 메인 플레이트 혹은 셋업 플레이트로 대기화물의 적재작업 수행 시 요구되는 지게차 대수를 의미한다. 참고로 본 보고서에서는 지게차 2대만이 활용될 수 있는 상황을 가정하였다. 메인 플레이트가 2대인 경우 표에서 언급한 항목 상에서는 차이가 존재하지 않는 것으로 나타났다.

또한, 메인 플레이트 간의 적재순서 변동을 2가지 대안으로 구분하였다. 본 연구에서는 도크가 1개인 경우만 고려하고 있으므로, 메인 플레이트가 2개인 경우는 하나의 메인 플레이트가 상차 작업을 수행하는 동안 다른 메인 플레이트에서 다음 상차 작업을 위한 출고 대기화물 적재작업을 수행한다. 상차 작업을 완료한 플레이트는 수평이동이 가능하여 다른 메인 플레이트를 도크영역으로 이동시켜, 적재된 화물의 상차작업을 수행할 수 있다. 이와 같은 상황에서 적재 순서에 따라 두가지 대안 (대안 6과 7)을 고려하였다.

표 3.1.14 대안별 적재방식

메인 플레이트	셋업 플레이트		각 출고대기화물 별 지게차 대수	대안
	2열 1대	1열 2대		
1	×		1	대안 1: 단일 메인 플레이트 모델
	○	×	2	대안 2: 메인/셋업 플레이트 모델 I
			1	대안 3: 메인/셋업 플레이트 모델 II
	×	○	2	대안 4: 메인/셋업 플레이트 모델 III
			1	대안 5: 메인/셋업 플레이트 모델 IV
2	×		1	대안 6: 이중 메인 플레이트 모델 I
			1	대안 7: 이중 메인 플레이트 모델 II

대안별 수리적 모형 분석결과는 아래 표와 같다. 총 주문 처리시간은 출고화물 10개를 처리하는데 걸린 총 시간을 나타내며, 평균 주문 처리시간은 각 출고화물이 상차될 때까지 걸린 시간들의 평균으로, t_i의 평균을 의미한다.

평균 주문대기시간은 각 출고화물이 출고 대기장에서 출고되는 시점까지 걸린 시간의 평균을 나타낸다. 평균 출고 대기장 체류시간은 각 출고화물이 플레이트에 완전히 이적되기까지 걸린 시간의 평균이며, 일괄하역장비 가동률은 총 주문 처리시간 대비 일괄하역장비의 가동 시간을 의미한다.

장비 생산성은 기존 상하역 작업시간의 도크당 10개 출고화물 처리시간인 400분을 기준으로 산정하였다. 분석 결과, 대안 4가 가장 우수한 결과를 도출하였고, 다음으로 대안 2가 높은 효율을 나타냈다.

표 3.1.15 대안별 수리적 모형 분석 결과 ($\alpha = 0.2, \beta = 0.0$)

구분	총 주문 처리시간(분)	평균 주문 처리시간(분)	평균 주문대기 시간(분)	평균 출고대기장 체류시간(분)	일괄하역 장비 가동률	장비 생산성
대안 1	294	160.3	113.6	143.6	23.8%	136.1%
대안 2	206	117.1	87.2	105.2	34.0%	194.2%
대안 3	230	133.5	89.2	119.2	30.4%	173.9%
대안 4	197	112.6	83.6	101.6	35.5%	203.0%
대안 5	225	131	87.2	117.2	31.1%	177.8%
대안 6	237	137	92.8	122.8	29.5%	168.8%
대안 7	217	129.8	86.8	116.8	32.3%	184.3%

대안별 결과를 바탕으로 가장 효율이 좋은 대안 4의 1열 적재 방식과 대안 2의 2열 적재방식의 프로세스와 생산성을 분석하였다.

대안 4의 1열 적재방식은 범용 일괄 하역장비의 양 옆에 1열의 셋업 플레이트를 배치하여 메인 플레이트가 화물 상차작업을 수행하는 동안, 셋업 플레이트에 화물을 미리 적재하고 대기한 후 플레이트의 작업 종료 후에 연계 이송하는 방식이다. 셋업 플레이트에 적재되는 화물의 양이 적어 장치의 구성이 소형화되는 장점이 있으나, 2개의 1열 셋업 플레이트로 구성되어 장비 제어의 복잡성이 증가하는 단점이 있음을 확인하였다.

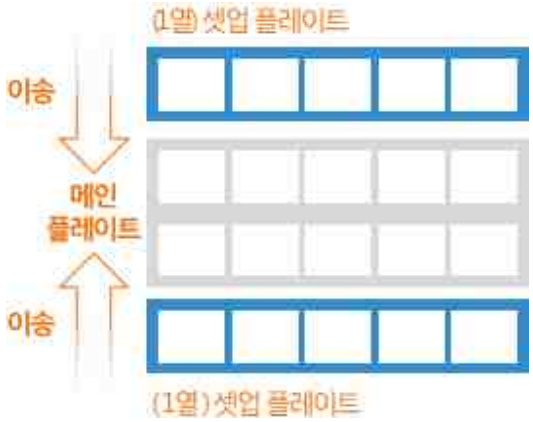


그림 3.1.22 Dual Plate 1열 적재방식

대안 2의 2열 적재방식은 범용 일괄 하역장비의 한쪽 옆에 2열의 셋업 플레이트를 배치하여 메인 플레이트가 화물 상차작업을 수행하는 동안 셋업 플레이트에 화물을 미리 적재하고 대기하고 있다가 메인 플레이트의 작업 종료 후 연계 이송하는 방식이다. 1개의 셋업 플레이트로 구성되어 장비 제어가 단순하다는 장점이 있으나 셋업 플레이트에 적재되는 화물의 중량으로 장치의 구성이 대형화되는 단점이 있음을 확인하였다.



그림 3.1.23 Dual Plate 2열 적재방식

수리모형을 바탕으로 1열 적재방식과 2열 적재방식의 생산성을 분석한 결과, 2대의 1열 셋업 플레이트 모델이 1대의 2열 셋업 플레이트 모델에 비해 상대적으로 우수한 성능을 보였다.

표 3.1.16 Dual Plate 적재방식에 따른 생산성 분석

구분	총 주문 처리시간	평균 주문 처리시간	평균 주문 대기시간	평균 출고대기장 체류시간	일괄 하역장비 가동률	장비 생산성
1열 적재방식	197분	112.6분	83.6분	101.6분	35.5%	203.0%
2열 적재방식	206분	117.1분	87.2분	105.2분	34.0%	194.2%
효과	4.4% ▼	3.8% ▼	4.1% ▼	3.4% ▼	4.4% ▲	4.5% ▲

다. 1열 적재 셋업 플레이트 설계

Dual Plate 적재방식에 따른 생산성 분석결과를 반영하여, 1열 적재 셋업 플레이트에 대한 설계를 진행하였다. 1열 적재방식의 셋업 플레이트는 Frame, 정렬장치, 이송장치 등으로 구성된다.



그림 3.1.24 Dual Plate 3D 모델링

표 3.1.17 셋업 플레이트 Frame 설계

구분	길이 (mm)	너비 (mm)	높이 (mm)	재질	비고
셋업 플레이트 Frame	12,500	1,555	1,360	Roller + SS400	최대 적재화물 하중 : 12.5 ton



표 3.1.18 정렬장치 설계

구분	구동력(kW)	모터 수량(EA)	전원	비고
정렬장치	1.5	1	AC 380V/4극	감속비 1/70



표 3.1.19 이송장치 설계

구분	구동력(Kw)	모터 수량(EA)	전원	비고
이송장치	4.0	1	AC 380V/4극	



Dual Plate를 활용한 범용 일괄 하역장비의 프로세스는 다음과 같다.



① 이송장비로의 화물적재



② 범용 일괄 하역장비로 이송



③ 차량으로 화물 이송준비



④ 플레이트에 의한 차량으로 화물이송

그림 3.1.25 Dual Plate를 활용한 범용일괄 하역장비 Process

라. 구조해석을 통한 Dual Plate 용 롤러 설계 안전성 분석

셋업 플레이트에서 메인 플레이트로 화물을 이동시키는 경우, 메인 플레이트의 롤러에 마찰부하가 작용하게 된다. 롤러에 작용하는 하중은 화물 중량에 의한 수직하중 및 마찰에 의한 축 방향 하중으로 구분할 수 있다.



그림 3.1.26 롤러에 작용하는 하중

롤러의 축방향하중과 수직하중에 잘 견디는 테이퍼 롤러를 배면 배열하여 적용함으로써 메인 플레이트 롤러의 수명과 안정성을 확보할 수 있다.

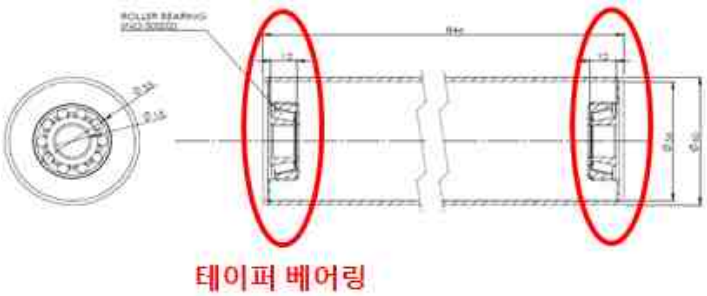


그림 3.1.27 테이퍼 베어링을 적용한 롤러 설계도

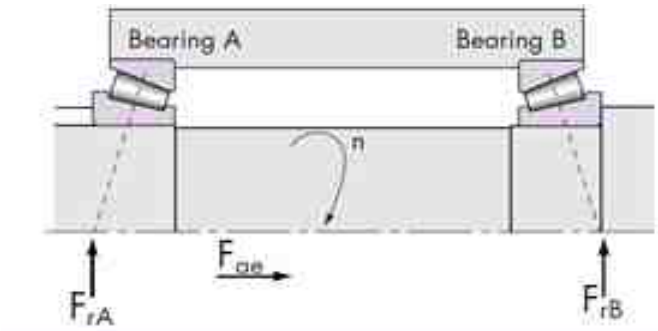


그림 3.1.28 롤러에 작용하는 하중의 개략도

분석적 방법에 따른 베어링 하중 계산 및 정격 피로수명 계산방법은 다음과 같다.

○ 한 개의 롤러에 작용하는 수직하중

- 2,000 (kgf) × 9.8 (중력가속도) / 8 (롤러 개수) = 2,450 (N) (=250 kgf)

○ 한 개의 롤러에 작용하는 축방향 하중

- 0.2 × 2,450 (N) = 490 (N) (=50 kgf)

○ 분석적 방법으로 계산한 동등가하중

- $F_a / F_r = 490/1225 = 0.4 > e\,(=0.32)$
- X = 0.4, Y= 1.9
- 동등가하중 $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0.4 \cdot 1{,}225 + 1.9 \cdot 490 = 1{,}421N$

○ 분석적 방법으로 계산한 경우의 정격 피로수명

- $L_h = (10^6/(60 \times n)) \times (C/P)^{(10/3)} = (10^6/(60 \times 65)) \times (14800/2842) = 62{,}766\,hour$

유한요소해석에 의한 베어링 하중 계산 및 정격 피로수명은 다음과 같다.

○ 구조해석을 위하여 베어링과 화물은 육면체, 롤러는 사면체 요소로 구성된 모델을 구성(총 절점개수는 370,022개, 총 요소개수는 203,281개)

○ 화물의 윗면에 작용하는 압력 : (2,000 × 9.8)N / (860 × 1,100)mm) = 0.021MPa

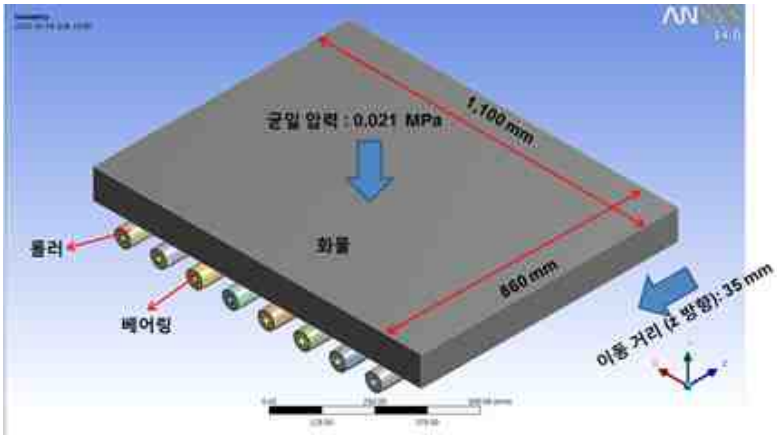


그림 3.1.29 유한요소모델

유효변형률의 분포를 분석해 보면, 베어링과 롤러가 접촉하는 영역에서 변형이 집중되는 것을 확인할 수 있으며 소성 변형은 발생하지 않는 것으로 나타났다.

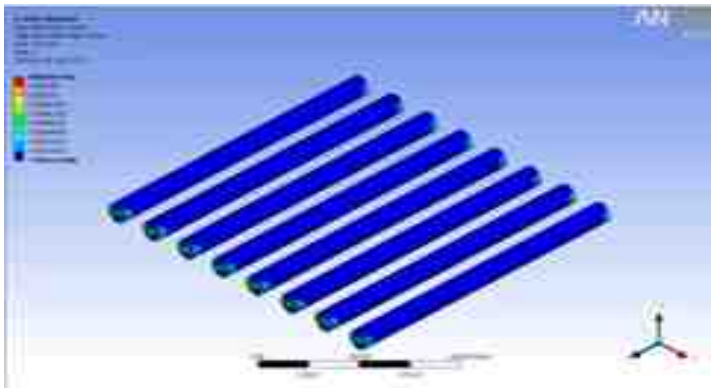


그림 3.1.30 유효변형률 분포

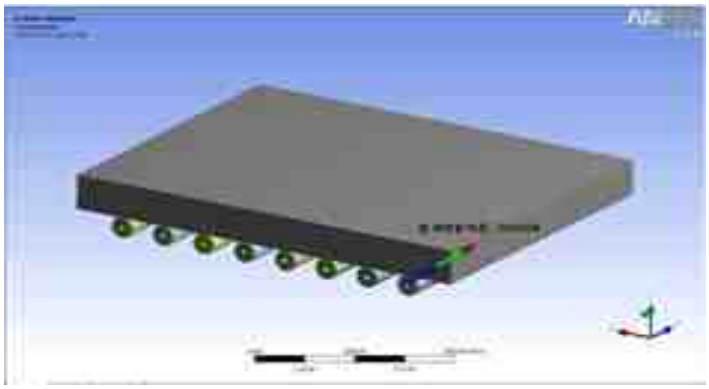


그림 3.1.31 베어링에 작용하는 총 축방향 하중(2342.8 N)

○ 총 축 방향 하중 2,342.8N이 8개의 베어링에 작용하고 있으므로, 한 개의 베어링에 작용하는 하중은 2,342.8 / 8 = 292.85 N

○ 유한요소해석으로 계산한 동등가하중

- $F_a / F_r = 292.85/826 = 0.35 > e\,(=0.32)$
- X=0.4, Y=1.9
- $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0.4 \cdot 826 + 1.9 \cdot 305.35 = 887N$
- 유한요소해석으로 계산한 정격피로수명
  - $L_h = (10^6/(60\times n))\times(C/P)^{(10/3)} = (10^6/(60\times 65))\times(14800/1774) = 301{,}969\,hour$

일괄 하역장비 롤러 시스템에 No.30202 테이퍼 롤러 베어링을 적용한 경우, 분석적 방법으로 62,766시간 이상, 유한요소해석으로 301,969시간 이상의 정격피로수명이 산출되어 베어링 수명으로 충분한 것으로 분석되었다. 이상의 결과에서 일괄 하역장비에 적용되는 롤러 베어링의 배면설치는 적절하다고 판단된다.

6. 시제품 제작 및 테스트

가. 시제품 제작

범용 일괄 하역장비 시제품 제작 시, 실제 사용 환경에 적용하기 위한 화물의 종류와 크기, 적재 조건 등을 검토하여 제작을 진행하였다.



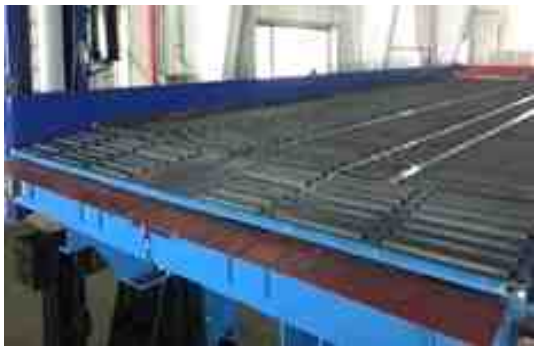
그림 3.1.32 범용 일괄 하역장비 시제품 제작 과정



그림 3.1.33 범용 일괄 하역장비 시제품



Bed Frame



마찰력 저감형 플레이트



높이 조절장치



플레이트 구동장치



막음장치



제어부

그림 3.1.34 범용 일괄 하역장비 시제품 각 장치별 사진

또한 시제품 제작 시. 기능 테스트를 통해 도출한 보완사항과 실제 사용 환경에서의 시험 운영을 고려하여, 장비의 안전성 강화를 위한 현장의 요구사항을 반영하였다. 화물 상하역을 위해 차량의 장비 도킹 시. 차량 및 장비 안전성 확보를 위한 충격 완화장치를 추가하였으며, 화물의 안전성 확보를 위한 정렬 및 유도장치를 개선하였다. 또한 화물을 적재한 플레이트가 컨테이너 진입 시, 파렛트 화물의 정렬을 위해 Bar를 보강하여 플레이트를 개선하였다.



그림 3.1.35 실 사용환경 구축을 위한 장비 개선 사항

완성된 범용 일괄하역장비 시제품의 최종 사양은 다음과 같다.

표 3.1.20 시제품 사양

구 분		사 양	비 고
시제품 길이		7,200 mm	
시제품 폭		2,550 mm	
시제품 높이		4,100 mm	
최대 적재 중량		25 ton 이내	20ft 컨테이너 최대 화물 중량 기준
Bed Frame	길이	7,200 mm	공장의 도크 높이 및 차량 높이 기준(높이조절)
	폭	2,550 mm	
	높이	1,360 mm	
	재질	SS400	
마찰력 저감형 플레이트	길이	6,450 mm	끝단 Bed Plate 포함
	폭	2,200 mm	
	높이	60 mm	이중 롤러 장착(∅48)
	재질	Roller + 강재 Frame	
	이동속도	6m/m	
	플레이트 구동모터	3.7 Kw 이상	감속비 (160:1 내외) 기어드모터(380/220V,3P)
	막음장치 구동모터	2 Kw 이상	감속 모터 (감속형 220V, 3P)
높이조절 장치	높이조절 장치 실린더	210 Kgf/㎠	∅100, 4EA
	유압장치 모터	3.7 Kw 이내	380/220V, 3P

나. 성능 시험

현장 적용에 앞서, 제작된 범용 일괄 하역장비 시제품에 대하여 시험기관(한국산업기술시험원)을 통한 성능 검증을 실시하였다. 우선 현장 요구사항 조사를 통해, 성능조사 항목을 다음과 같이 설정하였다.

○ 일괄 하역장비의 상차 프로세스에 소요되는 시간이 성과 지표를 만족하는지 확인

○ 상차 시 일괄 상차 용량이 성과 지표를 만족하는지 확인

표 3.1.21 성능평가 항목

평가 항목	목표	측정방법
일괄 상차 시간	7분 이내	5회 측정
일괄 상차 용량	20 ton	적재중량 측정

일괄 상차시간 시험은 화물을 컨테이너 안으로 인입하는 과정부터 출차 준비까지의 상차 프로세스를 총 5회 진행하여 시간을 기록하였으며, 상차 프로세스 진행시간이 7분 이내를 만족하는지 확인하였다.



그림 3.1.36 일괄상차 시간 시험 장면

일괄 상차용량 시험은 크레인 전자저울을 이용하여 파렛트에 1000±10kg을 정량하고, 정량된 파렛트 20개를 범용 일괄하역장비 플레이트에 적재하여 상차 프로세스를 총 5회 진행하며, 총 20,000±200kg 무게를 범용 일괄하역장비에 적재하여 상차 프로세스를 진행할 때 이상이 없는지 확인하였다.



그림 3.1.37 일괄상차 용량 시험장면(파렛트 정량)



그림 3.1.38 일괄상차 용량 시험장면(상차 프로세스)

일괄 상차시험 결과, 5분~6분 43초의 분포를 나타냈으며, 평균 5분 47초가 소요되어 현장 적용에 적합한 것으로 나타났다.

표 3.1.22 일괄상차 시간 시험 결과

시험항목	측정횟수	시험결과 (측정시간)	판정기준	판정
일괄 상차시간	1회	6분 43초	상차 프로세스 시간이 7분 이하여야 함	적합
	2회	5분 16초		
	3회	5분 00초		
	4회	6분 51초		
	5회	5분 07초		

일괄 상차용량 시험 결과, 19,924Kg으로, 판정 기준인 20,000±200kg을 만족하여, 현장 적용에 적합한 것으로 나타났다.

표 3.1.23 일괄상차 용량 시험 결과

시험항목	측정 파렛트	측정 용량(kg)	시험결과 (상차 횟수)	시험결과 (상차 프로세스)	판정기준	판정
일괄 상차용량	1	997.0	1회	이상 없음	총 20,000±200kg 무게를 범용 일괄 하역장비에 적재하여, 상차 프로세스를 진행할 때 이상이 없어야 함	적합
	2	992.5				
	3	996.0				
	4	998.5				
	5	995.5	2회	이상 없음		
	6	996.5				
	7	996.0				
	8	995.0				
	9	994.0	3회	이상 없음		
	10	995.5				
	11	997.5				
	12	993.5				
	13	996.5	4회	이상 없음		
	14	996.0				
	15	998.0				
	16	995.0				
	17	998.5	5회	이상 없음		
	18	998.5				
	19	996.5				
	20	997.5				
	합계	19,924.0	-	-		

또한, 범용 일괄 하역장비 성능시험 결과에 대한 성적서를 취득하여, 장비의 신뢰성을 확보하였다.

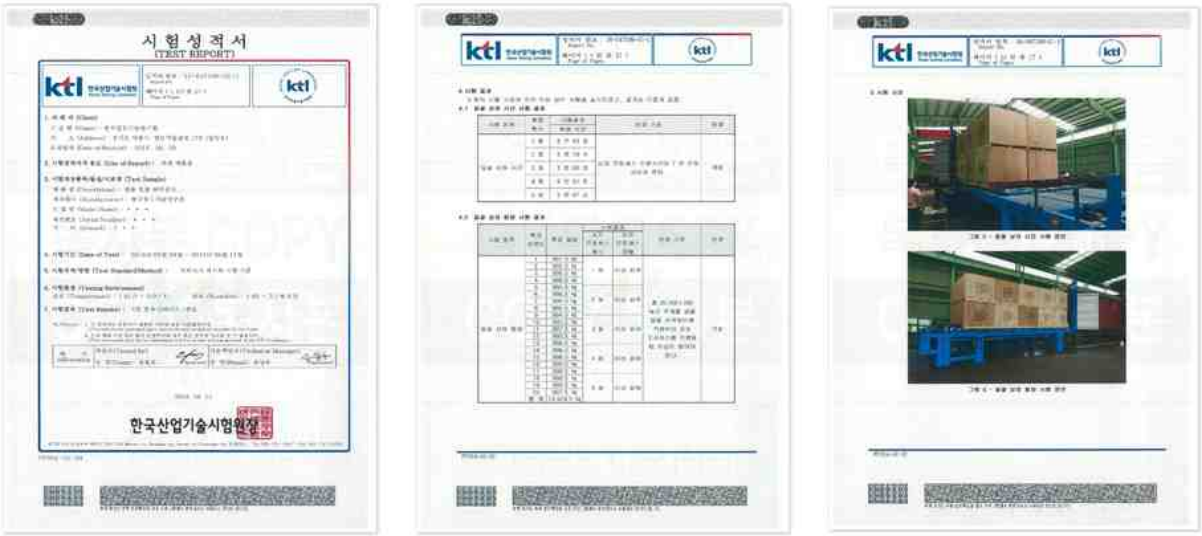


그림 3.1.39 시험성적서

7. 실 사용환경 구축 및 시험운영

범용 일괄 하역장비의 시제품 검증 및 보완을 위해, 물류센터 내 실제 사용 환경을 구축하여 시험운영을 실시하였다. 시험운영 대상지역인 A물류센터의 특성을 고려하여 시험운영 계획을 다음과 같이 수립하였다.

○ 시험운영 장소 및 기간 : A사 물류센터 / 2016. 12 ~2017.02(3개월)

○ 시험운영 대상 및 내용

- A물류센터 시제품 설치 및 장비 단독 동작 테스트
- A물류센터에서 취급하는 1,100x1,100x2,000mm 파렛트 화물 10개(약 5톤)의 일괄 상차시험



그림 3.1.40 실 사용환경 구축 및 시험운영 개요

3개월의 시험운영 기간 동안 주 2~3회 화물이 출고되는 A물류센터의 스케쥴을 고려하여, 출고일 마다 1일 2~3회 일괄 상차작업의 시험운영을 실시하였다. '차량 입고 → 장비 높이조절 → 플레이트 상차 → 컨테이너 내 일괄 상차 → 상차 완료 확인 → 출차'의 각 프로세스별 정상 구동 여부를 확인하였으며, 상차작업 시간을 측정하였다.



그림 3.1.41 범용 일괄 하역장비 시험운영

시험운영을 통해 총 73개의 일괄 상차시간 데이터를 확보하였다. 분석 결과, 최대 일괄 상차시간은 6분 49초, 최소 시간은 5분 31초로 나타났으며, 평균 6분 19초 소요되는 것으로 나타났다. 또한 시험운영 기간 동안 실시한 모든 상차 작업을 7분 이내에 완료하여, 실제 물류센터에서의 활용 가능성을 검증하였다.

시험운영을 통한 일괄 상차시간 측정은, 차량 진입이 완료 된 이후의 상차 작업 시간을 기록하였다. 향후 상차작업을 위한 화물차 입고 시, 차량 유도방안에 대한 정밀화 방법이 보완된다면, 실제 물류센터의 실용화 및 장비 보급 확산이 충분히 가능할 것으로 판단된다.

표 3.1.24 범용 일괄 하역장비 시험운영 결과

날짜	일괄 상차시간			평균 시간
	1회	2회	3회	
12월 02일	6분33초	5분36초	6분25초	6분11초
12월 05일	6분13초	5분45초	5분50초	5분56초
12월 07일	6분48초	6분5초	-	6분27초
12월 09일	5분59초	6분47초	5분33초	6분6초
12월 13일	6분49초	5분59초	6분14초	6분21초
12월 15일	6분37초	6분34초	6분29초	6분33초

날짜	일괄 상차시간			평균 시간
	1회	2회	3회	
12월 20일	6분11초	5분41초	6분14초	6분2초
12월 23일	6분33초	6분24초	5분31초	6분9초
12월 27일	6분13초	6분29초	-	6분21초
12월 29일	5분45초	6분43초	6분17초	6분15초
01월 04일	6분28초	5분34초	6분9초	6분4초
01월 06일	6분9초	5분40초	6분36초	6분8초
01월 09일	6분48초	6분17초	6분6초	6분24초
01월 11일	6분7초	6분39초	-	6분23초
01월 13일	5분59초	6분19초	6분18초	6분12초
01월 16일	6분20초	6분30초	-	6분25초
01월 18일	6분36초	6분49초	6분38초	6분41초
01월 20일	6분17초	6분26초	-	6분22초
02월 03일	6분47초	6분25초	6분47초	6분40초
02월 06일	5분39초	6분38초	5분32초	5분56초
02월 08일	6분35초	6분38초	6분40초	6분38초
02월 10일	6분24초	6분31초	-	6분28초
02월 14일	6분31초	6분1초	6분22초	6분18초
02월 16일	5분42초	6분24초	6분16초	6분7초
02월 20일	6분18초	6분29초	-	6분24초
02월 24일	6분34초	6분31초	6분40초	6분35초
02월 28일	6분48초	5분34초	6분42초	6분21초
평균				6분19초

8. 범용 일괄 하역장비 상하역 인터페이스 고도화

가. 일괄 하역장비 효율성 극대화를 위한 장비 연계 자동화 프로세스 설계

일괄하역장비 적용 계약물류(CL)센터 표준 프로세스를 기반으로 상하역 자동화 작업을 위한 화물의 이송/적치/검수 등 연계 자동화 프로세스를 설계하였다. 실제 운영 중인 물류센터 중 파렛트 단위 화물을 취급하는 상온물류센터를 대상으로 일괄하역장비 기반 W&D(Warehouse & Distribution) 표준 프로세스를 현지화하여 설계하였고, 출고과정에서 파렛트 화물 피킹 후 중간이송 단계부터 일괄하역장비 플레이트 적치까지, 입고과정에서 일괄하역장비 하차부터 입고 분류까지 자동화 가능한 기술기반 운영 프로세스 형태로 도출하였다.

아래 그림은 CL물류센터에서 운영되고 있는 입고 프로세스를 일괄하역장비 연계 자동화를 목적으로 현지화한 운영프로세스이며, 주요 프로세스 흐름은 상품 구분 단위(SKU)별 재고량에 따른 발주정보를 기반으로 입고예정정보가 생성되고 이에 따라 해당 상품을 적재한 차량이 입고되면 일괄하역장비를 통해 자동 하차 후 입고예정정보에 따라 파렛트 단위 별로 자동 이송 및 분류 적치된다.

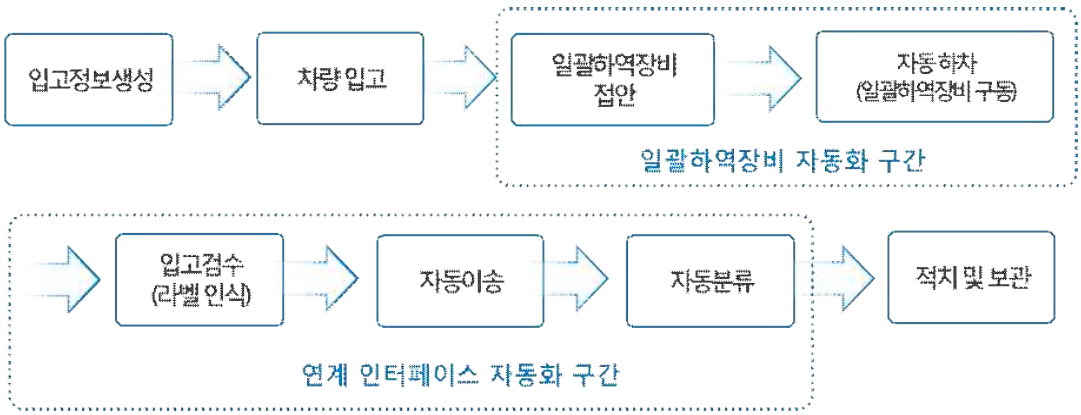


그림 3.1.42 일괄하역장비 연계 입고 자동화 프로세스

CL물류센터에서 운영되고 있는 출고 프로세스의 주요 흐름은 전일 출고 접수를 기점으로 시작되며 생성된 출고리스트를 기반으로 피킹 후 상차 차량 중점으로 도크에 자동 분류/적치 된다. 일반적으로 상차 직전 출고수량 검수가 진행되며 분류지점과 출고수량이 증가할수록 도크 혼잡도 상승, 지게차 상차작업 등으로 차량대기시간이 증가하고 생산성

이 떨어진다. 따라서 피킹 후 파렛트 단위화물 별 이송/분류 및 일괄하역장비 내 적치 자동화를 통해 중간 물류작업 활동을 최소화 하고 물류자원 배분을 효율화할 수 있도록 자동화 기반 일괄하역장비 연계 인터페이스 운영이 필요하다.

아래 출고 프로세스는 피킹 후 파렛트 화물 중간이송 단계를 최소화한 일괄하역장비 상차 프로세스이며, 피킹 후 일괄하역장비 연계 인터페이스 장비인 파렛트 화물 이송 및 분배시스템을 통해 자동검수/분류/이송과정을 거쳐 일괄하역장비로 적치되어 자동 상차된다.

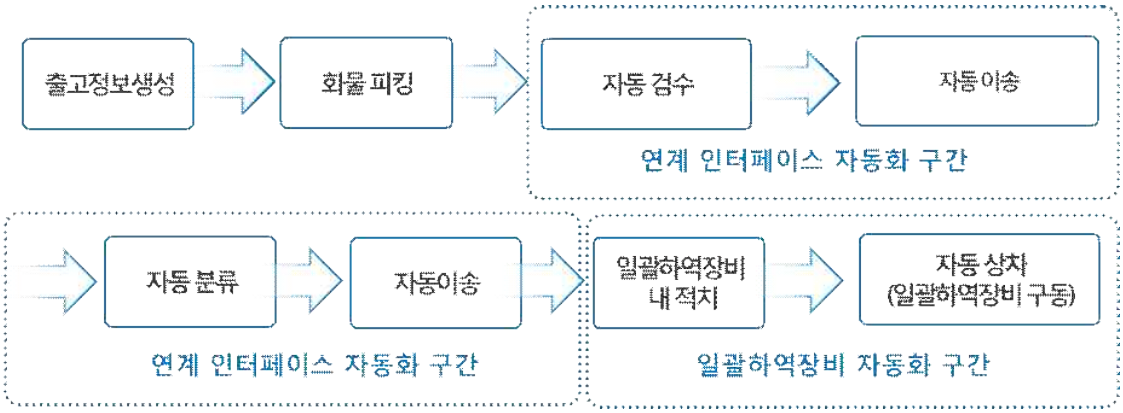


그림 3.1.43 일괄하역장비 연계 출고 자동화 프로세스

아래 그림은 출고부터 일괄하역장비 구동까지의 프로세스 맵으로서 피킹 후 파렛트 이송/분류, 화물검수 및 일괄상차 자동화 작업 절차이다. 전일 주문마감에 따른 출고정보를 기반으로 출고화물리스트가 생성되고 해당리스트를 바탕으로 피킹작업이 진행되며, 출고정보는 상하역 자동화 통합운영시스템으로 전달되어 상하역 작업을 위한 화물 이송/분류/상차 자동화 스케줄링에 활용된다.

피킹된 화물은 일괄하역장비 연계 인터페이스 장비인 파렛트 화물 이송 및 분배시스템으로 인입 된 후 자동으로 화물을 스캔하여 상하역 자동화 통합운영시스템과 연동되는 I/F 시스템을 통해 상차작업을 위한 이송 및 분류 된다. 차량이 물류센터 내로 입문되면 일괄하역장비 상차 플레이트로 파렛트가 자동으로 이송되고 플레이트 진입과 동시에 상차화물 스캔을 통해 출고 검수가 진행 된다.

차량이 일괄하역장비 상차도크로 접안이 완료되면 차량 내 이상물질 검지 후 플레이트에 대기하고 있는 파렛트 화물이 일괄적으로 자동 상차되고, 완료 후 후행차량에 대한 상차작업 준비가 이루어진다.

차량의 도크배정, 파렛트 화물의 이송 및 분배 등 화물 피킹 후 일괄하역장비 연계

인터페이스 시스템 인입부터 상차까지의 작업할당 및 스케줄링은 상하역 자동화 통합운영시스템과 연동되는 부문 운영시스템에서 자동으로 처리된다.

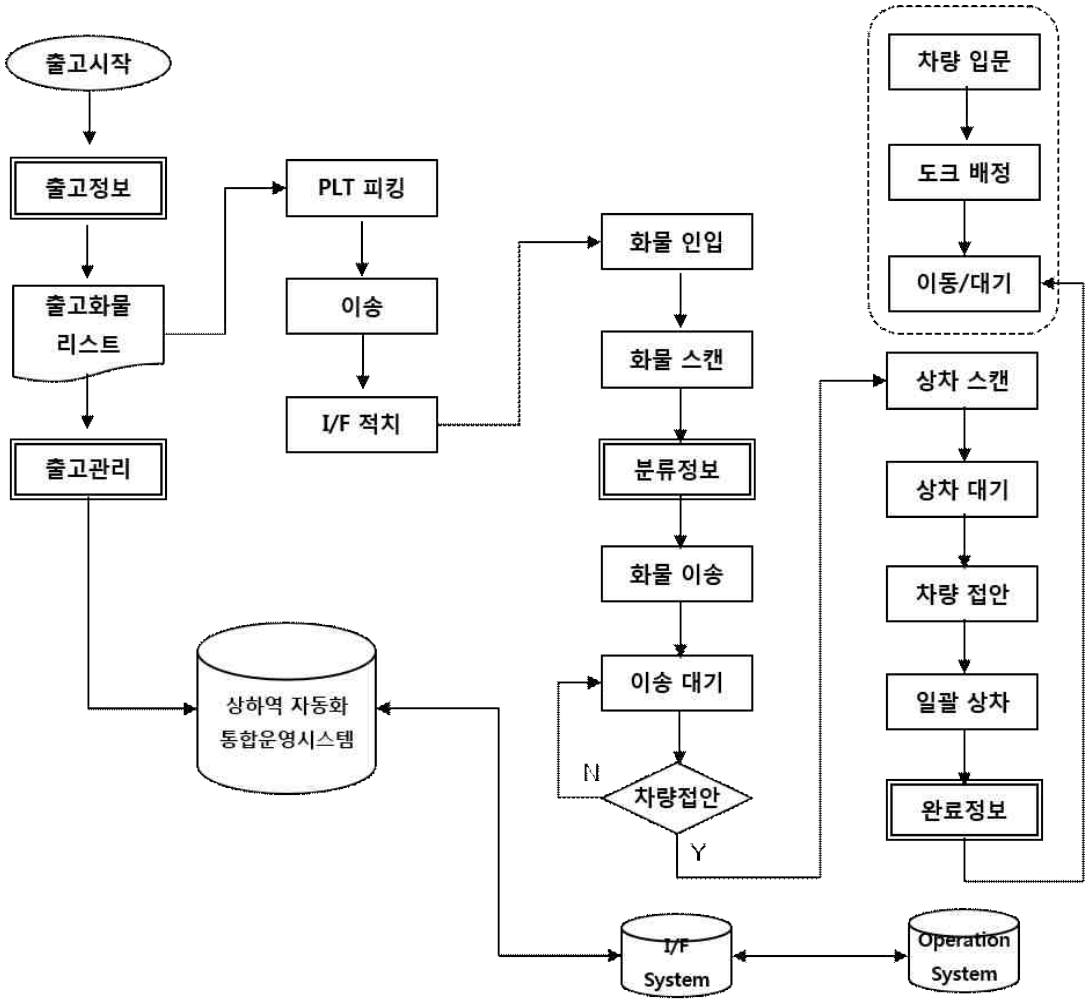


그림 3.1.44 일괄하역장비 통합운영 출고 Process Map

화물 입고 시에는 상하역 자동화 통합운영시스템을 통해 배정된 도크로 차량접안이 완료되면 일괄하역장비가 구동함에 따라 일괄하차가 진행되며, 자세한 작업흐름은 아래 그림의 차량입문부터 입고화물 보관까지의 일괄하역장비 통합운영 입고 프로세스 맵과 같다. 시스템 내 작업할당은 일괄하차 후 입고화물 하차스캔을 통해 입고정보를 취득하고 해당정보를 기반으로 일괄하역장비 연계 인터페이스 시스템 내 화물 이송 및 분배스케줄링으로 결정 된다. 일괄하역장비 연계 인터페이스의 파렛트 화물 이송 및 분배시스템 내 하차화물이 순차적으로 인입 되면 할당된 작업 순서에 따라 도크 내 분배지점 (PLT인출장소)로 이송 된다. 물류센터 내 분배지점에 적치된 파렛트 단위 입고화물은 지게차를 활용하여 이송 및 보관되며 인출 전 화물 스캔을 통해 보관 전 입고화물을 중복 확인 한다.

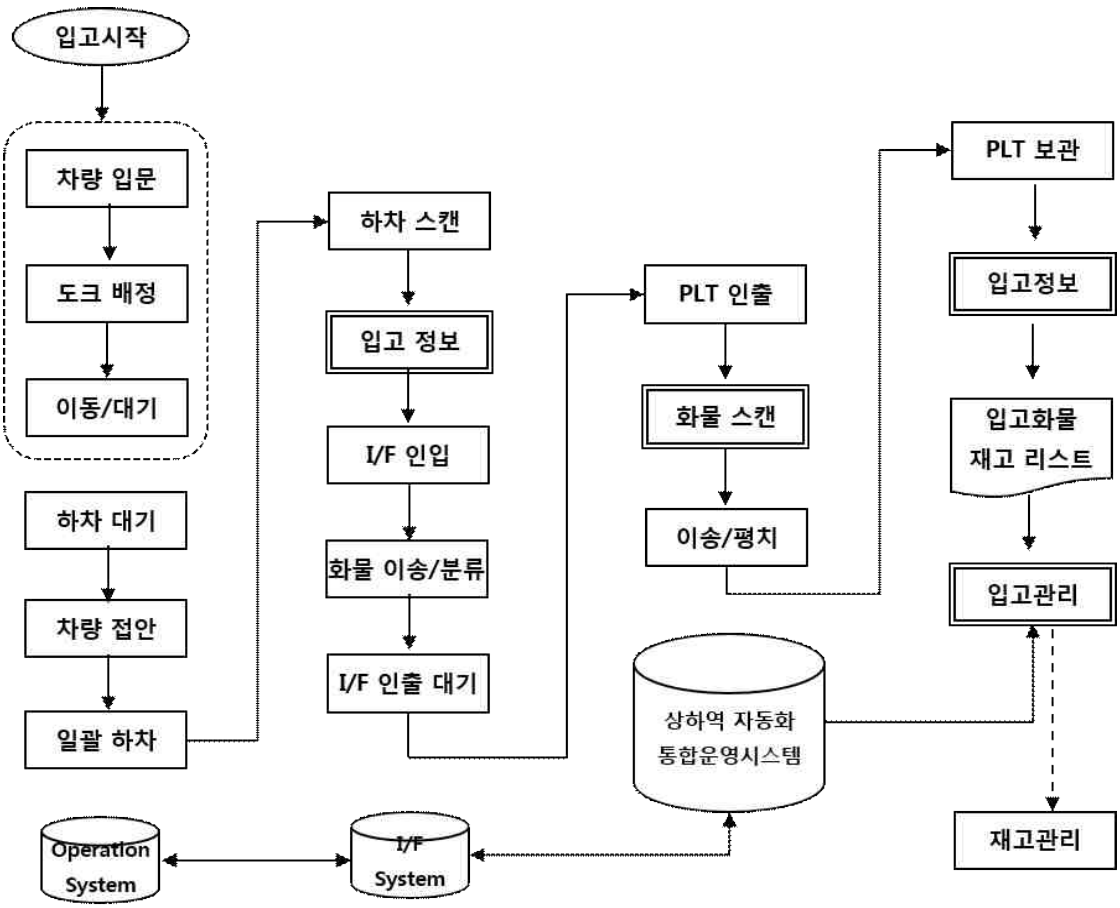


그림 3.1.45 일괄하역장비 통합운영 입고 Process Map

나. 일괄하역장비 연계 인터페이스 통합운영 프로세스 분석 및 고도화

일괄하역장비 연계 인터페이스 기술인 파렛트 이송 및 분배시스템을 운영함에 있어 파렛트 단위 입/출고화물 이송/분류/검수 등 요소작업의 자동화 생산성을 분석 하였다. 기존 일괄하역장비 도입 시 물류센터 입/출고화물 처리 생산성 분석을 기반으로 상하역 자동화 연계 인터페이스 요소작업 자동화가 전체 생산성에 미치는 민감도를 도출하고 필요성을 검증 하였다.

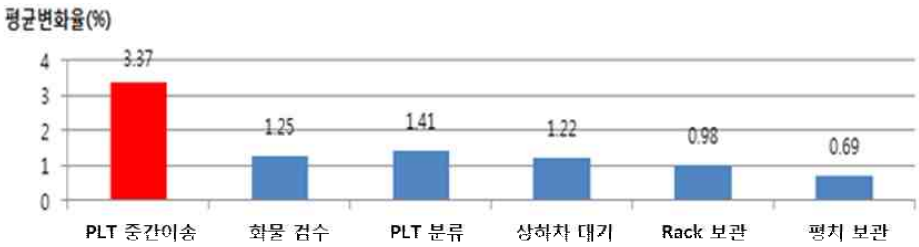


그림 3.1.46 상하역 자동화 연계 프로세스 생산성 민감도 분석

위의 그림은 입/출고 화물 처리 생산성 관련 상하역 자동화 연계 작업들의 생산성 민감도를 분석한 결과이다. 단위 화물 당 처리시간 기준 입/출고 생산성에 가장 큰 영향을 미치는 요소작업으로는 파렛트(PLT) 중간이송 작업이 평균 변화율 약 3.4%로 분석되었으며, 중간이송 작업에는 피킹 후 도크로 화물을 이송하는 작업, 하차 후 도크에서 보관까지의 중간이송 작업을 포함한다. 즉, 입/출고 화물 처리에 대한 파렛트 화물 중간이송 작업을 자동화하여 자원 투입을 최소화한다면 생산성 3.4% 향상이 가능하다.

이와 같이 일괄하역장비 연계 인터페이스 작업을 자동화하면 파렛트 중간이송, 화물검수, 파렛트 분류, 상하차 대기 등의 민감도 합인 7.3% 만큼 생산성 향상을 기대할 수 있다.

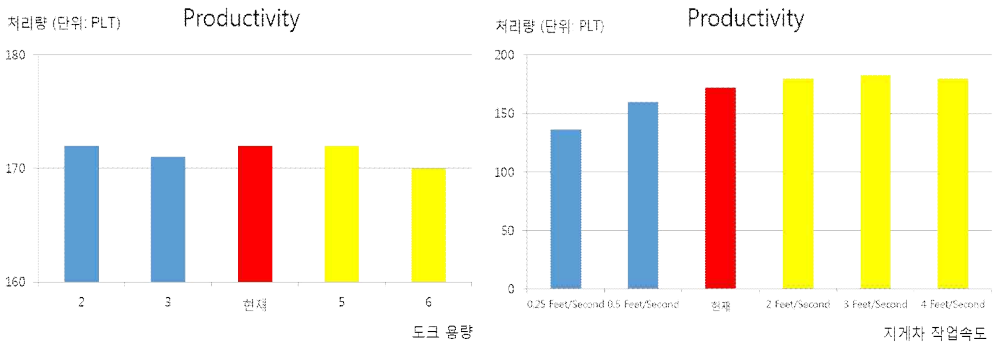


그림 3.1.47 도크용량 및 지게차 작업 생산성 민감도 분석

일반적인 CL물류센터 내 입/출고 화물 처리에 도크를 증설하거나 지게차 투입대수를 증가시켜 작업속도를 향상시켜 생산성 증대를 기대할 수도 있으나, 도크용량 및 지게차 작업 생산성 민감도를 살펴보면 도크용량이 증가하더라도 생산성 평균 변화율에는 큰 차이가 없었으며 지게차 작업속도 부분도 마찬가지로 생산성 평균 변화율에 차이가 미비하다. 이는 상하차 작업 자동화와 연계하여 파렛트 화물 이송, 분류, 검수 등의 선/후행되는 작업들이 일관 자동화시스템이 구축이 되어야만 효과를 극대화하여 생산성을 증대할 수 있다는 점을 나타낸다.

일괄하역장비 도입 전 상하차 작업이라고 하더라도 입/출고 중간단계의 연계 인터페이스 요소작업에서 병목이 발생하여 화물 처리 사이클 타임에 부정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

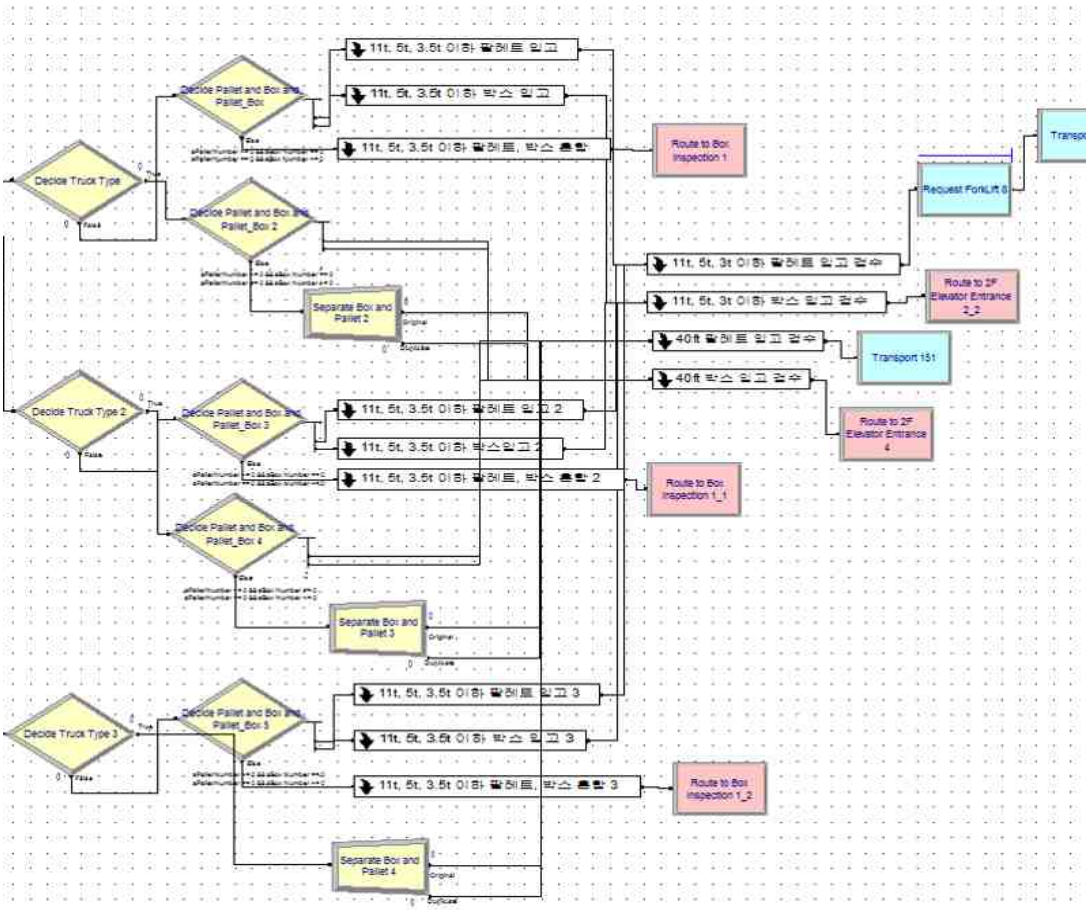


그림 3.1.48 일괄하역장비 연계 인터페이스 통합운영 Simulation Model

일괄하역장비 도입에 따른 연계 인터페이스 시스템 구축으로 입/출고 화물처리 통합 운영 프로세스를 분석하기 위해 시뮬레이션 기법을 활용하여 자동화시스템 구축 대비 물류작업 투입자원 증가에 따른 생산성을 분석하였다.

위의 그림은 실제 운영되는 CL물류센터 입/출고 프로세스 특히, 상하역 작업과 선/후행되는 프로세스를 중점으로 설계한 시뮬레이션 모델이다. 시뮬레이션 모델에서는 정확한 분석을 위해 박스단위 및 저온상품 취급까지 포함하여 운영모델을 설계하였으며 이는 실제 운영되는 물류센터에서 투입되는 자원의 특성이 단일 작업보다는 중복할당 즉, 상온/저온, 파렛트/박스 단위 구분 없이 작업 단위 기능 위주로 운용되기 때문이다. 또한 일괄하역장비 1대와 중간이송, 분류, 검수 등 연계 인터페이스 자동화를 고려하여 분석하였다.

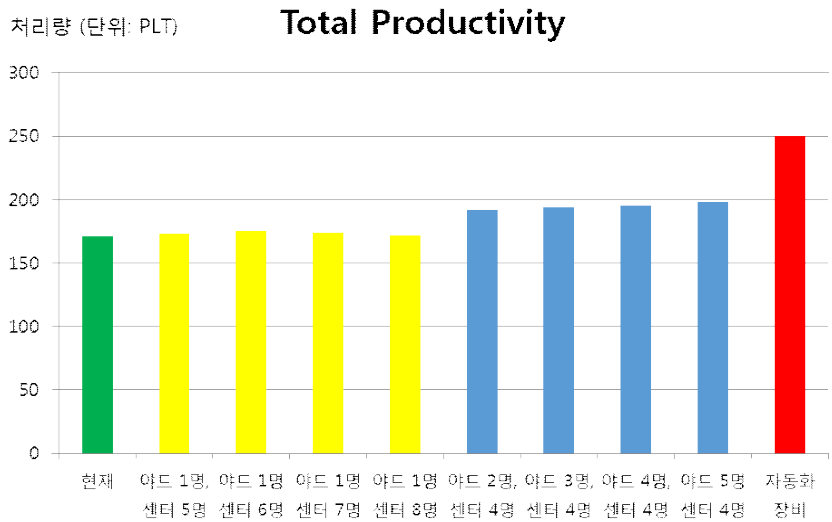


그림 3.1.49 일괄하역장비 연계 인터페이스 통합운영 생산성 분석

위의 그림은 일괄하역장비 연계 인터페이스 통합운영 생산성 분석 결과를 나타낸 것으로 상하역 자동화 장비와 연계하여 중간이송, 분류, 검수작업 자동화를 포함한 사항이다. 시뮬레이션 분석 결과 자동화 장비 도입 전 센터 내 화물취급 자원 투입 증가 대비 파렛트 화물 처리량에는 큰 변화가 없었으며, 야드 내 지게차 하역 및 이송작업에 투입되는 자원 한 단위 증가 시에는 파렛트 화물 기준 약 10% 처리량 증대가 가능한 것으로 도출되었다. 이는 일반적인 CL물류센터에서의 입/출고 화물 처리에 있어 상하역 작업 생산성에 직접적인 영향을 미치는 야드 작업자(지게차)의 중요성을 간접적으로 나타내고 있지만 한정된 공간과 후행되는 연계 프로세스의 작업의 제약으로 추가 투입하더라도 처리량에는 큰 변화가 없다는 결과를 의미한다.

결과적으로 자동화장비 도입 시 약 25% 처리량 증가를 기대할 수 있으며, 이는 일괄하역장비만 도입해서는 기대할 수 있는 결과 값은 아니고 연계 인터페이스 자동화를 바탕으로 시스템이 구축되었을 경우의 분석 결과이다.

다. 상하역 인프라 인터페이스 고도화

(1) 일괄하역장비 연계 인터페이스 기본설계 및 핵심 기능

물류센터 내 파렛트 화물 입/출고 자동화를 통한 일괄하역장비 적용효과 극대화를 위해 상하역 인프라 인터페이스 기술 개발의 일환으로 상하역 자동화 연계 파렛트 화물 이송 및 분배 자동화시스템을 설계하였다. 앞서 일괄하역장비 연계 화물취급 작업의 중요성을 기술하였듯이 파렛트 화물 입/출고를 위한 일괄하역장비 연계 화물 이송/분류/검수 등 일부 프로세스를 자동화함으로써 화물처리 생산성을 향상시키고 물류작업 투입자원인 인력, 지게차 등의 운용 효율 및 도크 혼잡도 개선 가능하다.

CL물류센터(계약물류) 적용에 따른 현장요구 사항들을 반영하여 일괄하역장비 연계 파렛트 화물 이송/분배 및 화물 검수 자동화를 기본 기능으로 한다. 또한 연계작업 시 물류센터 내 지게차 혼용을 위한 동선 방해를 최소화하고 물동량 변화에 따른 유연성 확보에 필요한 이송라인 확장 및 변경에 용이하며, 기존 이송시스템 단점 극복 가능한 파렛트 화물 전용 Track Shuttle 기반 파렛트 이송 및 분배시스템을 설계하였다.



그림 3.1.50 일괄하역장비 연계 인터페이스 기술 설계 Concept

일괄하역장비 연계 인터페이스 기술인 Track Shuttle 기반 파렛트 화물 이송 및 분배시스템의 핵심기능은 다음과 같다.

- (이송기능) 기존 경량화물용 셔틀을 파렛트 화물 운반이 가능하도록 고도화

→ 적재중량을 1Ton 이상으로 고도화하고 중량검수를 위한 중량측정기술 탑재

→ 운영 효율을 고려한 셔틀 간 화물연계 이송 및 개별제어 기능 등을 포함한 Track 기반 단위제어형 셔틀로 설계

→ 기존 파렛트 화물 이송시스템과 차별화되고 실제 물류현장에서 기존 인프라 장비 및 시스템과의 협업 고려



그림 3.1.51 일괄하역장비 연계 인터페이스 이송기능

- (분배기능) 물류센터 내 적용을 위해서는 지게차 및 인력작업의 협업을 고려해야만 하며 상/하차 분배지점의 확장과 변동사항에 대응 가능해야 함

→ 지게차 동선 간섭이 없도록 셔틀 주행 인프라 설비인 Track의 유연성 확보를 위해 고정형이 아닌 접이가 가능하도록 설계

→ 화물 입/출고 자유도가 높은 양방향 연계

→ 셔틀 운행 동선 및 분배거점 다변화 기능이 있도록 스위칭 기능 탑재형 Track 설계



그림 3.1.52 일괄하역장비 연계 인터페이스 분배기능

- (검수기능) 일괄하역장비와 연계한 파렛트 화물 입/출고 자동화 프로세스에서 화물 검수는 중요한 작업이며 화물처리 리드타임에도 큰 영향을 미침

→ 현재 물류센터 내 화물검수는 입/출고 시 수량 확인 및 상품 바코드 스캔 작업으로 진행되며 이를 자동화하기 위해 일괄하역장비 연계 인터페이스 기술인 파렛트 화물 이송 및 분배시스템에서는 파렛트 화물 인입 및 불출 지점 또는 일괄하역장비 플레이트 연계 구간에서 비전기술을 활용한 상품 바코드 자동인식 및 체적분석을 통한 수량추정이 가능하도록 설계

→ 자동인식을 통한 화물정보를 기반으로 시스템 내 이송 및 분배에 따른 작업할당이 가능하도록 함

→ 셔틀 또한 인입지점 연계 장치 내 로드셀(Load Cell)을 탑재하여 중량 측정기능도 탑재 함

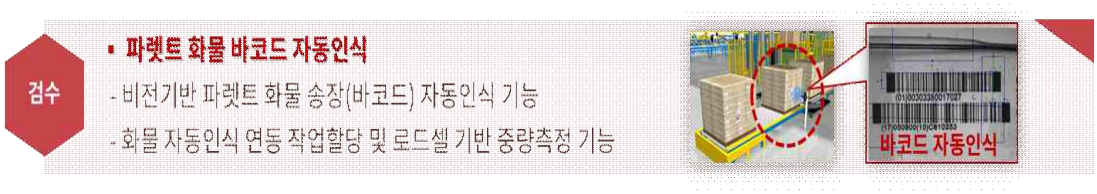


그림 3.1.53 일괄하역장비 연계 인터페이스 검수기능

(2) 일괄 하역장비 연계 인터페이스 상세설계 및 시스템 고도화

일괄하역장비 연계 인터페이스 기술인 파렛트 화물 이송 및 분배시스템의 핵심 요소기술인 Track 기반 주행 셔틀(RGV)은 T11형 파렛트 화물 취급이 가능하고 적재중량 1,000kg 까지 운반할 수 있다. 또한 셔틀 간 연계이송, 보관 및 연계 컨베이어 간 화물이동 등, 장치 간 이송 자유도를 높이고 주행 경로의 유연성 확보를 위해 적치된 화물의 전방향 이송이 가능하도록 설계 하였다.

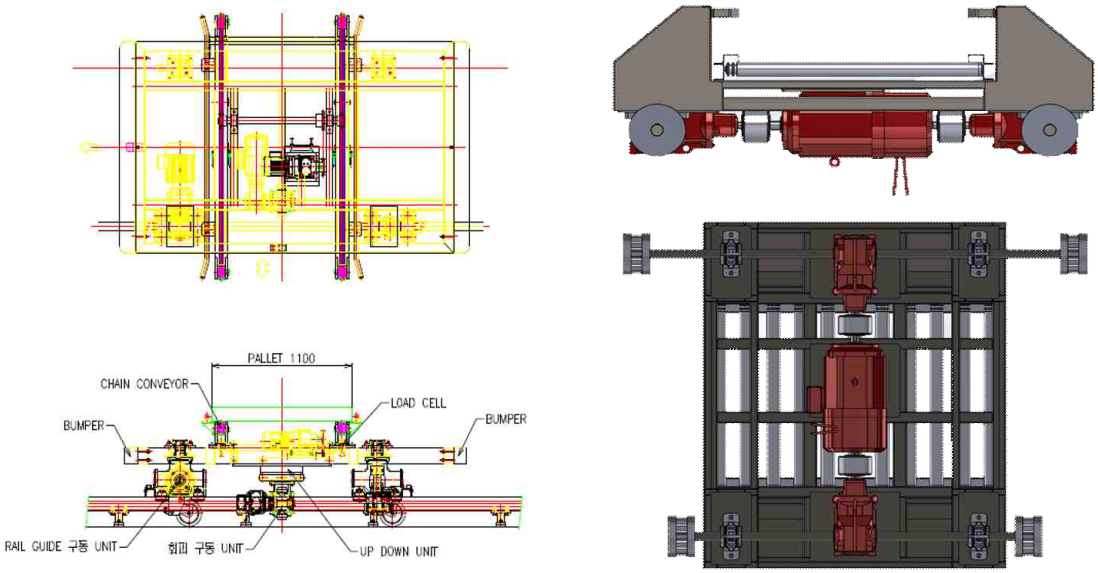


그림 3.1.54 파렛트 화물 운반 셔틀 설계도

셔틀 운용 시 생산성 향상 및 다 개체 운영을 고려하여 기존 대다수의 셔틀 시스템 내 회피 주행 방식인 특정 지점에 회피 구간을 설치하여 운영하는 것 외 일시적으로 트랙에서 이격한 후 셔틀 간 양방향 회피주행 할 수 있는 기능이 있어 다수 셔틀을 동시에 운영하는데 효과를 극대화 할 수 있다.

또한 필요시 운반화물 확장성에 따라 하나의 셔틀이 동시에 두 개의 파렛트 화물 운반이 가능할 수 있도록 Dual 운반 구조체계를 설계에 반영하였고 적용 시 선택사항으로 고려 가능 하다.

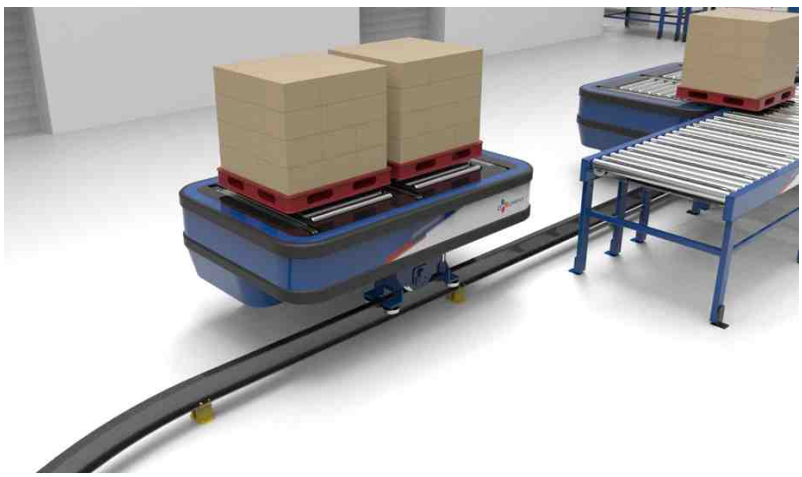


그림 3.1.55 파렛트 화물 듀얼운반 셔틀 설계 Concept

일괄하역장비 연계 파렛트 화물 투입 및 배출 기능을 포함하여 시스템 내 화물 일시 보관, 연계 이송할 수 있는 파렛트 화물 연계 이송 컨베이어 설계도는 아래와 같다. 컨베이어 구동방식은 체인 컨베이어와 롤러 컨베이어 혼용방식으로 교차로 위치하여 전후좌우 전 방향 운반 가능하고 선택적으로 운용할 수 있으며 최대 0.5m/s 운반속도와 이탈방지를 위한 인아웃 가이드로 설치할 수 있도록 설계하였다. 파렛트 화물 연계 이송 컨베이어는 화물 상/하차 전후 분류대기 및 평치보관 기능을 할 수 있도록 다수의 셀(Cell)로 구성 가능하고 일괄하역장비 또는 시스템 내 화물 인입/배출 시 연계지점으로도 활용 할 수 있다.

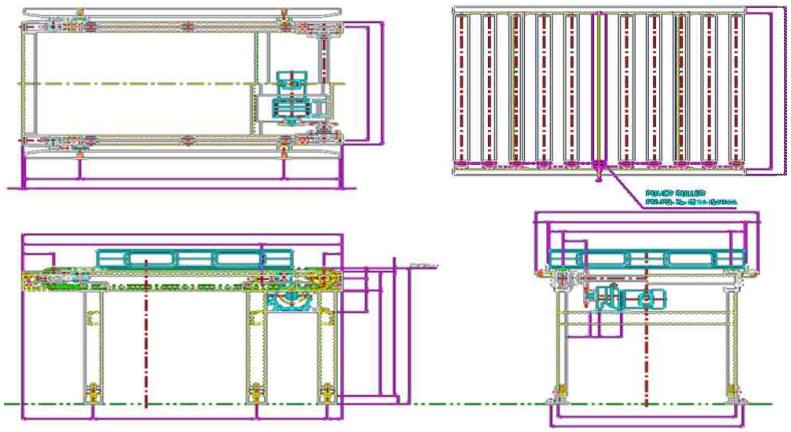


그림 3.1.56 파렛트 화물 연계 이송 컨베이어 설계도

파렛트 화물 이송 및 분배시스템 내 셔틀 주행 유연성 및 자유도를 높이기 위해 트랙 구성 시 철도 궤도구조 기술을 응용한 트랙 자동방향전환이 가능하도록 설계하였다. 또한 일반적인 Dual 레일이 아닌 Single 레일로서 시스템 적용 시 공간 활용도를 높이고 장비 간 작업간섭 및 셔틀 기동거리를 최소화함에 따라 시스템 운영 생산성 향상이 가능하고 시스템 설치비용 절감 효과가 있다.

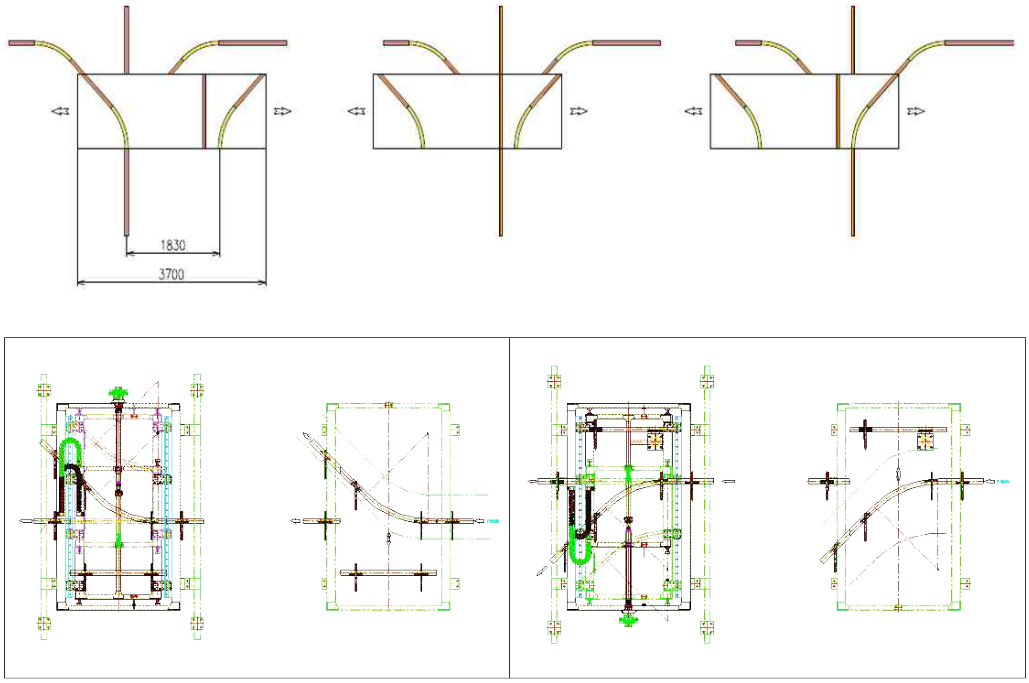


그림 3.1.57 파렛트 화물 운반 셔틀 Track Switching 구조 설계도

일괄하역장비와 연계하여 파렛트 화물 이송 및 분배시스템을 운영하는데 있어 입/출고 화물 및 상/하차 차량 대수 등 작업량이 증가할수록 시스템 내 셔틀 운용, 작업순서 및 할당 등 작업 스케줄링 최적화가 필요하다. 아래 그림은 입/출고 화물의 시스템 내 중간이송, 보관 및 분류를 고려한 시스템 운영 알고리즘으로서 파렛트 화물 및 셔틀 이동을 최소화하고 단위화물 당 인입/배출 생산성을 극대화하는 것을 목표로 설계하였다.

알고리즘 내 목표패턴은 상/하차 시 각 도크 내 우선순위에 따라 플레이트에 적치되는 화물과 연계 이송되어 분류 대기되는 화물의 정렬 순서 및 단위화물 위치를 뜻하며 해당 패턴은 시스템 내 파렛트 화물 인입/배출 시 마다 설정된다. 즉, 피킹 후 파렛트 단위화물이 시스템 내 인입이 되면 기 할당된 작업순서와 우선순위를 고려한 목표패턴이 설정되고, 셔틀 이동 및 파렛트 연계이송 최소화를 목표로 시스템 운영 스케줄이 자동으로 이루어진다.

제2절 전용 일괄 하역장비 기술 개발

1. 기술 개요

전용 일괄 하역장비는 물류센터 등의 화물 하역 지점에서 하역 대상인 파렛트 화물 전체를 한 번에 트럭 적재함이나 컨테이너에 일괄 상차 하거나 트럭 적재함이나 컨테이너로부터 화물을 한 번에 일괄 하차하는 장비이다. 화물을 지게차를 이용하여 하나씩 상하차하는 방식에 비해 하역시간을 단축시킬 수 있으며, 화물의 파손 및 안전사고의 위험성을 낮출 수 있어 신속하고 효율적인 하역작업을 가능하게 한다.

트럭 적재함 또는 컨테이너 화물의 상하역 모두를 자동으로 수행하는 위해서는 트럭 적재함 또는 컨테이너에 이를 위한 장비가 설치되어 있어야 한다. 또한 물류센터 도크 등에 트럭 적재함 또는 컨테이너에 설치된 장비와 연결하여 상하역을 자동으로 수행하기 위한 장비가 필요하다. 따라서 전용 일괄 하역장비는 트럭 적재함 내부의 화물을 자동으로 일괄 하차하거나 적재함 내부로 화물을 자동으로 일괄 상차하기 위해 적재함 내부에 화물 이송을 위한 전용 플레이트와 물류센터 등 하역지점에 적재함 내부에 설치된 전용 플레이트와 연결하여 상하차를 수행하는 도크 플레이트, 그리고 상하차 시 적재함의 움직임을 방지하고 레벨 및 수평을 유지하는 레벨유지 및 고정장치로 구성된다.

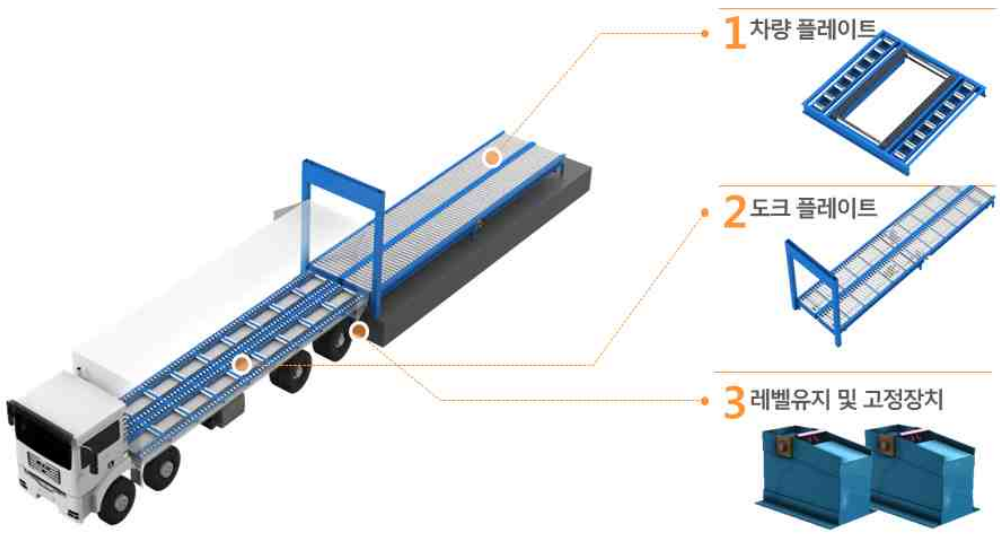


그림 3.2.1 전용 일괄 하역장비

2. 기본 설계

가. 설계 고려사항

(1) 전용 일괄 하역장비 크기

전용 일괄 하역장비는 적재함 내에 화물 이송을 위한 전용 플레이트를 설치해야 하므로, 컨테이너의 사용 특성상 주 대상은 일반 화물차량이다. 따라서 최대 설계 기준은 일반 화물차량 중 최고 운송능력을 갖는 25톤 차량을 기준으로 한다. 25톤 화물차량의 적재함 길이와 너비가 각각 11,000mm와 2,350mm 이므로, 차량 플레이트 및 도크 플레이트 크기는 이를 기준으로 설계해야 한다.

(2) 차량 및 도크 플레이트의 화물 이송 속도

전용 일반 하역장비의 목표 하역시간은 6분 이내 이므로, 이를 위해서는 차량 플레이트와 도크 플레이트가 1.9m/min(=11,000m/6min) 이상의 속도를 가져야 한다. 적재함이 도크에 접차한 후 전원 투입 및 제어반 조작과 같은 활동을 고려한다면, 더 높은 이송속도를 필요로 한다.

(3) 취급 대상 화물

각 플레이트를 통해 하역하는 대상 화물은 파렛트 화물을 기준으로 한다. 한국 파렛트 컨테이너 협회 조사에 따르면 2010년 기준으로 파렛트 사용 비율은 T11 35.5%, T12 14.4%, KS 기타 규격 7.1%, 비표준 43.2%로 나타났으며, 재질에 따른 사용 비중에서는 플라스틱 재질이 57.8%, 목재 재질이 42.1% 수준으로 집계되었다.[10)]

이와 같이 업계 및 화물 특성에 따라 다양한 종류의 파렛트가 사용되고 있으나 장비 개발에 이를 모두 고려하기에는 무리가 있다. 따라서 처리 기준이 되는 파렛트의 규격은 가장 많이 사용되고 있는 T11(1,100×1,100)과 T12(1,200×1,000)로 설정하고, 재질은 플라스틱을 기준으로 한다. 또한 양면과 편면 파렛트 모두를 대상으로 한다.

10) (사)한국파렛트컨테이너협회, 2011년 파렛트/컨테이너 생산 및 사용실태 조사 보고서, 2012

(4) 차량 플레이트 구동

차량 플레이트는 일괄 상하역을 위해 적재함 내 화물을 자동으로 이송하고 배치할 수 있어야 한다. 따라서 차량 플레이트는 자체 구동이 가능하도록 설계해야 한다.

(5) 차량 플레이트의 일괄 구동 및 step by step 구동

전용 일괄 하역장비는 차량 플레이트와 도크 플레이트가 연결되어 자동으로 일괄 하역이 수행된다. 그러나 상황에 따라 도크 플레이트가 설치되지 않은 경우에도 상하역을 수행할 수 있어야 한다.

도크 플레이트가 설치되지 않은 경우 지게차를 이용하여 적재함 내 화물을 상하역할 수 있는 기능을 가져야 하므로, 차량 플레이트는 화물 전체를 한꺼번에 상하역하기 위한 일괄 구동 기능과 하나의 화물 크기만큼만 구동하는 step by step 구동 기능을 가져야 한다.

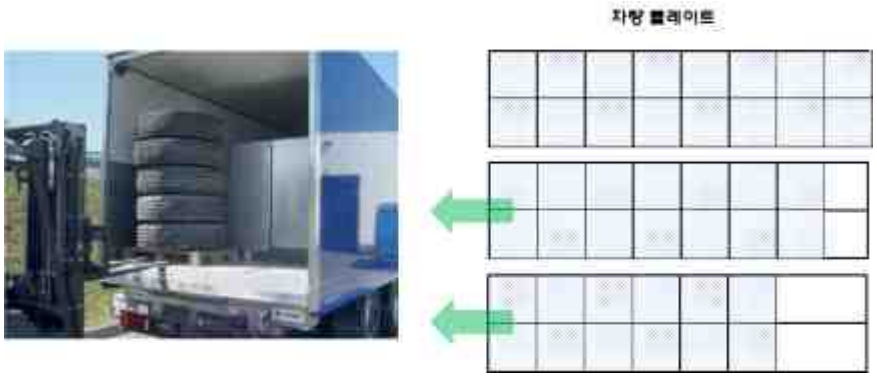


그림 3.2.2 차량 플레이트의 Step by Step 구동

(6) 차량 플레이트 중량

차량 플레이트는 적재함 내에 설치되기 때문에, 플레이트 설치로 인해 화물 적재중량 손실이 발생하며 차량 연비에도 악영향을 미친다. 따라서 차량 플레이트 설치에 따른 중량 증가를 최소화해야 한다.

(7) 차량 플레이트 높이

적재함 내에 플레이트를 설치하게 되면 적재함 내 화물 적재 공간의 손실을 가져온다. 따라서 화물 적재 공간의 손실을 최소화하기 위해 차량 플레이트 높이를 최소화해야 한다.

(8) 지게차 작업이 가능한 차량 플레이트 구조

차량 플레이트의 고장 등 비상상황 및 도크 플레이트가 설치되지 않은 경우 등에 대체하기 위해 차량 플레이트는 지게차의 출입 및 하역이 가능한 구조를 가질 필요성이 있다. 그러나 지게차가 적재함으로 진입할 경우 차량 플레이트는 지게차의 자중 및 화물 중량을 지지해줄 수 있어야 한다. 따라서 이 경우 플레이트를 강성 구조로 제작해야 하므로, 차량 플레이트 중량이 비약적으로 증가할 것이다. 지게차 진입을 고려하지 않을 경우 차량 플레이트를 이용하여 적재함 끝부분까지 화물을 이동시켜(step by step 구동) 지게차가 작업할 수 있도록 하는 대안을 고려할 수 있다.

(9) 도크 플레이트의 일괄 구동 및 화물 정렬(상차 준비, step by step) 구동

차량 플레이트와 마찬가지로 도크 플레이트도 일괄 하역을 위해 화물 전체를 한꺼번에 이송시키는 일괄 구동 기능을 가져야 한다. 또한 일괄 상차를 위해서는 먼저 도크 플레이트에 화물이 준비되어 있어야 한다. 즉, 일괄 상차를 위해 컨베이어 라인 또는 지게차를 이용하여 도크 플레이트에 투입된 화물은 일괄 상차가 수행되기 전 정렬되어야 한다.

일괄 하차가 수행되어 도크 플레이트에 한꺼번에 내려진 화물은 컨베이어 라인 또는 지게차를 이용하여 입고 작업이 진행될 수 있도록 도크 플레이트에서 배출되어야 한다. 이를 위해 도크 플레이트는 화물의 크기만큼만 화물을 이송시키는 step by step 구동 기능을 가져야 한다.

(10) 상하역 작업 시 차량 고정

일괄 상차 또는 일괄 하차는 적재함 내 설치된 차량 플레이트와 도크에 설치된 도크 플레이트가 서로 연결되어 수행된다. 따라서 상하역 작업 시 차량이 움직아게 된다면 사고가 발생하게 될 것이다. 물류센터 도크에 차량이 접안한 후 차량 자체적으로 움직이지 않도록 하는 조치를 취하게 되나, 안전한 상하차 작업을 위해서는 작업 시 차량이 움직이지 않도록 고정하기 위한 방안이 필요하다.

(11) 상하역 작업 시 차량 자세 유지

상하차 작업 시 서로 연결되어 있는 적재함 내 차량 플레이트와 도크 플레이트의 레벨(높이)는 동일하게 유지되어야 한다. 도크에 설치되는 도크 플레이트의 레벨은 일정하게 유지되나 차량의 경우 종류 및 사용 특성에 따라 차량의 상태가 서로 상이하여 차량마다 지면으로부터 적재함 바닥까지의 높이는 일정하지 않다. 또한 상하차 작업에 따라서 적재함 내의 화물량(공차, 만차) 변화가 발생하며 이에 따라 지면에서 적재함 바닥까지의 높이가 변하게 된다. 따라서 상하차 작업 시 서로 연결되어 있는 차량 플레이트와 도크 플레이트의 레벨변화를 방지하고 적재함의 자세를 유지하기 위한 방안이 고려되어야 한다.

(12) 플레이트 간 센터 유지

상하차 작업은 차량이 후진하여 도크에 접차한 후 차량 플레이트와 도크 플레이트가 연결되어 수행된다. 상하차 작업의 원활한 수행을 위해서는 두 플레이트 간 센터가 유지되어 차량 플레이트와 도크 플레이트가 비뚤어짐이 없이 일직선으로 연결되어야 한다.

나. 장비 기본 설계

(1) 차량 플레이트

차량 플레이트는 트럭 적재함에 설치되어 적재함 내에서 화물을 이송하는 장비이다. 본 연구에서는 일반적으로 일체형으로 플레이트를 구성하여 적재함 외부에 구동모터를 장착하는 형태가 아닌, 모듈형태로 설계하였다. 따라서 아래 그림에서와 같이 일정한 크기의 차량 플레이트 모듈을 적재함 크기에 맞게 바닥에 배치하여 전체 차량 플레이트를 구성하게 된다.

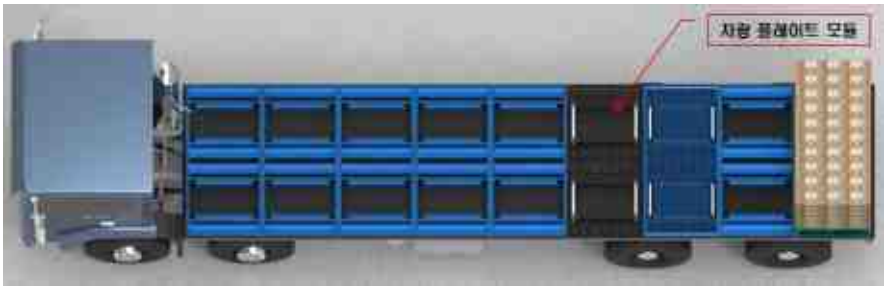


그림 3.2.3 차량 플레이트 개념

차량 플레이트 모듈은 구조를 지지하는 프레임과 프레임의 전단과 후단에 각각 구동모터를 롤러 내부에 내장한 구동롤러가 구비되며 구동롤러의 양측에는 체인이 연결되어 구동롤러의 구동력에 의해 회전하게 된다. 프레임 양측, 즉 체인의 외측에는 길이방향으로 동력이 없는 무구동 롤러가 프레임의 길이방향을 따라 일정간격으로 배치된다.

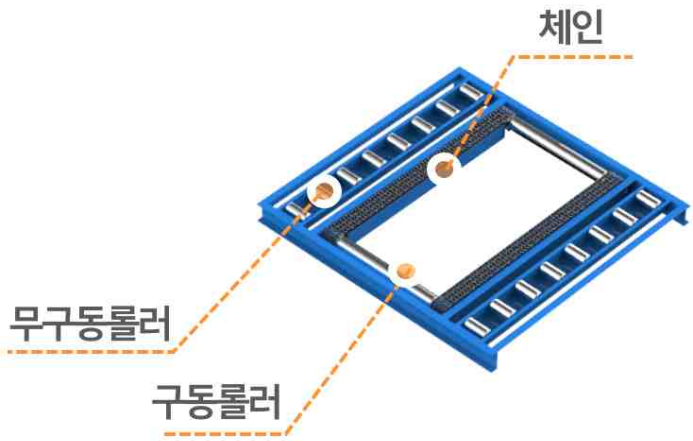


그림 3.2.4 차량 플레이트 모듈

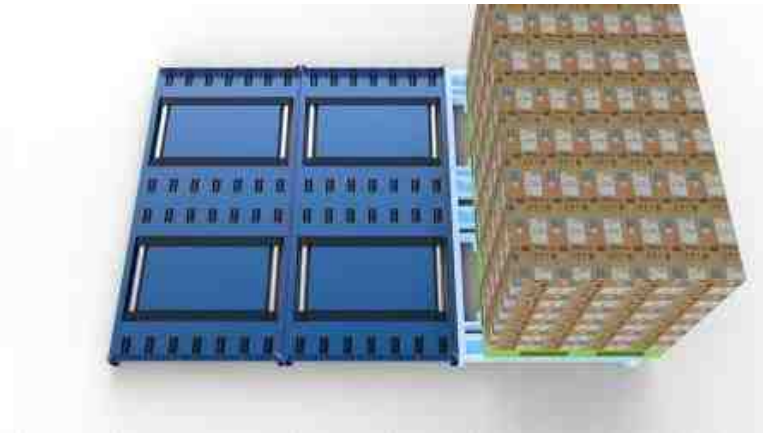


그림 3.2.5 차량 플레이트 모듈 배치 예

차량 플레이트 모듈은 적재함의 폭 방향으로 2개를 배치하고 길이방향으로는 적재함의 길이에 맞게 설치된다. 또한 차량 플레이트 모듈은 구동모터를 롤러 내부에 내장한 구동롤러 2개를 체인으로 연결하고 있다. 따라서 구동롤러가 구동되면 연결된 체인이 회전하면서 체인 위에 적재된 화물을 이송한다. 플레이트 모듈 양측면의 무구동 롤러는 화물 이송 시 마찰력을 줄여주면서 화물을 이송 자세를 지지하여 화물 이송을 보조하는 기능을 한다.

차량 플레이트의 가장 큰 특징은 롤러 내부에 구동모터를 내장한 구동롤러를 이용하여 플레이트를 모듈화 한 것으로 이러한 플레이트 모듈을 연결하여 전체 플레이트를 구성하게 된다. 이러한 특징으로 일체형 플레이트 구성 시 요구되는 대용량의 플레이트 구동장치를 제거할 수 있으며, 적재함 내외부의 플레이트 구동장치 설치 공간을 제거할 수 있다. 또한 적재함 바닥에 플레이트 모듈을 개조 없이 그대로 올려놓아 설치할 수 있으므로 차량 플레이트 설치 시 적재함 개조를 최소화할 수 있어 설치 및 유지보수에 용이성이 있다.

각 플레이트 모듈은 개별 구동이 가능하며 차량 적재함 뿐 아니라 물류센터 등에서 플레이트 모듈의 개조 없이 필요한 만큼 연결하여 사용할 수 있다.

(2) 도크 플레이트

도크 플레이트는 물류센터 도크 등 하역지점에 설치되어 적재함 내 차량 플레이트로부터 화물을 받거나 차량 플레이트에 화물을 이송하는 장비로, 일반적인 체인 구동 롤러 컨베이어의 형태이다. 도크 플레이트는 체인 구동 롤러 컨베이어의 구조로 중간 양 측면 하부에 위치한 2개의 구동모터가 구동하면 플레이트 양쪽 측면에서 체인으로 연결된 롤러를 회전하면서 화물을 이송하게 된다.



그림 3.2.6 도크 플레이트 개념

이러한 도크 플레이트의 화물 이송을 위한 구동은 두 가지로 나누어진다. 첫 번째는 차량 플레이트로부터 화물을 일괄 하차하거나 도크 플레이트에 준비된 화물을 차량 플레이트에 일괄 상차하는 경우 구동모터는 하차나 상차가 완료될 때까지 계속 구동된다.

두 번째는 화물의 일괄 하차가 완료되거나 도크 플레이트에 일괄 상차를 위해 화물을 준비하는 경우이다. 일괄 하차가 완료된 경우 화물 입고를 위해 도크 플레이트와 연결된 자동화 라인으로 화물을 투입하거나 지게차를 이용하여 화물을 하나씩 적재하여 처리할 수 있도록 구동모터는 화물 크기만큼만 화물이 이동되도록 구동된다.

마찬가지로 일괄 상차를 위해 화물을 준비하는 경우 도크플레이트와 연결된 자동화 라인으로부터 화물이 투입되거나 지게차를 이용하여 화물을 하나씩 도크 플레이트에 적재하는 경우 도크 플레이트에 화물이 앞뒤로 밀착하여 적재될 수 있도록 화물 크기만큼만 화물이 이동되도록 구동된다.

도크 플레이트는 체인 구동 롤러 컨베이어 구조로 중량물 이송에 안정적인 롤러를 통해 화물을 이송하며 체인 연결을 통해 효율적으로 동력을 전달한다. 그리고 플레이트에 적재된 화물 전체를 이송시키는 구동방식과 화물의 크기만큼만 이송시키는 구동방식을 갖는 것을 특징으로 한다.

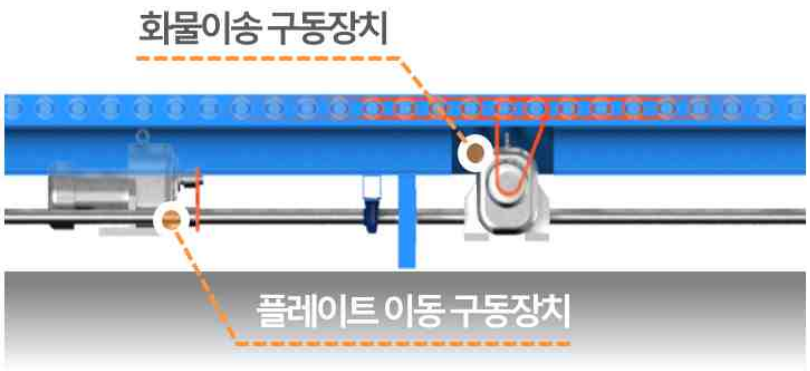


그림 3.2.7 플레이트 구동장치



그림 3.2.8 좌우 이동 휠

(3) 레벨 유지 및 고정 장치

레벨유지 및 고정 장치는 도크 외부 하단에 설치하여, 도크에 접안하는 적재함 후면 하단과 접촉하여 차량 종류 및 사용특성에 따른 적재함의 높이 변화 및 적재함에 적재된 화물량(공차/만차)에 따른 적재함의 높이 변화를 방지하여 적재함의 자세를 유지하고, 상하차 시 발생할 수 있는 차량의 움직임을 방지하기 위한 장치이다.

차량이 후진하여 도크에 접안할 때, 차량 후면의 적재함 아래쪽에 설치된 레벨유지롤러가 윗면이 약간 경사지게 구성된 레벨 유지 및 고정 장치를 타고 올라오게 됨으로써 적재함의 레벨 변화를 방지하게 된다. 또한 차량의 도크 접안이 완료되면 유압실린더가 동작하여, 차량 고정을 위한 조절판을 세워 차량 후면 적재함 아래에 위치한 레벨유지롤러를 고정한다.



그림 3.2.9 플레이트 구동장치

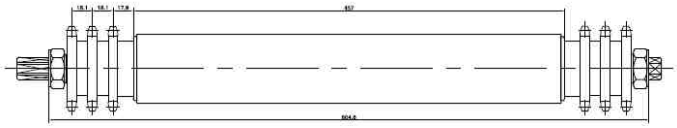
레벨 유지 장치와 고정 장치를 연계하고 차량 후면을 유압장치 등 동력을 이용하지 않고 장치 구조적으로 약간 들어 올림으로써 장치의 설치 및 작동을 간소화하였다. 또한 적재함 고정을 위해 적재함 등의 차량 외부의 특정 부위를 붙잡는 형태가 아닌, 조절판을 세워 차량의 움직임을 제약하는 형태로 구성하여 중소 용량의 유압실린더를 사용하는 특징이 있다. 레벨유지 및 고정 장치는 차량 후면 적재함 하단부에 레벨유지롤러를 구비해야 하므로, 화물 차량 후면의 다양한 형태에 따른 범퍼 등의 개조가 필요할 수 있다.

다. 경량화 및 비용 저감 설계

(1) 차량 플레이트 구동력 검토

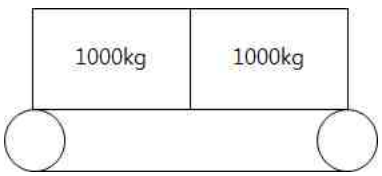
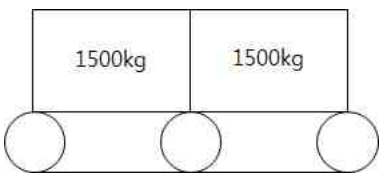
차량 플레이트에 적용된 구동롤러는 플레이트 길이방향으로 양쪽 끝에 배치되어 있어 플레이트를 2개씩 결합·확장하여 1기의 플레이트로 설계 시 4개의 구동롤러를 갖게 되어 구동력에 여력이 있을 경우 3개 또는 2개로 숫자를 줄이는 것이 가능하다. 차량 플레이트에 적용된 구동롤러는 2.5~8.1m/min의 속도를 가지며 주요 사양은 다음과 같다.

표 3.2.1 구동롤러 사양

속도 (m/min)	토크(Nm)		접선력(N)		전류(A)	
	정격	기동	정격	기동	정격	기동
2.5~8.1	10.88	59.01	359.9	1,950.9	3.3	7.0
						

구동롤러를 2개 배치하는 경우 파렛트 화물의 중량이 1,000kg일 때 구동롤러 1개에 걸리는 하중이 1,000kg으로 체인 및 체인 가드의 마찰계수 0.18 적용 시 정지마찰력이 1,800N, 저항모멘트가 55Nm가 되어 구동롤러의 기동토크(59Nm)로 구동이 가능하다. 마찬가지로 구동롤러 3개를 배치하는 경우 파렛트 화물의 중량이 1,500kg일 때 구동롤러 1개에 걸리는 하중이 1,000kg이 되어 구동롤러의 기동토크로 구동이 가능하다.

표 3.2.2 구동롤러 구동력 검토

구 분	검 토
	- 구동롤러 1개에 걸리는 하중(P) 1,000kg - 체인 및 체인 가드의 마찰계수(μ) 0.18 ∴ 정지마찰력(F) = 10,000N × 0.18 = 1,800N 저항모멘트 Mr = F × r = 1,800×(60.5/2) = 55Nm 기동토크 M = 59 > Mr
	- 구동롤러 1개에 걸리는 하중(P) 1,000kg - 체인 및 체인 가드의 마찰계수(μ) 0.18 ∴ 정지마찰력(F) = 10,000N × 0.18 = 1,800N 저항모멘트 Mr = F × r = 1800×(60.5/2) = 55Nm 기동토크 M = 59 > Mr

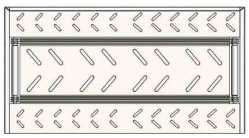
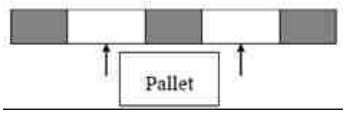
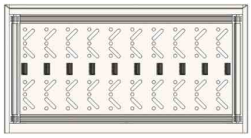
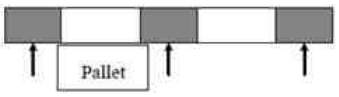
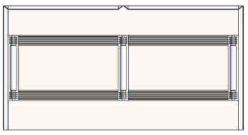
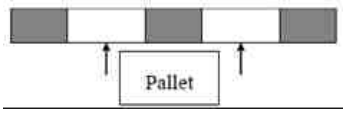
따라서 차량 플레이트 모듈을 길이 방향으로 확장하여 모듈의 크기를 2,200(L)×1,150(W)mm로 설계하는 경우 구동롤러 1개 또는 2개를 줄일 수 있다. 이 때 구동롤러를 2개 배치하는 경우 1개 파렛트 화물의 중량이 1,000kg 이하인 상황에서 적용이 가능하고 구동롤러를 3개 배치하는 경우 1개 파렛트 화물의 중량이 1,500kg 이하인 상황에서 적용이 가능하다.

(2) 차량 플레이트 검토 모델 도출 및 구조 해석

차량 플레이트 모듈을 길이 방향으로 2개씩 결합 · 확장 시 구동롤러 길이와 체인 간격 그리고 무구동롤러 삭제 및 배치에 따른 세부 검토 안을 다음과 같이 도출하였다.

Type 1은 플레이트 모듈을 길이 방향으로 확장 시 구동롤러를 2개 배치하고 양 측면의 무구동롤러를 삭제한 타입이다. Type 2는 체인과 무구동롤러의 배치를 변경한 것으로 체인을 양 측면에 무구동롤러를 가운데 배치한 타입이다. 이에 따라 구동롤러의 길이가 길어지게 된다. Type 3은 Type 1과 기본적인 구조가 동일하나, 플레이트 중간에 구동롤러를 1개 더 배치한 타입으로 Type 1과 Type 2는 커버 크기를 조정하여 구동롤러를 3개 배치하는 Type3의 형태로 적용할 수 있다. Type 2는 체인과 무구동롤러가 파렛트의 양 측면 및 가운데를 지지하게 되어 파렛트지지 및 안정성 측면에서 우수하나 구동롤러의 길이가 길어지고 무구동롤러가 배치됨에 따라 경량화 측면에서는 Type 1이 우수하다.

표 3.2.3 차량 플레이트 검토 모델

구분	설계안		비고
Type 1			- 파렛트 지지 측면에서 Type 2보다 안정적이지 못하나 무게 측면에서 Type 2에 비해 우수
Type 2			- 파렛트 지지 측면에서 가장 안정적 - 무구동롤러로 인해 무게에는 부정적
Type 3			- 구동롤러 3개 - 기본 구조는 Type 1과 유사



- Type 1 -



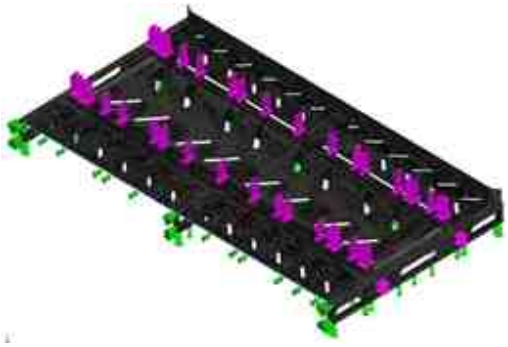
- Type 2 -



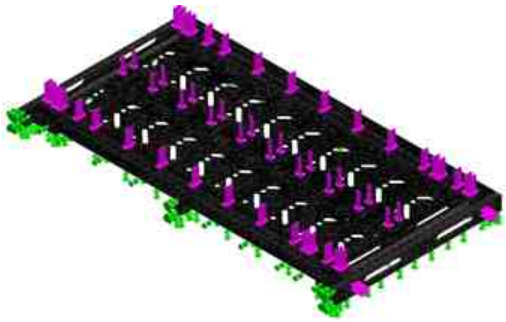
- Type 3 -

그림 3.2.10 2차 개선 검토 모델

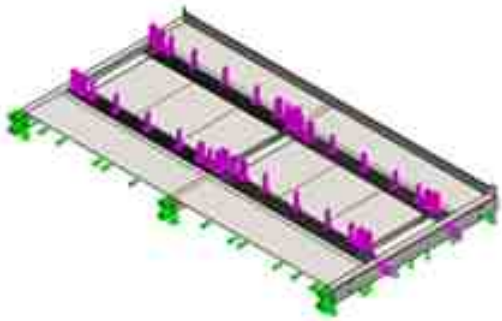
3가지의 검토 모델에 대해 구조해석을 통해 안전성을 분석하였다. 분석 시에 적용한 재질은 기존에 적용한 SS400 외에 경량소재인 섬유강화플라스틱 GFRP와 CFRP를 적용하였다. 세부 검토 모델에 따라 적용 재질별 파렛트 1개당 1,500kg 하중을 기준으로 하였으며 각 타입 별로 메인 프레임 및 커버, 가이드에 대해 SS400, GFRP, CFRP를 적용하였다. 이에 대한 해석모델 및 적용 재질의 물성치는 다음과 같다.



- Type 1 -



- Type 2 -



- Type 3 -

그림 3.2.11 해석 모델

표 3.2.4 적용 재질

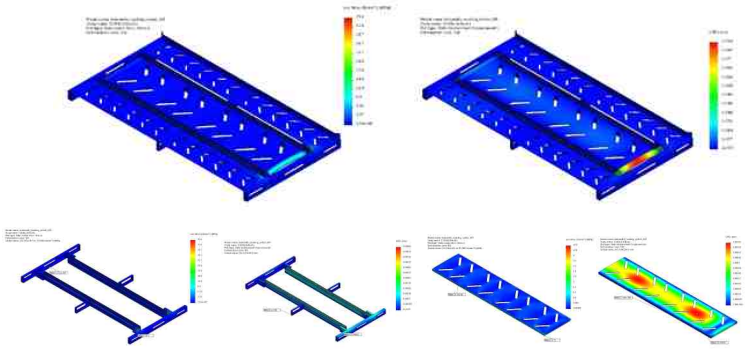
구분	SS400	GFRP	CFRP
Density(kg/m^3)	7860	2550	1740
Young's Modulus(MPa)	200000	51000	580000
Poisson's Ratio	0.26	0.2	0.27

표 3.2.5 파트별 모델

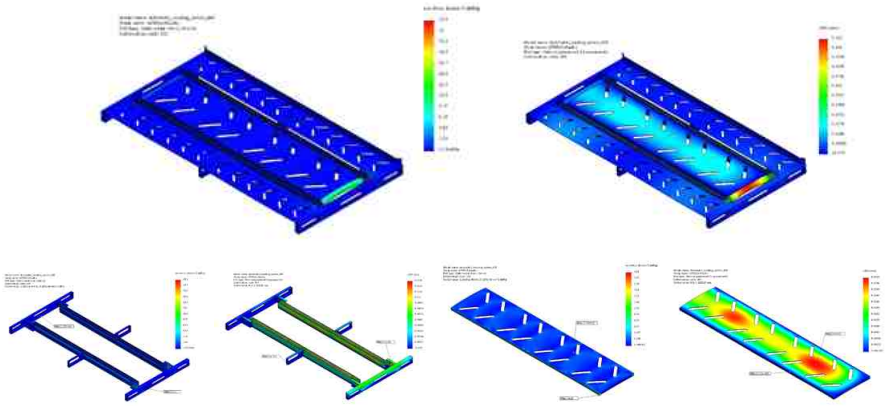
구분	모델	
Main Frame		
Mid Frame		
Gard		
Cover Frame		
Power Roller		
Sprocket		

표 3.2.6 Type 1 구조해석 결과

구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 1	SS400	35.6	0.0924	6.3	안전



구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 1	GFRP	25.1	0.111	8.5	안전



구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 1	CFRP	56.6	0.0758	8.5	안전

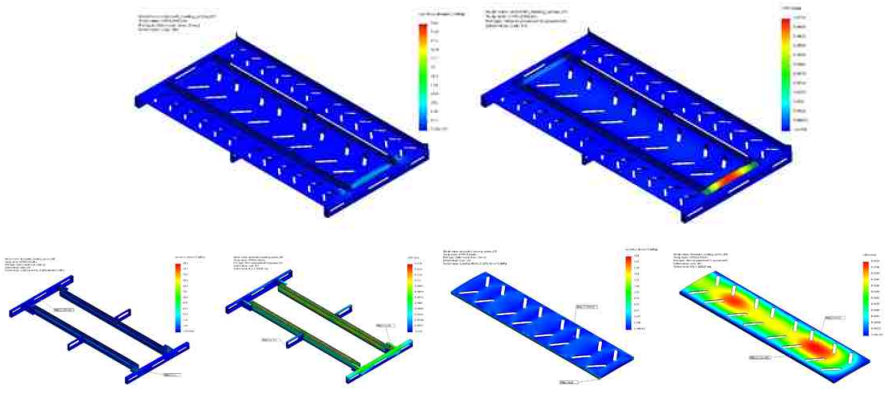
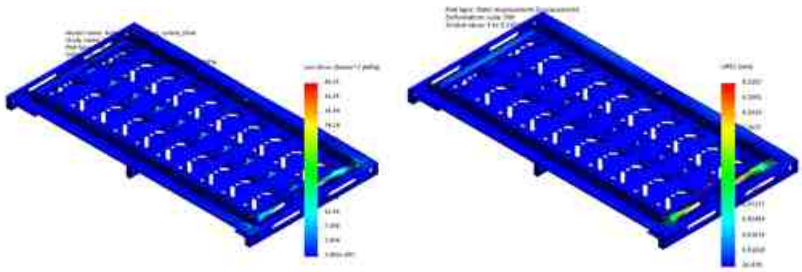
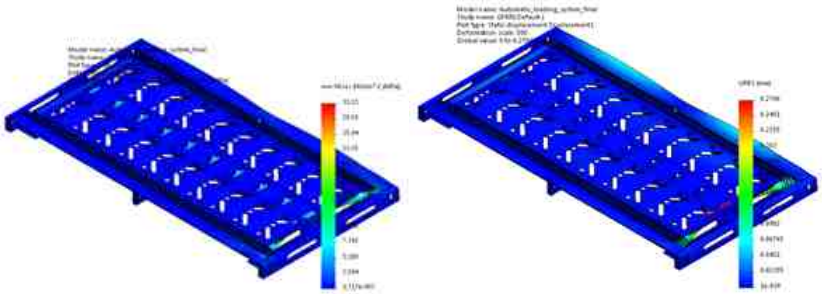


표 3.2.7 Type 2 구조해석 결과

구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 2	SS400	44.6	0.22	4.4	안전



구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 2	GFRP	31.13	0.27	6.9	안전



구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 2	CFRP	71.2	0.172	3.7	안전

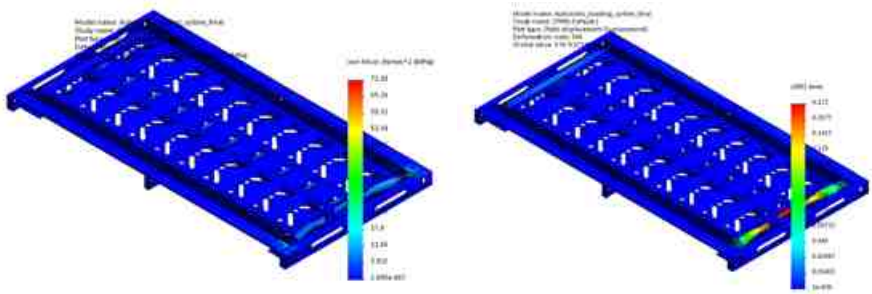
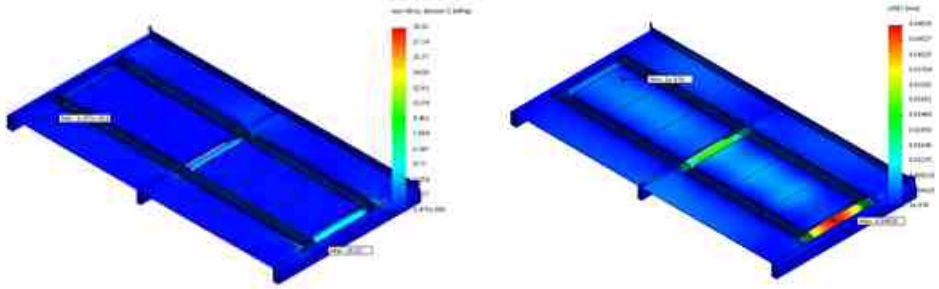
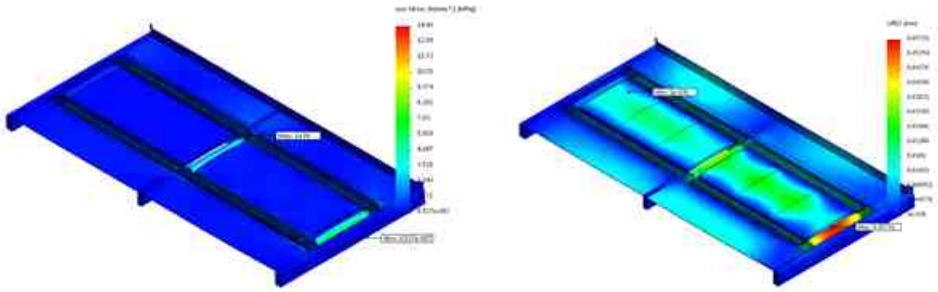


표 3.2.8 Type 3 구조해석 결과

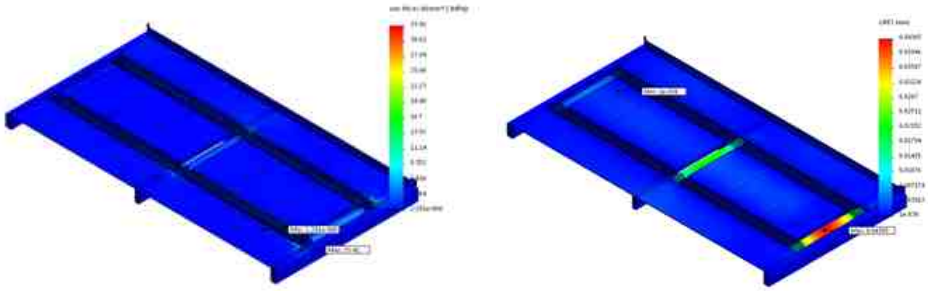
구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 3	SS400	18.9	0.05	10.4	안전



구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 3	GFRP	14.1	0.06	13.3	안전



구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
Type 3	CFRP	33.4	0.04	10.4	안전



각 타입 별로 SS400, GFRP, CFRP를 적용하여 구조해석을 수행한 결과 구조적으로 문제가 없음을 확인하였다.

표 3.2.9 구조해석 결과 요약

구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수
Type 1	SS400	35.6	0.0924	6.3
	GFRP	25.1	0.111	8.5
	CFRP	56.6	0.0759	5.3
Type 2	SS400	45.65	0.2183	4.4
	GFRP	31.13	0.2706	6.9
	CFRP	71.19	0.172	3.7
Type 3	SS400	18.9	0.05	10.4
	GFRP	14.1	0.06	13.3
	CFRP	33.4	0.04	8.3

(3) 검토 결과

세부 검토안에 따라 플레이트 모듈의 중량을 산정한 결과는 다음의 표와 같다. 이를 보면 기존 대비 36% 이상의 무게를 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있다. Type 1과 3은 플레이트 모듈 1개의 중량이 150kg 이내로 전체 플레이트 중량의 경량화 목표를 달성할 수 있다. Type 2는 SS400 및 SS400과 복합재료를 혼합한 경우 플레이트 모듈 1개의 중량이 150kg을 넘어서서 전체 플레이트 중량의 경량화 목표를 달성할 수 없으며, 메임 프레임도 복합재료인 GFRP와 CFRP를 적용해야 목표를 달성할 수 있다.

따라서 경량화를 위해서는 Type 1과 Type 3의 검토 안을 선택한다. Type 1(구동롤러 2개)은 구동롤러의 구동력을 고려하여 각 화물의 무게가 1,000kg 이내인 화물용으로 Type 3(구동롤러 3개)은 각 화물의 무게가 1,500kg 이내인 화물용으로 구분하여 선택 가능한 제품이 될 수 있다.

구동롤러가 2개인 경우 메인 프레임 및 커버 등의 주요 자재를 경량복합재료(GFRP, CFRP)로 적용할 경우 전체 플레이트 중량이 1,000kg 이내로 가능하나 해당 재료의 가공성에 대한 추가적인 검토가 필요하다. 따라서 SS400 및 SS400과 경량복합재료를 혼용(커버, 가이드 적용)하는 설계를 선택하는 것이 바람직하다.

표 3.2.10 세부 검토안 중량 산정

구분	재질	플레이트 모듈 1개 중량(kg)	기존중량 대비 감소율(%)	목표중량 달성	비고
Type 1	SS400	139.7	50	○	
	SS400, GFRP	118.0	58	○	커버, 가이드 GFRP 적용
	SS400, CFRP	113.0	60	○	커버, 가이드 CFRP 적용
	GFRP	70.4	75	○	
	CFRP	58.0	79	○	
Type 2	SS400	180.0	36	×	
	SS400, GFRP	154.0	45	×	커버, 가이드 GFRP 적용
	SS400, CFRP	150.1	46	×	커버, 가이드 CFRP 적용
	GFRP	86.5	69	○	
	CFRP	72.2	74	○	
Type 3	SS400	147.2	47	○	
	SS400, GFRP	125.5	55	○	커버, 가이드 GFRP 적용
	SS400, CFRP	120.5	57	○	커버, 가이드 CFRP 적용

표 3.2.11 차량 플레이트 경량화 결과

구분	플레이트 모듈 중량(kg)			전체 플레이트 중량(kg)			전체중량감소율		비고
	기존	롤러 2개	롤러 3개	기존	롤러 2개	롤러 3개	롤러 2개	롤러 3개	
SS400	280	139.5	147.0	2,240	1,116.0	1,176.0	50%	48%	
SS400, GFRP	-	126.2	133.7	-	1,009.6	1,069.6	55%	52%	커버, 가이드
SS400, CFRP	-	121.2	128.7	-	969.5	1029.5	57%	54%	커버, 가이드
GFRP	-	78.6	-	-	629	-	72%	-	
CFRP	-	66.3	-	-	530	-	76%	-	

차량 플레이트는 중량뿐만 아니라 가격도 중요한 고려사항이다. 따라서 가격을 고려할 경우 기존 재질(SS400)을 유지하여 비용을 최소화하는 경우 구동롤러가 3개 배치 기준 전체 차량 플레이트 가격이 3,400만원으로 추정된다.

표 3.2.12 차량 플레이트 가격

구분	추정 가격	비고
SS400	약 34백만원	플레이트 모듈당 4.2백만원
SS400 & CFRP	약 56백만원	플레이트 모듈당 6.9백만원

주 : 구동롤러 3개가 배치되는 Type 3 기준

(4) 차량 플레이트 두께 개선

기존 차량 플레이트의 높이는 102mm로 적재함 내부에서 지게차를 이용할 때 필요한 작업높이와 비교해 크게 높지는 않으나 적재효율을 고려하여 더욱 낮추는 것이 유리하다.

차량 플레이트를 구성하는 구동롤러의 직경이 60.5mm 이며 구동롤러에 부착된 스프로킷 직경은 74mm로 여기에 부가되는 체인을 고려하면 높이를 감소시킬 수 있는 여지는 많지 않다. 롤러 내부에 구동모터를 장착하고 있는 구동롤러의 직경을 감소시킬 수 없으며 스프로킷과 체인도 일반적인 상용품을 적용하므로 이들의 직경 및 높이를 감소시키기에는 어려움이 존재한다.

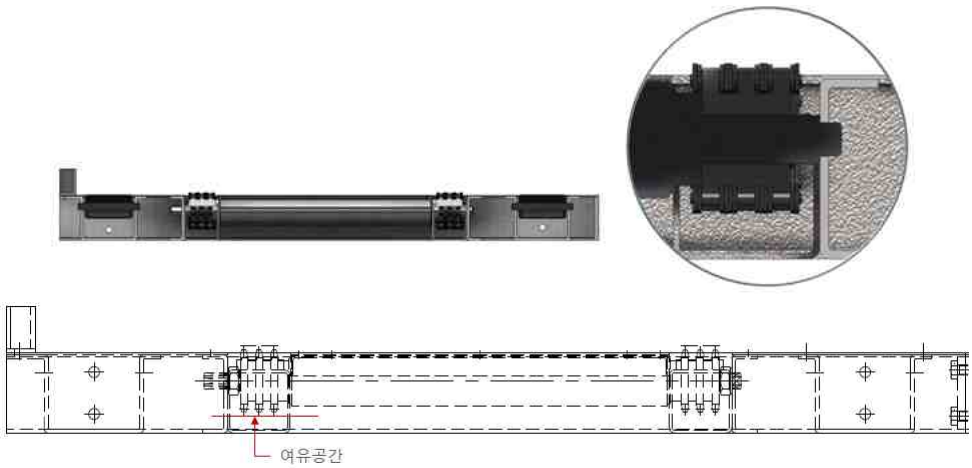


그림 3.2.12 차량 플레이트 내부 여유공간

따라서 플레이트 내부의 여유공간을 축소하여 플레이트의 높이를 낮추도록 하며 여유공간의 높이가 약 20mm로 체인의 회전을 고려하여 차량 플레이트를 높이가 98mm가 되도록 설계한다.

(5) 에어리프트 적용 모델 설계

구동롤러를 3개 배치하는 경량화 설계에서 화물이송 시 이송체인 위로 화물이 위치하여 화물을 이동시키고 화물이송이 종료되면 이송체인이 아래로 하강하여 화물이 플레이트 프레임 및 커버에 위치하도록 설계를 보완하였다. 이송 체인의 상하강을 위한 추가적인 장치가 도입되어 플레이트의 무게를 증가시키지만 트럭을 통한 화물 운송 시 안전성을 고려하여 설계를 보완하였다.

구동롤러를 3개 배치하는 설계에서 체인, 체인 가이드, 화물의 무게가 에어 리프트에 균등하게 분포되도록 이송체인의 연결을 아래와 같이 배치하며 이에 따라 체인 가이드의 형태도 아래의 오른쪽 그림과 같이 변경된다.

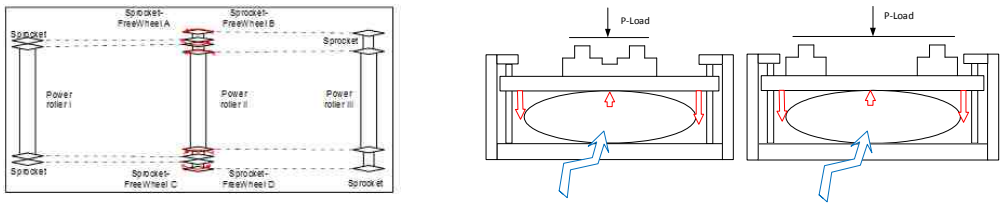


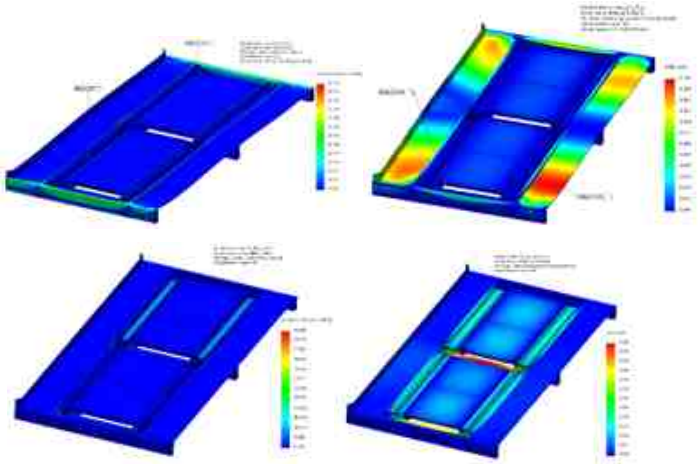
그림 3.2.13 에어 리프트 도입에 따른 체인연결

에어 리프트는 화물 하역 시 에어백에 에어가 공급되어 체인을 플레이트 상부로 돌출하여 파렛트를 들어 올려 체인의 회전을 통해 화물을 이송하고 차량 이동 시 에어를 배출하여 체인이 플레이트 내 프레임으로 하강하여 안정적으로 화물을 지지할 수 있도록 한다.

에어 리프트 적용 모델에 대해 주요 프레임은 SS400을 커버는 CFRP를 적용하여 구조해석을 수행하고 안전성을 확인하였다. 에어 리프트가 작동하지 않을 시 하중은 메인 프레임과 커버에 직접 전달되고 에어 리프트 작동 시 하중은 체인과 체인기어에 직접 전달된다.

표 3.2.13 에어 리프트 타입 구조해석

구분	재질	최대응력 (MPa)	최대변위 (mm)	안전계수	비고
에어리프트 off	SS400 & CFRP	50.15	0.2	4.5	안전
에어리프트 on	SS400 & CFRP	66	0.086	3.4	안전



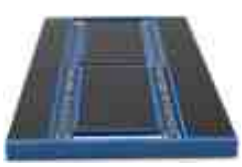
에어 리프트 적용 모델의 중량은 160kg(에어 탱크 제외)으로 플레이트의 경량화 목표에는 부합하지 않아 차량 플레이트 설계안으로 채택하지는 않으나 화물과 체인의 안정성 측면에서는 고려할 만한 설계 대안으로 판단된다.

라. 설계 사양

(1) 차량 플레이트

차량 플레이트 모듈 및 전체 차량 플레이트의 사양 및 설계도는 다음과 같다. 차량 플레이트 모듈을 연결하여 전체 차량 플레이트를 구성한다.

표 3.2.14 차량 플레이트 사양

구 분		사 양	비 고
플레이트 모듈	길이	2,200 mm	
	폭	1,150 mm	
	높이	98 mm	
	중량	147 kg	SS400 기준
	구동롤러	롤러 : ∅60.5 모터 : 50W, BLDC24V 최대로드 : 1,400kg	3개 장착
	체인	RS50, 2열	
	적재 중량	1.5톤/파렛트	파렛트 2개 적재
	 		
전체 플레이트	길이	8,800 mm	플레이트 모듈 8개
	폭	2,300 mm	
	높이	98 mm	
	중량	1,176 kg	SS400 기준
	적재 중량	16 ton	16ton 차량 기준
			

(2) 도크 플레이트

도크 플레이트는 체인구동 롤러 컨베이어 형태로 사양 및 도면은 다음과 같다.

표 3.2.15 도크 플레이트 사양

구 분	사 양	비 고
길이	9,150 mm	
폭	2,590 mm	
높이	623 mm	
적재 하중	16 ton	
이송 속도	6m/min	
모터	3.7kw급 기어드 모터	모터 4개, 감속비 60:1 380V, 60Hz



(3) 레벨 유지 및 고정 장치

레벨 유지 및 고정 장치의 사양 및 도면은 다음과 같다.

표 3.2.16 레벨유지 및 고정장치 사양

구 분	사 양	비 고
길이	800 mm	1개 사양, 2개 설치 필요
폭	350 mm	
높이	525 mm	
고정방식	유압클램프 타입	
유압실린더	Ø50×100ST	



3. 핵심기능 테스트

가. 축소모형의 역할

전용 일괄 하역장비의 구조적인 간섭 및 동특성을 분석하고 설계한 기능을 시험하기 위해 축소모형을 제작하였다. 실제 장비의 크기가 매우 크기 때문에 실제 크기로 제작 및 시험하기에는 어려움이 있으며 또한 트럭 적재함 및 물류센터 도크에 설치하여 사용하는 장비의 특성상 실제 사용 환경에서의 시험에도 어려움이 있다.

따라서 축소모형은 장비 원형을 동일한 비율로 축소하여 제작하지 않고 화물의 취급 등의 기능을 시험하기 위해 장비의 원형을 그대로 유지한 채 길이만을 축소하였다. 또한 실제 트럭 적재함과 물류센터 도크에 축소모형을 설치하여 시험할 수 없으므로 적재함과 도크에 해당하는 데크를 제작하여 각 데크 위에 제작한 차량 플레이트와 도크 플레이트를 설치하여 축소모형을 제작하였다.

나. 축소모형 사양

축소모형의 제작 사양은 다음의 표와 같다. 기본적으로 장비 원형을 그대로 제작하였으나 장비의 길이를 파렛트 화물 3개를 처리할 수 있도록 하였으며 차량 적재함에 해당하는 적재함 데크와 도크에 해당하는 도크용 데크를 추가적으로 제작하였다.

표 3.2.17 축소모형 사양

구분		사양	비고
차량 플레이트	모듈 플레이트 크기(L×W×H)	1,100 × 1,150 × 102mm	6EA
	적재함용 데크 크기(L×W×H)	3,300 × 2,300 × 1,300mm	
	구동모터	시동토크: 1950.0Nm 최대로드: 1,400kg/개	DC, 12EA
	화물이송속도	6m/min	
도크 플레이트	플레이트 크기(L×W×H)	3,600 × 2,470 × 457mm	
	도크용 데크 크기(L×W×H)	3,600 × 2,470 × 985mm	
	기어드모터	용량: 3.7kW, 감속비: 60:1	화물이송
	유압모터	용량: 1.5kW	플레이트 좌우이동,
	유압실린더	63ϕ, 250 Stroke	2EA
	화물이송속도	6m/min	
레벨 유지	크기(L×W×H)	985 × 300 × 840mm	2EA
	유압실린더	63ϕ, 250 Stroke	2EA



그림 3.2.14 전용 일괄 하역장비 축소모형 전체

다. 핵심 기능 테스트 결과

기능 시험은 빈 파렛트를 이용한 무부하 시험과 700kg 화물을 이용한 부하 시험을 혼용하여 수행하였고, 정상적으로 기능이 동작하는 것을 확인하였다. 축소모형을 활용한 범용 일괄 하역장비의 핵심 기능 테스트 결과는 다음과 같다.



그림 3.2.15 축소모형 기능 시험(무부하)



그림 3.2.16 축소모형 기능 시험(부하)

표 3.2.18 축소모형 기능 시험

구분	항목	설명	결과
차량 플레이트	일괄 하차 구동	적재된 파렛트 화물 전체를 도크 플레이트로 일괄 이송하는지 확인	정상동작
	일괄 상차 구동	도크 플레이트로부터 일괄 이송되는 전체 파렛트 화물을 이송하여 적재 확인	정상동작
	개별 하차 구동	적재된 파렛트 화물을 도크 방향으로 플레이트 끝까지 이송 확인.	정상동작
	개별 상차 구동	플레이트 끝에 투입된 파렛트 화물을 적재함 안쪽방향으로 한 파렛트 크기만큼 이송 확인	정상동작
도크 플레이트	플레이트간 센터 맞춤	초기 대기위치에서 좌측으로 이동하여 차량 플레이트와 센터가 맞는지 확인하고 작업 완료 후 우측의 대기위치로 이동 완료하는지 확인	정상동작
	일괄 하차 구동	차량 플레이트로부터 투입되는 파렛트 화물 전체를 이송하여 하차 완료 확인	정상동작
	일괄 상차 구동	적재된 파렛트 화물 전체를 차량 플레이트로 일괄 이송하는지 확인	정상동작
	개별 상차 구동	플레이트 끝에 적재한 화물을 차량 플레이트 방향으로 한 파렛트 크기만큼 이송하는지 확인	정상동작
레벨유지 및 고정	차량 고정	실린더가 상승하여 고정용 판이 상승 동작하는지 확인	정상동작
	차량 고정 해제	실린더가 하강하여 고정용 판이 하강 동작하는지 확인	정상동작

제3절 윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술 개발

1. 기술 개요

윙바디 차량 전용 일괄 하역장비는 물류센터 등의 화물 하역지점에서 파렛트 화물 전체를 한번에 윙바디 차량내부로 일괄 상차하거나, 윙바디 차량 내부의 파렛트 화물을 한 번에 일괄 하차하는 장비이다. 화물을 지게차를 이용하여 하나씩 상하차하는 방식에 비해 하역시간을 단축시킬 수 있으며, 화물의 파손 및 안전사고의 위험성을 낮출 수 있어 신속하고 효율적인 하역작업을 가능하게 한다.

윙바디 차량 전용 일괄 하역장비는 윙바디 차량의 측면을 이용하여 일괄 상하역을 위한 시스템으로, 윙바디 차량 내부에 추가적인 장치 없이 푸쉬-정렬 장치의 활용을 통하여 윙바디 차량 화물의 자동 상하역을 수행할 수 있다.



그림 3.3.1 물류센터 윙바디 차량용 화물 하역 모습

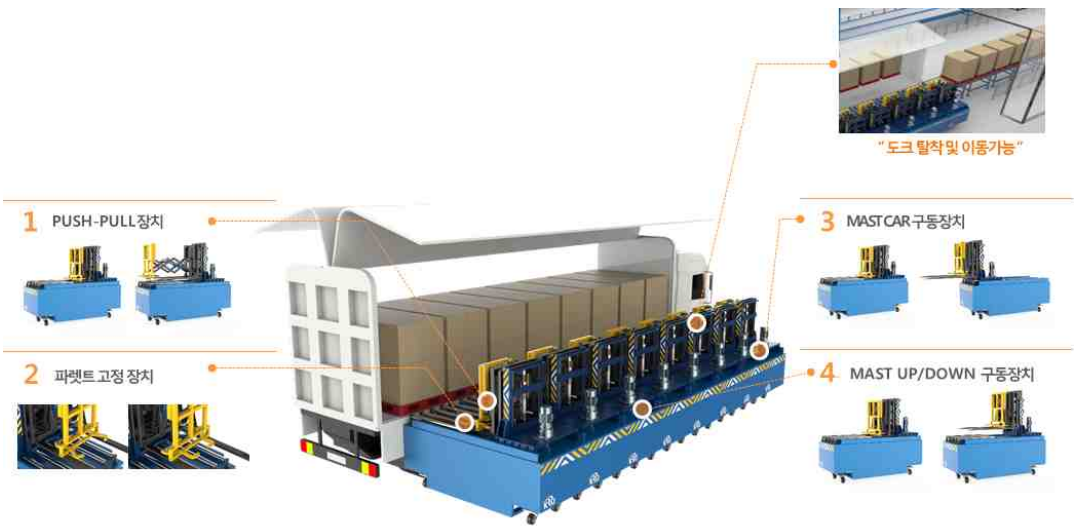


그림 3.3.2 윙바디 차량용 일괄 하역장비 개념

2. 요소기술 설계

가. 설계 고려사항

윙바디 차량용 일괄 하역장비 설계 시 고려사항은 다음과 같다

○ 파렛트 화물을 대상으로 하며, 다양한 크기 및 형태에 대응 가능해야 하나, 기본적으로 T11 플라스틱 파렛트(1,100x1,100x150, 단위 mm)를 대상으로 함

○ 푸쉬 및 정렬 장치에는 각각 무구동 휠이 부착되어, 지게차 혹은 기타 다른 견인 가능 장비의 견인을 통하여, 상하차 작업장과 장비 대기 장소로의 견인이 가능해야 함

○ 장치에는 차량의 종류 및 화물 적재 유무에 따라 변동하는 장치 운용 지상고에 대응할 수 있는 Mast Up/Down 장비가 구비되어야 함

○ 현재 각 물류센터에서 운용 중인 윙바디 차량의 종류는 매우 다양하며, 윙바디 차량 적재함의 지상고 또한 다양하므로, 본 장비는 다양한 종류의 윙바디 차량 적재함 지상고에 유연하게 대처할 수 있도록 장치 상부에 Mast Up/Down장비가 설치되어야 함

○ 자체 유압 동력원으로 인한 구동이 가능해야 함

○ 윙바디 차량 전용 일괄 하역장비는 주로 파렛트 당 1.5Ton에 육박하는 화물을 이송하는 장비로 전체화물 기준은 16Ton으로 매우 고하중의 이송에 사용됨

○ 따라서 각각의 장비에는 고하중에서 주로 사용하는 유압 동력원을 설치하여 화물의 이송에 지장이 없어야 함.

○ 화물을 밀어서 상하역을 하는 경우 화물, 파렛트 및 차량의 파손을 일으킬 수 있는 요인이 되므로, 파렛트 화물 하부를 직접 들어서 이송할 수 있는 장비가 필요

○ 따라서 파렛트 화물 하부를 거취할 수 있는 화물이송용 Arm과, 화물이송용 Arm으로 화물을 끌어올리거나 화물이송용 Arm으로부터 화물을 밀어내릴 수 있는 파렛트 고정 장치 및 Push-Pull 장비를 부착하여 화물 이송이 가능하도록 해야 함

○ 장비 사이즈를 최소화하여 물류센터 혹은 본 장비의 활용이 기대되는 장소의 장비 설치 공간을 최소화해야 하며, 그에 따라 장비 제작비 및 장비 운용비를 낮추어야 함

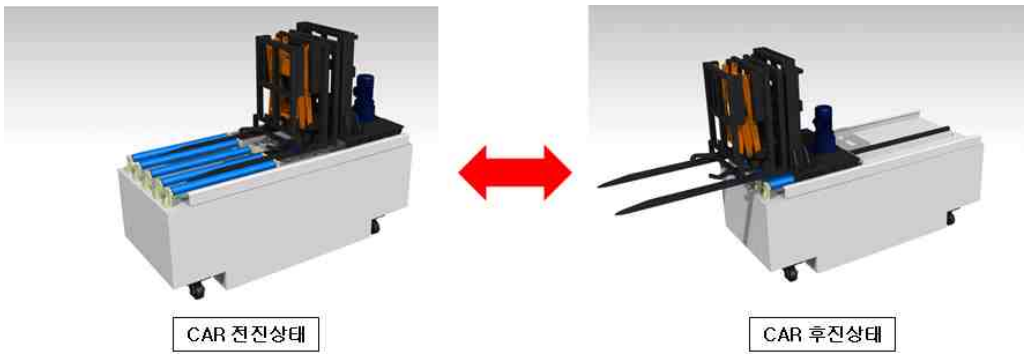
나. 장비 기본 설계

(1) Mast Car 구동장치

AC Geared Motor의 축에 설치된 Gear를 회전시킴으로써 프레임에 설치된 Rack Gear와의 상호 회전 작용으로 장치를 전진 혹은 후진시킨다. Mast Car 구동장치는 모터와 구동부의 직렬연결로 동력 전달의 효율이 높으며, 브레이크 모터 및 기어 구동을 함으로써 장치 정지 시 Slip이 거의 없다는 특징이 있다. 또한 운반기계용 Wheel을 사용하여 구동함으로써, 가격경쟁력 및 부품 수급이 용이하다는 장점이 있다.

표 3.3.1 Mast Car 구동장치

구분	길이 (mm)	너비 (mm)	높이 (mm)	허용하중 (ton)	속도 (m/min)	모터용량 (Kw)
Master Car 구동장치	700	700	800	2	최대 15	2.2 (감속비 1/30, AC380V/60Hz)

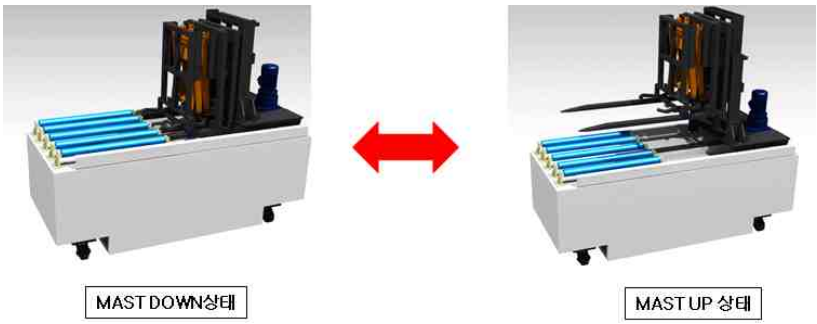


(2) Mast Up/Down 장치

대기 시에는 구동 Roller Conveyor 상부면 보다 Down 상태이고, 작동 시에는 Up 상태가 되는 유압실린더 구동방식으로 화물 운반용 Arm이 설치 된 Push-Pull 장치를 상하 작동 시킨다. Mast Up/Down 장치는 고하중의 제품에 사용가능하며, 속도 조절 및 다점 정지가 용이하다. 또한 과부하에 대한 안전장치 설치가 용이하고, 유지 보수가 간단하다는 특징이 있다. 각 모듈별로 설치되며 동시 혹은 개별 작동하여 화물의 이송 높이 조절이 가능하도록 설계하였다.

표 3.3.2 Mast Up/Down 장치

구분	길이 (mm)	너비 (mm)	높이 (mm)	높이조절하중 (ton)	최대 조절길이(mm)	속도 (m/min)
Master Up/Down 장치	250	700	970	5 (100kgf/cm2)	450	4

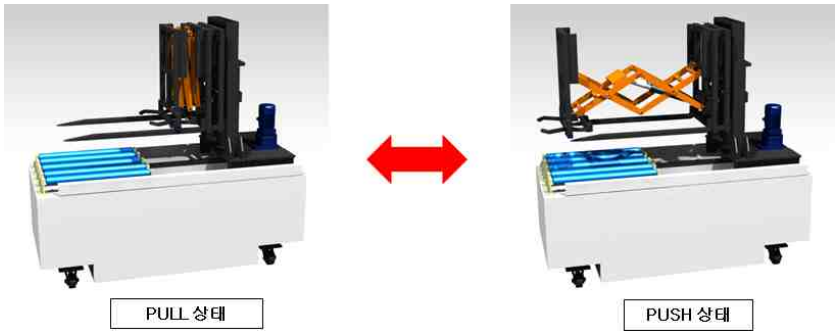


(3) Push-Pull 장치

유압실린더의 작동에 의해 대기 시에는 Pull 상태이며, 유압실린더의 작동 시에는 Push 상태가 되는 구동방식(Scissors형)으로, 트럭내의 화물을 장비로 하차 혹은 장비내의 하물을 트럭내부로 상차시킨다. Push-Pull 장치는 고하중의 제품에 사용 가능하며, 속도 조절 및 다점 정지가 용이하고, 유지보수가 간단하다. 또한 Push Plate에 설치된 Wheel로 Push-Pull 장치와 트럭 상차면과의 마찰을 최소화하였다. Push-Pull 장치를 기울여주는 Tilting Cylinder를 설치하여, 파렛트 화물 이송 시 발생하는 처짐 현상을 제거하여 제품 운반시의 안전성을 증가시켰다.

표 3.3.3 Push-Pull 장치

구분	길이 (mm)	너비 (mm)	높이 (mm)	높이조절하중 (ton)	최대 조절길이(mm)	속도 (m/min)
Push-Pull 장치	468~ 1,598	700	1,000	2 (100kgf/cm2)	1,130 (Stroke : 250mm)	4



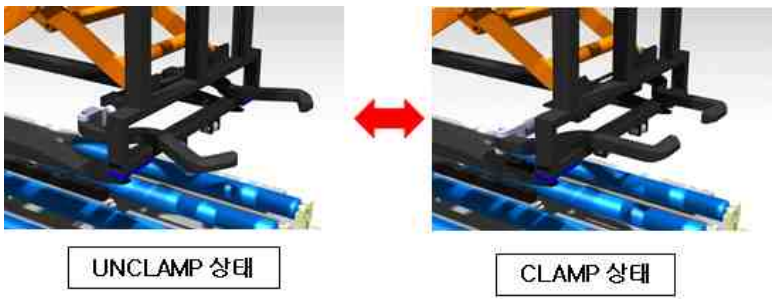
(4) 파렛트 고정장치

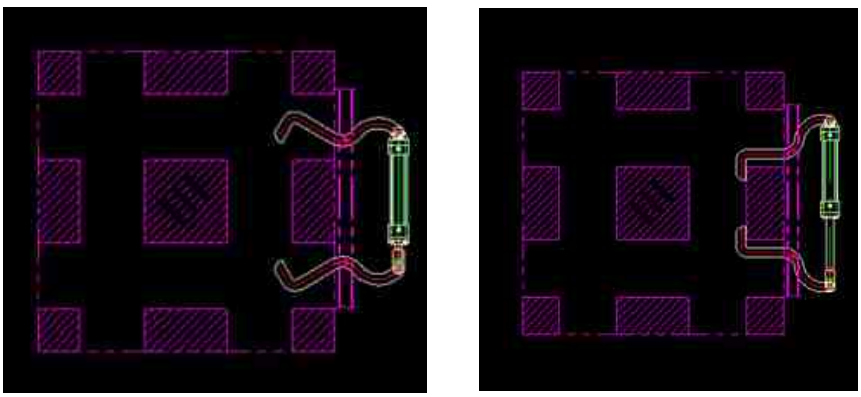
유압실린더의 작동에 의해 대기 시에는 Un clamp 상태이며, 유압실린더 작동 시에는 Clamp 상태가 되는 구동방식으로, 파렛트의 중앙부를 Clamp해서 파렛트 화물을 화물 이송용 Arm으로 이송한다.

파렛트 고정장치는 고하중의 제품에 적합하며, 속도조절 및 다점정지가 용이하고, 유지보수가 간단하다는 특징이 있다. 화물 이송용 Arm의 상면에 파렛트 화물을 들어서 옮기는 방식으로, 파렛트 하부와 트럭 상차면과의 마찰이 일어나지 않도록 설계하였다. 또한 다양한 종류의 파렛트 화물 이송에 대응하도록 설계 시 반영하였다. 또한 화물 전도 방지용 고정 HOOK을 통해 화물이송 시 전도 안정성을 높이도록 하였다.

표 3.3.4 파렛트 고정장치

구분	길이 (mm)	너비 (mm)	높이 (mm)	높이조절하중 (ton)	최대 조절길이(mm)	속도 (m/min)
파렛트 고정장치	1,400	700	150	2 (100kgf/cm2)	200	4





[Unclamping 모습] [Clamping 모습]

그림 3.3.3 화물 전도 방지 및 이송용 Clamp Hook

다. 장비고장 시 대응방안 설계

윙바디 차량 일괄하역장비는 모듈단위로 제작되어, 전체 모듈이 동시 작동되는 상하차 작업시 장비 고장 등과 같은 비상상황이 발생 시 우선 알람 및 경보를 통하여 운용자에게 에러 상황을 전달하고, 각 모듈을 개별 수동 작동시켜 비상 상황을 해제시킨다.

개별 수동 동작이 필요한 부분은 전동모터 및 유압 작동부를 뜻하며, 전동모터의 경우 수동 개방 브레이크 해제 장치를 통하여 비상 상황을 해제시키고, 유압작동부의 경우 실린더와 같은 유압 엑츄에이터에 유압을 공급할 수 있는 수동유압펌프, 전동 유압펌프(AC/DC전원 사용) 및 에어구동 유압펌프를 사용하여 비상 상황을 해제시킨다.

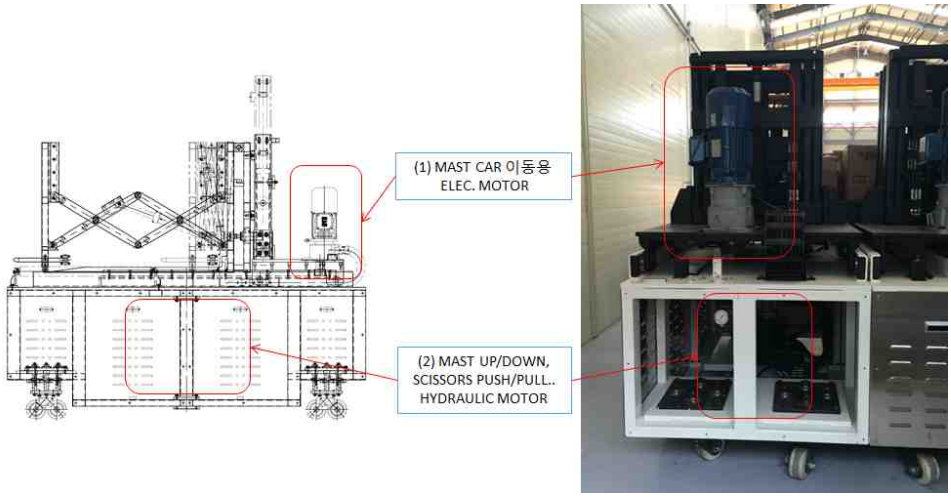


그림 3.3.4 비상 시 수동 동작이 필요한 전동 모터 및 유압 작동부 위치

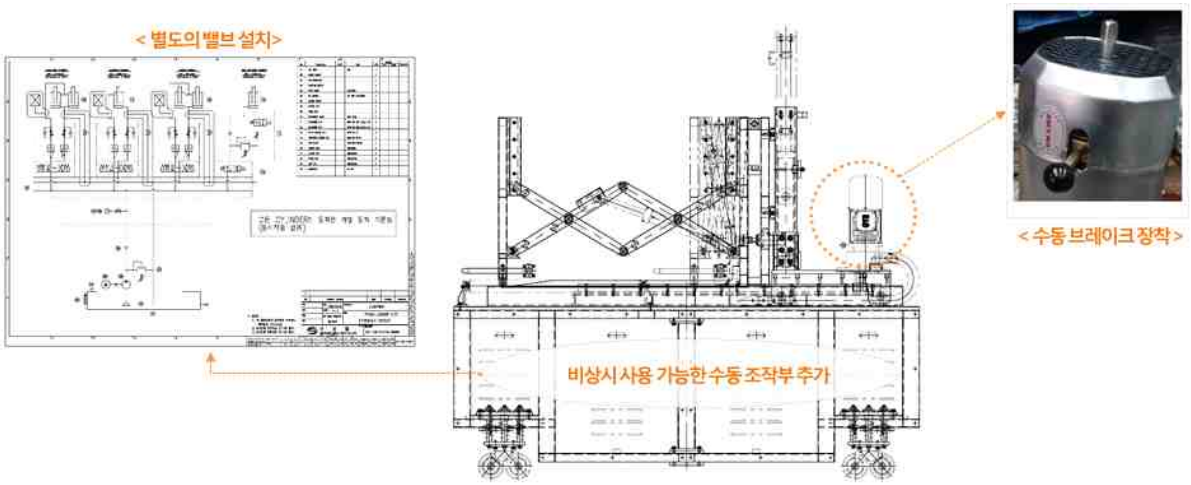


그림 3.3.5 모터 전원공급 이상 시 대응 방안

3. 구조 해석

가. 해석 조건

주요관심 대상(화물 이송용 Main Frame, 화물 운반용 Arm, Push-Pull 장비)을 선정하여 해석을 수행하였으며, 불필요한 형상은 유한요소 모델링에서 제외하였다. 해석모델의 재질은 일반구조물용 압연강재인 SS400 및 기계구조용 탄소강인 S45C의 물성을 적용하였다.

표 3.3.5 재질의 특징

Material	Young's Modulus (GPa)	Poisson's Ratio	Density (g/㎤)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)
SS400	205	0.26	7.86	245	400
S45C	205	0.29	7.85	310	565

나. 화물 운반용 Arm 구조안정성 분석

(1) 경계 조건

변위 구속을 위해 화물 운반용 Arm Frame과 구조물이 조립되는 Bolt 체결위치 및 지지 포인트를 완전히 고정하였다. 또한 화물의 하중을 운반용 Arm에 전달하도록 화물 운반용 Arm 상면에 1,500kg의 분포질량 요소를 사용하였다.



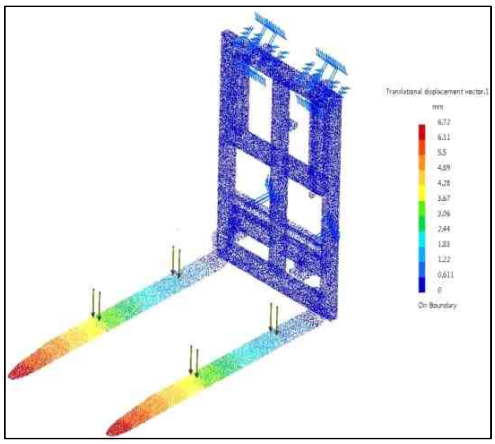
그림 3.3.6 화물 운반용 Arm의 변위구속 및 하중 조건

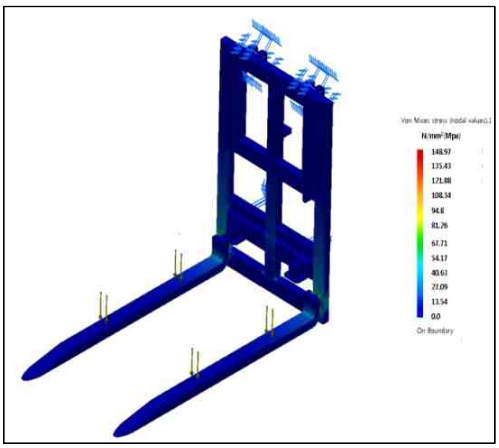
(2) 구조해석 결과

화물 운반용 Arm의 끝단부에서 변형이 나타나며, 최대 변형량은 6.7mm으로 나타났다. 최대 Von-Misses 응력 값은 149MPa로, 기계구조용 탄소강재의 항복응력(310 MPa)보다 낮게 발생하여 구조물은 안전한 것으로 판단된다.

표 3.3.6 화물 운반용 Arm 구조해석 결과

구분	최대 변형량	최대 응력	해석 기준 (항복 응력)	구조해석 결과
화물 운반용 Arm	6.7 mm	149 MPa	310 MPa (기계구조용 탄소강재)	최대 응력이 항복 응력보다 낮게 발생함 (구조물이 안전함)





다. Main Frame 안정성 분석

(1) 경계 조건

화물의 하중을 Main Frame에 전달하도록 Mast Car의 구동 롤러에 해석용 모델을 생성하고, 3,000kg의 집중질량 요소를 사용하였다. 또한 구속 조건으로 지면과 이송용 Main Frame가 병렬로 연결되는 연결부를 완전히 고정하고, 구조물의 무게에 의한 변형을 고려하기 위해 전체 구조에 중력을 적용하였다.

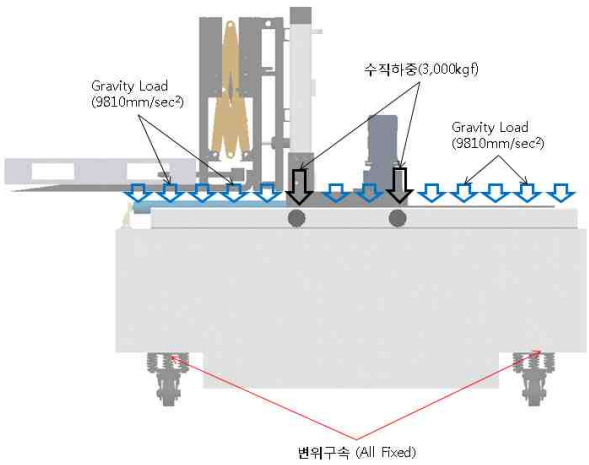
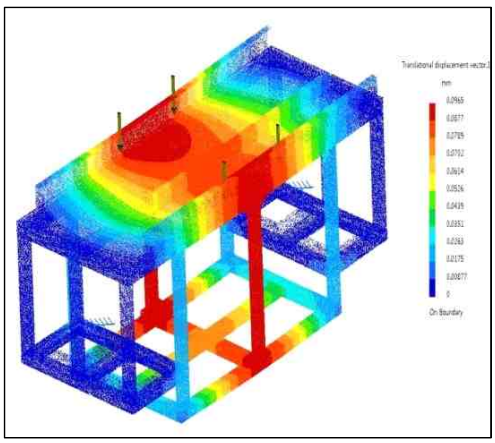
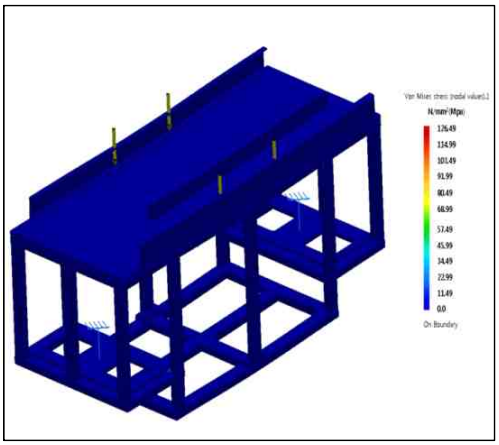


그림 3.3.7 Main Frame의 변위구속 및 하중 조건

(2) 구조해석 결과

Main Frame의 변형량은 0.1mm로 구조물을 지지하는 Frame에서 발생하였다. 최대 Von-Misses 응력값은 127MPa로, 일반구조용 압연강재의 항복응력(245 MPa)보다 낮게 발생하여 구조물은 안전한 것으로 판단된다.

표 3.3.7 Main Frame 구조해석 결과

구분	최대 변형량	최대 응력	해석 기준 (항복 응력)	구조해석 결과
Main Frame	0.1 mm	127 MPa	245 MPa (일반구조용 압연강재)	최대 응력이 항복 응력보다 낮게 발생함 (구조물이 안전함)
				

라. Push-Pull 장비 구조해석

(1) 경계 조건

변위 조건은 Push-Pull 장비와 측면 Frame 구조물이 조립되는 체결위치 및 지지 포인트를 완전히 고정하여, Push-Pull장비가 트럭 바닥과 닿는 Wheel의 수직방향 변위를 구속하였다. 화물의 무게는 1,500kg, 마찰계수는 0.3을 적용하였고, 화물 무게에 의한 수평하중은 1,500x0.3=450kgf로 화물 무게로 인해 발생하는 마찰하중과 구조물 전체의 자중에 의한 변형을 고려하였다.

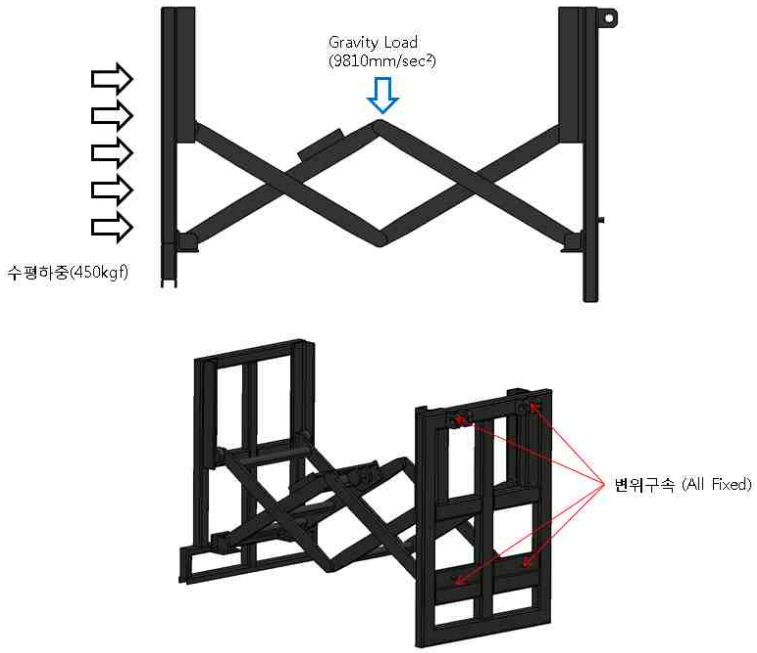
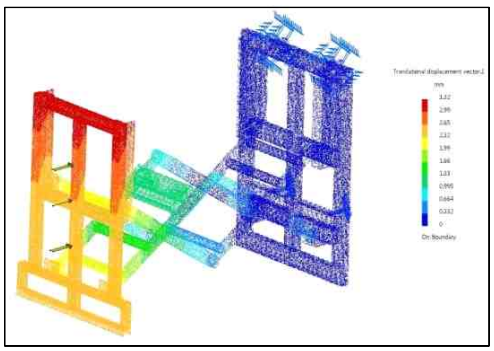
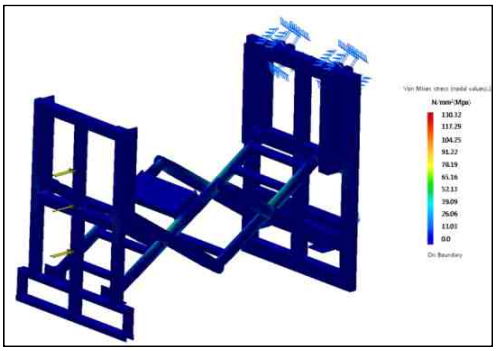


그림 3.3.8 Push-Pull장비의 변위구속 및 하중조건

(2) 구조해석 결과

Push Plate 중앙부에서 변형이 나타나며 최대 변형량의 크기는 3.3mm로 나타났다. 최대 Von-Misses 응력 값은 130MPa로 일반구조용 압연강재의 항복응력(245 MPa)보다 낮게 발생하여 구조물은 안전한 것으로 판단된다.

표 3.3.8 Push-Pull 장비 구조해석 결과

구분	최대 변형량	최대 응력	해석 기준 (항복 응력)	구조해석 결과
Push-Pull 장비	3.3 mm	130 MPa	245 MPa (일반구조용 압연강재)	최대 응력이 항복 응력보다 낮게 발생함 (구조물이 안전함)
				

4. 핵심기능 테스트

가. 핵심기능 테스트를 위한 축소모형 제작

5톤급(파렛트 화물 6ea기준)의 윙바디 차량으로 축소모형을 제작하여 핵심기능 테스트를 수행하였다. 축소모형은 단지 실제 장비를 작게 축소시킨 Scale Model이 아니라 각 장비를 구성하는 단위장치들을 모듈화 하여, 그 모듈들을 조립하였을 경우 실제 장비의 전체 구성이 이루어지는 단위장치를 뜻한다.

축소 모형은 윙바디 차량을 대체할 수 있는 구조물도 별도 준비하여 제작, 테스트 하므로 실제 화물 하역 지점에서 5톤 윙바디 차량으로 파렛트 화물을 하역하는 것과 동일한 연구결과를 얻을 수 있다.

또한 추후의 연구과정에서 모듈화된 단위장치를 연결, 조립함으로써 최종 목표인 11톤급의 윙바디 차량에 해당하는 장비 구성을 이룰 수 있으며, 모듈화된 단위장치의 구성 및 배열을 변경하면 다양한 종류의 윙바디 차량에 대응할 수 있는 장비를 제작할 수 있는 장점이 있다.



그림 3.3.9 축소모형 제작

나. 핵심기능 테스트 결과

독립된 실험실 환경에서 축소 모형의 기능 시험을 실시하였다. 빈 파렛트를 이용한 무부하 시험과 1,000kg 화물을 이용한 부하시험을 혼용 수행한 결과, Conveyor 장치, Mast Car 구동장치, Mast Up/Down 장치, Push-Pull 장치, 파렛트 고정 장치, 완성장비에 대한 핵심 가능의 정상 구동을 확인하였다.

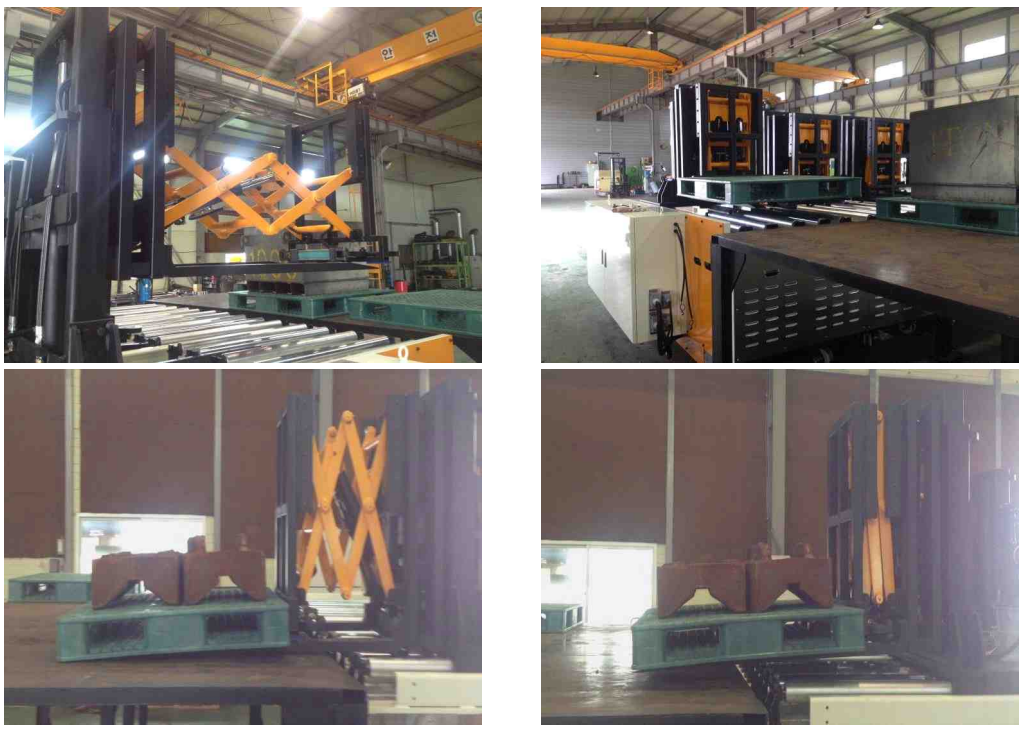


그림 3.3.10 축소모형 기능시험

5. 시제품 제작 및 테스트

가. 시제품 제작

실제 사용 환경에 적용하기 위한 환경조건을 검토하여, 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품을 제작하였다. 시제품 제작 시 기능테스트를 통해 도출한 보완사항과 실제 사용환경을 고려하여, 요구사항을 반영하였다. 시제품 개선 사항은 다음과 같다.

○ 안전 및 자동화를 위한 센서류 추가

○ 윙바디 차량용 일괄 하역장비의 상하역 작업 시, 장비 흔들림 최소화를 위한 도킹 핀 추가

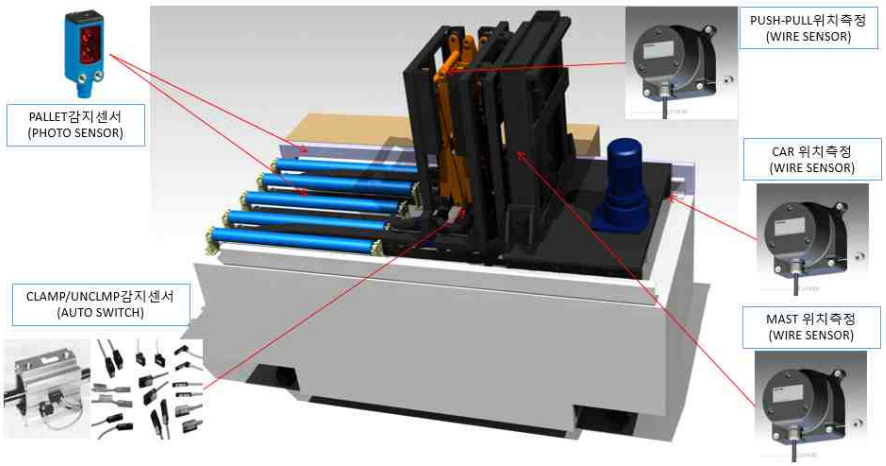


그림 3.3.11 안전 및 자동화를 위한 센서 추가

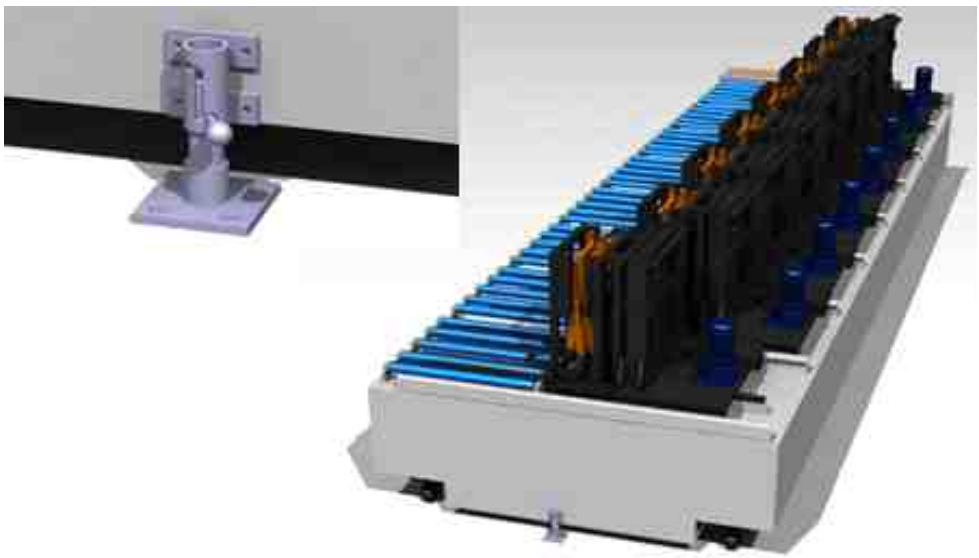


그림 3.3.12 장비 흔들림 최소화를 위한 도킹 핀 추가



그림 3.3.13 시제품 제작과정



그림 3.3.14 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품(1)



그림 3.3.15 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품(2)

완성된 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품의 최종 사양은 다음과 같다.

표 3.3.9 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 사양

SIZE(5SETS)	6050L x 2750W x 2190H mm (메인판넬포함)
SIZE(1SET)	1100L x 2750W x 2190H mm
POWER MOLLER (Max. SPEED 6M/min)	PM763BS-5-1000-3-200-PL (∅76.3x1000L) - 2 x 5EA
FREE ROLLER	FR763KW-1000-20-JF-Z (∅76.3x1000L) - 3 x 5EA
MAST MOVING MOTOR	2.2kW x 380V x 60Hz x 4P x 1/30 - 1 x 5EA (WITH "B" BRAKE + 수동개방레버)
MAST MOVING SPEED	1750 x 1/30 x 3.14 x 80 = 14.7M/min (Max.)
HYDRAULIC PUMP	2.2kW x 380V x 60Hz x 4P + 8CC/rev - 1 x 5EA
MAST/UP CYLINDER	∅80 x 450st. - 1 x 5EA
TILTING CYLINDER	∅5 x 48t. - 2 x 5EA
SCISSORS CYLINDER	∅60 x 247st. - 2 x 5EA
HOOK CYLINDER	∅50 x 200st. - 1 x 5EA
FREE WHEEL CASTER	∅150 - 4 x 5EA (허용하중 2,200kg/each)

나. 성능 시험

현장 적용에 앞서, 제작된 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품에 대하여 시험기관(재단법인 부산테크노파크)을 통한 성능 검증을 실시하였다. 우선 현장 요구사항 조사를 통해, 성능조사 항목을 다음과 같이 설정하였다.

○ 상하차 시 핵심 기능 동작 확인

○ 일괄 상하차 용량(1톤) 및 시간(5분 이내) 확인

핵심 기능 동작 시험은 빈 파렛트를 이용한 무부하 시험과 1톤 무게 화물을 이용한 부하 시험을 혼용하여 수행하였고 정상적으로 기능이 동작하는 것을 확인하였다.



그림 3.3.16 기능 동작 시험

표 3.3.10 기능 동작시험 결과

구분	항목	설명	결과
Conveyor 장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 정상적인 작동 및 화물 적재함과의 인터페이스를 확인	정상동작
	개별 무부하 구동	일괄 이송되는 전체 파렛트 화물이 푸쉬-정렬장치로 이송하는지 확인	정상동작
Mast Car 구동장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 정상적인 작동 및 화물 적재함과의 인터페이스를 확인	정상동작
	개별 무부하 구동	전체 파렛트 화물을 적재함 혹은 Conveyor로 이송 시 정상적인 속도로 작동하고 정위치 동작을 확인	정상동작
Mast Up/Down 장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 정상적인 작동 및 화물 적재함과의 인터페이스를 확인	정상동작

구분	항목	설명	결과
	개별 무부하 구동	전체 파렛트 화물을 적재함 혹은 하역장비로 이송 시 정상적인 속도로 작동하고 정위치 동작을 확인	정상동작
Push-Pull 장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 정상적인 작동 및 화물 적재함과의 인터페이스를 확인	정상동작
	개별 무부하 구동	전체 파렛트 화물을 적재함 혹은 화물 운반용 Arm으로 이송 시 정상적인 속도로 작동하고 정위치 동작을 확인	정상동작
파레트 고정 장치	개별 작동 구동	개별 작동 전원 투입 시 정상적인 작동 및 화물 적재함과의 인터페이스를 확인	정상동작
	개별 무부하 구동	파렛트 화물을 화물 운반용 Arm 혹은 Conveyor로 이송 시 정상적인 속도로 작동하고 정위치 동작을 확인	정상동작
완성장비 구동	일괄 부하 구동	전체 파렛트 화물을 적재함 혹은 하역장비로 이송 시 각 장치들이 작동순서대로 작동하고 적재된 화물들이 정상적인 속도로 적재함 혹은 하역장비로 이송되며 각 장치별로 마찰 및 간섭이 없는 정위치 동작이 되는지를 확인	정상동작

상차 용량시험은 전자식 지시저울을 이용하여 수행하였으며, 부하 시험 시 1톤의 무게를 확인하였다.



그림 3.3.17 일괄 상하차 용량 시험

상하차 시험은 일괄 상차 혹은 하차 시간 5분을 목표로 연구 개발을 진행하였지만, 실제 성능 시험 시 상차 시간은 평균 2분 38초, 하차 시간은 평균 2분 41초로 약 48%정도의 시간 단축을 이루었다. 이로 인해 장비의 사이즈 및 운영비용을 평균 30%이상 줄여 실용화 가능성을 높였다.

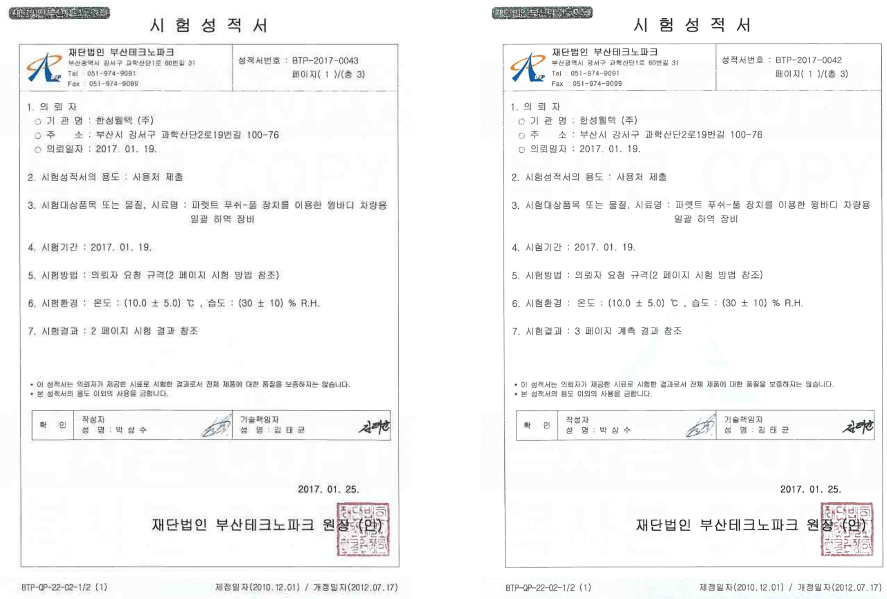


그림 3.3.18 일괄 상하차 시간 시험

표 3.3.11 일괄 상하차 시간 시험 결과

구분	1회	2회	3회	4회	5회	평균
상차	2분 42초	2분 40초	2분 38초	2분 35초	2분 35초	2분 38초
하차	2분 45초	2분 43초	2분 39초	2분 39초	2분 37초	2분 41초

또한, 윙바디 차량용 일괄 하역장비 성능시험 결과에 대한 성적서를 취득하여, 장비의 신뢰성을 확보하였다.


시 험 성 적 서

재단법인 부산테크노파크
부산광역시 강서구 과학산단1로 60번길 31
Tel : 051-974-9091
Fax : 051-974-9099

성적서번호 : BTP-2017-0043
페이지(1)/(총 3)

1. 의 뢰 자
○ 기 관 명 : 한성윙덕 (주)
○ 주 소 : 부산시 강서구 과학산단2로19번길 100-76
○ 의뢰일자 : 2017. 01. 19.

2. 시험성적서의 용도 : 사용처 제출

3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 파렛트 푸쉬-풀 장치를 이용한 윙바디 차량용 일괄 하역 장비

4. 시험기간 : 2017. 01. 19.

5. 시험방법 : 의뢰자 요청 규격(2 페이지 시험 방법 참조)

6. 시험환경 : 온도 : (10.0 ± 5.0) ℃ , 습도 : (30 ± 10) % R.H.

7. 시험결과 : 2 페이지 시험 결과 참조

• 이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
• 본 성적서의 용도 이외의 사용을 금합니다.

확 인	작성자 성 명 : 박 삼 수	기술책임자 성 명 : 김 태 균

2017. 01. 25.

재단법인 부산테크노파크 원장 (인)

BTP-QP-22-02-1/2 (1) 제정일자(2010.12.01) / 개정일자(2012.07.17)

시 험 성 적 서

재단법인 부산테크노파크
부산광역시 강서구 과학산단1로 60번길 31
Tel : 051-974-9091
Fax : 051-974-9099

성적서번호 : BTP-2017-0042
페이지(1)/(총 3)

1. 의 뢰 자
○ 기 관 명 : 한성윙덕 (주)
○ 주 소 : 부산시 강서구 과학산단2로19번길 100-76
○ 의뢰일자 : 2017. 01. 19.

2. 시험성적서의 용도 : 사용처 제출

3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 파렛트 푸쉬-풀 장치를 이용한 윙바디 차량용 일괄 하역 장비

4. 시험기간 : 2017. 01. 19.

5. 시험방법 : 의뢰자 요청 규격(2 페이지 시험 방법 참조)

6. 시험환경 : 온도 : (10.0 ± 5.0) ℃ , 습도 : (30 ± 10) % R.H.

7. 시험결과 : 3 페이지 계측 결과 참조

• 이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
• 본 성적서의 용도 이외의 사용을 금합니다.

확 인	작성자 성 명 : 박 삼 수	기술책임자 성 명 : 김 태 균

2017. 01. 25.

재단법인 부산테크노파크 원장 (인)

BTP-QP-22-02-1/2 (1) 제정일자(2010.12.01) / 개정일자(2012.07.17)

그림 3.3.19 시험성적서

6. 실 사용환경 구축 및 시험운영

윙바디용 일괄 하역장비의 시제품 검증 및 보완을 위해, 물류센터 내 실제 사용 환경을 구축하여 시험운영을 실시하였다. 시험운영 대상지역인 B물류센터의 특성을 고려하여 시험운영 계획을 다음과 같이 수립하였다.

○ 시험운영 장소 및 기간 : B사 물류센터 / 2017. 04 ~2017.05 (1개월)

○ 시험운영 대상 및 내용

- B물류센터 시제품 설치 및 장비 단독 동작 테스트
- 도크 및 적재함 내 적치된 T11형 파렛트 화물 상하차



그림 3.3.20 윙바디차량용 일괄하역장비 시험운영 절차

시험운영 기간 내 주 1회 이상 11톤 차량을 대상으로 출고화물 상차 및 입고화물 하차 자동화 시험운영을 실시하였다.

운영 프로세스는 아래 그림과 같이 도크 내 적치된 화물을 지게차를 활용하여 윙바디 차량용 일괄하역장비 이송컨베이어 상에 적치하여 상차 대기 한다. 대상 차량이 입차하면 윙을 개방 후 일괄하역장비 측면으로 접안하고 접안이 완료되면 자동 상차가 시작된다. 단, 해당 차량의 적재함 높이와 평탄 정도를 고려하여 장비 동작 위치점을 사전에 입력하여 자동 상차 시 해당 차량에 정합되는 위치점으로 자동 상차 될 수 있도록 한다. 자동 상차가 시작되면 장비 내 기능 모듈별 순차동작이 자동으로 이루어지고 적재함 내 안쪽부터 1열 씩 상차가 진행 된다.



그림 3.3.21 윙바디차량용 일괄하역장비 구동 Process

시험운영 결과 차량 접안 후 적치화물 상/하차 작업완료까지 평균 5분 내외로 소요되었으며, 향후 실용화 시, 차량 적재함과 연계성을 고려한 장비 구동 위치점 설정 자동화 및 정밀 안전감지 부분의 보완이 필요하다고 판단된다.

시험운영 결과를 정리하면 다음과 같다.

○ 하역시간: 평균 5분 내외 (총 10회 상/하차 작업 기준)

○ 하역기능

- 상차기능: 단위 및 일괄상차 정상
- 하차기능: 단위 및 일괄하차 정상
- 공통기능: 장비 내 컨베이어 이송 및 위치점 센싱 정상

○ 실용화를 위한 보완사항

- 1열 일괄 상차 시 차량 축 서스펜션 중량 부담 가중 해소 필요
- 적재함 상태의 다양성을 고려한 장비 위치점 설정 간소화 필요
- 장비 구분동작 제어의 정밀성 및 안전감지 기능 고도화 필요

제4절 일괄 하역장비 안전 및 상태 검지 기술 개발

1. 기술 개요

일괄 하역장비는 스마트 물류센터에서 자동화로 운영하여 하역작업을 효율적으로 진행하기 위해 연구되는 장비이다. 일괄 하역장비는 무거운 화물을 빠른 속도로 하역하기 때문에, 화물의 적재상태가 불량할 경우, 하역 과정에서 화물이 파손됨은 물론 하역장비도 파손될 수 있다. 또한, 하역장비 이동 시 주변의 사람 및 지게차 등과의 충돌사고에 노출되어 있다.

이에 안전 및 상태 검지장치는 상차작업 전 혹은 중에 하역장비와 화물의 상태를 모니터링하여 화물 파손 방지 및 하역작업 안전성을 확보하도록 한다. 즉, 센서를 이용하여 화물이 적재될 적재함 내부의 이물질 혹은 작업자 등의 장애물을 검지하고 일괄적으로 화물을 인입 및 반출할 때 플레이트에 적재된 화물의 상태를 검지하여 불량상태를 판단한다. 적재함 내부 장애물 검지 및 화물의 적재상태 검지 기술은 하역과정에서 발생할 수 있는 화물의 파손 및 충돌 등의 사고를 사전에 검지하여 안전사고를 예방하기 위한 기술개발이다.

아래의 그림은 물류센터 작업장에서 이루어지는 일괄 하역 시, 상태검지기술의 시스템의 구성도를 보여준다. 장애물 및 적재상태 검지를 위해 하역장비 주변에 센서를 설치하고 안전 및 상태검지 수집 장치는 설치 된 센서들의 정보를 수집, 분석하여 장애물 유무, 적재상태 불량 여부를 판단하고 제어기와 연동되어 하역장비 운영 및 제어를 위해 부가적인 정보를 제공한다.

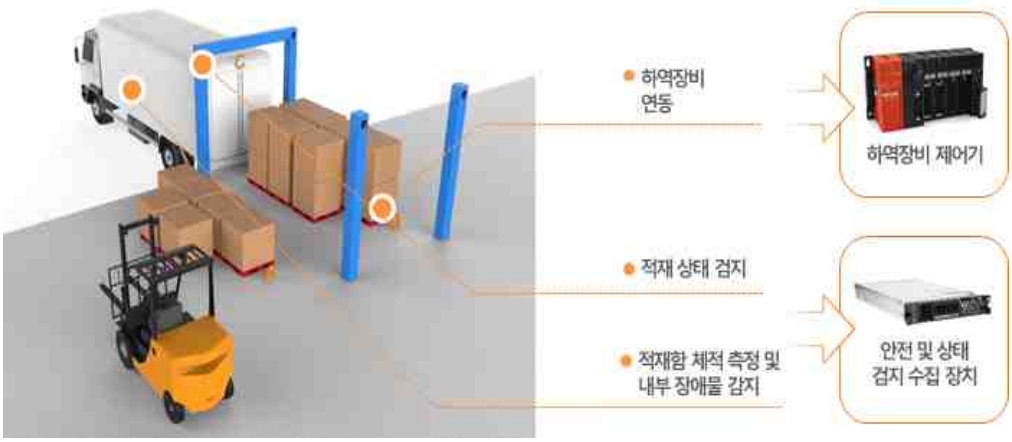


그림 3.4.1 안전장치 및 상태 검지장치 구성도

2. 기본 설계

가. 장애물 검지장치 설계

(1) 설계 검토

장애물 검지장치의 설계 요구 조건은 아래와 같다.

○ 로딩플레이트의 수평방향 이동(이동 거리 3m)

○ 로딩플레이트의 수평이동 경로상의 장애물 검지

○ 장애물 검지 거리는 0.5m ~ 1m

○ 센서 선정 시 외부 환경 고려

(2) 장애물검지 센서 선정

장애물을 검지하기 위해서 초음파, 근접, 에어리어 센서 등의 자료를 검토하였으며, 검지거리, 외부환경, 설치 공간 및 가격 등을 고려하여 CEDES社의 TLS500 근접센서로 선정하였다. 플레이트에 50cm간격으로 교차하여 배치하고 검지를 하여 검지 영역을 넓히도록 하였다.

표 3.4.1 장애물 검지 센서 비교

구분	초음파 센서	근접센서	에어리어 센서
종류			
모델명	UT1B/EN-0 EUL	TLS500	GridScan/LR
검지거리	0.25m ~ 3.5m	0.2m ~ 6m	up to 50m (Out Door)
외부환경 반응	민감	둔감	둔감
설치 공간	적합	적합	비적합
출력	ON/OFF	ON/OFF	ON/OFF
가격	고가	저가	고가

(3) H/W 인터페이스 설계

안전 및 상태 검지 수집 장치와 장애물검지 센서, 하역장비 제어기 간의 H/W 구성을 나타낸다. 장애물 검지 센서는 ON/OFF 접점 타입의 센서로 안전 및 상태검지 수집 장치의 D/I(Digital Input) 포트로 연결되며 하역장비 제어기와 안전 및 상태 검지 수집 장치는 RS-232통신을 사용하여 작동 및 센서 정보를 송수신한다.



그림 3.4.2 장애물 검지 H/W 인터페이스 구성도

(4) 데이터 흐름도

장애물검지 작동 시 데이터 흐름도를 나타낸다. 하역장비 제어기로부터 장애물검지 작동 신호가 수신되면 안전 및 상태 검지 장치는 장애물 검지 센서의 입력을 확인하고 장애물이 검지 될 경우 검지 정보를 하역장비 제어기로 송신한다.

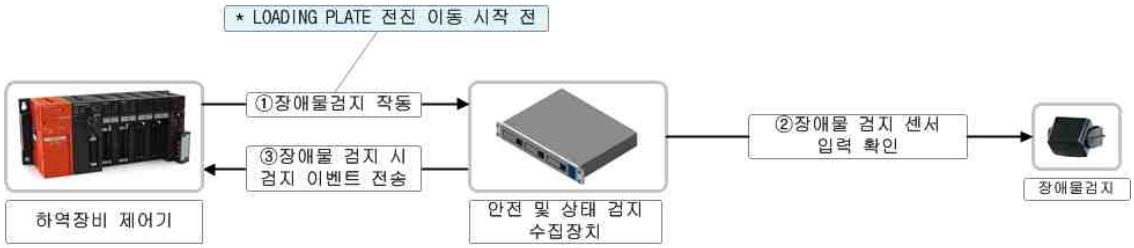


그림 3.4.3 장애물 검지 작동 데이터 흐름도

아래 그림은 장애물검지 정지 시 데이터 흐름도를 나타낸다. 하역장비 제어기로부터 장애물 검지 정지 신호가 수신되면, 안전 및 상태 검지 장치는 장애물 검지 센서의 입력을 차단한다.

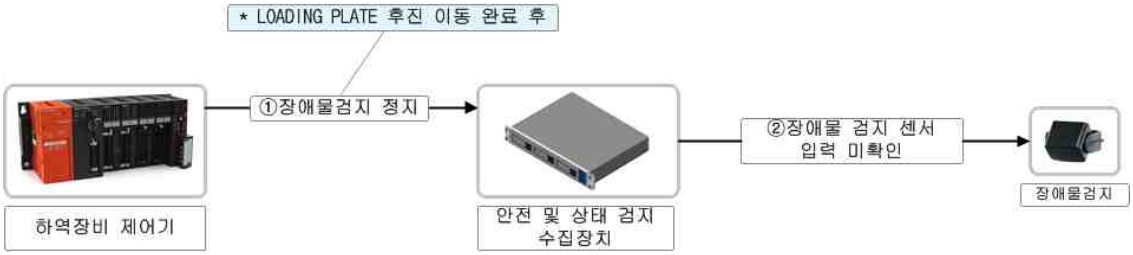


그림 3.4.4 장애물 검지 정지 데이터 흐름도

나. 적재함 측정 장치 설계

(1) 목적

적재상태 검지 기술은 화물이 하역 가능한지의 여부를 확인하고 화물의 붕괴 및 파손을 방지하기 위한 기술로, 적재함이 로드플레이트에 적재된 후 적재함의 체적을 구하기 위한 적재함 체적 측정 기술과 일괄 하역 시 로드플레이트 화물의 적재상태를 확인하는 상태확인 기술로 나눠진다.

(2) 개념 설계

적재함의 크기는 최대 40ft 컨테이너이며 너비, 높이, 깊이가 가변적이다. 아래 그림은 거리측정 센서 2개를 사용하여 적재함의 체적을 측정하는 방법을 보여준다. 하나의 센서는 그림에서 보는 것과 같이 센서를 너비 축을 기준으로 일정 각도를 회전 시켜 측정된 거리 값 중 최소값을 사용하고 다른 하나의 센서는 아래 표에서 보는 것과 같이 깊이 축을 기준으로 360도 회전 시켜 얻은 4개의 최소값으로 높이와 폭을 계산한다.

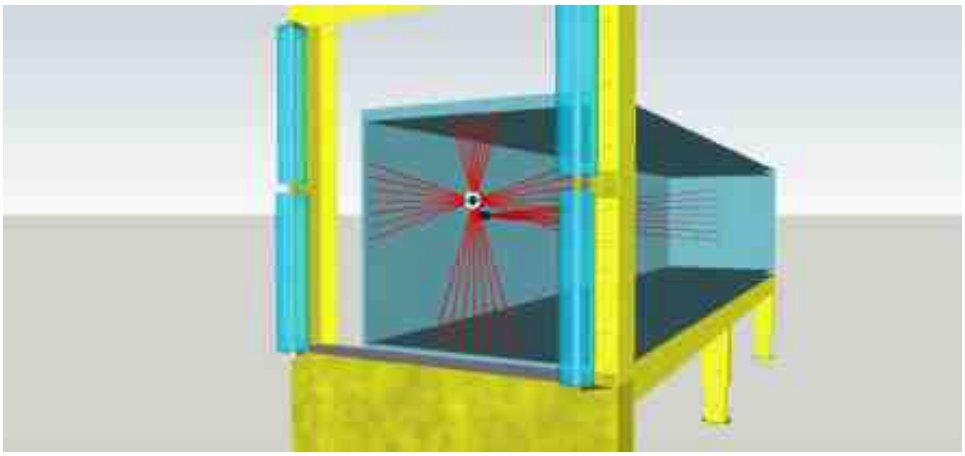


그림 3.4.5 적재함 체적 측정

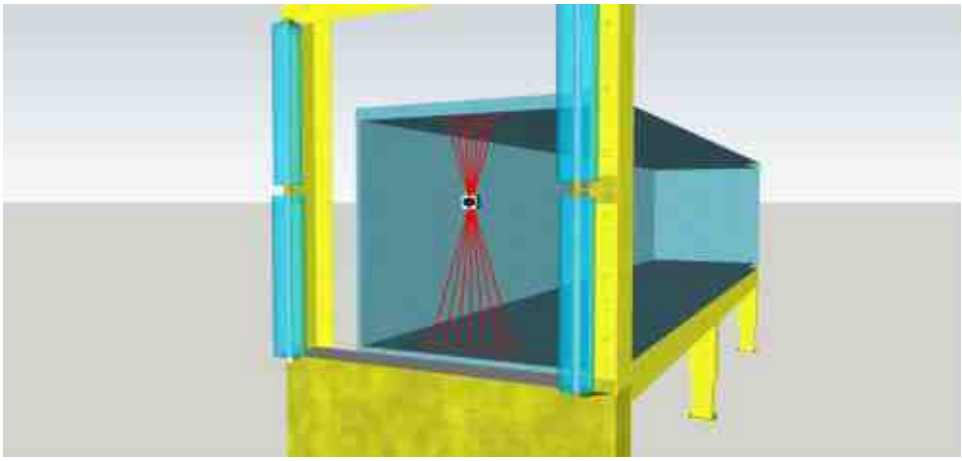


그림 3.4.6 적재함 높이 측정

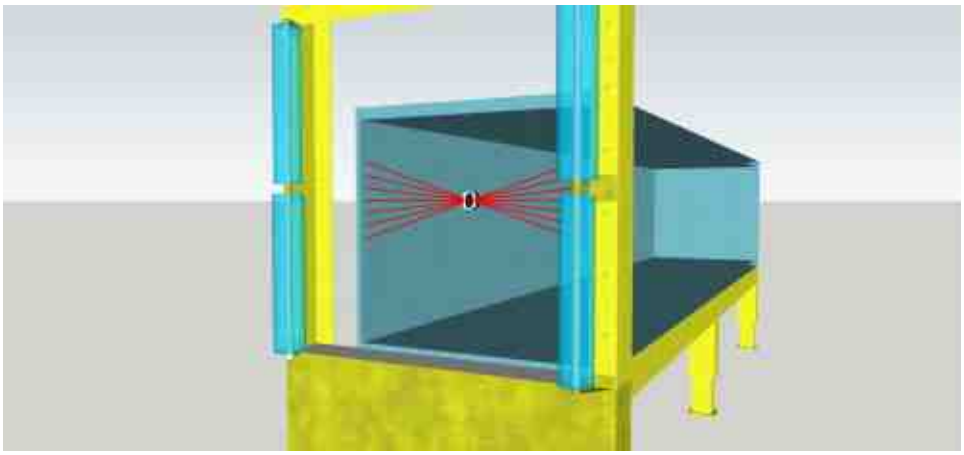


그림 3.4.7 적재함 너비 측정

(3) 설계 검토

적재함 측정장치의 설계 요구 조건은 아래와 같다.

○ 최대 40ft 컨테이너(깊이는 축소모형 4m 기준)

○ 가변적인 적재함 대응

○ 적재함과 플레이트의 너비 여유 고려

○ 센서 선정 시 외부 환경 고려

○ 설치 장소 고려

(4) 적재함 검지 센서 선정

거리 측정 센서로는 SICK社의 DT50-N1113 모델을 사용하며 아래 표에 주요 사양을 나타내었다. 플레이트가 적재함으로 적재된 경우 너비 여유가 약 5cm 내외로 작으며 높은 정밀도를 가져야하며, 외부 환경에 민감하지 않은 레이저 측정방식을 선택하였다.

DT50-N1113는 거리측정 0.2m ~ 10m에서 범위 설정할 수 있어 측정 범위를 줄일수록 보다 높은 정밀도의 측정값을 얻을 수 있다.

표 3.4.2 DT50-N1113 거리측정 센서 주요 사양

	**Model**	DT50-N1113
	Resolution	1 mm
	Response time	up to 30 ms
	Light source	Laser, red
	Analog output	1 x 4 mA ... 20 mA (≤ 300 Ω)
	Resolution analog output	16 bit
	Supply voltage	DC 15V ~ 30V

(5) H/W 인터페이스 설계

안전 및 상태 검지 수집 장치와 적재함 측정 센서, 하역장비 제어기 간의 H/W 구성을 나타낸다. 적재함 측정 센서는 아날로그 출력 타입의 센서로 안전 및 상태검지 수집장치의 A/I(아날로그 입력) 포트로 연결된다. 하역장비 제어기와 안전 및 상태 검지 수집장치는 RS-232통신을 사용하여 적재함 측정 동작 및 체적 정보를 송수신한다.



그림 3.4.8 적재함 체적 측정 H/W 인터페이스 구성도

(6) 데이터 흐름도

적재함이 로드플레이트로 도킹이 완료되고 하역장비 제어기로부터 적재함 측정 작동 신호가 수신되면, 안전 및 상태 검지 장치는 거리측정 센서로부터 거리 값을 입력 받아 이 값이 유효한 입력인지 확인한다. 유효한 값이 아니면 측정오류 정보를 전송, 유효한 값이면 측정한 거리 값으로 체적을 계산하고 그 결과를 측정 완료 신호화 함께 하역장비 제어기로 송신한다.

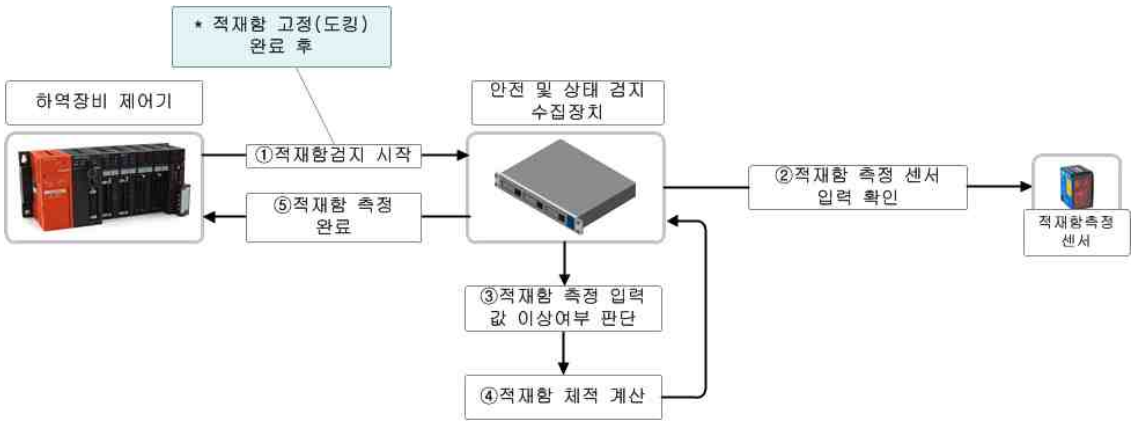


그림 3.4.9 적재함 측정 작동 시 데이터 흐름도

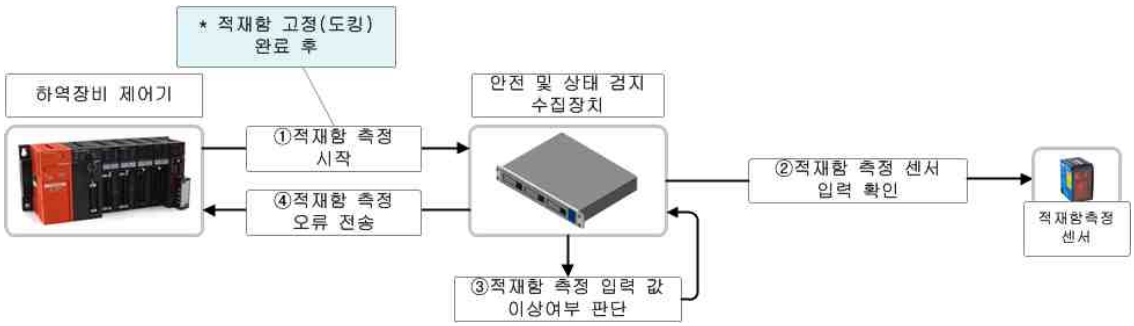


그림 3.4.10 적재함 측정 오류 시 데이터 흐름도

다. 적재상태 측정 기술 설계

(1) 목적

일괄 하역 장비는 25톤(40ft 컨테이너)급의 화물을 12분 이내에 일괄 상역 또는 하역하는 장비이므로 인입과정 중 플레이트 위에 있는 화물의 적재상태가 안전한지 검지하는 기능이 필요하다. 즉, 일괄 하역 시 화물적재상태가 불량할 경우에는 즉시 플레이트 가동을 중지시키고 작업자에게 불량상태를 알려주어야 한다. 이런 일련의 작업을 정해진 시간 안에 원활히 수행할 수 있는 장비(일명 적재상태 안전 검지기)의 필요성이 대두된다.

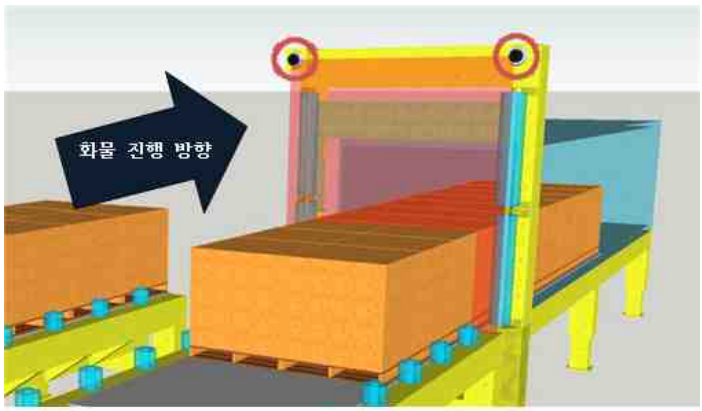


그림 3.4.11 적재상태 안전 검지기술 개념도

(2) 개념 설계

적재상태 안전을 검지하기 위해서는 적재함과 화물의 부피를 파악하고, 이들의 크기를 비교하여 화물의 부피가 적재함보다 큰 경우가 생기면 상태가 불량한 것으로 판단하는 기능이 있어야 한다.

적재함은 보통 컨테이너와 같은 직육면체이므로, 부피는 폭(Width), 높이(Height), 깊이(Depth) 값만을 거리측정센서로 측정한다. 화물은 특성상 모양이 여러 가지이기 때문에, 화물의 바닥을 제외한 모든 부분에 대한 크기를 측정해야한다. 화물의 크기를 측정하기 위하여 게이트 상단 좌우에 각 1대씩 스캐너를 위치시킨다.

각 스캐너는 화물의 좌측과 좌측상단, 혹은 우측과 우측상단의 단면 크기를 측정한다. 스캐너로 측정한 화물의 단면 크기를 적재함의 크기와 비교하여 화물이 적재함에 들어갈 수 있는지 판단한다. 이런 판단은 화물이 모두 적재함에 들어갈 때까지 계속적으로 반복된다.

(3) 요구조건

적재상태 안전 검지기는 실시간(Real-Time)으로 작동하여야 한다. 만약 실시간성이 보장되지 않는다면, 상하역시 화물의 손상이나 인적 사고가 발생할 수 있다.

라. 장애물 및 적재상태 검지 시나리오 설계

일괄 하역장비 안전 및 상태 검지장치가 수행되는 시나리오는 다음과 같다.

작업이 시작되어 트럭이 도크에 도킹이 완료되면 안전 및 상태 검지장치가 구동된다. 먼전 적재함을 측정하기 위해 스윙기구가 적재함으로 인입되어 내부체적을 측정하게 된다. 이는 트럭의 적재함이 개조되는 사례가 많아 적재할 수 있는 양도 달라질 수 있기 때문에 적재함을 측정해야 한다.

이후 플레이트에 화물 적재가 완료되면 화물의 상역이 시작된다. 고속으로 인입되는 화물의 적재 상태를 실시간으로 검지하여 불량여부를 확인하고 적재상태가 불량이면 작업의 비상정지를 하여 화물의 파손이 없도록 관리자가 조치를 취하게 된다. 적재상태가 양호하면 적재함에 화물을 상역하게 된다. 이와 더불어 장애물 검지장치는 작업 시작함과 동시에 지속적으로 장애물을 검지하여 사고를 미연에 방지하도록 한다.

아래 그림은 화물의 안전 및 상태를 실시간으로 검지하면서 상하역하는 과정을 보여준다.

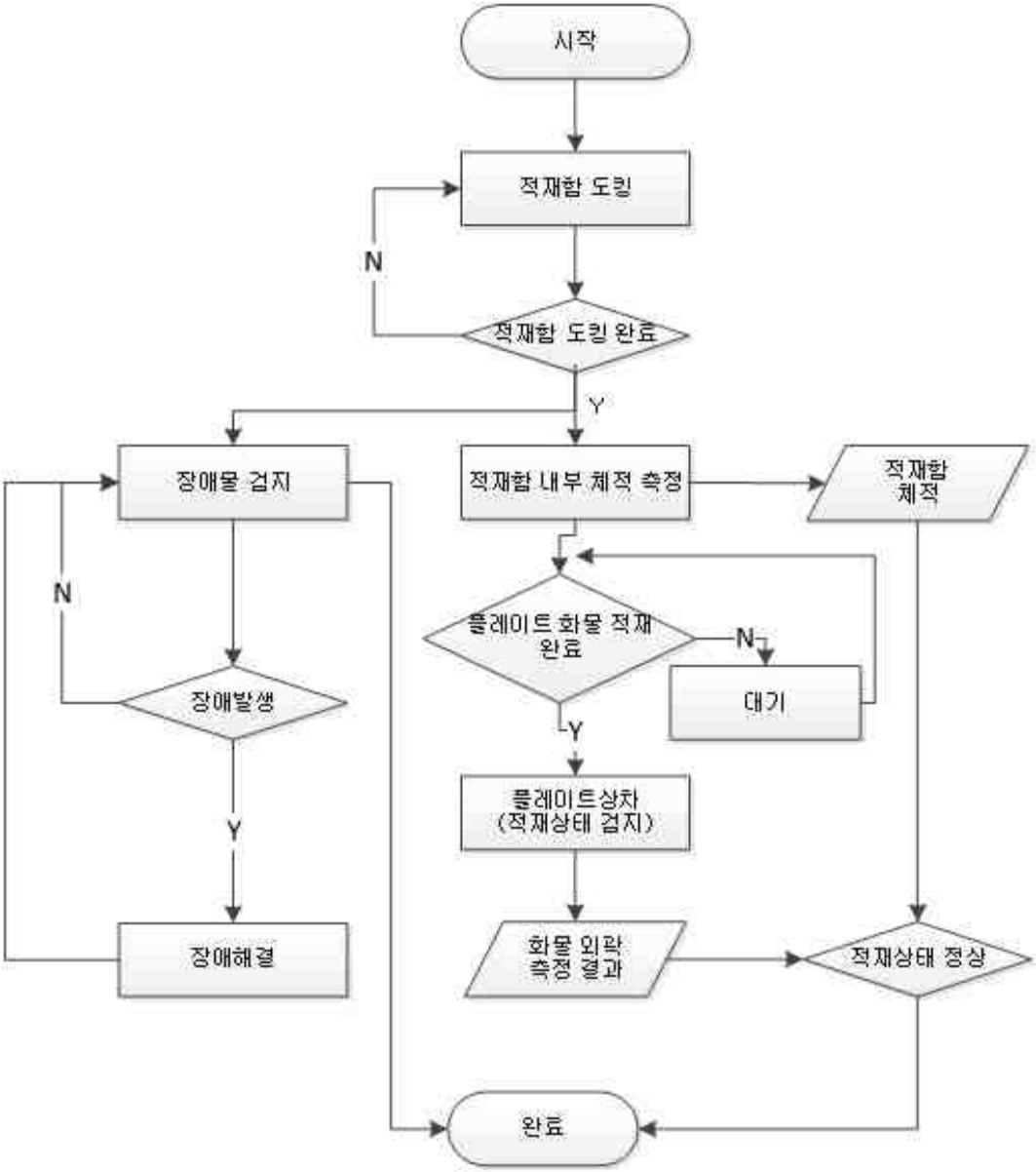


그림 3.4.12 안전 및 상태 검지 장치 순서도

3. 장애물 및 적재상태 검지장치 개발

가. 장애물 검지기술 개발

장애물 검지장치는 장애물 센서를 구동시키고 작업자나 장애물을 검지되면 발생한다. 아래 그림은 장애물 검지장치가 구동되는 모습이다. 즉, 작업 대기상태에서 작업이 시작될 때 장애물검지 장치도 실행된다. 장애물 검지하는 방향에 대해서 좌, 우, 양방향으로 모드를 설정하여 장애물을 검지한다. 장애물이 검지되면 장애물 검지 신호를 하역장비 제어기 측으로 즉시 전송한다.

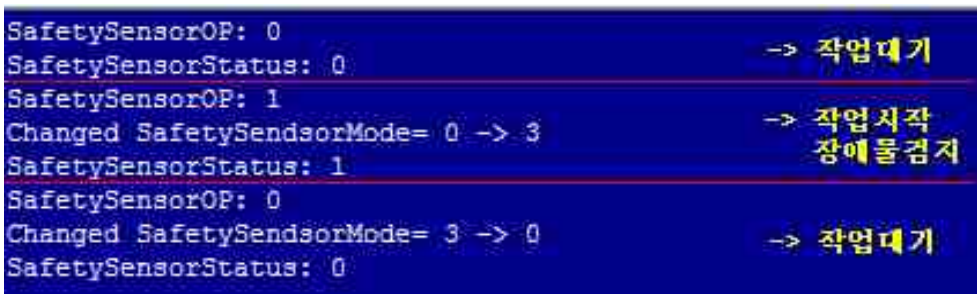
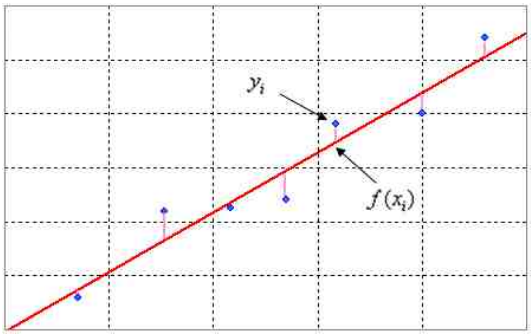


그림 3.4.13 장애물 검지 장치 시스템 로그

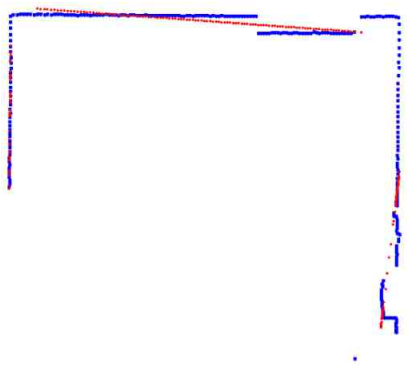
표 3.4.3 장애물 검지 장치 로그 항목 정의

SafetySensorOP	0 : 작업대기 1 : 작업시작
SafetySensorStatus	0 : 이상없음 1 : 장애물검지
Changed SafetySensorMode	0 : 초기값 1 : 왼쪽검지 2 : 오른쪽검지 3 : 양쪽검지

장애물 검지는 최소자승법[11]과 RANSAC[12] 알고리즘을 이용하여 구현하였다. 2D 스캐너로 적재함 내부의 스캔 데이터를 취득한 뒤, RANSAC 기반의 검지 알고리즘으로 장애물 존재 여부를 판단하게 된다.

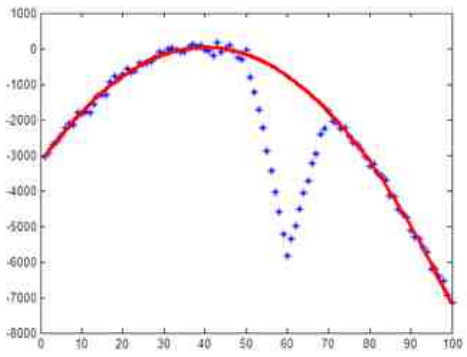


[최소자승법 f(x)와 측정된 값 표시]

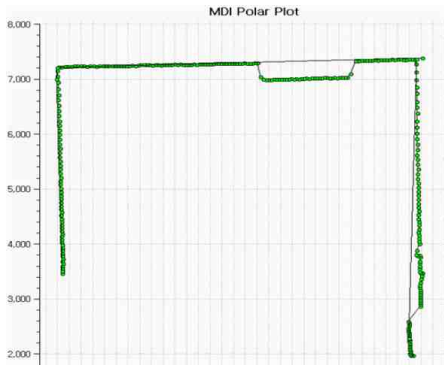


[적재함 장애물 검지 응용]

그림 3.4.14 적재함 장애물 검지 알고리즘(최소자승법)



[RANSAC 응용 예]



[적재함 장애물 검지 응용]

그림 3.4.15 적재함 장애물 검지 알고리즘(RANSAC)

11) n회 측정된 값 yn과 xn의 함수를 추정하고, 측정된 값 yi와 함수 f(x)의 차이를 제곱한 값의 합을 구하고 이 합이 최소가 되는 함수 f(x)를 구하는 방법으로 구해진 y=f(x)는 이 측정값들의 관계에 가장 적합한 함수임

12) 일관된 데이터의 집합을 확장시켜가는 방식으로 전체 원본 데이터 중에서 필요한 최소의 데이터를 랜덤하게 샘플링하여 최적의 해를 찾는 방법임

나. 적재상태 검지장치 개발

(1) 적재함 체적 측정기술 개발

적재함의 체적은 스텝모터를 구동하여 거리 값을 취득하여 측정한다. 너비 축을 회전축으로 구동되는 모터를 일정 각도로 회전시키고 이때 거리 센서의 아날로그 값을 읽어 거리 값으로 변환한다. 이 후 가장 최단 거리의 깊이 값을 찾아 해당 위치로 이동한 너비와 폭을 측정하기 위해 깊이 축을 회전축으로 구동되는 스텝모터를 일정각도로 360도 회전시킨다. 이 과정에서 각각의 면(좌, 우, 위, 아래)에서 최단 거리를 얻을 수 있다.

이렇게 얻은 좌, 우 거리 값을 더하여 적재함의 폭을 구하고 위, 아래 거리 값을 더하여 높이를 구한다. 실제 측정 결과 실측과의 차이는 1cm ~ 2cm 정도의 오차를 보였다.



그림 3.4.16 적재함 깊이 측정



그림 3.4.17 적재함 너비 측정



그림 3.4.18 적재함 높이 측정

(2) 적재상태 검지기술 개발

(가) 스캐너와 좌표계

화물의 체적을 측정하기 위하여 인입 게이트웨이 좌우에 거리측정 스캐너를 각각 1개씩 사용한다. 스캐너의 제원은 아래 표와 같다.

표 3.4.4 BEA사 Sensorio LZR-U920 제원

Number of planes	4
Scanning frequency	15Hz
Measurement range	Max 65m
Number of points	Max 274
Angular coverage	Max 96°

스캐너는 플래인(plane) 1개당 최대 274개의 점에 대해 일정한 간격으로 거리 값을 측정하므로 각 점의 거리값과 그 각도로 극좌표계(Polar Coordinates)를 구성할 수 있다. 적재함과 화물 사이의 안전 여부를 판별하기 위해서는 극좌표계를 데카르트 좌표케로 변환할 필요가 있다. 변환식은 다음 수식과 같다.

D를 $spot$의 거리값이라 하고, θ는 각 $spot$의 각도라고 하면,

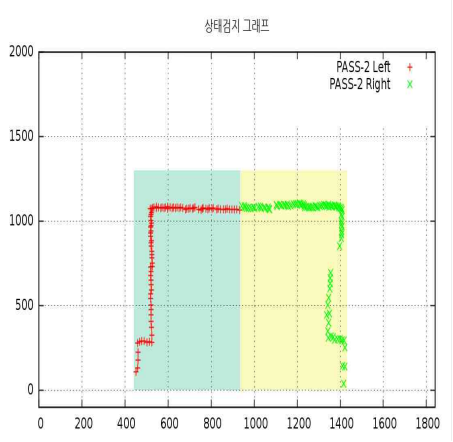
$$x = D\cos\theta$$
$$y = D\sin\theta$$

만약 θ를 라디안으로 계산하려면,

$$\theta = \frac{\pi}{180}(\text{기준각} + spot\ N\text{의 각도})$$

이렇게 얻은 각 점들에 대한 좌표로 화물의 단면 실루엣을 모델링할 수 있다. 아래 표는 화물을 스캔하여 적재상태를 검지하는 것을 보여준다.





[화물 적재상태 실사] [화물 적재상태 단면 모델링]

그림 3.4.19 테스트 상에서 화물 적재상태 검지

(나) 시스템 구성

화물 체적 측정은 이론상 어떤 시스템으로든 구축 가능하지만, 기술개발의 용이성과 범용성을 감안하여 Linux 시스템을 기본으로 개발한다. 현재는 PC기반으로 구축하였으나 추후 최적화와 비용절감을 위해 임베디드 장비로의 포팅도 비교적 간단히 할수 있을 것으로 예상된다. 스캐너와 연결하는 시스템의 대략적인 구성은 아래 표와 같다.

표 3.4.5 적재상태 안전검지기 구성

Operating System	Linux
Programming Language	C
Tools & Libraries	gcc, glibc, make, libuv, gnuplot

(다) 프로그램 구성

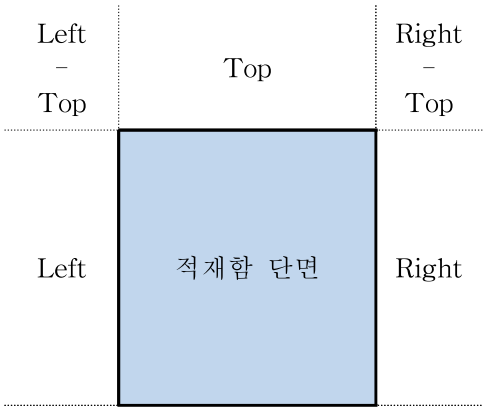
프로그램은 다음과 같은 요소들로 이루어진다.

○ daq-server : PLC와 통신하고 필요에 따라 lzr-measure 프로그램을 실행시켜 화물상태를 검지하는 프로그램. PLC와의 통신은 TCP 소켓을 사용하며 시스템 구동시 데몬 형태로 서비스.

○ lzr-measure : 스캐너로부터 들어오는 패킷 스트림을 받아 가공하여 좌표변환을 이용한 화물 단면 모델링 및 적재상태 안전 검지기능을 수행하는 프로그램. daq-server가 PLC로부터 폭, 높이, 깊이 값과 함께 상태검지기능 수행의 요cud을 받으면 이 프로그램을 실행. lzr-measure는 주어진 조건에 맞게 실행된다가 적재형태가 불량이라 판단되면 에러를 리턴하고 종료. 만약 적재상태가 정상이라면 처음 실행 시 주어진 폭에 따라 계산된 스캔 수만큼 실행되다가 정상 종료. lzr-measure의 실행 결과 값은 아래 표에 정리되어 있고, 아래 그림은 그 영역 구분. 에러값들은 서로 OR-비트연산으로 합쳐질 수 있음. 즉, 에러값이 31이라면 모든 영역에서 에러가 발생.

리턴값	의미
0	정상
1	Left 영역 에러
2	Right 영역 에러
4	Top 영역 에러
8	Left-Top 영역 에러
16	Right-Top 영역 에러

[lzr-measure 실행 결과값]



[에러 영역 구분]

그림 3.4.20 lzr-measure 실행 결과값과 에러 영역 구분

○ FileSystem : 파일시스템에는 적재상태 검지 시 생성되는 데카르트 좌표값들이 프레임별 파일로 저장. 저장하는 주체는 lzr-measure이며 저장된 파일정보를 기반으로 모델링된 좌표를 보여주거나 추후 필요에 따라 데이터 변환 가능.

○ Scanner(device) : 스캐너는 Line Scanner 2대가 사용되면, RS-485 시리얼 통신을 사용. lzr-U920 스캐너는 자체적인 프로토콜을 사용하므로 리눅스 시스템에 스캐너를 붙이려면 해당 프로토콜을 직접 구현. 다행히 스캐너가 리눅스의 일반 시리얼 드라이버로 제어되기 때문에 시스템 콜(open/read/write/close 등)을 이용하여 응용프로그램을 제작 가능.

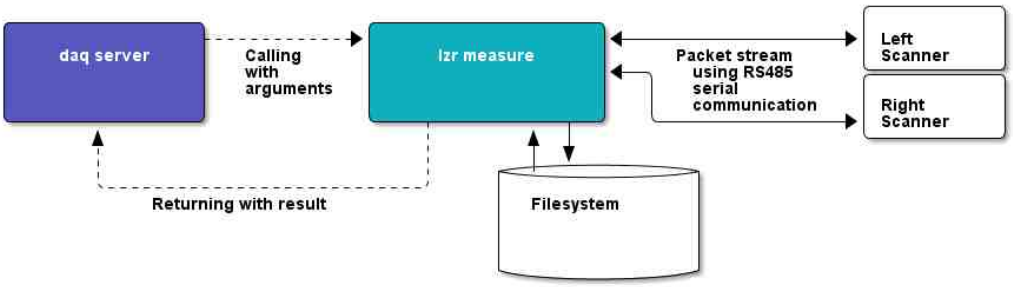


그림 3.4.21 프로그램 구성도

(라) 알고리즘 구현

적재상태 안전 검지 알고리즘 착상은 아래와 같다.

○ 화물의 적재상태를 체크하기 위한 선행단계로 화물 단면의 넓이 구하기가 항상 전제되어야 하는 것은 아님

○ 화물 단면의 넓이 구하기에 대한 기존 알고리즘은 구할 수 있는 모양(직사각형)이 제한

○ 결국은 적재함의 좌우와 상단에 화물이 벗어나는지 그 여부를 판단해야 함. 즉, 화물의 단면 실루엣 중 적재함의 바깥으로 나간 것이 있는지 확인함으로서 적재상태 안전 여부를 확인 가능

○ 아래 그림에서 보듯이 화물의 체적을 직접 계산할 필요 없이 화물의 단면 실루엣 중 적재함 영역을 벗어난 부분만 확인하여 안전여부를 결정

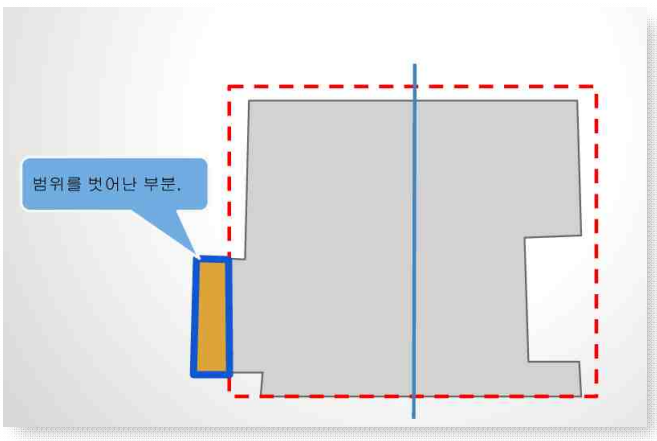


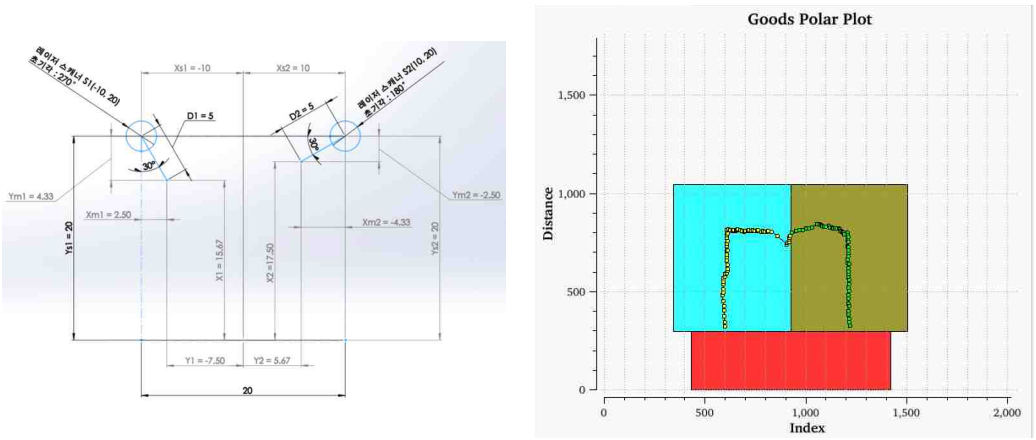
그림 3.4.22 검지 알고리즘 개념도

알고리즘 구동은 lzr-measure에서 이루어지는데, 게이트의 좌상단, 우상단에 배치된 2개의 2D 레이저 스캐너로 화물을 스캔하여 적재상태를 검지한다. 세부 구동방식은 다음과 같다.

○ 스캐너로부터 총 722개의 거리값을 획득하여 게이트의 외부영역 및 플레이트 바닥 영역의 좌표를 제거

○ 기존 적재상태 검지 알고리즘에 가우시안[13] 필터를 적용하여 검지장치의 정밀도 1cm로 향상

○ 거리값을 기반으로 데카르트 좌표계로 변환하여 화물의 폭과 높이를 계산



[스캐너의 초기위치 설정] [적재상태 검지 가우시안 필터 응용]

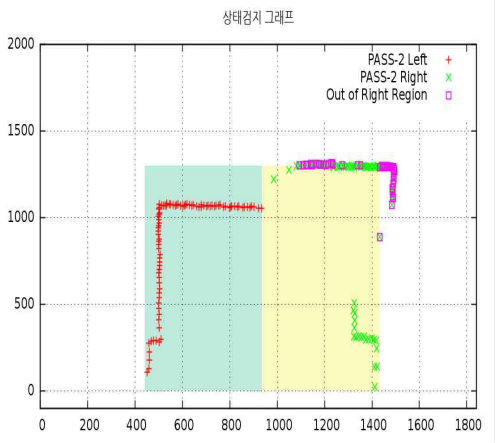
그림 3.4.23 스캐너 초기위치 및 가우시안 필터 적용된 결과

아래 그림은 적재상태 안전 알고리즘으로 측정한 화물의 단면의 실제 사진과 모델링 그래프이다. 모델링 그래프에서 우측 상단을 보면 영역을 벗어난 부분을 확인할 수 있다. 화물의 단면 중 적재함의 영역을 벗어난 부분을 판단하는 실제 기준은 Out of Region List에 등록된 일정 개수 이상의 spot 수에 따라 결정된다. 즉, 임계값을 두고 그 값보다 큰 수의 spot이 Out ot Region List에 등록되어 있는 경우에 적재상태 불량으로 정의한다. 만약 적재상태 불량으로 판단될 경우, 추가적으로 불량위치를 판별하는 루틴을 수행한다.

13) 중앙에 위치한 값과 먼 거리에 있는 이웃한 값들을 가중치로 감소시키고 가중한 이웃의 평균값으로 대치. σ = 1 일 경우 C(0.135335,0.606531, 1, 0.606531, 0.135335), C(0.135335 + 0.606531 + 1, 0.606531 + 0.135335) = 1이 되도록 C를 결정



[화물적재 에러상태 실사]



[화물적재 에러상태 단면 모델링]

그림 3.4.24 테스트 상에서 화물 적재상태 에러 검지

다. 검지장치와 하역장비와의 인터페이스 개발

(1) H/W 인터페이스 구성

적재상태 및 장애물 검지를 위한 3개의 스캐너와 스캐너의 데이터를 수신, 분석 및 처리를 위한 검지장치 제어기로 구성하였다. 하역장비 제어기(PLC)와 검지장치 제어기간은 TCP/IP 인터페이스로 구성하였다. 또한 하역장비 인터페이스를 위한 범용 프로토콜을 설계 및 구현하였다.

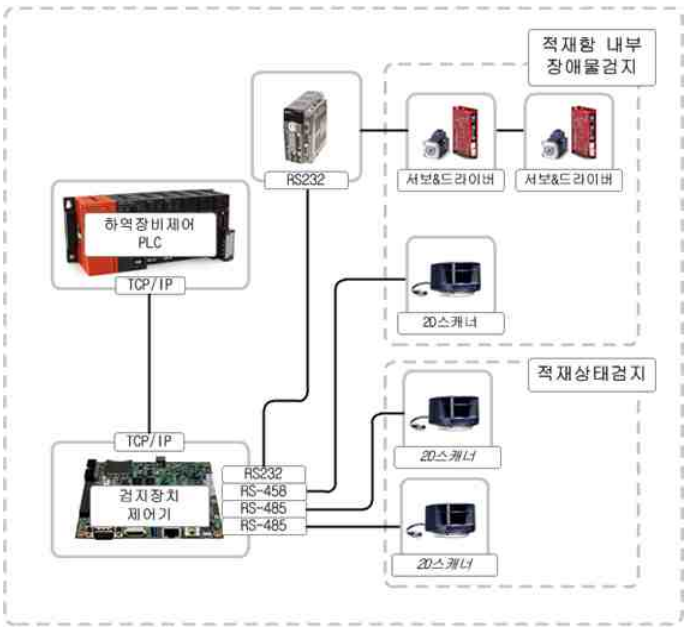


그림 3.4.25 H/W 인터페이스 구성도

(2) S/W 인터페이스 구성

하역장비 제어기는 안전 및 상태 검지장치로 트럭의 도킹 완료여부, 플레이트의 이동 시작/완료 정보, 플레이트의 이동거리, 비상정지 신호를 전송한다. 또한 안전 및 상태 검지장치는 적재함 내부 체적, 장애물 여부, 실시간 적재상태를 하역장비 제어기로 전송한다. 도킹 완료 후에는 검지장치로 도킹완료 정보를 전송하고 수직 이송장치의 이송거리 정보를 기반으로 적재함 내부의 체적 및 장애물 검지정보를 하역장비 제어기로 전송한다

플레이트 푸싱 시작 시에는 검지장치로 푸싱 시작정보를 전송하고 플레이트 이송거리 정보를 기반으로 적재화물의 단면을 스캔하여 화물의 체적정보를 하역장비 제어기로 전송한다.



그림 3.4.26 S/W 인터페이스 구성도

(3) 인터페이스 시나리오 구성

표 3.4.6 정상상태 시나리오

순 서	작 업 내 용
1	적재함 도킹완료
2	스캐너 이송장치 하강
3	적재함 체적 측정 및 장애물 검지 시작
4	스캐너 이송장치 이송 거리 요청 및 응답
5	적재함 체적 측정 및 장애물 검지 완료
6	스캐너 이송장치 원점 복귀
7	플레이트 구동 시작
8	적재상태 검지 시작
9	플레이트 진입 이송거리 요청 및 응답
10	플레이트 이송 완료
11	적재상태 검지 완료

표 3.4.7 적재함 체적 측정 오류 시나리오

순 서	작 업 내 용
1	적재함 도킹 완료
2	스캐너 이송장치 하강
3	적재함 체적 측정 및 장애물 검지 시작
4	스캐너 이송장치 이송 거리 요청 및 응답
5	하역장비로 적재함 체적 측정 오류 알림

표 3.4.8 적재상태 검지 오류 시나리오

순 서	작 업 내 용
1	플레이트 푸싱 장치 구동 시작
2	적재상태 검지 시작
3	플레이트 진입 이송거리 요청 및 응답
4	하역장비 제어기로 적재상태 불량 알림
5	하역장비 정지 후 오류 수정

4. 핵심 기능 테스트

가. 실내 테스트 환경 구축

안전 및 상태 검지장치의 핵심기능 테스트를 위해 실내 실험환경을 구축하였다.

○ A, B(적재상태 검지 스캐너) : 화물의 좌측 상단과 우측 상단에서 화물의 외형을 스캔

○ C(적재함 체적 측정 기구물) : 적재함의 너비, 높이, 깊이를 측정

○ D, E(장애물 검지센서) : 하역 시 주변의 장애물을 검지

○ F(로딩플레이트) : 로드플레이트를 대체하기 위한 컨베이어 벨트로 이동속도는 12m/s로 구동

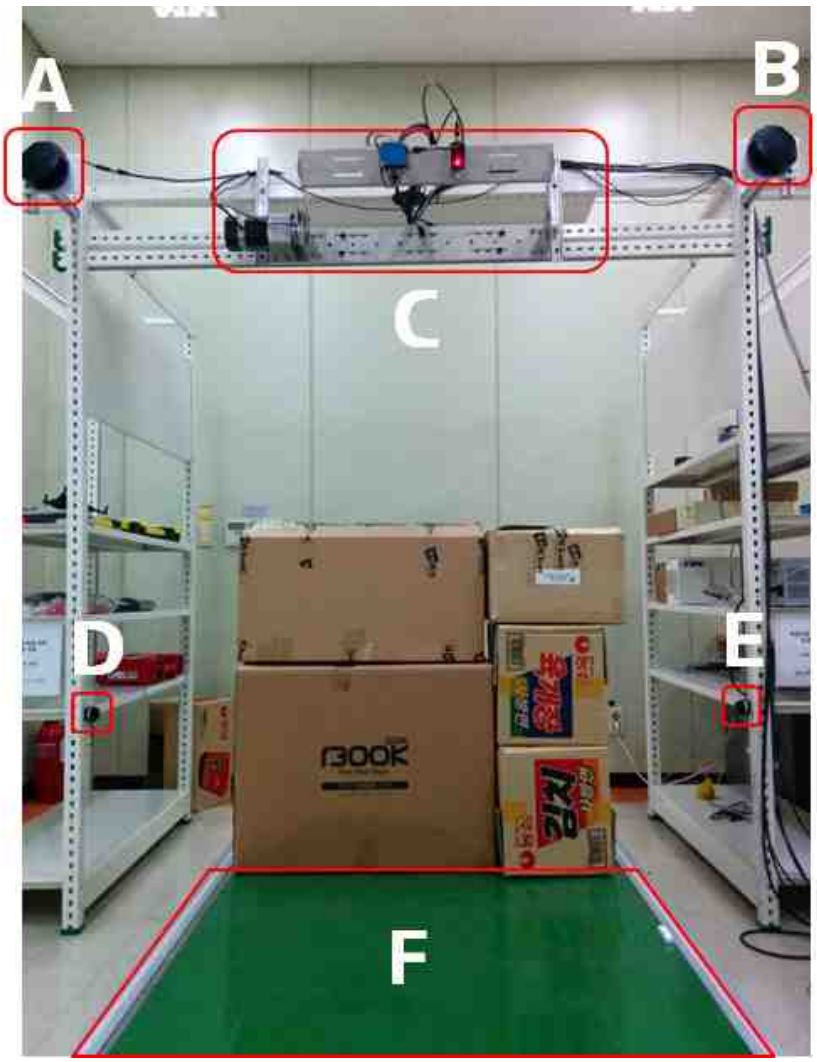


그림 3.4.27 장애물 검지 및 적재상태 기술 개발을 위한 테스트 환경

나. 내부 장애물 감지장치 핵심기능 테스트

내부 장애물 감지장치 핵심기능 테스트는 실험실에서 다양한 조건의 장애물을 위치시킨 후 검지여부를 검증하였다. 적재함 내부 장애물 테스트는 아래와 같은 순서로 실행하였다.

○ 1개로 받아들이는 3면(좌, 우, 중)의 데이터를 3개로 분할

○ 각각의 데이터가 곧은 직선인지를 판단(장애물 존재 시 곧은 직선이 될 수 없음)

○ 3개로 분할된 내부 스캔 데이터 중 한 곳이라도 곧은 직선이 아니라 판단될 경우 장애물이 존재하는 것으로 판단

장애물 검지는 100mm/s의 속도로 스캐닝을 할 때, 테스트 환경에서 장애물을 최소 30mm까지 검지하는 것으로 나타났으며, 1,000회 반복 측정을 통해 신뢰도를 검증하였다.

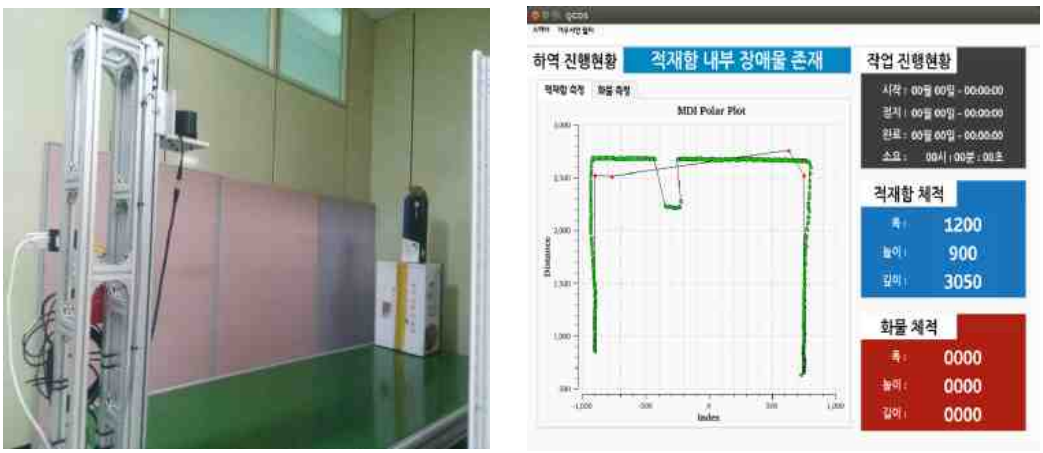


그림 3.4.28 장애물 검지 테스트

표 3.4.9 장애물이 있는 경우 테스트 결과

장애물 크기			검지 여부	비 고
Width	Height	Length		
100	50	50	○	스트로폼 박스
80	50	50	○	스트로폼 박스
60	50	50	○	스트로폼 박스
50	50	50	○	스트로폼 박스
40	50	50	○	스트로폼 박스
30	40	50	○	스트로폼 박스

다. 적재상태 검지장치 핵심기능 테스트

실험실에서 다양한 조건의 화물을 대상으로 적재상태 검지장치 핵심기능 테스트를 실시하였다. 화물의 체적측정은 화물의 실측데이터와 스캐너로 측정한 화물의 체적데이터와의 오차율을 검증하였다. 적재상태 검지장치 테스트는 아래와 같은 순서로 실행하였으며, 1,000회 반복 측정을 통해 ±1cm 미만의 오차율을 보여 신뢰도를 검증하였다.

○ 적재된 화물이 영역을 벗어나는 경우 “적재상태 불량”으로 판단

○ 화물 단면을 1000회 스캔하여 폭과 높이를 구함

○ 폭과 높이의 최대, 최소, 중간값, 평균, 분산, 표준편차는 ±1cm 미만의 오차율을 보임

○ 적재함으로 하역 시 측정값이 실측값보다 작을 경우 문제가 되므로 최소값을 적재상태 불량여부를 판단하는 기준으로 함

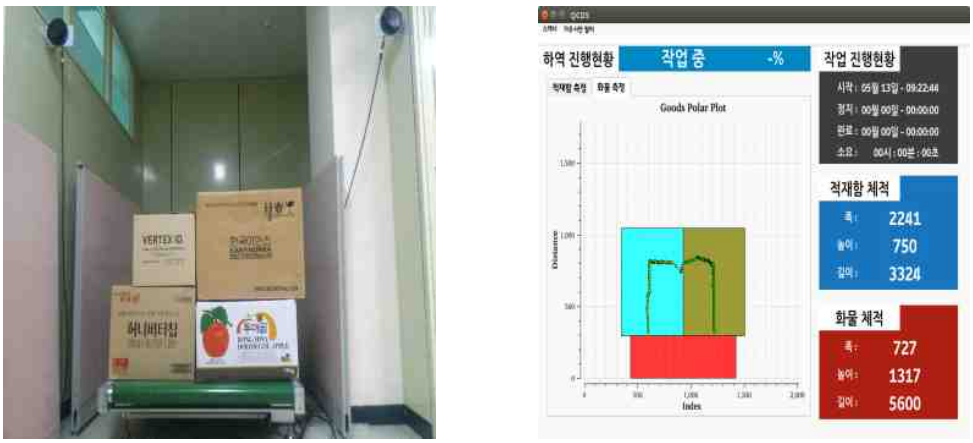


그림 3.4.29 적재상태 양호 검지 결과

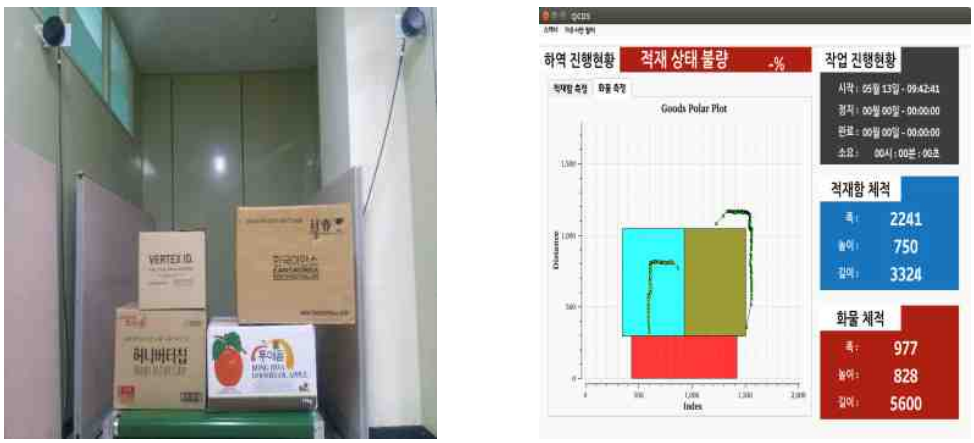


그림 3.4.30 적재상태 불량 검지 결과

표 3.4.10 화물 측정 테스트 결과

실제측정	440 * 350		957 * 601		1133*764	
오차 (평균치)	W:+2.8mm, H:+2.4mm		W:-1.4mm, H:+0.9mm		W:+3.1mm H:+1.2mm	
항목	Width	Height	Width	Height	Width	Height
min	442	351	955	601	1136	765
max	444	354	956	603	1137	769
median	443	352	956	602	1136	765
average	442.8	352.4	955.6	601.9	1136.1	765.2
var	0.20	0.39	0.24	0.19	0.16	0.48
stdev	0.45	0.62	0.49	0.43	0.39	0.69

5. 성능 검증

일괄 하역장비 안전 및 상태 검지기술을 범용 일괄 하역장비에 탑재하여, 시험기관(한국산업기술시험원)을 통한 성능 검증을 실시하였다. 우선 현장 요구사항 조사를 통해, 성능조사 항목을 다음과 같이 설정하였다.

○ 일괄 하역장비와 적재함 내부 장애물과의 충돌로 인한 안전사고를 방지하기 위한 안전장치의 신뢰도가 성과 지표를 만족하는지 확인

○ 일괄 하역 작업 중 신뢰도 있는 화물 체적을 바탕으로 적재함에 화물 인입 가능 여부를 판단하여 적재 상태 불량 시 발생하는 화물 및 하역 장비의 파손방지 기능을 확인

표 3.4.11 성능 검증 항목

평가 항목	목표	측정방법
내부 장애물 검지	금속, 나무, 종이 재질의 7cm x 7cm x 7cm 장애물	5포인트, 각 10회 측정
적재상태 검지	오차 범위 ±3 cm 이내	10회 측정

내부 장애물 검지 시험은 적재함 내부 5개 지점(모서리 4개 지점, 중앙 1개 지점)에 종이, 나무, 금속 등 3종의 장애물을 각각 배치하여, 한 지점 당 7㎤ 크기의 장애물을 놓고 10회 반복하여 실험을 진행하였다. (5개 지점 × 3종 장애물 × 10회 반복 = 총 150회)



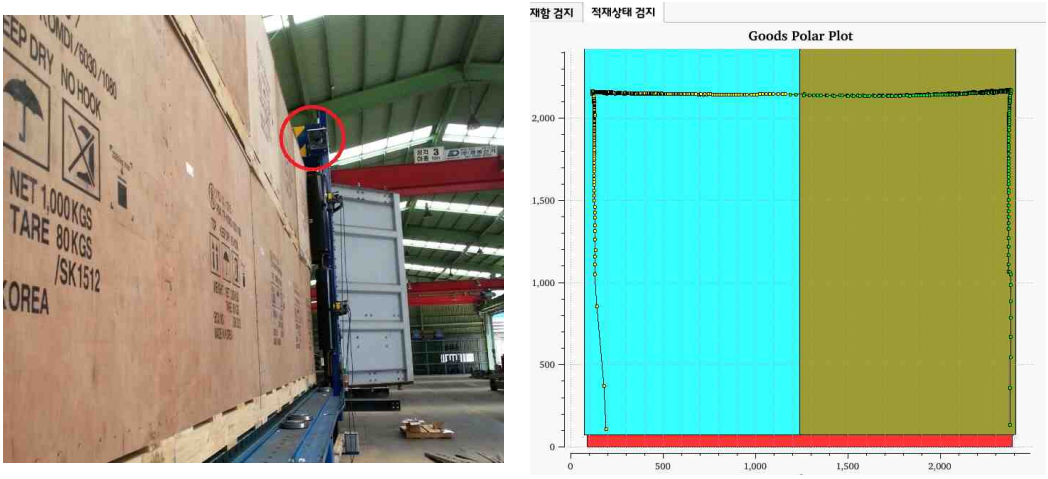
그림 3.4.31 장애물 검지장치 성능 검증

시험 결과 적재함 내부의 각 지점 및 3가지 재질의 장애물 검지를 모두 성공하여, 현장 적용에 적합한 것으로 나타났다.

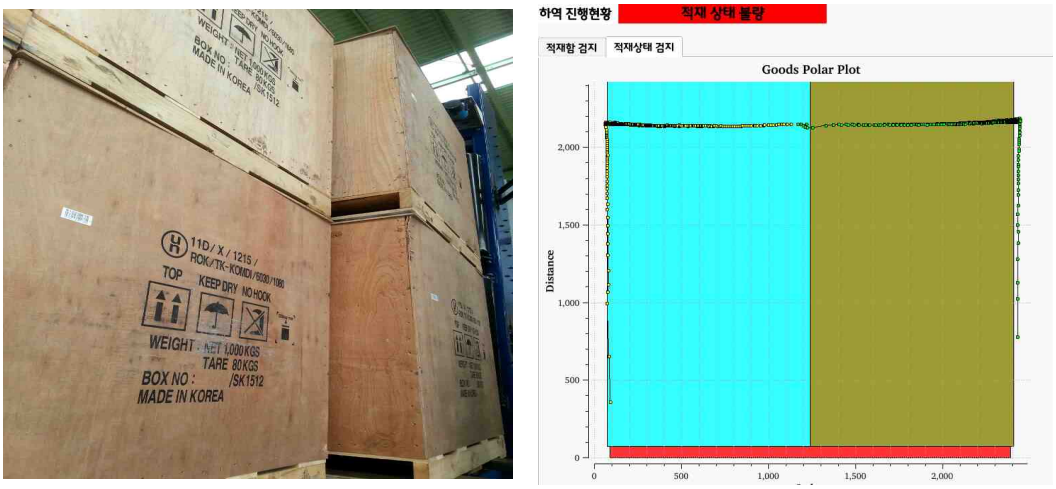
표 3.4.12 장애물 측정 크기 성능 검증 결과

장애물 크기 (mm)			검지 여부	비고
Width	Height	Length		
70	70	70	5개 지점, 10회 모두 성공	종이 재질
70	70	70	5개 지점, 10회 모두 성공	나무 재질
65	65	65	5개 지점, 10회 모두 성공	금속 재질

적재상태 검지 시험은 범용 일괄 하역장비에 화물 진입 시, 적재함 내부 높이 및 넓이를 스캐너로 10회 측정하고, 실제 측정한 화물의 높이 및 넓이와 비교하여 값의 차이가 ±3cm 이내인지 확인하였다.



[적재상태 양호 검지]



[적재상태 불량 검지]

그림 3.4.32 적재상태 검지장치 성능 검증

시험 결과 폭과 높이가 최대 18mm, 최소 8mm, 평균은 ±30mm 미만의 오차율을 보여, 현장 적용에 적합한 것으로 나타났다.

표 3.4.13 적재상태 검지 성능 검증 결과

구분	측정 횟수	측정 포인트(mm)		실측대비 차이(mm)		비고
		높이	넓이	높이	넓이	
실측		2,178	2,240	-	-	
스캐너 측정	1	2,162	2,254	-16	+14	
	2	2,162	2,251	-16	+11	
	3	2,162	2,249	-16	+9	
	4	2,164	2,253	-14	+13	
	5	2,160	2,250	-18	+10	
	6	2,165	2,251	-13	+11	
	7	2,164	2,249	-14	+9	
	8	2,164	2,251	-14	+11	
	9	2,165	2,248	-13	+8	
	10	2,164	2,253	-14	+13	
평균		2,163	2,251	±14.8	±10.9	

또한, 성능시험 결과에 대한 성적서를 취득하여, 장비의 신뢰성을 확보하였다

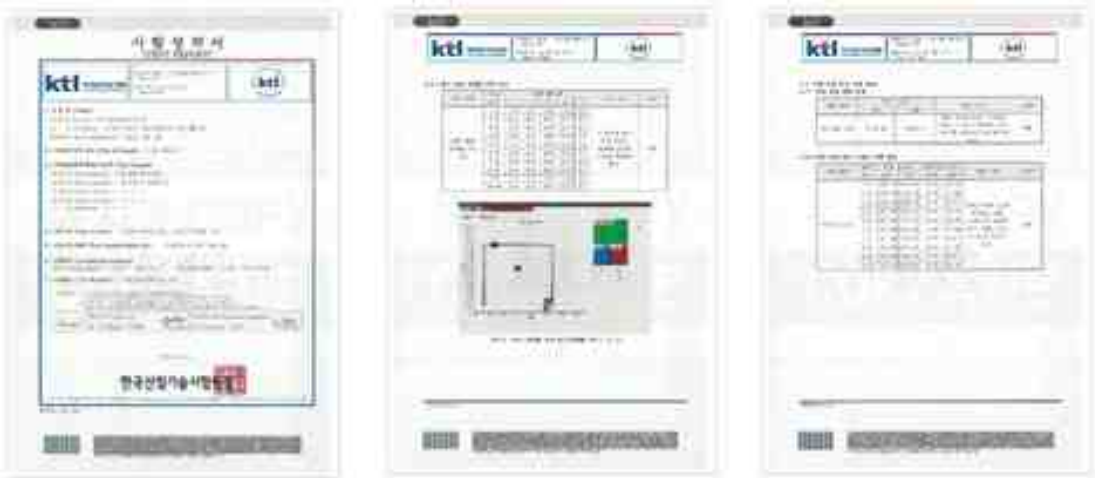


그림 3.4.33 시험성적서

제5절 일괄 하역장비 통합 운영시스템 개발

1. 기술 개요

하역장비 통합 운영시스템은 일괄 하역장비(범용, 전용, 윙바디 차량용 일괄 하역장비)의 운영현황과 기존 물류장비, 물류센터의 Legacy 시스템(WMS, TMS 등)을 연계하고 관리하는 시스템이다.

시스템 기반으로 하역장비에 작업을 할당하여 물류의 속도 및 정확도를 향상시키며 작업 진행상황을 실시간 모니터링하여 현장 작업의 가시성 확보할 수 있다. 또한, 기존 구축된 시스템들과 연동하여 화물이 하역되어 목적지로 출발하는 과정의 프로세스가 단절 없이 연계한다. 이를 통해 시스템기반으로 작업을 하역장비에 할당하여 물류의 속도 및 정확도를 향상시킬 수 있다.

통합운영시스템은 다음과 같이 3가지 주요 기능으로 구성된다.

○ 운영현황 관제 기능

○ 작업이력 관리 기능

○ 레거시 시스템 연계 및 자동화 장비 연계 기능

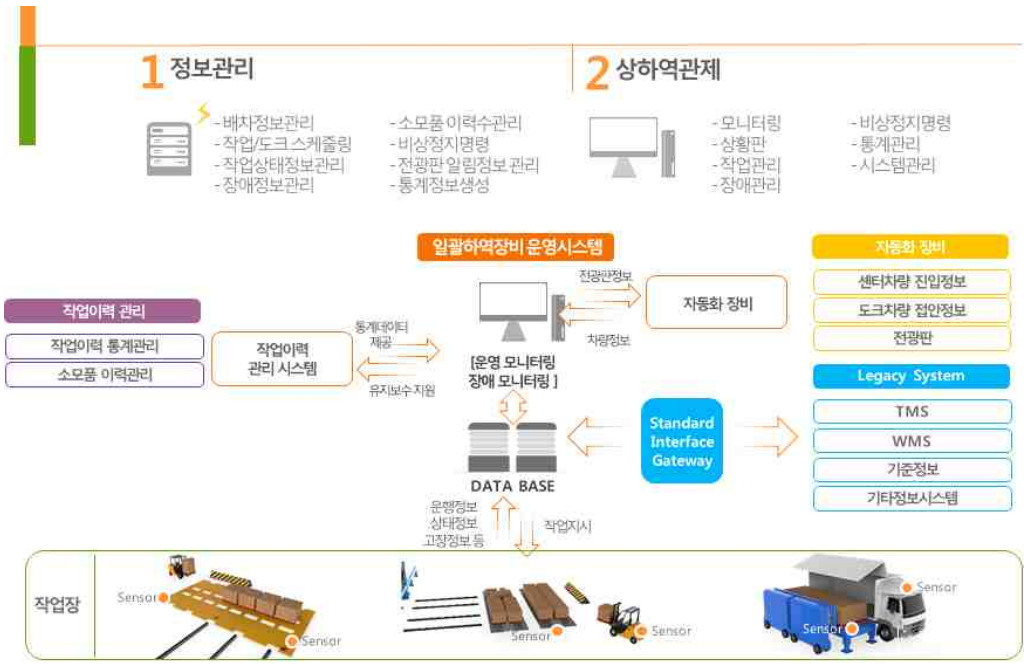


그림 3.5.1 하역장비 통합 운영시스템 구성도

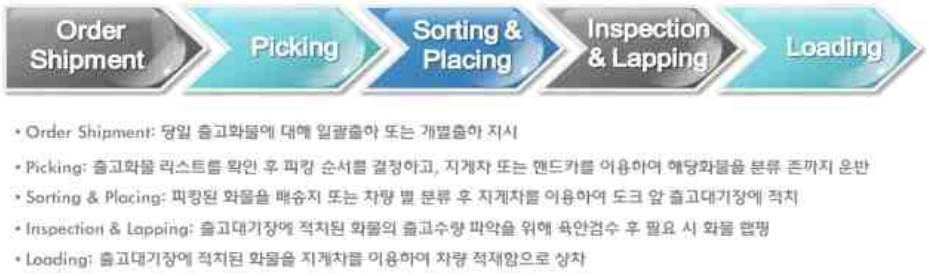
2. 통합 운영시스템 설계

가. 상하역 작업장 현황 분석 및 운영 프로세스 설계

(1) 화물 유형별 상하역 프로세스 분석 및 설계

(가) 화물 유형별 상하역 작업현황 분석

범용/전용/윙바디차량용 일괄하역장비 도입효과를 극대화하기 위해 대표적으로 취급되는 화물단위인 Pallet/ Box/Parcel 등에 대해 화물 유형별로 상하역 작업현황을 분석하였다.



[Pallet 화물]



[Box 화물]



[Parcel 화물]

그림 3.5.2 화물 유형별 상하역 작업 흐름

(나) 물류센터 상하역 작업 프로세스 분석

일반적인 물류센터의 업무 프로세스 중 일괄 하역장비 도입에 직접적으로 영향을 미치는 상차 및 출고 프로세스는 ①상차리스트 출력, ②화물 수량 확인, ③출하스캔, ④상차, ⑤출고확정, ⑥출고 등 일련의 과정을 거친다.

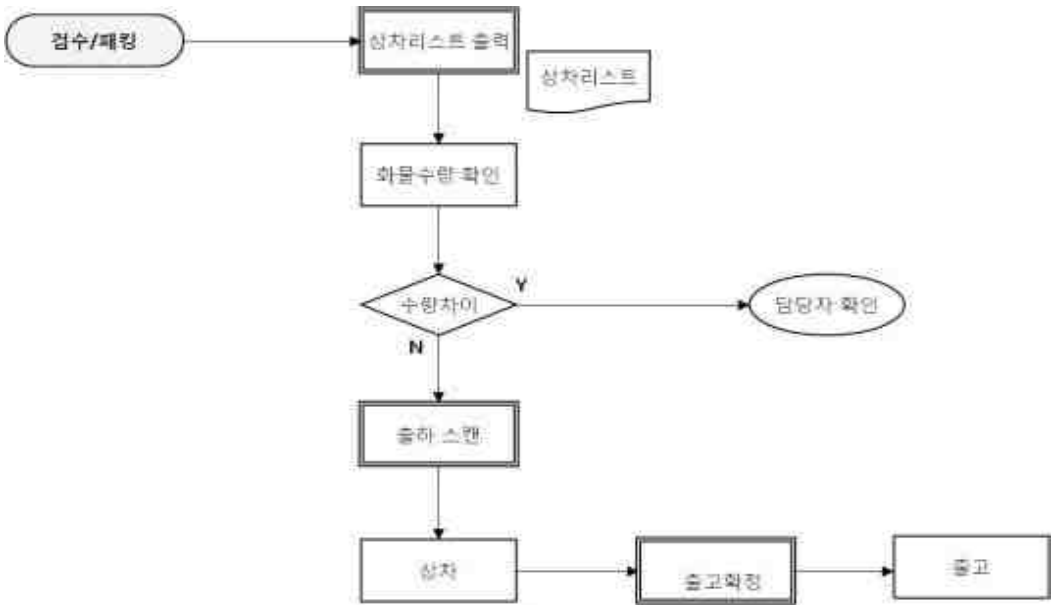


그림 3.5.3 물류센터 內 상차 및 출고 프로세스

(2) 물류센터 표준 프로세스 도출

(가) 계약물류(CL)센터 표준 프로세스 분석

파렛트 및 박스화물을 취급하는 일반적인 물류센터에서는 대체적으로 작업장이 혼잡하고 상하역 작업을 위한 화물의 이송/적재/검수에 많은 인력이 투입되고 있다.

일괄 하역장비 적용 시 화물을 평치한 후 지게차 및 인력으로 상차하는 프로세스가 일괄 상차플레이트를 통해 자동 상차되는 프로세스로 변경되며, 이 때 수배송 경로를 반영 및 박스단위 화물의 비표준화에 따른 상차 안전성 고려가 필요하다.

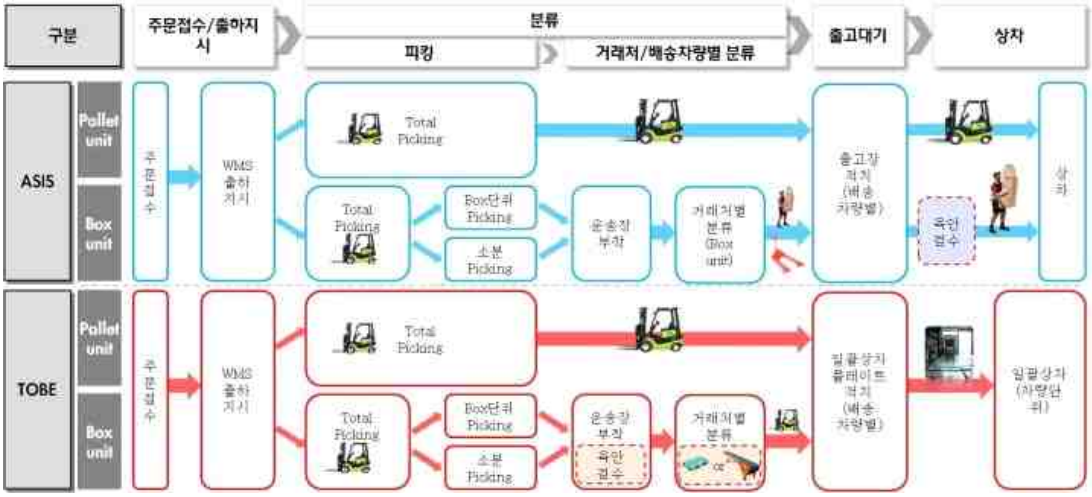


그림 3.5.4 CL물류센터 표준 프로세스

(나) 택배(Parcel) 물류 표준 프로세스 분석

택배 화물의 상하차 및 분류를 담당하는 택배 허브터미널에서는 당일/익일 배송을 목표로 하는 택배물류의 특성상 일정시간 동안 집중적으로 작업이 이루어지며, 컨베이어·자동분류기 등 보유설비의 처리 속도와 화물인식률에 따라 상하역 작업시간에 큰 영향을 미친다.



그림 3.5.5 택배허브터미널 표준 프로세스

일괄 하역장비 적용 시 100% 수작업에 의존한 택배화물 상하역 작업이 일괄 상차플레이트를 통해 자동 상차되는 프로세스로 변경되며, 이 때 분류 컨베이어의 화물 이동 속도에 따른 병목현상, 바닥적재로 인한 화물 파손, 차량대기시간의 증가 등의 문제점이 해결될 것으로 기대된다.

나. 운영 현황 관제기능 설계

운영현황 관제 기능은 레거시 시스템으로부터 배차정보를 전송받아 이를 장비별(범용, 전용, 윙바디 하역장비)로 도크에 배정해준다. 장비에 배차정보가 할당이 되면 상하역 작업이 시작되고 작업의 진행 상태 값을 수신 받는다. 운영현황 관제기능의 역할은 다음과 같다.

○ 일괄 하역장비의 운영현황을 실시간으로 모니터링하고 장애 발생 시 관리자가 신속히 대응

○ 일괄 하역장비 작업상황, 장애상황 등을 상황판에서 실시간 모니터링 가능

(1) 하역작업 운영 현황값 송수신

배차정보 송신 과정은 다음과 같다.

○ 레거시 시스템으로 배차정보 수신

○ 배차정보 저장

○ 배차정보 스케줄링 및 도크 스케줄링

○ 대기 중인 도크에 배차정보 송신

작업 진행정보 수신과정은 다음과 같다.

○ 작업진행 상태값 수신 : 작업시작, 정지, 완료, 장애, 비상정지

○ 안전 및 상태 검지 정보 수신

- 작업 플레이트 안전 구역 장애물 감지 정보
- 하역 진행시 화물의 적재상태 불량 여부 검지 정보
- 장애 및 적재불량이 발생시 장애정보 수신

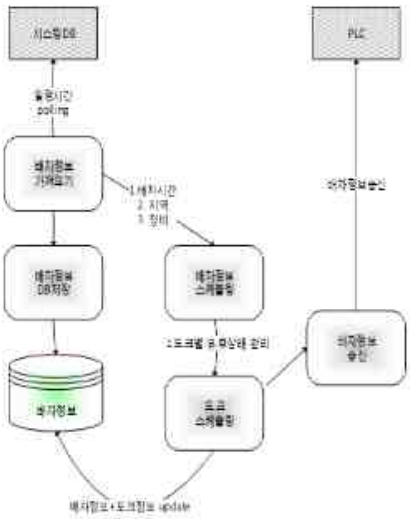


그림 3.5.6 배차정보 스케줄링 및 할당 프로세스

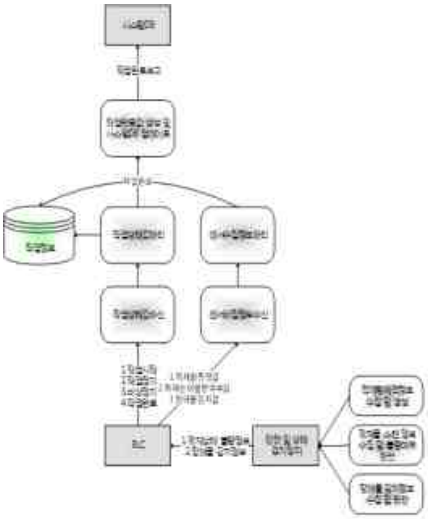


그림 3.5.7 작업진행상태 및 안전 및 상태검지값 수신

(2) 비상정지 프로세스

비상정지 프로세스는 관제사이트와 작업장에서 비상정지 명령을 내리는 경우로 구성된다.

○ 원격지에서 작업장의 긴급상황을 판단했을 때 관제사이트에서 비상정지명령

○ 작업장에서 긴급상황이 발생했을 때 비사정지 명령

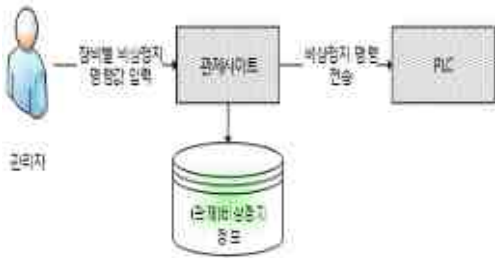


그림 3.5.8 관제사이트에서 비상정지 프로세스

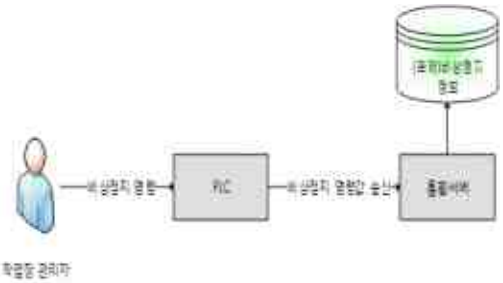


그림 3.5.9 작업장에서 비상정지 프로세스

(3) 도크 진입정보 및 전광판 알림정보

도크 진입정보 판단 및 전광판 알림 과정은 다음과 같다.

○ 배차정보로부터 도크에 접안 예정 차량정보 수신

○ 도크에 실제로 접안한 차량정보 수신

○ 접안 예정 차량정보와 실제 접안 차량정보 비교분석

○ 도크 정상 및 오 진입 판단

○ 도크 정상 진입시 작업 시작

○ 도크 오진입시 작업 대기

○ 전광판에 차량 오진입 안내

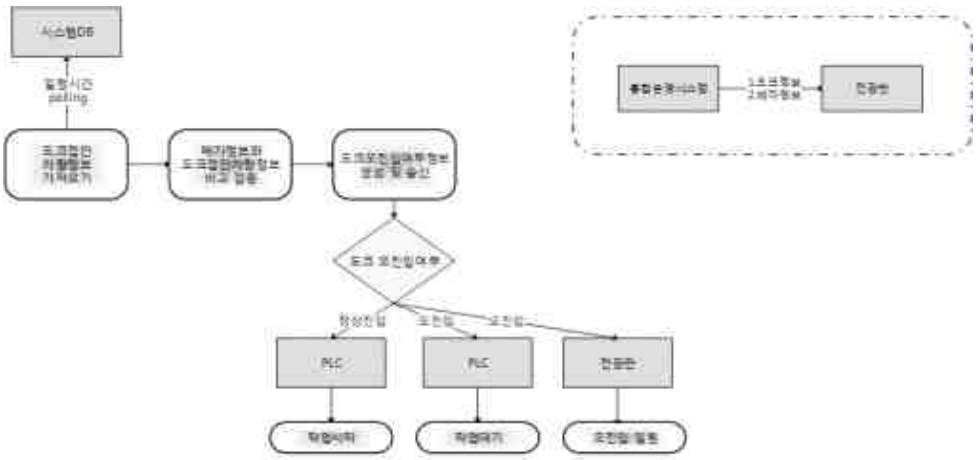


그림 3.5.10 도크진입정보 판단 프로세스 및 전광판 알림 프로세스

다. 작업이력 관리기능 설계

통합 운영시스템은 일괄 하역장비의 자가진단 기능 등 소모품 유지보수 관리를 통하여, 안전하고 효율적인 시스템관리를 지원한다. 운영현황 관제기능의 역할은 다음과 같다.

○ 일괄 하역장비의 작업이력을 분석 및 통계 데이터 제공

○ 통계 데이터를 기반으로 작업 개선사항 도출

○ 주요 핵심 소모품은 사용이력 관리를 통해 하역장비의 유지보수 지원

다음 표는 유지보수 주요 대상의 소모품을 설명하였고, 아래 그림과 같이 관리자가 소모품 정보를 입력하면 통합운영시스템에서 1일 1회 주기적으로 소모품 교체주기를 검사하여 교체가 필요한 소모품은 관리자에게 알려주는 과정을 설계하였다.

통합 운영시스템 유지보수 관리대상은 다음과 같다.

○ 교체시간이 1시간 이상 걸리는 소모품

○ 장비의 핵심 부품

표 3.5.1 일괄 하역장비 주요 소모품

품명	설명	사용기간
Ball Bearing	주축용 BEARING	10년
Bearing 유닛	Loading Plate Shaft용	10년
감속기 오일	감속기 내부 윤활유	3년



그림 3.5.11 소모품 관리 프로세스

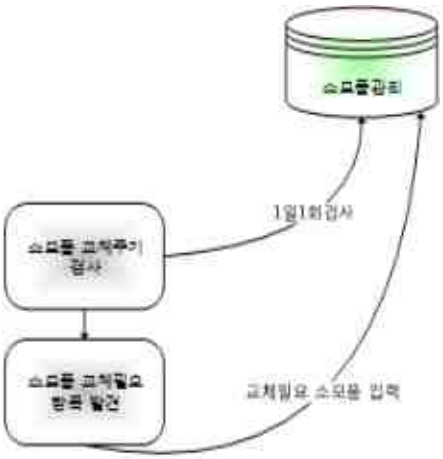


그림 3.5.12 소모품 교체주기 체크 프로세스

라. 레거시 시스템 및 자동화 장비 연계 기능 설계

물류센터 내 상하역 작업장의 작업 효율성을 증대시키기 위해서 자동화 정보시스템 연계가 필요하다. 작업반장이 순차적으로 배차를 진행하는 수동화 작업은 매우 비효율적이며, 인적오류로 인한 배차의 오배차도 발생한다. 이에 통합 운영시스템에서는 기 구축된 레거시 시스템 및 H/W 등을 자동으로 연계하여 작업의 효율성을 높이며 정확한 화물을 운송하고자 하였다. 아래 그림은 물류센터 내의 상하역이 이루어지는 작업장에서 정보시스템들이 네트워크로 연계되는 구성을 보여준다.



그림 3.5.13 연계운영 프로세스

(1) 레거시 시스템 연동 기능 설계

(가) 레거시 물류정보 시스템 분석

WMS(Warehouse Management System)는 물류센터 내에서 물류를 관리하면서 발생하는 모든 활동, 즉 주문 및 입·출고 최적화, 실시간 재고관리, 공간과 장비의 최적화 등 물류 흐름상의 정보를 실시간으로 제공하고 조절하는 시스템을 말한다.

일괄 하역장비의 현장 적용을 위해서는 상하역 전후 프로세스 간의 원활한 연계가 필수적인데, 이때 WMS에서 주문정보, 운송정보, 예외사항 처리 등의 데이터 구조를 분석하여 상하역 통합 모니터링 시스템의 구조 및 기능분석에 활용하였다.

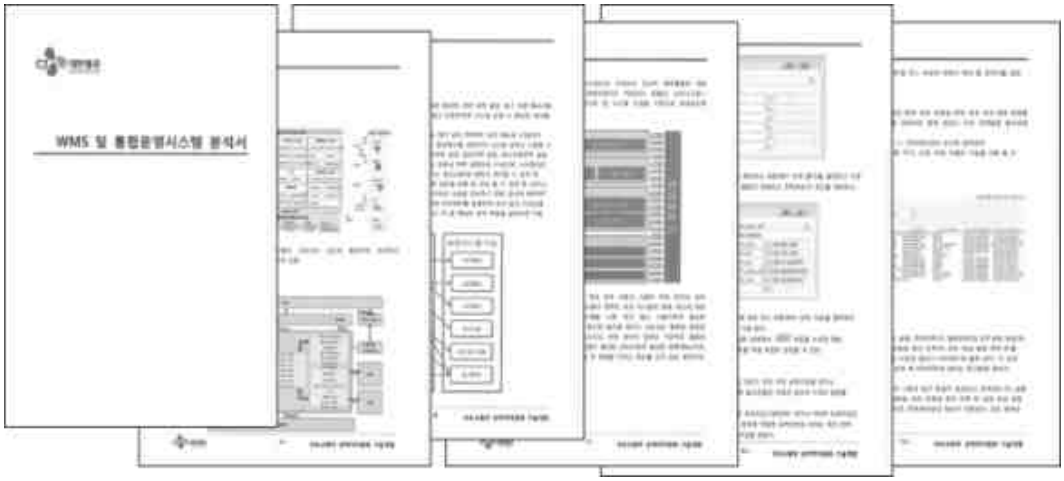


그림 3.5.14 WMS 및 통합운영시스템 분석서

TMS(Transportation Management System)는 화물 운송에 수반되는 정보를 바탕으로 최적 수송 수단 및 최적 수송 경로 계획(Routing), 운송 계획 및 차량의 일정관리, 화물 추적, 운임계산의 자동화, 운송 수단의 배차계획 및 화물 적재 계획 수립을 하는 시스템이다. 일괄 하역장비의 효율성을 극대화 하기 위해서는 상하역 이후 원활한 수배송이 이루어져야 하며, 이 때 TMS로부터 착지관리, 주문관리, 배차관리, 운행계획, 통계분석, 기준정보 등의 시스템 구성 및 기능을 상하하게 분석하여 주문에서 출하까지 작업의 표준화, 효율화를 위해 활용하였다.



그림 3.5.15 TMS시스템 분석서

(나) 레거시 시스템 연동 기능 설계

통합운영시스템은 레거시 시스템에 DB로 연결하여 배차정보를 받고 작업이 완료되면 해당 작업의 진행 상태를 완료로 변경해준다.

배차정보 수집 과정은 다음과 같다. 레거시 시스템에서 DB G/W를 통해 표준 인터페이스 규격에 준한 배차정보 View 테이블을 생성하면, 통합운영시스템에서 배차정보 목록을 수집한다. 배차정보는 1일 3번 업데이트가 된다. 레거시시스템에서 일정한 시간에 배차정보를 입력하지 않으므로 통합운영시스템은 매 시간마다 업데이트된 배차정보를 확인한다. 통합 운영시스템에서 수집해간 배차정보는 가져갔음을 표시한다. 통합운영시스템에서는 매시간 마다 DB에 연동하고 배차정보를 수집한 후 DB연동을 해제한다.

작업완료 보고 과정은 다음과 같다. 작업장으로부터 작업의 완료값을 수신하면 레거시시스템에 작업의 완료보고를 한다. 작업의 완료상태가 통합운영시스템 뿐만 아니라 레거시시스템과도 동기화가 이루어지도록 한다.

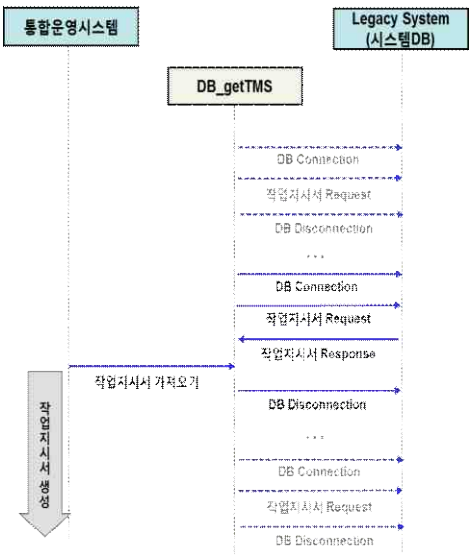


그림 3.5.16 배차정보 수집

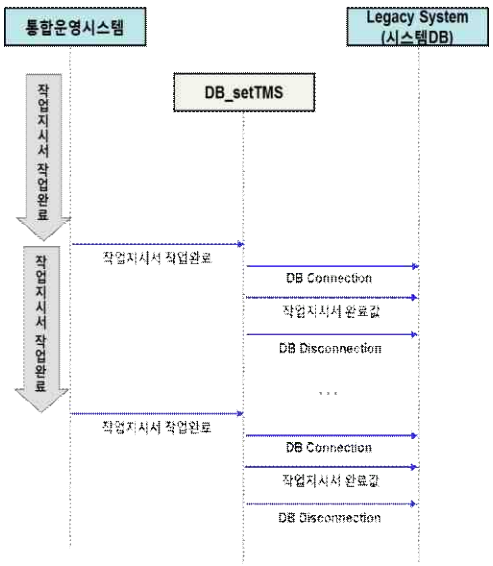


그림 3.5.17 작업완료 보고

(2) 일괄 하역장비 연동기능 설계

통합운영시스템은 일괄 하역장비와 TCP/IP로 연동하여 작업을 지시하고 작업의 진행 상태값을 송수신한다. 다음은 TCP/IP로 연동 시의 메시지 구조는 Header와 Body로 구성된다.

Header 메시지 구조는 다음과 같다.

표 3.5.2 헤더 메시지구조

Field	Type	Length	내 용
Packet Size	uint	4	전문 총길이
Packet ID	uchar	5	전문ID
Packet Sender	uchar	2	전문 보내는 주체
Pakcet Receiver	uchar	2	전문 받는 주체
Packet Time	uchar	17	전문 전송시간

표 3.5.3 패킷헤더: 메시지ID

Packet ID	Sender	Receiver	설 명
W0001	IS	IS	작업지시서 발생정보
W0002	SD	IS	작업진행정보
E0001	SD	IS	장애물검지정보
E0002	SD	IS	적재상태검지정보
E0003	SD	IS	적재함 측정정보
E0004	IW	IS	비상정지 명령
E0005	IS	SD	비상정지 명령
C0001	IS	NC	네트워크 카메라 이미지 저장 명령
D0001	CJ	IS	도크 차량 진입정보
D0002	IS	SD	도크 정상/오 진입정보
D0003	IS	CJ	도크 정상/오 진입정보

Packet Sender/Receiver는 전문의 송신사와 수신자를 표시한다.

표 3.5.4 패킷헤더 : 송수신자 ID

I/F 대상체	설 명
SD	Safe Device
PL	PLC
IS	Integration Server
IW	Integration Web
NC	Network Camera
CJ	CJ 시스템DB (Legacy System)

Body 메시지 구조는 다음과 같다. 배차정보는 통합운영시스템은 하역장비에 배차정보를 도크별로 작업지시를 내린다. 아래 그림은 배차정보를 송신하는 Flow와 메시지 구조를 보여준다.

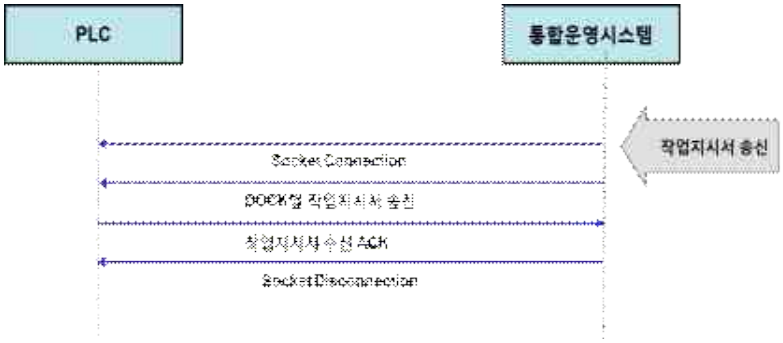


그림 3.5.18 배차정보 송신 Flow

표 3.5.5 패킷전문 : 배차정보 할당

Field	Type	Length	내 용
RunCarDate	uchar	12	배차일시
CarVinNo	uchar	17,	차대번호
DockID	uchar	5	도크ID
EquipID	uchar	5	장비ID

작업 진행정보는 하역장비로부터 작업의 진행 사항값(시작, 완료, 장애, 재기동, 비상정지)을 전송받는다.

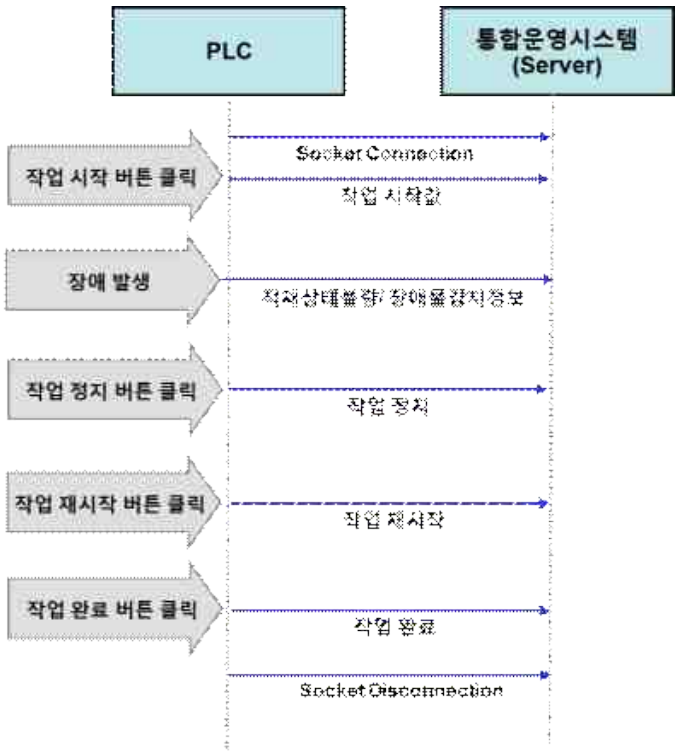


그림 3.5.19 작업진행상태값 수신 Flow

표 3.5.6 패킷전문 : 하역작업 진행상태값

Field	Type	Length	내 용
RunCarDate	uchar	12	배차일시 (yyyymmddhh24mi)
CarVinNo	uchar	17,	차대번호
WorkState	uchar	2	작업상태값

차량 정보전달 장치 연동 메시지 구조는 다음과 같다.

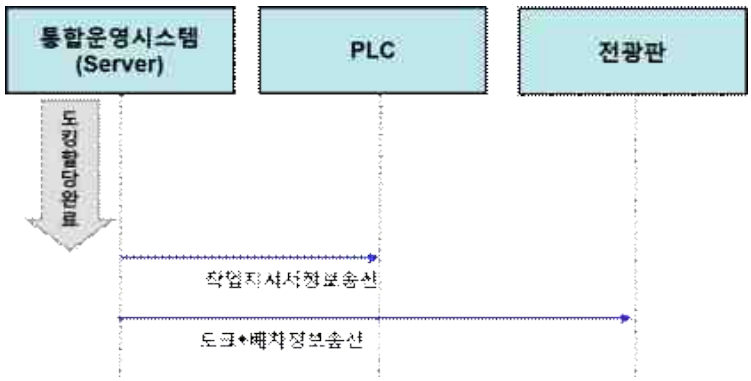


그림 3.5.20 차량 정보전달 장치 연동 Flow

표 3.5.7 패킷전문 : 차량 정보전달 장치 연동값

Field	Type	Length	내 용
DockID	uchar	5	도크ID
CarNo	uint	4	차량번호끝4자리

(3) 자동화 장비 연계 기능 설계

(가) 자동화 연동 시나리오

자동화 연동 시나리오는 다음과 같다.

○ A영역 : Legacy 시스템과 연동하여 차량 배차정보를 수신하고 작업장에 전송 및 작업이 완료되면 Legacy 시스템에 작업완료정보를 전송

○ B영역 : 차량이 작업장에 진출입하는 정보를 수신하고 차량 진입시에는 도크배정 정보를 안내

○ C영역 : 도크별로 차량이 접안된 상황을 표시하고 도크에 오진입한 차량정보를 안내 및 작업의 진행상황 안내

(나) 통합 운영을 위한 표준 인터페이스 설계

레거시 시스템에서 전송된 차량 배차정보와 작업 진행상황 정보를 통합모니터링 시스템과 연동하기 위한 인터페이스를 설계하였다. LED 전광판과 차량정보 전달 장치 간에 무선 통신으로 DB G/W(Gateway)와 연동하여 LED전광판에 차량정보와 도크 배정정보를 표시하고, 표시된 정보 확인을 통해 도크의 차량 접안상황 및 진입오류 등 이벤트를 시스템 DB에서 관리한다. 통합운영시스템 작업 진행상황을 시스템 DB를 통해 수집하고 H/W(LED 전광판, 작업현황판, 도크 정보수집장치)로부터 작업의 진행 상태와 장애정보를 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)를 통해 수집하도록 네트워크를 구성하였다.

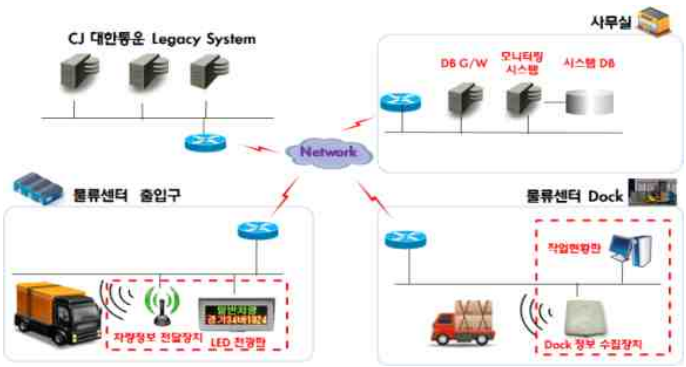


그림 3.5.21 통합운영시스템 H/W 및 네트워크 구성도

LED 전광판은 3초 간격으로 차량정보 전달 장치를 통해 차량정보 발생 시 모니터링 시스템에 차량정보를 전송하고, 시스템 DB로부터 발생되는 도크 배차정보를 수신 받아 LED 전광판에 차량 ID정보 및 도크 정보를 디스플레이 한다. 도크 정보 수집 장비는 차량 접안 상황을 체크하여 접안 정보 뿐 아니라, 정상접안 여부 및 이벤트 상황에 대하여 모니터링 시스템에 전송한다.

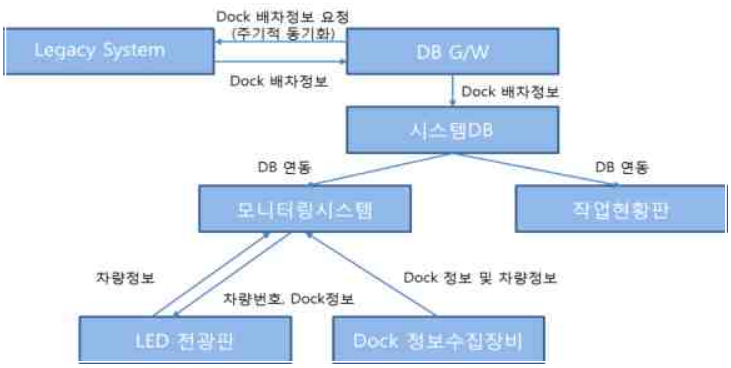


그림 3.5.22 통합운영시스템 Interface Flow

(다) 표준 인터페이스 Prototyping

이기종 DB와 상하역 통합모니터링 시스템과의 Interface를 위해 DB G/W(Gateway)를 개발하였다. DB G/W는 Connection, Capturing, Setting의 세가지 핵심기능으로 구성되며 작업 예정시간 설정을 통해 자동으로 동기화 되도록 구현하였다. DB G/W의 Capturing 기능은 사용자 편의성을 고려하여 물류센터 Legacy DB와 통합운영시스템의 DB를 환경 제약 없이 인터페이스 할 수 있도록 설계하였다.

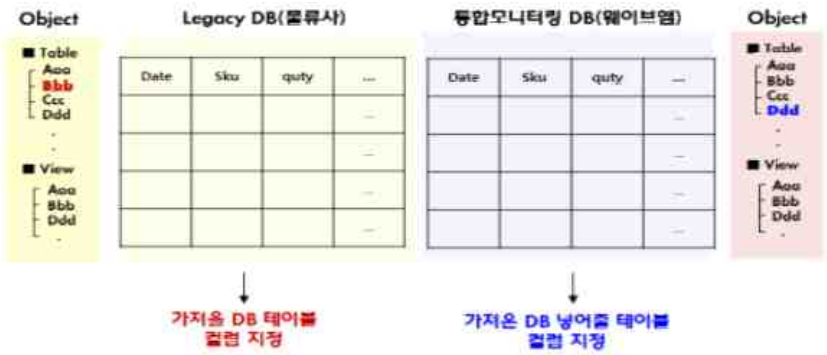


그림 3.5.23 이기종 DB 연결을 위한 게이트웨이 기능

본 기술개발을 통해 도출된 DB Gateway와 표준 Interface는 3대 핵심 자동 상하역 장비와 통합모니터링 솔루션 상용화시 범용성을 극대화 시켜 적용 Site를 확대하는데 목적을 두고 있다. 이는 기술개발 단계부터 현장적용을 고려함으로써 불필요한 기술개발 요소를 최소화 하고 개발과 동시에 실용화를 달성할 수 있다.

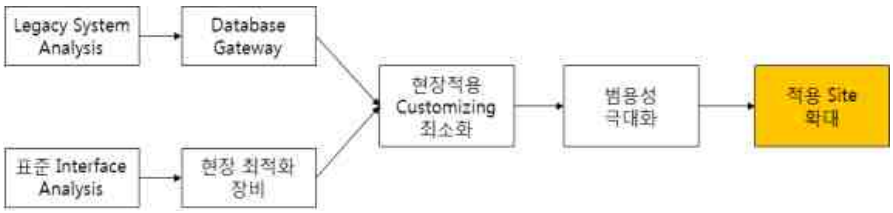


그림 3.5.24 DB 게이트웨이 및 표준 I/F의 활용도

3. 통합 운영시스템 개발

가. 운영현황 관제기능 개발

(1) 운영현황 관리시스템

일괄 하역장비의 운영현황을 실시간으로 모니터링하고 장애 발생 시 관리자가 신속히 대응할 수 있도록 한다. 일괄 하역장비의 작업 상황, 장애 상황 등을 한 페이지의 상황판에서 실시간 모니터링 할 수 있다.

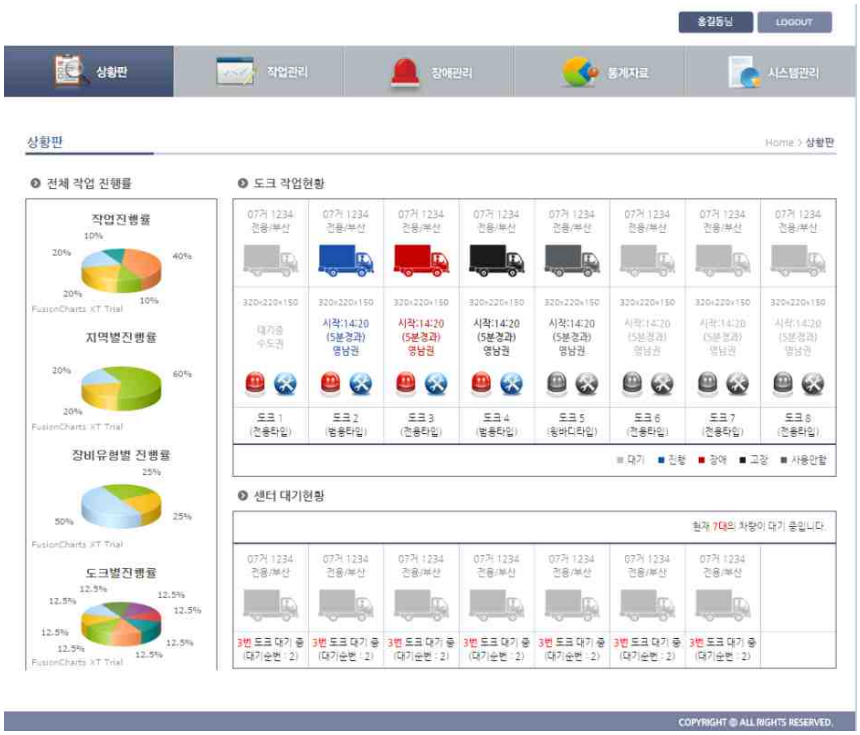


그림 3.5.25 운영현황 관리를 위한 상황판

① 도크(장비)별 작업 진행상태(대기/작업중/완료/장애 등)를 색상별로 표시

- 대기 : 센터에 차량진입 후 작업대기
- 작업중 : 작업을 할당받아 하역작업 진행 중
- 완료 : 하역작업 완료
- 장애 : 하역작업 중 장애발생

② 작업 진행률, 지역별/장비유형별 작업진행률, 도크별 작업진행률 차트 표시

③ 관리자가 하역작업 중 안전사고 인지 시 하역장비 비상 정지

(2) 작업상황 실시간 모니터링

하역작업의 진행 상태를 관리자가 실시간으로 모니터링한다. 즉, 차량 진입상태, 도크별 하역장비 상태, 하역장비별 차량 접안상태, 하역장비 작업 진행상태 등을 관제사이트를 통해 원격지에서도 실시간으로 모니터링할 수 있다.



그림 3.5.26 일괄하역장비 작업진행 순서도

하역작업의 진행현황은 작업관리>하역작업이력, 배차상세목록, 센터차량진입현황에서 확인할 수 있다.

- 하역작업이력 : 기본적인 작업현황을 볼 수 있고, 작업이력도 조회 가능
- 배차상세목록 : 배차정보의 출발지, 도착지 등 상세목록을 조회
- 센터차량진입현황 : 물류센터에 진입한 차량진입현황을 통해 시간대별 작업 피크시간 및 대기시간 파악 가능



그림 3.5.27 하역작업이력



그림 3.5.28 배차상세목록



그림 3.5.29 센터차량진입현황

(3) 장애현황 실시간 모니터링

하역작업 중 장애 발생 여부를 실시간으로 모니터링하여 관리자에게 알려줌으로써 신속한 대응을 가능하게 한다. 즉, 장애가 발생하면 상황판에 경고팝업 혹은 경광등 아이콘이 화면에 표시되어 관리자가 신속히 인지할 수 있도록 개발되었다.

표 3.5.8 하역작업 장애사항

항 목		장 애 내 용
비상정지	작업장 비상정지	작업자에서 관리자가 하역장비 정지시킴
	원격지 비상정지	관제사이트를 통해 관리자가 하역장비 정지시킴
작업상태	적재함 장애물 검지	적재함 내부에 장애물 검지됨
	이송화물 적재상태 불량	화물을 이송중 적재상태가 불량함이 검지됨
	화물 적재함 진입 불량	화물 체적이 적재함보다 커서 진입 못함
차량접안 상태	도크 차량 오접안	장비에 배정된 차량이 아닌 차량이 접안함
	차량 오위치 진입	차량진입시 정위치에 진입 못함
구동상태	하역장비 구동 불량	하역장비와 인터페이스 장애시 관리자에게 알람
	안전 및 상태 검지장치 구동불량	안전 및 상태 검지장치와 인터페이스 장애시 관리자에게 알람
	통합운영서버 구동불량	통합운영서버의 구동상태를 자가진단하여 서버가 죽었을 때 재기동 후 구동장애 이력을 관리자에게 알림

하역장비가 비상정지 되었을 경우 관리자가 장애사항을 신속히 파악하여 대응할 수 있도록 하고, 장애 처리 후 비상정지 사유를 통하여 장애사항 이력을 관리한다. 장애현황은 장애관리>장애이력, 관리자비상정지이력에서 확인할 수 있다.

- 장애 이력 : 장애현황을 장애항목별로 조회하고 장애이력 조회도 가능
- 관리자 비상정지 이력 : 관리자가 비상정지를 명령한 후, 그 사유를 등록하여 관리

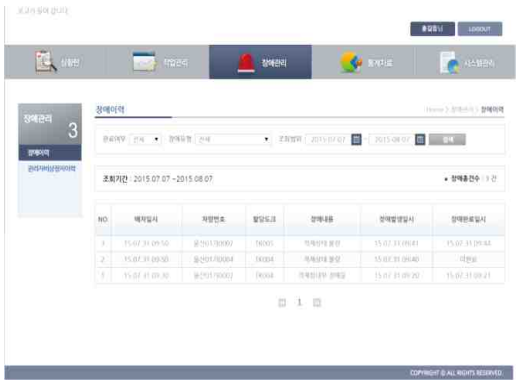


그림 3.5.30 장애이력



그림 3.5.31 관리자 비상정지이력

나. 작업이력 관리기능 개발

(1) 작업이력 통계관리

통계관리는 단순 이력관리가 아닌 분석된 데이터를 차트를 이용하여 시각적으로 제공한다. 통계는 작업별 통계, 지역/권역별 통계, 장애별 통계 등을 제공한다.

표 3.5.9 작업이력 통계관리

통계항목	통계 분석 내용
작업별 통계	- 물류센터에서 장비(범용, 전용, 윙바디)별로 작업진행률을 차트로 표시하여 장비별 활용도를 파악할 수 있음 - 이를 바탕으로 추가로 도입해야 할 장비와 활용도가 떨어지는 장비를 파악할 수 있음
지역/권역별 통계	- 물류센터에서 지역/권역별로 작업진행률을 GIS 기반의 차트로 표시 - 수도권, 강원권, 충청권, 호남권, 영남권 5개의 권역별로 작업완료건수를 표시 - 물류센터에서 작업 빈도수가 높은 권역을 파악하여 사업의 마케팅 자료로도 사용할 수 있음
장애별 통계	- 하역작업 중 발생하는 장애를 유형별로 분석 - 작업완료 건수 대비 장애발생률을 분석 - 하역장비별/장애유형별 장애발생률을 분석하여 원인을 파악

통계관리는 통계관리>작업별통계, 지역별통계, 장애별 통계에서 확인할 수 있다.



그림 3.5.32 작업별 통계



그림 3.5.33 지역별 통계



그림 3.5.34 장애별 통계

(2) 소모품 이력관리

일괄 하역장비에 포함된 부품 중 핵심 부품 및 교체 시 1시간 이상 소요되는 부품들을 관리하는 예방적 유지보수 기능이다. 즉, 시스템 기반으로 주요 부품들을 지속적으로 관리하여 각 장비의 점검시기 및 부품교체시기를 관리자에서 교체주기를 알려주어 고장으로 인한 일괄 하역장비의 단절을 예방한다.



그림 3.5.35 소모품 이력관리 구성도

표 3.5.10 하역작업 장애사항

관리항목	소모품 이력관리 내용
장비 주요부품 등록	신규 하역장비 등록 시 해당 장비에 대한 주요부품의 교체주기 및 구입처에 대한 정보를 등록
일배치 작업	등록된 장비의 부품 교체잔여일을 체크하여 업데이트 일배치 작업은 하루에 한번 장비 미기동 시점에 진행
교체시기 알람	장비의 부품 교체 시기가 임박할 경우 관련 정보를 관리자에게 알람 팝업창을 이용하여 알람
교체정보 업데이트	고장 및 교체 주기 임박으로 인하여 장비의 부품을 교체하였을 경우 해당 정보를 업데이트 부품이 교체된 장비는 교체잔여일이 리셋

소모품 이력관리는 시스템관리>소모품관리에서 확인할 수 있으며, 도크별/교체잔여일/알람단계별 부품의 교체 잔여일을 조회 가능하다.

- 알람단계는 7일 이내는 위험, 30일 이내는 경고로 설정되어 교체시점을 알림
- 경고 알람 클릭 시 위험단계 부품리스트를 보여주는 페이지로 이동하여 구매처 연락처 및 담당자를 확인할 수 있음



그림 3.5.36 소모품관리



그림 3.5.37 소모품 등록

다. 레거시 시스템 및 자동화 장비 연계 기능 개발

(1) 자동화 정보시스템 연계 항목

자동화 정보시스템은 Legacy System과 물류장비(센터차량 진입정보 전송장치, 도크 차량접안정보 전송장치, 전광판, 하역장비 제어기 등)과 연계하여 일괄 하역작업이 자동화되어 운영되도록 지원하는 시스템이다.

관리자가 순차적으로 배차를 진행하는 수동화 작업은 비효율적이며 인적오류로 인한 배차의 오배정도 발생한다. 이를 시스템 기반으로 자동으로 작업하면 이러한 인적 오류를 방지할 수 있다. 이러한 자동화 시스템을 구축하기 위해서는 물류센터의 Legacy System과 동기화를 이루어야 한다. 즉, Legacy System으로부터 전송된 작업정보를 스케줄링하여 하역장비에 작업지시를 내리고, 작업차량이 출발하면 Legacy System에 완료보고를 한다. 또한, 차량이 물류센터에 진입하는 정보를 수신하여 운전자에게 작업할 도크정보를 전광판에 표시하여 안내해주고, 차량이 도크에 접안하면 오진입 여부를 판단하여 정상 진입일 때만 하역작업이 진행되도록 한다.

이를 위해서는 Legacy System, 하역장비제어기, 물류장비 등은 TCP/IP로 실시간 연동한다. 즉, Legacy System과 JSON기반 TCP/IP로 인터페이스하고, 하역장비와는 Byte 기반 TCP/IP로 인터페이스한다.

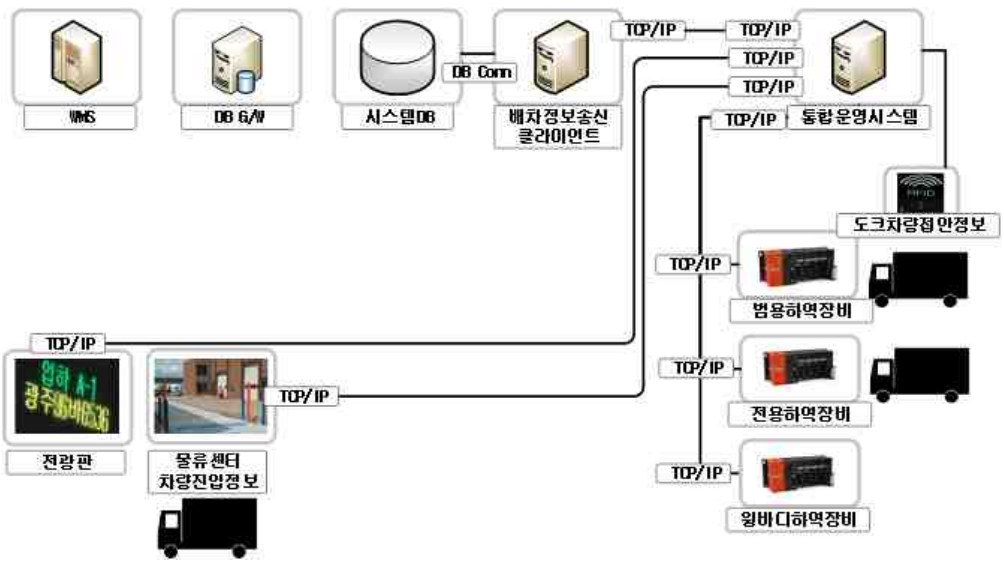


그림 3.5.38 자동화 정보시스템 연계도

통합 운영시스템과 인터페이스하는 메시지 구조는 Header(30byte)와 Body로 구성되어 있다.

표 3.5.11 Header 메시지 구조

Field	Type	Len	내용
Packet Size	uint	4	전문 총 길이
Packet ID	uchar	5	전문ID
Packet Time	uchar	14	전문 전송시간
Packet Space	uchar	1	공백

메시지는 Header에 있는 Packet ID항목으로 메시지를 구분하여 처리한다. 아래 표는 통합운영시스템과 이기종간에 주고 받는 메시지 항목을 표의 내용과 같다.

표 3.5.12 Packet ID 항목

Packet ID	내용
W0001	작업지시서 발생정보
W0002	작업지시 완료 정보
W0003	작업지시서 정보 송신
W0004	작업상태정보 송신(시작, 장애, 재기동, 완료 등)
E0001	비상정지 명령
C0001	물류센터 차량 진입 정보
C0002	전광판 안내정보
C0003	이동식 하역장비 차량 접안정보
C0004	이동식 하역장비 정상/오 접안정보
P0001	장비 상태 수신(HeartBeat)

(2) Lagacy System 연동

하역장비 통합 운영시스템과 다양한 종류의 Legacy System과 연계할 수 있는 표준 인터페이스 소프트웨어(DB Gateway)를 개발하였다.. 이는 일괄 하역장비의 원활한 현장 적용을 위해서는 물류센터 Legacy 시스템과 하역장비 통합운영시스템의 연계가 필수적이다.

현재 사용되고 있는 물류정보시스템의 종류가 다양하여 향후 일괄하역장비의 사업화 시 Legacy와의 연동을 위한 표준 인터페이스가 필요하다. 특히, 기존 기술 수준은 1:1 DB연동을 지원하는 수준에 그쳤으나, 본 표준 인터페이스 소프트웨어는 N:1 DB연동 지원이 가능하여 성능적으로 우수하다.

상하역 자동화 통합 운영을 위한 표준 인터페이스 소프트웨어(DB Gateway)를 통해 Legacy System과 연계하여 상하역 자동화장비 운영에 대한 작업정보, 완료정보 등을 원활하게 인터페이스 할 수 있도록 지원한다.



그림 3.5.39 통합운영 인터페이스 구조도



그림 3.5.40 표준 인터페이스 소프트웨어(DB Gateway) 연계 화면

하역장비 통합 운영시스템과 Legacy System은 DB Gateway를 통하여 작업지시 및 작업완료정보 등을 공유한다. 하역장비 통합 운영시스템은 Legacy System으로부터 매시간 정각에 업데이트된 작업지시서를 가져오고, 하역장비로부터 작업 완료 상태값을 수신하면 Legacy System에 실시간으로 완료값을 송신하여 작업상태 현황을 동기화한다.

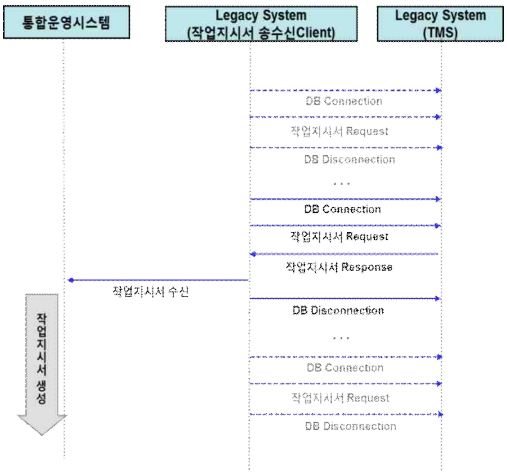


그림 3.5.41 작업지시서 가져오기

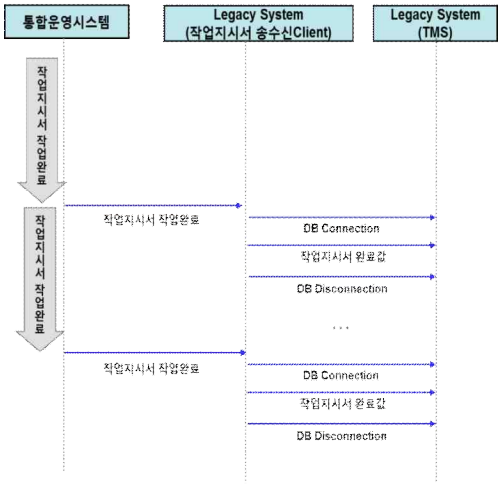


그림 3.5.42 작업 완료 보고

이기종 DB와의 인터페이스 성능 및 데이터 전송속도 검증을 위하여 CJ대한통운에서 운영 중인 실제 시스템과 연동테스트를 실시하였다. 데이터 전송속도에 대한 정량적 검증은 서로 다른 DB간 데이터 이관속도를 측정하여 초당 작업처리수를 기반으로 인터페이스 성능 측정하였다. 테스트 결과, 8,674개의 작업을 처리하는데 11.141초가 걸려 초당 작업 처리수는 778건으로 측정되었다.

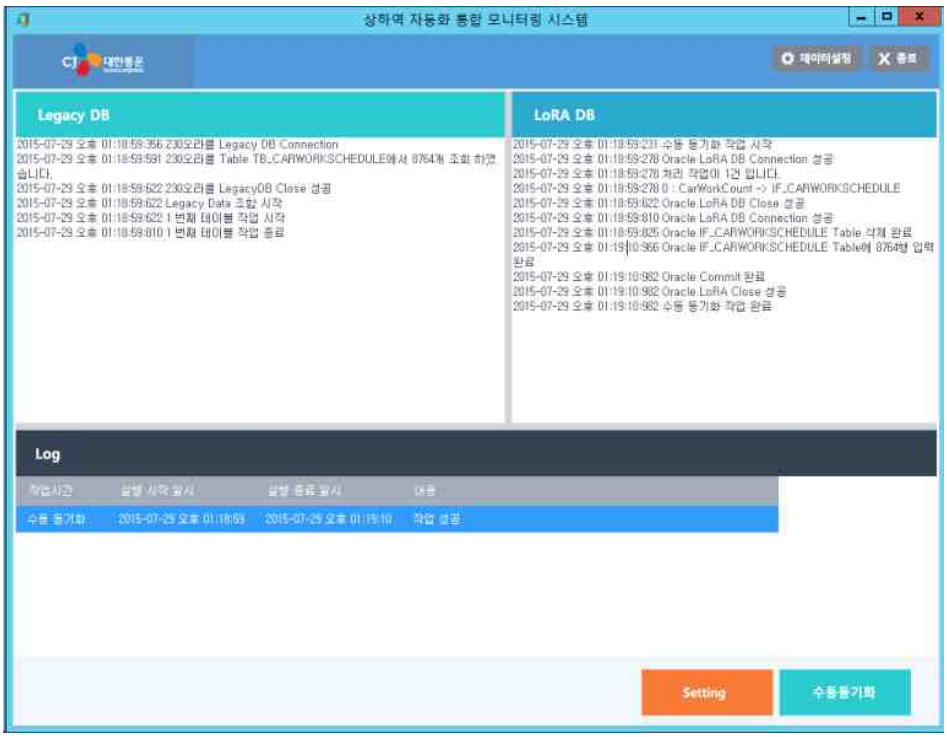


그림 3.5.43 작업처리 속도 Log

(3) 일괄 하역장비 제어기 연동

하역장비가 구동되면 하역장비 통합 운영시스템에 연결하고 HeartBeat패킷을 송신하여 연결 상태를 유지한다.

표 3.5.13 장비 상태 수신

Field	Type	Len	내용
EquipNo	uchar	5	장비ID(예 - WM001)

하역작업이 시작되면 작업상태값(시작, 작업중, 장애, 재기동, 완료 등)을 수신한다.

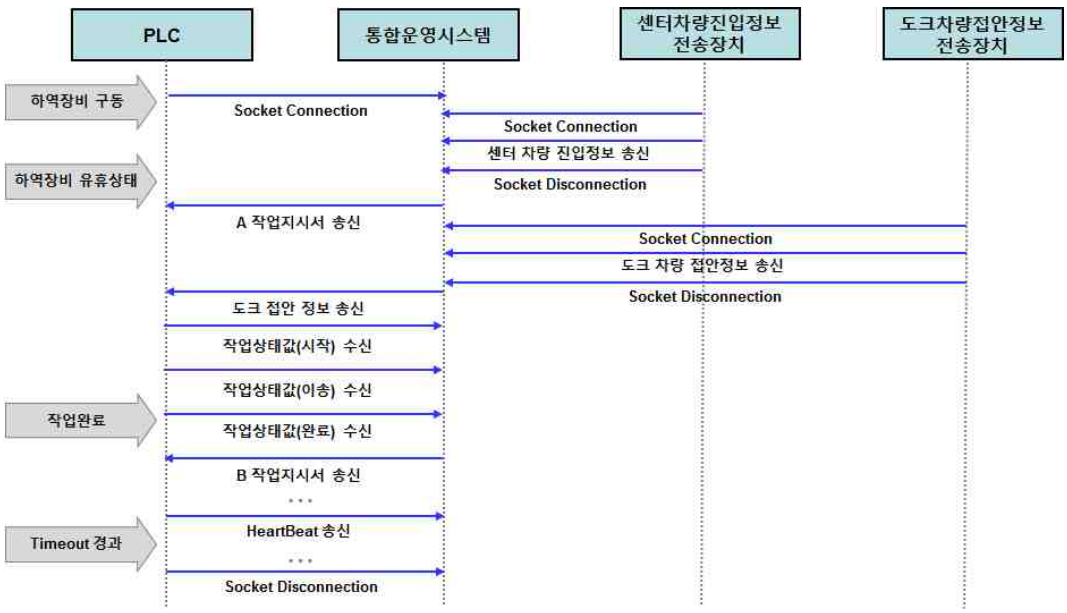


그림 3.5.44 하역장비 작업 시작 프로세스

하역작업에서 발생하는 작업 상태값은 아래 표와 같은 항목으로 수신된다.

표 3.5.14 작업상태값 코드값

코드	설명	패킷 메시지
ND	도킹 완료	차량도크 접안 완료
NL	레벨링 완료	차량&도크 수평조절 완료
NM	적재함 측정 및 장애물 검지 완료	적재함 사이즈 측정 및 장애물 검지
NS	팔레트 적재 시작	팔레트 적재 시작
NE	팔레트 적재 완료	팔레트 적재 완료
NI	하역 플레이트 이송 시작	플레이트 이송 시작
NR	재기동	작업 재기동
NC	완료	작업 완료(이송 완료)
EE	장애	장애발생
ES	비상정지 시작	비상정지 시작(원격 및 컨트롤러)

(4) 물류장비 연동

상하역 자동화 통합 모니터링을 위해 Legacy System의 차량 배차정보와 진행상황 정보를 H/W와 연동하기 위하여 필요한 차량 입문에서부터 상하역 완료시까지의 연계 운영 프로세스를 개발하였다.

화물차량에 운전자 정보 전달 장치 및 차량 자동인식 장치를 적용하여 물류센터 입문 시 차량 자동 인식을 통해 Legacy System의 배차정보와 맵핑하여 상하역 자동화 도크로 안내할 수 있는 시스템 개발하였다. 이는 물류센터 진입로에 위치하여 센터에 진입하는 차량정보를 전송하는 장치, 작업을 진행할 도크를 안내하는 전광판, 도크에 접안한 차량정보를 전송하는 장비로 구성되어 있다.



그림 3.5.45 전광판


그림 3.5.46 RFID리더기

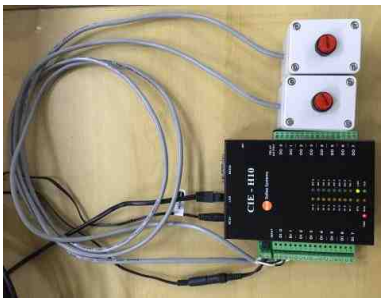

그림 3.5.47 도크접안거리센서

표 3.5.15 프로세스 항목 및 기능

항목	기능
센터차량 진입정보 전송장치	-물류센터 진입로에 RFID리더기 설치 -진입한 차량의 RFID Tag 값 전송 -통합운영서버는 관련 정보를 가지고 도크할당 판단
전광판	-물류센터 진입로 근처에 설치 -할당된 도크정보를 표출
도크차량 접안정보 전송장치	-센터내 도크별로 거리센서 및 RFID리더기 설치 -도크와 3m내로 접근할 경우 차량의 RFID Tag값 전송 -통합운영서버는 관련 정보를 가지고 정상진입/오진입지 판단

센터차량진입정보 전송장치와 도크차량접안정보 전송장치의 프로토콜은 다음과 같이 RFID 태그값으로 전송된다. 이를 차량마스터정보와 매칭하여 차량번호를 구하게 되며, 차량번호를 바탕으로 전광판에 도크를 안내해준다.

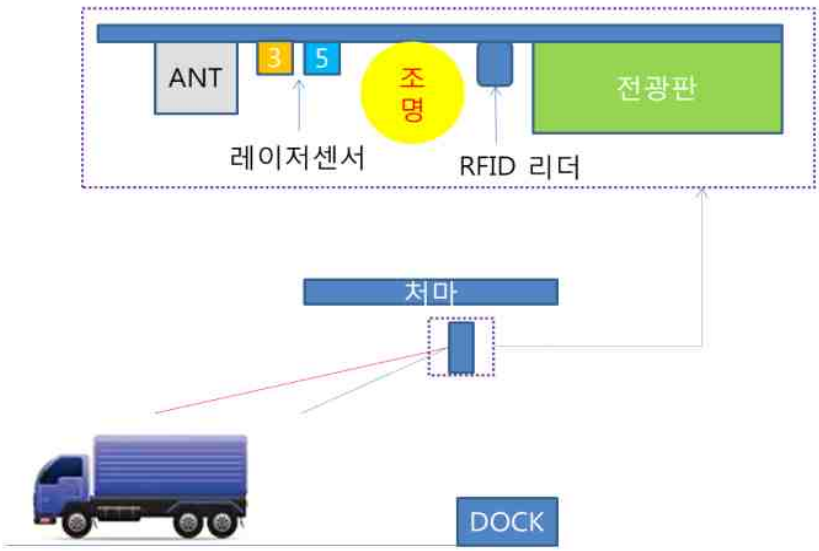


그림 3.5.48 차량인식을 위한 센싱 장비 설치도

표 3.5.16 센터/도크 차량정보 전송 메시지

Field	Type	Len	내용
STX	uchar	1	Start of Text
EQUIP ID	uchar	8	RFID Reader기 ID
RFIDTAGID	uchar	8	RFID TAG 값
ETX	uchar	1	End of Text

표 3.5.17 전광판 도크안내 메시지

Field	Type	Len	내용
STX	uchar	6	10H02H
ADDRESS	Byte	1	전광판 주소
DATA LEN	Byte	2	데이터 길이
CMD	Byte	2	명령코드
DATA	Byte	Max 4095	데이터 및 속성값
ETX	uchar	6	10H03H



그림 3.5.49 도크접안 및 하차 프로세스



그림 3.5.50 차량입문 및 도크접안 프로세스

화물차량에 운전자 정보 전달장치 및 차량 인식장치를 부착하고 물류센터 정문에 차량이 입문하여 전광판을 통해 배정된 도크를 확인하는 연계운영 프로세스를 CJ대한통운 청원HTML에 가설하여 검증하였다.



그림 3.5.51 통합운영 프로세스 검증

4. 통합운영 시스템 적용 및 보완

가. 시험운영 환경 및 현황 분석

시험운영 지역으로 선정된 A사는 수출용 화물을 출하하기 위해 파렛트에 정형화된 패키징을 사용하여 1개의 상차 도크를 운영하고 있으며, 평균적으로 하루 20ft 컨테이너 25개를 출하한다. A사는 1,100 × 1,100 크기의 파렛트를 이용하여 컨테이너에 최대한 많은 양을 실고 출하하며, 1개 컨테이너에 500Kg 중량의 10개 박스를 적재한다.

기존 상차 작업은 작업자가 지게차를 이용하여 컨테이너로 이송하는 작업을 반복하고 있으며 이로 인해 경사로 이동 시 지게차 전복 문제, 컨테이너 내부에 지게차가 직접 진입하는 등의 안전 이슈가 발생할 수 있어, 이를 일괄 하역장비로 대체하고자 한다.

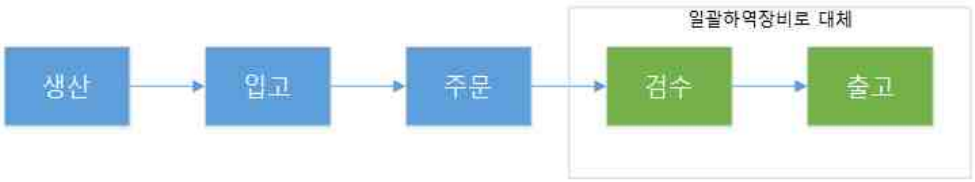


그림 3.5.52 A사 업무 프로세스

A사는 입고, 출고, 재고, 검수 관리를 위해 다모아시스템을 자체적으로 구축하여 운영하고 있다. 다모아시스템은 현행 출고작업에는 사용할 수 있으나, 하역장비가 도입되면 하역장비에서 이루어지는 작업현황을 알 수 없다. 사용하고 있는 일반도크와 하역장비가 도입된 도크에서 일어나는 작업 현황값을 수집하여 관리를 일원화 하도록 한다.

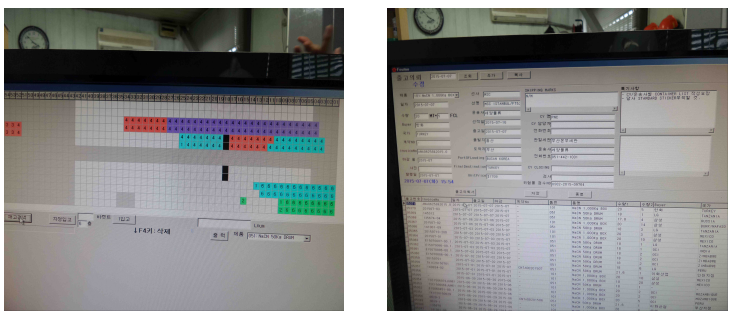


그림 3.5.53 A사 현행 운영관리 시스템

표 3.5.18 일괄 하역장비 도입 시 개선사항

현행	개선
• 1개의 상차 Dock 운영 • 작업자가 지게차로 화물 적재 • 화물에 바코드를 부착하여 PDA를 통해 작업자가 바코드를 스캔하여 검수 작업을 진행	• 기존 상차 Dock과 일괄하역장비를 같이 설치하여 작업을 병렬로 진행 • 일괄상하역이 가능하도록 지원하며 후면에서 상품 적재 가능 • 제품 상차 진행 시 일괄적으로 바코드를 스캔하여 출하제품 검수 자동화 • 작업 진행상황을 상황판을 통해 상시 확인 가능하도록 함

나. 일괄 하역장비 통합 운영시스템 적용 및 보완

(1) 작업 시나리오

시험운영 환경에 적용 시 일괄 하역장비의 작업 시나리오는 아래와 같다.

① 입고/출고 정보를 운영자가 입력하면 다모아시스템의 Firebird DB에 저장

② 통합 운영서버는 주기적으로 입고/출고 정보가 입력되는지 감시 후, 변동사항이 있으면 정보 저장 후 관리

③ 화물 적재를 위해 차량이 도크에 접안하면 작업자가 컨테이너 바코드를 스캔하여 도크에 작업 상태 할당

④ 검지장치가 화물 적재 전 검지 작업을 수행하고 결과를 제어기와 연동

⑤ 검지 결과 이상이 없을 경우, 화물 적재를 시작

⑥ 작업 진행사항을 제어기가 약속된 메모리맵에 기록하면 제어기와 통합 운영서버를 연동하는 Gateway가 제어기의 메모리맵을 폴링하여 상태를 통합 운영시스템에 전달

⑦ 화물이 파렛트에 적재되고 플레이트가 전진하면서 일괄 하역장비 측면에 부착된 바코드스캐너가 화물 검수 작업을 진행을 위해 스캔한 화물의 바코드를 TCP/IP 통신을 통해 통합 운영시스템에 전달하고, 통합 운영시스템은 다모아시스템의 PDA서버로 스캔한 바코드 값을 전달하여 PDA서버에서 해당 바코드에 대한 검수 결과를 다시 통합 운영시스템에 전달

⑧ 작업 진행 내용은 통합 운영시스템의 웹 인터페이스를 통해 관리자가 확인할 수 있도록 함

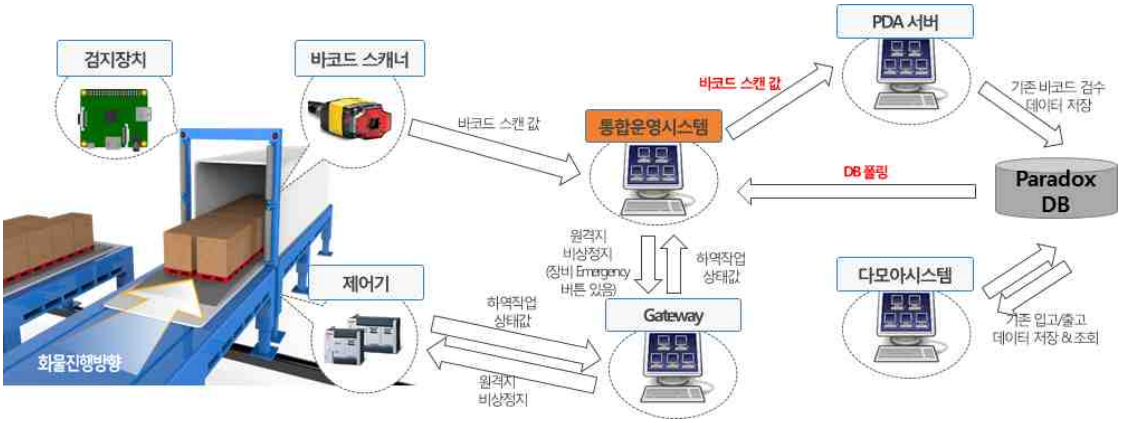


그림 3.5.54 시스템 구성도

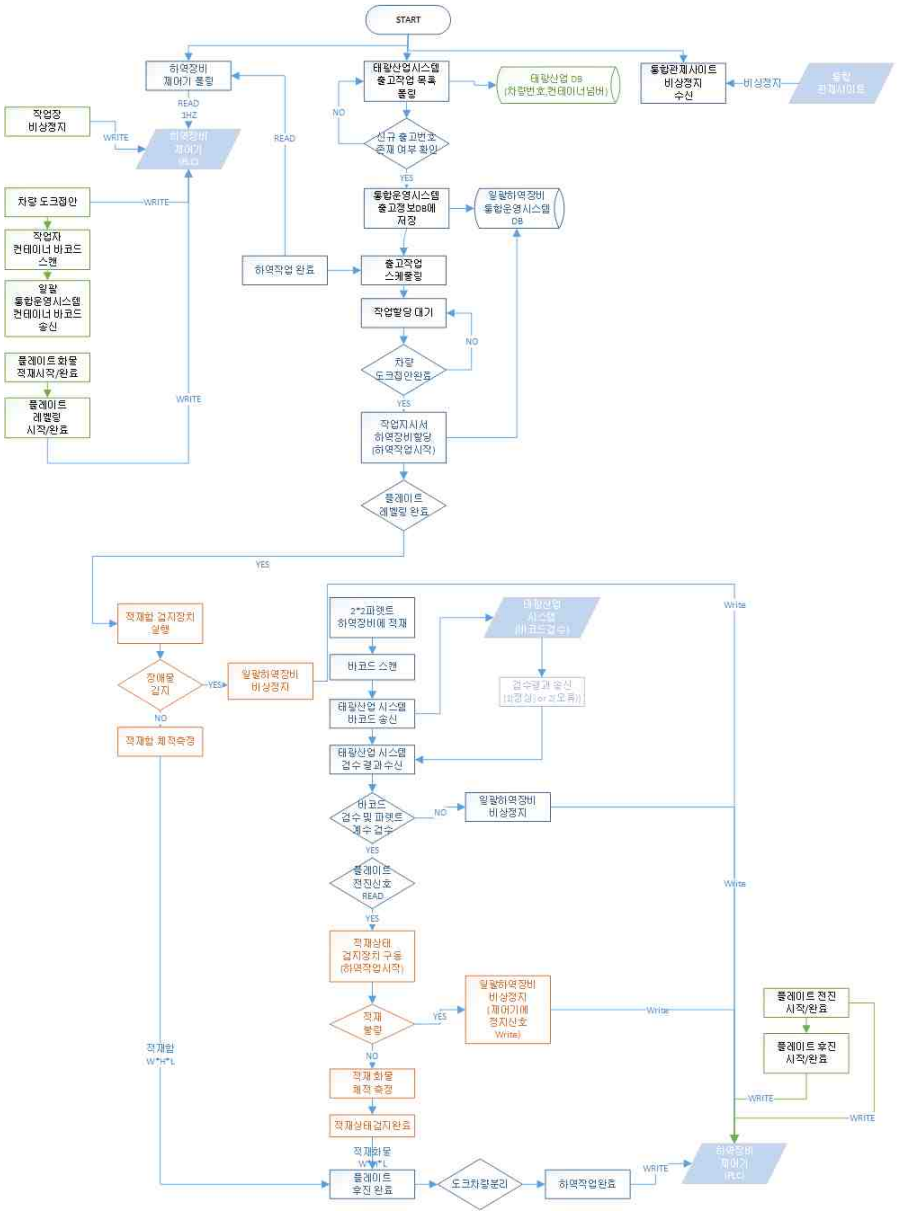


그림 3.5.55 전체 A사 일괄 하역장비 연동 프로세스

(2) 통합 운영시스템 연동

(가) 출고정보 연동

일괄 하역장비가 진행할 출고작업 확인과 함께 기존 A사에 적용 중인 시스템과의 연동을 위해 출고정보 연동이 필요하다. 일괄 하역장비는 금일 출고해야 할 계약정보와 출고정보를 필요로 한다. 다모아시스템에서 관리중인 Firebird DB에 접속하여 수시로 데이터를 조회하여 저장한다.

표 3.5.19 계약정보 테이블 설계서

컬럼명	컬럼 정의	Type	Length	NULL	PK	FK
InvoiceNo	계약번호	String	16	N	1	
출고일	yyyymmdd	String	11	N		
품명		String	21	N		
Buyer	고객사	String	21	N		
수량1	출고작업건수	String	11	N		
수량2	적재물품건수	String	6	N		
Amount	출고량	String	16	N		

표 3.5.20 출고정보 테이블 설계서

컬럼명	컬럼 정의	Type	Length	NULL	PK	FK
출고번호	출고번호	String	9	N	1	
InvoiceNo	계약번호	String	16	N		1
SeqNo	작업순서	String	9			
ContainerNo	컨테이너바코드	String	16	N		
수량1	적재물 수량	String	11	N		
차량번호		String	21	N		
기사명	기사명(전화번호)	String	31	N		
비고	검사필요여부	String	31			
작업시작시간	컨테이너바코드 스캔 시간	String	31			
작업종료시간	마지막 적재물바코드 스캔 시간	String	31			
작업위치	작업 진행 위치 (램프/장비)	String	9			

작업자가 입력한 계약정보와 출고정보를 다모아시스템 서버가 지정된 테이블에 Insert하면 통합 운영시스템이 계약정보에 대해서는 1시간마다, 출고정보에 대해서는 1분마다 조회하고 변경사항을 저장한다.

금일 날짜의 계약정보 테이블을 조회하여 통합 운영서버 데이터베이스에 저장 후, 해당 계약정보를 가지고 있는 출고정보를 조회하여 통합 운영서버에 저장한다. 일괄 하역장비에서 진행하지 않는 출고 작업의 경우, 컨테이너 바코드를 스캔했을 때 작업시작시간을 업데이트하고, 마지막 화물 바코드를 스캔했을 때 작업종료시간을 업데이트하여 작업 진행상황을 판단한다.

(나) 하역장비 연동

통합 운영서버에서 일괄 하역장비의 작업 진행 및 장애 상황을 파악하기 위해 사전에 정의된 메모리맵을 조회하여 하역장비 제어기의 작업 진행상황을 판단한다. Qt로 작성된 연동 Gateway가 메모리맵을 100ms마다 조회하여 변동사항이 있을 경우, 통합 운영서버에 작업 및 장애 상태를 전송한다.

메모리맵 조회는 TCP/IP 통신을 통한 미쯔비시 PLC에서 정의한 MELSEC Protocol을 이용해 진행하였다. MELSEC Protocol을 통한 패킷 교환은 ASCII 코드로 진행하며, 3E frame을 사용. Gateway는 메모리맵의 영역을 기술한 MELSEC Protocol을 전송하고, PLC는 해당 영역에 쓰여진 값을 다시 Gateway로 응답한다.

1. Read values from devices.

Request message

Subheader				Access route										Request data length*1				Monitoring timer			
				Network No.		PC No.		Request destination module I/O No.				Request destination module station No.									
3E frame (request)				Host station										24				4 seconds			
5	0	0	0	0	0	F	F	0	3	F	F	0	0	0	0	1	8	0	0	1	0
35H	30H	30H	30H	30H	30H	46H	46H	30H	33H	46H	46H	30H	30H	30H	30H	31H	38H	30H	30H	31H	30H

Request data																			
Command				Subcommand				Device code		Head device number						Number of device points			
0	4	0	1	0	0	0	0	M	*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
30H	34H	30H	31H	30H	30H	30H	30H	4DH	2AH	30H	30H	30H	31H	30H	30H	30H	30H	30H	32H

그림 3.5.56 M100 ~ M131 영역을 읽는 MELSEC 프로토콜 예제

2. Receive the result.

Response message (Normal completion: Response data)

Subheader	Access route				Response data length*1	End code
	Network No.	PC No.	Request destination module I/O No.	Request destination module station No.		
3E frame (response)	Host station				12	0000H

D	0	0	0	0	0	F	F	0	3	F	F	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0
44H	30H	30H	30H	30H	30H	46H	46H	30H	33H	46H	46H	30H	30H	30H	30H	30H	43H	30H	30H	30H	30H

Response data (read data)*2							
1	2	3	4	0	0	0	2
31H	32H	33H	34H	30H	30H	30H	32H

*1 End code (4 bytes) + Response data (8 bytes)

*2 The value of read data corresponds to the access target device as follows.

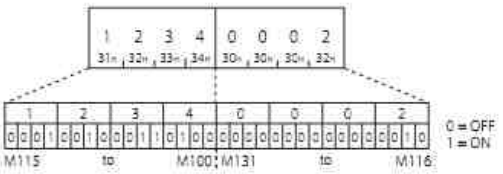


그림 3.5.57 M100 ~ M131 영역에 대한 응답 MELSEC 프로토콜 예제

(3) 일괄 하역장비 작업 상태 정리

(가) 작업 상태

하역장비 제어기 Gateway는 통합 운영서버와 연결 및 일괄 하역장비 구동이 될 경우 PLC와 연결한다. 하역장비 제어기에서 차량 접안 정보를 PLC 메모리맵에 저장하면 하역장비 제어기 Gateway가 해당 메모리맵 값을 체크하여 차량 접안 정보를 통합 운영서버에 송신한다. 이후, 일괄 하역장비가 작업을 실행하면서 발생하는 작업상태 값을 해당 메모리맵에 저장하면 하역장비 제어기 Gateway가 주기적으로 체크하여 변경된 메모리가 있으면 관련 전문을 통합 운영서버로 송신한다.

표 3.5.21 작업 상태값 정보

값	설명	메모리맵
DC	도크 접안 완료	B200 값이 0에서 1로 변경된 경우
LC	레벨링 완료	B201 값이 0에서 1로 변경된 경우
SS	적재함 내부 스캔 시작	B202 값이 0에서 1로 변경된 경우
SE	적재함 내부 스캔 완료	B202 값이 1에서 0으로 변경된 경우 W100/W101/W102 값 전송
LS	파렛트 적재 시작	B204 값이 0에서 1로 변경된 경우
LE	파렛트 적재 완료	B204 값이 1에서 0으로 변경된 경우
FS	플레이트 전진 시작	B206 값이 0에서 1로 변경된 경우
CS	화물 적재상태 검지 시작	B208 값이 0에서 1로 변경된 경우
CE	화물 적재상태 검지 완료	B208 값이 1에서 0으로 변경된 경우 W103/W104/W105 값 전송
FE	플레이트 전진 완료	B206 값이 1에서 0으로 변경된 경우
RS	플레이트 후진 시작	B209 값이 0에서 1로 변경된 경우
RE	플레이트 후진 완료	B209 값이 1에서 0으로 변경된 경우
DD	도크 접안 해제	B200 값이 1에서 0으로 변경된 경우
ES	비상정지(작업장)	B300 값이 0에서 1로 변경된 경우
ER	재기동	B300, B301 값이 1에서 0으로 변경된 경우 B303/B304/B305/W106 값이 0으로 변경된 경우
EE	장애	B303/B304/B305/W106에 값이 있을 경우

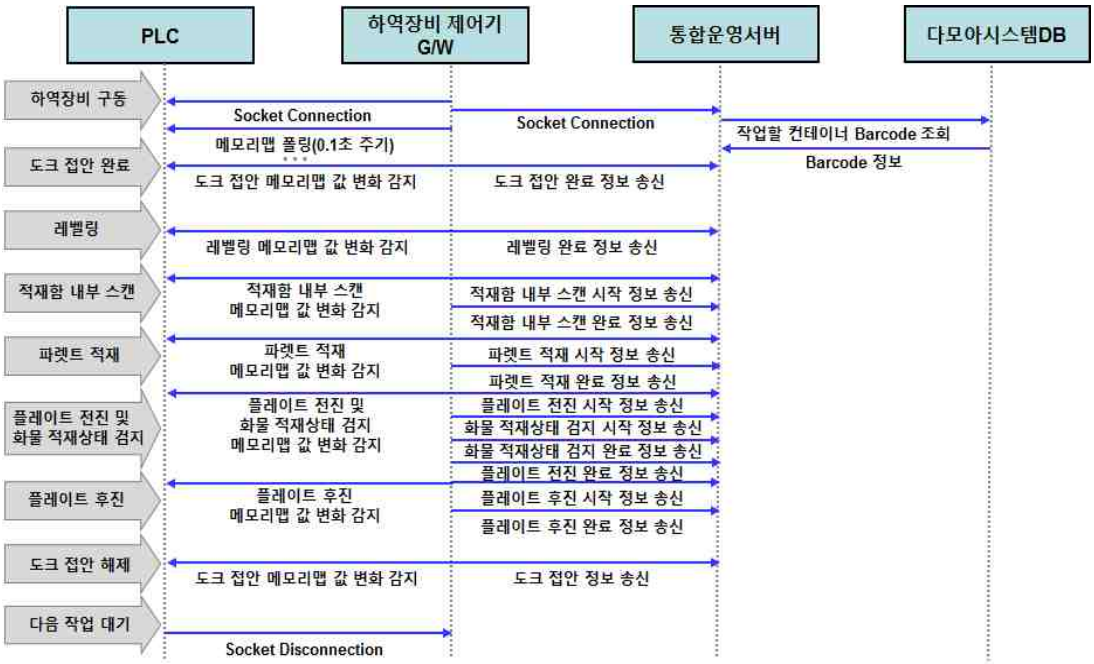


그림 3.5.58 작업 상태 연동 Flow

(나) 장애 상태 검지

일괄 하역 작업 중 적재함 내부 장애물 검지 및 적재상태 불량 검지 장애가 발생할 가능성이 있다. 적재함 내부 장애물 검지는 아래와 같다.

○ 적재함 내부 스캔 시작과 적재함 내부 스캔 완료 사이에 발생

○ 작업을 시작할 때, 먼저 적재함 내부 측정을 진행하며 장애물 유무를 판단

○ 이 때, 장애물이 검지되면 해당 장애물을 제거하고 작업을 다시 시작함

○ 작업이 다시 시작되면, 적재함 내부 측정을 처음부터 다시 시작함.

표 3.5.22 장애 상태 검지 시 발생되는 장애유형코드

값	설명	메모리맵
01	적재함 측정 실패	B303 값이 1일 경우
02	적재함 내부 장애물 검지	B304 값이 1일 경우
04	환경 설정 파일 불러오기 실패	W106 값이 1일 경우
05	적재함 측정 스캐너 연결 실패	W106 값이 2일 경우
10	Servo #1 에러	W106 값이 64일 경우
11	Servo #2 에러	W106 값이 128일 경우

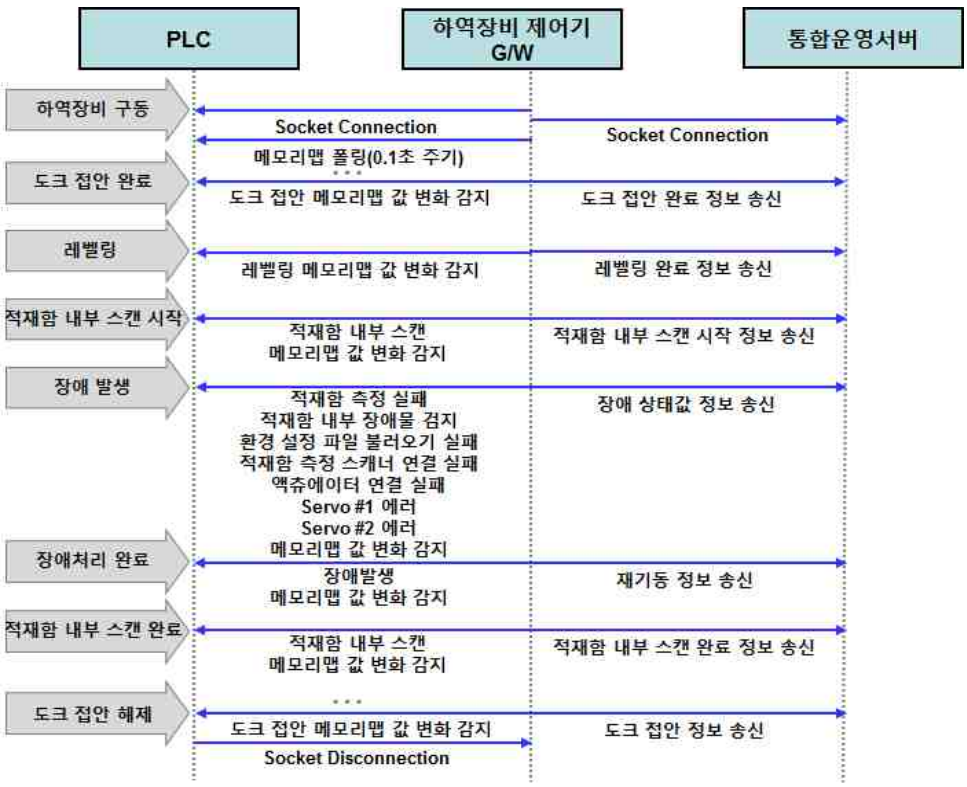


그림 3.5.59 적재함 내부 장애물 검지 Flow

적재상태 불량 검지 방법은 다음과 같다.

○ 플레이트 전진 시작 시 화물 적재상태를 검지하면서 화물을 이송하며, 이 때 적재함 사이즈에 벗어나는 적재물이 체크되면 적재상태 불량으로 장애가 발생

○ 장애 발생 시 적재물을 재정비하고 작업을 다시 시작

표 3.5.23 적재상태 불량 검지 시 발생되는 장애유형코드

값	설명	메모리맵
03	적재상태 불량 검지	B305 값이 1일 경우
04	환경 설정 파일 불러오기 실패	W106 값이 1일 경우
06	화물 측정 스캐너 연결 실패(좌측)	W106 값이 4일 경우
07	화물 측정 스캐너 연결 실패(우측)	W106 값이 8일 경우
12	Axis #1 Lower Limit 에러	W106 값이 256일 경우
13	Axis #1 Upper Limit 에러	W106 값이 512일 경우
14	Axis #1 ZR 에러	W106 값이 1024일 경우
15	Axis #2 Lower Limit 에러	W106 값이 2048일 경우
16	Axis #2 Upper Limit 에러	W106 값이 4096일 경우
17	Axis #2 ZR 에러	W106 값이 8192일 경우

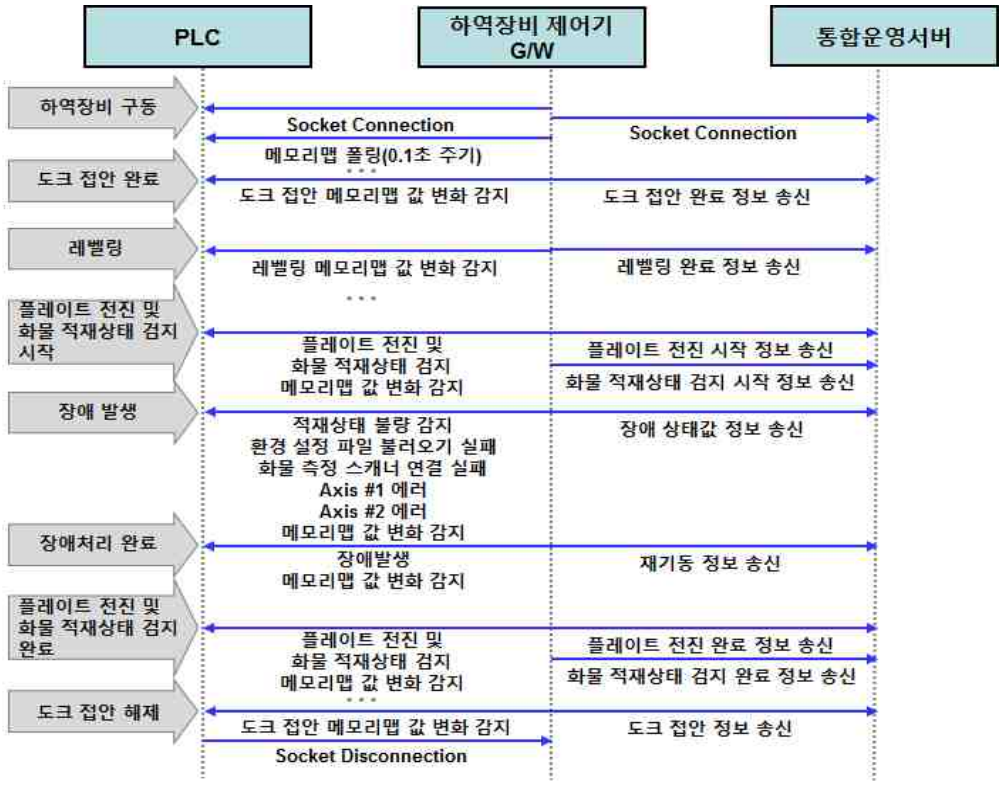
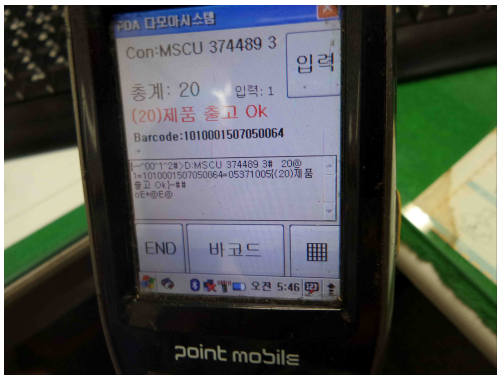


그림 3.5.60 적재상태 불량 검지 Flow

(다) 검수 자동화

작업자가 PDA를 통해 바코드를 스캔하던 검수작업을 화물 적재 시 일괄적으로 부착된 바코드 스캐너를 통해 검수 작업을 자동화 하였다. 바코드 스캐너는 2×2 형태로 4면에 부탁되어 화물 측면에 부착된 1D 바코드를 플레이트 전진 시 일괄 스캔한다.



[현행:PDA를 통해 개별 화물 스캔]


[개선:바코드스캐너를 통한 일괄스캔]

그림 3.5.61 시험환경 검수시스템 변경 전/후

스캔한 바코드 값은 통합 운영시스템에서 수집되어 다모아시스템 PDA서버로 전송되며, 해당 바코드에 대한 검수 결과를 응답한다.

표 3.5.24 바코드 에러 코드 정의

코드	설 명
O01	Check ok
E01	바코드 데이터 중복
E02	바코드 데이터 오류

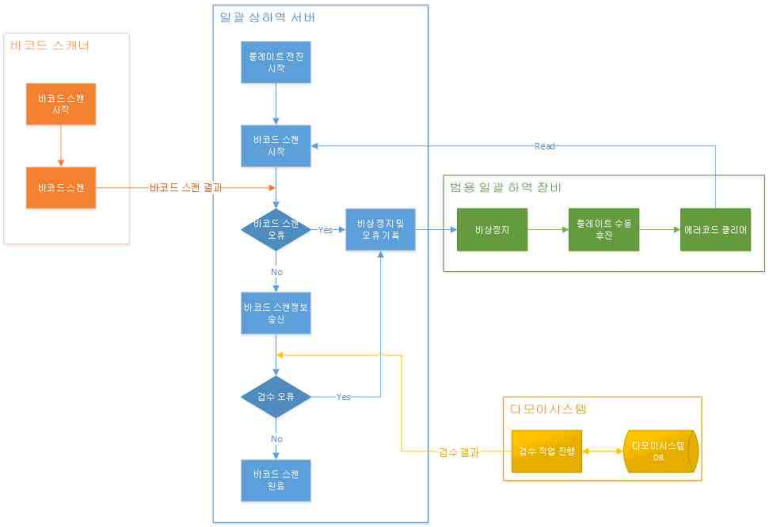


그림 3.5.62 바코드 스캔 및 검수 Flow

검수 결과 바코드 데이터가 이상이 있을 경우 일괄 하역장비를 일시정지한 후 에러 코드와 바코드 오류 위치를 상황판에 표시하면 작업자가 오류 판단 및 수정 후 플레이틀르 수동 후진 후 작업을 재시작 한다.

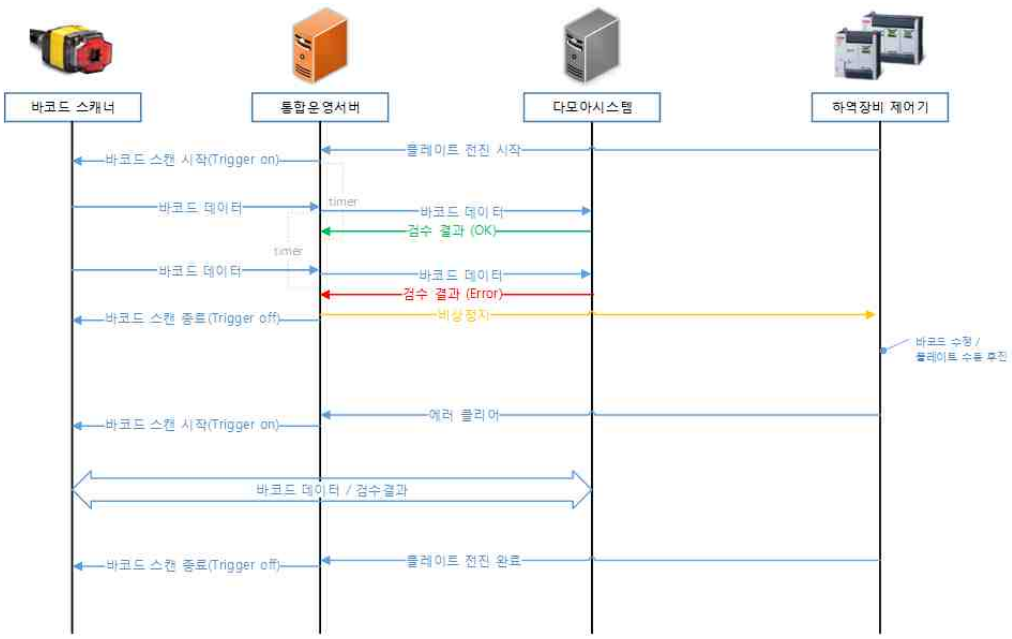


그림 3.5.63 검수 오류 시 동작 Flow

A사의 화물 바코드는 일괄 하역장비 검수를 위해 진행 방향 측면에 부착. 좌·우의 위치가 다르므로 동시에 인식할 수 없어 바코드 인식 실패를 개별로 판단해야 한다. 바코드 인식 등의 실패가 발생했을 경우 일괄 하역장비를 일시정지한 후 바코드 오류 위치를 상황판에 표시하면 작업자가 오류 판단 및 수정 후 플레이트를 수동 후진 후 작업을 재시작 한다. 바코드 인식 실패 시 동작은 다음과 같다.

① 플레이트 전진 시작 시, 4개의 바코드 스캐너에게 바코드 스캔 시작 명령 전송. 이 때, 개별 timer 동작

② 화물 5열이 전진할 때 측면에 부착된 바코드를 바코드 스캐너가 인식하면 timer를 멈추고 동일한 시간의 timer를 재시작

③ 이 때, timer 시간 내에 바코드 데이터가 수신되지 않으면 바코드 스캔 실패로 간주, 상황판에 바코드 인식 실패 위치를 표시하고 작업 비상정지

④ 작업자가 플레이트를 수동 후진 후, 비상정지를 해제하면 timer 재시작 후 다시 스캔 시작

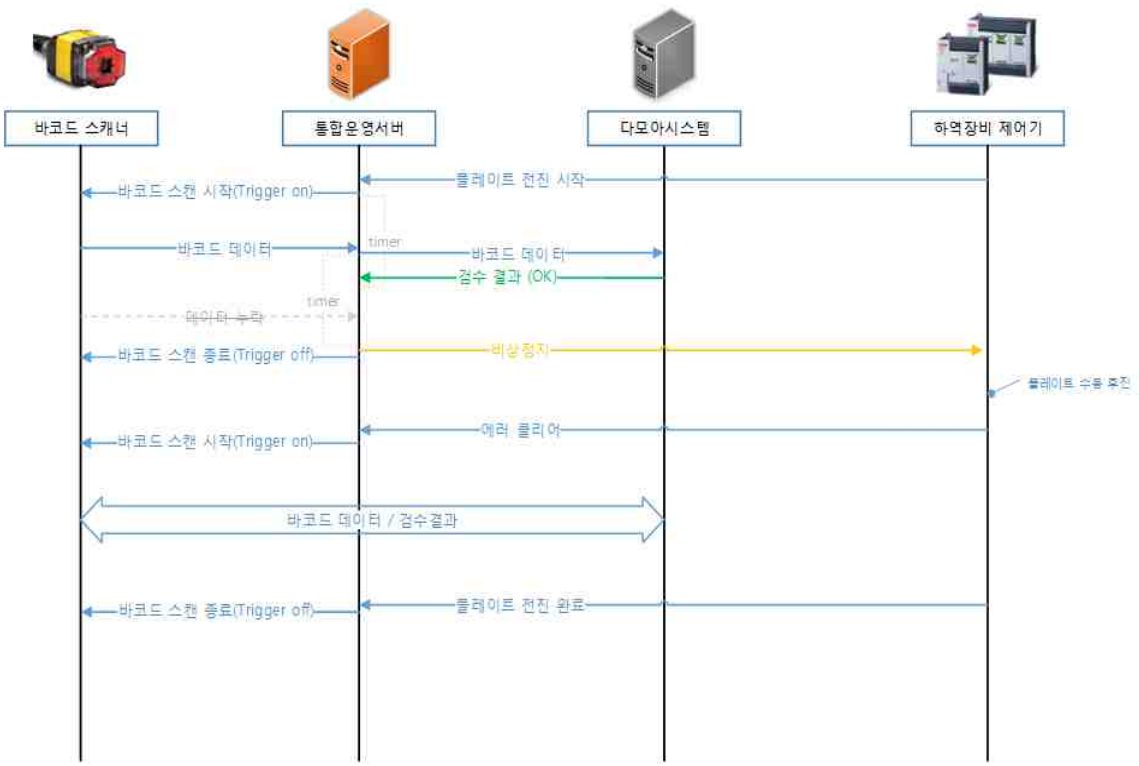


그림 3.5.64 바코드 인식 실패 시 동작 Flow

다. 상하역 연동 인터페이스 적용

A사 대상으로 상하역 연동 인터페이스를 적용하여, 일괄 하역장비가 진행 중인 작업 상태를 실시간으로 모니터링하고 장애 발생 시 관리자가 장애 원인을 파악하고 신속하게 대응할 수 있도록 하였다.

○ 금일 계약 목록 : 금일 계약 건을 상환판에 표시하여 계약건 별 출고작업 현황을 표 형태로 표시

○ 금일 작업 진행률 : 금일 출고작업에 대해 대기/작업 중/완료 3가지 항목으로 차트 표시

- 대기 : 센터에 차량진입 후 작업대기
- 작업 중 : 작업을 할당받아 하역작업 진행 중
- 완료 : 하역작업 완료

○ 일괄 하역장비 작업 진행 상황

- 일괄 하역장비에서 진행하는 출고작업에 대해 작업 별 상태를 상세하게 표시
- 플레이트 전진 시 시행하는 화물 검수 결과 표시 : 인식한 바코드 표시, 검수 오류 시 에러코드와 오류 위치 표시

○ 기존 Dock 작업 진행 상황

- A사에서 작업자가 지게차로 제품을 출고하는 기존 Dock에서의 작업도 작업 시작시간과 종료시간을 파악하여 작업 시작과 완료 여부 표시

○ 장애 발생 여부 표시 : 하역 작업 중 장애 발생 여부를 실시간을 모니터링하여 관리자에게 알려줌으로써 신속한 대응 가능



그림 3.5.65 상하역 연동 인터페이스 적용 상황판

제6절 물류센터 하역 작업장 설계

1. 설계 개요

본 연구에서는 일괄 하역장비 기술 개발과 함께 물류센터의 상하역 작업 프로세스를 새롭게 정립하여, 물류센터 전체의 효율성을 제고할 수 있는 표준화된 일괄 상하역시스템 전용 자동화 물류센터의 상하역 작업장 설계 모델을 제시하고자 한다. 이를 위해 일괄하역장비 성능평가 및 상하역 작업장 설계기술 개발을 위해 분석적 방법인 객체지향 시뮬레이션 방법을 이용하여 계량적으로 분석하였다.

시뮬레이션 방법으로 상하역작업장의 설계를 위해 시스템 구조, 배치, 동선체계, 소요장비 및 성능평가 기준을 분석하여 설계기준을 수립하였다. 작성된 설계기준에 따라 물류센터의 대안별, 운영방법별 일괄 상하역장비 설치를 위한 설계서를 작성하였다. 또한, 표준안을 작성하여 프로세스 및 적용방안을 설정하고, 신규 개발하거나 현재 운영하고 있는 물류센터에 일괄상하역장비의 적용을 위한 마스터플랜 및 설계계획을 수립하였다.

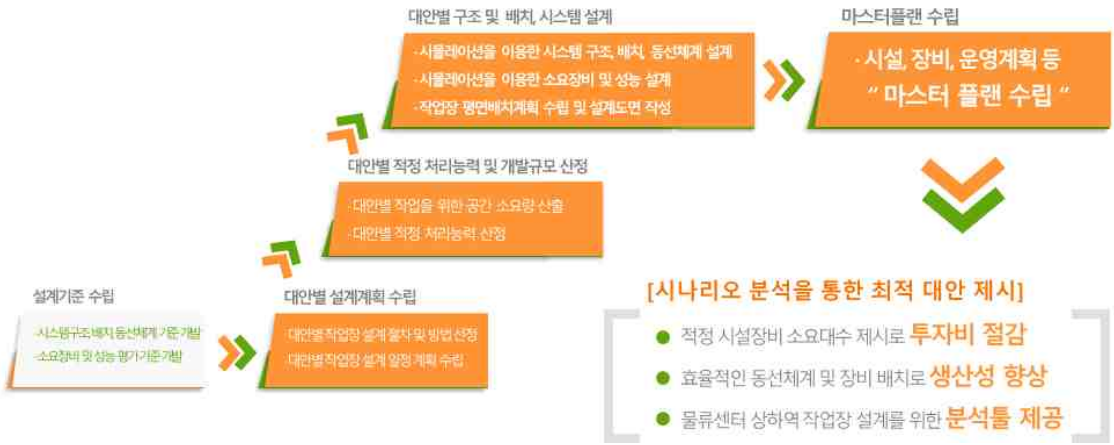


그림 3.6.1 설계계획 수립 절차

2. 물류센터 대안별 일괄 하역작업장 설계기준 수립

가. 기준 개발

(1) 도크

도크는 트럭이 접안하여 화물을 싣고 내릴 수 있는 공간으로 입지 조건, 건축 조건, 취급품 조건, 차량 조건 등을 고려하여 설계해야 한다.

먼저 입지 조건으로는 해안가, 고도제한 등이 있으며, 해안가일 경우 물이 들이칠 수 있으므로 저상식 도크를 적용해야 한다. 또한 취급품 조건에 따라 도크를 설계해야 하며 이 때 고려하는 것으로는 품목 단위(팔렛트, 박스, 행거 등), 그리고 취급 온도(상온, 냉장, 냉동) 등이 있다. 마지막으로 도크에 접안하는 차량의 종류에 따라 도크 형태를 정해야 하며 컨테이너 트레일러, 대형/소형차, 윙바디 트럭 등의 차량으로 구분될 수 있다.

(가) 도크 형태

접안도크는 트럭이 접안하는 방향에 따라 직각방식, 경사방식, 평행접차방식의 3가지로 구분된다. 직각방식은 트럭이 후진하여 직각으로 접안하는 방식으로 동시 접안할 수 있는 차량수가 많고 다른 방식에 비해 작업자의 작업 동선이 짧다는 장점이 있는 반면 도크 전면 주차공간이 많이 필요하다는 단점도 있다.

평행접차방식은 트럭이 옆으로 접안하는 방식으로 부지가 좁고 지형이 제한적일 경우 적용되며 특히 평행접차방식은 윙바디 트럭에 많이 사용되는 방식이다. 접안하는 트럭이 후진 없이 옆으로 접안함에 따라 트럭 접안시간이 단축되는 반면 공간 활용 및 하역 능률이 저하된다는 단점도 있다.

마지막으로 경사방식은 직각방식과 평행접차방식을 혼용한 방식으로 직각방식보다는 도크 전면 공간이 적게 소요되고 평행접차방식보다는 공간 활용 및 하역 능률이 높은 반면 직각방식보다는 하역동선이 증가하고 주차대수가 적다는 문제점을 가지고 있다.

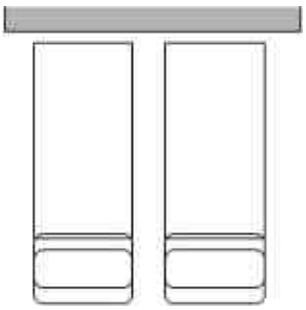


그림 3.6.2 직각방식

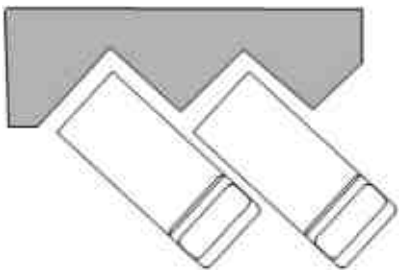


그림 3.6.3 경사방식

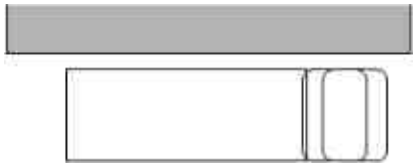


그림 3.6.4 평행접차방식

일괄 하역장비의 경우 플레이트, 컨베이어(정렬장치), 푸쉬장치 등의 장비가 설치되어야 하므로 평행접차 방식에는 적용이 어렵다. 또한 보조 플레이트를 활용하여 작업 효율을 높이기 위해서는 좌우로 보조 플레이트를 놓을 수 있는 공간이 추가로 필요하므로 보조 플레이트를 적용할 경우 경사방식의 적용은 불가능하다. 따라서 단일 플레이트를 적용할 경우는 직각 및 경사방식, 보조 플레이트를 적용할 경우에는 직각방식에만 적용이 가능하다.

표 3.6.1 일괄 하역장비 유형별 적용 도크 방향

일괄 하역장비 형태		직각방식	경사방식	평행접차방식
범용	단일 플레이트	O	O	×
	멀티 플레이트	O	×	×
전용	단일 플레이트	O	O	×
	멀티 플레이트	O	×	×
윙바디형		O	×	×

주 1 : 경사방식에서는 멀티 플레이트 적용 불가
주 2 : 일괄 하역장비 설치로 인해 평행접차방식은 적용 불가

(나) 도크 공간

도크는 차량이 접안하기 위한 접안공간의 폭과 차량이 접안하거나 대기하기 위한 전면 공간을 계산하여 전체 크기를 결정한다. 먼저 접안공간 폭은 차량이 접안하기 위한 공간으로 차량 크기, 차량 간의 간격을 기반으로 크기를 결정한다.

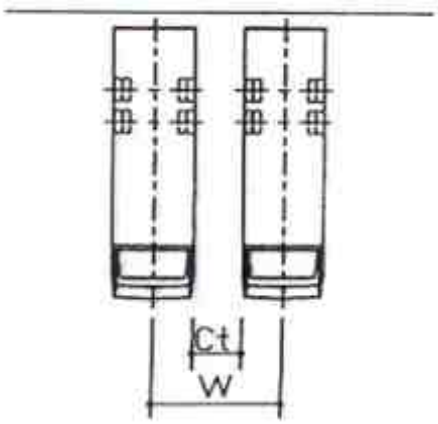


그림 3.6.5 직각방식 차량 간격 설정

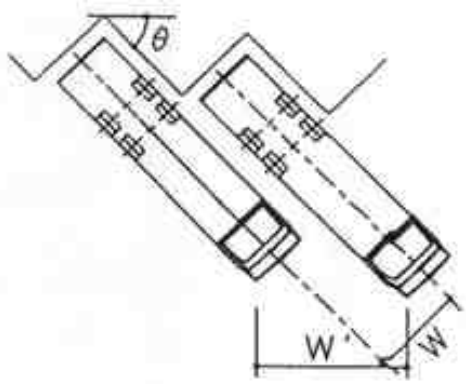


그림 3.6.6 경사방식 차량 간격 설정

직각방식에서 접안 공간 폭을 계산하기 위해서는 주차 간격(W)을 설정해야 하며 이는 트럭 폭(Wt)과 트럭 간 간격(Ct)을 더해서 계산하는데, 이 때 트럭 간 간격은 트럭의 종류와 사이즈 때문에 서로 다르지만 통상적으로 도어의 개폐 등을 고려하여 1.0~1.5m로 하고 대형차일수록 넓게 잡는다.

이를 통해 계산해 보면 일반적으로 접안하는 차량 크기에 따라 결정이 되며 대형차일 경우 4m, 중형차일 경우 3.5~3.8m, 소형차일 경우 3m 정도를 주차 간격(W)으로 하여 계산한다. 윙바디 차량용 하역장비의 경우 정렬장치와 푸쉬장치가 설치되어야 하므로 정렬장치 폭 3.5555m, 푸쉬장치 폭 1.8m를 추가로 계산하여 주차 간격을 계산해야 한다.

경사방식은 직각방식에 비해 야드 길이가 짧지만 주차대수가 적다. 일반적으로 θ=45°의 경우 W′는 W의 약 1.5배, 즉 같은 트럭 도크 길이에서 직각방향이 3대를 주차한다면, 경사방식은 2대를 주차할 수 있다.

다음으로 트럭이 도크에 접안하였을 때 화물을 하역하기 위한 도크의 공간 길이를 설정해야 한다. 이는 돌출형, 무돌출형의 2가지 형태로 구분될 수 있으며 이 중 돌출형은 일반적으로 상온창고에 사용되고 있고 도크 부분이 오픈되어 있어 단열이 안 된다는 단점이 있다. 무돌출형은 도크가 물류시설 내부에 들어가 있는 형태로 도크실, 도크쉘터 등

과 같이 설치하여 단열 효과가 매우 높다는 장점이 있다. 도크 공간 길이는 돌출형, 무돌출형 공히 적용될 수 있으며 지게차 작업의 경우 회전에 필요한 공간을 고려하여 3~5m 정도를 적용하고 있으며, 롤테이너의 경우는 2~3m 정도를 적용하고 있다.

일괄 하역 장비의 경우 장비 형태에 따라 다르며 범용 및 전용 장비의 경우 장비를 설치할 수 있도록 장비 길이인 11m, 14m 이상의 공간이 필요하고 윙바디 장비의 경우 장비가 도크 밖에 설치되기 때문에 도크 내에서 활용되고 있는 장비(지게차, 롤테이너 등)에 따라 일반적인 도크 폭을 계산하여 적용하면 된다.

표 3.6.2 일괄 하역장비 유형별 도크 길이

범용 하역장비	전용 하역장비	윙바디 하역장비
14.21m(장비 길이) 이상	10.8m(플레이트 길이) 이상	지게차 이동에 필요한 3~5m



그림 3.6.7 상온 도크(돌출형)



그림 3.6.8 냉장/냉동 도크(무돌출형)

도크 전면 공간은 차량이 도크에 접안하여 하역작업을 할 수 있도록 주차 및 대기하는 공간을 말하며 이를 계산하기 위해서는 앞에서 계산하였던 폭(W)과 함께 전면 길이(L)를 계산해야 한다. 전면 길이는 트럭이 주차할 수 있는 주차 길이(l1)와 회전하여 빠져나올 수 있는 길이(l2)를 포함하는 트럭 도크 길이(L1)와 트럭들이 대기할 수 있는 임시 대기지역의 길이(L2)를 포함한 전체 길이를 포함한다. 이 때 L1에는 차량이 회전할 때 대기지역과의 교차가 일어나지 않도록 여유 공간(Co) 길이를 포함한다.

일반적으로 l2는 l1와 같다고 보고 있으므로 $L1 = 2 \times l1 + Co$로 둘 수 있다. 이를 기반으로 대형, 중형, 소형 트럭을 위한 전면 공간 길이를 계산해 보면 각각 36m, 24m, 18m가 소요되는 것으로 계산된다. 도크 높이는 접안하는 차종에 따라 상이하지만 일반적으로 1.1m~1.35m 정도로 한다.

표 3.6.3 트럭 크기별 전면 공간 길이

구분	대형(11톤)	중형(4톤)	소형(2톤)
l_1	11m	7m	5m
L_1	24m	16m	12m
L_2	12m	8m	6m
L	**36m**	**24m**	**18m**

(다) 캐노피

캐노피는 우천, 눈, 햇빛 등으로부터 하역작업 시 화물 및 장비를 보호하기 위해 설치하는 시설로 건축법 상 건축면적의 10% 또는 3m 중 유리한 기준을 선택할 수 있다.

범용 및 전용 장비의 경우 트럭 후면에 위치하여 캐노피의 길이에 큰 영향을 받지 않지만 윙바디 하역장비의 경우 트럭의 길이만큼 돌출되어 있어 이를 보호하기 위해서는 윙바디 하역장비 길이(WL) 이상의 캐노피가 설치되어야 한다. 따라서 윙바디 하역장비 적용 도크의 경우 캐노피 길이는 WL + 3m로 하여 장비를 보호해야 하며 긴 캐노피를 지탱하기 위해서는 현수 방식 등의 적용이 필요하다.

표 3.6.4 일괄 하역장비 유형별 캐노피 길이 및 방식

구분	범용	전용	윙바디 차량용
캐노피 길이	3m	3m	WL(윙바디 하역장비 길이) + 3m
캐노피 방식	일반형	일반형	현수형



그림 3.6.9 지붕형 캐노피



그림 3.6.10 돌출형 캐노피

(라) 기타

일반적인 물류창고 건설 시에는 충격흡수장치, 도크 레벨러 등을 고려하지만 일괄 하역장비의 경우 이를 모두 장비가 포함하고 있기 때문에 설치할 필요가 없다. 하지만 일괄 하역장비뿐만 아니라 일반적인 지게차, 롤테이너 작업도 함께 혼용하는 창고의 경우는 이들에 대해 설치가 필요하며 이때는 일반적인 창고 건설의 기준을 따라 각 장비들을 설치한다.

(2) 도어

(가) 도어 형태

일반적으로 물류시설에는 화물을 창고에 반입 및 반출시킬 수 있는 도어가 있으며 이는 오픈형, 셔터형, 단열형 등으로 구분될 수 있다. 오픈형과 셔터형은 상온 창고에서 주로 사용되며 이 중 셔터형은 완전히 오픈되어 있는 오픈형과 달리 보안 및 방풍, 방충 등을 위한 셔터(Shutter)가 설치되어 있는 형태를 말한다. 일반적으로 오픈형은 보안 등의 문제로 거의 사용되지 않고 있으며 대부분 셔터형을 사용한다.



그림 3.6.11 셔터형 도어

단열형은 냉장/냉동 창고에서 주로 사용되며 단열을 위한 도크실(Seal), 도크쉘터(Shelter)가 설치되어 있는 도어를 말한다. 도크실은 도어 외부 벽면에 설치되어 트럭 후면과 벽체면과의 틈을 막아주고 완충 역할을 하며 건물 내외부로의 분진, 냉기나 열기의 유출입을 차단한다. 대부분 우레탄 소재의 충진재를 사용하여 차량의 접안 시 발생할 수 있는 충격을 흡수할 수 있는 구조로 되어 있다.

도크실은 크게 상부이동식, 고정식, 커튼식의 형태가 있으며, 상부이동식은 상하 높이 조절이 가능한 Seal 패드를 설치하여 차량 크기에 맞게 조절이 가능한 형태이다. 고정식은 Seal 패드가 고정되어 있는 형태로 접안하는 차량의 종류가 일정한 경우에 적용이 가능하고, 커튼식은 Seal 패드 대신 커튼을 이용하여 차량 크기에 맞게 조절이 가능한 도크실이다.



그림 3.6.12 상부이동식



그림 3.6.13 고정식



그림 3.6.14 커튼식

도크쉘터는 도크실과 유사한 역할을 하나 도크실이 차량 후면부와 밀착하는데 반해 도크쉘터는 트럭의 지붕과 양측면을 감싸는 형태로 도크실의 완충작용 없이 트럭과 건물의 틈을 차단하는 형태이다. 도크쉘터는 커튼을 이용하여 틈을 차단하며 커튼이 고정되어 있는 고정식과 커튼이 움직여 틈을 줄일 수 있는 가변식으로 구분된다.



그림 3.6.15 도크쉘터 구성

일괄 하역장비의 경우 상온창고에 적용이 용이하게 개발이 되고 있으므로 오픈형 또는 셔터형의 도어에 적용이 가능하지만 전용 하역장비의 경우 전용 도어를 설치할 때 필요 시 단열형 도어 형태로도 설치할 수 있다. 하지만 범용 하역장비는 트럭의 형태 및 크기가 정해지지 않기 때문에 고정식은 사용할 수 없고, 윙바디 트럭용 하역장비는 트럭 옆으로 하역하기 때문에 단열형 도어의 적용, 즉 냉동/냉장창고에 적용하기가 어렵다.

표 3.6.5 일괄 하역장비 유형별 도크실 및 도크쉘터 적용대안

구분		범용 하역장비	전용 하역장비	윙바디 트럭용 하역장비
도크실	상부이동식	△	O	×
	고정식	×	O	×
	커튼식	△	O	×
도크쉘터	고정식	×	O	×
	가변식	O	O	×

주 1 : 범용 하역장비는 트럭의 형태 및 크기가 정해지지 않기 때문에 고정식 장비 사용 불가
주 2 : 윙바디 트럭용 하역장비는 트럭 옆으로 하역하기 때문에 단열형 도어 적용 불가

(나) 도어 폭

도어 폭은 하역장비들과 하역되는 화물들의 크기를 고려하여 계산되어야 한다. 일괄 하역장비의 경우 장비가 차지하는 기본 폭이 있기 때문에 이를 고려하여 도어 폭을 결정해야 한다. 일반적으로 범용 하역장비는 플레이트 폭 2.65m 이상의 공간이 필요하며 전용 하역장비는 플레이트 폭 3.3m 이상의 공간이 필요하다. 또한 윙바디 트럭용 하역장비의 경우는 컨베이어 3.524m, 푸쉬장치 1.8m 폭 뿐만 아니라 두 장비 사이에 위치하는 트럭의 폭(TW)까지 고려해야 하기 때문에 더 넓은 공간이 필요하다.

표 3.6.6 일괄 하역장비 유형별 도어 폭

구분	범용장비	전용장비	윙바디 트럭용 장비
장비 폭	2.65m	3.3m	3.524m + 1.8m
도어 폭	3.65m 이상	4.3m 이상	3.524m + 1.8m + TW + 1m

주 : 도어 폭은 장비 폭에 장비이동용 공간 1m를 더해서 계산

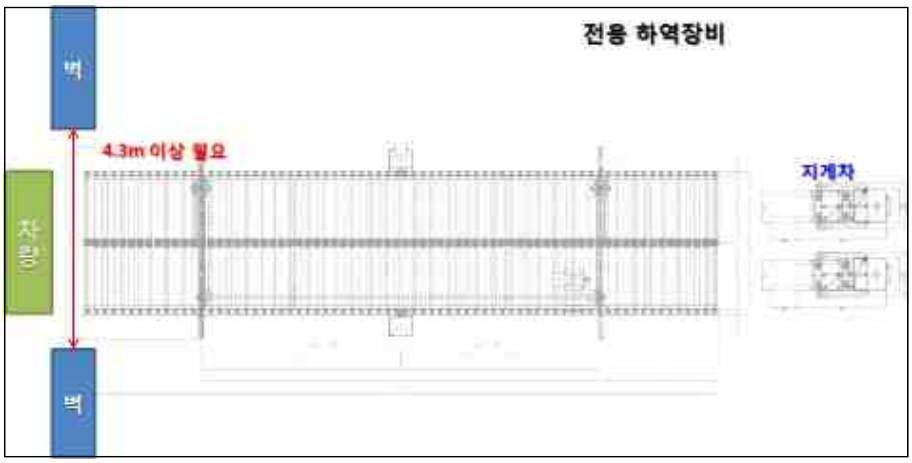


그림 3.6.16 전용 하역장비 도어 폭 계산

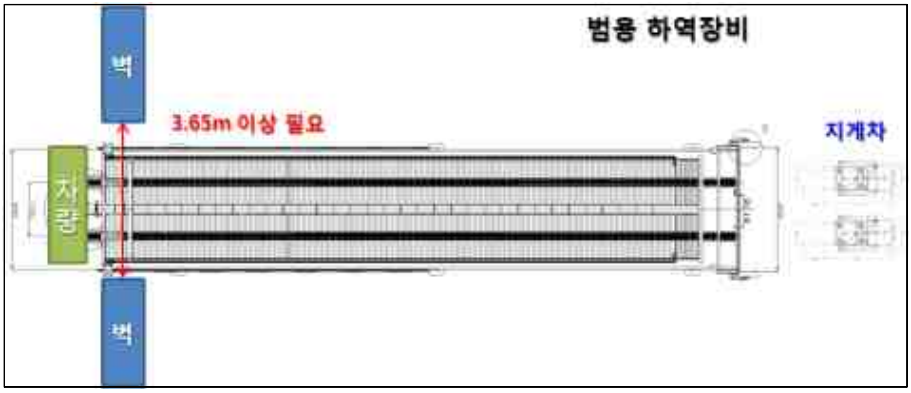


그림 3.6.17 범용 하역장비 도어 폭 계산

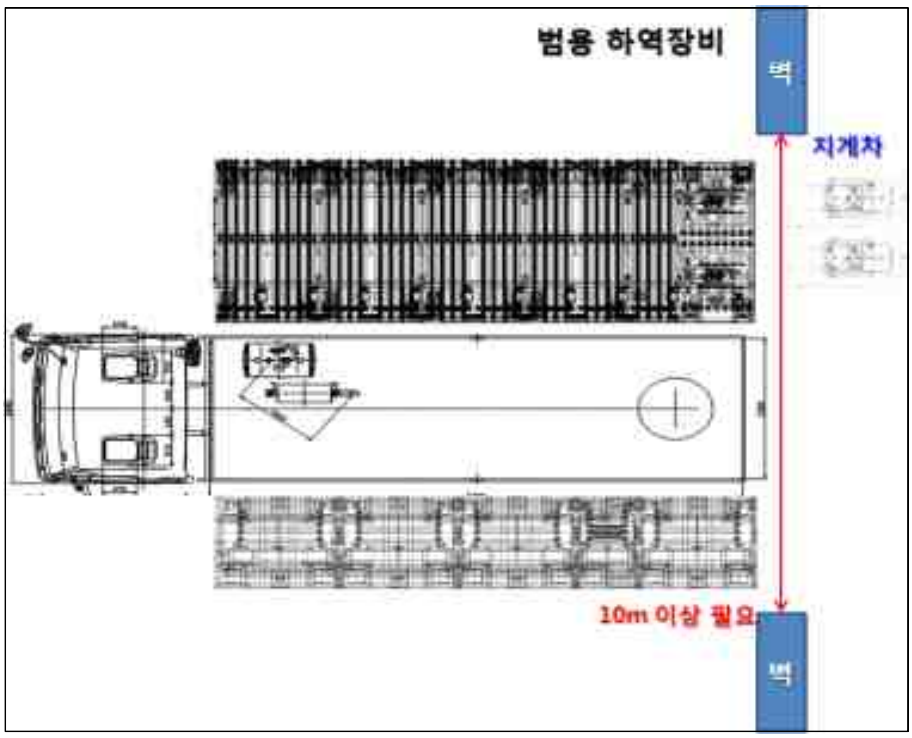


그림 3.6.18 윙바디 트럭용 하역장비 도어 폭 계산

(3) 하역장

(가) 기둥 간격

KS T 2004(물류시설의 설비기준)에서는 기둥 간 간격을 트럭이 진입하는 경우를 고려하여, 차량이 2대일 경우 7.5m 이상, 3대일 경우 11.0m 이상으로 하게 되어 있다. 하지만 냉장/냉동창고는 창고별로 상이하여 별다른 기준은 없다. 일괄 하역장비를 적용하는 물류시설의 경우도 일반적인 기준을 따라 기둥간격을 설정하여 건설해야 한다.

(나) 바닥재 및 바닥 적재하중

KS T 2004(물류시설의 설비기준)에서는 기둥 간 간격을 트럭이 진입하는 경우를 고려하여, 차량이 2대일 경우 7.5m 이상, 3대일 경우 11.0m 이상으로 하게 되어 있다. 하지만 냉장/냉동창고는 창고별로 상이하여 별다른 기준은 없다. 일괄 하역장비를 적용하는 물류시설의 경우도 일반적인 기준을 따라 기둥간격을 설정하여 건설해야 한다.

또한 바닥 적재하중은 건축구조기준(KBC 2009)에 따르면, 1.2ton/m^2의 하중을 견딜 수 있도록 건설되어야 한다. 하지만 일괄 하역장비 적용 물류시설의 경우 고중량 장비 설치에 따라 더 높은 하중 기준을 따라야 한다.

나. 설계 기준서 작성

앞의 내용을 기반으로 일괄 하역장비가 적용되는 물류시설의 설계 및 유지관리를 위한 일반적인 고려사항과 설계요령을 제시하기 위해 설계기준서를 작성하였다. 이 때 물류시설이란 '물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률' (2014년 4월 29일 시행) 제 2조(정의)에 규정되어 있는 제반 시설을 의미한다.

> 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
> 1. "물류시설"이란 다음 각 목의 시설을 말한다.
> 가. 화물의 운송·보관·하역을 위한 시설
> 나. 화물의 운송·보관·하역과 관련된 가공·조립·분류·수리·포장·상표부착·판매·정보통신 등의 활동을 위한 시설
> 다. 물류의 공동화·자동화 및 정보화를 위한 시설
> 라. 가목부터 다목까지의 시설이 모여 있는 물류터미널 및 물류단지

일괄 하역장비는 전용, 범용, 윙바디 차량용 일괄 하역장비로 나뉘며, 이러한 하역장비가 설치되는 물류시설의 계획, 조사, 설계, 시공 및 유지관리를 할 때에는 본 설계기준을 이해하고, 종합적으로 검토하여 적절한 설비계획을 수립하여야 한다.

본 설계기준은 일괄 하역장비가 설치되는 물류시설의 설계기준을 설정한 것으로 전용 일괄 하역장비 적용 물류시설, 범용 일괄 하역장비 적용 물류시설, 윙바디 차량용 일괄 하역장비 적용 물류시설의 유지관리 기준으로 준용한다. 본 설계기준서에는 물류시설 하역장의 도크, 도어, 하역장 설계 시 필요한 기준들을 정리하였고 또한 일괄 하역장비, 외부트럭, 지게차 등 물류시설에서 사용되는 소요장비 및 성능기준을 정리하였다.

3. 적정 처리능력 및 개발규모 산정

일괄 하역장비는 각각 다른 성능과 요구 작업공간을 가지고 있으며, 효과적인 운영을 위한 장비 대수 및 하역장 규모가 결정되어야 한다. 범용과 전용 일괄 하역장비는 도크 내에 설치되는데 반해, 윙바디 트럭용 일괄 하역장비는 도크 바깥에 설치되기 때문에 도크 공간의 제약이 없다는 차이가 있다. 본 연구에서는 C사의 대표적인 물류센터를 기준으로 표준 물류센터를 설정한 후 요구되는 생산성과 장비별 성능을 비교함으로써 하역작업장에 필요한 장비 대수와 규모를 산정하였다.

가. 표준 물류센터 기본분석

본 연구에서 선정한 C사의 대표적인 물류센터는 하루에 350,000피스의 화물을 입고하여 300,000피스의 화물을 출고하는 곳으로 이를 파렛트 단위로 환산하면 입고 332팔레트[14], 출고 285팔레트[15]를 처리하는 곳이다. 대부분 5톤 트럭이 출입하고 있으며, 평균 10개의 파렛트를 실을 수 있다. 또한 물류센터 내 상하역 작업은 총 6시간동안 이루어지고 있다.

표 3.6.7 표준 물류센터 상하역 작업 정보

상하역 작업 정보	내용
상하차 화물량 처리 비율	상차:하차=46.2:53.8
상하역 작업 시간	6시간
하차(입고)	332파렛트
상차(출구)	285파렛트
5톤 트럭 파렛트 상차 개수	10파렛트

14) 350,000피스 / 12 (박스당 평균 피스수) / 88 (팔레트당 평균 박스수)
15) 300,000피스 / 12 (박스당 평균 피스수) / 88 (팔레트당 평균 박스수)

나. 일괄 하역장비 성능 및 운영여건

범용 일괄 하역장비는 상차작업만 수행하고 전용 및 윙바디용 일괄 하역장비는 상하차를 모두 수행하기 때문에 작업시간 및 시간당 처리 파렛트수가 다르다.

범용 일괄 하역장비의 경우 상차작업 6시간 동안 285 파렛트를 처리해야 하기 때문에, 시간당 48 파렛트를 처리해야 한다. 전용 및 윙바디용 일괄 하역장비의 경우, 상차 및 하차작업을 6시간 동안 각각 285, 332 파렛트를 처리해야 하기 때문에, 시간당 48, 56 파렛트를 처리해야 한다.

표 3.6.8 장비별 처리 파렛트수

장비	시간당 처리 파렛트수	
	상차	하차
범용	48	-
전용	48	56
윙바디	48	56

상하역 작업시간 중 준비시간 등을 제외하고 평균 95% 가동되고 있다 가정하였으며, 각 장비별로 1개의 플레이트를 처리하는데 소요되는 시간을 계산해 보면 다음과 같다.

표 3.6.9 장비별 처리시간 및 가동률

장비	플레이트 당 처리시간	가동률
범용	6.5 minutes/plate	95%
전용	3.67 minutes/plate	95%
윙바디	3.75 minutes/plate	95%

적재장소부터 일괄 하역장비까지는 지게차로 이송되며, 1개의 파렛트를 이송하기 위해서는 총 53초의 시간이 필요한 것으로 분석된다.

표 3.6.10 지게차 작업시간

결합소요시간(초)	4.11
해체소요시간(초)	7.8
평균이동거리(출하대기장소 길이, m)	36.2
이동속도(m/초)	1.97
평균이동시간(왕복기준, 초)	36.75126904
리프팅(2회, 초)	4
파렛트 당 작업시간(초)	53

다. 일괄 하역장비별 소요대수

물류센터 운영정보 및 각 장비들의 성능을 기반으로 장비별 처리능력을 산정하였다. 플레이트별로는 총 10개의 파렛트를 상차 또는 하차하며, 지게차 작업시간까지 고려하여 장비별 성능을 산출한다.

표준 물류센터 운영을 위하여 모든 장비들이 총 3대씩 필요한 것으로 분석되었다. 이는 본 연구에서 선정한 표준 물류센터를 대상으로 한 결과이며, 물류센터의 화물 처리량에 따라 변경될 수 있다.

표 3.6.11 장비별 성능 및 소요대수

장비	성능		소요대수
	minutes/plate	pallets/hour	
범용	15.33	48	2
전용	12.50	48	3
윙바디용	12.58	48	3

일괄 하역장비 도입에 따른 적정 처리능력 및 개발규모 산정을 타 물류센터에도 적용하여 분석할 수 있도록, 엑셀 기반의 프로그램을 개발하였다.



처리능력 및 개발규모 산정(전용 장비) - 일별

Inputs		
상차 비율	46.2	%
하차 비율	53.8	%
합계	100.0	%
일별 작업시간	6.0	Hour
도크작업 피크 계수	1.0	
일괄 장비 성능		
플레이트 상차시간(들어가거나 나오는 시간)	3.67	분
일괄 장비 가동률	95.0	%
지게차 성능		
지게차 시간당 처리량	68	Pallet
전체 지게차 상차시간(지게차 시간당 처리량으로 계산)	8.83	분
지게차 가동률	34.0	%
장비 및 추가 공간 크기		
장비 크기(가로)	10.0	m
장비 크기(세로)	2.6	m
추가 요구공간(가로)	5.0	m
추가 요구공간(세로)	2.0	m

Outputs			
플레이트당 총 처리시간		12.50	분
플레이트당 처리하는 물량(1회당 처리량, 트럭분포에서 계산)		10	Pallet
일괄 장비 시간당 처리량		48	Pallet
전체 시간당 요구 처리량	상차/하차	104.00	Pallet
	상차	48.0	Pallet
	하차	56.0	Pallet
요구 장비수(일괄장비)	상차/하차	3	대
요구 장비수(지게차)	상차/하차	5	대
요구 하역장 크기(가로)		15.0	m
요구 하역장 크기(세로)		4.6	m
대당 요구 하역장 면적		69.0	m2
전체 요구 하역장 면적		207.0	m2

그림 3.6.19 장비별 적정 처리능력 및 개발규모 산정을 위한 엑셀 화면

4. 시뮬레이션을 이용한 시스템 구조, 배치, 동선 체계 설계

가. 성능평가, 시나리오 분석을 위한 시뮬레이션 설계

성능평가 및 시나리오 분석 시뮬레이션을 하는 목적은 물류센터 출하작업(As-Is)의 현재 상황 및 작업 상태를 파악하여, 성능향상 방안을 모색하기 위함이다. 개선된 일괄하역장비(Loading Plate 이용)의 성능평가를 위한 시뮬레이션 프로그래밍과 출력 통계량의 산출을 설계하고, 이를 통한 일괄하역장비의 생산성 분석을 위한 시뮬레이터의 개발이 필요하다.

시스템 개선효과 및 성능향상을 분석하기 위해서는 시나리오를 수립하고 이를 효과적으로 평가하기 위한 시나리오 분석기능이 시뮬레이션에 반영되어야 한다. 또한 성능평가 및 시나리오 분석을 위한 시뮬레이터에 대한 매뉴얼을 통해 인터페이스에서 의사결정 논리와 통계량과 성능과의 관계를 분석할 수 있도록 구성해야 한다.

전용 및 범용의 Loading Plate, 윙바디용 Loading Plate 유형별 시나리오 분석을 위하여 시뮬레이션 프로그램을 개발 시 요구사항은 다음과 같다.

- ○ 물류센터 출하작업 시뮬레이션을 통해 기존의 물류센터 하역작업에 대한 현황을 분석할 수 있는 통계량 제공
- ○ 전용 및 범용의 Loading Plate, 윙바디용 Loading Plate를 사용하는 하역작업의 통계량 산출과 시나리오 분석
- ○ 시나리오 관리기를 적용하여 동일한 조건을 부여하면서, 일괄하역장비 유형을 함께 시뮬레이션 실험 수행
- ○ 시나리오 분석을 위한 출력화면 설계 및 레포팅 기능을 부여하도록 하며, 시나리오 구성 및 대안분석을 통해 하역 작업별로 비교
- ○ 시뮬레이터 상에 일괄 상하역장 시스템 구조 묘사
- ○ 시뮬레이션에 사용되는 일괄 상하역 설비 및 장비 배치
- ○ 물류센터 일괄 상하역 작업장 출입 차량의 동선 및 지게차의 내부 동선체계 설정
- ○ 물류센터의 일괄 상하역 작업장을 분석하기 위해 시나리오를 설정하고, 현재(AS-IS), 대안별로 시나리오 분석용 화면 구성
- ○ 시뮬레이터 상에서 입력화면의 변수 설정으로 시나리오 분석 실시
- ○ 시나리오별 반복 실험 후, 출력통계량 산출 및 비교

나. 시뮬레이션 모델 작성

(1) 시뮬레이션 구현 화면

(가) 시뮬레이터 초기 Layout 화면

시뮬레이터의 초기 Layout 화면은 물류센터의 평면을 묘사한다. Layout에 놓이게 되는 시설물의 배치 상황을 파악할 수 있으며, 실제 작업이 수행되는 외부 차량, 지게차, 팔렛은 시뮬레이션 동안에 2차원 애니메이션으로 표현된다. 또한 외부 차량의 동선과 지게차의 동선은 S/W 상의 옵션에 따라 표시 또는 비표시 상태로 할 수 있다.

입력에 의해 생성되는 시설물을 표현하기도 하며, 시뮬레이션 2D 애니메이션을 평면도 상에서 표현한다. 배경의 도면은 그래픽 파일을 불러오기 하여 특정 물류센터의 평면도를 사용하여 실측에 따라 적용하도록 하였다.

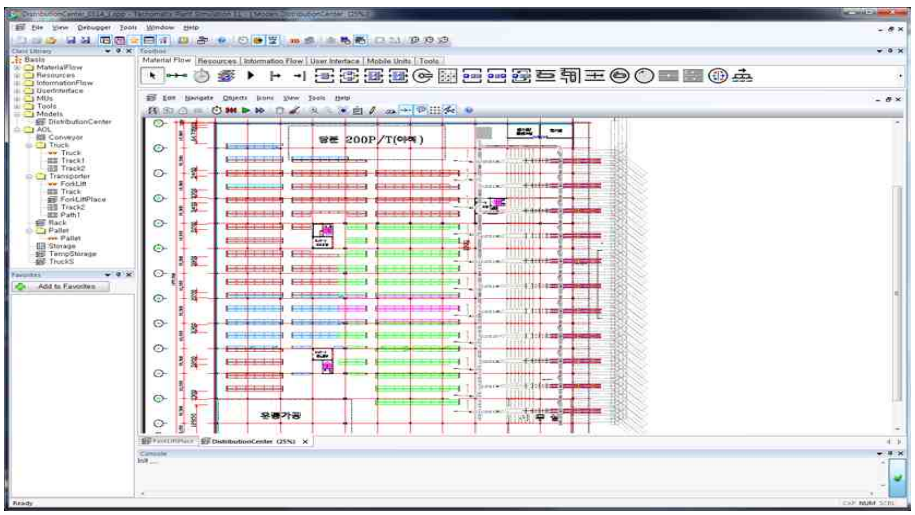


그림 3.6.20 시뮬레이터 초기 Layout 화면

(나) 시나리오 분석용 화면

시나리오 분석용 화면은 As-Is를 현재로 하여 생성되는 대안 1, 대안 2로 표현하고, 여기에 아이콘 기능을 부여하여 선택시에 하위 수준의 대안에 대한 시뮬레이션 화면이 디스플레이 되도록 하였다. 이에 따라 유형별 시뮬레이션 화면이 선택되면, 아래와 같이 화면이 구분되어 대안별로 실행이 가능하다.

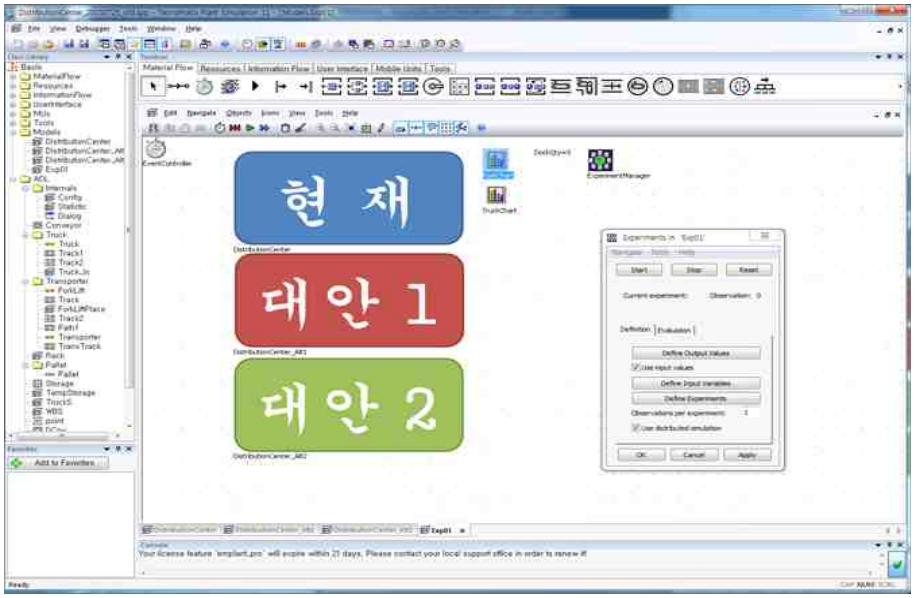


그림 3.6.21 시뮬레이터 시나리오 초기화면

(2) 모델 유형별 시뮬레이션 화면

(가) As-Is 모델 시뮬레이션 화면

As-Is 모델은 현재의 지게차 상하차 방식으로 적치공간에 팔렛을 쌓아두고 차량에 지게차가 상하하는 방식을 시뮬레이션으로 묘사하는 모델이다.

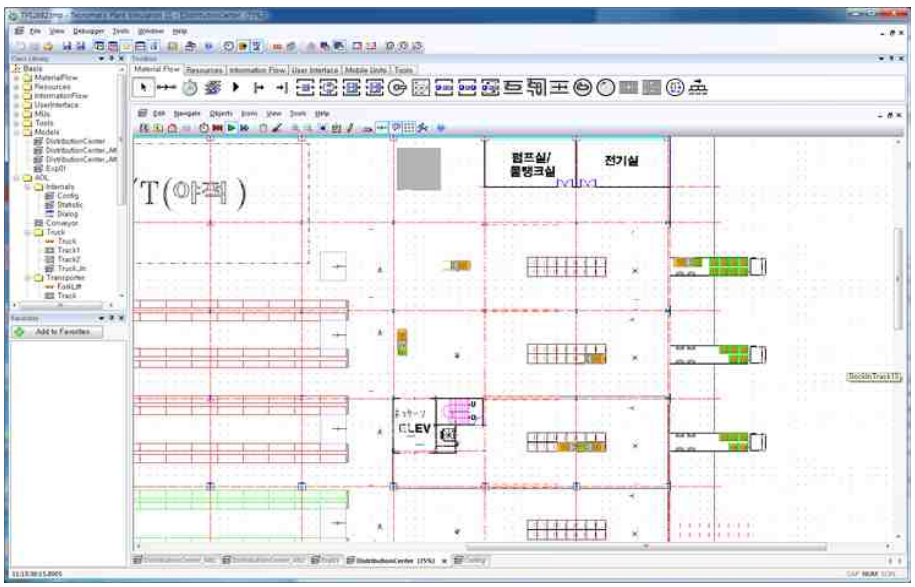


그림 3.6.22 As-Is 시뮬레이션 화면

(나) To-Be 모델 시뮬레이션 화면(전용&범용 플레이트)

전용&범용 플레이트 To-Be 모델은 전용 플레이트와 범용 플레이트를 일괄 상하역을 위한 장비로 사용할 경우이다. 차량에 상차하기 전에 플레이트를 버퍼공간으로 활용하는 것으로 애니메이션 상에서는 팔렛을 적치하고 차량에 상차하는 것을 표현한다.

To-Be 모델에서 전용 플레이트와 범용 플레이트는 2D 에니메이션에서는 동일한 평면도로 표현된다. 작성성능에서 일괄 상하역을 위한 장비의 사양에 따라 조정이 가능하며, 차량에 상차하는 과정은 애니메이션 상에서는 동일하게 표현된다.

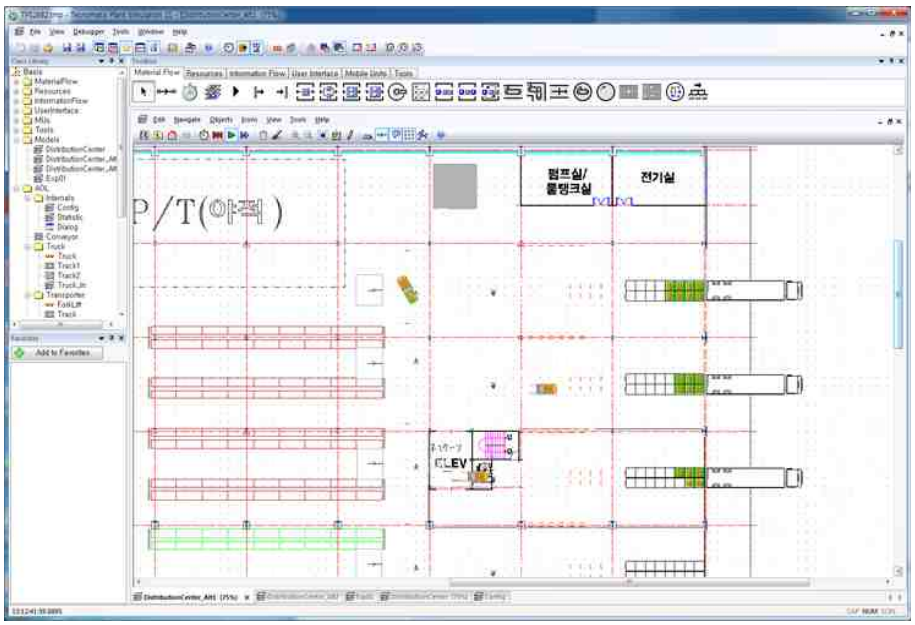


그림 3.6.23 To-Be 시뮬레이션 화면(전용&범용 플레이트)

(다) To-Be 모델 시뮬레이션 화면(윙바디)

윙바디 To-Be 모델은 윙바디를 일괄 상하역을 위한 장비로 사용할 경우이며, 윙바디 차량에 상차하기 전에 버퍼공간에 파렛트를 모으고 상차하는 과정을 애니메이션으로 표현한다.

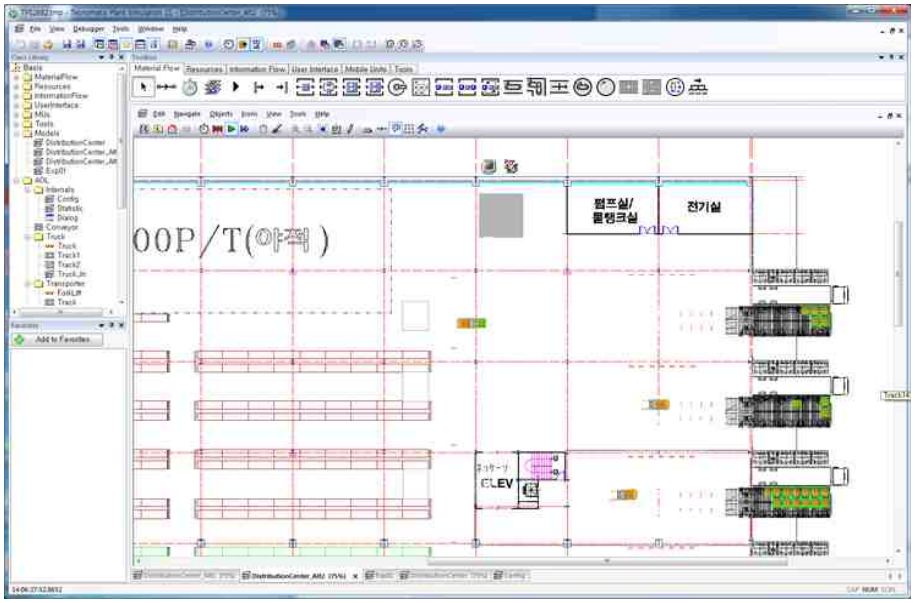


그림 3.6.24 To-Be 시뮬레이션 화면(윙바디)

(3) 시뮬레이터 입력 화면 설계

일반사항 입력화면은 하역장비유형의 선택과 시뮬레이션 실험의 환경을 설정하는 것으로 반복횟수(회), 실행기간(일), 워밍업기간(일) 등으로 구성하였다.

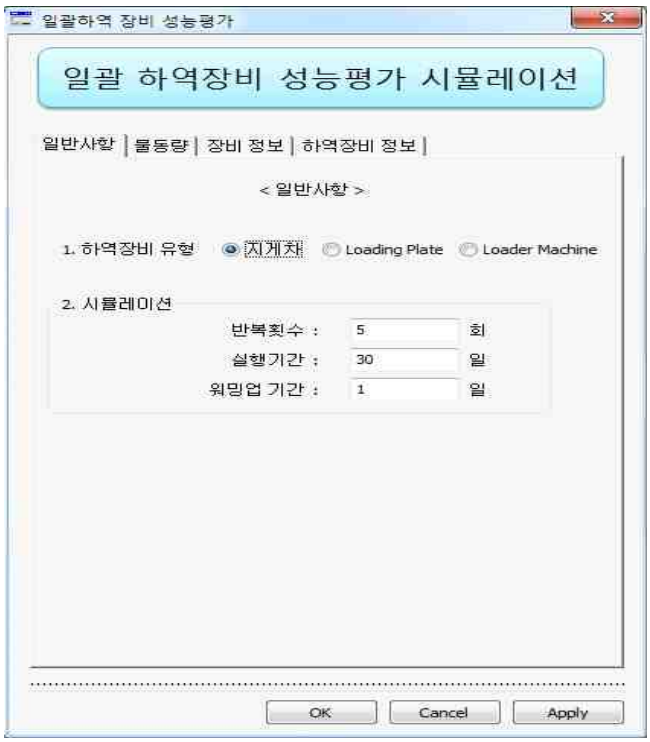


그림 3.6.25 일반사항 입력화면

물동량 입력화면은 일일 평균 트럭 도착 대수(대/일)과 트럭당 평균처리 파레트 수(개/대)에 대한 평균값을 입력하도록 하며, 경험적 분포값은 세부 객체에서 직접 설정하도록 설계되어 있다.

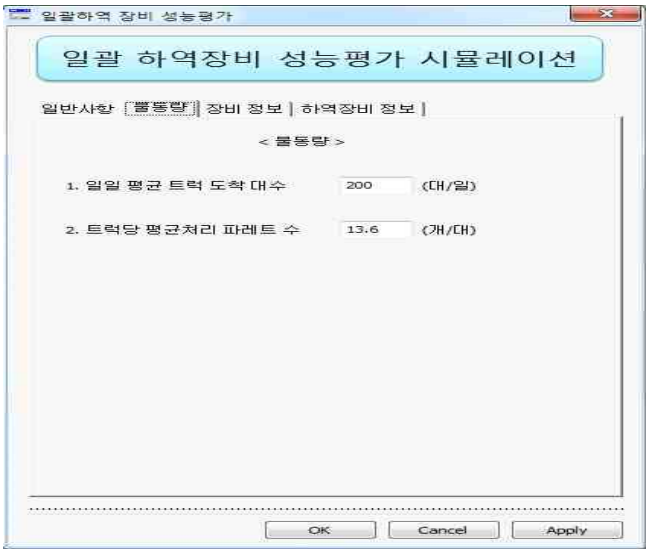


그림 3.6.26 물동량 입력화면

장비정보 입력화면은 트럭 및 지게차에 대한 하드웨어적 성능에 대한 값을 입력하도록 하며, 트럭은 이동속도(m/sec)을 입력하고, 지게차는 ①이동속도(m/sec), ②작업시간(Loading Time/Unloading Time) ③지게차 대수(대)등을 입력하게 된다.

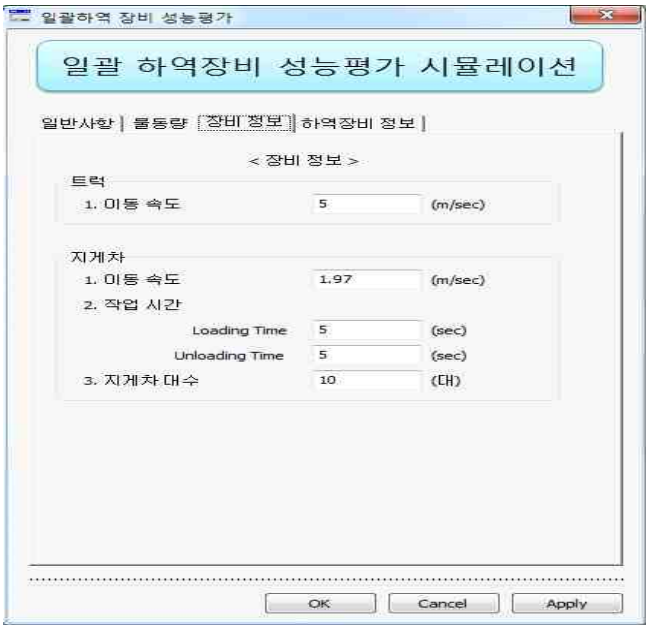


그림 3.6.27 장비정보 입력화면

하역장비 정보는 Loading Plate와 Loader Machine에 대한 기계적인 성능값을 입력하

는 화면이다. Loading Plate는 ①속도(Conveyor 속도, 이동속도) ②작업시간(트럭 Loading Time)을 입력한다. 또한 Loader Machine은 ①속도(수직이송 Conveyor 속도, 수평이송 Conveyor 속도, Loader Machine이송속도) ②작업시간(Pusher Time)으로 구성되어 있다.

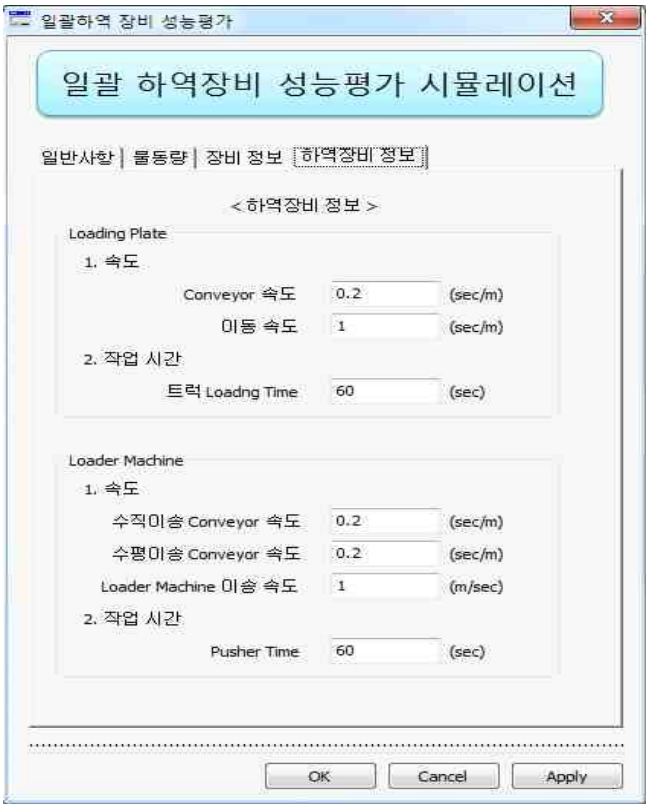
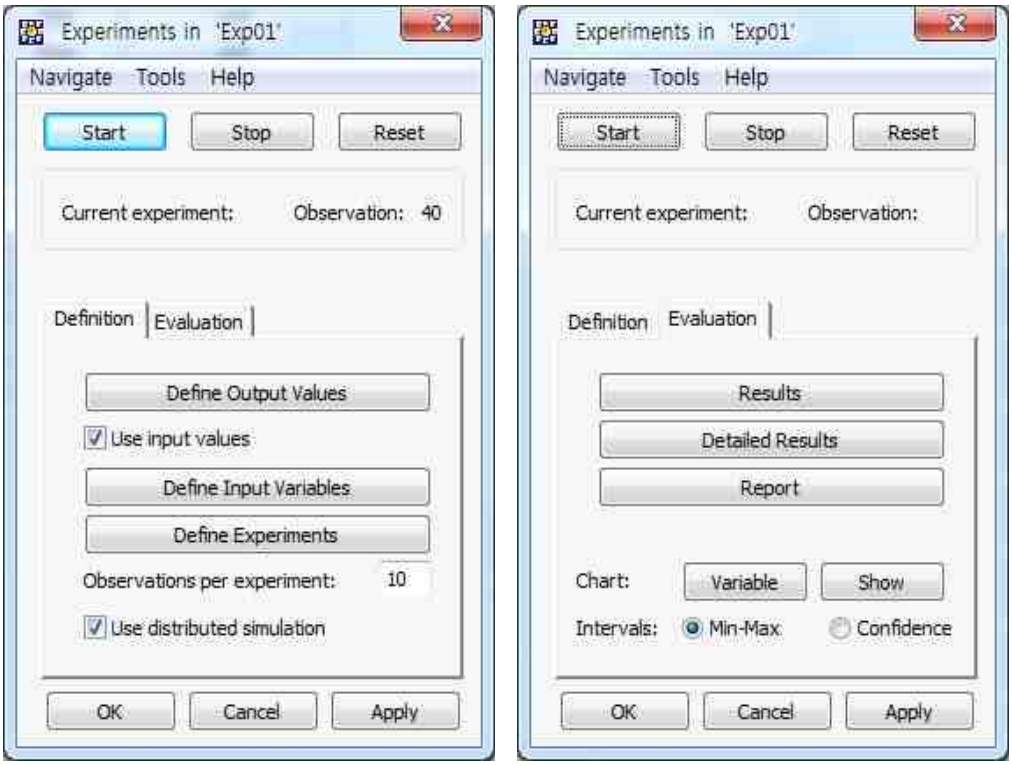


그림 3.6.28 하역장비 정보 입력화면

(4) 시뮬레이터 시나리오 분석용 메뉴설계

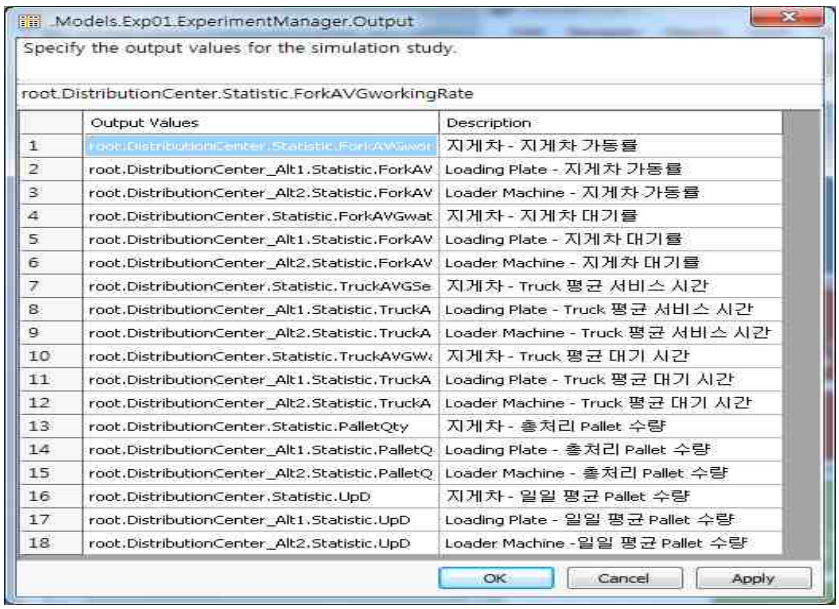
시나리오 분석기는 시나리오 분석 환경을 설정하기 위해 시나리오 정의 탭 및 시나리오 평가 탭으로 구성된다. 정의 탭에는 출력값, 입력변수, 실험설계, 실험횟수(회), 분산 시뮬레이션 사용 등을 설정하고, 평가 탭에서는 결과, 세부결과, 레포트, 그래프, 구간 등에 대한 분석결과를 확인 가능하도록 구성하였다.



시나리오 정의 탭 시나리오 평가 탭

그림 3.6.29 시나리오 분석기 화면

출력값 설정 화면은 시뮬레이션에서 적용 가능한 변수 중에서 출력값으로 설정할 변수를 직접 설정하도록 설계되어 있다.



	Output Values	Description
1	root.DistributionCenter.Statistic.ForkAVGwor	지게차 - 지게차 가동률
2	root.DistributionCenter_Alt1.Statistic.ForkAV	Loading Plate - 지게차 가동률
3	root.DistributionCenter_Alt2.Statistic.ForkAV	Loader Machine - 지게차 가동률
4	root.DistributionCenter.Statistic.ForkAVGwat	지게차 - 지게차 대기률
5	root.DistributionCenter_Alt1.Statistic.ForkAV	Loading Plate - 지게차 대기률
6	root.DistributionCenter_Alt2.Statistic.ForkAV	Loader Machine - 지게차 대기률
7	root.DistributionCenter.Statistic.TruckAVGSe	지게차 - Truck 평균 서비스 시간
8	root.DistributionCenter_Alt1.Statistic.TruckA	Loading Plate - Truck 평균 서비스 시간
9	root.DistributionCenter_Alt2.Statistic.TruckA	Loader Machine - Truck 평균 서비스 시간
10	root.DistributionCenter.Statistic.TruckAVGW	지게차 - Truck 평균 대기 시간
11	root.DistributionCenter_Alt1.Statistic.TruckA	Loading Plate - Truck 평균 대기 시간
12	root.DistributionCenter_Alt2.Statistic.TruckA	Loader Machine - Truck 평균 대기 시간
13	root.DistributionCenter.Statistic.PalletQty	지게차 - 총처리 Pallet 수량
14	root.DistributionCenter_Alt1.Statistic.PalletQ	Loading Plate - 총처리 Pallet 수량
15	root.DistributionCenter_Alt2.Statistic.PalletQ	Loader Machine - 총처리 Pallet 수량
16	root.DistributionCenter.Statistic.UpD	지게차 - 일일 평균 Pallet 수량
17	root.DistributionCenter_Alt1.Statistic.UpD	Loading Plate - 일일 평균 Pallet 수량
18	root.DistributionCenter_Alt2.Statistic.UpD	Loader Machine -일일 평균 Pallet 수량

그림 3.6.30 출력값 설정 화면

입력값 설정 화면은 시나리오 반복실험에 사용할 변수를 입력하는 것으로 화면에서는 ①Dock 개수, ②플레이트 속도 ③윙바디 속도 등을 입력하게 된다.

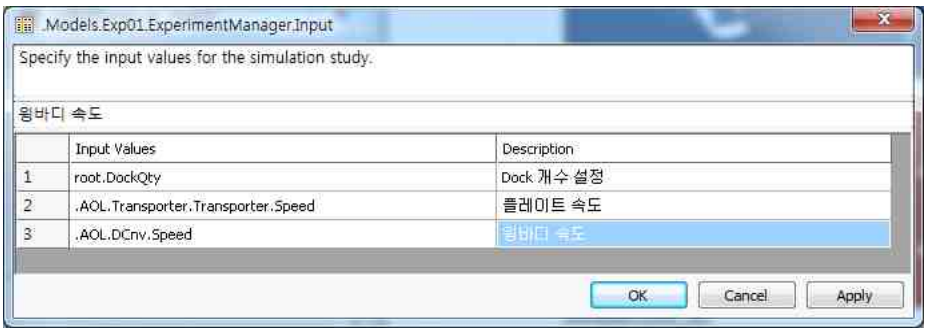


그림 3.6.31 입력값 설정 화면

시나리오 실험값 설정 화면은 시나리오 실험의 경우 수를 설정하는 것으로, 각 개별 시나리오의 값을 결정하여 입력하는 화면이다. 입력값 만큼의 시나리오가 생성되어 분산 시뮬레이션 시험을 하도록 구성되어 있다.

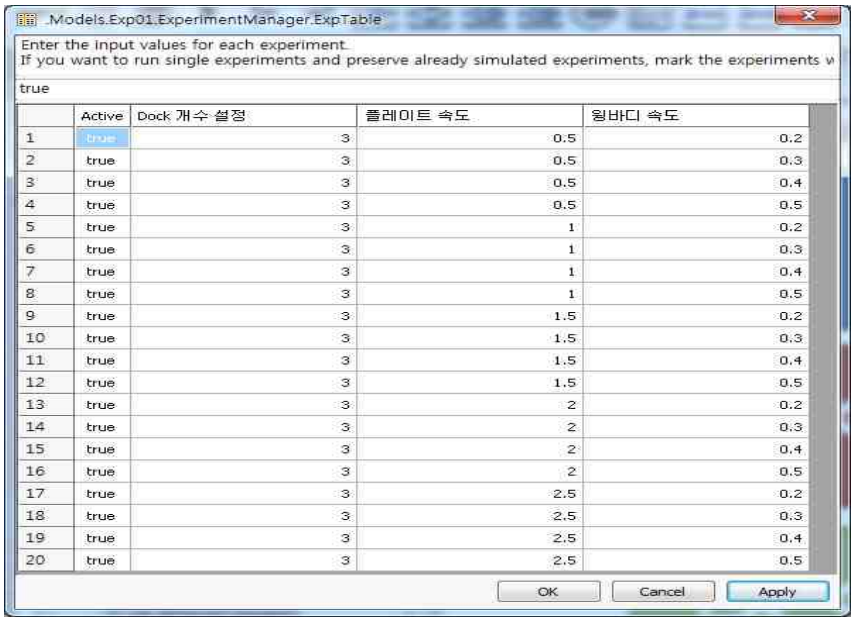
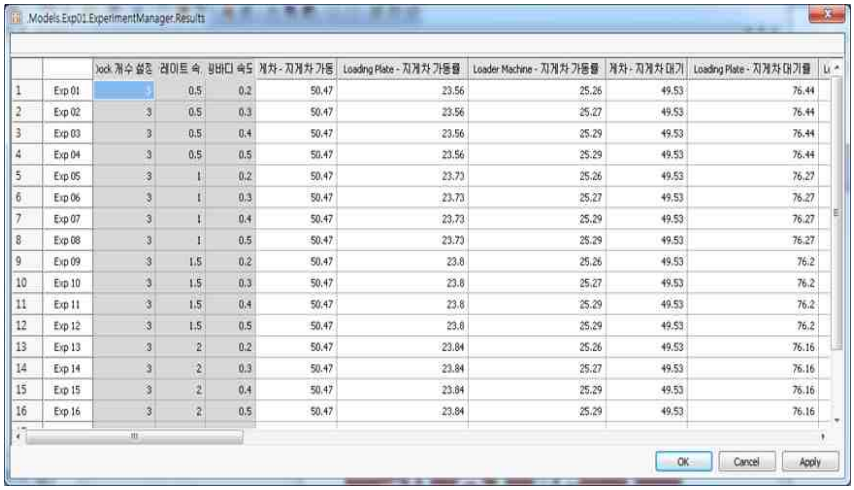


그림 3.6.32 시나리오 실험값 설정 화면

시나리오 출력값 화면은 시나리오별 실험결과를 출력하는 화면으로 시나리오에 적용되는 변수값(회색부분) 개수별로 설정한 통계값이 표시되도록 구성되어 있다. 아래 예시에서는 3가지 변수를 이용하여 시나리오를 구성하였으며, 3가지 설정 시나리오에 대한 출력값을 화면상에서 확인 가능하도록 하였다.



		Jock 개수 설정	레이트 속	보바디 속도	계차 - 지계차 가동	Loading Plate - 지계차 가동률	Loader Machine - 지계차 가동률	계차 - 지계차 대기	Loading Plate - 지계차 대기률	Li
1	Exp 01	3	0.5	0.2	50.47	23.56	25.26	49.53	76.44	
2	Exp 02	3	0.5	0.3	50.47	23.56	25.27	49.53	76.44	
3	Exp 03	3	0.5	0.4	50.47	23.56	25.29	49.53	76.44	
4	Exp 04	3	0.5	0.5	50.47	23.56	25.29	49.53	76.44	
5	Exp 05	3	1	0.2	50.47	23.73	25.26	49.53	76.27	
6	Exp 06	3	1	0.3	50.47	23.73	25.27	49.53	76.27	
7	Exp 07	3	1	0.4	50.47	23.73	25.29	49.53	76.27	
8	Exp 08	3	1	0.5	50.47	23.73	25.29	49.53	76.27	
9	Exp 09	3	1.5	0.2	50.47	23.8	25.26	49.53	76.2	
10	Exp 10	3	1.5	0.3	50.47	23.8	25.27	49.53	76.2	
11	Exp 11	3	1.5	0.4	50.47	23.8	25.29	49.53	76.2	
12	Exp 12	3	1.5	0.5	50.47	23.8	25.29	49.53	76.2	
13	Exp 13	3	2	0.2	50.47	23.84	25.26	49.53	76.16	
14	Exp 14	3	2	0.3	50.47	23.84	25.27	49.53	76.16	
15	Exp 15	3	2	0.4	50.47	23.84	25.29	49.53	76.16	
16	Exp 16	3	2	0.5	50.47	23.84	25.29	49.53	76.16	

그림 3.6.33 시나리오 출력값 화면

시나리오 반복 실험 결과값 화면은 시나리오별 실험결과 중에서 반복회수에 따른 결과값을 모두 출력하는 화면으로 반복실험별 결과값이 모두 표시되도록 구성되어 있다.



	Experiment	지계차 - 지계차 가동률	Standard Deviation	Minim
1	Exp 01	50.47	0	
2	Exp 02	50.47	0	
3	Exp 03	50.47	0	
4	Exp 04	50.47	0	
5	Exp 05	50.47	0	
6	Exp 06	50.47	0	
7	Exp 07	50.47	0	
8	Exp 08	50.47	0	
9	Exp 09	50.47	0	
10	Exp 10	50.47	0	
11	Exp 11	50.47	0	
12	Exp 12	50.47	0	
13	Exp 13	50.47	0	
14	Exp 14	50.47	0	
15	Exp 15	50.47	0	
16	Exp 16	50.47	0	
17	Exp 17	50.47	0	
18	Exp 18	50.47	0	
19	Exp 19	50.47	0	
20	Exp 20	50.47	0	

그림 3.6.34 시나리오 반복 실험결과값 화면

5. 시뮬레이션을 이용한 소요장비 및 성능 설계

가. 일괄 상하역시스템 시뮬레이션 시나리오 분석

(1) As-Is 시뮬레이션 분석

Dock 개수 별 As-Is 출력값은 Dock 개수가 1개 또는 2개 인 경우는 시스템의 성능이 현저하게 떨어지는 것으로 나타나 3개 이상을 대안으로 설정하였다.

표 3.6.12 Dock 개수 별 As-Is 출력 데이터

Dock수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck 평균서비스시간	총처리 Pallet수량
3	48.97	51.03	30:01.0	43,296
4	49.008	50.992	26:34.1	45,826
5	47.576	52.424	24:47.5	45,840
6	47.299	52.701	24:21.6	45,841
7	47.581	52.419	24:23.7	45,842
8	48.095	51.905	24:37.1	45,841

As-Is 지게차 가동률 출력 변수 Min-Max intervals analysis를 실시한 결과, 지게차 가동률에서는 Dock 개수가 3개 이상 부터는 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.13 지게차 가동률 Min-Max intervals analysis(As-Is)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	48.97	2.3149946	44.27	50.49	47.31264819	50.62735181
4	49.008	4.760737104	41.97	55.46	45.59969128	52.41630872
5	47.576	4.292368422	41.16	53.26	44.50300597	50.64899403
6	47.299	4.093899119	41.15	52.66	44.36809419	50.22990581
7	47.581	4.035697516	41.51	52.84	44.6917619	50.4702381
8	48.095	4.038174092	42.03	53.37	45.20398887	50.98601113

As-Is 지게차 대기율 출력 변수 Min-Max intervals analysis를 수행한 결과, 지게차 대기율에서는 Dock 개수가 3개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.14 지게차 대기률 Min-Max intervals analysis(As-Is)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	51.03	2.3149946	49.51	55.73	49.37264819	52.68735181
4	50.992	4.760737104	44.54	58.03	47.58369128	54.40030872
5	52.424	4.292368422	46.74	58.84	49.35100597	55.49699403
6	52.701	4.093899119	47.34	58.85	49.77009419	55.63190581
7	52.419	4.035697516	47.16	58.49	49.5297619	55.3082381
8	51.905	4.038174092	46.63	57.97	49.01398887	54.79601113

As-Is Truck 평균 서비스 시간 출력 변수 Min-Max intervals analysis한 결과, Truck 평균 서비스 시간의 경우 Dock 개수가 3개 이상 부터는 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

표 3.6.15 Truck 평균 서비스 시간 Min-Max intervals analysis(As-Is)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	30:01.0	39.0504	28:45.7	30:30.7	29:33.0	30:28.9
4	26:34.1	46.9859	25:28.9	27:46.6	26:00.5	27:07.8
5	24:47.5	21.4334	24:15.6	25:18.3	24:32.2	25:02.9
6	24:21.6	12.1548	24:02.8	24:38.1	24:12.9	24:30.3
7	24:23.7	7.4536	24:11.9	24:32.9	24:18.4	24:29.0
8	24:37.1	5.0298	24:28.9	24:43.9	24:33.5	24:40.7

(2) 전용 및 범용 To-Be모델 시뮬레이션 분석

Dock 개수 별 To-Be 출력 값(전용 및 범용 Loading Plate)은 Dock 개수가 1개 또는 2개 인 경우는 시스템의 성능이 현저하게 떨어지는 것으로 나타나 3개 이상을 대안으로 설정하였다.

지게차 가동률 측면에서는 현재보다 2배 정보 생산성이 높아지는 것으로 나타나며, 지게차 대기률이 50% 이내로 증가한 것도 시스템 성능이 좋아짐을 의미한다. 또한, Dock의 수가 4개 이상이 되면 Truck 평균서비스시간이 매우 감소되어 서비스 수준이 매우 높아짐을 알 수 있다.

표 3.6.16 Dock 개수 별 전용 및 범용 LoadingPlate 출력 값

Dock수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck 평균서비스시간	총처리 Pallet수량
3	23.505	76.495	32:21.1	40,227
4	27.206	72.794	19:00.8	46,374
5	27.336	72.664	08:36.8	46,414
6	27.54	72.46	05:50.8	46,421
7	27.822	72.178	05:03.0	46,424
8	28.159	71.841	04:51.4	46,425

용 및 범용 지게차 가동률 출력 변수 Min-Max intervals analysis한 결과, 지게차 가동률에서는 Dock 개수가 4개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.17 지게차 가동률 Min-Max intervals analysis(전용 및 범용)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	23.505	0.636889141	21.7	23.76	23.04903808	23.96096192
4	27.206	3.157503233	21.79	30.81	24.94547909	29.46652091
5	27.336	3.196137252	21.87	31.05	25.0478202	29.6241798
6	27.54	3.225447428	22.03	31.3	25.23083645	29.84916355
7	27.822	3.262030043	22.25	31.62	25.48664621	30.15735379
8	28.159	3.297626925	22.53	32	25.79816168	30.51983832

전용 및 범용 지게차 대기률 출력 변수 Min-Max intervals analysis한 결과, 지게차 대기율에서는 Dock 개수가 4개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.18 지게차 대기률 Min-Max intervals analysis(전용 및 범용)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	76.495	0.636889141	76.24	78.3	76.03903808	76.95096192
4	72.794	3.157503233	69.19	78.21	70.53347909	75.05452091
5	72.664	3.196137252	68.95	78.13	70.3758202	74.9521798
6	72.46	3.225447428	68.7	77.97	70.15083645	74.76916355
7	72.178	3.262030043	68.38	77.75	69.84264621	74.51335379
8	71.841	3.297626925	68	77.47	69.48016168	74.20183832

전용 및 범용 Truck 평균서비스시간 출력변수 Min-Max intervals analysis한 결과, Truck 평균 서비스 시간에서 Dock 개수가 3개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.19 Truck 평균 서비스 시간 Min-Max intervals analysis(전용 및 범용)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	32:21.1	02:54.6	24:07.8	33:33.4	30:16.1	34:26.1
4	19:00.8	06:36.2	09:34.6	28:10.5	14:17.1	23:44.5
5	08:36.8	01:55.1	05:52.0	10:59.2	07:14.4	09:59.2
6	05:50.8	42.6692	04:50.7	06:36.5	05:20.2	06:21.3
7	05:03.0	17.8936	04:38.1	05:27.1	04:50.2	05:15.8
8	04:51.4	7.4317	04:41.8	05:03.3	04:46.1	04:56.7

(3) 윙바디 To-Be모델 시뮬레이션 분석

Dock 개수 별 To-Be 출력 값(윙바디 Loading Plate)은 Dock 개수가 1개 또는 2개인 경우는 시스템의 성능이 현저하게 떨어지는 것으로 나타나 3개 이상을 대안으로 설정하였다.

지게차 가동률 측면에서는 생산성이 높아지지만 전용 및 범용보다는 낮게 나타나며, 지게차 대기률도 전용 및 범용보다는 낮게 나타나서 시스템 성능이 As-Is와 전용 및 범용의 중간정보로 나타난다. 또한 Dock의 수가 5개 이상이 되면 Truck 평균서비스시간이 매우 감소되어 서비스 수준이 매우 높아진다. 윙바디 경우 생산성 향상 정도가 As-Is와 전용 및 범용 중간정보로 나타나지만 물류센터의 규모가 대규모일 때는 생산성 향상이 높게 나타난다.

표 3.6.20 Dock 개수 별 윙바디 출력 값

Dock수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck평균서비스시간	총처리 Pallet수량
3	25.264	74.736	38:09.0	36,255
4	31.846	68.154	29:58.3	45,547
5	32.578	67.422	12:19.8	46,444
6	32.795	67.205	06:44.4	46,459
7	33.079	66.921	05:07.0	46,466
8	33.421	66.579	04:37.7	46,467

윙바디 지게차 가동률 출력 변수 Min-Max intervals analysis한 결과 지게차 가동률은 Dock 개수가 3개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.21 지게차 가동률 Min-Max intervals analysis(윙바디)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	25.264	0.010749677	25.25	25.28	25.25630409	25.27169591
4	31.846	2.305651029	27.02	33.8	30.19533744	33.49666256
5	32.578	2.948844595	27.1	35.75	30.46686206	34.68913794
6	32.795	2.974499958	27.27	35.99	30.66549486	34.92450514
7	33.079	2.999605344	27.52	36.29	30.9315214	35.2264786
8	33.421	3.034514239	27.8	36.67	31.24852941	35.59347059

윙바디 지게차 대기률 출력 변수 Min-Max intervals analysis한 결과 지게차 대기율은 Dock 개수가 4개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.22 지게차 대기률 Min-Max intervals analysis(윙바디)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	74.736	0.010749677	74.72	74.75	74.72830409	74.74369591
4	68.154	2.305651029	66.2	72.98	66.50333744	69.80466256
5	67.422	2.948844595	64.25	72.9	65.31086206	69.53313794
6	67.205	2.974499958	64.01	72.73	65.07549486	69.33450514
7	66.921	2.999605344	63.71	72.48	64.7735214	69.0684786
8	66.579	3.034514239	63.33	72.2	64.40652941	68.75147059

윙바디 Truck 평균 서비스 시간 출력 변수 Min-Max intervals analysis한 결과 Truck 평균 서비스 시간에서는 Dock 개수가 3개 이상은 큰 효과가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.23 Truck 평균 서비스 시간 Min-Max intervals analysis(윙바디)

Dock 수	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
3	38:09.0	7.4467	37:57.2	38:21.1	38:03.6	38:14.3
4	29:58.3	08:38.8	14:02.3	38:12.5	23:46.8	36:09.7
5	12:19.8	03:22.1	07:00.4	17:39.9	09:55.1	14:44.5
6	06:44.4	01:07.9	04:51.8	08:39.0	05:55.8	07:33.0
7	05:07.0	27.3838	04:21.4	05:55.6	04:47.4	05:26.6
8	04:37.7	12.0029	04:19.9	05:02.1	04:29.1	04:46.3

(4) As-Is / To-Be 출력 변수 비교

지게차 가동률 출력 변수 비교한 결과 지게차의 가동률은 낮을수록 시스템의 성능이 뛰어나므로 Dual Plate 전용 및 범용에서 가장 성능이 우수하게 나타난다.

표 3.6.24 지게차 가동률 출력변수 값 비교

Dock 수	As-Is	To-Be 전용 및 범용	Dual Plate 전용 및 범용	To-Be 윙바디	Dual Plate 윙바디
3	48.97	23.505	15.748	25.264	16.927
4	49.008	27.206	18.228	31.846	21.337
5	47.576	27.336	18.315	32.578	21.827
6	47.299	27.54	18.452	32.795	21.973
7	47.581	27.822	18.641	33.079	22.163
8	48.095	28.159	18.867	33.421	22.392

지게차 대기률 출력 변수를 비교한 결과는 다음과 같다.

표 3.6.25 지게차 대기률 출력 변수 값 비교

Dock수	As-Is	To-Be 전용 및 범용	To-Be 윙바디
3	51.03	76.495	74.736
4	50.992	72.794	68.154
5	52.424	72.664	67.422
6	52.701	72.46	67.205
7	52.419	72.178	66.921
8	51.905	71.841	66.579

Truck 평균 서비스 시간 출력 변수 비교한 결과는 다음과 같다. Truck 평균 서비스 시간은 To-Be 전용 및 범용의 경우 Dock 수가 6개 이상에서 매우 감소하는 것으로 나타나며, Dual Plate 전용 및 범용의 경우 Dock 수가 3개에서부터 매우 감소하는 것으로 나타난다. 전용 및 범용이 윙바디에 비해서 Truck 평균 서비스 시간이 낮아 생산성이 더 좋은 것으로 나타났다.

표 3.6.26 Truck 평균 서비스 시간 출력 변수 값 비교

Dock수	As-Is	To-Be 전용 및 범용	Dual Plate 전용 및 범용	To-Be 윙바디	Dual Plate 윙바디
3	29:33.8	32:21.1	21:58.1	37:18.4	22:31.0
4	30:18.4	19:00.8	12:73.5	38:04.9	22:82.9
5	30:01.0	08:36.8	05:60.6	38:09.0	22:85.4
6	26:34.1	05:50.8	03:69.0	29:58.3	17:75.0
7	24:47.5	05:03.0	03:37.0	12:19.8	7:31.9
8	24:21.6	04:51.4	3:02.4	06:44.4	3:86.6

나. 일괄상하역시스템 성능평가 시나리오 분석

(1) 플레이트 모델 시나리오

플레이트 모델의 플레이트 속도 변경에 따른 요약 통계량은 다음과 같다.

표 3.6.27 플레이트 모델 시나리오 요약

구분	Dock 개수	플레이트 스피드	Loading Plate - 지게차 가동률	Loading Plate - 지게차 대기률	Loading Plate - Truck평균 서비스시간	Loading Plate - Truck 평균 대기시간	Loading Plate - 총처리 Pallet 수량	Loading Plate - 일일 평균 Pallet 수량
Exp 1	3	0.5	22.29	77.71	0.02	1:01:59:04.8250	37991.50	1266.66
Exp 2	3	1	22.41	77.59	0.02	1:00:21:47.5410	38198.70	1273.49
Exp 3	3	1.5	22.46	77.54	0.02	0.99	38268.40	1275.84
Exp 4	3	2	22.48	77.52	0.02	0.98	38300.30	1276.98

플레이트 속도에 따른 지게차 가동률은 다음과 같다.

표 3.6.28 플레이트 속도변화에 따른 지게차 가동률

구분	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	22.29	1.24	19.39	23.07	21.41	23.18
Exp 2	22.41	1.32	19.39	23.27	21.47	23.36
Exp 3	22.46	1.35	19.39	23.34	21.49	23.42
Exp 4	22.48	1.36	19.39	23.37	21.50	23.45

플레이트 속도에 따른 트럭 평균서비스시간은 다음과 같다.

표 3.6.29 플레이트 속도변화에 따른 트럭 평균서비스시간

구분	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	27:28.9	04:41.9	18:00.3	30:37.3	24:07.1	30:50.7
Exp 2	26:54.3	04:55.9	17:13.8	30:18.7	23:22.4	30:26.1
Exp 3	26:42.9	05:00.7	16:58.5	30:12.5	23:07.6	30:18.2
Exp 4	26:37.6	05:02.9	16:51.9	30:09.3	23:00.8	30:14.4

플레이트 속도에 따른 일일 평균 팔레트 수량은 다음과 같다.

표 3.6.30 플레이트 속도변화에 따른 일일 평균 팔레트 수량

구분	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	1266.66	70.59	1101.06	1311.13	1216.13	1317.20
Exp 2	1273.49	75.26	1101.07	1322.48	1219.61	1327.37
Exp 3	1275.84	76.90	1101.07	1326.16	1220.79	1330.89
Exp 4	1276.98	77.70	1101.08	1327.94	1221.35	1332.60

(2) 윙바디 모델 시나리오

윙바디 모델 시나리오의 Loader Machine 속도 변경에 따른 통계량 결과값 요약은 다음과 같다.

표 3.6.31 윙바디 모델 시나리오 요약

구분	Dock 개수	윙바디 스피드	Loader Machine 지게차 가동률	Loader Machine 지게차 대기률	Loader Machine Truck 평균 서비스시간	Loader Machine Truck 평균 대기 시간	Loader Machine 총처리 Pallet 수량	Loader Machine 일일 평균 Pallet 수량
Exp 1	3	0.2	25.26	74.74	38:09.0	3:01:54:26.5380	36254.9	1208.72
Exp 2	3	0.3	25.28	74.72	38:07.2	3:01:42:33.8770	36278	1209.57
Exp 3	3	0.4	25.29	74.71	38:06.3	3:01:36:35.7950	36294.2	1210.10
Exp 4	3	0.5	25.30	74.70	38:05.8	3:01:33:12.9650	36298.1	1210.31

윙바디 속도변화에 따른 지게차 가동률은 다음과 같다.

표 3.6.32 윙바디 속도변화에 따른 지게차 가동률

구분	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	25.26	0.01	25.25	25.28	25.26	25.27
Exp 2	25.28	0.02	25.26	25.30	25.27	25.29
Exp 3	25.29	0.01	25.27	25.31	25.28	25.30
Exp 4	25.30	0.01	25.28	25.32	25.29	25.31

윙바디 속도변화에 따른 트럭 평균서비스시간은 다음과 같다.

표 3.6.33 윙바디 속도변화에 따른 트럭 평균서비스시간

구분	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	38:09.0	7.45	37:57.2	38:21.1	38:03.6	38:14.3
Exp 2	38:07.2	7.45	37:55.6	38:19.3	38:01.9	38:12.5
Exp 3	38:06.3	7.36	37:54.9	38:18.2	38:01.0	38:11.6
Exp 4	38:05.8	7.34	37:54.4	38:17.7	38:00.5	38:11.0

윙바디 속도변화에 따른 일일 평균 팔레트 수량은 다음과 같다.

표 3.6.34 윙바디 속도변화에 따른 일일 평균 팔레트 수량

구분	Mean value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	1208.72	0.69	1207.68	1209.78	1208.22	1209.21
Exp 2	1209.57	0.78	1208.31	1210.51	1209.01	1210.13
Exp 3	1210.10	0.76	1208.82	1211.13	1209.55	1210.64
Exp 4	1210.31	0.73	1209.20	1211.37	1209.79	1210.83

(3) 시나리오 분석결과 비교 요약

As-Is / To-Be 물류센터의 지게차 가동률 출력 변수를 비교한 결과는 다음과 같다.

표 3.6.35 지게차 가동률 출력변수 값 비교

Dock수	As-Is	To-Be 전용 및 범용	Dual Plate 전용 및 범용	To-Be 윙바디	Dual Plate 윙바디
3	48.97	23.505	15.748	25.264	16.927
4	49.008	27.206	18.228	31.846	21.337
5	47.576	27.336	18.315	32.578	21.827
6	47.299	27.54	18.452	32.795	21.973
7	47.581	27.822	18.641	33.079	22.163
8	48.095	28.159	18.867	33.421	22.392

As-Is / To-Be 물류센터의 지게차 대기률 출력변수를 비교한 결과값은 다음과 같다.

표 3.6.36 지게차 가동률 출력변수 값 비교

Dock수	As-Is	To-Be 전용 및 범용	Dual Plate 전용 및 범용	To-Be 윙바디	Dual Plate 윙바디
3	51.03	76.495	114.743	74.736	112.104
4	50.992	72.794	109.191	68.154	102.231
5	52.424	72.664	108.996	67.422	101.133
6	52.701	72.46	108.690	67.205	100.808
7	52.419	72.178	108.267	66.921	100.382
8	51.905	71.841	107.762	66.579	99.869

As-Is / To-Be 물류센터의 Truck 평균 서비스 시간 출력 변수를 비교한 결과값은 다음과 같다.

표 3.6.37 Truck 평균 서비스 시간 출력변수 값 비교

Dock수	As-Is	To-Be 전용 및 범용	Dual Plate 전용 및 범용	To-Be 윙바디	Dual Plate 윙바디
3	29:33.8	32:34.3	19:40.6	37:18.4	22:31.0
4	30:18.4	33:21.9	19:93.1	38:04.9	22:82.9
5	30:01.0	32:21.1	19:32.7	38:09.0	22:85.4
6	26:34.1	19:00.8	11:40.5	29:58.3	17:75.0
7	24:47.5	08:36.8	5:02.1	12:19.8	7:31.9
8	24:21.6	05:50.8	3:30.5	06:44.4	3:86.6

다. 시뮬레이션을 이용한 소요장비 및 성능 설계

(1) 물류센터 일괄 상하역 작업장 소요장비 성능평가 시뮬레이션

시뮬레이션 결과를 바탕으로 물류센터 일괄 상하역 작업장 성능을 고려한 소요장비 적정 대수를 결정한다. 현재 시스템(AS-IS) 성능평가 시뮬레이션 결과 약 46천개의 파렛트를 처리하기 위해서는 5개의 도크와 24분 47초의 트럭 평균서비스시간이 소요된다.

표 3.6.38 Dock 개수(장비대수) 별 As-Is 출력 데이터

Dock 및 장비대수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck평균서비스시간	총처리 Pallet수량
3	48.97	51.03	30:01.0	43,296
4	49.008	50.992	26:34.1	45,826
5	47.576	52.424	24:47.5	45,840
6	47.299	52.701	24:21.6	45,841
7	47.581	52.419	24:23.7	45,842
8	48.095	51.905	24:37.1	45,841

주 1: Dock가 1개 또는 2개인 경우는 시스템의 성능이 현저하게 떨어지는 것으로 나타나 3개 이상을 대안으로 설정
주 2: Dock 1개당 1개의 지게차를 할당하여 실험함

(가) 범용 및 전용 일괄 하역장비 성능평가 시뮬레이션 결과

Single Plate 기반의 일괄 하역장비는 Dock 수 4개, 장비대수 4대인 경우부터 현 시스템보다 성능이 개선된다.

표 3.6.39 Dock 개수(장비대수) 별 전용 및 범용 일괄상하역 장비 출력 값

Dock 및 장비대수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck평균서비스시간	총처리 Pallet수량
3	23.505	76.495	32:21.1	40,227
4	27.206	72.794	19:00.8	46,374
5	27.336	72.664	08:36.8	46,414
6	27.54	72.46	05:50.8	46,421
7	27.822	72.178	05:03.0	46,424
8	28.159	71.841	04:51.4	46,425

주 1: Dock가 1개당 1개의 지게차, 1대의 일괄 하역장비를 할당하여 실험

(나) 범용(실 사용환경) 일괄 상하역 장비의 성능평가 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과 Dock수가 1개, 지게차가 1대로 소규모 물량을 취급하는 물류센터의 경우에는 생산성 측면에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타난다.

표 3.6.40 실 사용환경 As-Is 출력값

Dock 및 장비대수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck평균 서비스시간	총처리 Pallet수량
1	16.32	83.68	25:47.8900	14,565

표 3.6.41 실 사용환경 범용 Loading Plate 출력값

Dock 및 장비대수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck평균 서비스시간	총처리 Pallet수량
1	7.74	92.26	32:43.6100	13,709

(다) 윙바디 차량용 일괄 상하장비 성능평가 시뮬레이션 결과

윙바디 차량용 일괄 하역장비는 Dock수 5개, 지게차 5대 이상이 투입되어야만 현 시스템(AS-IS) 보다 트럭 서비스시간이 개선된다.

표 3.6.42 Dock 개수(장비 대수) 별 윙바디 일괄상하역 장비 출력 값

Dock 및 장비대수	지게차 가동률	지게차 대기률	Truck평균서비스 시간	총처리 Pallet수량
3	25.264	74.736	38:09.0	36,255
4	31.846	68.154	29:58.3	45,547
5	32.578	67.422	12:19.8	46,444
6	32.795	67.205	06:44.4	46,459
7	33.079	66.921	05:07.0	46,466
8	33.421	66.579	04:37.7	46,467

(2) 물류센터 일괄 하역장비별 성능 비교 분석

시뮬레이션 결과 트럭 평균 서비스시간은 Dual Plate가 Single Plate보다 우수한 것으로 나타났고, 윙바디보다는 범용 및 전용 일괄 하역장비의 생산성이 우수한 편이다.

표 3.6.43 Truck 평균 서비스시간 출력변수 값 비교

Dock 및 장비대수	As-Is	To-Be 범용 및 전용	Dual Plate 범용	To-Be 윙바디
3	30:01.0	32:34.3	19:40.6	37:18.4
	100.0%	107.8%	73.2%	127.1%
4	26:34.1	33:21.9	19:93.1	38:04.9
	100.0%	71.6%	49.8%	112.8%
5	24:47.5	32:21.1	19:32.7	38:09.0
	100.0%	34.7%	24.2%	49.7%
6	24:21.6	19:00.8	11:40.5	29:58.3
	100.0%	24.0%	17.0%	27.7%
7	24:23.7	08:36.8	5:02.1	12:19.8
	100.0%	20.7%	14.8%	21.0%
8	24:37.1	05:50.8	3:30.5	06:44.4
	100.0%	19.7%	12.3%	18.8%

성능 개선을 고려한 지게차 최대 투입대수 추정치는 다음과 같다.

표 3.6.44 성능개선을 고려한 지게차 최대 투입 대수(추정치)

Dock수	As-Is 지게차 대수	Single Plate 범용 및 전용		Dual Plate 범용		윙바디	
		일괄하역 장비대수	지게차 대수	일괄하역 장비대수	지게차 대수	일괄하역 장비대수	지게차 대수
3	3	3	4	3	3	3	4
4	4	4	3	4	2	4	5
5	5	5	3	5	2	5	4
6	6	6	4	6	3	6	5
7	7	7	5	7	3	7	5
8	8	8	5	8	4	8	6

6. 물류센터 상하역 작업장 평면 배치계획 수립

표준 물류센터 하역장 규모 및 요구 생산성을 기반으로 작업장 평면배치계획을 수립하였으며, 이를 위해 요구되는 공간을 계산하였다. 장비별로 크기는 정해져 있으며, 여기에 전기박스, 컨트롤러 등을 설치하기 위한 공간과 작업자 통로를 포함한 추가 요구크기 폭 2m, 길이 5m를 더해 장비별로 필요한 공간을 계산하였다.

표 3.6.45 장비별 크기 및 추가 요구공간

장비	크기 (m)		추가 요구크기(m)	
	폭	길이	폭	길이
범용	2.3	9.9	2	5
전용	2.6	10		
윙바디용	2.8	9.3		

범용 일괄 하역장비는 2대 설치가 필요하므로 128.1m^2, 나머지는 3대씩 설치해야 하므로 각각 207.0m^2, 205.9m^2가 필요한 것으로 계산되었다.

표 3.6.46 장비별 대당 요구크기 및 전체 필요 공간

장비	장비별 대당 요구크기(m)		필요대수	전체 필요 공간(m2)
	폭	길이		
범용	4.3	14.9	2	128.1
전용	4.6	15.0	3	207.0
윙바디용	4.8	14.3	3	205.9

7. 일괄 상하역 작업장 설계도면 작성

가. 표준 물류센터

각 장비별로 요구되는 대수 및 크기에 맞춰 설계도면과 3D 모델링을 통해 배치계획 수립이 필요하다. 설계도면은 Autodesk CAD를 이용하여 2D로 작성하고, 3D 모델링은 SketchUP을 이용하여 작성하였다. 또한, 각 장비별 요구되는 대수별로 작성한 후 전체 장비를 포함한 물류센터도 설계하였다. 범용(싱글), 범용(듀얼), 전용, 윙바디 차량용 일괄 하역장비에 대한 각각의 작업장 설계도면 및 3D 모델을 작성하였다.

시뮬레이션 결과, 범용(싱글) 장비는 4대, 범용(듀얼) 장비는 3대, 전용 장비는 4대, 윙바디용 장비는 5대 투입 시부터 기존 시스템보다 좋은 결과를 보이고 있어 각 장비별로 4대, 3대, 4대, 5대가 설치된 물류센터 도면을 작성하였다. 3D 모델은 물류센터 설치 전에 장비가 어떤 형태로 설치될 것인지 보여주기 위한 하나의 시각화 수단으로 각 장비 설치 시 어떤 문제점(지게차, 트럭 동선 등)이 발생할 수 있는지 사전에 검토하기 위해 작성하였다.

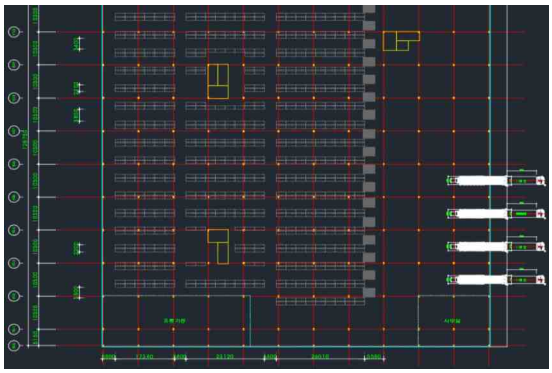


그림 3.6.35 범용(싱글) 작업장 설계도면

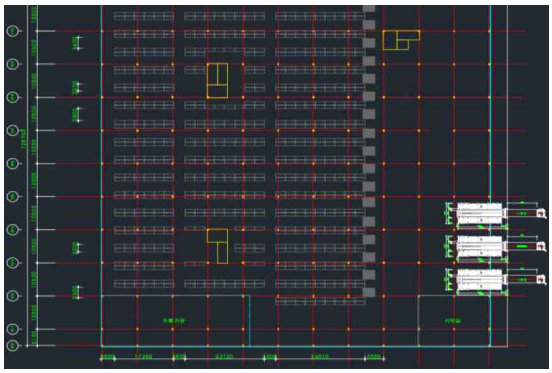


그림 3.6.36 범용(듀얼) 작업장 설계도면

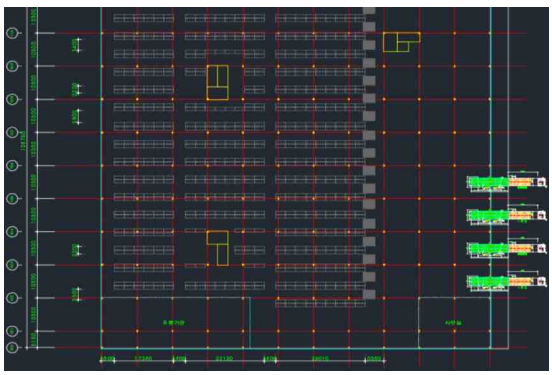


그림 3.6.37 전용 작업장 설계도면

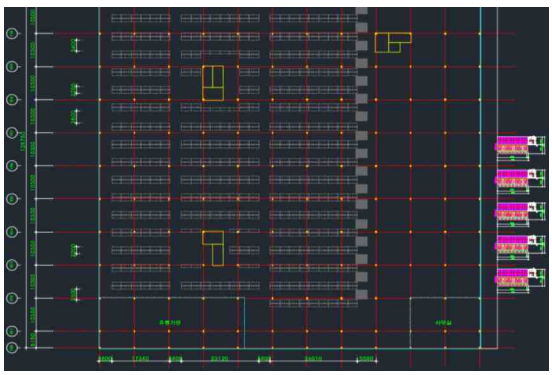


그림 3.6.38 윙바디용 작업장 설계도면

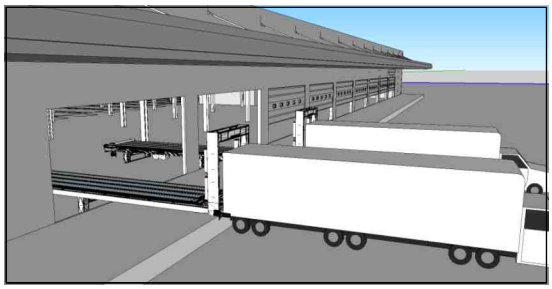


그림 3.6.39 범용(싱글) 작업장 3D 모델

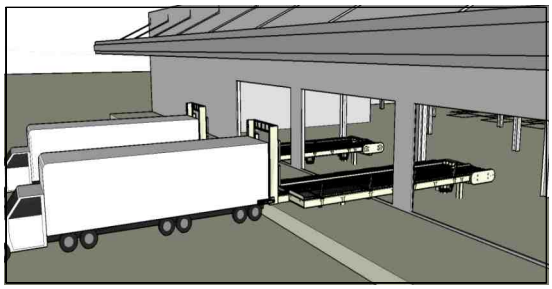


그림 3.6.40 범용(듀얼) 작업장 3D 모델

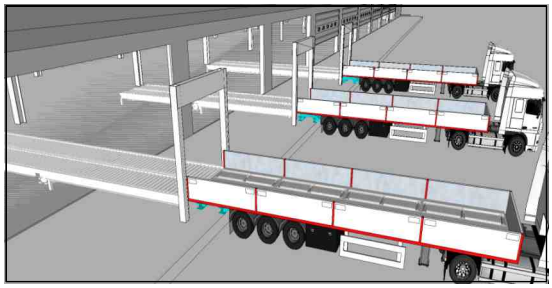


그림 3.6.41 전용 작업장 3D 모델

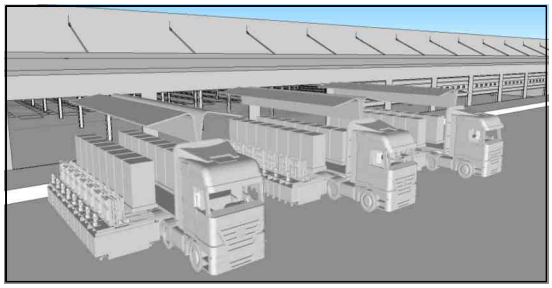


그림 3.6.42 윙바디용 작업장 3D 모델

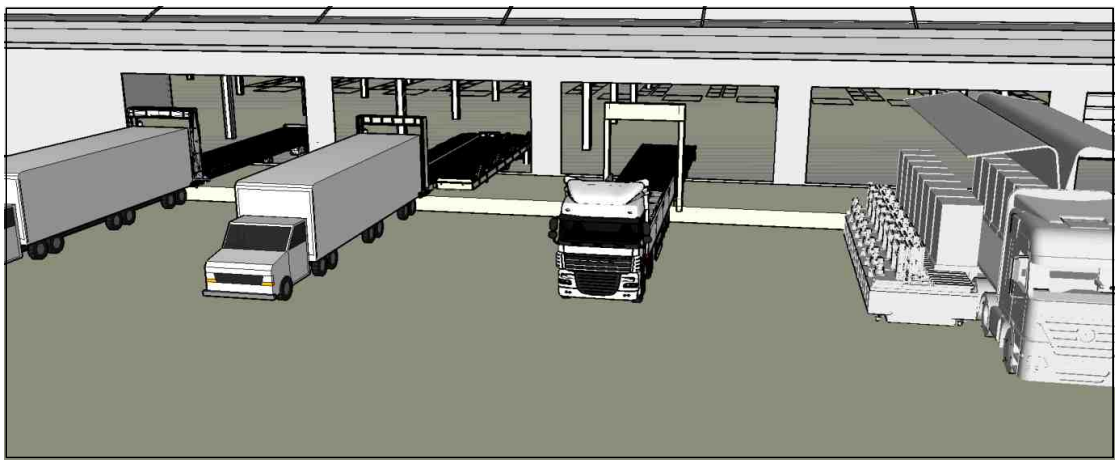


그림 3.6.43 4개 장비 설치 작업장 3D 모델

나. 실 사용환경

실 사용환경 A사의 작업장 설계도면 및 3D 모델을 작성하였다. 작성된 설계도면을 통해 차량의 이동경로를 분석한 후 문제점을 파악하였다.

(1) 대안 1 : 건물 내 배치

기존 사용하고 있는 도크 옆 통로에 장비를 배치하는 대안이다.

표 3.6.47 건물 내 배치(대안 1) 장단점

장점	단점
■ 별도의 추가 공사 없이 추진 가능	■ 작업 공간을 차지함에 따라 공간 부족 및 설치 시 기존 작업 방해

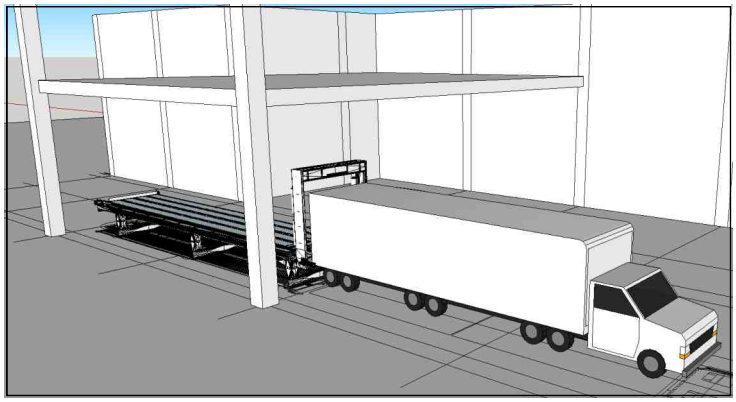


그림 3.6.44 건물 내 배치(대안 1) 작업장 3D 모델

(2) 대안 2 : 건물 외 배치

기존 사용하고 있는 도크 옆 통로에 장비를 배치하는 대안이다.

표 3.6.48 건물 외 배치(대안 2) 장단점

장점	단점
■ 기존 지게차 작업과 병행 가능	■ 건물 밖이기 때문에 우천을 대비한 추가 공사 필요 ■ 한 개의 차선을 차지함에 따라 차량 이동 불편 ■ 지게차 내외부 출입에 따른 이동거리 증가 및 사고 발생 가능성 증대 ■ 눈, 비, 바람, 직사광선 등에 의한 장비 부식 영향

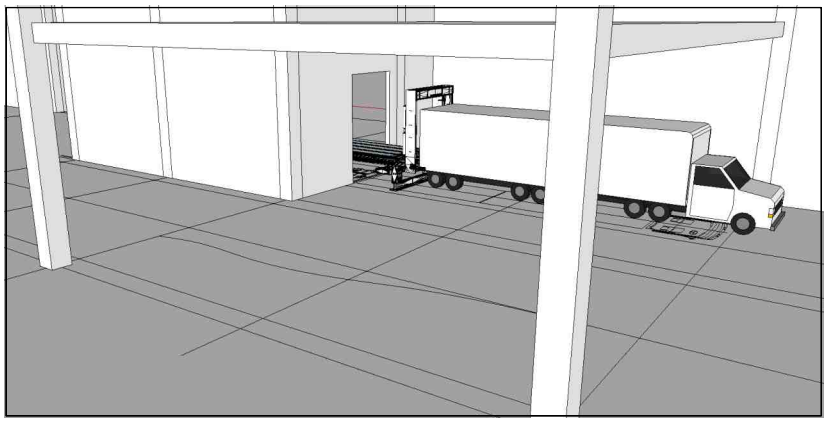


그림 3.6.45 건물 외 배치(대안 2) 작업장 3D 모델

(3) 분석 결과

건물 내 배치하는 대안은 기존 작업을 방해한다는 문제점이 있지만, 별도의 추가 공사 없이 추진이 가능하다는 장점이 있다. 건물 외 배치 대안은 지게차 동선이 길어지고 복잡해짐에 따라 운영이 비효율적일 뿐만 아니라 사고 발생 가능성도 늘어날 것으로 예상된다. 아래의 그림에서 보는 것처럼, 지게차의 이동 동선이 복잡해져 운영 효율이 저하될 것이고 특히 트럭 동선과의 교차로 인한 충돌 가능성 또한 높아진다.

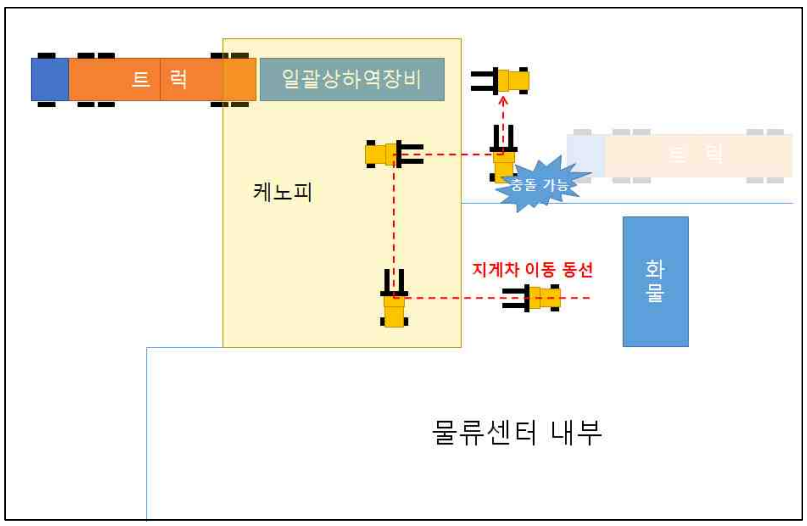


그림 3.6.46 건물 외 배치(대안 2)의 지게차 동선 문제점

따라서, 건물 내에 장비를 설치하는 방안을 추천하며, 기존 작업 방해 문제는 다른 지게차 동선을 제안함으로써 해결이 가능할 것으로 사료된다.

8. 시설, 장비, 운영계획 등 마스터플랜 수립

가. 물류센터 운영방안

(1) 물류센터 개요

(가) 물류센터 대상

본 연구에서 개발한 기술을 적용할 물류센터는 2곳으로 구분된다.

○ 표준 물류센터는 일반 팔레트를 취급하는 B사 물류센터를 대상으로 함

○ 실 사용환경 물류센터는 A사를 대상으로 함

(나) 대상 물류센터 시설규모

표준물류센터인 B사의 시설규모는 전면적, 도크 28개, 지게차 19대 운영, 외부차량 28대가 동시 접안 가능한 시설을 보유하고 있다. 실 사용환경 물류센터인 A사의 시설규모는 전 면적 도크 1개, 지게차 2대 운영, 외부차량 1대가 접안 가능하며 차량통로 등의 시설을 보유하고 있다.

표 3.6.49 대상물류센터 시설규모

구분	세부시설		비고
	도크	장비	
표준 물류센터	28(입고14, 출고14)	19	
실 사용환경 물류센터	2(입고1, 출고1)	2	

주 : 관련 물류센터 내부자료

(다) 대상 물류센터 취급화물

표준물류센터인 B사는 화장품, 잡화, 식품 등을 취급하며 팔레트상의 박스단위 적재형태로 배송지별로 구분하여 입, 출고가 이루어진다. 실 사용환경 물류센터인 A사의 경우 박스형태 화물을 20ft 컨테이너 차량으로 입・출고한다.

표 3.6.50 대상물류센터 취급화물

구분	상하역 화물종류	취급화물	일일 평균 출고처리물량	
			팔레트	톤
표준 물류센터	팔레트	화장품, 잡화, 식품 등	142	71
실 사용환경 물류센터	팔레트	화학물	288	288

자료 : 물류센터 내부자료

(2) 물류센터 구성설비 및 장비

일반적으로 물류센터는 유인방식의 물류센터와 무인방식의 AS/RS(Automated storage Retrieval System)으로 구분된다. 따라서 물류센터의 종류에 따라 설비와 장비의 구성이 다소 차이가 발생되며 본 연구에서는 일반적인 유인방식의 물류센터를 표준 및 실 사용환경 물류센터로 설정한다.

(가) 트럭 도크(Truck Dock)

트럭도크는 외부트럭과 물류센터를 연결하는 장소로서 작업자의 안전, 상・하역작업의 용이성이 확보되어야 한다. 동 연구에서는 일괄상하역장비의 설치 및 외부트럭과의 상・하역 연계작업이 이루어지는 첫 시작점이다.

(나) 도크 레벨러(Dock Leveler)

도크레벨러의 경우 일반트럭, 컨테이너트럭 등 운송차량과 물류센터와의 입・출고 작업 높이가 다를 경우 트럭 내부로의 원활한 상하역 작업을 수행하기 위해 사용하는 장비이다. A사에서는 전용물류센터가 아닌 창고형 보관장소로서 단 1개의 도크를 보유하고 있기 때문에 트럭과의 연계작업을 위한 도크레벨러를 콘크리트 구조로 고정 설치하여 이용하고 있다. 본 연구에서는 도크레벨러를 사용하는 단계를 줄이기 위해 범용/전용하역장비에 높낮이 조절장치를 보유하고 있다.

(다) 지게차(Folk Lift Truck)

일반적인 유인 물류센터에서는 입출고장에서 보관랙까지 화물을 이송하는 장비는 팔렛잭, 월키스태커(Walkie Stacker), 지게차(Fork Lift Truck), 튜렛트럭(Turret Truck)등이 이송장비로 사용된다. 이 중 월키스태커(Walkie Stacker), 튜렛트럭(Turret Truck) 등은 리프트 기능 및 회전이 가능한 포크 등 기능이 추가된 장비로서 본 연구에서는 가장 대중화되고 일반적인 지게차를 표준화 대상으로 설정한다.

지게차의 경우 일반 및 실 사용환경 모두 유사한 형태의 지게차을 적용하게 되나 취급화물의 최대 중량에 따라 적재중량 및 성능차이를 보인다. 표준물류센터 지게차의 경우 또한 디젤방식을 채용하고 있으나 향후 환경 및 에너지 절감형 지게차의 사용이 필요하다. 특히 실 사용환경에서 지게차의 경우 다소 경사가 있는 도크레벨러를 진출입하기 위해 디젤방식의 지게차를 사용하고 있다. 참고적으로 아래 표는 배터리방식의 지게차로서 최근 건축되는 물류센터의 경우 대부분 배터리방식의 지게차를 사용한다.

(라) 컨베이어(Conveyor)

표준물류센터인 B사에서는 컨베이어를 오더 피킹장에서 분류시스템(MPS, DAS)을 통해 분배된 화물을 상차 대기구역으로 이동하기 위해 사용된다. 실 사용환경 물류센터인 A사는 별도의 컨베이어장치를 보유하고 있지 않다.

(마) 보관랙(Rack)

보관랙은 화물을 보관, 적재하는 장소로서 지게차 또는 각종 이송·상하역장비에 의해 화물을 입출고하게 된다.

보관장소는 일반적인 표준물류센터의 경우 다음 그림(좌)와 같이 랙 형태로 보관되며, 실 사용환경의 경우 다음 그림(우)와 같이 별도의 랙시설이 없이 바닥에 적재하는 형태를 가지고 있다.

(3) 물류프로세스 분석

(가) 실 사용환경 물류센터

아래 그림과 같이 표준 물류센터의 출고 프로세스 전 과정을 분석해 보면, 입고프로세스는 트럭→입고도크→대기영역→보관영역으로 이동(1→2), 보관이 이루어지며, 출고프로세스는 보관영역→오더피킹영역→이송영역→대기영역→출고도크→트럭의 물류흐름을 가지게 된다(그림의 a→b→c→d).

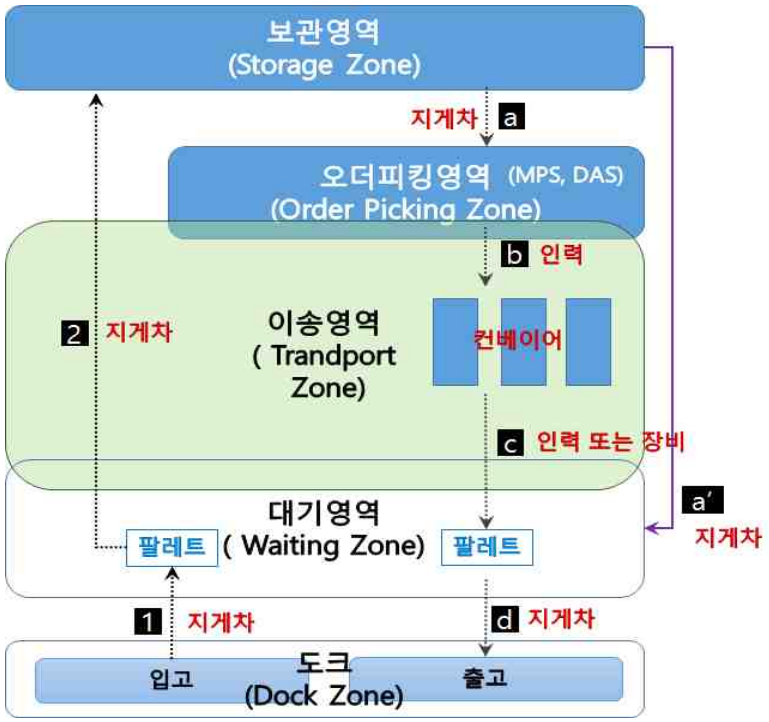


그림 3.6.47 물류프로세스(지게차 적용 물류센터)

실 사용환경 물류센터의 출고 프로세스 전 과정을 분석해 보면 입고프로세스는 트럭→입고도크→대기영역→보관영역으로 이동(1→2), 보관이 이루어지며, 출고프로세스는 보관영역→이송영역→대기영역→출고도크로의 물류흐름을 가진다.(그림의 a'→d)

(나) 일괄 상하역장비 적용 물류센터

일괄상하역장비가 적용되는 물류센터의 물류프로세스는 기존의 물류프로세스에서 대기영역과 입·출고 도크영역 간의 지게차 작업을 대체하는 물류프로세스를 가지게 된다(그림에서 1 또는 d의 과정).

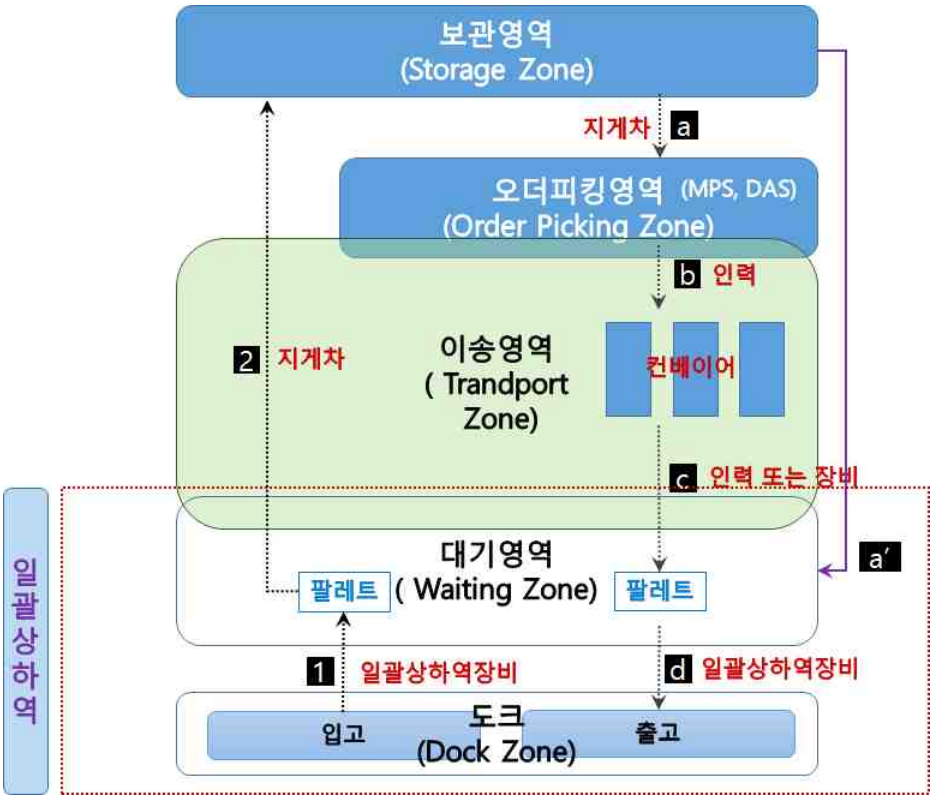


그림 3.6.48 물류프로세스(일괄상하역장비 적용 물류센터)

(4) 영역별 운영방안

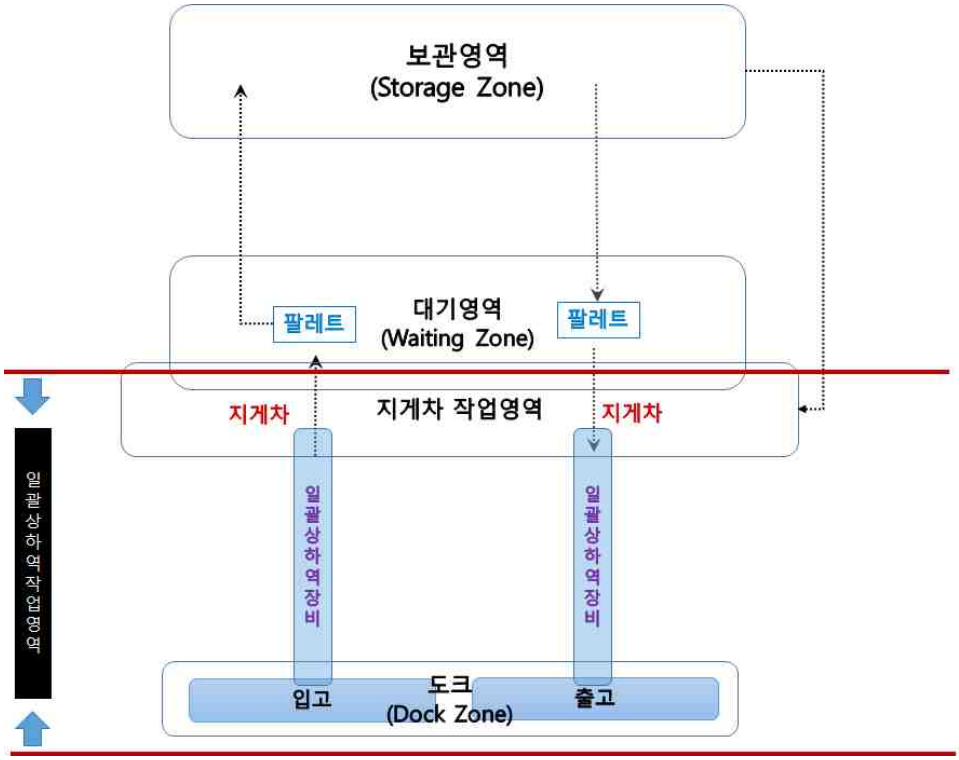


그림 3.6.49 일괄상하역장비 작업영역

(가) 범용 일괄 하역장비

대기영역은 물류센터 내 입고 또는 출고예정화물을 트럭에 순서적으로 적재하거나 보관영역으로 이송하기 위한 적재·보관 버퍼역할을 담당한다. 지게차 작업은 대기영역에 적재되어 있는 출고화물들을 일괄상하역 장비의 플레이트 말단부에 적재하는 영역이다.

일괄상하역 장비영역은 트럭이 도착 후 일괄상하역장비 도크와 약 25초간의 적재위치 조정을 수행하며, 이후 20초간에 걸쳐 트럭의 화물적재입구와 도크와의 체결작업을 수행한다. 또한 약 20초에 걸쳐 내부 스캐닝 작업을 통해 트럭의 적재함 내부 측정 및 센싱을 수행한다.

화물을 입고할 경우 트럭의 적재함 내부 측정 및 센싱이 완료되면 적재 플레이트를 이용하여 상차한 화물을 트럭 내부로 이동시키게 되며 이동시간은 2분이 소요된다. 트럭 내부에 화물전송이 완료되면 빈 적재플레이트는 원위치로 복귀하게 되며 동 과정은 1분에 걸쳐 이루어지게 된다.

표 3.6.51 범용하역장비 운영성능

구분	세부내용	비고
취급화물	1단 또는 2단 팔렛트	
상차성능(분)	max. 7분/pallet	
적재중량(톤)	25	
규격(m)	2.55(W) × 13.6(L)	

(나) 전용 일괄 하역장비

대기영역은 물류센터 내 입고 또는 출고예정화물을 트럭에 순서적으로 적재하거나 보관영역으로 이송하기 위한 적재·보관 버퍼역할을 담당한다. 지게차 작업은 대기영역에 적재되어 있는 출고화물들을 일괄상하역 장비의 플레이트 말단부에 적재 또는 하역하는 영역이다. 일괄상하역 장비영역은 트럭이 도착 후 일괄상하역장비의 도크레벨러 및 클램프 장치가 트럭과의 약 25초간의 적재위치 조정과 고정작업을 수행하며 이후 30초간에 걸쳐 트럭의 도크플레이트 좌우정렬을 진행한다. 또한 약 30초에 걸쳐 내부 스캐닝 작업을 통해 트럭의 적재함 내부 측정 및 센싱을 수행한다.

화물을 출고할 경우 트럭의 적재함 내부 측정 및 센싱이 완료되면 트럭s내 전용 플레이트를 이용하여 상차한 화물을 물류센터 내 플레이트로 이동시키게 되며 이동시간은 최대 110초가 소요된다. 물류센터로의 화물전송이 완료되면 약 25초에 걸쳐 고정장치가 해제되면서 도크레벨러 아래로 내려가게 된다.

표 3.6.52 전용하역장비 운영성능

구분	세부내용	비고
취급화물	1단 또는 2단 팔렛트	
상차성능(분)	max. 6분/pallet	
적재중량(톤)	20	
규격(m)	2.30(W) × 9.90(L)	

(다) 윙바디용 일괄 하역장비

대기영역은 물류센터 내 입고 또는 출고예정화물을 트럭에 순서적으로 적재하거나 보관영역으로 이송하기 위한 적재·보관 버퍼역할을 담당한다. 지게차 작업은 대기영역에 적재되어 있는 출고화물들을 일괄상하역 장비의 플레이트 말단부에 적재 또는 하역하는 영역이다. 일괄상하역 장비영역은 트럭이 도착 후 일괄상하역장비의 푸쉬장치와 컨베이어의 장치가 약 15초에 걸쳐 이동을 시작하게 된다. 이후 약 20초에 걸쳐 트럭과의 높이 및 적재위치 조정을 수행하고 다시 20초동안 트럭과의 고정작업을 진행하게 된다.

화물을 출고할 경우 트럭과의 고정작업이 완료되면 100초에 걸쳐 푸쉬장치에서 컨베이어로 화물이 이동되고 다시 물류센터 내로 화물이 이동되는 과정을 거치게 된다. 물류센터로의 화물전송이 완료되면 약 20초에 걸쳐 트럭과의 고정장치가 해제되고, 이후 15초에 걸쳐 푸쉬장치와 컨베이어 돌출장치가 아래로 내려가게 된다. 입고의 경우는 출고의 경우와 반대로 진행된다.

표 3.6.53 전용하역장비 운영성능

구분	세부내용	비고
취급화물	1단 또는 2단 팔렛트	
상차성능(분)	max. 5분/pallet	
적재중량(톤)	20	
규격(m)	2.05(W) × 16.0(L)	

나. 일괄 상하역장비 운영효과 분석

(1) 분석 개요

(가) 분석의 의미

B/C, NPV, IRR 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 국가 전체적 입장에서 측정하고자 한다. 본 연구에서는 재무성 분석은 제외하였는데, 재무성 분석은 개별 사업주체의 입장에서 실제의 현금흐름을 추정하고 이에 따른 재무적 수익성을 계산하며, 추후 경제성 분석 결과 타당성이 있고 민간 부문에서의 추진이 가능하다고 판단된 사업에 대해서만 재무성 분석을 실시하여 사업의 추진방식을 결정한다.

(나) 분석 대상 물류시설 정의

분석에는 참고 가능한 물류센터(reference site)의 자료를 활용하였다.

표준 물류센터는 도크 28개, 지게차 19대 운영, 외부차량 28대가 동시 접안 가능한 시설을 보유하고 있다. 실 사용환경 물류센터는 도크 1개, 지게차 2대 운영, 외부차량 1대가 접안 가능하며 차량통로 등의 시설을 보유하고 있다. 분석 대상은 일괄 상하역장비가 1대 설치될 수 있는 규모로 가정하였다.

○ 분석 1 : 표준 물류센터에서의 운영효과 분석

표 3.6.54 표준 물류센터에서의 운영효과 분석 대상

구분	비교 대상	
1-1	범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N1)	표준 물류센터 (L1)
1-2	전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N2)	
1-3	윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N3)	

○ 분석 2 : 실 사용환경 물류센터에서의 운영효과 분석

표 3.6.55 실 사용환경 물류센터에서의 운영효과 분석 대상

구분	비교 대상	
2-1	범용 일괄 하역장비가 설치된 실 사용환경 물류센터(N4)	실 사용환경 물류센터 (L2)
2-2	전용 일괄 하역장비가 설치된 실 사용환경 물류센터(N5)	
2-3	윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 실 사용환경 물류센터(N6)	

(다) 물류시설 유형 및 구성 단위시설 파악

일반적인 물류시설의 유형은 다음과 같다. 분석 대상 물류시설의 유형은 '지역 물류거점'이며, 분석 대상 물류시설의 구성 단위시설은 '화물취급장'과 '보관/집배송 시설'이다.

표 3.6.56 일반적인 물류시설의 유형

유형			단위 시설		
			화물취급장	보관/집배송 시설	컨테이너 시설
국제 물류거점	항만배후단지		○	○	○
	공항물류단지		○	○	○
광역 물류거점	내륙 물류기지	복합물류터미널	○	○	
		ICD			○
지역 물류거점	물류단지		○	○	
	물류터미널		○		
	공동집배송센터			○	
	철도CY				○

(라) 분석 절차

분석 절차는 ①물류시설 유형 및 구성 단위시설 파악 → ②분석에 대한 기본 가정 → ③수요 예측 → ④편익 산정 → ⑤비용 산정 → ⑥경제적 타당성 분석(B/C, NPV, IRR 등) → ⑦민감도 분석 순으로 이루어진다.

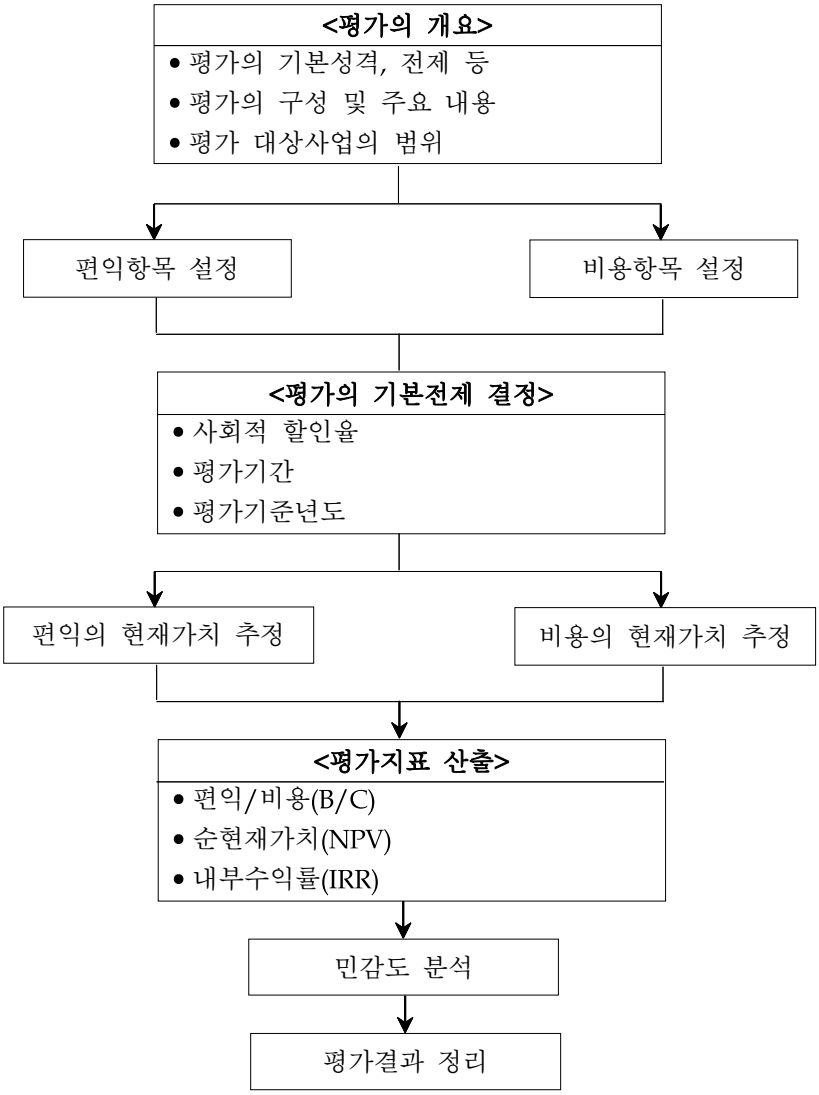


그림 3.6.50 운영효과 분석 절차

(마) 분석에 대한 기본 가정

사회적 할인율은 교통시설 투자평가지침의 기준 값을 적용하여 5.5%를 가정하였다. 또한 교통시설 투자평가지침 상의 분석기간 30년을 가정하였으며, 공사기간은 분석에서 제외하였다.

(2) 수요 예측

(가) 분석 1(표준 물류센터)

분석 대상 물류센터는 일일평균 284파렛트가 처리되며, 1파렛트는 평균 0.7톤으로 한다. 월평균 작업일은 26일이며, 연간 작업일은 312이 된다. 이러한 가정에 따라 계산한 2017년부터의 예상 수요는 아래의 표와 같다.

표 3.6.57 표준 물류센터의 수요

(단위 : 톤)

연번	년도	수요
1	2017	62,026
2	2018	62,026
3	2019	62,026
4	2020	62,026
5	2021	62,026
6	2022	62,026
7	2023	62,026
8	2024	62,026
9	2025	62,026
10	2026	62,026
11	2027	62,026
12	2028	62,026
13	2029	62,026
14	2030	62,026
15	2031	62,026
16	2032	62,026
17	2033	62,026
18	2034	62,026
19	2035	62,026
20	2036	62,026
21	2037	62,026
22	2038	62,026
23	2039	62,026
24	2040	62,026
25	2041	62,026
26	2042	62,026
27	2043	62,026
28	2044	62,026
29	2045	62,026
30	2046	62,026

(나) 분석 2(실 사용환경 물류센터)

분석 대상 물류센터의 2014년 연간처리실적은 5,250TEU였고 이후의 수요도 2014년의 수준과 동일하다고 가정하였다. 2017년부터의 예상 수요는 아래의 표와 같다.

표 3.6.58 실 사용환경 물류센터의 수요

(단위 : 톤)

연번	년도	수요
1	2017	105,000
2	2018	105,000
3	2019	105,000
4	2020	105,000
5	2021	105,000
6	2022	105,000
7	2023	105,000
8	2024	105,000
9	2025	105,000
10	2026	105,000
11	2027	105,000
12	2028	105,000
13	2029	105,000
14	2030	105,000
15	2031	105,000
16	2032	105,000
17	2033	105,000
18	2034	105,000
19	2035	105,000
20	2036	105,000
21	2037	105,000
22	2038	105,000
23	2039	105,000
24	2040	105,000
25	2041	105,000
26	2042	105,000
27	2043	105,000
28	2044	105,000
29	2045	105,000
30	2046	105,000

(3) 편익 산정

(가) 일반적인 물류시설의 편익

물류시설의 일반적 편익 항목과 물류시설 유형별 일반적 편익 항목은 다음과 같다.

표 3.6.59 물류시설의 일반적 편익 항목

편익 분류	편익 항목
직접 편익	- 간선수송 대량화로 인한 수송비 절감 · 간선수송 화물차량의 대형화 · 철도운송 이용에 따른 운임 절감
	- 하역작업의 기계화·자동화로 인한 물류비 절감
	- ICD 조성에 따른 물류비 절감 · 왕복 수송으로의 전환에 따른 운임 절감 · 철도운송 이용에 따른 운임 절감
간접 편익	- 화물차량 통행량 감소에 따른 도로교통 혼잡 해소
	- 화물차량 통행량 감소에 따른 교통사고 감소
	- 화물차량 통행량 감소에 따른 환경비용 절감 · 온실가스 감소 · 대기오염물질 감소
	- 도로, 교량 등 도로관련 시설의 유지보수비 감소
	- 지역개발에 따른 경제적 파급효과
	- 인프라의 집약적 개발에 따른 토지의 효율적 이용 가능
	- 부가가치 물류수행에 따른 편익

표 3.6.60 물류시설 유형별 일반적 편익 항목

분류		물류시설내 편익		물류네트워크상의 편익				
		부가가치 물류	하역의 기계화	차량 대형화	철도 운송	왕복 수송	교통사고 감소	온실가스 저감
항만배후단지		○	○	○				
공항물류단지		○	○	○				
내륙 물류 기지	복합물류 터미널	○	○	○	○		○	○
	ICD	○			○	○	○	○
물류단지		○	○	○			○	○
일반물류터미널		○	○	○			○	○
공동집배송센터			○	○			○	○
철도 CY			○		○		○	○

(나) 분석 대상 물류시설의 편익

① 일괄 하역 작업에 의한 하역비 절감 편익

하역비는 물류시설에서 도크를 통해 화물을 화물차량에 상차 또는 하차할 때 발생하는 비용이다. 기존 물류센터에서 상·하차하는 경우와 신규 물류센터에서 일괄 하역장비로 상·하차하는 경우의 단위물량 당 하역비는 달라진다.

편익은 '기존 물류센터의 하역비 - 신규 물류센터의 하역비'로 계산된다. 기존 하역장비, 범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디용 일괄 하역장비의 톤당 하역비(기준연도 포함) 산정이 필요하다. 이때 하역비는 '수요(톤) × 톤 당 하역비'로 계산된다.

하역비는 하역장비 취득비용, 하역장비 유지관리비용, 하역장비 연료비용, 작업자 인건비 등을 포함하고 있고, 이러한 항목들은 독자적인 편익 및 비용 요소로 고려하고 있으므로 하역비 절감 편익은 별도로 고려하지 않기로 한다.

② 하역 안전사고 감소 편익

기존 물류센터에서 지게차 등의 장비를 사용하여 하역하는 경우와 신규 물류센터에서 일괄 하역장비로 하역하는 경우의 안전사고 비용은 달라진다.

편익은 '기존 물류센터의 하역 안전사고 비용 - 신규 물류센터의 하역 안전사고 비용'으로 계산된다. 기존 물류센터의 하역 안전사고 비용을 보험으로 처리한다고 가정하면, 안전사고 비용은 지게차에 대한 보험료로 산정 가능하다. 기존 물류센터의 하역 안전사고 비용은 지게차의 보험료에 해당하는 연간 1,500,000원[16](기준연도 : 2015년)으로 산정한다. 또한 신규 물류센터의 하역 안전사고는 발생하지 않는다고 가정한다.

연간 하역 안전사고 감소 편익은 다음과 같다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 1,500,000원/연(기준연도 : 2015년)

○ 전용 일괄 하역장비 : 1,500,000원/연(기준연도 : 2015년)

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 1,500,000원/연(기준연도 : 2015년)

16) 물류센터 운영사 인터뷰 및 보험사 보험료 산정 결과 (보험료를 산정할 때는 업무용 일반, 전 연령, 보험 가입 경력 1년 미만, 신규 가입, 물적 사고 200만원, 총 금액을 기준으로 함)

③ 화물차량 체류비용 절감 편익

기존 물류센터에서 지게차 등의 장비를 사용하여 하역하는 경우와 신규 물류센터에서 일괄 하역장비로 하역하는 경우의 화물차량 체류(대기 및 서비스) 시간이 달라진다.

편익은 '기존 물류센터의 체류비용 - 신규 물류센터의 체류비용'으로 계산된다. 기존 물류센터, 범용 일괄 하역장비가 설치된 신규 물류센터, 전용 일괄 하역장비가 설치된 신규 물류센터, 윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 신규 물류센터의 화물 1톤 처리를 위한 화물차량의 평균 체류시간 산정이 필요하다. 기존 물류센터에서 화물차량 체류시간 당 기회비용(기준연도 포함) 산정도 필요하다. 화물차량 체류시간 당 기회비용은 화물차량의 운행시간 당 매출 기여 금액(화물차량의 총 매출액 / 화물차량의 총 운행시간) 혹은 화물차량의 시간당 용차 비용으로 산정 가능하다. 본 분석에서는 화물차량 체류시간 당 기회비용으로 3만 원을 적용한다[17]. 체류비용은 '수요(톤) × 화물 1톤 처리를 위한 화물차량의 평균 체류시간 × 화물차량 체류시간 당 기회비용'으로 계산된다.

화물 1톤 처리를 위한 화물차량의 평균 대기시간은 각 하역장비의 시간당 처리능력을 사용하도록 한다. 실 사용환경 물류센터가 2단 적재를 기본적으로 하고 있기 때문에, 일괄 하역장비의 시간당 처리능력을 계산할 때도 2단 적재를 기준으로 적용한다.

○ 실 사용환경 물류센터 : 13~15분마다 20톤을 처리하므로 평균값인 14분마다 20톤을 처리하는 것으로 가정하여 처리능력을 산정한다.

- $\frac{20톤}{14분} \times \frac{60분}{1시간} = 85.7톤/시간$

○ 표준 물류센터 : 실 사용환경 물류센터의 처리능력을 기준으로 하되, 지게차가 1회 처리하는 중량의 차이(실 사용환경 물류센터의 지게차는 2톤, 표준 물류센터의 지게차는 0.7톤)를 고려하여 산정한다.

- $85.7톤/시간 \times \frac{0.7톤}{2톤} = 29.995톤/시간$

○ 범용 일괄 하역장비 : 2단 적재를 고려하기 위해 장비의 시간당 처리능력의 2배를 산정하되, 개별과 듀얼모드의 평균값을 사용한다.

- $\left(\frac{60톤 \times 2}{시간} + \frac{80톤 \times 2}{시간}\right)/2 = 140톤/시간$

17) 표준 물류센터 인터뷰 결과

○ 전용 일괄 하역장비 : 2단 적재를 고려하기 위해 장비의 시간당 처리능력의 2배를 산정한다.

- $\frac{64톤 \times 2}{시간} = 128톤/시간$

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 2단 적재를 고려하기 위해 장비의 시간당 처리능력의 2배를 산정한다.

- $\frac{86톤 \times 2}{시간} = 172톤/시간$

○ 화물차량 체류시간 당 기회비용은 3만원을 적용한다(2014년 기준).

Ⓐ 분석 1 (표준 물류센터)

○ 화물 1톤당 화물차량 체류비용 절감 편익은 다음과 같다.

- 범용 일괄 하역장비 : 786원/톤(기준연도 : 2014년)
  - $\left(\frac{1}{29.995톤/시간} - \frac{1}{140톤/시간}\right) \times 30{,}000원/시간$
- 전용 일괄 하역장비 : 766원/톤(기준연도 : 2014년)
  - $\left(\frac{1}{29.995톤/시간} - \frac{1}{128톤/시간}\right) \times 30{,}000원/시간$
- 윙바디용 일괄 하역장비 : 826원/톤(기준연도 : 2014년)
  - $\left(\frac{1}{29.995톤/시간} - \frac{1}{172톤/시간}\right) \times 30{,}000원/시간$

Ⓑ 분석 2 (실 사용환경 물류센터)

○ 화물 1톤당 화물차량 체류비용 절감 편익은 다음과 같다.

- 범용 일괄 하역장비 : 136원/톤(기준연도 : 2014년)
  - $\left(\frac{1}{85.7톤/시간} - \frac{1}{140톤/시간}\right) \times 30{,}000원/시간$
- 전용 일괄 하역장비 : 116원/톤(기준연도 : 2014년)
  - $\left(\frac{1}{85.7톤/시간} - \frac{1}{128톤/시간}\right) \times 30{,}000원/시간$
- 윙바디용 일괄 하역장비 : 176원/톤(기준연도 : 2014년)
  - $\left(\frac{1}{85.7톤/시간} - \frac{1}{172톤/시간}\right) \times 30{,}000원/시간$

④ 하역장비 총 소유비용 절감 편익

기존 물류센터에서 사용하는 하역장비와 신규 물류센터에서 사용하는 하역장비의 총 소유비용(취득비용 및 유지관리비용)이 달라진다.

편익은 '기존 물류센터의 하역장비 총소유비용 - 신규 물류센터의 하역장비 총소유비용'으로 계산된다. 기존 하역장비, 범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디용 일괄 하역장비의 연도별 투입 및 사용 계획이 필요하다. 수요 증가에 따른 장비 추가 구입, 장비 사용연한에 따른 폐기를 고려해야 한다. 기존 하역장비, 범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디용 일괄 하역장비의 단위 당 취득비용(기준연도 포함), 단위 당 연평균 유지관리비용(기준연도 포함) 산정이 필요하다.

총 소유비용은 '연도별 하역장비 구입 대수 × 하역장비 단위 당 취득비용 + 연도별 하역장비 운영 대수 × 하역장비 단위 당 연평균 유지관리비용'의 연도별 총합으로 계산된다.

⑤ 하역장비 환경비용 절감 편익

기존 물류센터에서 사용하는 하역장비와 신규 물류센터에서 사용하는 하역장비의 온실가스(CO2) 배출량이 달라진다.

편익은 '기존 물류센터의 하역장비 온실가스 배출비용 - 신규 물류센터의 하역장비 온실가스 배출비용'으로 계산된다. 표준(기존) 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 '화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 × (연료 유형에 따른) 배출량 변환 계수 × 비용 변환 계수'로 계산된다. 연료 사용량을 온실가스 배출량으로 변환하는 계수, 온실가스 배출량을 비용으로 변환하는 계수는 기존 연구결과를 활용한다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 = $\frac{800\text{원/톤}}{1{,}636.68\text{원}/l}$ 18)

○ 연료 유형 : 경유

○ 경유의 배출량 변환 계수 = $35.4MJ/l \times 10^{-6} TJ/MJ \times 71{,}100kg/TJ$ 19)

○ 비용 변환 계수 = $\frac{329{,}400{,}000{,}000\text{원}}{1{,}116{,}000{,}000kg}$ 20)

---

18) 표준 물류센터에서 사용 중인 지게차의 연료 사용액 800원/톤
자동차용 경유 가격 1,636.68원/l(2014년 주유소 기준, http://www.petronet.co.kr)
19) 국토교통부, 교통시설 투자평가지침(제5차 개정), 2013
20) 한국환경공단, 탄소포인트제로 연간 1,116천톤 CO_2 절감 효과(보도자료), 2015. 6. 23

○ 표준(기존) 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 363.1269원/톤(기준연도 : 2014년)으로 산정

실 사용환경(기존) 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 '화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 × (연료 유형에 따른) 배출량 변환 계수 × 비용 변환 계수'로 계산된다. 연료 사용량을 온실가스 배출량으로 변환하는 계수, 온실가스 배출량을 비용으로 변환하는 계수는 기존 연구결과를 활용한다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 = $\frac{457원/톤}{1{,}636.68원/l}$ 21)

○ 연료 유형 : 경유

○ 경유의 배출량 변환 계수 = $35.4MJ/l \times 10^{-6} TJ/MJ \times 71{,}100kg/TJ$

○ 비용 변환 계수 = $\frac{329{,}400{,}000{,}000원}{1{,}116{,}000{,}000kg}$

○ 실 사용환경(기존) 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 207.4363원/톤(기준연도 : 2014년)으로 산정

범용 일괄 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 '화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 × (연료 유형에 따른) 배출량 변환 계수 × 비용 변환 계수'로 계산된다. 화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량은 개별 범용 하역장비와 듀얼모드 범용 하역장비의 평균으로 계산하였다. 연료 사용량을 온실가스 배출량으로 변환하는 계수, 온실가스 배출량을 비용으로 변환하는 계수는 기존 연구결과를 활용한다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 = $\left(\frac{1}{60}h \times 0.28kW + \frac{1}{80}h \times 0.25kW\right)/2$ 22)

○ 연료 유형 : 전기

○ 전기의 배출량 변환 계수 = 0.465kg/kWh 23)

○ 비용 변환 계수 = $\frac{329{,}400{,}000{,}000원}{1{,}116{,}000{,}000kg}$

---

21) 실 사용환경 물류센터에서 사용 중인 지게차의 연료 사용액 457원/톤
자동차용 경유 가격 1,636.68원/l(2014년 주유소 기준, http://www.petronet.co.kr)

22) 개별 범용 하역장비의 시간당 화물 처리량 60톤, 화물 1톤 처리를 위한 전기 사용량 $0.28kW$
듀얼모드 범용 하역장비의 시간당 화물 처리량 80톤, 화물 1톤 처리를 위한 전기 사용량 $0.25kW$

23) 3rd meeting of informal technical working group on benchmarks for the ETS, 2009. 7. 7

○ 범용 일괄 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 0.5347원/톤(기준연도 : 2014년)으로 산정

전용 일괄 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 '화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 × (연료 유형에 따른) 배출량 변환 계수 × 비용 변환 계수'로 계산된다. 연료 사용량을 온실가스 배출량으로 변환하는 계수, 온실가스 배출량을 비용으로 변환하는 계수는 기존 연구결과를 활용한다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 = $\frac{1}{64}h \times 0.12kW$ [24)]

○ 연료 유형 : 전기

○ 전기의 배출량 변환 계수 = 0.465kg/kWh

○ 비용 변환 계수 = $\frac{329,400,000,000원}{1,116,000,000kg}$

○ 전용 일괄 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 0.2573원/톤(기준연도 : 2014년)으로 산정

윙바디용 일괄 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 '화물 1톤 처리를 위한 연료 사용량 × (연료 유형에 따른) 배출량 변환 계수 × 비용 변환 계수'로 계산된다. 연료 사용량을 온실가스 배출량으로 변환하는 계수, 온실가스 배출량을 비용으로 변환하는 계수는 기존 연구결과를 활용한다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 전력량 = $\frac{1}{86}h \times 2.5kW$ [25)]

○ 연료 유형 : 전기

○ 전기의 배출량 변환 계수 = 0.465kg/kWh

○ 비용 변환 계수 = $\frac{329,400,000,000원}{1,116,000,000kg}$

○ 전용 일괄 하역장비의 톤당 온실가스 배출비용은 3.9898원/톤(기준연도 : 2014년)으로 산정

24) 전용 일괄 하역장비의 시간당 화물 처리량 64톤, 화물 1톤 처리를 위한 전기 사용량 $0.12kW$
25) 윙바디용 일괄 하역장비의 시간당 화물 처리량 86톤, 화물 1톤 처리를 위한 전기 사용량 $2.5kW$

Ⓐ 분석 1 (표준 물류센터)

화물 1톤당 하역장비 환경비용 절감 편익은 다음과 같다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 362.5922원/톤(기준연도 : 2014년)

○ 전용 일괄 하역장비 : 362.8696원/톤(기준연도 : 2014년)

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 359.1371원/톤(기준연도 : 2014년)

Ⓑ 분석 2 (실 사용환경 물류센터)

화물 1톤당 하역장비 환경비용 절감 편익은 다음과 같다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 206.9016원/톤(기준연도 : 2014년)

○ 전용 일괄 하역장비 : 207.1789원/톤(기준연도 : 2014년)

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 203.4464원/톤(기준연도 : 2014년)

⑥ 인건비 절감 편익

인건비 절감 편익은 '기존 물류센터의 하역 인건비 - 신규 물류센터의 하역 인건비'로 계산된다. 기존 하역장비, 범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디용 일괄 하역장비 담당 직원의 연도별 운영 계획이 필요하다. 또한 수요 변화에 따른 증원 및 감원을 고려해야 한다. 기존 하역장비, 범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디용 일괄 하역장비 담당 직원의 1인 당 평균 인건비(기준연도 포함) 산정이 필요하다. 하역 인건비는 '연도별 하역장비 담당 직원 수 × 하역장비 담당 직원의 1인당 평균 인건비'의 연도별 총합으로 계산된다.

⑦ 하역장비 연료비용 절감 편익

기존 물류센터에서 사용하는 하역장비와 신규 물류센터에서 사용하는 하역장비의 연료비용이 달라진다. 편익은 '기존 물류센터의 하역장비 연료비용 - 신규 물류센터의 하역장비 연료비용'으로 계산된다. 표준(기존) 물류센터에서 하역장비의 연료비용은 800원/톤(기준연도 : 2015년)으로 산정한다. 실 사용환경(기존) 물류센터에서 하역장비의 연료비용은 457원/톤(기준연도 : 2015년)으로 산정한다.

범용 일괄 하역장비의 톤당 연료비용은 화물 1톤 처리를 위한 전력량과 전력량 당 전기요금의 곱으로 계산된다. 화물 1톤 처리를 위한 전력량은 개별 범용 하역장비와 듀얼모드 범용 하역장비의 평균으로 계산하였다. 전력량 당 전기요금은 계절별 가중평균을 계산하였다.[26)]

○ 화물 1톤 처리를 위한 전력량 = $\left(\frac{1}{60}h\times 0.28kW+\frac{1}{80}h\times 0.25kW\right)/2$

○ 전력량 당 전기요금 = $114.5원/kWh\times\frac{3}{12}+84.1원/kWh\times\frac{5}{12}+114.7원/kWh\times\frac{4}{12}$

○ 범용 일괄 하역장비의 연료비용은 0.397원/톤(기준연도 : 2015년)으로 산정

전용 일괄 하역장비의 톤당 연료비용은 화물 1톤 처리를 위한 전력량과 전력량 당 전기요금의 곱으로 계산된다. 전력량 당 전기요금은 계절별 가중평균을 계산하였다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 전력량 = $\frac{1}{64}h\times 0.12kW$

○ 전력량 당 전기요금 = $114.5원/kWh\times\frac{3}{12}+84.1원/kWh\times\frac{5}{12}+114.7원/kWh\times\frac{4}{12}$

○ 범용 일괄 하역장비의 연료비용은 0.1911원/톤(기준연도 : 2015년)으로 산정

26) 여름철(6~8월) 114.5원/*kWh*, 봄・가을철(3~5, 9~10월) 84.1원/*kWh*, *겨울*철(11~2월) 114.7원/*kWh*(2015년 7월 21일 확인, 산업용(을) 고압A 선택Ⅰ 중간부하 기준, 기본요금 제외, http://cyber.kepco.co.kr)

윙바디용 일괄 하역장비의 톤당 연료비용은 화물 1톤 처리를 위한 전력량과 전력량 당 전기요금의 곱으로 계산된다. 전력량 당 전기요금은 계절별 가중평균을 계산하였다.

○ 화물 1톤 처리를 위한 전력량 = $\frac{1}{86}h \times 2.5kW$

○ 전력량 당 전기요금 = $114.5원/kWh \times \frac{3}{12} + 84.1원/kWh \times \frac{5}{12} + 114.7원/kWh \times \frac{4}{12}$

○ 범용 일괄 하역장비의 연료비용은 2.9622원/톤(기준연도 : 2015년)으로 산정

Ⓐ 분석 1 (표준 물류센터)

화물 1톤당 하역장비 연료비용 절감 편익은 다음과 같다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 799.603원/톤(기준연도 : 2015년)

○ 전용 일괄 하역장비 : 799.8089원/톤(기준연도 : 2015년)

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 799.0378원/톤(기준연도 : 2015년)

Ⓑ 분석 2 (실 사용환경 물류센터)

화물 1톤당 하역장비 연료비용 절감 편익은 다음과 같다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 456.603원/톤(기준연도 : 2015년)

○ 전용 일괄 하역장비 : 456.8089원/톤(기준연도 : 2015년)

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 454.0378원/톤(기준연도 : 2015년)

(4) 비용 산정

(가) 일반적인 물류시설의 비용

물류시설의 일반적 비용 항목 및 내용은 다음과 같다.

표 3.6.61 물류시설의 일반적 비용 항목 및 내용

비용 항목				비용 내용
총비용	건설비	직접공사비	부지조성공사비	토목공사의 시행을 위한 토공, 도로축조 및 포장, 우수, 오폐수, 상수도, 구조물, 조경, 전기·통신 등 공종에 소요되는 제반 공사비
			건축공사비	물류시설 내에 유치된 주시설, 관리운영시설, 지원시설 등의 설치에 소요되는 제반 공사비
			간설시설공사비	사업지구 밖에서 시설 내로 연결되는 도로, 철도, 상수도 등 인입시설 설치에 소요되는 제반 공사비
			운영설비비	물류시설의 운영을 위하여 건설 중 또는 사업초기에 투입하는 정보시스템, 장비, 설비, 기자재의 실 구입 가액
		간접공사비		설계비, 감리비, 조사비, 측량비 등
				간접노무비 및 보험료, 예비비 등
		보상비	용지매입비	사업구간 용지매입에 소요되는 비용
			주요보상비	지장물 보상비, 지하보상비, 어업보상비, 기타 관계법령에 의한 보상항목
	유지관리비	인건비		임금, 복리후생비, 퇴직금 등
		일상관리점검비		시설관리용역비, 물류정보화시설비 등
		정기점검비		건축물 정기점검비, 건축물 정밀안전진단비, 전기설비 정기검사비, 소방설비 점검비, 승강기/수직반송기 점검 및 보수비, 기계설비 검사비 및 기타 검사비 등
		수선비		일상보수비, 일반수선비 및 대수선비 등

(나) 분석 대상 물류시설의 비용

비용 항목으로 직접공사비, 간접공사비, 보상비, 장비 및 시설비, 인건비, 센터운영비, 일상관리점검비, 정기점검비, 수선비 등을 고려해야 한다. 하지만 신규 물류센터는 기존 물류센터의 일부만을 변경하는 것이므로, 신규 물류센터를 위해 기존 물류센터에서 추가되는 비용만 고려하면 된다.

건설비와 관련하여 신규 물류센터에 일괄 하역장비 1대를 설치할 때 발생할 수 있는 제반 공사비인 설치공사비를 고려한다. 또한 하역장비 소유와 관련하여 기존 하역장비에 비해 증가한 일괄 하역장비의 취득비용, 유지관리비용의 차액을 고려한다. 하역장비 운영과 관련하여 기존 하역장비에 비해 증가한 일괄 하역장비의 연료비용, 인건비의 차액을 고려한다.

① 표준 물류센터의 비용

Ⓐ 표준 물류센터의 설치공사비

표준 물류센터의 설치공사비는 발생하지 않는 것으로 한다. 표준 물류센터가 지게차를 활용하여 작업한다는 것을 감안한다면 일괄 하역장비를 설치할 때 발생할 수 있는 제반 공사비는 없는 것으로 볼 수 있다. 표준 물류센터에서 일괄 하역장비(범용, 전용, 윙바디)의 설치공사비는 다음과 같이 산정된다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 설치공사비 5천만 원(2015년 기준), 사회적 할인율 5.5% 적용

표 3.6.62 범용 일괄 하역장비의 설치공사비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
금액	50,000,000	52,750,000	55,651,250

○ 전용 일괄 하역장비 : 설치공사비 1천 7백만 원(2015년 기준), 사회적 할인율 5.5% 적용

표 3.6.63 전용 일괄 하역장비의 설치공사비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
금액	17,000,000	17,935,000	18,921,425

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 설치공사비 2천만 원(2015년 기준), 사회적 할인율 5.5% 적용

표 3.6.64 윙바디용 일괄 하역장비의 설치공사비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
금액	20,000,000	21,100,000	22,260,500

Ⓑ 표준 물류센터의 취득비용 및 유지관리비

표준 물류센터에서 지게차의 단위 당 취득비용은 6천만 원(2015년 기준), 단위 당 연평균 유지관리비는 취득비용에 15%를 적용하여 9백만 원(2015년 기준)을 산정한다.[27]

표 3.6.65 표준 물류센터의 지게차 취득비용 및 유지관리비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
취득비용	60,000,000	63,300,000	66,781,500
유지관리비	9,000,000	9,495,000	10,017,225

표준 물류센터에서 일괄 하역장비(범용, 전용, 윙바디)의 단위 당 취득비용과 단위 당 연평균 유지관리비는 다음과 같이 산정된다.

○ 범용 일괄 하역장비 : 단위 당 취득비용 2억 5천만 원(2015년 기준), 단위 당 연평균 유지관리비는 취득비의 15%인 3천 7백 5십만 원(2015년 기준)

표 3.6.66 범용 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
취득비용	250,000,000	263,750,000	278,256,250
유지관리비	37,500,000	39,562,500	41,738,438

27) 물류센터 운영사 인터뷰 결과

○ 전용 일괄 하역장비 : 단위 당 취득비용 1억 7천 4백만 원(2015년 기준), 단위 당 연평균 유지관리비는 취득비의 15%인 2천 6백 1십만 원(2015년 기준)

표 3.6.67 전용 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
취득비용	174,000,000	183,570,000	193,666,350
유지관리비	26,100,000	27,535,500	29,049,953

○ 윙바디용 일괄 하역장비 : 단위 당 취득비용 2억 원(2015년 기준), 단위 당 연평균 유지관리비는 취득비의 15%인 3천만 원(2015년 기준)

표 3.6.68 윙바디용 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
취득비용	200,000,000	211,000,000	222,605,000
유지관리비	30,000,000	31,650,000	33,390,750

실제 적용되는 비용은 일괄 하역장비의 취득비용 및 유지관리비에서 기존 물류센터에서 대체되는 지게차의 취득비용 및 유지관리비를 차감한 양이 된다.

○ 범용 일괄 하역장비

- 취득비용 : 190,000,000원(2015년 기준)
- 유지관리비 : 28,500,000원(2015년 기준)

○ 전용 일괄 하역장비

- 취득비용 : 114,000,000원(2015년 기준)
- 유지관리비 : 17,100,000원(2015년 기준)

○ 윙바디용 일괄 하역장비

- 취득비용 : 140,000,000원(2015년 기준)
- 유지관리비 : 21,500,000원(2015년 기준)

② 실 사용환경 물류센터의 비용

Ⓐ 실 사용환경 물류센터의 설치공사비

실 사용환경 물류센터의 설치공사비는 발생하지 않는 것으로 한다. 표준물류센터가 지게차를 활용하여 작업한다는 것을 감안한다면 일괄 하역장비를 설치할 때 발생할 수 있는 제반 공사비는 없는 것으로 볼 수 있다. 실 사용환경 물류센터에 적용되는 일괄 하역장비(범용, 전용, 윙바디)의 설치공사비는 표준물류센터의 일괄 하역장비 설치공사비와 동일하다.

Ⓑ 실 사용환경 물류센터의 취득비용 및 유지관리비

실 사용환경 물류센터에서 지게차의 단위 당 취득비용은 6천만 원(2015년 기준), 단위 당 연평균 유지관리비는 취득비용에 15%를 적용하여 9백만 원(2015년 기준)을 산정한다.

표 3.6.69 실 사용환경 물류센터의 지게차 취득비용 및 유지관리비

(단위 : 원)

구분	2015년	2016년	2017년
취득비용	60,000,000	63,300,000	66,781,500
유지관리비	9,000,000	9,495,000	10,017,225

실 사용환경 물류센터에 적용되는 일괄 하역장비(범용, 전용, 윙바디)의 취득비용 및 유지관리비는 표준 물류센터의 일괄 하역장비 취득비용 및 유지관리비와 동일하다. 또한 실제 적용되는 비용도 표준 물류센터와 동일하다.

(5) 경제적 타당성 평가

(가) 주요 전제

① 분석 기준연도 및 기간 설정

기준연도는 본 과제의 R&D가 마무리되는 시점인 2017년으로 한다. 일괄 하역장비의 설치공사 기간은 현실적으로 장기간 이루어지지 않기 때문에 2017년 1월 1일 공사가 시작되어 단기간에 공사가 마무리되는 것으로 가정하였다. 따라서 공사기간은 감안하지 않는 것으로 한다. 분석기간은 교통시설 투자평가지침의 기준 값인 30년(2017년~2046년)을 사용하였다.

② 사회적 할인율 설정

공공투자사업의 경제성분석에 있어 할인율은 사업의 편익과 비용을 현재가치로 환산하는데 결정적인 파라미터로 작용하기 때문에 모든 교통시설 투자사업은 『교통시설 투자평가지침(제5차 개정)』에서 제시하는 할인율을 적용하여 사업의 경제성을 추정해야 한다. 전문기관의 연구용역결과를 토대로 타당성 평가를 위한 사회적 할인율은 5.5%를 적용하였다.

③ 연차별 사업비 투입률 설정

일반적으로 공사기간이 존재하는 경우 사업비의 투입비율은 다음의 표를 따르도록 한다. 본 연구에서는 공사기간을 감안하지 않기 때문에 공사기간 연차별 투자비율은 적용하지 않는 것으로 한다. 일반적으로 용지 보상비의 경우는 사업초기 2년에 걸쳐 30%, 70%가 지출되는 것으로 가정한다.

표 3.6.70 공사기간별 사업비 투입 비율

(단위 : %)

공사기간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	합계
2년	50	50												100
3년	30	40	30											100
4년	10	35	35	20										100
5년	10	20	30	30	10									100
6년	5	20	25	25	20	5								100
7년	5	15	20	20	20	15	5							100
8년	5	8	16	16	17	17	16	5						100
9년	5	5	10	10	15	16	16	16	7					100
10년	4	5	5	8	10	12	16	16	16	8				100
11년	3	5	5	6	8	10	10	15	15	15	8			100
12년	3	5	5	5	5	6	8	10	15	15	15	8		100
13년	3	5	5	5	5	6	8	8	10	10	12	15	8	100
용지보상비	30	70												100

주 : 기본 및 실시설계비는 사업의 추진계획에 따라 투입률을 산정함
자료 : INRET & INTRAPLAN, Traffic & Profitability for Western European High Speed Train Network, 1993

④ 대안 정의

본 분석에는 참고 가능한 물류센터(reference site)의 자료를 활용하였다. 분석 대상은 일괄 하역장비가 1대 설치될 수 있는 규모로 가정하였다.

⑤ 분석 1 : 표준 물류센터에서의 운영효과 분석

표 3.6.71 표준 물류센터에서의 운영효과 분석 대상

구분	비교 대상	
1-1	범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N1)	표준 물류센터 (L1)
1-2	전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N2)	
1-3	윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N3)	

⑥ 분석 2 : 실 사용환경 물류센터에서의 운영효과 분석

표 3.6.72 실 사용환경 물류센터에서의 운영효과 분석 대상

구분	비교 대상	
2-1	범용 일괄 하역장비가 설치된 실 사용환경 물류센터(N4)	실 사용환경 물류센터 (L2)
2-2	전용 일괄 하역장비가 설치된 실 사용환경 물류센터(N5)	
2-3	윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 실 사용환경 물류센터(N6)	

경제성 분석을 위한 기초자료를 정리한 내용은 다음과 같이 정리된다.

표 3.6.73 경제성 분석 기초자료 요약

항목	L1 (표준)	L2 (실 사용환경)	범용	전용	윙바디용
공사기간	-	-	-	-	-
운영시작 시점	-	-	2017년	2017년	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	200,000,000 원
연간 유지관리비 (2015년 기준)	9,000,000원	9,000,000원	37,500,000원	26,100,000원	30,000,000원

(나) 경제적 타당성 분석 세부 결과

비용-편익비가 1.0을 초과할 경우 해당 시설 개발 사업은 사업성이 있다고 판단되어 채택할 수 있으나, 편익과 비용의 추정에 어느 정도 불확실성이 포함되어 있기 때문에 민감도 분석 결과를 감안하여 사업의 경제적 타당성을 판단하도록 한다.

분석결과 민간도 분석의 결과를 제외하고 모든 대안들의 비용-편익비가 1.0을 초과하여 경제적 타당성을 확보한 것으로 판단된다. 순현지가치(NPV)를 우선순위 판단에 적용할 경우 큰 규모의 사업 우선순위가 결정되는 문제가 발생하므로 참고 자료로만 활용한다. 또한 내부수익률 수준이 사회적 할인율보다 큰 경우 해당사업의 타당성이 존재하는 것으로 판단한다. 분석결과 현금흐름이 일반적이지 않아 최적의 내부수익률을 도출해내기 불가능하고 해석이 되지 않아 결과표에는 기재하지 않았다.

표 3.6.74 분석 1-1 결과 : 범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N1)

(단위 : 원)

1-1 (N1)	편익					비용			
	하역 안전	차량 체류	장비 환경	장비 연료	총 편익	설치 공사	취득 비용	유지 관리	총 비용
2017	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	55,651,250	211,474,750	31,721,213	298,847,213
2018	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2019	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2020	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2021	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2022	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2023	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2024	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2025	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	211,474,750	31,721,213	243,195,963
2026	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2027	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2028	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2029	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2030	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2031	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2032	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2033	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	211,474,750	31,721,213	243,195,963
2034	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2035	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2036	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2037	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2038	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2039	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2040	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2041	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	158,606,063	31,721,213	190,327,275
2042	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2043	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2044	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2045	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
2046	1,669,538	57,238,459	26,408,860	55,201,783	140,158,640	-	-	31,721,213	31,721,213
NPV					**4,215,559,204**				**1,800,317,938**

표 3.6.75 분석 1-2 결과 : 전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N2)

(단위 : 원)

1-2 (N2)	편익					비용			
	하역 안전	차량 체류	장비 환경	장비 연료	총 편익	설치 공사	취득 비용	유지 관리	총 비용
2017	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	18,921,425	126,884,850	19,032,728	164,839,578
2018	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2019	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2020	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2021	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2022	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2023	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2024	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2025	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	126,884,850	19,032,728	145,917,578
2026	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2027	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2028	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2029	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2030	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2031	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2032	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2033	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	126,884,850	19,032,728	145,917,578
2034	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2035	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2036	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2037	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2038	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2039	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2040	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2041	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	95,163,638	19,032,728	114,196,365
2042	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2043	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2044	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2045	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
2046	1,669,538	55,775,286	26,429,061	55,215,998	139,089,883	-	-	19,032,728	19,032,728
NPV					**4,172,696,487**				**1,065,721,438**

표 3.6.76 분석 1-3 결과 : 윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N3)

(단위 : 원)

1-3 (N3)	편익					비용			
	하역 안전	차량 체류	장비 환경	장비 연료	총 편익	설치 공사	취득 비용	유지 관리	총 비용
2017	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	22,260,500	155,823,500	23,373,525	201,457,525
2018	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2019	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2020	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2021	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2022	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2023	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2024	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2025	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2026	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2027	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	155,823,500	23,373,525	179,197,025
2028	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2029	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2030	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2031	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2032	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2033	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-		23,373,525	23,373,525
2034	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2035	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2036	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2037	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	155,823,500	23,373,525	140,241,150
2038	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2039	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2040	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2041	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2042	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2043	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2044	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2045	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
2046	1,669,538	60,142,120	26,157,212	55,162,764	143,131,633	-	-	23,373,525	23,373,525
NPV					**4,293,948,990**				**1,190,936,750**

표 3.6.77 분석 2-1 결과 : 범용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N4)

(단위 : 원)

2-1 (N4)	편익					비용			
	하역 안전	차량 체류	장비 환경	장비 연료	총 편익	설치 공사	취득 비용	유지 관리	총 비용
2017	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	55,651,250	211,474,750	31,721,213	298,847,213
2018	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2019	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2020	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2021	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2022	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2023	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2024	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2025	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	211,474,750	31,721,213	243,195,963
2026	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2027	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2028	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2029	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2030	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2031	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2032	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2033	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	211,474,750	31,721,213	243,195,963
2034	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2035	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2036	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2037	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2038	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2039	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2040	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2041	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	158,606,063	31,721,213	190,327,275
2042	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2043	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2044	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2045	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
2046	1,669,538	16,740,133	25,510,000	53,362,108	97,281,778	-	-	31,721,213	31,721,213
NPV					**2,918,453,347**				**1,800,317,938**

표 3.6.78 분석 2-2 결과 : 전용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N5)

(단위 : 원)

2-2 (N5)	편익					비용			
	하역 안전	차량 체류	장비 환경	장비 연료	총 편익	설치 공사	취득 비용	유지 관리	총 비용
2017	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	18,921,425	126,884,850	19,032,728	164,839,578
2018	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2019	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2020	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2021	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2022	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2023	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2024	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2025	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	126,884,850	19,032,728	145,917,578
2026	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2027	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2028	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2029	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2030	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2031	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2032	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2033	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	126,884,850	19,032,728	145,917,578
2034	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2035	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2036	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2037	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2038	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2039	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2040	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2041	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	95,163,638	19,032,728	114,196,365
2042	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2043	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2044	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2045	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
2046	1,669,538	14,263,218	25,544,197	53,386,171	94,863,123	-	-	19,032,728	19,032,728
NPV					**2,845,893,690**				**1,065,721,438**

표 3.6.79 분석 2-3 결과 : 윙바디용 일괄 하역장비가 설치된 표준 물류센터(N6)

(단위 : 원)

2-3 (N6)	편익					비용			
	하역 안전	차량 체류	장비 환경	장비 연료	총 편익	설치 공사	취득 비용	유지 관리	총 비용
2017	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	22,260,500	155,823,500	23,373,525	201,457,525
2018	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2019	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2020	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2021	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2022	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2023	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2024	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2025	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2026	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2027	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	155,823,500	23,373,525	179,197,025
2028	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2029	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2030	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2031	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2032	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2033	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-		23,373,525	23,373,525
2034	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2035	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2036	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2037	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	155,823,500	23,373,525	140,241,150
2038	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2039	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2040	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2041	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2042	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2043	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2044	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2045	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
2046	1,669,538	21,655,562	25,083,999	53,062,319	101,471,418	-	-	23,373,525	23,373,525
NPV					**3,044,142,537**				**1,190,936,750**

(다) 경제적 타당성 분석 결과 요약

경제적 타당성 분석 결과를 요약하면 아래의 표와 같다.

표 3.6.80 경제적 타당성 분석 결과 요약

(단위 : 비율, 원)

표준 물류센터	B/C	NPV
1-1 범용(N1)	2.34	2,415,241,266
1-2 전용(N2)	3.92	3,106,975,049
1-3 윙바디용(N3)	3.61	3,103,012,240
실 사용환경 물류센터	**B/C**	**NPV**
2-1 범용(N4)	1.62	1,118,135,409
2-2 전용(N5)	2.67	1,780,172,252
2-3 윙바디용(N6)	2.56	1,853,205,787

(라) 민감도 분석

민감도 분석은 타당성 분석 과정에서 사용된 입력 변수들을 변화시켜서 결과를 다시 도출해 봄으로써, 미래의 예측하지 못한 상황 변화에 대응하기 위한 것이다. 본 연구에서는 비용, 편익, 할인율을 입력 변수의 변화 요인으로 정하였다.

○ 비용은 10% 증가, 20% 증가, 30% 증가, 40% 증가, 50% 증가를 고려하고 감소하는 경우는 제외

○ 편익은 30% 감소, 20% 감소, 10% 감소, 10% 증가, 20% 증가, 30% 증가 고려

○ 할인율은 3.5%, 4.5%, 6.5%, 7.5% 고려

민감도 분석 결과, B/C가 1 미만으로 떨어지는 경우는 발행하지 않았다. 상세한 분석 결과는 아래의 표와 같다.

○ 분석 1-1 (표준 물류센터, 범용 일괄 하역장비)

표 3.6.81 분석 1-1에 대한 민감도 분석 결과

(단위 : 원, 원, 비율, 원)

구분		총 할인비용	총 할인편익	B/C	NPV
기준 분석 결과		1,800,317,938	4,215,559,204	2.34	2,415,241,266
비용 변화	+10%	1,980,349,731	4,215,559,204	2.13	2,235,209,473
	+20%	2,160,381,525	4,215,559,204	1.95	2,055,177,679
	+30%	2,340,413,319	4,215,559,204	1.80	1,875,145,885
	+40%	2,520,445,113	4,215,559,204	1.67	1,695,114,091
	+50%	2,700,476,906	4,215,559,204	1.56	1,515,082,298
편익 변화	-30%	1,800,317,938	2,950,891,443	1.64	1,150,573,505
	-20%	1,800,317,938	3,372,447,363	1.87	1,572,129,426
	-10%	1,800,317,938	3,794,003,283	2.11	1,993,685,346
	+10%	1,800,317,938	4,637,115,124	2.58	2,836,797,187
	+20%	1,800,317,938	5,058,671,045	2.81	3,258,353,107
	+30%	1,800,317,938	5,480,226,965	3.04	3,679,909,028
할인율 변화	3.5%	1,732,706,438	4,011,457,211	2.32	2,278,750,773
	4.5%	1,766,350,438	4,112,684,952	2.33	2,346,334,514
	6.5%	1,834,608,938	4,320,092,790	2.35	2,485,483,852
	7.5%	1,869,223,438	4,426,298,531	2.37	2,557,075,093

○ 분석 1-2 (표준 물류센터, 전용 일괄 하역장비)

표 3.6.82 분석 1-2에 대한 민감도 분석 결과

(단위 : 원, 원, 비율, 원)

구분		총 할인비용	총 할인편익	B/C	NPV
기준 분석 결과		1,065,721,438	4,172,696,487	3.92	3,106,975,049
비용 변화	+10%	1,172,293,581	4,172,696,487	3.56	3,000,402,906
	+20%	1,278,865,725	4,172,696,487	3.26	2,893,830,762
	+30%	1,385,437,869	4,172,696,487	3.01	2,787,258,618
	+40%	1,492,010,013	4,172,696,487	2.80	2,680,686,474
	+50%	1,598,582,156	4,172,696,487	2.61	2,574,114,331
편익 변화	-30%	1,065,721,438	2,920,887,541	2.74	1,855,166,103
	-20%	1,065,721,438	3,338,157,189	3.13	2,272,435,752
	-10%	1,065,721,438	3,755,426,838	3.52	2,689,705,401
	+10%	1,065,721,438	4,589,966,135	4.31	3,524,244,698
	+20%	1,065,721,438	5,007,235,784	4.70	3,941,514,347
	+30%	1,065,721,438	5,424,505,433	5.09	4,358,783,995
할인율 변화	3.5%	1,025,697,938	3,970,994,044	3.87	2,945,296,107
	4.5%	1,045,613,938	4,071,033,529	3.89	3,025,419,591
	6.5%	1,086,020,438	4,275,995,519	3.94	3,189,975,081
	7.5%	1,106,510,938	4,380,943,226	3.96	3,274,432,289

○ 분석 1-3 (표준 물류센터, 윙바디용 일괄 하역장비)

표 3.6.83 분석 1-3에 대한 민감도 분석 결과

(단위 : 원, 원, 비율, 원)

구분		총 할인비용	총 할인편익	B/C	NPV
기준 분석 결과		1,190,936,750	4,293,948,990	3.61	3,103,012,240
비용 변화	+10%	1,310,030,425	4,293,948,990	3.28	2,983,918,565
	+20%	1,429,124,100	4,293,948,990	3.00	2,864,824,890
	+30%	1,548,217,775	4,293,948,990	2.77	2,745,731,215
	+40%	1,667,311,450	4,293,948,990	2.58	2,626,637,540
	+50%	1,786,405,125	4,293,948,990	2.40	2,507,543,865
편익 변화	-30%	1,190,936,750	3,005,764,293	2.52	1,814,827,543
	-20%	1,190,936,750	3,435,159,192	2.88	2,244,222,442
	-10%	1,190,936,750	3,864,554,091	3.24	2,673,617,341
	+10%	1,190,936,750	4,723,343,889	3.97	3,532,407,139
	+20%	1,190,936,750	5,152,738,788	4.33	3,961,802,038
	+30%	1,190,936,750	5,582,133,687	4.69	4,391,196,937
할인율 변화	3.5%	1,146,210,750	4,085,451,434	3.56	2,939,240,684
	4.5%	1,168,466,750	4,188,855,821	3.58	3,020,389,071
	6.5%	1,213,620,750	4,400,744,172	3.63	3,187,123,422
	7.5%	1,236,518,750	4,509,254,594	3.65	3,272,735,844

○ 분석 2-1 (실 사용환경 물류센터, 범용 일괄 하역장비)

표 3.6.84 분석 2-1에 대한 민감도 분석 결과

(단위 : 원, 원, 비율, 원)

구분		총 할인비용	총 할인편익	B/C	NPV
기준 분석 결과		1,800,317,938	2,918,453,347	1.62	1,118,135,409
비용 변화	+10%	1,980,349,731	2,918,453,347	1.47	938,103,616
	+20%	2,160,381,525	2,918,453,347	1.35	758,071,822
	+30%	2,340,413,319	2,918,453,347	1.25	578,040,028
	+40%	2,520,445,113	2,918,453,347	1.16	398,008,234
	+50%	2,700,476,906	2,918,453,347	1.08	217,976,441
편익 변화	-30%	1,800,317,938	2,042,917,343	1.13	242,599,405
	-20%	1,800,317,938	2,334,762,677	1.30	534,444,740
	-10%	1,800,317,938	2,626,608,012	1.46	826,290,075
	+10%	1,800,317,938	3,210,298,682	1.78	1,409,980,744
	+20%	1,800,317,938	3,502,144,016	1.95	1,701,826,079
	+30%	1,800,317,938	3,793,989,351	2.11	1,993,671,413
할인율 변화	3.5%	1,732,706,438	2,785,723,811	1.61	1,053,017,373
	4.5%	1,766,350,438	2,851,601,849	1.61	1,085,251,412
	6.5%	1,834,608,938	2,986,284,779	1.63	1,151,675,842
	7.5%	1,869,223,438	3,055,102,623	1.63	1,185,879,186

○ 분석 2-2 (실 사용환경 물류센터, 전용 일괄 하역장비)

표 3.6.85 분석 2-2에 대한 민감도 분석 결과

(단위 : 원, 원, 비율, 원)

구분		총 할인비용	총 할인편익	B/C	NPV
기준 분석 결과		1,065,721,438	2,845,893,690	2.67	1,780,172,252
비용 변화	+10%	1,172,293,581	2,845,893,690	2.43	1,673,600,108
	+20%	1,278,865,725	2,845,893,690	2.23	1,567,027,965
	+30%	1,385,437,869	2,845,893,690	2.05	1,460,455,821
	+40%	1,492,010,013	2,845,893,690	1.91	1,353,883,677
	+50%	1,598,582,156	2,845,893,690	1.78	1,247,311,533
편익 변화	-30%	1,065,721,438	1,992,125,583	1.87	926,404,145
	-20%	1,065,721,438	2,276,714,952	2.14	1,210,993,514
	-10%	1,065,721,438	2,561,304,321	2.40	1,495,582,883
	+10%	1,065,721,438	3,130,483,059	2.94	2,064,761,621
	+20%	1,065,721,438	3,415,072,428	3.20	2,349,350,990
	+30%	1,065,721,438	3,699,661,797	3.47	2,633,940,359
할인율 변화	3.5%	1,025,697,938	2,717,226,205	2.65	1,691,528,267
	4.5%	1,045,613,938	2,781,092,718	2.66	1,735,478,780
	6.5%	1,086,020,438	2,911,635,222	2.68	1,825,614,785
	7.5%	1,106,510,938	2,978,323,418	2.69	1,871,812,480

○ 분석 2-3 (실 사용환경 물류센터, 윙바디용 일괄 하역장비)

표 3.6.86 분석 2-3에 대한 민감도 분석 결과

(단위 : 원, 원, 비율, 원)

구분		총 할인비용	총 할인편익	B/C	NPV
기준 분석 결과		1,190,936,750	3,044,142,537	2.56	1,853,205,787
비용 변화	+10%	1,310,030,425	3,044,142,537	2.32	1,734,112,112
	+20%	1,429,124,100	3,044,142,537	2.13	1,615,018,437
	+30%	1,548,217,775	3,044,142,537	1.97	1,495,924,762
	+40%	1,667,311,450	3,044,142,537	1.83	1,376,831,087
	+50%	1,786,405,125	3,044,142,537	1.70	1,257,737,412
편익 변화	-30%	1,190,936,750	2,130,899,776	1.79	939,963,026
	-20%	1,190,936,750	2,435,314,029	2.04	1,244,377,279
	-10%	1,190,936,750	2,739,728,283	2.30	1,548,791,533
	+10%	1,190,936,750	3,348,556,791	2.81	2,157,620,041
	+20%	1,190,936,750	3,652,971,044	3.07	2,462,034,294
	+30%	1,190,936,750	3,957,385,298	3.32	2,766,448,548
할인율 변화	3.5%	1,146,210,750	2,904,235,362	2.53	1,758,024,612
	4.5%	1,168,466,750	2,973,667,070	2.54	1,805,200,320
	6.5%	1,213,620,750	3,115,668,926	2.57	1,902,048,176
	7.5%	1,236,518,750	3,188,253,403	2.58	1,951,734,653

(6) 운영효과 종합

일괄 하역장비는 기존 지게차에 비해서 약 2~6배의 생산성을 보유하고 있다. 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. 또한 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 3.6.87 편익 항목의 경제적 기대 효과

(단위 : 원)

구분	표준 물류센터			실 사용환경 물류센터		
	범용	전용	윙바디	범용	전용	윙바디
연간 하역 안전사고 감소	1,669,538	1,669,538	1,669,538	1,669,538	1,669,538	1,669,538
톤당 화물차량 체류비용 절감	923	899	970	159	136	206
톤당 하역장비 환경비용 절감	425.7708	426.0965	421.7137	242.9524	243.2781	238.8952
톤당 하역장비 연료비용 절감	889.9781	890.2073	889.3490	508.2106	508.4397	505.3554

분석에서는 운영기간인 30년 동안 수요가 일정하다는 가정 하에 수요 증가는 고려하지 않았으나, 물류센터의 생산성 향상으로 인하여 더 많은 수요의 유치가 가능하다면 더욱 높은 운영효과가 발생할 것으로 예상된다.

(7) 연속적인 작업상황을 고려할 경우 효과 분석

일괄 하역장비 적용 시 현장에서 연속적인 작업 상황을 고려하면 출고화물 파렛트가 상하역 플레이트까지 연계될 수 있도록 하는 인터페이스 장치가 필수적이다.

범용 일괄하역장비를 기준으로, 장비가액을 2억원으로 계상하고 상하역 연계 인터페이스에 대한 추가 투자가 되었을 경우 기존 투입인력(지게차 2명 → 1명) 감소 대비 물류센터 내부에서 지게차로 상하역 플레이트까지 이송하는 투입인력이 추가적으로 감소될 것(지게차 3명 → 1명)으로 전망된다.

○ AS-IS : 도크 → 야드, 야드 → 차량 적재함(2touch)

○ TO-BE: 물류센터 보관 존 → 상하역 연계 I/F → 범용일괄하역장비(상하역 플레이트) (1touch)

이를 고려한 장비 도입 경제성 분석 결과는 다음과 같다.

○ 투자 및 운영비

- 장비가액 2억원, 장비의 내용 연수: 10년으로 계상
- 장비 운영비 : 전기료, 일반운영비, 유지보수비 등
  - 전기비 : 1,800만원/년 (150만원 x 12개월)
  - 일반운영비 : 1,200만원/년 (100만원 x 12개월)
  - 유지보수비 : 2,000만원/년 (장비가액의 10%)
  - 상하역 연계 I/F 유지보수비 : 1,000만원/년 (장비가액의 10%)

○ 편익

- 인건비 절감: 투입인력 3명→ 1명(3,600만원/년/인)
- 운영비 절감 : 10,080만원/년
  - 차량 대기시간 감소 : 30분 감소 (2만원/10분)
  - 일평균 접안 차량 대수 : 6대/dock
  - 연간 차량 운행일수 : 280일
- 기타 비용 절감 : 1,000만원/년

표 3.6.88 플레이트 모델 시나리오 요약연속적인 작업상황을 고려한 경제석분석 결과

구분 (단위: 백만원)		0년	1년	2년	3도	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
장비가액 및 운영비		200	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
상하역 I/F 투자 및 유지보수비		100	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
편익	인건비		72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
	운영비		100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8
	기타비용		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	소계		172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8	172.8
손익분기점 (BEP)		-300	-187.2	-74.4	38.4	151.2	264	376.8	489.6	602.4	715.2	828

제7절 일괄 하역장비 실용화 전략 수립

1. 일괄 하역장비 적용을 위한 비즈니스 모델 개발

가. 일괄 상하역시스템 적용 시나리오 분석

일괄 상하역시스템 적용을 위해 C사에서 운영 중인 물류센터에 대한 상하역 현장 분석을 완료하였으며, 일괄 하역장비별(범용/전용/윙바디차량용) 현장 적용방안을 다음과 같이 수립하였다.

표 3.7.1 일괄 하역장비별 현장적용 방안

구분	화물유형	Issue	적용방안
범용 일괄 하역 장비	Pallet	• 출고대기장 혼잡에 따른 지게차 안전사고 및 화물파손 발생 • 한정된 지게차 활용에 따른 화물 상차시간 및 차량대기시간 증가	• 출고 대기장의 협소한 공간을 고려한 플레이트 설계필요 • 출고정보 업데이트 시 인식 기술을 추가하여 검수 자동화 필요 • 랩핑 작업 없이 화물 적재 및 수송 안정성을 확보할 수 있는 방안 검토
	Box	• 피킹 이후 화물의 이송, 파렛트 적재, 검수에 많은 공수 투입 • 박스단위 화물은 별도의 랩핑 작업이 없어 화물의 안정성 이슈 제기	• 박스단위 화물 출고 시 중간이송 및 차량별 적재 자동화 후 일괄 하역장비와 연계 고려 • 박스단위 화물의 적재 패턴 및 안정성 확보를 위한 방안 마련 필요
	Parcel	• 특정 시간대에 도크가 붐빔 • 박스단위 화물 취급으로 많은 인력 및 시간 투입 • 차량 적재율 저하, 화물 파손 등의 문제점 제기	• 분류 자동화와의 밸런싱 및 적재율 향상을 위해 상차 자동화 필요 • 택배 터미널의 인프라 특성상 접이식, 확장식 등 공간제약을 최소화 • 순차적 자동상차 방식 기술 검토 필요
전용 일괄 하역 장비	Pallet	• 출고대기장의 혼잡으로 인한 지게차 안전사고 및 화물 파손 발생 • 순차적 상하차로 인한 차량대기시간 증가 • 지게차 이동공간 확보로 인한 화물 하차 공간 부족	• 출고대기장의 협소한 공간을 고려한 플레이트 설계 • 비전인식 기술 등을 활용한 검수 자동화 검토 • 별도의 랩핑 없이도 화물의 안정성을 확보할 수 있는 방안 검토 • 설치 및 해체가 용이한 구조로 설계 필요
윙바디 차량용 일괄 하역 장비	Pallet	• 차량을 횡으로 주차하고 지게차를 이용하여 상하차 하는 경우가 많아 도크의 활용성 저하 • 지게차의 동선이 상대적으로 길어 상하역 시 비효율적 • 대부분의 물류센터가 돌출형 도크를 확보하고 있지 않음	• 기존 도크의 변형 없이 적용이 가능하도록 Dual 상차 플레이트 설치 공간 확보 • 범용 일괄하역장비와 차별화를 위해 양방향으로 상차하는 기술 검토 필요

일괄 하역장비 적용을 위한 물류센터 현장 분석 결과에 따라 화물 유형을 4가지로 구분하여 To-Be 프로세스를 설계하였다.

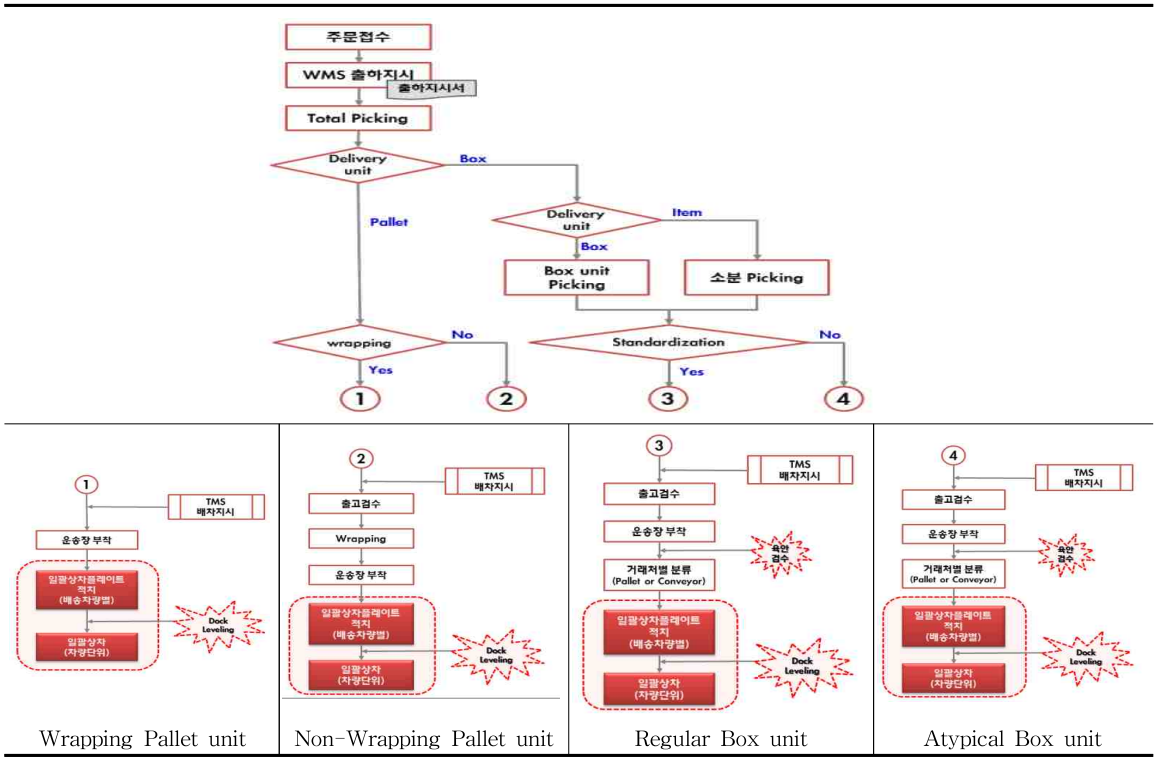


그림 3.7.1 화물 유형별 To-Be 표준 프로세스

나. 상하역 자동화 표준 비즈니스 모델 설계

범용/전용/윙바디차량용 일괄하역장비의 적용 대상별 특성을 분석하고 현장적용을 위한 요구사항을 중심으로 적용 모델을 설계하였다.

표 3.7.2 일괄 하역장비 적용 비즈니스 모델

구분	적용모델	운송차량 종류	고려사항
CL	범용/ 윙바디용	(광역)11ton ~ 40ft 컨테이너 (배송)1ton ~ 11ton 컨테이너	▪ 윙바디, 탑차, 냉장냉동, 컨테이너, 카고 등 차량 종류가 다양 ▪ 돌출형, 접안형 등 Dock 형태에 따라 상하역 장비의 도입방향 도출 필요 ▪ 상품의 하중과 적재형태 고려 필요 ▪ 배송센터의 경우 주로 윙바디 차량이 대부분을 차지 ▪ 1~4.5ton의 경우 박스나 롤테이너 단위 출고가 빈번
	전용	11ton ~ 40ft 컨테이너	▪ 비교적 중량물인 상품으로 구성 ▪ 고정경로 운송(제조↔광역, 광역↔광역) ▪ 상차 시 중량물 취급 난해, 사고위험 高
택배	범용	2.5ton ~ 40ft 컨테이너	▪ 차량 적재함 크기가 다양 ▪ Box단위 화물이 대부분을 차지하며, 화물 크기가 비정형화 되어있음 ▪ 터미널 內 분류 컨베이어와의 원활한 연계 고려 및 기존 인프라 변경 필요
	전용	2.5ton ~ 40ft 컨테이너	▪ CL 물류센터 중 택배와 직접 연계되는 특수 물류센터에 적용 ▪ 박스 단위 화물로 한번에 출고되는 제품의 박스 규격이 대부분 동일 ▪ 화물의 적재 안정성 확보 고려
Bulk	범용	25ton ~	▪ 벌크화물의 특성상 비산먼지에 견딜 수 있도록 내구성에 대한 고려 ▪ 화물 적재 시 붕괴방지를 위한 가이드 필요 ▪ 야적장에서 운영이 가능하도록 설계
	전용	25ton ~	▪ 화물 적재 시 붕괴방지를 위한 가이드 필요 ▪ 벌크화물 일관수송용기를 적재할 수 있도록 플레이트 설계 필요

다. 사례기반 추론엔진(CBR) 개발

본 연구과제를 통해 개발되는 일괄 하역장비는 유사 도입사례가 없는 신기술로 장비 도입 시 적정 도입규모 산출을 위한 툴이 부재한 실정이다. 이에 일괄 하역장비의 신규 도입 사이트에 대한 데이터 기반의 최적 장비도입 규모를 산출하기 위하여 사례기반 추론엔진(CBR모형)을 개발하고 일괄하역장비의 신규 도입 사이트에 대한 최적의 장비도입 규모를 제시할 수 있도록 비즈니스 모델을 개발을 완료하였다.

범용, 전용, 윙바디 차량용 일괄하역장비에 대한 정확한 도입 수량과 최적화된 물류센터 설계를 위한 기초 자료 확보를 목적으로 상하역 장비의 적용사례를 기반으로 최적의 값을 제언해 주기 위한 CBR 모듈을 설계하였다.

정량적인 것 이외에 정성적인 부분을 처리할 수 없기 때문에 사례의 정확성이 떨어지거나 오차가 발생하는 기존 사례기반엔진의 단점을 제거하기 위하여 정성변수를 반영하고 유전자 알고리즘을 활용하여 가중치를 부여하였다. 상하역 자동화 사례기반 추론엔진(CBR)을 통해 상하역 장비 도입을 위한 사례 입력과 출력을 활용하여 사이트별 최적의 장비도입 규모를 제시하였다.(사례 유사도 기준)

(1) 분석 단계

새로운 사례가 들어오면, 유사한 특징을 가진 사례 검출을 위하여 문제가 가진 특징을 검출하기 위해서 입력을 분석을 실시한다. 이러한 특징을 색인이라 부르고 이 단계에서는 색인 추출이 가장 중요한 작업이다. 색인으로 확고히 굳어진 특징 concrete features이나 추상화된 특징 abstract features이 사용되며, 색인추출 index extraction은 매우 복잡한 문제이다.

(2) 검색 단계

분석단계에서 추출된 색인에 근거하여 유사한 사례들을 검색하는 단계이다. 검색된 사례들 중에서 유사도 측정에 의거 유사도가 가장 높아 문제와 가장 비슷하다고 판단되는 사례를 최상의 사례로 선택한다. 검색방법에는 반복 iterative, 병렬 parallel, 제약조건 constraint- satisfaction 모델이 있다. 최상의 사례선택 방법에는 특징에 기반을 둔 우선순위법과 유사도 측정 similar metrics 방법이 있다.

(3) 적용 단계

검출된 최상의 사례에 적용 규칙을 적용하여 문제해결에 필요한 해 solution을 제안한다. 해를 제안함으로써 문제를 해결하기 위한 해를 형성하거나 이전의 문제에서 발생한 실수에 대한 경고를 하기 위함이다.

(4) 검사 단계

적용 단계에서 만들어진 잠정적인 해는 검사 testing, 평가 evaluation, 비판 criticism 되어야 한다. 유사한 환경에서 잠정적인 해를 사용하여 실패한 경우가 있는지, 또는 제안된 해를 시뮬레이션 하여 원하는 결과와 일치하는지를 검사하는 과정이 필요하며, 이 과정이 끝나면 제안된 해를 실세계에 직접 적용하여 결과를 얻는다.

(5) 설명 단계

검사단계에서 제안된 해를 문제에 적용하여 기대한 결과가 나오지 않으면 추후의 사용을 위해 이에 대한 원인분석과 실패이유를 설명해야 한다. 설명을 위한 하나의 방법은 과거에 일어났던 유사한 실패를 찾아 현재의 실패를 설명하는 방법이다.

(6) 메모리 변경

실세계에 해를 제안하여 수행한 결과, 문제를 해결하였을 경우에는 해결된 문제를 새로운 사례로 사례베이스에 저장할 필요가 있다. 사례는 문제, 해 뿐만 아니라 적용에서 만들어진 사례의 정당성도 함께 포함된다. 이 단계는 실제 가장 먼저 최초 사례를 등록하는 절차부터 시작된다.

라. 최적 의사결정을 위한 Rule System 개발

R&D과제, 수요조사 사례, 현장분석결과 및 다양한 비즈니스 모델 사례를 기반으로 범용, 전용, 윙바디차량용 일괄하역장비 비즈니스 모델 적용을 위한 Rule System 개발을 완료하였다.



그림 3.7.2 Rule System 적용 모형

다양한 사례를 기반으로 일괄하역장비 비즈니스 모델 적용을 위해 실 사용환경 구축 사이트에 대한 Rule System을 적용하였다. 상하역 자동화 사례기반 추론엔진(CBR)을 통해 상하역 장비 도입을 위한 사례 입력과 출력을 활용하여 사이트별 최적의 장비도입 규모 및 도입효과를 제시할 수 있도록 개발하였다.



그림 3.7.3 Rule System 등록 및 조회화면

일괄하역장비 실 사용환경 구축 검토 시 축적한 약 30여 건의 사례를 기반으로 Rule System을 활용한 결과는 아래와 같다.

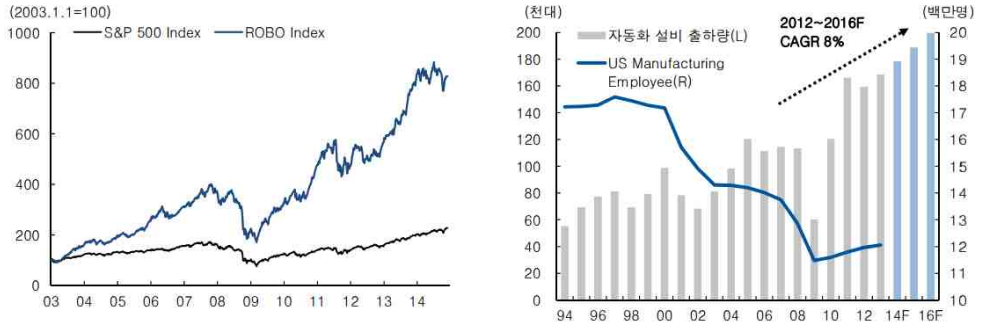
정의		CBR DB(입력변수*가중치)		출력변수(결과)		
유형		Case 1	Case 2	Result 1	Result 2	Result 3
정량	출고량	26,780	4,120	4,120	4,120	4,120
	SKU	1,955	1,380	1,380	1,380	1,380
	운영 차량 수	12,132	19	19	19	19
	운영 차량 규모	11	25	25	25	25
	장비 도입 대수	750	12	12	0	12
	창고면적	4,280	6,420	6,420	6,420	6,420
	Dock 수	16	42	38	42	38
	장비구축비	4,012	1,605	1,605	0	1,605
	절감효과(기대값)	400	160	160	0	160
정성	상품유형	A(식품)	A(식품)	A(식품)	A(식품)	B(의복)
	차량형태	2(일반탑)	2(일반탑)	2(일반탑)	1(윙바디)	2(일반탑)
	상하역 장비 유형	2(범용)	2(범용)	2(범용)	1(윙바디)	2(범용)
	도크형태	2(플랫도크)	2(플랫도크)	1(일반)	2(플랫도크)	1(일반)
CBR값		43,831	16,097	16,092	0	13,754

그림 3.7.4 CBR 모형을 활용한 사례분석

2. 일괄 하역장비 사업화 및 실용화 방안

가. 일괄 하역장비 선택 프로세스 분석

물류장비 시장규모는 세계경제성장률의 영향을 받으며, 특히 글로벌 자동화 설비 지수(ROBO INDEX[28]) 추이를 살펴보면, 글로벌 금융위기인 '08~'09년을 지나 급격하게 증가하였으며, 글로벌 산업용 자동화 장비 출하량 추이 역시 세계경제 연평균 성장률('09~'14년) 2.9%를 약 3배 이상 상회한 8%의 성장률을 보이고 있다.



자료: Bloomberg, KDB대우증권 리서치센터

그림 3.7.5 글로벌 Lift Truck Market

이러한 원인으로는 글로벌 금융위기 이후 기업의 물류경쟁력 확보, 생산가능 인구 절벽등으로 일어나고 있으며, 이는 우리나라 또한 마찬가지일 것으로 예상되어진다. 특히 선진국의 경우 리쇼어링(Reshoring) 현상이 나타나고 있으며, 이를 성공하기 위해서는 자동화가 필수 요건이다.

일괄 하역장비의 시장규모 조사 및 글로벌 물류장비 시장을 분석한 결과 아래 그림과 일괄하역 장비 구매 프로세스를 도출할 수 있다. 제조업이 자동화 및 설비를 투자하기 위한 조건으로 경제성장, 생산가능 인구감소, 인건비 상승이 가장 큰 원인 이였으며, 경쟁력 향상을 위해 자동화 설비 및 off-shoring을 실행하고 있다. 그러나 Off-shoring의 경우 현재 중국 등 동남아시아의 인건비가 과거와 달리 급격하게 증가하고 있어 비용적 효용도가 떨어져 Reshoring 현상이 일어나고 있다. Reshoring을 통한 경쟁력 확보를 위해서는 무엇보다 자동화가 필수적이다. 이러한 상황아래 일괄하역 장비의 시장진입 타이밍은 시기적으로 적절한 것으로 보여진다.

28) ROBO-STOX(Global Robotics and Automation Index): 전세계 로봇 산업과 자동화 설비 관련된 기업들을 이용해 만든 지수(주요 16개국의 85개 기업으로 구성, 미국 40%, 일본24%, 독일 8%, 대만 5% 등으로 구성)

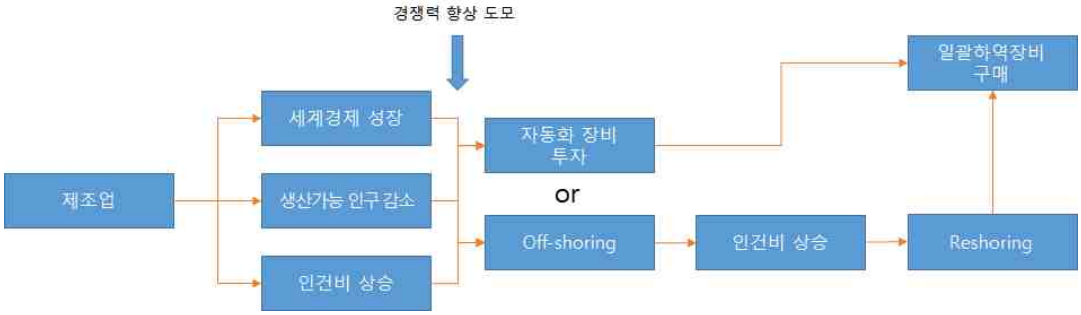


그림 3.7.6 일괄하역장비 선택 프로세스

나. 일괄 하역장비 사업화 및 실용화 방안

본 연구에서 개발한 일괄 하역장비는 국외 유사장비와 비교했을 때, 기능성 및 구조의 간편성, 유지보수 측면에서 우수한 성능을 보인다.

표 3.7.3 해외 기술과의 비교

구 분		기존 국외 장비	일괄 하역장비
범용	플레이트	▪ 플라스틱 판재 사용 ▪ 대형 플라스틱 판 이용(별도 제작) ▪ 플레이트 이동을 위한 별도 롤러 설치	▪ 실린더형 상하 2단 롤러 사용 ▪ 규격화된 롤러 이용(제작 용이) ▪ 상하부 동일 롤러 사용
	막음장치	▪ “출입문” 형태의 대형 구조 ▪ 적재함 공간 활용 부족(소량 적재시) ▪ 유압 구동 방식	▪ “Bar” 형태의 소형 구조 ▪ 적재함 공간 활용 확대(소량 적재시) ▪ 체인 이동 방식
전용	차량 플레이트	▪ 플레이트 일체형 구조 ▪ 구동장치 내,외부 설치 필요 ▪ 처리화물별 체인, 슬랫 등 다양한 유형	▪ 플레이트 모듈식 구조 ▪ 구동장치 내장 ▪ 단일 구조로 모든 화물 처리 가능
	레벵 유지 및 고정장치	▪ 범퍼 및 타이어 고정(차량 형상미 반영) ▪ 차량을 들어올리는 방식(범퍼 상승)	▪ 국내 화물차량형상이 다양하여 범퍼 고정 불가 ▪ 차량을 들어올리지 않아 장비 간소화
윙바디 차량용		-	▪ 세계최초 윙바디 차량 일괄 상차 및 하차 가능 ▪ 세계최초 5분 이내 일괄 하역 가능 ▪ 하역시간 절감으로 대기차량 감소 및 회전율 증가

본 연구에서 소요된 장비 제작비용을 기반으로, 범용 일괄 하역장비의 상용화 시 목표가격을 2억원[29]으로 산정하였다. 현재 ACTIW의 LoadPlate 등 해외 장비의 가격의 약 5억원 수준의 고가임을 감안할 때, 상용화 시 국내는 물론 해외 시장에서도 가격 경쟁력을 충분히 확보 가능하다.

하지만, 1대당 2억이 넘는 가격은 물류센터를 운영하는 중소, 중견 기업이 도입하기에는 무리가 있는 장비이다. 이는 대기업 또한 마찬가지이다. 실 사용환경을 통한 안전성, 효율성 측면에 대한 효과가 입증되었다고 하더라도 환경조건에 따라 다른 결과가 나올 수 있는 리스크를 내재하고 있다. 높은 가격, 효과입증에 대한 불안감 등에 대한 요인들로 인해 기업에서 구입을 통한 장비 구축은 상당히 꺼려질 수 있다.

따라서 일괄하역장비를 도입하는데 있어 기업(구매자)들이 경제적으로 수월할 수 있도록 뒷받침해주는 비즈니스 모델 구축이 필요하다. 가장 대표적으로 리스 및 임대를 통한 확산 전략이다. 리스 및 임대를 통한 장비구입은 기업들 입장에서 비용부분에 있어 가장 많이 절감할 수 있는 방법이다. 이러한 방법은 초기 투자비용뿐만 아니라 장비 유지보수에 대한 부담을 줄일 수 있어 일괄하역장비의 초기 도입 방식에 가장 적합할 것으로 사료된다.

다. 일괄 하역장비 상용화를 위한 신규 수요처 발굴

물류 거점이 점차 대형화, 통합화되면서 운영인력의 수급이 어려워짐에 따라 물류센터 내 자동화를 통한 운영 경쟁력 강화가 시급한 실정이다. 이에 따라 본 연구개발 성과물인 일괄하역장비의 신규 수요처가 될 수 있도록, 참여기관인 CJ대한통운 수도권 대형물류허브센터 설계에 반영될 수 있도록 일괄하역장비의 적극적인 홍보 및 기술이전 협의가 진행 중에 있다. 참여기관에서 구축중인 신규 대형물류센터의 경우 인프라 구조상 창고면적 대비 Dock 수가 부족하여 일괄 상하역을 통한 상차 생산성(회전율) 개선이 필요하다.

29) 실용화 시 고객의 요구에 따라 다양한 제품 라인업을 구성할 수 있도록 일괄 하역장비에서 필요한 다양한 기능을 모듈식으로 개발하며, 장비 양산 시, 본 연구단계에서의 제작비용의 40% 절감 가정(Bed Frame 5천만원, 마찰력 저감형 플레이트 5천만원, 막음장치 2천만원, 구동장치 2천만원, 높이조절장치 2천만원, 제어부 2천만원, 충격완화장치 2천만원)



그림 3.7.7 신규 수요처 발굴

또한 수출용 컨테이너에 활용이 가능한 범용 일괄하역장비의 상용화를 위해 국내 주요 수출품목 제조업체를 대상으로 신규 수요처 발굴 추진이 필요하다. 특히 자동차부품, 합성수지, 합성고무, 타이어, 윤활유 등 대부분의 주요 수출품목의 상차에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

표 3.7.4 주요 품목별 수출 현황

품목명	2015년		2016년		2017년 상반기	
	수출액	증감률	수출액	증감률	수출액	증감률
자동차부품	6,321	△5.8	5,862	△7.3	2,541	△20.3
합성수지	3,877	△6.1	3,531	△8.9	2,185	23.2
집적회로반도체	2,498	24.2	2,761	10.5	1,571	15.0
합성고무	1,322	△24.7	1,296	△1.9	990	67.7
타이어	1,716	△16.9	1,732	1.0	945	8.8
화장품	1,426	37.6	1,819	27.5	945	13.2
편직물	2,092	△13.8	1,878	△10.2	863	△4.9
기타석유화학제품	1,108	△6.8	1,192	7.6	769	34.8
윤활유	1,328	193.8	1,195	△10.0	747	34.6
기타정밀화학원료	598	39.7	1,352	126.1	710	1.0

주 : MTI 4단위, 백만불, 전년 동기 대비
자료 : 지역별 상반기 수출입동향(한국무역협회, 2017.07)

제 4 장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

제1절 목표 달성도

제2절 관련 분야 기여도

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

제1절 목표 달성도

세부 연구 목표 (연구계획서의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
• **범용 일괄 하역장비 기술개발** - 일괄 상차시간 7분 이내 - 실 사용환경 구축 및 시험운영	25	100	- 시제품 기능별 동작테스트 완료 - 일괄 상차시간 7분 이내 달성 및 성능 검증(5회 반복 작동 후 평균시간 및 용량 측정) - A 물류센터 실 사용환경 구축 및 시험운영을 통한 검증
• **전용 일괄 하역장비 기술개발** - 6분 이내 일괄 상하차 기술 설계 - 차량 플레이트 두께 감소 및 경량화 설계	25	100	- 축소모형 제작 및 플레이트 이송 설계속도 6m/min 동작 확인 - 차량 플레이트 설계 높이 100mm 이내 달성으로 두께 감소 - 차량 플레이트 설계중량 1,200kg 이내 달성으로 약 50% 경량화
• **윙바디 차량용 일괄 하역장비 기술개발** - 5분 이내 일괄 상차 - 실 사용환경 구축 및 시험운영	25	100	- 시제품 기능별 동작테스트 완료 - 일괄 상하차 시간 5분 이내 달성 및 성능 검증 - Load Capacity 성능목표 1,000Kg 달성 - B 물류센터 실 사용환경 구축 및 시험운영을 통한 검증
• **일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템 개발** - 장애물 검지장치 및 적재상태 검지장치 개발(7㎤ 단위 장애물 검지, 적재상태 검지 오차율 ±3cm 미만)	25	100	- 장애물 크기 70mm × 70mm × 70mm 검지목표 달성 및 성능 검증 ► 종이/나무/금속 재질 모두 검지 완료 ► 적재함 내부의 5,900mm 깊이에 위치한 장애물을 최소 65mm까지 검지 - 적재상태 검지 오차율 ±3cm 이내 달성 및 성능 검증

- 일괄 하역장비 실시간 작업 및 모니터링을 위한 관리시스템 개발 - 작업이력 관리시스템 개발 - 화물정보, 차량정보 등 기존 WMS, TMS와 연동하여 실시간 정보처리가 가능한 표준 인터페이스 제작			- 운영 현황 및 관리 시스템 개발 완료 ► 일괄 하역장비 작업상황 및 장애상황 등 실시간 모니터링 시스템 구축 - 작업이력 관리시스템 개발 완료 ► 일괄 하역장비의 작업이력 분석 및 통계 데이터 제공 ► 주요 핵심 소모품의 사용이력 관리 및 하역장비 유지보수 관리시스템 개발 - 자동화 정보시스템 연계 완료 ► Legacy System과 물류장비 (센터차량 진입정보 전송장치 , 도크 차량접안정보 전송장치, 전광판, 하역장비 제어기 등) 연계 ► 일괄 하역작업 자동화 운영 지원
합계	100	100	

제2절 관련분야 기여도

본 연구를 통해 개발된 일괄 상하역시스템을 현장에 적용하여 상하역 작업시간 및 트럭 대기시간 감소, 상하역 작업장 및 트럭 대기공간 감소에 따른 공간 효율성 향상 등 물류센터의 상하역 작업 프로세스를 새롭게 정립하여 물류센터 운영개선에 활용할 계획이다. 또한 빈번한 지게차 운행에 따른 안전사고 발생을 줄여 안전한 작업여건을 구축하는 데 기여할 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 냉장/냉동 창고의 냉기손실 감소 등을 통한 에너지 절감 및 탄소배출량 감소에 활용하고, 아울러 상하역 작업 자동화 및 정시 작업을 통한 트럭 운영 효율화를 유도하여 저탄소 녹생성장형 물류센터 구축에 활용할 것이다.

일괄 상하역시스템 적용을 위해서는 물류 취급단위의 표준화가 선행되어야 한다. 본 연구를 통해 개발되는 성과물의 현장 적용을 통해 취급화물의 표준화를 유도하여 물류 전반에 대한 규격화 및 표준화를 촉진하고, 각 산업별, 제품별로 적합한 표준을 설정하여 지속가능성을 극대화함은 물론 국제 물류환경과의 연계로 국제적인 물류경쟁력 확보하는 데 활용할 계획이다.

또한 국내 물류기기 기술력 향상 및 관련 유사분야 확대 적용으로 ①물류센터의 상하역 효율성 향상 및 사고 방지를 위한 기술적 대안 제공, ②선도형 상하역시스템 핵심기술 확보를 통한 물류기기 기술력 향상, ③물류센터 내 AS/RS, 컨베이어 시스템, WMS, TMS 등과의 연계를 통하여 전체 물류센터 자동화의 핵심 요소기술로 활용, ④적재용 플레이트 기술, ULS 핸들링 기술 등의 핵심/요소 기술들이 모듈형식으로 개발되기 때문에 수요처별 각기 다른 요구사항에 적합한 맞춤형 시스템 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구성과의 기여도를 현장적용 및 실용화·제품화, 미래원천기술의 확보 및 신산업 창출방안의 세가지 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

○ 현장적용 및 실용화·제품화

본 연구 진행 시 국내 최대의 물류기업을 공동연구기관에 포함시켜 연차별 산출물에 대한 현장 적용성 검증을 수행하여 기술개발과 고도화를 동시에 추진하며, 다양한 물류환경에 적용할 수 있는 기술개발을 통해 산업확산 추진 및 현장적용을 지원할 수 있다.

또한 물류 상하역 자동화를 위해 3가지 핵심 시스템(범용 일괄 하역장비, 전용 일괄 하역장비, 윙바디차량용 일괄 하역장비)과 요소기술을 적절히 조합하여 현장 적용형 일괄 상하역 시스템 및 연계시스템 상용화를 추진하며, 적재용 플레이트 핵심기술, ULS 핸들

링 핵심기술, 안전장치 및 상태 검지기술 등을 모듈화하여 개발된 기술을 조합하고 물류센터 상하역 구조의 다양성과 기술 변화 방향 및 현장 요구사항을 반영하여 최적화된 일괄 상하역시스템의 상용화 및 확산 추진의 발판으로 활용하고자 한다. 향후 관련 기술이 확산되는 단계에서 시장에서의 선도적인 역할을 수행할 수 있도록 확장성을 고려한 실용화·제품화 추진에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

○ 미래 원천기술 확보

기술개발 컨소시엄 및 관련 연구기관과 협력을 통해 현장과 이론적인 영역을 포괄적으로 반영할 수 있는 기술개발 기반 구축과 ISO 등 국제적인 표준화 동향, 정부의 정책 추진 방향을 감안하여 기술개발을 수행하며, 개발 결과물에 대한 국내외 표준화 활동을 통한 기술 주도권 확보 추진 시 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 해외 제품에 대한 벤치마킹을 통하여 해외에 수출이 가능한 일괄 상하역시스템을 개발하고, 해외 물류장비 시장 진출에도 활용할 계획이다.

○ 신산업 창출

제어 알고리즘 기반의 지식서비스 산업 확대, 센싱 기술을 접목한 AIDC (Automatic Identification and Data Capture) 산업 활성화, 물류센터 내에서 활용하고 있는 다양한 장비를 일괄 제어할 수 있는 알고리즘 개발을 통해 지식서비스로의 확대 추진이 가능할 것이다. 뿐만 아니라 센싱기술, 장비 미세 제어기술을 활용하여 자동화 시스템 산업의 활성화 및 연계기술 기반 신산업 창출이 가능할 것으로 기대된다.

제 5 장 연구개발성과의 활용계획

제1절 요소기술정보

제2절 성과활용 네트워크 정보

제3절 성과정보

제4절 성과활용 정보

제5절 성과활용 계획

제5장 연구개발성과의 활용계획

제1절 요소기술 정보

1. 요소기술 총괄

과제명	해당 기관명	핵심연구성과	요소기술*	정부출연금 (백만원)	기술실시 계약 대상여부 **	비고
화물차량 상하역 시간 단축을 위한 일괄 하역장비 기술 개발	KRRI, (주)웨이브엠, CJ대한통운(주)	범용 일괄 하역장비	1-가. 범용 일괄 하역장비	1,980	대상	
	(주)보우시스템, (주)웨이브엠, KRRI	전용 일괄 하역장비	1-나. 전용 일괄 하역장비	670	대상	
	(주)한성웰텍, KRRI, CJ대한통운(주)	윙바디 차량용 일괄 하역장비	1-다. 윙바디 차량용 일괄 하역장비	1,160	대상	
	(주)웨이브엠, CJ대한통운(주), KMI, KRRI	일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템	1-라. 일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템	1,631	대상	
합 계				5,440		

주 1) 주관연구기관 : 한국철도기술연구원(KRRI)
주 2) 공동연구기관 : CJ대한통운(주), (주)웨이브엠, (주)한성웰텍, (주)보우시스템, 한국해양수산개발원(KMI)

* 요소기술 : R&D 성과물을 구성하는 단위기술로서, 기술이전이나 활용의 대상이 되는 단위 성과물
** 기술실시계약 대상여부 :
- 대상 : 실용화 대상으로 분류된 연구개발기술로 참여기업 등과 기술실시계약 체결 또는 직접 실시대상이 되는 기술
- 비대상 : 실용화 대상으로 분류되지 않은 연구개발기술, 기초연구단계의 연구개발 성과물 등 과제 특성에 따라 기술실시계약이 불필요 하다고 전문기관의 장이 인정하는 경우 등 「국토교통기술 연구개발사업 관리지침」 제51조(기술실시계약) 제2항에 해당되어 기술실시계약 대상에서 제외되는 기술

2. 요소기술

구 분	1-가
요소기술명	범용 일괄 하역장비
기술개요	마찰력 저감형 플레이트를 이용하여 상차 후 플레이트를 제거하는 방식으로 일괄 상차하는 장비
관련 키워드	물류센터, 화물차, 상하역, 일괄, 범용
기술 분류	건설/교통 - 물류기술 - 하역기술
성과물 유형*	□공법/기법 □장비/장치 □재료/자재 □SW ☑시스템 □기준/지침 □기타
기술수명주기**	□기술도입기 ☑기술성장기 □기술성숙기 □기술쇠퇴기

구 분	1-나
요소기술명	전용 일괄 하역장비
기술개요	트럭 적재함이나 컨테이너 내부에 Self 제어 플레이트를 추가하여 일괄 상하역이 가능한 하역장비
관련 키워드	물류센터, 화물차, 상하역, 일괄, 전용
기술 분류	건설/교통 - 물류기술 - 하역기술
성과물 유형*	□공법/기법 □장비/장치 □재료/자재 □SW ☑시스템 □기준/지침 □기타
기술수명주기**	□기술도입기 ☑기술성장기 □기술성숙기 □기술쇠퇴기

구 분	1-다
요소기술명	윙바디 차량용 일괄 하역장비
기술개요	푸쉬 -정렬 통합 장치의 활용을 통하여 윙바디 차량의 측면을 이용하여 일괄상차가 가능한 하역장비
관련 키워드	물류센터, 화물차, 상하역, 일괄, 윙바디
기술 분류	건설/교통 - 물류기술 - 하역기술
성과물 유형*	□공법/기법 □장비/장치 □재료/자재 □SW ☑시스템 □기준/지침 □기타
기술수명주기**	□기술도입기 ☑기술성장기 □기술성숙기 □기술쇠퇴기

구 분	1-라
요소기술명	일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템
기술개요	일괄 하역장비의 효율적인 운영을 위한 물류센터 상하역 작업장 최적 설계 및 표준 인터페이스를 통한 정보시스템 및 자동화장비와의 연계, 하역장비의 운영현황, 이력관리를 위한 운영시스템 및 일괄 하역장비 상태 검지기술
관련 키워드	물류센터, 상하역, 일괄, 운영시스템
기술 분류	건설/교통 - 물류기술 - 물류시스템운영기술
성과물 유형*	□공법/기법 □장비/장치 □재료/자재 ☑SW □시스템 □기준/지침 □기타
기술수명주기**	□기술도입기 ☑기술성장기 □기술성숙기 □기술쇠퇴기

제2절 성과활용 네트워크 정보

요소기술 구분	1-가	요소기술명	범용 일괄 하역장비
구 분		주체명	
연구개발성과 시험·검증기관		한국철도기술연구원, (주)웨이브엠, 한국산업기술시험원	
연구개발성과 수요기업			
연구개발성과 현장적용 기관·업체		CJ대한통운 물류센터	
연구개발성과 추가 R&D(사업비) 투자·자문 기관			

요소기술 구분	1-나	요소기술명	전용 일괄 하역장비
구 분		주체명	
연구개발성과 시험·검증기관		(주)보우시스템, 한국철도기술연구원	
연구개발성과 수요기업			
연구개발성과 현장적용 기관·업체			
연구개발성과 추가 R&D(사업비) 투자·자문 기관			

요소기술 구분	1-다	요소기술명	윙바디 차량용 일괄 하역장비
구 분		주체명	
연구개발성과 시험·검증기관		(주)한성웰텍, (재)부산테크노파크	
연구개발성과 수요기업		CJ대한통운(주), 삼성전자 광주사업장	
연구개발성과 현장적용 기관·업체		CJ대한통운	
연구개발성과 추가 R&D(사업비) 투자·자문 기관			

요소기술 구분	1-라	요소기술명	일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템
구 분		주체명	
연구개발성과 시험·검증기관		CJ대한통운(주), (주)웨이브엡	
연구개발성과 수요기업			
연구개발성과 현장적용 기관·업체		CJ대한통운 물류센터	
연구개발성과 추가 R&D(사업비) 투자·자문 기관			

제3절 성과정보

1. 특허등록

가. 특허등록

No.	요소기술 구분	특허명칭	등록번호	등록일	출원인 (등록권리자)
A-1	1-가	지지부가 구비된 차량용 화물 하역장치	10-1563734	20151021	한국철도기술연구원
A-2	1-가	차량용 화물 하역장치	10-1633912	20160921	한국철도기술연구원
A-3	1-나	차량용 화물 상하역장치	10-1584337	20160105	한국철도기술연구원
A-4	1-나	화물 차량용 레벨 유지장치	10-1584333	20160105	한국철도기술연구원
A-5	1-라	화물의 적재상태 검지시스템 및 이를 이용한 적재상태 검지방법	10-1703256	20170131	한국철도기술연구원, (주)웨이브엠
A-6	1-라	차량 접안 확인 시스템 및 방법	10-1707950	20170213	CJ대한통운(주)
A-7	1-라	적재함 및 장애물검지 시스템 및 이를 이용한 일괄하역방법	10-1717634	20170313	한국철도기술연구원, (주)웨이브엠

나. 특허출원

No.	요소기술 구분	특허명칭	출원번호	출원일	출원인 (등록권리자)
1	1-가	물류 이동 자동화 시스템 및 방법	10-2017-0008248	20170117	CJ대한통운(주)
2	1-다	윙바디 차량용 일괄 하역장치	10-2015-0121535	20150828	(주)한성웰텍, 한국철도기술연구원

2. 학술지 게재

No.	요소기술 구분	SCI/ 일반	논문명	학술지명	ISBN ISSN	주저자 명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재 일자
B-1	1-가	일반	Systematic Development of Cargo Batch Loading and unloading System	International Journal of Advance Logistics	2287 -108X	이석	3	75	85	2014 1001
B-2	1-가	일반	물류센터 범용 일괄하역장비 시장성 분석 및 도입전략 수립	한국산학 기술학회 논문지	1975 -4701	한광희 이석	-	-	-	심사 중
B-3	1-라	일반	집/배송 터미널 입지선정을 위한 MADM 분석 기반 최적의사결정 방법론	한국SCM 학회지	1598 -328X	정성용	15	83	92	2015 0501
B-4	1-라	일반	일괄 하역장비 운영을 위한 하역작업장 설계 및 경제성 분석에 관한 연구	한국항만 경제학회 지	1225 -3855	강무홍 이석	33	1	10	2017 0331
B-5	1-라	일반	물류센터 일괄상하역체계 개선을 위한 설계지원 시뮬레이터	해운물류 연구	1598 -8538	이언경	91	497	519	2016 0901
B-6	1-라	일반	일괄 하역장비의 안전 및 상태 검지기능 자동화 구현방법 개발	한국멀티 미디어 학회 논문지	1229 -7771	박연희	-	-	-	심사 중

3. 소프트웨어 등록

No.	요소기술 구분	SW명칭	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명
E-1	1-라	일괄하역장비 안전 및 상태 검지장치 S/W	2014 1001	이석 외	20150805	C-2015-01844	한국철도기술연구원
E-2	1-라	일괄하역장비 안전 및 상태 검지장치 S/W (ver 2.0)	2017 0308	이석 외	20170321	C-2017-007106	한국철도기술연구원
E-3	1-라	통합운영시스템 서버S/W	2014 1001	이석 외	20150805	C-2015-018142	한국철도기술연구원
E-4	1-라	레거시시스템 (TMS) 연동 클라이언트 S/W	2014 1001	이석 외	20150805	C-2015-01845	한국철도기술연구원
E-5	1-라	물류센터 일괄상하역 시뮬레이터	2015 0830	김우선 외	20150925	C-2015-022804	KMI
E-6	1-라	DB G/W (데이터베이스 게이트웨이)	2015 0630	CJ대한 통운	20150811	C-2015-018597	CJ대한통운
E-7	1-라	일괄하역장비 통합운영시스템 SW	2017 0308	이석 외	20170321	C-2017-007107	한국철도기술연구원

4. 시제품 제작

No.	요소기술 구분	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야
C-1	1-가	범용 일괄 하역장비 축소모형	20140731	한국철도 기술연구원	한국 철도기술 연구원	범용 일괄 하역장비 동작검증
C-2	1-가	범용 일괄 하역장비 시제품	20150921	한국철도 기술연구원	A물류 센터 (경기도 파주시)	실 사용 환경구축을 위한 범용 일괄 하역장비 시제품 기능점검

C-3	1-가	범용 일괄 하역장비 보조장치 (충격 완화 장치)	20150630	한국철도 기술연구원	A물류 센터 (경기도 파주시)	컨테이너와 상하역 장비 도킹 시 충격 완화 및 흡수
C-4	1-나	전용 일괄 하역장비 축소모형	20140731	(주)보우 시스템	B물류 센터 (경기도 이천시)	전용 일괄 하역장비 동작검증
C-5	1-다	윙바디 차량용 일괄 하역장비 축소모형	20140731	(주)한성웰텍	B물류 센터 (경기도 이천시)	윙바디 차량용 일괄 하역장비 동작검증
C-6	1-다	윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품	20161010	(주)한성웰텍	한성웰텍 기술 연구소 C동	실 사용 환경구축을 위한 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 기능점검
C-7	1-라	적재상태 검지장치	20160930	(주)웨이브엠	A물류 센터 (경기도 파주시)	화물의 적재불량 및 화물 차량 적재 불량 검지
C-8	1-라	적재함 내부 장애물 검지장치	20160930	(주)웨이브엠	A물류 센터 (경기도 파주시)	적재장소 장애물 검지 및 화물의 체적측정
C-9	1-라	바코드 인식 장치	20160930	(주)웨이브엠	A물류 센터 (경기도 파주시)	상차 작업 전 바코드를 이용한 검수로 하역작업 자동화 구현

5. 현장시험

No.	요소기술 구분	현장시험명	시험일	시험장소	주요내용
D-1	1-가	범용일괄 하역장비 성능 및 안전성 테스트	20140711	B물류센터 (경기도 이천시)	• 범용 일괄하역장비 축소모형 기본 구동 테스트 • 범용 일괄하역장비 축소모형 안전 및 상태 테스트
D-2	1-가	범용 일괄 하역장비 시제품 성능시험	20160809 ~20160811	화신강업	• 범용 일괄 하역장비 시제품 현장적용에 앞서 요구성능 달성 여부 평가 (성능검증)
D-3	1-나	전용일괄 하역장비 성능 및 안전성 테스트	20140711	B물류센터 (경기도 이천시)	• 전용 일괄하역장비 축소모형 기본 구동 테스트 • 전용 일괄하역장비 축소모형 안전 및 상태 테스트
D-4	1-다	윙바디 차량용일괄 하역장비 성능 및 안전성 테스트	20140711	B물류센터 (경기도 이천시)	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 축소모형 기본 구동 테스트 • 윙바디 차량용 일괄 하역장비 축소모형 안전 및 상태 테스트
D-5	1-다	윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 기능 작동 시험	20170119	한성웰텍(주)	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 현장적용에 앞서 요구성능 달성 여부 평가 (성능검증) • 시제품 기능별 동작 테스트
D-6	1-다	윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 성능시험 (시간)	20170119	한성웰텍(주)	• 윙바디 차량용 일괄 하역장비 시제품 현장적용에 앞서 요구성능 달성 여부 평가 (성능검증) • 일괄 상하차 시간 계측 및 성능 평가

제4절 성과활용 정보

구분	1-가	요소기술명	범용 일괄 하역장비

※ 본 보고서에서 사용하는 “성과의 활용”이란 용어는 아래와 같은 의미를 가지고 있습니다.

> “국토교통 R&D 성과의 활용“ 이란?
> 국토교통 R&D 성과가 산업적 활용을 통해 부가가치를 창출하거나 공공적 활용을 통해 공익에 기여하는 경우에 대해 <활용되었다>고 판단합니다. 본 조사에서는 사업화/기업화에 의한 제품의 매출발생, 입찰 및 발주 절차를 거친 공법 등의 실제 공사 현장적용을 성과 활용으로 분류하고 있습니다. 다만 R&D의 목적이 법/기준/지침 마련인 경우, 법/기준/지침의 반영을 성과 활용으로 분류합니다.

1. 위 내용을 고려하였을 때 현재시점(R&D 종료)에서 귀 기관의 R&D 성과물은 그 성과가 활용되었습니까? (2)
   1. 예, 활용되었습니다. 2. 아니오, 활용되지 않았습니다.

2. 귀 기관이 수행한 건설교통 R&D 사업의 종료 후, 성과물이 활용되기까지 거쳐야 하는 프로세스를 <보기>와 같은 단계로 정의하였습니다. 귀 기관의 R&D 성과물의 활용프로세스 상 현재 단계를 표시하여 주십시오.

<보기> R&D사업 종료 후 성과 활용에 이르는 단계

단계	단 계 명(R&D 종료시점)	단 계 정 의
Ⅰ	기술 개발 단계 □완료	국가 R&D 사업을 통해 연구개발이 완료된 단계
Ⅱ	기술 검증·보완 단계 □준비 ☑진행중 □완료	시제품 제작, 현장시험적용 등을 통해 기술을 검증하고 보완하여 기술적 완성도를 높이는 단계
Ⅲ	실용화 추진 단계(마케팅) □준비 □진행중	제품판매 및 공사수주를 위한 마케팅(제안·홍보·입찰 등) 단계
Ⅳ	시장수용 단계 □초기발생 □지속발생	제품 판매나 공사 수주를 통해 실제 매출이 발생하는 단계

3. 위 2에서 Ⅰ~Ⅲ단계라고 응답한 경우, R&D 성과물을 활용하기 위해 지속적인 활동을 진행하실 예정입니까?(1)
   1. 예, 계속 활용을 추진할 예정입니다. 2. 아니오, 활용추진을 중단하였습니다.

4. 귀 기관이 위 2번에서 응답한 단계까지 수행한 주요 활동내용을 구체적으로 설명해 주십시오.
   ※ 만약 귀 기관이 위 2번에서 Ⅲ단계라고 응답한 경우, Ⅰ단계, Ⅱ단계, Ⅲ단계의 주요 활동내용(주체, 시기, 산출물이나 공사명 등을 구체적으로 기입)을 작성해 주십시오.
   ※ 수행한 주요 활동내용을 기재하시고 B. 성과 및 활용정보에서 기재한 활용성과 번호를 함께 기재해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용
Ⅰ	기술 개발 단계	연구개발 목표 달성
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	실험실에서 Proto-Type을 제작하여 기술호환성을 보완한 후 CJ 대한통운과 함께 현장적용 진행
Ⅲ	실용화 추진 단계	
Ⅳ	시장 수용 단계	

구분	1-나	요소기술명	전용 일괄 하역장비

※ 본 보고서에서 사용하는 “성과의 활용”이란 용어는 아래와 같은 의미를 가지고 있습니다.

“국토교통 R&D 성과의 활용“ 이란?

국토교통 R&D 성과가 산업적 활용을 통해 부가가치를 창출하거나 공공적 활용을 통해 공익에 기여하는 경우에 대해 <활용되었다>고 판단합니다. 본 조사에서는 사업화/기업화에 의한 제품의 매출발생, 입찰 및 발주 절차를 거친 공법 등의 실제 공사 현장적용을 성과 활용으로 분류하고 있습니다. 다만 R&D의 목적이 법/기준/지침 마련인 경우, 법/기준/지침의 반영을 성과 활용으로 분류합니다.

1. 위 내용을 고려하였을 때 현재시점(R&D 종료)에서 귀 기관의 R&D 성과물은 그 성과가 활용되었습니까? (2)

1. 예, 활용되었습니다. 2. 아니오, 활용되지 않았습니다.

2. 귀 기관이 수행한 건설교통 R&D 사업의 종료 후, 성과물이 활용되기까지 거쳐야 하는 프로세스를 <보기>와 같은 단계로 정의하였습니다. 귀 기관의 R&D 성과물의 활용프로세스 상 현재 단계를 표시하여 주십시오.

<보기> R&D사업 종료 후 성과 활용에 이르는 단계

단계	단 계 명(R&D 종료시점)	단 계 정 의
Ⅰ	기술 개발 단계 □완료	국가 R&D 사업을 통해 연구개발이 완료된 단계
Ⅱ	기술 검증・보완 단계 □준비 ☑진행중 □완료	시제품 제작, 현장시험적용 등을 통해 기술을 검증하고 보완하여 기술적 완성도를 높이는 단계
Ⅲ	실용화 추진 단계(마케팅) □준비 □진행중	제품판매 및 공사수주를 위한 마케팅(제안·홍보・입찰 등) 단계
Ⅳ	시장수용 단계 □초기발생 □지속발생	제품 판매나 공사 수주를 통해 실제 매출이 발생하는 단계

3. 위 2에서 Ⅰ~Ⅲ단계라고 응답한 경우, R&D 성과물을 활용하기 위해 지속적인 활동을 진행하실 예정입니까?(1)

1. 예, 계속 활용을 추진할 예정입니다. 2. 아니오, 활용추진을 중단하였습니다.

4. 귀 기관이 위 2번에서 응답한 단계까지 수행한 주요 활동내용을 구체적으로 설명해 주십시오.

※ 만약 귀 기관이 위 2번에서 Ⅲ단계라고 응답한 경우, Ⅰ단계, Ⅱ단계, Ⅲ단계의 주요 활동내용(주체, 시기, 산출물이나 공사명 등을 구체적으로 기입)을 작성해 주십시오.

※ 수행한 주요 활동내용을 기재하시고 B. 성과 및 활용정보에서 기재한 활용성과 번호를 함께 기재해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용
Ⅰ	기술 개발 단계	연구개발 목표 달성
Ⅱ	기술 검증・보완 단계	실험실에서 Proto-Type을 제작하여 기술호환성을 보완한 후 현장적용 진행
Ⅲ	실용화 추진 단계	
Ⅳ	시장 수용 단계	

구분	1-다	요소기술명	윙바디 차량용 일괄 하역장비

※ 본 보고서에서 사용하는 “성과의 활용”이란 용어는 아래와 같은 의미를 가지고 있습니다.

“국토교통 R&D 성과의 활용“ 이란?

국토교통 R&D 성과가 산업적 활용을 통해 부가가치를 창출하거나 공공적 활용을 통해 공익에 기여하는 경우에 대해 <활용되었다>고 판단합니다. 본 조사에서는 사업화/기업화에 의한 제품의 매출발생, 입찰 및 발주 절차를 거친 공법 등의 실제 공사 현장적용을 성과 활용으로 분류하고 있습니다. 다만 R&D의 목적이 법/기준/지침 마련인 경우, 법/기준/지침의 반영을 성과 활용으로 분류합니다.

1. 위 내용을 고려하였을 때 현재시점(R&D 종료)에서 귀 기관의 R&D 성과물은 그 성과가 활용되었습니까? (2)

1. 예, 활용되었습니다. 2. 아니오, 활용되지 않았습니다.

2. 귀 기관이 수행한 건설교통 R&D 사업의 종료 후, 성과물이 활용되기까지 거쳐야 하는 프로세스를 <보기>와 같은 단계로 정의하였습니다. 귀 기관의 R&D 성과물의 활용프로세스 상 현재 단계를 표시하여 주십시오.

<보기> R&D사업 종료 후 성과 활용에 이르는 단계

단계	단 계 명(R&D 종료시점)	단 계 정 의
Ⅰ	기술 개발 단계 □완료	국가 R&D 사업을 통해 연구개발이 완료된 단계
Ⅱ	기술 검증・보완 단계 □준비 ☑진행중 □완료	시제품 제작, 현장시험적용 등을 통해 기술을 검증하고 보완하여 기술적 완성도를 높이는 단계
Ⅲ	실용화 추진 단계(마케팅) □준비 □진행중	제품판매 및 공사수주를 위한 마케팅(제안·홍보・입찰 등) 단계
Ⅳ	시장수용 단계 □초기발생 □지속발생	제품 판매나 공사 수주를 통해 실제 매출이 발생하는 단계

3. 위 2에서 Ⅰ~Ⅲ단계라고 응답한 경우, R&D 성과물을 활용하기 위해 지속적인 활동을 진행하실 예정입니까?(1)

1. 예, 계속 활용을 추진할 예정입니다. 2. 아니오, 활용추진을 중단하였습니다.

4. 귀 기관이 위 2번에서 응답한 단계까지 수행한 주요 활동내용을 구체적으로 설명해 주십시오.

※ 만약 귀 기관이 위 2번에서 Ⅲ단계라고 응답한 경우, Ⅰ단계, Ⅱ단계, Ⅲ단계의 주요 활동내용(주체, 시기, 산출물이나 공사명 등을 구체적으로 기입)을 작성해 주십시오.

※ 수행한 주요 활동내용을 기재하시고 B. 성과 및 활용정보에서 기재한 활용성과 번호를 함께 기재해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용
Ⅰ	기술 개발 단계	연구개발 목표 달성
Ⅱ	기술 검증・보완 단계	실험실에서 Proto-Type을 제작하여 기술호환성을 보완한 현장적용 진행
Ⅲ	실용화 추진 단계	
Ⅳ	시장 수용 단계	

구분	1-라	요소기술명	일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템

※ 본 보고서에서 사용하는 “성과의 활용”이란 용어는 아래와 같은 의미를 가지고 있습니다.

“국토교통 R&D 성과의 활용“ 이란?

국토교통 R&D 성과가 산업적 활용을 통해 부가가치를 창출하거나 공공적 활용을 통해 공익에 기여하는 경우에 대해 <활용되었다>고 판단합니다. 본 조사에서는 사업화/기업화에 의한 제품의 매출발생, 입찰 및 발주 절차를 거친 공법 등의 실제 공사 현장적용을 성과 활용으로 분류하고 있습니다. 다만 R&D의 목적이 법/기준/지침 마련인 경우, 법/기준/지침의 반영을 성과 활용으로 분류합니다.

1. 위 내용을 고려하였을 때 현재시점(R&D 종료)에서 귀 기관의 R&D 성과물은 그 성과가 활용되었습니까? (2)

1. 예, 활용되었습니다. 2. 아니오, 활용되지 않았습니다.

2. 귀 기관이 수행한 건설교통 R&D 사업의 종료 후, 성과물이 활용되기까지 거쳐야 하는 프로세스를 <보기>와 같은 단계로 정의하였습니다. 귀 기관의 R&D 성과물의 활용프로세스 상 현재 단계를 표시하여 주십시오.

<보기> R&D사업 종료 후 성과 활용에 이르는 단계

단계	단 계 명(R&D 종료시점)	단 계 정 의
Ⅰ	기술 개발 단계 □완료	국가 R&D 사업을 통해 연구개발이 완료된 단계
Ⅱ	기술 검증·보완 단계 □준비 ☑진행중 □완료	시제품 제작, 현장시험적용 등을 통해 기술을 검증하고 보완하여 기술적 완성도를 높이는 단계
Ⅲ	실용화 추진 단계(마케팅) □준비 □진행중	제품판매 및 공사수주를 위한 마케팅(제안·홍보·입찰 등) 단계
Ⅳ	시장수용 단계 □초기발생 □지속발생	제품 판매나 공사 수주를 통해 실제 매출이 발생하는 단계

3. 위 2에서 Ⅰ~Ⅲ단계라고 응답한 경우, R&D 성과물을 활용하기 위해 지속적인 활동을 진행하실 예정입니까?(1)

1. 예, 계속 활용을 추진할 예정입니다. 2. 아니오, 활용추진을 중단하였습니다.

4. 귀 기관이 위 2번에서 응답한 단계까지 수행한 주요 활동내용을 구체적으로 설명해 주십시오.

※ 만약 귀 기관이 위 2번에서 Ⅲ단계라고 응답한 경우, Ⅰ단계, Ⅱ단계, Ⅲ단계의 주요 활동내용(주체, 시기, 산출물이나 공사명 등을 구체적으로 기입)을 작성해 주십시오.

※ 수행한 주요 활동내용을 기재하시고 B. 성과 및 활용정보에서 기재한 활용성과 번호를 함께 기재해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용
Ⅰ	기술 개발 단계	연구개발 목표 달성
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	일괄 하역장비 현장적용 시 함께 도입하여 기술 검증 및 보완 실시
Ⅲ	실용화 추진 단계	
Ⅳ	시장 수용 단계	

제5절 성과활용 계획

구분	1-가	요소기술명	범용 일괄 하역장비 기술

1. 동 연구개발성과의 향후 5년간(활용보고서 제출 기간) 성과활용 목표·계획을 표기해 주십시오.

단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
Ⅰ	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계
	□ 준비 ☑ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 ☑ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료
Ⅲ	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	□ 준비 □ 진행중	☑ 준비 □ 진행중	□ 준비 ☑ 진행중	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중
Ⅳ	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	☑ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 ☑ 지속발생

2. 귀 기관이 위 1번에서 응답한 활용계획의 주요 활동내용(예정/기획)을 구체적으로 설명해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용			
		주체*	성과물**/개수	시기	내용
Ⅰ	기술 개발 단계	-	-	R&D종료시점	R&D 기간 내 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	한국철도기술연구원	현장시험적용/1대	~종료후 2년	국내 물류센처 시험적용
Ⅲ	실용화 추진 단계	한국철도기술연구원	제품홍보/1회 사업화·제품화/1개	~종료후 3년	박람회 등 기술전시 및 상용제품 제작
Ⅳ	시장 수용 단계	한국철도기술연구원	현장적용 3회	~종료후 5년	물류센터 실 수요처 현장 적용

* 주체: 연구주관기관(연구책임자)과 함께 Co-Work을 진행하는 기업/기관명
** 성과물: 각 단계별 성과활용 과정에서 발생한 성과물(예: 시험적용, 시제품, 현장적용 등)

3. 귀 기관의 R&D 성과물을 활용하기 위해서는 기준이나 지침의 제·개정이 필요합니까? (2)
1, 예, 필요합니다. 2. 아니오, 필요하지 않습니다.

4. 위 3에서 1번이라고 응답한 경우, 향후 기준/지침 채택을 위한 세부적인 활동 계획을 설명해 주십시오.

구 분 (설계기준/시방서/지침)	활용구분 (신규/개선)	내용

구분	1-나	요소기술명	전용 일괄 하역장비 기술

1. 동 연구개발성과의 향후 5년간(활용보고서 제출 기간) 성과활용 목표·계획을 표기해 주십시오.

단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
Ⅰ	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계
	□ 준비 ☑ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 ☑ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료
Ⅲ	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	□ 준비 □ 진행중	☑ 준비 □ 진행중	□ 준비 ☑ 진행중	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중
Ⅳ	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	☑ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 ☑ 지속발생

2. 귀 기관이 위 1번에서 응답한 활용계획의 주요 활동내용(예정/기획)을 구체적으로 설명해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용			
		주체*	성과물**/개수	시기	내용
Ⅰ	기술 개발 단계	-	-	R&D종료시점	R&D 기간 내 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	한국철도기술연구원	현장시험적용/1대	~종료후 2년	국내 물류센처 시험적용
Ⅲ	실용화 추진 단계	한국철도기술연구원	제품홍보/1회 사업화·제품화/1개	~종료후 3년	박람회 등 기술전시 및 상용제품 제작
Ⅳ	시장 수용 단계	한국철도기술연구원	현장적용 3회	~종료후 5년	물류센터 실 수요처 현장 적용

* 주체: 연구주관기관(연구책임자)과 함께 Co-Work을 진행하는 기업/기관명
** 성과물: 각 단계별 성과활용 과정에서 발생한 성과물(예: 시험적용, 시제품, 현장적용 등)

3. 귀 기관의 R&D 성과물을 활용하기 위해서는 기준이나 지침의 제·개정이 필요합니까? ( )
1, 예, 필요합니다. 2. 아니오, 필요하지 않습니다.

4. 위 3에서 1번이라고 응답한 경우, 향후 기준/지침 채택을 위한 세부적인 활동 계획을 설명해 주십시오.

구 분 (설계기준/시방서/지침)	활용구분 (신규/개선)	내용

구분	1-다	요소기술명	윙바디 차량용 일괄 하역장비

1. 동 연구개발성과의 향후 5년간(활용보고서 제출 기간) 성과활용 목표·계획을 표기해 주십시오.

단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
Ⅰ	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	☑ 완료	☑ 완료	☑ 완료	☑ 완료	☑ 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계
	☐ 준비 ☑ 진행중 ☐ 완료	☐ 준비 ☑ 진행중 ☐ 완료	☐ 준비 ☑ 진행중 ☐ 완료	☐ 준비 ☐ 진행중 ☑ 완료	☐ 준비 ☐ 진행중 ☑ 완료
Ⅲ	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	☑ 준비 ☐ 진행중	☑ 준비 ☐ 진행중	☑ 준비 ☐ 진행중	☑ 준비 ☐ 진행중	☐ 준비 ☑ 진행중
Ⅳ	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	☐ 초기발생 ☐ 지속발생	☐ 초기발생 ☐ 지속발생	☐ 초기발생 ☐ 지속발생	☐ 초기발생 ☐ 지속발생	☐ 초기발생 ☐ 지속발생

2. 귀 기관이 위 1번에서 응답한 활용계획의 주요 활동내용(예정/기획)을 구체적으로 설명해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용			
		주체*	성과물**/개수	시기	내용
Ⅰ	기술 개발 단계	-	-	R&D종료시점	R&D 기간 내 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	-	현장시험/2회	~종료후 3년	Testbed 적용 추진
Ⅲ	실용화 추진 단계	-	사업화·제품화/1개	~종료후 5년	Testbed 적용 업체 입찰 추진
Ⅳ	시장 수용 단계	-	-	-	-

* 주체: 연구주관기관(연구책임자)과 함께 Co-Work을 진행하는 기업/기관명
** 성과물: 각 단계별 성과활용 과정에서 발생한 성과물(예: 시험적용, 시제품, 현장적용 등)

3. 귀 기관의 R&D 성과물을 활용하기 위해서는 기준이나 지침의 제·개정이 필요합니까? (2)
1, 예, 필요합니다. 2. 아니오, 필요하지 않습니다.

4. 위 3에서 1번이라고 응답한 경우, 향후 기준/지침 채택을 위한 세부적인 활동 계획을 설명해 주십시오.

구 분 (설계기준/시방서/지침)	활용구분 (신규/개선)	내용

구분	1-라	요소기술명	일괄 하역장비 상태 검지기술 및 운영시스템

1. 동 연구개발성과의 향후 5년간(활용보고서 제출 기간) 성과활용 목표·계획을 표기해 주십시오.

단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
Ⅰ	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계	기술 검증·보완 단계
	□ 준비 ☑ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 ☑ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료
Ⅲ	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	□ 준비 □ 진행중	☑ 준비 □ 진행중	□ 준비 ☑ 진행중	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중
Ⅳ	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	☑ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 ☑ 지속발생

2. 귀 기관이 위 1번에서 응답한 활용계획의 주요 활동내용(예정/기획)을 구체적으로 설명해 주십시오.

단계	단계명	주요 활동내용			
		주체*	성과물**/개수	시기	내용
Ⅰ	기술 개발 단계	-	-	R&D종료시점	R&D 기간 내 완료
Ⅱ	기술 검증·보완 단계	한국철도기술연구원	현장시험적용/1대	~종료후 2년	국내 물류센처 시험적용
Ⅲ	실용화 추진 단계	한국철도기술연구원	제품홍보/1회 사업화·제품화/1개	~종료후 3년	상용 프로그램 제작
Ⅳ	시장 수용 단계	한국철도기술연구원	현장적용 3회	~종료후 5년	물류센터 실 수요처 현장 적용

* 주체: 연구주관기관(연구책임자)과 함께 Co-Work을 진행하는 기업/기관명
** 성과물: 각 단계별 성과활용 과정에서 발생한 성과물(예: 시험적용, 시제품, 현장적용 등)

3. 귀 기관의 R&D 성과물을 활용하기 위해서는 기준이나 지침의 제·개정이 필요합니까? (2)
1, 예, 필요합니다. 2. 아니오, 필요하지 않습니다.

4. 위 3에서 1번이라고 응답한 경우, 향후 기준/지침 채택을 위한 세부적인 활동 계획을 설명해 주십시오.

구 분 (설계기준/시방서/지침)	활용구분 (신규/개선)	내용

제 6 장 연구과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제6장 연구과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

Industry 4.0 트렌드에 기초하여, 세계적으로 물류의 정확성과 공급의 유연성에 대한 요구가 증가하고 있는 추세이다. Intra Logistics에 대한 요구의 증가와(지능형, 연결성, 유연성 신속성, 효율성 기능 강조) 스마트 공급망 솔루션의 강조(용기 자체의 통신시스템, 랙과 통신시스템의 정보교환 및 처리 등)에 따라, 해외 물류관련 기관에서는 하역작업의 자동화를 위한 로봇시스템 등을 통하여 인건비 등 비용 감소, 안전사고 해소를 추진하고 있다.

COPAL사의 Container Stripper & Palletizer System은 컨테이너에서 박스화물을 Gripper를 활용하여 하역하고, 파렛타이저와 결합하여 파렛트 화물로 만들어 핸들링할 수 있는 장비를 개발하였다. 주로 박스 화물로 이루어진 택배의 하역작업 무인 자동화를 위한 하역 로봇시스템 개발에 참고가 될 모델이다.



그림 6.1.1 COPAL사의 Container Stripper & Palletizer System

하역장비 분야의 세계적인 기업인 Joloda사에서는 스케이트 시스템, 공압을 이용한 Hydraroll, Moving Floor System, 컨테이너 Loading System 등 다양한 반자동 하역장비를 개발하였다.



그림 6.1.2 Joloda사의 하역장비

적재 자동화 기술은 더욱 신속한 처리와 인공지능을 통한 최적으로 운영될 수 있게 진화하고 있는 것으로 판단된다.

Auto Store사의 적재시스템은 고가의 상품을 신속하게 처리할 때 사용되고 있으며, 현재 한국에서도 면세점 물류창고에 투입되어 운용되고 있다.



그림 6.1.3 Auto Store사의 적재시스템

홈쇼핑이나 인터넷 쇼핑이 증가하면서, 소량의 제품을 빠른 속도로 핸들링하여 배송하기 위한 무인 자동화시스템인 셔틀시스템도 최근 각광받고 있으며, 독일을 비롯한 많은 물류장비 기업에서 셔틀시스템을 개발하고 있다.



그림 6.1.4 셔틀시스템

창고 내 무인 이송장비인 AGV 기술이 인공지능화 되어 진화되고 있으며, IoT 기술과 접목되어 AGV가 다양한 정보들을 제공/수집하여 다양한 작업을 수행하고 있다.

SSI Schaefer사의 AGV 시스템은 실제 의류창고에서 IoT기술을 기반으로 다양한 옷들을 구분하여 적재적소에 이송하고 있다.



그림 6.1.5 AGV 기술

무인지게차 기술은 작고 가벼워 좁은 통로에서 이동이 용이하며 정밀한 센서를 바탕으로 다른 장비와의 충돌을 회피할 수 있으며, 에너지 효율적이고 고단 적재가 가능한 기술로 진화되고 있다.

Toyota사와 JUNGHEINRICH사의 지게차는 전기기반의 에너지 효율적인 엔진을 바탕으로 좁은 통로에서 고단적재 작업이 가능한 기술을 가지고 있다.



[TOYOTA사] [JUNGHEINRICH사]

그림 6.1.6 무인지게차 기술

적재함 높이 조절이 가능한 트럭은 다양한 환경에서 유연하게 사용할 수 있어, 상하역작업의 편의성을 높이는 기술이다.



그림 6.1.7 높이 조절형 트럭

독일의 국책연구소 Fraunhofer IML에서 개발한 샤시 기반 자동 화물 적재시스템은 두 개의 샤시 핸들러를 이용하여, 상단 샤시 핸들러로 상단의 화물들을 지지하여 하단의 핸들러로 원하는 화물을 취급할 수 있다. 전통적인 First-In First-Out 적재시스템에서 원하는 화물을 취급하기 위해서는 상단에 적재되어 있는 화물들의 재 취급이 요구되어지나, 본 시스템은 이를 해소할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 항만 또는 내륙 물류거점의 컨테이너 적재시스템에 적용 가능한 시스템으로, 고중량의 화물을 처리할 수 있는 기술이 필요할 것으로 판단된다.

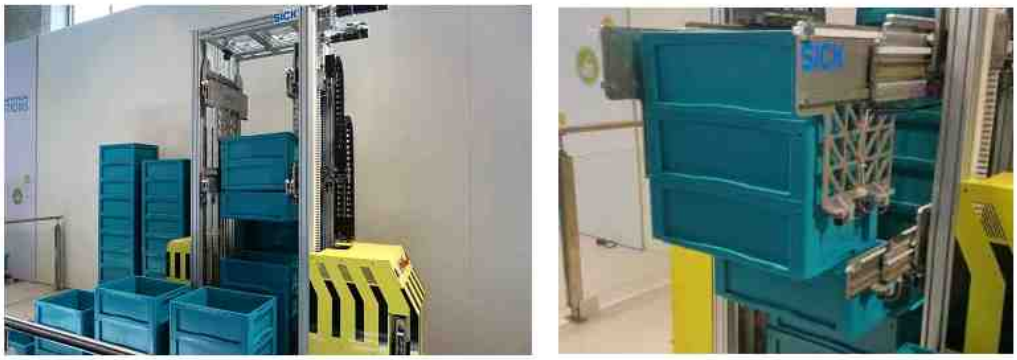


그림 6.1.8 샤시 기반 자동 화물 적재 시스템

제 7 장 연구개발성과의 보안등급

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

제 11 장 참고문헌

제7장 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		○
결정 사유	-	

제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적

제1절 연구실 안전조치 이행계획

1. 연구실 안전 점검 체계

연구실 안전 점검 체계는 아래 표 9.1.1과 같이 일상점검, 자체 안전검검, 정기점검 및 정밀안전진단으로 이루어진다. 본 연구개발과제 수행간 연구실 안전 점검 체계에 따라 연구실 안전조치 이행계획을 수립하고 실천하여 안전한 연구개발을 진행하였다.

표 9.1.1 연구실 안전 점검 체계

구 분	1. 일상점검	2. 자체 안전점검	3. 정기점검 및 정밀안전진단
점검시기 / 기간	연구활동 실시 전	분기 1회 이상	연 1회 이상
점검자	연구황동 종사자	실험실 안전관리자	외부 점검기간
점검방법	육안검사 후 체크리스트 작성	기계, 전기 등 전문분야 점검	전문장비를 이용하여 정밀점검 실시
점검결과 / 개선활동	체크리스트 / 자체 개선활동 실시	점검 후 지적사항에 대해 개선활동 실시	점검 후 지적사항에 대해 개선활동 실시

2. 연구실 안전조치 이행계획

본 연구개발과제를 수행함에 있어서 연구실의 안전을 유지관리하기 위해 '연구실 안전 환경 조성에 관한 법률'에 의거하여 연구실내 안전관리조직체계 정비 및 주기적 안전점검을 실시하였다. 실험실의 안전을 확보하고 종사자의 건강을 보호하여 실험 및 연구활동에 기여하고, '연구실 안전 환경 조성에 관한 법률'에 의거하여 실험실의 환경안전교육이 의무화됨에 따라 연구 관련자 전원은 환경안전교육을 의무적으로 수강하였다.

또한 연구자의 건강 보호를 위하여 매년 1회 인근병원의 건강검진을 실시하였다. 연구실의 안전사고 및 중대 연구실 사고를 사전에 방지하기 위해, 사고발생 시 긴급대처 및 후속 대책 수립을 할 수 있도록 안전조치 계획을 마련하였다.

제2절 연구실 안전조치 이행 실적

1. 위험 요소 분석

본 연구개발과제의 기술개발은 장치 및 설비 혹은 소프트웨어의 개발로 연구실에서 장치 및 설비의 설치 및 실험간에 위험요소가 있으며, 현장시험, 실 사용환경 구축 및 운영간에 위험요소가 존재하였다. 특히, 인간공학적 요인 및 사회심리적 요인에 의한 위험요소에 노출될 위험이 높아서 실험전 안전교육을 강화하고, 연구 종사자들은 정기적인 환경안전교육을 이수하였다. 또한 연 1회 검강검진을 통해 개인별 건강을 점검하여 연구개발 수행간에 안전사고를 예방하였다.

2. 안전 관리 대책

가. 인간공학적 요인 안전 관리 대책

○ 작업자세, 작업량, 공구나 기구, 중량물 취급 등의 요인에 의한 건강장해요인

○ 실험실 작업 전 안전교육 강화, 안전관리 책임자, 실험실 책임자로 구분하여 연구종사에 대한 안전교육 철저히 실시

○ 안전용품 구매 및 활용으로 안전사고 예방 : 안전모, 안전장갑, 보호 마스크 등

○ 연구 종사자들의 정기적인 환경안전교육 실시

나. 사회심리적 요인 안전 관리 대책

○ 작업과 관련된 정신적 부담에 의하여 발생하는 요인

○ 연구개발간 스트레스 요소를 줄이기 위해 연구시간을 적절히 조절하였으며, 역할 및 임무를 명확히 하여 업무수행간 스트레스를 줄임

○ 연구개발 관련자 사이의 대인관계의 의한 스트레스를 해소하기 위해 의사소통의 기회를 마련하여 갈등요소를 줄임(정기적인 워크샵 등)

○ 개인적인 스트레스 요인 식별시 조직차원의 해결책 강구 노력 실시

제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/특허 등록국가	영향력 지수	논문 게재일/특허 등록일	사사 여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허	지지부가 구비된 차량용 화물 하역장치	KRRI		대한민국		20151021	단독	등록
2	특허	차량용 화물 하역장치	KRRI		대한민국		20160921	단독	등록
3	특허	화물 차량용 레벨 유지장치	KRRI		대한민국		20160105	단독	등록
4	특허	차량용 화물 상하역장치	KRRI		대한민국		20160105	단독	등록
5	특허	차량 접안 확인 시스템 및 방법	CJ대한통운		대한민국		20170213	단독	등록
6	특허	적재함 및 장애물 검지시스템 및 이를 이용한 일괄 하역방법	KRRI, 웨이브엠		대한민국		20170131	단독	등록
7	특허	적재함 및 장애물검지 시스템 및 이를 이용한 일괄하역 방법	KRRI, 웨이브엠		대한민국		20170313	단독	등록
8	특허	윙바디 차량용 일괄 하역장치	한성웰텍		대한민국		20150828	단독	출원
9	특허	물류 이동 자동화 시스템 및 방법	CJ대한통운		대한민국		20170117	단독	출원
10	논문	Systematic Development of Cargo Batch Loading and unloading System	KRRI		International Journal of Advance Logistics		20141001	단독	
11	논문	일괄 하역장비 운영을 위한 하역작업장 설계 및 경제성 분석에 관한 연구	KRR, KMII		한국항만경제학회지		20170331	단독	

번호	구분(논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속기관명	역할	논문 게재지/특허 등록국가	영향력 지수	논문 게재일/특허 등록일	사사 여부(단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항(SCI 여부/인용 횟수 등)
12	논문	집/배송 터미널 입지선정을 위한 MADM 분석 기반 최적의사결정 방법론	CJ대한통운		한국SCM학회지		20150501	단독	
13	논문	물류센터 일괄상하역 체계 개선을 위한 설계지원 시뮬레이터	KMI		해운물류연구		20160901	단독	
14	기타(SW)	일괄하역장비 안전 및 상태 검지장치 S/W	KRRI		대한민국		20150805	단독	
15	기타(SW)	일괄하역장비 안전 및 상태 검지장치 S/W (ver 2.0)	KRRI		대한민국		20170308	단독	
16	기타(SW)	통합운영 시스템 서버S/W	KRRI		대한민국		20150805	단독	
17	기타(SW)	레거시시스템(TMS) 연동 클라이언트 S/W	KRRI		대한민국		20150805	단독	
18	기타(SW)	물류센터 일괄상하역 시뮬레이터	KMI		대한민국		20150925	단독	
19	기타(SW)	DB G/W (데이터베이스 게이트웨이)	KRRI		대한민국		20150811	단독	
20	기타(SW)	일괄하역장비 통합운영 시스템 SW	KRRI		대한민국		20170321	단독	

제11장 참고문헌

1. 강정윤, 이홍철, 엄인섭(2006), “시뮬레이션과 메타모델을 이용한 자동물류센터 설계 최적화”, 한국시뮬레이션학회 논문지 , 제15집 제3호, 103-114.
2. 고용노동부(2014), 2013 산업재해 현황분석 . 국토교통부(2013), 교통시설 투자평가지침(제5차 개정)
3. 고창성, 최은진, 이해경, 자동화 크로스도킹 터미널의 출차 도크 위치 결정, 로지스틱스 연구, 제14권 제2호, 2006
4. 과학기술정책 연구원, 대학・출연(연)의 기술사업화 활성화 방안‘, 2013.
5. 국토교통부(2013), 교통시설 투자평가지침(제5차 개정)
6. 국토해양부,「국가기간교통망계획 제2차 수정계획 2001～2020」, 2010.12
7. 국토해양부,「국가물류기본계획 수정계획 (2011~2020)」, 2011.4
8. 국토해양부,「물류시설개발종합계획」, 2010.12
9. 국토해양부,「제2차 국가교통기술개발계획(안)」, 2010.3
10. 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 상하역 이송시스템 기획보고서, 2011
11. 김경민 외, 철도물류터미널 적하역 문제에 관한 연구, 한국철도학회 2009년도 추계학술대회 논문집, 2009
12. 김경수, 손충열, 신현일, 이만식, 황해형 하역시스템의 구조설계, 한국해양공학회지, 제13권 제2호, 1999
13. 김광철, 물류표준화가 기업의 물류성과에 미치는 영향에 관한 실증연구, 순천대 대학원 무역학과 석사학위논문, 2011
14. 김범중, 글로벌 물류 동향과 정책방향, 월간 물류와 정책, 창간호, 2009.7
15. 김우선, 남기찬(2006), “자동화터미널의 ATC 운영전략 개발”, 한국항해항만학회지 , 제30집 제3호, 235-240.
16. 김의기(2015), “상온 다층물류센터 작업통로 및 기둥간격의 결정요인에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위논문.
17. 김정훈(2014), “MWC 물류센터 설계사례, 한국설비기술협회”, 설비:공조・냉동・위생 , 제31권 제9호, 66-73.

18. 박경배, 국내 물류표준화와 유닛로드시스템에 관한 연구, 서경대학교 산업공학 석사학위논문, 2007

19. 박경택 외, 고효율 하역장비의 기술동향, 한국항해항만학회 학술대회논문집, 2010

20. 박찬석, 2011년 물류시장 전망, 우정정보, 2010

21. 방연근, 철도 신물류운송방식의 적용성 검토, 한국철도학회 2001년도 추계학술대회 논문집, 2001

22. 변성민, 자동 화물적재를 위한 실시간 팔레트 위치 측정, 부산대학교 컴퓨터공학과 석사학위 논문, 2008

23. 산업통상자원부, 공공연구기관 기술이전·사업화 성적표, 2015

24. 서진호, 박성철, 이권순(2005), “항만이송시스템의 성능평가를 위한 3차원 시뮬레이터 개발”, 한국항해항만학회 2005년도 춘계학술대회 논문집 , 제29집 제1호, 423-428.

25. 신승현, 우리나라 물류표준화의 확대·보급방안에 관한 연구, 명지대학교 물류학과 석사학위논문, 2004

26. 안승용, 유통산업의 물류선진화 방안에 관한 연구: 할인점 물류를 중심으로, 명지대학교 산업공학과 박사학위논문, 2007

27. 우승범, 정경훈, 김정민, 박정제, 김성신, 중량물 운송을 위한 AGV의 주행 제어 방법, 한국지능시스템학회 논문지, 제20권 제3호, 2010

28. 유우연, 박윤선, 신정현(2008), “크로스도킹 시스템을 위한 물류센터의 설계에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지 , 제10집 제2호, 187-193.

29. 유재균, 추준섭, 강유신, 컨테이너 철송시간 단축을 위한 철도시설 개량방안 모색, 한국철도학회 2008년도 추계학술대회 논문집, 2008

30. 이성래, PC와 I/O 인터페이스 보드를 이용한 유압식 하역장치의 실시간 모의시험기 개발, 대한기계학회 2000년도 춘계학술대회 논문집, 2000

31. 이순철, 방연근, 민재홍, 실태조사를 통한 국가물류표준화 기술체계우선 순위 분석, 한국철도학회 2003년도 추계학술대회 논문집, 2003

32. 최용석, 하태영(2005), “컨테이너터미널의 장치장 레이아웃 설계방법”, 한국항해항만학회지 , 제29집 제8호, 739-745.

33. 통계청, 운수업 통계조사 2005~2009

34. 하태영, 신재영, 컨테이너 터미널의 차세대 하역시스템 성능평가, 한국항해항만학회지, 제31권 제3호, 2007

35. 한국개발연구원, 도로/철도부문 사업의 예비타당성조사 표준 지침 수정/보완(제5판), 2008

36. 한국교통연구원, 2008 국가물류비 산정 및 추이 분석, 2010

37. 한국교통연구원, 국가물류기술혁신 중장기 기본계획 수립 최종보고서, 국토해양부/한국건설교통기술평가원, 2008.11

38. 한국무역협회 국제물류지원단, 2007년 물류 표준화 실태조사, 2007.11

39. 한국물류과학기술학회, '국내 상하역 실태 및 자동화 시스템 도입에 관한 연구', 2014
40. 한국철도기술연구원, 국가물류 표준 종합시스템 개발 보고서, 2008
41. KDI 2015년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전 사업화 실태조사 보고서, 2015.
42. KISTEP, 기술사업화 특성분석 및 전략적 추진방안, 2014
43. KISTEP, '대형국책 연구개발사업의 성과 및 성공요인 분석', 2009
44. KISTEP, 정부 R&D 성과의 기술사업화 실패 사례 연구, 2015.
45. KISTEP, 주요 선진국의 공공연구개발 사업화 추세와 정책, 2014
46. Data Monitor, Logistics: Global Industry Overview, 2010.2
47. Driest, J.(2010), Technology Information: Automated Truck Loading Systems, Netherlands: Ancra Systems BV.
48. E. H. Franzelle, World-Class Warehousing and Material Handling
49. Esync, Logistics Execution Systems Perspective, 2003
50. EU, White Paper 2011, Roadmap to a Single European Transport Area, 2011
51. Jasper van den Driest (Ancra Systems BV), Technology Information: Automated Truck Loading Systems, 2010.2
52. 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.
53. Maida Napolitano, 2012 Warehouse/DC Equipment and Technology Survey: Momentum stalled, Logistics Management, 2012.3
54. MHIA Staff, Material Handling Equipment Manufacturing: Segment Brief, Material Handling Industry of America Economic Brief, April 2012
55. Paul Amos (World Bank), Responding to global logistics trends with a National Logistics Strategy, 2007.1
56. Thuesen, G. J. and Fabrycky, W. J.(1993), Engineering Economy, 8th edition, New Jersey, Prentice-Hall.
57. 국가과학기술정보서비스, http://www.ntis.go.kr
58. 국가과학기술정보센터, http://www.ndsl.kr
59. 기술거래 및 기술평가 기관 명단, 기술보증기금 홈페이지, http://www.kibo.or.kr/
60. 네덜란드 Ancra, http://www.ancra.nl/
61. 미국 CSL(Container Stuffers, LLC), http://www.containerstuffers.com/
62. 영국 Joloda International, http://www.joloda.com/
63. 핀란드 ACTIW, http://www.actiw.com/
64. 호주 ICA Pty. Ltd., http://www.icaust.com.au/