보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )

발간등록번호
11-1613000-002297-01

교통물류사업 최종보고서

R&D /
16TLRP-B079187-03

안전한 중량물 취급을 위한 350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비 기술 개발 최종보고서

2018. 10. .

협동연구기관 / 한국기계연구원
공동연구기관 / ㈜효광
범아기전㈜

국 토 교 통 부

(전문기관) **국토교통과학기술진흥원**

16TLRP
-B0791
87-03

A Technology Development of 350kN Air-Cushion Transfer Equipment for Handling Heavy Weights in Safety R&D Report

안전한 중량물 취급을 위한 350kN급
에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비 기술 개발 최종보고서

2018

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부

2. 제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘안전한 중량물 취급을 위한 350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비 기술 개발’(연구개발 기간 : 2014.06.30 ~ 2018.05.28) 과제의 최종보고서 3부를 제출합니다.

2018 . 08 . .

협동연구기관명 : 한국기계연구원 박 천 홍 (인)
공동연구기관명 : ㈜효광 황 운 기 (인)
공동연구기관명 : 범아기전㈜ 남 상 헌 (인)

협동연구기관책임자: 박 희 창
공동연구기관책임자: 장 성 익
공동연구기관책임자: 최 경 모

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16TLRP-B079187-03</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2017.06.26.~
2018.05.28</td><td>단계구분</td><td>4/4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">교통물류연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">노동의존 물류환경 개선을 위한 하역, 운반 보조장비 기술개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">안전한 중량물 취급을 위한 350kN급 에어쿠션(Air-Cushion)
이송장비 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">박 희 창</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 13 명
내부: 13 명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부:180,000 천원
기업:60,100 천원
정부 외: 천원
계:240,100 천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 18 명
내부: 18 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부:2,187,000 천원
기업:736,100 천원
정부 외: 천원
계:2,923,100 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실</td><td colspan="2">참여기업명 :(주)효광,
범아기전(주)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약
- 실용화를 위한 조사 연구
- 스키드, 팔레트 시제품제작, 성능시험 분석
- 주요변수의 파라미터화 및 CFD 해석을 통한 설계 도출
- 350kN급 에어쿠션 팔레트 설계제작
- Driving unit Module 개발, Operating Control Module 개발, 성능시험 및 평가
- 사각형상의 에어쿠션 설계/제작, 전용 캐리어 설계/제작, 턴테이블 부착형 자바라식 에어 리프트 개발</td><td colspan="2">보고서 면수 : 197페이지</td></tr>
</table>

4. 국문 요약문

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td colspan="5">○ 연구개발 목표
- 안전한 중량물 취급을 위한 350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비 기술 개발
○ 실용화를 위한 조사 연구
- 수요처의 요구 사항을 보다 심층적으로 조사 및 분석하여, 시제품제작에 반영
- 해외 제품과의 사양 및 기술의 비교를 통한 기존제품과의 차별화 방안 마련
- 실용화 및 사업화를 위한 시장진출 방안 탐구
- 개발 제품의 실용화 및 사업화를 위한 시장진출을 위한 경제성 분석
○ 스키드, 팔레트 시제품제작, 성능시험 분석
- 스키드, 팔레트, 턴테이블형 에어쿠션 모델 제작. 바닥조건 및 경사도에 따른 구조설계 해석
- 주요변수의 파라미터화 및 CFD 해석을 통한 각 파라미터의 민감도 분석 및 경계조건에 따른 분석
- 350kN급 에어쿠션 팔레트 설계제작
- 먼지 비산을 방지할 수 있는 구조 설계
- 실험계획 수립 및 여러 조건에 따른 성능시험 분석
○ Driving unit Module 개발, Operating Control Module 개발, 성능시험 및 평가
- Transporter Drive unit Module 설계 제작
- Transporter Handling Module 설계 제작
- 기능성 Air Cushion Element 설계 시작품 제작
- 개발 모듈의 성능시험평가 및 보완
○ 사각형상의 에어쿠션 설계/제작, 전용 캐리어 설계/제작, 턴테이블 부착형 자바라식 에어 리프트 개발
- 사각 에어쿠션 형상 연구 및 시제품 제작, -개별 부양능력 시험 방법 연구 및 지그 제작
- 철강, 제지 업체 롤 크기 및 무게 조사, -대표 롤 크기에 맞는 캐리어 설계/제작
- 견인력을 확인할 수 있는 전동카트 제작
- 자바라 리프팅 시 흔들림 방지 기술 개발
- 자바라식 에어 리프트와 턴테이블 조합기술 설계
- 턴테이블 연결용 간이 콘베이어 설계/제작</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td colspan="5">○ 국내외 개발동향 및 시장분석, 특허분석을 통한 조사연구
○ 스키드, 팔레트 설계 및 제작, 실험을 통한 성능 시험
○ Driving unit 및 제어 모듈 설계/제작 및 실험 수행
○ 에어쿠션, 캐리어, 리프트 설계 및 제작완료</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td colspan="5">○ 원자력 발전 설비, 중량급 공작기계장비, 항공우주, 철도차량, 컨테이너, 자동차 등 모든 분야의 중량물 이송에 용이
○ 노동의존 물류환경 개선
○ 새로운 분야의 산업 창출로 고용 창출
○ AGV 시스템, 항공우주, 대형 변압기의 이동, 거대 주형의 이동 등에 적용이 가능함. 특히 항공이나 원자력 부품들은 외부 충격에 민감하므로, 이러한 에어쿠션 이송장치를 이용하여 이송하면, 외부충격을 차단하고 이송하기에 적합하며, 방사능 물질을 포함하는 거대 구조물에 대해서도 안전하고 원격제어를 통한 이송이 가능하므로, 활용도가 큼</td></tr>
<tr><td>핵심어
(5개 이내)</td><td>에어쿠션</td><td>화물 운반</td><td>마찰력</td><td>에어 필름</td><td></td></tr>
</table>

5. 영문 요약문

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ Purpose - A Technology Development of 350kN Air-Cushion Transfer Equipment for Handling Heavy Weights in Safety ○ Investigation for commercialization - Investigation of requirement from the customer - Brainstorming to find differentiation strategies compared with foreign competitor - Investigation on the market advance strategies for commercialization - Economic analysis for commercialization and market advance ○ Performance test for skid and plate - Fabrication of skid type, plate type and turn table type air cushion. Structure design considering floor condition and inclination. - Parameterizing major variables and sensitivity analysis using CFD at the various boundary conditions - Design and fabrication of 350 kN scale air cushion plate - Design for preventing scattering dust - Experiment design and performance test at the various conditions ○ Driving unit Module development, Operating Control Module development, Experiment and test for performance evaluation - Design and fabrication of transporter drive unit module - Design and fabrication of transporter handling Module - Prototype making of air cushion element - Performance test for the developed module ○ Design/manufacturing of square air cushion and carrier, Development of bellows type air lift for turn table - Prototype making of square air cushion -Experiment for the air cushion - Investigation on the roll size and weight in the field of making metal and paper - Design/manufacturing for major rolls - Fabrication of an electric carter for measuring drag force - Development of technology for preventing vibration of the bellows lift - Development of design technology for combining bellows air lifts and turn tables - Design and manufacturing of temporary conveyor for connecting turn tables
Results	○ Investigation on the domestic and foreign trend of development, market and patent. ○ Design and performance test on the skid and the plate ○ Design. manufacturing of a driving unit and control module ○ Design and manufacturing of an air cushion, a carrier and a lift.
Expected Contribution	○ Heavy load transportation in the filed of nuclear power plant, machining, aerospace, train, container and car industry ○ Enhancement of labor-dependent distribution environment ○ Creation of employment through industry development of new fields ○ This technology can be applied to the AGV system, aerospace, giant transformer transportation and big molds. Especially, air cushion transporter is proper in handling parts of airplane and nuclear power plant as these parts are sensitive to external shock and also in the field of giant structure containing nuclear materials because this can be controlled via wireless communication.

Keywords	Air cushion	Freight transportation	Friction force	Air film	

6. 영문 목차

〈 Contents 〉

1. Outline of research and development purpose ·····
2. Status of domestic and overseas technology development ·····
3. Research performance and achievements ·····
4. Achievement of goal and contribution to relevant field ·····
5. Plan to utilize R&D achievements ·····
6. Overseas science and technology information collected during the research process ·····
7. Security rating of R&D achievement ·····
8. Status of research facilities and equipments in NTIS ·····
9. Implementation of safety measures in laboratories based on R&D tasks ·····
10. Representative research achievements of R&D tasks ·····
11. Other information ·····
12. Reference ·····

7. 본문 목차

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ·····
2. 국내외 기술 개발 현황 ·····
3. 연구 수행 내용 및 성과 ·····
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ·····
5. 연구개발성과의 활용 계획 ·····
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ·····
7. 연구개발성과의 보안등급 ·····
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황 ·····
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ·····
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ·····
11. 기타 사항 ·····
12. 참고 문헌 ·····

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구개발 범위

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

본 연구개발 과제의 목적은 중량물의 이송 및 적재를 용이하게 할 수 있고, 운반과정에 있어서 발생하는 충격이나 진동을 흡수시켜 제품을 안전하게 운반할 수 있는 에어쿠션 이송장비 기술을 개발하는 것이다. 이에 고중량, 고정밀 이송수단에 대한 물류산업계의 요구에 맞는 시스템을 개발하여 국내 화물운송 기술의 고도화를 이루고자 한다.

본 연구과제의 최종 성과물은 350kN급 에어쿠션(Air-cushion) 이송장비와, 중소형 화물이송을 위한 에어쿠션 무선조정시스템, 사각 에어쿠션 및 에어쿠션 적용 턴테이블로 구성된다.

① 350kN급 에어쿠션 장비

○ 고중량 화물 이송이 가능한 대형 에어쿠션(Ø900) 모듈 개발

○ 대형 에어쿠션 모듈의 성능시험장치 개발 및 성능평가

○ 6개의 에어쿠션 모듈이 병렬배치 된 트랜스포터로 350kN급 고중량 화물의 부양 및 운반이 가능한 에어쿠션 이송장비 개발

② 중소형 화물 이송을 위한 에어쿠션 무선조정 시스템

○ 중소형 화물 이송이 가능한 중형 에어쿠션(Ø300) 모듈 개발

○ DC 모터와 wheel drive, ball drive 유닛을 탑재하여 중량물의 원격이송과 자유로운 방향전환이 가능한 에어쿠션 이송장비 개발

③ 사각 에어쿠션 및 에어쿠션 적용 턴테이블

○ 협소한 공간 및 특수 공간에 적용 가능한 사각 에어쿠션 모듈 개발

○ 에어쿠션이 적용되어 중량물 회전시 부하를 최소화 할 수 있는 턴테이블 장비 개발

제2절 연구개발의 필요성

최근 급속한 경제 발전과 해외무역시장의 개선, 국내 택배산업의 발전 등과 더불어 화물 운송에 대한 요구가 나날이 증가하고 있다. 항공 및 조선 산업분야에서는 화물의 부피나 무게도 예전에 비해 증가하고 있으며, 정밀 부품 및 정밀기계 분야에서는 고정밀 화물의 저진동, 저충격 운송에 대한 요구도 늘어나고 있는 실정이다. 현재 이러한 고중량 화물의 운반시스템은 화물의 무게에 비해 얼마나 적은 힘으로 운반할 수 있는가 하는 고효율성과 초기 설치 및 유지보수비용을 절약할 수 있는가 하는 경제성, 작업자의 입장에서 조작이 간편하고 편리하게 사용할 수 있는가 하는

편리성, 운반과정에 있어서 충격이나 진동 없이 제품을 안전하게 운반할 수 있는가 하는 제품 안전성 등에 대한 요구가 나날이 증가하고 있다 [1].

기존의 중량물의 운송은 기존에는 중장비 차량을 이용하거나, 천장용 크레인을 이용하는 것이 일반적인 방법이나, 중장비를 이용한 방법은 장비가 고가이며, 부피가 커서 현장에 적용하는데 많은 제약이 따르고 있다. 천장형 크레인 같은 경우는 운반하려는 화물의 상부에 구조물을 반영구적으로 설치하여야 하며, 움직일 수 있는 작업영역이 제한되어 있고, 크레인간의 간섭, 안정상의 문제 등의 단점이 있다. 고 정밀 장치의 운송에 있어서는 이동 간에 발생하는 진동과 충격에 의해 장치의 내구성과 정밀도가 떨어지는 문제가 발생하기도 한다. 항구 근처나 넓은 공장내부에는 철로와 같은 궤도를 설치하여 운송작업에 사용하기도 하나, 이러한 궤도는 공장 내부의 작업경로나 생산시설의 변화로 인한 재배치 시에 장애가 되는 등의 단점이 있어, 오랜 기간 사용에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구개발 과제에서는 중량물에 대한 보다 효율적인 운반을 위해 고압의 공기를 이용한 에어쿠션 이송장비를 개발하고자 한다.

에어쿠션 이송장비란, 고압의 공기를 바닥으로 분사하고 그 반발력을 이용하여 중량물을 들어올려, 화물과 바닥의 마찰력을 줄인 후 이송하는 장비를 말한다. 임시 또는 영구적으로 에어쿠션 이송장비위에 장비나 화물을 올리고, 공기를 불어넣으면, 에어쿠션 이송장비와 바닥사이에 미세한 공기층이 형성되고, 남는 여분의 공기는 대기로 빠져나가게 된다. 이렇게 형성된 에어필름은 화물과 바닥사이의 마찰을 대폭 감소시켜 한 사람의 힘으로 수 톤의 화물을 이동시킬 수 있게 한다 [2].




그림 1.1.1 Introduction of air cushion device

에어쿠션 이송장비는 바닥과의 마찰이 거의 없으므로 작업장이나 도로면을 파손시킬 우려가 없고, 바퀴, 롤, 크레인 등의 장치가 필요 없으므로, 제작 및 유지보수 비용을 절감할 수 있다. 장비와 제품의 유연한 배치와 조작이 가능하고, 기계 구조가 간단하므로 정비, 화물 적재 등이 간편하다. 에어쿠션 이송장비는 AGV(Automatic Guided Vehicle)시스템에 적용하여 항공기나 대형선박 등 고중량물의 운반 및 조립작업에 사용될 수 있으며, CMM(Coordinate Measurement Machine) 3차원측정기, 턴테이블(Turntable)을 적용한 파렛트의 회전, 대형 롤의 이송에 적합한 핸드 파렛트 트럭(Hand Pallet Truck) 등에 응용하여 사용할 수 있다 [3,4].



그림 1.1.2 Application example of air cushion device

제3절 연구개발의 범위

본 연구개발 과제의 연구개발 범위는 다음과 같다.

○ 상용화를 위한 조사 연구
- 해외 시제품 사양 및 기술 분석
- 대체제품 (크레인 등) 이송기술간 비교분석 및 에어쿠션 이송장비의 차별성 분석
- AGV 등 주요 응용제품 및 응용 사례 분석
- 국내외 기업현황 및 기술, 정책동향 분석
- 시장진출 방안 탐구 및 경제성 분석

○ 상용화를 위한 350kN급 에어쿠션(Air-cushion) 장비 개발
- 에어쿠션모듈의 CFD 유동해석 및 시제품 설계/제작
- 에어쿠션모듈 성능실험장치 구축 및 부양성능 실험
- 에어쿠션 모듈의 설계 제작
- 350kN급 에어쿠션 transporter 설계/제작 및 성능실험
- 에어쿠션 transporter의 안전장치 개발 및 신뢰성 향상 연구

○ 중소형 화물 이송을 위한 에어쿠션 무선조정 시스템의 상용화 연구

- 중소형 에어쿠션 모듈 시제품 개발
- Transporter 동력전달장치(Ball drive, wheel drive 등) 개발
- 무선조정 이송장치의 통신/제어 모듈 개발
- Electrical Self-Propelled Air Transporter 시제품제작 및 현장적용

○ 사각 에어쿠션 및 턴테이블의 상용화 연구

- 사각 에어쿠션 모듈 시제품 제작
- 사각 에어쿠션을 적용한 소형 이송장치 시제품 개발
- 에어쿠션이 장착된 턴테이블 시제품 개발

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

제1절 국내외 기술개발 현황

제2절 IP R&D 향후 방향성

제2장 국내외 기술 개발 현황

에어쿠션 이송장비를 개발함에 있어, 에어쿠션 이송장비를 구성하는 구조, 직진 및 방향전환 등을 위한 구동부, 재질 등과 관련된 에어쿠션 이송장비의 구조설계 기술, 효율적인 공기 배분을 위하여 압력, 유량 등을 제어하는 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술, 사용자 및 주변인의 안전을 고려한 안전 고려 기술 등에 대하여 특허동향분석을 실시하였다. 이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 하였다 [5,6].

본 분석에서는 에어쿠션 이송장비 기술의 필요성을 고려하여 선택된 3개의 기술 분야를 특허 분석대상으로 하였으며, 2015년 10월까지 출원 및 공개된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허와 등록특허를 분석 대상으로 하였다.

제1절 국내외 기술개발 현황

○ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

- 분석대상 특허

표 2.1.1 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS ON	~ 현재(2015.10)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS ON		특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS ON		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽	WIPS ON		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

- 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - 2015. 10(출원년도 기준)

○ 분석대상 기술 및 검색식 도출

- 기술 분류체계

본 분석에서는 과제의 RFP 제안서를 기초로 '에어쿠션 이송장비 기술'을 대분류로 하고, '에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술', '에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술', '안전 고려 기술'을 중분류로 하여 특허동향분석을 실시하였으며, 심층분석(정성분석)시의 기술 분야를 동일하게 적용함

표 2.1.2 분석대상 기술분류

대분류	중분류
에어쿠션 이송장비 기술	A : 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술
	B : 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술
	C : 안전 고려 기술

- 기술 분류기준

표 2.1.3 분석대상 기술 분류기준

대분류	중분류	검색개요 (기술범위)
에어쿠션 이송장비 기술	A : 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술	에어쿠션 이송장비를 구성하는 구조, 에어쿠션 이송장비의 직진, 회전, 방향전환 등을 위한 구동부, 내구성 향상을 위한 재질 등과 관련된 기술
	B : 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술	에어쿠션 이송장비의 공압시스템에서 효율적인 공기 배분을 위하여 압력, 유량 등을 제어하는 기술
	C : 안전 고려 기술	프레임에 하중물 로딩/언로딩시 낙하 방지, 이송 중 주위 사람과의 충돌 방지 등 사용자 및 주변인의 안전을 고려한 기술

- 핵심 키워드 도출

표 2.1.4 핵심 키워드 도출

대분류	중분류	주요 키워드	확장 키워드
에어쿠션 이송장비 기술	A : 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술	에어, 쿠션, 이송	공기, 베어링, 필름, 캐스터, 리프트, 팔레트, 스커트, 운송, 운반
	B : 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술	에어, 쿠션, 이송, 공압	공기, 베어링, 필름, 캐스터, 리프트, 팔레트, 스커트, 운송, 운반, 회로, 배관
	C : 안전 고려 기술	에어, 쿠션, 이송, 안전	공기, 베어링, 필름, 캐스터, 리프트, 팔레트, 스커트, 운송, 운반, 보호, 충돌, 사고

○ 유효특허 선별 기준

- 중분류 '에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술'에서 에어쿠션 이송장비를 구성하는 구조, 에어쿠션 이송장비의 직진, 회전, 방향전환 등을 위한 구동부, 내구성 향상을 위한 재질 등과 관련된 기술 등은 유효특허로 포함시키고, 전자기적인 힘을 이용하여 물체를 들어 올리는 자기부상열차 기술 등과 관련된 특허들은 노이즈로 분류함

- 중분류 '에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술'에서 에어쿠션 이송장비의 공압시스템에서 효율적인 공기 배분을 위하여 압력, 유량 등을 제어하는 기술 등은 유효특허로 포함시키고, 전자기적인 힘을 이용하여 물체를 들어 올리는 자기부상열차 기술 등과 관련된 특허들은 노이즈로 분류함

- 중분류 '안전 고려 기술'에서 프레임에 하중물 로딩/언로딩시 낙하 방지, 이송 중 주위 사람과의 충돌 방지 등 사용자 및 주변인의 안전을 고려한 기술 등은 유효특허로 포함시키고, 컨베이어 시스템을 이용하여 자동적·연속적으로 재료나 물품을 운반하는 기술 등과 관련된 특허들은 노이즈로 분류함

- 기술 분류체계 상의 어느 분류(특히 중분류)에도 속하지 않는 특허들은 노이즈로 분류함

표 2.1.5 유효특허 선별 기준

대분류	중분류	유효특허 선별 기준	대표 노이즈 기술
에어쿠션 이송장비 기술	A : 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술	1. 에어쿠션 이송장비를 구성하는 구조, 에어쿠션 이송장비의 직진, 회전, 방향전환 등을 위한 구동부, 내구성 향상을 위한 재질 등과 관련된 기술 2. 전자기적인 힘을 이용하여 물체를 들어 올리는 자기부상열차 기술은 제외함	자기부상 열차 기술
	B : 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술	1. 에어쿠션 이송장비의 공압시스템에서 효율적인 공기 배분을 위하여 압력, 유량 등을 제어하는 기술 2. 전자기적인 힘을 이용하여 물체를 들어 올리는 자기부상열차 기술은 제외함	자기부상 열차의 자기장 시스템 기술
	C : 안전 고려 기술	1. 프레임에 하중물 로딩/언로딩시 낙하 방지, 이송 중 주위 사람과의 충돌 방지 등 사용자 및 주변인의 안전을 고려한 기술 2. 컨베이어 시스템을 이용하여 자동적·연속적으로 재료나 물품을 운반하는 기술은 제외함	컨베이어 시스템 기술

○ 유효특허 선별 결과

표 2.1.6 에어쿠션 이송장비 기술의 유효특허 선별결과

중분류	유효특허 건수				
	KIPO	USPTO	JPO	EPO	계
A : 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술	44	394	107	17	562
B : 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술	3	5	4	1	13
C : 안전 고려 기술	3	0	0	0	3
총 계	50	399	111	18	578

○ 특허기술동향조사 분석 방법

- 본 분석에서는 에어쿠션 이송장비 기술 분야의 특허기술 Landscape, 핵심특허 분석으로 나누어 분석함

- 특허기술 Landscape

· 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에서의 주요시장국 기술개발 활동현황 등의 파악을 통한 국가별 Landscape를 분석하고, 주요 경쟁자의 국가별, 세부기술별 특허 동향 등의 파악을 통한 경쟁자별 Landscape를 분석하며, 세부기술의 다출원인 특허출원 동향 등의 파악을 통한 세부기술별 Landscape를 분석함

- 지재권 중심의 핵심특허 분석

· 핵심특허 선정기준에 따라 핵심특허를 선정하고, 핵심특허 중심의 권리분석을 통해 그동안 연구해 온 변화추이와 앞으로의 R&D방향성을 설정할 수 있음

○ 주요시장국 연도별 특허동향

- 주요 특허청의 출원건수를 기준으로 에어쿠션 이송장비 기술 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴봄으로써, 각 국에서의 특허출원 Trend를 알아보고자 함

- [TOTOL] 거시적인 관점에서 1960년대 특허출원이 활발하였으나, 1960년대 후반부터 1970년대에는 출원활동이 다소 부진함. 1960~70년대 등 초창기의 연구 개발 대부분은 미국이 전체적으로 주도하는 양상임. 한편, 1990년대 후반, 2000년대 초반 출원의 급격한 증가는 동일한 시기 일본에서의 출원이 증가한 것에 영향을 받음

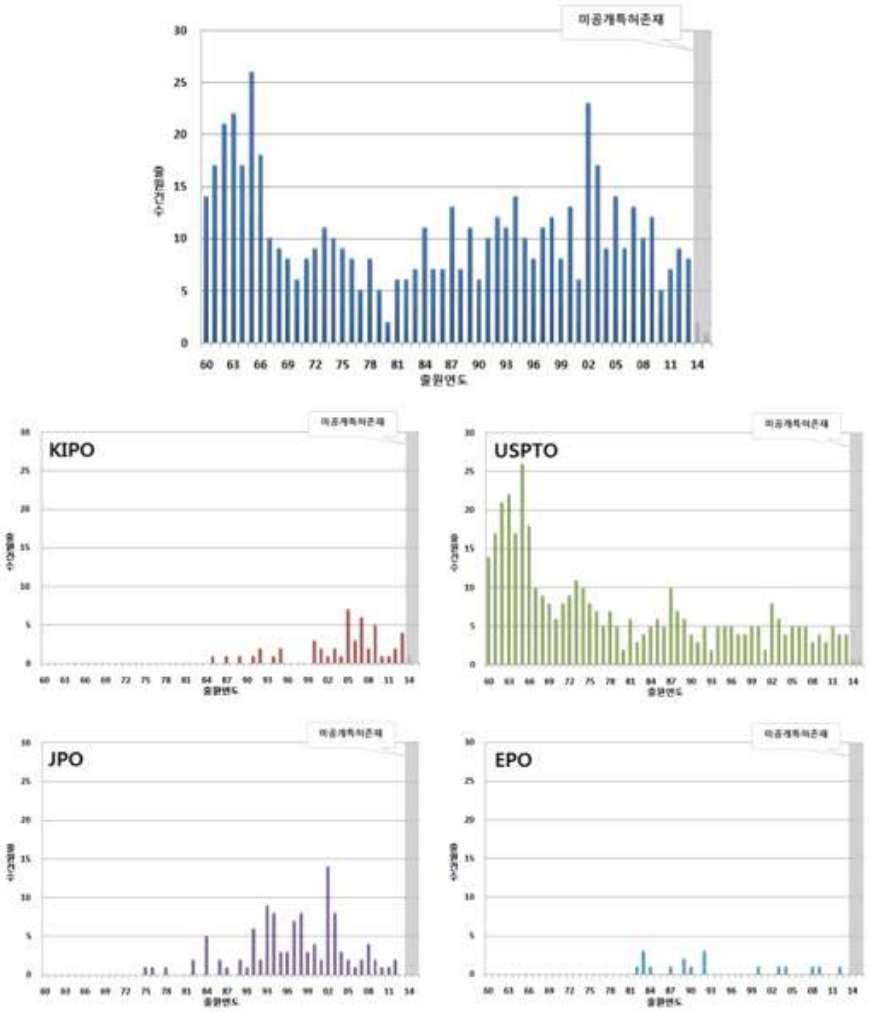


그림 2.1.1 전체연도별 동향

- [KIPO] 1960년대와 1970년대까지는 거의 출원건수가 보이지 않다가, 1980년대 중반부터 출원건수가 나타나기 시작하며, 2000년대에 들어서면서 본격적인 출원활동이 이루어지고 있는 추세임

- [USPTO] 1960년과 1970년 초반 사이에 급격한 기술성장이 이루어지면서 많은 출원활동이 이루어지다가, 1980년대 이후 눈에 띄는 성장은 이루어지지 않으면서 전체적으로 일정한 출원건수를 유지하고 있는 것을 볼 수 있음

- [JPO] 1990년대 중반부터 2000년대 초반까지 가장 많은 출원건수를 보이고 있으나, 그 이후부터 기술개발이 주춤함. 1990년대 중반부터 2000년대 초반까지 미국보다 많은 출원건수를 보이고 있는데, 이는 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술(A)에서의 출원의 증가가 두드러지면서 다른 국가와 비교하여 증가세가 두드러짐

- [EPO] 한국과 마찬가지로 전반적으로 출원건수가 미비한 것으로 나타나며, 1980년대부터 1990년대 초반, 2000년대에 조금씩 출원건수가 나타남. 출원건수가 미비하여 정량적으로 유의미한 분석이 어려움

○ 주요시장국 내·외국인 특허출원 현황

- 에어쿠션 이송장비 기술 분야의 국가별/출원인 국적별 특허동향을 살펴보면, 미국에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원 규모의 69%, 일본에서의 출원이 전체 분석대상 국가 출원 규모의 19%를 각각 차지하는 것으로 나타나고, 에어쿠션 이송장비 기술 분야의 연구개발은 대부분 미국과 일본이 주도하고 있는 것으로 보임

- 주요 시장국 중 일본은 내국인의 비율이 가장 높아, 자국 내에서 기술개발이 이루어지고 상용화되고 있는 실정을 반영한 것으로 보이고, 반대로 주요 시장국 중 한국, 미국, 유럽의 경우 외국인의 비율이 어느 정도 차지하고 있는데 특히 한국 시장의 경우 일본, 유럽 기업이 시장 진출을 주도하고 있는 실정을 반영한 것으로 보임

- 주요 시장국의 내·외국인 특허출원현황을 살펴보면, 일본은 내국인에 의한 특허활동이 대다수를 차지하고, 한국, 미국, 유럽은 외국인에 의한 특허활동이 30% 이상을 차지하는 것으로 나타났는데, 이를 통해 외국 기업에게는 한국, 미국, 유럽 시장의 매력이 높다고 할 수 있음. 특히 유럽 시장의 경우 일본, 미국 기업이 전체적인 시장 진출을 주도하고 있음

○ 주요 경쟁자 현황

표 2.1.7 경쟁자 Landscape

출원인 / 분석항목	출원인 국적	주요IP시장국(건수,%)					3극 패밀리수 (건)	특허출원 증가율 (최근5년)	주력 기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP 시장국 종합			
MITSUBISHI HEAVY IND	일본	0(0%)	0(0%)	28(100%)	0(0%)	일본	0	0%	A
HOVER CRAFT DEVELOPMENT	영국	0(4%)	6(23%)	0(0%)	20(73%)	유럽>미국	0	0%	A
WESTLAND AIRCRAFT	미국	0(5%)	13(100%)	0(5%)	0(0%)	미국	0	0%	A
GENERAL MOTORS	미국	0(0%)	11(100%)	0(0%)	0(0%)	미국	0	0%	A
The United States of America as represented by the Secretary of the Navy	미국	0(0%)	11(100%)	0(0%)	0(0%)	미국	0	0%	A
BRITISH HOOVERCRAFT	영국	0(0%)	0(0%)	0(0%)	7(100%)	유럽	0	0%	A
ROLAIR SYSTEMS	미국	0(0%)	7(100%)	0(0%)	0(0%)	미국	0	0%	A
태성기연	한국	7(100%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	한국	0	-100%	A
BELL AEROSPACE	미국	0(0%)	7(100%)	0(0%)	0(0%)	미국	0	0%	A
DOUGLAS AIRCRAFT	미국	0(0%)	6(100%)	0(0%)	0(0%)	미국	0	0%	A

- 에어쿠션 이송장비 기술 분야에 주요 출원인 Top10를 추출한 결과, 일본의 Mitsubishi Heavy Industries가 전체 다출원인 1위로 나타났으며, 그 뒤를 이어 영국의 HOVER CRAFT DEVELOPMENT, 미국의 WESTLAND AIRCRAFT 등이 본 기술 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남
- 주요출원인 Top10 내에 미국 기업들이 상당수를 차지하는데, 이는 기술개발의 초창기부터 미국 기업들의 출원이 다른 국적의 기업들의 출원보다 월등하게 많기 때문임. 전체적으로 미국 기업이 강세인 상황에서, 일본의 Mitsubishi Heavy Industries는 자국 내에서 에어쿠션 구조 설계 기술(A)에서 두각을 나타내면서 Top10 내에 진입해 있음
- 이들 주요출원인들의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 기술력, 주력 기술분야의 파악을 위하여, 주요 시장국별 출원건수, 최근 5년간의 특허출원 증가율을 비교분석한 결과, 주요출원인들 대부분의 최근 특허출원 활동은 거의 이루어지지 않는 것으로 나타남. 이를 통해 에어쿠션 이송장비 기술의 상당 부분은 이미 개발완료되어 현재는 연구개발이 활발히 이루어지지 않는 분야로 추정됨

- 주요 출원인의 주력 기술분야를 살펴보면, 주요 출원인 모두 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술(A)에 주력하고 있는 것으로 나타나며, 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술(B) 및 안전 고려 기술(C)은 거의 연구개발을 진행하지 않고 있는 것으로 나타남
- 출원인별 특허현황 분석을 나열식으로 정리한 것으로 하나의 표로 표기함으로써, 분석 대상 기술의 주요출원인의 주요 시장국과 최근 연구활동 및 미국특허로 본 기술 수준, 주력 기술분야를 한 번에 용이하게 파악할 수 있음

○ IP시장 나라별 주요 경쟁자 현황

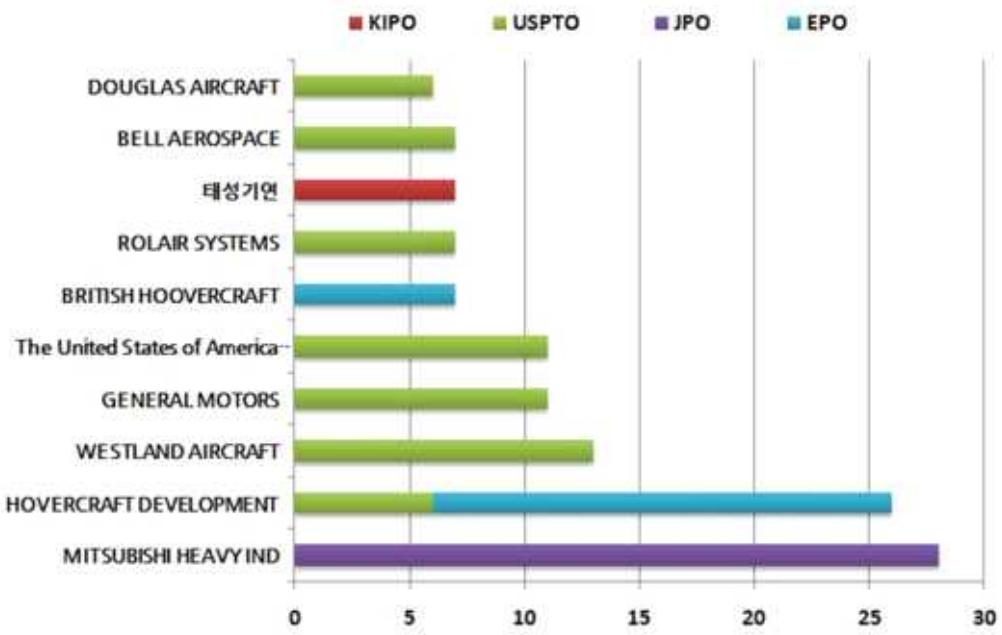


그림 2.1.2 주요 경쟁자의 국가별 특허동향

- 에어쿠션 이송장비 기술의 상위 출원기관은 일본의 Mitsubishi Heavy Industries, 그 뒤를 이어 영국의 HOVERCRAFT DEVELOPMENT, 미국의 WESTLAND AIRCRAFT 등이 다출원인으로 조사됨

- 대부분의 다출원인이 자국 내의 출원에 집중하고 있는데, 영국의 HOVERCRAFT DEVELOPMENT는 유럽뿐만 아니라 미국에도 상당 부분 출원을 진행한 것으로 나타남

- 특히 다출원인 1위인 일본의 Mitsubishi Heavy Industries는 약 30여 건의 출원 전부가 일본 자국 내에서만 출원을 진행하였는데, 이를 통해 에어쿠션 이송장비 기술 분야에서는 해외 진출보다는 자국 내에서만 기술개발이 이루어지고 이를 상용화하고 있는 것임을 알 수 있음

○ 국내 및 국외 주요 경쟁자 현황

- 국내의 경우 TOP5의 출원 건수가 많지 않고, 일본 기업인 SHINKO ELECTRIC이 해외 기업 중 유일하게 TOP5 내에 진입해 있음

- 해외의 경우 일본의 Mitsubishi Heavy Industries가 경쟁자 1위에 위치하지만, 기술개발 초기 단계인 1960년대부터 미국 기업의 많은 출원으로 인해 TOP5 내에 3개의 미국 기업이 진입해 있고, 수륙양용장비 기술에 강세가 있는 영국의 HOVERCRAFT DEVELOPMENT가 TOP5 내에 진입해 있음

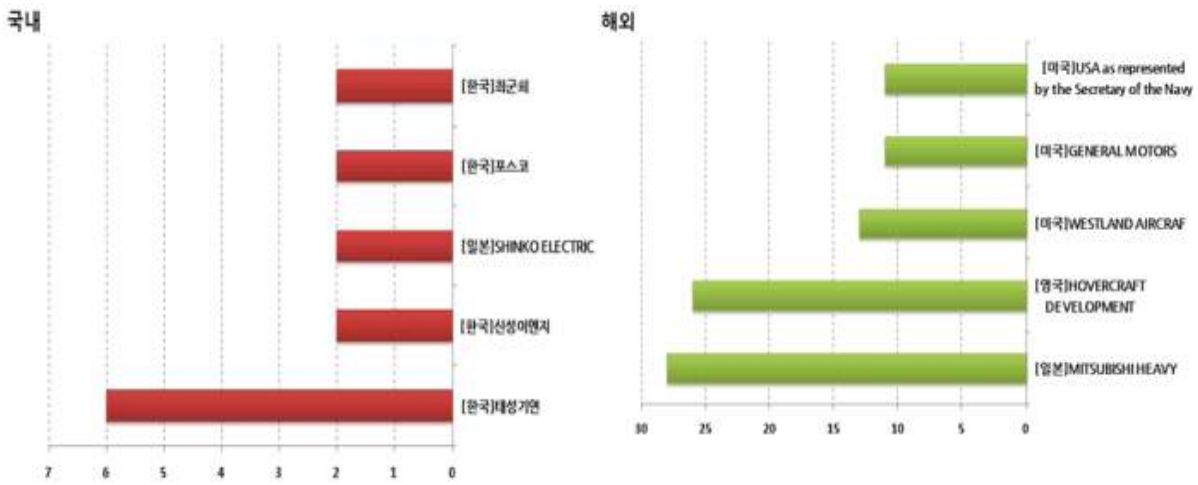


그림 2.1.3 전체 기술 분야의 국내 및 국외 주요 경쟁자

○ 특허시장별 동향

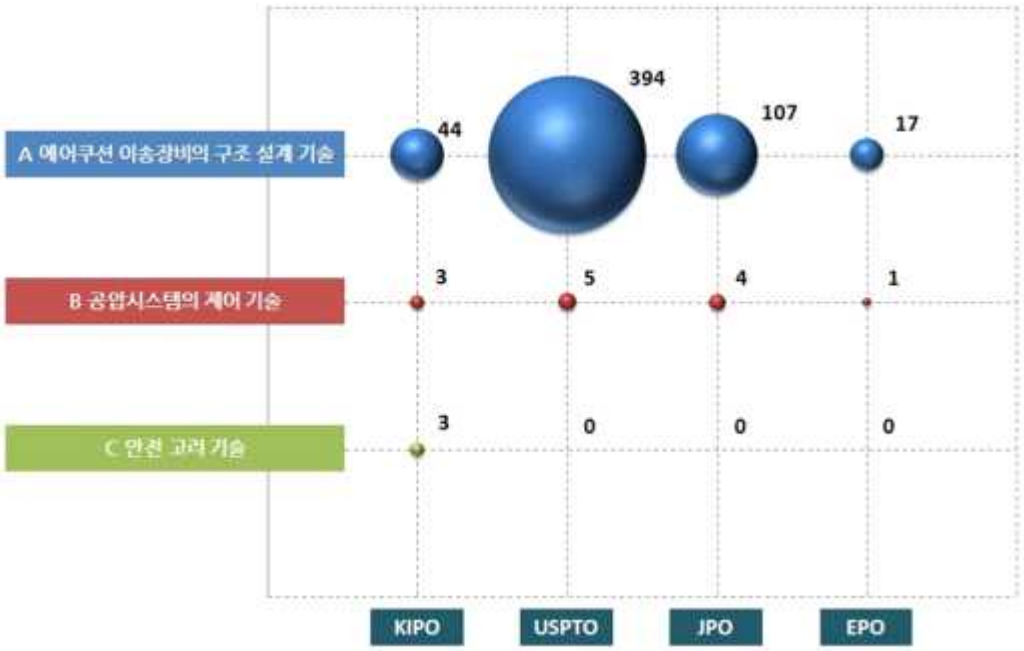


그림 2.1.4 세부기술별 시장별 진입 동향

- 시장별 세부기술 동향에서는 각국의 특허청에 출원된 출원 데이터를 기준으로 세부기술의 집중도 및 공백영역 등을 버블그래프로 나타내어 해당 시장의 관심도를 나타내고, 세부기술에 대한 시장별(특허청별) 비교 분석도 가능함

- 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술(A) 분야는 집중적으로 연구·개발되고 있는 기술이며, 에어쿠션 이송장비의 공압시스템의 제어기술(B) 분야 및 안전 고려 기술(C) 분야는 상대적으로 공백영역에 해당되며, 적극적인 특허획득 전략이 필요할 것으로 예상됨

- 전반적으로 에어쿠션 이송장비의 구조설계 기술(A)에 있어서 미국, 일본에서의 집중도가 높으나, 미국특허 중 특허권이 만료되어 공지된 기술의 활용 가능성이 높을 것으로 예상됨

- '시장별 세부기술 동향'을 통해 세부기술별 시장의 관심도와 집중도를 파악할 수 있다. 전담기관의 담당자와 기술전문가에게는 과제에 해당하는 기술이 어느 시장에서 관심이 많은지 알 수 있으며, 기술 개발시 target으로 해야 하는 시장이 어디인지 파악할 수 있음

- 기술전문가가 정해준 기술트리를 중심으로 각국 특허청의 특허출원 데이터를 따로 분류하여 버블 그래프로 나타낸다. 시장별 세부기술의 크기를 가로축을 통해서 볼 수 있으며, 각 시장의 집중 또는 공백 기술 영역을 세로축을 통해서 파악할 수 있음

- 분석 결과

· 중량물 이송을 위한 공기를 이용한 이송/운반 시스템 기술은 분석 초기구간인 1960년대 특

허출원이 활발하였으나, 1960년대 후반부터 1970년대에는 출원활동이 다소 부진함. 1960년대 및 1970년대 등 초창기의 연구 개발 대부분은 미국이 전체적으로 주도하는 양상이며, 주요시장국 출원동향에서 미국 출원이 69%, 일본 출원이 19%를 차지하는 것으로 나타나 연구개발은 대부분 미국과 일본에서 주도되고 있음을 알 수 있음

· 주요출원인 Top10 내에 미국 기업들이 상당수를 차지하는데, 이는 기술개발의 초창기부터 미국 기업들의 출원이 다른 국적의 기업들의 출원보다 월등하게 많기 때문임. 전체적으로 미국 기업이 강세인 상황에서, 일본의 Mitsubishi Heavy Industries는 자국 내에서 에어쿠션 구조 설계 기술(A)에서 두각을 나타내면서 Top10 내에 진입해 있음

· 주요 출원인의 주력 기술분야를 살펴보면, 주요 출원인 모두 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술(A)에 주력하고 있는 것으로 나타나며, 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술(B) 및 안전 고려 기술(C)은 거의 연구개발을 진행하지 않고 있는 것으로 나타남

· 특히 다출원인 1위인 일본의 Mitsubishi Heavy Industries는 약 30여 건의 출원 전부가 일본 자국 내에서만 출원을 진행하였는데, 이를 통해 에어쿠션 이송장비 기술 분야에서는 해외 진출보다는 자국 내에서만 기술개발이 이루어지고 이를 상용화하고 있는 것임을 알 수 있음

· 시장별 특허동향을 살펴보면, 중분류상 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술(A) 분야는 집중적으로 연구개발되고 있는 기술이며, 에어쿠션 이송장비의 공압시스템의 제어기술(B) 분야 및 안전 고려 기술(C) 분야는 상대적으로 공백영역에 해당되며, 적극적인 특허획득 전략이 필요할 것으로 예상됨

· 전반적으로 에어쿠션 이송장비의 구조설계 기술(A)에 있어서 미국, 일본에서의 집중도가 높으나, 미국특허 중 특허권이 만료되어 공지된 기술의 활용 가능성이 높을 것으로 예상됨

· 따라서 중량물 이송을 위한 공기를 이용한 이송/운반 시스템 기술과 관련하여 활발한 기술개발 활동을 통한 경쟁력 확보와 관련 기술에 대한 성능 강화 등이 요구되며, 시장의 주도권을 확보하기 위한 연구소, 기업의 투자 강화 및 이를 위한 국가의 R&D 지원이 필요할 것으로 판단됨

· 에어쿠션 이송장비의 공압시스템 기술(B), 안전 고려 기술(C)과 관련된 핵심특허는 거의 없었고, 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술(A)과 관련된 핵심특허가 대부분을 차지함. 선정된 핵심특허는 외부 에어쿠션과 내부 에어쿠션으로 구성된 이중 에어쿠션 구조, 단일의 에어쿠션 구조, 공기 집진 및 정화 구조, 다이어프램의 하부면 보강 기술, 다이어프램의 최적

형상 기술 등 에어쿠션 이송장비의 구조적 기술에 접근하는 핵심특허가 대부분임

· 특히, 에어백 내부로 공급된 압축공기에 의해 에어백이 팽창되고, 에어백에 형성된 유출구를 통해 에어백과 바닥면에 의해 둘러싸인 중앙 공간부에 압축공기가 분사되며, 바닥면과 에어백 사이의 공간을 통해 압축공기가 유출되면서 에어필름이 형성되는 단일의 에어쿠션 구조를 이용한 기술은 에어쿠션 이송장비에서 기본적으로 활용하는 기술에 해당하며, 1992년에 공개된 일본공개특허 1992-164708호, 1964년에 등록된 미국등록특허 3,161,247호 등 다수의 선행특허에 기재된 내용이므로, 향후 연구개발 시 제3자의 권리침해 주장을 염려할 필요가 없는 활용 가능성이 높은 기술로 판단됨

제2절 IP R&D 향후 방향성

○ IP R&D 향후 방향성

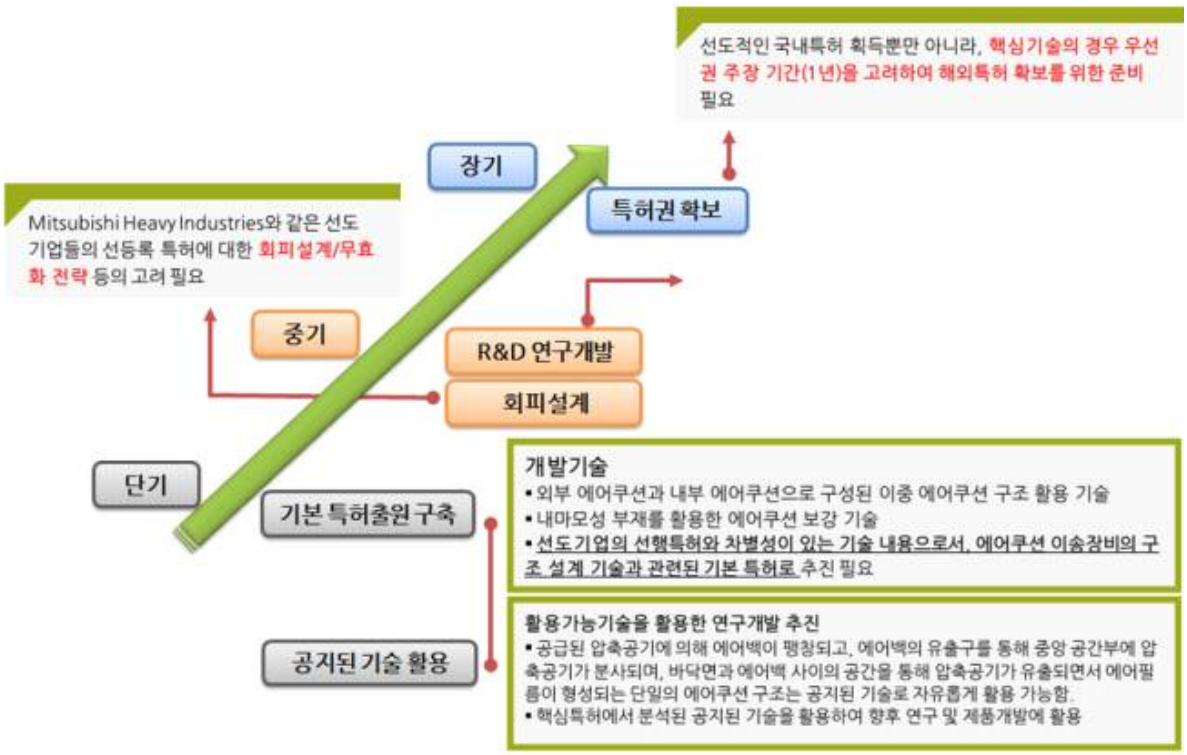


그림 2.1.5 IP R&D 향후 방향성

- 단기적 관점에서는 에어쿠션 이송장비 구조 설계 기술과 관련된 기본 특허출원의 구축 및 활용가능기술을 활용한 연구개발 추진이 필요하다고 보여짐
- 현재 개발 진행 중인 외부 에어쿠션과 내부 에어쿠션으로 구성된 이중 에어쿠션 구조를 활용한 기술, 내마모성 부재를 활용한 에어쿠션 보강 기술, 접촉면적을 변경하기 위한 기술 등은 선도기업의 선행특허와 차별성이 있는 기술 내용으로서, 에어쿠션 이송장비의 구조 설계 기술과 관련된 기본 특허로 추진 필요함

- 공급된 압축공기에 의해 에어백이 팽창되고, 에어백의 유출구를 통해 중앙 공간부에 압축공기가 분사되며, 바닥면과 에어백 사이의 공간을 통해 압축공기가 유출되면서 에어필름이 형성되는 단일의 에어쿠션 구조는 공지된 기술로 자유롭게 활용 가능함. 이와 같이 핵심특허에서 분석된 공지된 기술을 향후 연구 및 제품 개발에 활용함으로써, 제품 개발의 유연성을 확보함과 동시에 완성도 높은 제품 개발을 수행할 수 있음
- 중기적 관점에서는 주된 관심 영역인 구조 설계 기술에서 특허장벽/기술경쟁력 확보뿐만 아니라, 공압시스템 기술, 안전고려기술과 같은 공백 기술분야 등에서 선도적 위치 확보를 위한 R&D 연구개발 방향 설정이 필요함
- 또한, 국내 시장에서는 해외 선도 기업이 보유한 핵심특허 중 장벽이 될 만한 특허가 존재하지 않아 국내에서의 실시는 큰 무리가 없으나, 해외 시장 진출 시 Mitsubishi Heavy Industries와 같은 해외의 선도 기업들의 선등록 특허에 대한 회피설계/무효화 전략 등의 고려가 필요함
- 장기적 관점에서는 선도적인 국내특허 획득뿐만 아니라, 개발 과제 중 핵심기술에 해당하는 기술은 국내특허뿐만 아니라 우선권 주장 기간(1년)을 고려하여 해외특허 확보를 위한 준비가 필요함

○ 대상 기술의 적용처 : 물류(하역)분야

- 물류 산업은 수송, 보관, 하역, 포장 등의 과정으로 이루어 짐
- 본 에어쿠션 부상/운반 기술은 물류 산업 중 하역에 적용될 수 있는 기술로, 하역은 화물 수송 과정에서 화물을 싣고 내리는 일, 옮기는 일, 창고에서 꺼내는 일, 기타 화물의 이동에 관한 일체의 현장처리를 의미함 물품취급장비(Material Handling Equipment) 분야에 적용 가능
- 항만 하역장비로 높은 수준의 첨단화와 고중량 화물에 대한 수요가 증가하고 있음
- 에어쿠션 기술은 주로 이송장비와 관련되어 있으며, SHC, SC 등이 주로 활용되고 있으며 최근 무인화를 위하여 AGV가 도입되고 있음
- 국내 항만물류시설은 고효율, 첨단화 제품으로 점차 진화하고 있으며, 항만물류시설의 이송장비는 하역생산성을 증가시키기 위한 목적으로 수요가 점차 증가할 것으로 예상됨
- 물류센터의 인프라는 기반시설, 물류설비, 물류장비, 운영시스템으로 구분되며 에어쿠션 부상기술은 물류장비에 적용이 가능함
- 최근 물류센터는 지가 상승, 인력 고령화 등의 변화로 인하여 신기술 도입의 필요성이 높아지고 있음
- 국내에서는 물류센터 내에서 물류장비의 대형화, 자동화 추세를 보이고 있음
- 국외에서도 첨단 물류 장비에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있는 실정이며, 운영 및 관리비용 절감과 함께 환경 친화적인 기술에 대한 요구가 증가하고 있음

○ 에어쿠션 이송 장비의 진입 가능한 시장 현황

- 앞서 살펴본 동향에 따르면 본 과제를 통하여 개발되는 에어쿠션 이송 장비는 물품 취급 장비 시장과 AGV 시장에 진입가능할 것으로 보임
- 물품취급장비 시장은 경제정세, 제조업의 활성화에 의존적인 특징을 가지며, 세계 물품취급 장비 시장은 최근 세계적인 불경기 이후로 선진국의 경기회복, 설비투자 회복에 따라 지속적인 상승이 기대되고 있음 [7].
- 물품취급 장비 중, 에어쿠션 이송장치가 대체할 수 있는 구체적인 분야는 지게차와 크레인 시장일 것으로 보이며, 경기 회복 및 제조업 산업 활동 개선으로 5% 내외의 시장 증가세가 기대됨
- AGV는 비용절감, 정확도 개선, 안전성 향상 등의 장점으로 차세대 물류기술로 주목받고 있으며, 산업 자동화, 무인화 추세에 따라 성장세가 기대됨
- AGV 시장은 기술적 우위를 가진 미국 , 일본에 의해 주도되고 있으며, 미국은 20% 대의 성장세를 보이며, 일본은 2013년에는 104.7%의 성장세를 보이고 있음

○ 에어쿠션 관련 기업 동향

- 대상기술은 미국 및 유럽 등에서 주로 개발되어 상용화가 이뤄지고 있음. 특히, 미국내에 상당수의 회사가 존재하며, 수백 ~ 수천 ton 규모의 화물의 적재가 가능한 장비의 기술이 개발되었음
- 국내에는 아직까지 에어쿠션 기술을 적용한 제품을 출시한 기업이 존재하지 않으며, 국내 시장에서 에어쿠션 이송장치는 전량 수입에 의존하고 있으며 국내 업체는 해외 제품의 수입 및 판매에만 관여하고 있음(동상 교역, Solving-Korea 등)
- 미국 내 AGV 시장은 주요 자국업체에 의해 50% 의 점유율을 보이며, JBT Technologies, Jervis B. Webb, HK Systems 등의 주요업체가 있음. 국내의 경우는 AGV 시장의 규모가 작고, 몇몇 중소기업(신흥기계, 한성웰텍, 금강오토텍 등)에 의해 시장이 형성됨

표 2.1.8 일반 기계 주요 품목별 생산 증가율 추이

법인명	국가	설립년도	웹페이지	특징
Aerofilm systems	네덜란드	1984	http://aerofilmsystems.com	주문제작을 전문으로 하며, 대체적으로 규모가 큰 장비위주 제작
Airslead	미국	1982	http://www.airsled.com	가정용 혹은 개인용으로 중소형 위주의 장비 제작
Aerogo	미국	1967	http://www.aerogo.com	5,000t까지 적재 가능한 기술 보유
Solving	핀란드	1970	http://www.solving.com	에어쿠션기술 선도업체로, 50개 국가와 거래하며 14개 국가에 지사 있으며, AGV접목기술 보유
Delu	독일	1982	http://www.delu-gmbh.de	에어쿠션기술, 드라이버 기술, 제어기술을 접목하여 상용화에 성공

○ 에어쿠션 관련 시장성 요약

- 에어쿠션 이송장비 기술은 초기 시장 선점, 이송 작업장에서 작업자 안전성 제고, 물류산업의 효율성 강화, 고령 노동자의 일자리 창출 등 국가적인 관점에서 기술개발이 필요함
- 본 기술은 물류(하역)분야의 메가트렌드에 부합하여 차세대 물류기술 중 하나로 시장 니즈가 크며, 시기적으로 적절함
- 세계적으로 하역 분야에서 에어쿠션 기술의 접목은 이제 시작단계로 해외 일부 기업만이 상용화 제품을 출시하였고 아직까지 시장은 초기 단계임
- 해외에서 이미 상용화가 이뤄졌으나 국내에서는 상용화 제품이 전무한 상황으로 국내 기업의 시장선점을 위해 공공부문과 민간기업의 공동기술개발이 필요함

제 3 장 연구 수행 내용 및 성과

제1절 상용화를 위한 조사 연구

제2절 상용화를 위한 350kN급 에어쿠션 이송장비 기술개발

제3절 중소형 화물 이송을 위한 에어쿠션 무선조정 시스템의 상용화 연구

제4절 사각 에어쿠션 및 턴테이블의 상용화 연구

제3장 연구 수행 내용 및 성과

제1절 상용화를 위한 조사 연구

1. 목표시장 정의

(1) 대상기술 개요

○ 목적 및 초기 개발

- 크레인을 대체하기 위해서 1961년에 General Motors에서 개발함
- 마찰력을 최소화하기 위해서 공기를 활용함
- 1967년에 Airfloat 社가 설립됨

○ 에어쿠션 이송장비 특징

- 대상기술은 고압의 공기를 바닥으로 분출하여 바닥과의 마찰을 줄여주는 이송장치
- 하부로 고압의 공기를 분출하여 화물을 바닥으로부터 띄워 중량물을 적은 힘으로 이송시킬 수 있는 장비로 Air bearing 또는 air caster라고도 함
- 500kg의 화물을 단 5kg의 힘으로 움직일 수 있으며, 기존 휠 또는 캐스터 방식 대비 10배의 효율이 가능
- 유연하고 내구성 있는 우레탄 재질 다이아프레임이 공기압에 의해 부풀려지고 화물을 바닥으로부터 띄움
- 유연한 소재 사용으로 바닥의 윤곽면에 따라 균일한 에어 간격 유지 중요



그림 3.1.1 에어쿠션 기술 적용 예 (Aircaster 社)

- 대상기술은 화물과 바닥과의 마찰을 획기적으로 줄일 수 있어 작업 효율성 및 효과성을 제고가 가능한 장점이 있음
- 대상기술은 기존의 물류취급/이송장비에 비하여 외부 환경에 대한 영향이 적으므로 작업의 효과성을 높일 수 있음

- 대상기술은 기존의 지게차, 크레인 장비에 비해 작업 효율과 투자비용 측면에서 장점이 있음
- 물류분야에서 화주와 물류기업들의 최대 관심인 비용 절감 효과를 기대할 수 있음

○ 주요 개발업체

- 현재 제품을 공급하고 있는 주요 업체들은 1970년대와 1980년대에 설립된 회사들로 Airfloat, Air Caster Corp, AeroGo, Hovair, Solving, Aerofilm Systems 등이 있음
- 중량물 이송이 필요한 Niche Market을 중심으로 다양한 Application을 시험하고 있음
  · 1톤 이하 : 가정 또는 실내에서 일상생활용품 중 중량물에 해당하는 가구, 가전제품, 자동판매기 등의 이송을 목적으로 개발된 이송장비, 좁은 공간에서 작업이 이루어져야 하므로 지게차로 작업하기는 어려움
  · 30톤 이하 : 지게차 적재중량과 동일하나 안정적인 이송이 필요하거나 적재물의 부피가 커서 무게중심을 안정적으로 확보하기 어려운 중량물
  · 30톤 이상 :선박용 디젤엔진, 변압기, 풍력발전기 터빈 등의 이송에 활용, Hoist Crane으로도 작업이 가능하나 작업시간과 호이스트 설비에 따른 투자비 측면에서 경쟁력이 있음

○ 주요 응용제품

- 에어쿠션기술은 생활가전제품의 이송 및 설치보조, 무거운 중공업 제품의 공장 내 이송, AGV(Automated Guided Vehicle) 등의 3가지 응용제품군으로 분류될 수 있음
  · 중량물인 중공업 제품의 이송은 기존 시장에서 경쟁기술인 트레일러를 대체하여 진입하고 AGV 시장은 성장 중인 시장이며 생활가전제품 이송 제품은 에어쿠션기술의 특성을 기반으로 새롭게 창출되고 있는 시장임



그림 3.1.2 에어쿠션기술의 응용

○ 중공업 제품 이송

- 비행기, 선박용 디젤 엔진, 해상플랜트, 철도차량 등과 같이 부품 또는 반제품 제조 공정 후 이송을 위한 용도로 활용



그림 3.1.3 중공업제품 이송 사례 : Solving 社

○ 가정용 생활용품 이송

- 실내에 설치되는 가전제품이 대형화됨에 따라 인력으로 감당하기 어려운 경우가 있으므로 손쉽게 설치할 수 있도록 지원



그림 3.1.4 가전제품 이송사례 : Airsled 社

○ AGV (Automated Guided Vehicle)에 활용

- paper rolls, steel coils, motor assembly와 같은 대량생산 공장에서는 정해진 구간을 왕복하면서 물류를 지원하는 차세대 시스템의 AGV를 개발하여 도입하는 경우가 늘고 있으며 해당 차량으로 에어쿠션 이송장비를 적용하기 위한 노력이 있음



그림 3.1.5 AGV 사례 : Solving 社

(2) 목표시장의 정의

○ 목표시장 탐색방법 개요

- 에어쿠션기술은 물품을 이송하는 기술로서 이송거리 측면에서는 물품취급(Material Handling Equipment) 시장에 적용이 가능하고 물품의 중량과 부피 측면에서는 중량물 이송 트레일러((Heavy Haulage Trailer) 시장에 진입이 가능할 것으로 예상됨

· 물품 취급 장비 시장 : 컨베이어, 지게차, 크레인 등의 제품으로 구성되며 재고 관리 및 물품 이송을 위한 장비 시장



그림 3.1.6 물품취급 장비 시장

· 중량물 이송 트레일러 시장 : 일반적인 화물 운송 범위를 벗어나 초고중량 또는 대형 물품의 이송을 위한 트레일러로 구성



그림 3.1.7 중량물 이송 트레일러 시장

○ 에어쿠션기술을 활용하는 중량물 이송장비와 관련된 시장을 조사하기 위해서는 3 가지 방법으로 접근

- Material Handling Equipment 시장 조사
· 시장 보고서 및 시장 전망 자료 조사
- 중량물 이송 트레일러 시장 조사
· 시장 보고서 및 시장 전망 자료 조사
- 기존 에어쿠션 기술 보유 기업들의 응용제품 조사
· 경쟁기업 현황 및 주요 응용제품 조사
- 한국기계연구원의 연구개발목표를 감안한 경쟁기술과의 비교분석을 통한 전략적 목표시장 선정
· 35t 중량물에 대한 응용제품 조사



그림 3.1.8 단계별 시장조사

2. 시장 현황

(1) 관련 시장 동향

□ 건설기계 시장 전망

- 물품취급 장비 시장과 연관성이 높은 시장으로는 건설기계시장이 있음
- 세계건설기계시장은 Earth Moving Machinery, Material Handling Machinery, Concrete & Road Construction Machinery로 이루어지며 이 중에서 물품취급 장비 시장은 약 15~20%를 차지하고 있음
- 세계시장은 2015년 총 1,720억불에서 2020년에 2,250억불로 성장할 것으로 전망
- 연평균 성장률은 5.5%로 예상됨

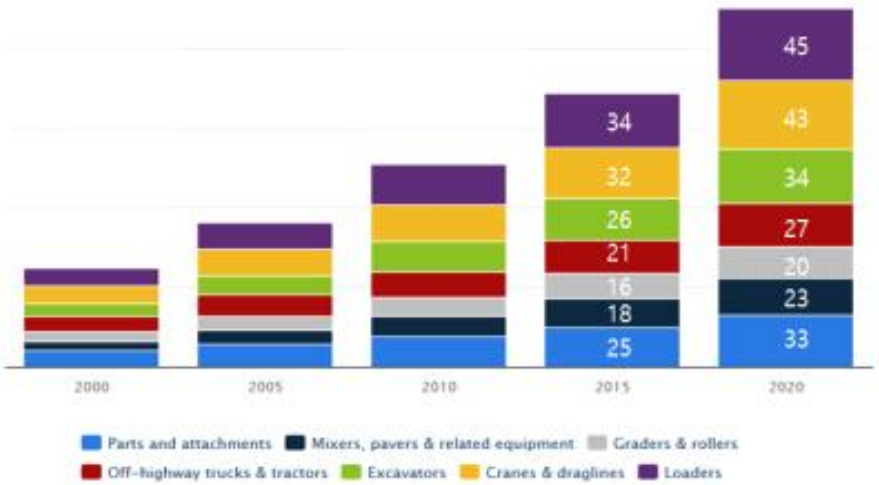


그림 3.1.9 세계 건설기계시장 전망 (Statista, 2015)

□ 물품취급 장비 시장 전망

○ 세계시장 규모

- markets and markets에 따르면 물품취급시장은 2016년부터 2022년까지 연평균 7.9%로 성장하여 2022년에는 446.8억불에 이를 것으로 전망됨
- 시장을 성장시키는 원인으로는 제조공정 자동화가 가장 큰 이유로서 자동차 생산량 회복과 노동인력의 고령화로 인한 인체친화적인 생산설비의 도입 등
- 지역별로 시장을 차지하는 비중은 아시아와 유럽이 38%와 34%로 절대적인 위치를 차지하고 있으며 특히 아시아의 경우는 타 지역에 비해 성장률이 높은 것으로 나타남

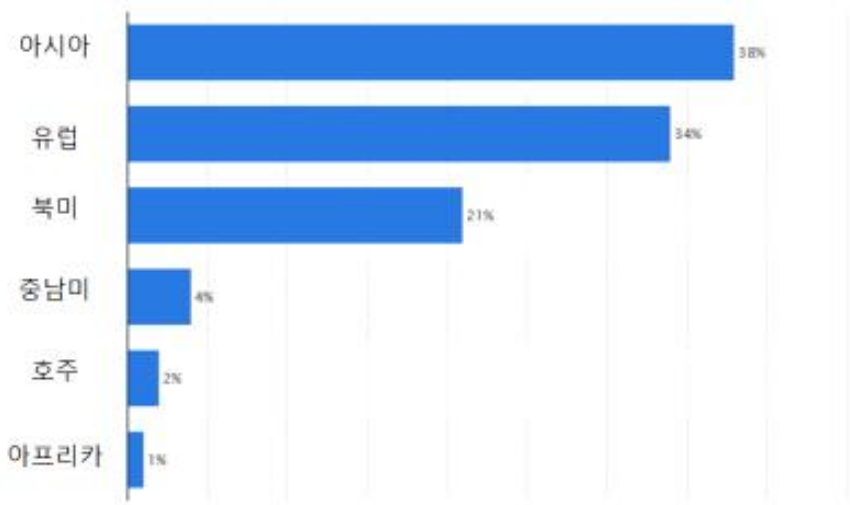


그림 3.1.10 물품취급시장의 지역별 구성 (Statista, 2015)

○ 주요 제품

- 물품취급 장비 시장을 구성하는 주요 제품군으로는 Transport Equipment, Positioning Equipment, Unit Load Formation Equipment, Storage Equipment, Identification and Control Equipment 등이 있음

- 에어쿠션 이송장비는 Transport Equip.에 해당하는데 Transport Equip.에는 컨베이어, 크레인, 산업용 트럭, 지게차 등이 있으나 산업용 트럭과 지게차는 구분이 모호한 편임

· 컨베이어에는 다양한 종류가 있는데 Belt conveyers, Chute conveyers, Wheel conveyers, Roller conveyers, Chain conveyers, Slat conveyers, Flat belt conveyers, Magnetic belt conveyers, Vertical conveyers 등이 있음

· 크레인에는 Jib cranes, Bridge cranes, Gantry cranes, Stacker cranes 등이 있음



그림 3.1.11 크레인의 종류

· 산업용 트럭에는 Hand Truck, Pallet Jack, Walkie Stacker, Counterbalanced lift truck, Narrow-Aisle reach truck 등이 있음



그림 3.1.12 산업용 트럭 및 지게차

- 물품취급 장비를 구분하는 기준은 크게 2 가지로 Area의 제한여부와 물품이송경로의 변동성임

· 컨베이어는 정해진 장소와 경로로만 물품을 이송함

· 크레인은 정해진 장소에서 경로만 변경이 가능함

· 산업용 트럭과 지게차는 자유도가 가장 높은 이송장비로 구분되어짐

□ 국내 물품취급 장비 시장 및 산업경쟁력

- 국내 물품취급 장비 시장도 환경요인에 따라 일시적인 부진을 겪었으나 국내외 경기회복과 함께 2015년 이후 상승세를 가질 것으로 전망됨

- 2014년 상반기 선진국 경기회복, 설비투자 회복 등에 힘입어 장비 생산의 증가 조짐을 나타냈으나, 중국 경기 회복 지연과 세월호 침몰에 따른 내수 부진 등으로 인해 국내 생산 증가 속도는 탄력을 받지 못함
- 2014년 하반기는 지속적인 국제 경기 회복과 선진국 경기 안정세에 따라 소폭 회복세를 보였으며 2015년 이후에는 성장이 기대됨

표 3.1.1 일반기계 주요 품목별 생산 증가율 추이 (단위:%)

	2013년	'14년 1/4분기	'14년 3월	'14년 4월	'14년 5월	'14년 1~4월
일반기계	-4.5	2.3	-1.7	0.0	0.3	1.4
내연기관 및 터빈	-16.5	-6.9	-11.7	9.4	14.0	0.6
유압기기	-3.3	4.7	13.4	12.5	12.2	7.8
펌프 및 압축기	-0.5	-3.9	1.8	-0.9	-2.9	-3.1
베어링, 기어 및 동력전달장치	-5.5	6.4	8.8	5.5	-3.1	4.2
산업용 트럭, 승강기 및 물품취급장비	-5.9	5.9	9.3	-5.5	7.8	3.8
냉동공조	-2.4	3.7	7.2	1.1	-8.4	0.1
농업 및 임업용 기계	-2.3	15.4	11.2	10.0	9.1	12.9
가공공작기계	-17.2	-0.9	-4.6	3.9	3.1	1.0
건설광산기계	-9.1	-15.4	-18.9	-11.1	-17.9	-15.0
섬유기계	-32.3	3.9	-29.5	-19.5	-17.7	-5.7
반도체 및 평판디스플레이 제조기계	4.7	53.2	12.4	9.1	6.8	30.9
산업용 로봇	-5.5	-27.8	-45.6	-27.9	7.1	-21.5
금형 및 주형	1.5	-0.6	-2.1	-3.1	17.2	2.3

출처 : 한국기계산업진흥연구회

- 국내 물품취급 장비의 수출은 22억 달러 규모로 이는 전체 기계 산업의 수출액 중 5%에 불과하나 전 세계 수출규모 대비 높은 편임

표 3.1.2 2012년 우리나라 기계 산업 대·중 분류 품목별 수출 구성 현황

번호	대분류명	중분류 개수				수출액 (백만불)
		전체	주력품목	준주력 품목	주력•준 주력품목	
1	스팀터빈	1	0	1	1	255
2	내연기관	3	3	0	3	5,258
3	기타 원동기	2	0	0	0	66
4	가스터빈 및 기타 엔진	2	0	2	2	890
5	펌프 및 압축기	2	2	0	2	3,491
6	산업용 오븐•노 및 노용 버너	3	0	2	2	378
7	증류기•열 교환기 및 가스발생기	2	1	0	1	2,533
8	기체 및 액체여과기	1	0	0	0	1,054
9	기타 일반목적용 기계	4	1	2	3	566
10	**산업용 트럭•승강기 및 물품취급장비**	**6**	**0**	**4**	**4**	**2,166**

출처 : 한국기계연구원

○ 지게차 시장 현황

- 전체 물품취급 장비 시장과 동일하게 경기 회복 및 제조업 산업 활동 개선으로 5% 내외의 증가세가 기대됨
- 지게차는 30t급 중량물을 이송하는 대표 물품취급장비로, 국내 생산은 지난해 4만 315대 수준에서 9.4% 늘어난 4만 4122대 규모일 것으로 전망되며 내수시장은 3.0% 증가한 1만 6890대, 해외시장은 5.8% 늘어난 2만 7050대 수준일 것으로 예측됨
  · 해외에서는 미국의 2015~2016년 주택건설투자가 10%를 상회할 것으로 전망됨에 따라 지게차 수출의 회복세 전환 기대됨
  · 유럽 수출은 2014년과 비슷한 실적을 유지할 것으로 전망되며, EU 및 러시아 수출의 양극화 흐름도 이어질 것으로 예상
  · 중국 수출은 3년 연속 감소세에서 벗어나 2014년과 비슷한 실적을 유지하거나 3% 내외의 회복세를 보일 것으로 전망
- 2012년 이후 매년 두 자리 수의 감소율로 하락했던 중국 수출은 기준금리 인하를 통한 정부의 경기 부양과 이에 따른 투자 심리 개선 효과로 건설기계 수요 역시 점진적인 회복세 전환이 기대됨
  · 중동 및 기타 아시아 지역은 5% 내외의 증가율로 2014년에 이어 회복세를 이어갈 것으로 전망
- 다만 이 지역 국가들의 경우 수요시장의 높은 회복 및 성장이 기대됨에도 불구하고 엔저에 따른 일본 업계의 공격적인 마케팅과 중국산 장비 유입 확대 등 시장 내 경쟁구도가 심화되며 증가율은 한 자리 수에 그칠 것으로 전망

○ 크레인 시장 현황

- 대형화물의 증가와 중국에서의 수요 증가에 힘입어 물품취급장비 시장의 성장세(5%)를 상회하는 성장이 기대됨
- 크레인은 2010년부터 그 수요가 늘고 있는 추세에 있으며, 2010년 대비 2015년에는 319억달러 규모에서 2020년에는 426억 규모로 성장이 기대됨
- 2010년에서 2015년 연평균성장률은 8.1%였으며 2020년까지는 8.7%로 더 높은 성장세에 예측됨
  · 이는 BRICs 국가들, 특히 중국에서의 건설기계로서의 신규 크레인의 수요가 급격히 증가함에 따른 것으로 파악되며, 구체적으로 2020년도에는 177억달러 규모로 세계 크레인 시장의 약 41.6%를 차지할 정도로 큰 시장이 형성될 것으로 전망됨
  · 이와 같이 크레인 시장의 중심이 현재의 유럽 및 미국에서 중국 및 아시아로 이동이 예상됨

□ 중량물 이송 트레일러 (Heavy Haulage Trailer) 시장 전망

○ 북미시장 현황

- 북미 트레일러 시장은 2014년에 29만대, 약 $9.67B 규모였으며 2015년에는 34만대, 약 $11.3B으로 17% 성장할 것으로 전망됨(출처:Trailer/Body Builders, 2016)
- 상위 Top 5의 시장점유율이 전체 시장의 75%에 달해 시장에 대한 장악력이 높은 것을 알 수 있고 공급체계가 안정적으로 유지됨을 예상할 수 있음
- 이 중에서 중량물 에어쿠션 이송장치와 직접적으로 경쟁하는 분야는 크지 않으며 주로 중량물 운송 서비스를 중심으로 성장하고 있음

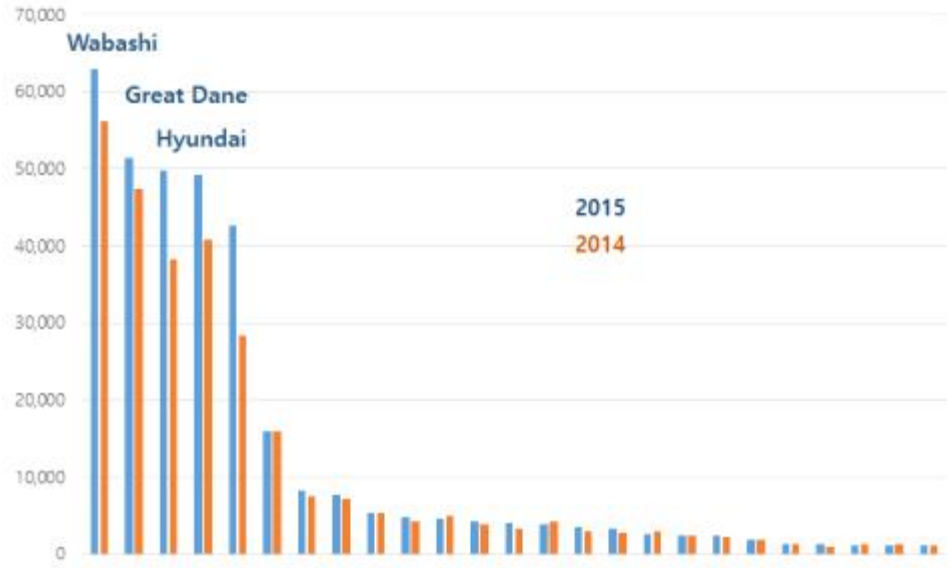


그림 3.1.13 북미 트레일러 시장의 규모 및 주요 제조업체

- 북미 트레일러 시장에 대한 전망은 시장조사기관마다 다소 차이는 있으나 시장은 점진적으로 감소할 것으로 보고 있음

· 일반적인 형태의 Dry Van과 Flatbed 트레일러 제품은 생산량이 감소하고 냉동 트레일러 (Reefers)와 특수 목적용 트레일러에 대한 수요는 유지되거나 증가할 것으로 예상되고 있음

표 3.1.3 북미 트레일러 시장 전망 (출처:ACT Research)

	2016	2017	2018	2019	2020
Dry Vans	178	162	148	154	150
Reefers	39	38	38	40	43
Flatbeds	31	28	24	23	24
기타	47	48	48	47	47
합계	295	275	258	264	264

○ 트레일러 제품의 종류

- 트레일러 시장을 구성하는 제품으로는 Dry Van, Reefer, Flatbed 등이 있으며 그 외에도 특수 목적용 제품들이 있음

· Dry Van : 일반적인 트레일러 제품

· Reefer : 냉동 등의 온도 조절이 가능한 트레일러 제품

· Flatbed : 물품을 외부에 드러난 형태로 이송할 수 있는 트레일러 제품



그림 3.1.14 트레일러 제품 종류 (왼쪽부터 Dry Van. Reefer. Flatbed)

○ 에어쿠션 기술의 경쟁 제품

- 에어쿠션기술의 主응용제품과 시장은 중량물 이송 시장으로 기존에는 트레일러를 주로 활용하고 있음



그림 3.1.15 에어쿠션이송장치 응용제품과 트레일러 비교 (출처:各 社別 홈페이지)

- 대표적인 기업으로는 Goldhofer(독일), Mammoet(네덜란드), Drake Trailers(호주) 등이 있으며 주로 중량물 이송서비스와 결합한 형태로 사업을 추진하고 있어 신규 진입에 어려움이 예상됨

- Goldhofer社

· 1704년에 설립, 종업원수는 700명, 2014년까지 전세계적으로 총 35,000대 판매

· 20t ~ 10,000t의 중량물 이송 트레일러 제품과 이를 이용한 이송서비스에 특화한 회사임



그림 3.1.16 트레일러 제품 형태

· 주요 활용 분야로는 조선, 철강, 플랜트 등에 적용



그림 3.1.17 트레일러 주요 활용 사례

- Mammoet社

· 1973년 설립, 종업원 3,200명으로 850명은 네덜란드 근무, 비공개 기업으로 재무 실적에 대해서는 확인이 어려움

· 크레인, 이송 트레일러, 갠트리 등의 장비를 개발하고 보유하고 있으며 이송서비스도 수행중임

· 자가 이동이 가능한 트레일러도 보유하고 있음



그림 3.1.18 Mammoet社 제품 및 활용사례

- Drake Trailers社

· 일반적인 형태의 Flatbed 트레일러 제품을 생산 중인데 주문에 따라 수정하여 제품을 공급함

(2) 대체제품 비교

○ 이송기술간 비교

- 에어쿠션기술은 트레일러 시장의 Dry Van, Reefer, Flatbed 중에서 Flatbed와 시장이 겹치며 특히 초고중량물 이송에 대한 특수 제품과 시장에서 경쟁할 것으로 판단됨

· 사용자 편의성, 운송거리, 환경친화성 측면에서 중량물 이송 트레일러와 장단점이 존재하며 향후 트레일러 시장에 대한 환경 관련 규제 정책의 강화에 따라 시장 진입 가능성이 높아질 것으로 예상됨

- 물품취급 장비 시장을 구성하는 4 가지 제품군(컨베이어, 크레인, 산업용 트럭, 지게차) 중에서 에어쿠션 이송장비와 기능·역할 측면에서 가장 유사한 것은 크레인과 지게차임

· 이송작업이 이루어지는 영역과 경로의 가변성 측면에서 컨베이어 제품군은 한정적으로 활용 가능함

· 크레인과 지게차의 경우에는 작업영역과 경로 측면에서도 차이가 있을 뿐만 아니라 담당하는 이송물의 무게에 따른 구분도 가능함

- 크레인

· 크레인은 종류에 따라 고정형 호이스트와 mobile로 구분됨

· 작업영역에 있어서는 고정형 호이스트의 경우에는 이동거리 내에서만 작업이 가능하나 Mobile 크레인의 경우에는 자유로운 이동이 가능하며 작업을 위한 넓은 안전거리 확보가 필요함

· 이송물의 경로 측면에서는 작업영역 내에서는 자유로운 경로가 가능함

· 이송물의 중량에 있어서는 가장 범위가 넓으며 고정형 크레인의 경우에는 초고중량물에 대한 작업이 가능함



그림 3.1.19 크레인의 종류

· Mobile Crane의 경우에는 Boom의 길이와 각도에 따라 이송물의 중량이 영향을 받으며 일반적인 이송중량은 20톤임

- 지게차

· 작업의 가변성 측면에서 가장 뛰어나며 일반적으로 물품취급 장비 시장에서 폭넓게 활용되고 있음

· 작업 영역과 작업경로 측면에서 가변성이 높으나 이송물의 중량과 무게중심에 대한 제한이 있어서 초고중량물과 부피가 큰 이송물에 대해서는 작업에 어려움이 있음

· 적재중량은 일반적으로는 10~20톤이나 대형 지게차의 경우에는 최대 30톤까지 가능함 (참고자료 그림 3 참조)

· 또한 이송물의 무게중심에 따라 지게차의 적재능력에도 변화가 발생하므로 부피가 큰 이송물에 대해서도 활용에는 한계를 가짐

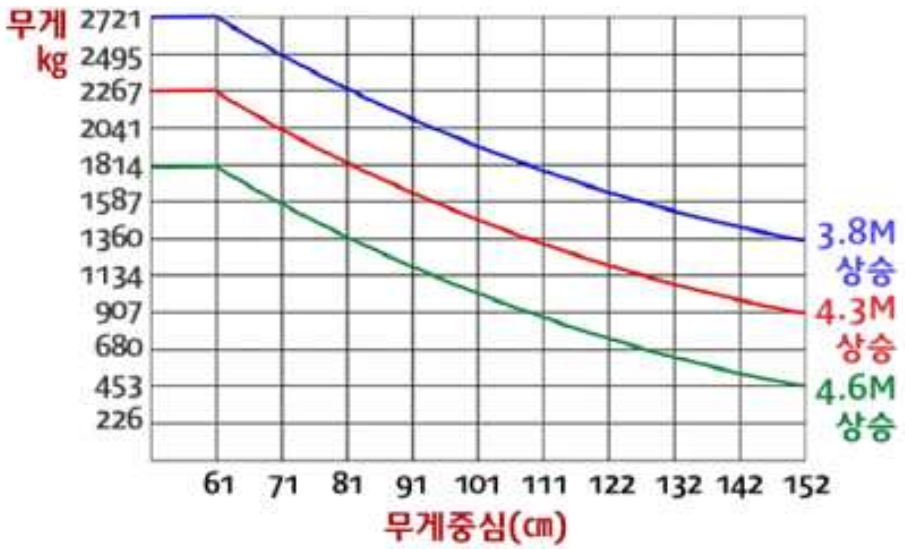


그림 3.1.20 무게중심에 따른 지게차 적재능력

○ 에어쿠션기술을 활용한 이송장비의 차별성

- 에어쿠션기술은 지게차, 크레인, 트레일러 등의 경쟁기술과 가격, 사용자 편의성, 친환경성, 이송 거리 측면에서의 장단점이 존재

· 지게차 대비 : 가격, 친환경성에서는 유리하나 Lifting 기능에서 불리

· 크레인 : 실내작업성과 경로 변경성 측면에서 유리하나 정해진 경로를 활용하는 대량생산 체제에서는 생산성이 낮음

· 트레일러 : 친환경성과 가격에서 유리하나 원거리 이송이 어려움

표 3.1.4 주요 경쟁기술과의 비교

	지게차	크레인	트레일러
장점	·가격 ·20t 이상의 중량물	·설치비용 ·옥내 작업 가능	·친환경성 ·가격
단점	·Lifting 기능 無 ·한정적인 역할	·Routine한 작업에서 생산성 低	·원거리 이송은 불가

⇒ 이송 경로가 가변적이고 실내 또는 근거리 이송이 필요함 Application에 최우선적으로 적용

- 에어쿠션 중량물 이송장비는 지게차와 크레인 대비 30톤 이상의 중량물에 대해 가변성 높은 작업을 수행할 수 있는 장점이 있음

· 에어쿠션 이송장비의 초기 개발목적은 크레인을 대체하기 위함임

· 크레인의 단점으로는 초기 설치비용, 정해진 영역 內 작업이며 이동형(Mobile) 크레인은 작업 가변성은 높으나 실내에서 사용하기 어려운 점이 있음

· 지게차가 가지지 못하는 무게와 부피에 대한 한계를 극복 가능함

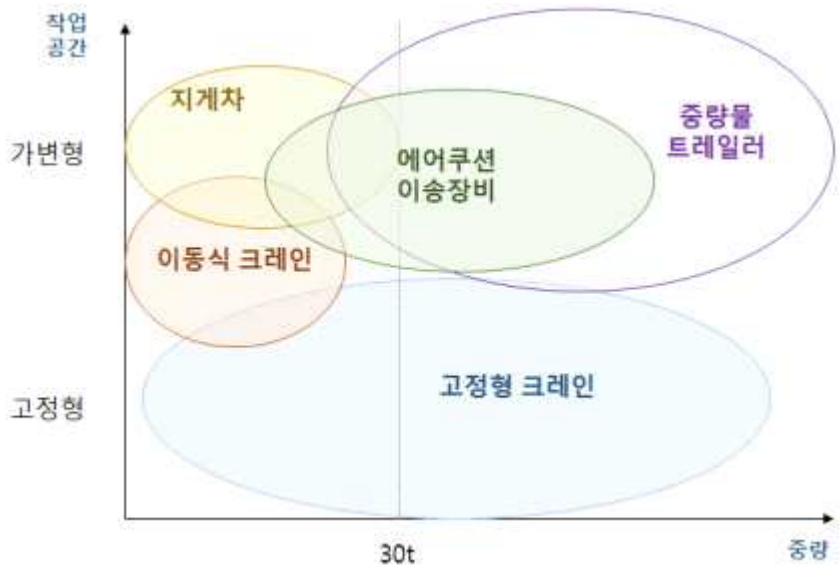


그림 3.1.21 에어쿠션 이송장비의 Positioning 전략

- 에어쿠션기술을 활용한 이송장비는 30톤 이상의 중량물을 대상으로 가변성이 높은 작업을 수행하는 응용제품으로의 가능성이 높음

· 지게차 대비 이송물의 중량, 부피의 한계를 극복하여 차별화 가능
· 크레인 대비 정해진 경로와 영역 내에서 이루어지는 이송보다는 가변적이고 일회성의 이송 작업에 특화할 수 있음
· 중량물 트레일러와는 직접적으로 경쟁하는 기술임

(3) AGV 시장 동향

○ AGV(Automated guided vehicle system, 자동경로차량시스템)는 제조업 공장의 자동 조립 라인에 있어, 미리 정해진 노선을 따라 자동으로 경로안내를 하는 장치를 장착한 무인 자동차

- 유도장치를 통해 정해진 코스를 따라 이동하며 지정된 장소로 물품을 이송하는 무인이송차량을 의미함
· AGV는 주로 바닥에 설치된 유도선을 따라 이동하며 지정된 장소에 도착하면 마커센서를 통해 위치를 인식하여 정지함
· 물품을 이재/적재한 AGV는 물품의 이재/적재를 확인한 후 다음 목적지를 향해 유도선을 따라 이동함
· 유도장치, 컨베이어, 구동부, 조작/표시부, 통신부, 제어부로 구성됨

- 자동으로 또는 수작업으로 짐을 올리고 내리기 위해서 각각의 기계나 조립구역에 정지할 수 있음

- 버스 작동 설비내의 버스를 자동으로 인도하는 것 같이 수동으로 운행되는 차량이 아닌 경우에 대해서는 ITS분야에서도 사용 됨

○ AGV는 비용절감, 정확도 개선, 안전성 향상 등의 장점으로 차세대 물류기술로 주목받고 있음

- 공정에서 AGV는 지능화수준이 높고 피로상황이 없으며 정확성이 높은 장점을 가짐
- AGV는 공정의 생산비용을 줄일 수 있고, 작업인원에 대한 위험성도 크게 낮출 수 있어 기업의 생산효율성과 생산관리수준을 높일 수 있는 방안으로 주목받고 있음

- 물류 저장업, 의약, 화공, 제지업, 식품업, 우체국, 도서관, 항구부두, 공항 등 다양한 산업에서 AGV를 이용하고 있고, 응용기술 발전에 따라 더 많은 분야로 응용이 가능할 것으로 기대됨

○ AGV는 현재 초기 단계의 시장으로 아직 규모가 크진 않지만 산업자동화 및 물품취급장비의 자동화/무인화 동향에 근거하여 성장세가 기대되는 시장임

- 산업자동화 시장은 연평균 7.3 % 성장하여 2015년 2,300억달러에 이를 전망
· 산업자동화 분야에서 산업용 로봇이 가장 빠르게 성장하여 2000년 63억달러에서 2015년 551억달러로 연평균 15.6 %성장함
· 국내 시장에서도 산업용 로봇은 가장 빠른 성장을 보였으며 2000년 1,200억에서 2015년에는 19,124억원으로 20.3%의 고성장이 기대됨

- AGV는 산업용 로봇에 속하며 이 시장에서 최근에 두각을 나타내는 기술로 현재 전체 시장 대비 점유율은 미미하지만 빠른 성장세를 보이고 있음

- 물품취급장비 시장은 상술한 바와 같이 경기회복과 더불어 5%의 성장이 기대되고 있으며 자동화된 컨베이어와 함께 AGV가 주요 성장요인일 것으로 추정됨

○ AGV 시장은 기술적 우위를 바탕으로 미국 및 일본이 이끌고 있으며 시장규모는 작으나 높은 성장세를 보이고 있음

- 미국은 AGV 시장은 아직 그 규모가 미미하나 20%대의 높은 성장률을 보이고 있음
· 2011년 기준으로 미국 AGV 회사들은 925대의 차량과 130개의 시스템을 판매하여 약 1.1억 달러의 매출을 확보함
· 이는 2007년과 비교하여 약 25%의 성장세를 보인 것으로, 2009년도부터 연평균 8.3% 성장률을 기록하여 2014년 기준 1.5억달러의 매출을 확보함
· AGV 관련 업체는 37개이고, 종사자 수는 833명 수준임

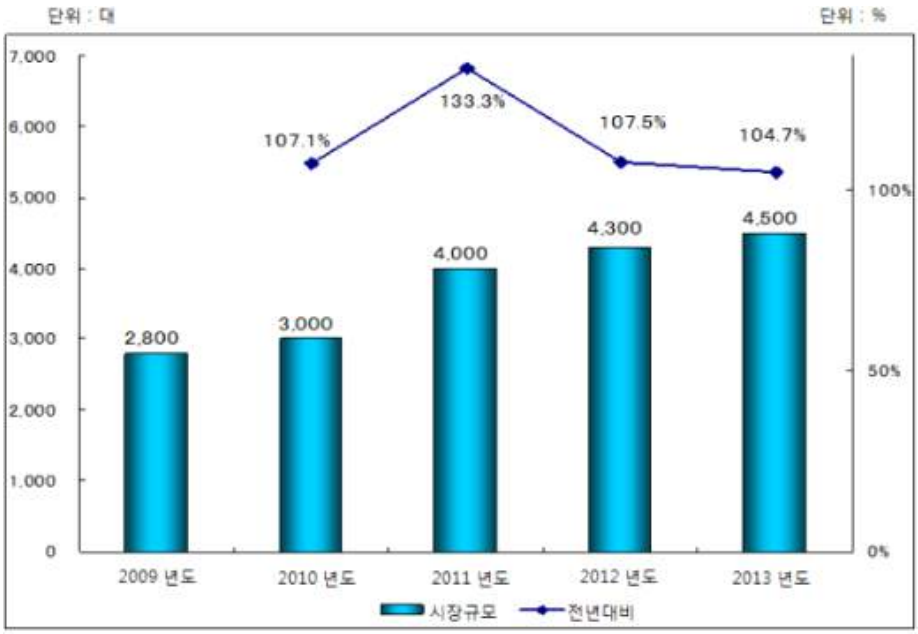


그림 3.1.22 일본 AGV 연도별 판매대수(야노경제연구소)

- 일본은 세계 경기회복과 2011년 급격한 성장세를 보이고 있음

· 일본 시장은 2009년도까지는 리먼 사태 등의 영향으로 침체했지만, 2010년 이후 확대추세로 돌아섰으며, 특히 2011년 반동으로 급성장을 거듭하여 2013년 AGV 시장 규모는 전년대비 104.7%의 4500대를 기록함

- 이에 반하여 우리나라는 미국시장으로의 수출량이 증가하고 있으나 아직까지 그 규모는 미미한 수준임

· 우리나라의 대미 수출액은 2008년 기준 132만 달러 규모로 전년도 20만달러에 비해서는 폭발적인 성장을 기록

· 그러나 전체 시장에서 차지하는 비중은 아직까지 미미한 수준(0.7%)에 그치고 있음

표 3.1.5 미 HS 8427180 수입통계 (단위: USD thousand)

	2006	2007	2008	2008 (1~7월)	2009 (1~7월)
총계	167,413.5	197,437.5	195,492.6	126,561.3	63,736.5
캐나다	88,031.6	91,946.5	70,008.2	56,433.0	5,934.9
독일	28,055.8	26,398.1	44,649.1	20,311.9	22,749.0
이탈리아	14,491.6	26,471.6	29,852.4	17,314.6	11,650.8
핀란드	5,543.4	12,408.2	11,822.4	7,701.0	1,622.4
프랑스	26.3	9,448.5	7,717.2	5,559.3	3,713.1
중국	3,845.3	5,822.6	7,392.5	5,211.0	1,794.4
영국	5,919.7	9,126.0	6,134.9	3,835.2	3,119.0
일본	4,968.6	3,707.9	4,899.3	2,764.0	8,042.9
대만	6,423.1	5,144.7	4,648.2	2,516.1	517.8
스웨덴	3,414.3	4,157.3	3,577.5	1,497.0	2,301.2
호주	977.3	915.9	1,456.4	1,373.4	101.9
한국	**93.8**	**208.9**	**1,326.5**	**792.9**	**311.0**

출처 : USITC (US International Trade Commission)

3. 기업 동향

□ 주요기업 현황

○ 대상기술은 미국 및 유럽 등에서 주로 개발되어 상용화가 이루어짐

- 서구권의 기업들은 다양한 관련 기술을 보유하고 있으며 세계적으로 기술을 보유한 기업이 많지 않음
  · 미국 내 상당수의 회사 있으며 대부분의 회사가 수백 ~ 수천t 규모의 적재가 가능한 장비 기술을 개발
- 국내는 2000년도에 들어서 트리엔, 멕스코리아 등 일부 중소기업과 성균관대학교, 동양대학교 등 대학을 중심으로 연구가 진행되었으나 상용화되지 못하였으며 현재 국내기업은 없음

표 3.1.6 에어쿠션기술 보유 기업 현황

법인명	국가	설립년도	웹페이지	특징
Aerofilm systems	네덜란드	1984	http://aerofilmsystems.com	주문제작을 전문으로 하며, 대체적으로 규모가 큰 장비위주 제작
Airsled	미국	1982	http://www.airsled.com	가정용 혹은 개인용으로 중소형 위주의 장비 제작
Aerogo	미국	1967	http://www.aerogo.com	5,000t까지 적재 가능한 기술 보유
Solving	핀란드	1970	http://www.solving.com	에어쿠션기술 선도업체로, 50개 국가와 거래하며 14개 국가에 지사 있으며, AGV접목기술 보유
Delu	독일	1982	http://www.delu-gmbh.de	에어쿠션기술, 드라이버 기술, 제어기술을 접목하여 상용화에 성공

□ 기업별 응용제품 현황

○ Aerofilm Systems (네덜란드)

- 500t까지 적재 가능한 기술과 다양한 응용 장비를 보유하고 있으며, 주문제작을 전문으로 하여 고객사에 특화된 장비 제공함



[무거운 물체 이동(변압기)]



[Vehicle production on air cushions]



[체육관에서 스탠드 이동]



[겐트리크레인]



[자극에 민감한 핵폐기물 안전 이동]



[제지산업. 무거운 Roll 이동]





[바퀴대신 에어쿠션 장착한 겐트리크레인]

그림 3.1.23 Aerofilm Systems社 의 다양한 제품 예시

○ Airsled (미국)

- 가정용 혹은 개인용 위주의 소규모 기기 판매





[Appliance mover, $ 500 - 1000]





[Vending machine mover, $ 900 - 1500]

그림 3.1.24 Airslead社의 제품 예시

○ Aerogo (미국)

- 5,000t까지 적재 가능한 기술을 보유(웹사이트에는 2830t까지 제작사례 게재)
- 2013년 The 2013 KING Awards, the material handling category에서 Silver medal 수상함
  · New equipment digest's king Awards는 특정산업 내 혁신 제품이 받는 상임

○ Solving (핀란드)

- 에어쿠션기술을 접목한 AGV(Automated Guided Vehicles)를 개발함
- 다양한 응용제품을 개발하고 있으며 활발하게 마케팅 활동 중으로 국내에도 지사 설립



그림 3.1.25 AGV 차량 제품

□ 국내 기업 현황

- 국내에서는 아직까지 에어쿠션 기술을 적용한 제품을 출시한 기업이 존재하지 않음
- 따라서 국내 시장에서의 에어쿠션 기술이 적용된 제품은 전량 수입에 의존하고 있으며 국내 업체는 해외 제품의 수입 및 판매만 영위하고 있음

○ 동상교역

- Gks, Delu 등 5개 기업의 물품이송장비 수입 및 판매
· Delu, Gks, Actek, Pronal, Powerattack
· Gks사 유압잭&운반 트롤리 30t 적재가능 장비 소비자가 약 1400만원
- 특히, 독일 Delu사와는 독점계약으로 수입
· Delu사 30t 적재가능 장비 소비자의 소비자가는 약 2,000만원

○ Solving-korea

- 단순 이송장비를 포함해 제조공정에 필요한 다양한 에어쿠션 장비 판매
- 28t 적재가능 장비 소비자가 약 1600만 원

○ 국내 도매전문 업체 조사 결과, 상당수가 Gks사의 운반 트롤리 제품 혹은 유사 전동무버 제품을 보유한 반면, 에어쿠션 장비를 보유한 회사는 적었음

□ AGV 관련 기업동향

- 미국 AGV 시장 내 주요 선도업체들은 자국 시장 내 50%의 점유율을 차지하고 있는 JBT Technologies (舊 FMC Technologies)를 위시하여 Jervis B. Webb, HK Systems, Transbotics Corporation, 그리고 해외업체들로는 Frog AGV System, Egemin Automation 사 등이 대표적임

○ JBT Corporation

회 사 명	John Bean Technologies Corporation
웹사이트	www.jbtcorporation.com / www.jbtc-agv.com
직 원 수	3,500명
매 출 액	USD 1 billion

출처 : Hoovers & D&B & Annual Reports

- 연매출액 10억 달러 규모의 John Bean Technologies 사의 AGV 분야 디비전으로 미국 AGV 시장 선도업체였던 FMC Technologies 사로부터 2008년에 분사함
- 중국, 벨기에, 브라질 등 전세계 10개국에 16개의 생산시설을 보유하고 있으며 미국에도 3개의 (캘리포니아, 오하이오, 플로리다) 생산시설과 함께 기술서비스 센터도 운영 중임
- 미국 및 전 세계에 걸쳐 약 590개에 달하는 특허 및 상표권을 보유하고 있으며 주로 자사의 세일즈 부서를 통한 직접 마케팅을 통해 판매하고 있음
- 주요 수요처로는 자동차, 인쇄, 병원 산업 및 공항, Warehouse 등으로 주요 고객으로는 달라스 국제 공항, LA 국제 공항, 코카콜라, Unilever PLC, Nesle, Novatis AG 등에 납품하고 있음

○ Jervis B. Webb Company

회 사 명	Jervis B. Webb Company
웹사이트	www.jerviswebb.com
직 원 수	300명 (HQ) / 5,721명 (Total)
매 출 액	USD 300 M

출처 : Hoovers & D&B

- 연 매출액 3억 달러의 규모의 물류 시스템 전문 제조사이자 서비스업체로 2007년에 일본 물류 시스템 제조사인 Daifuku Co., Ltd 사에 인수합병됨
- 북미지역 및 인도, 중국 등지에 생산시설을 보유하고 있으며 (5개의 생산시설) 전 세계에 11개의 지사를 설립하고 있고 9개의 디스트리뷰터 및 세일즈 에이전트를 보유하여 판매하고 있음
- 미국 내에는 3개의 생산시설을 보유하여 (미시간주: 2곳, 캘리포니아주: 1곳) 자체 세일즈 부서를 통해 직접 마케팅을 수행하고 있으며 중국과 인도에는 조인트 벤쳐 형식으로 진출해 있고 유럽 및 아프리카 지역에는 디스트리뷰터 및 세일즈 에이전트를 통해 판매하고 있음

○ 신흥기계

회 사 명	신흥기계
설 립 일	1972. 4. 13
웹사이트	http://smck.com/
직 원 수	214 명
매 출 액	760억 원

- 국내 자동화 물류시스템 분야 1위 기업. '포인트코드'라는 IT 회사를 자회사로 보유해 공급망 관리 및 물류센터 관리프로그램등을 자체적으로 개발해 고객사에 제공. 인도, 중국, 브라질 등 신흥발전국가들의 1위 제조기업에 수주 성공. 2011년 생산능력 3,000억원 수준 규모로 확장

○ 한성웰텍

회 사 명	한성웰텍
설 립 일	1988. 10. 1
웹사이트	http://www.hansungwt.com/
직 원 수	35 명
매 출 액	118억 원

- 공장자동화의 핵심인 운반기계 외에도 리프트, 고소작업대, 지게차, 용접·절단·물류자동화 설비 등을 생산. 국내시장 점유율은 약 50%로 300여 개 기업현장에 장비를 납품

○ 금강오토텍

회 사 명	금강오토텍
설 립 일	1986. 7.
웹사이트	http://www.katec.co.kr/
직 원 수	-
매 출 액	-

- 국내 업체뿐 아니라 러시아를 비롯해 중국, 말레이시아, 이란 등에 수출하며 글로벌 기업으로 성장 중. 2014 대한민국 혁신대상 수상

○ 코윈테크

회 사 명	코윈테크
설 립 일	1998. 10. 16
웹사이트	http://www.cowintech.com/
직 원 수	77
매 출 액	120억 원

- 기계와 제어를 같이 직접 설계, 제작 및 설치. 2014년 2월 기준 총 162건 자동창고 및 자동화 시스템 제작설치, 총 177건 제어공사 및 Program 수정

○ AGV 시스템 적용 기업

- 아직 초기 단계이기는 하나 점차 AGV를 도입하는 기업(작업장)이 증가하고 있음

4. 정책 동향

□ 물류관련 국내 정책

○ 온실가스 배출에 대한 규제 정책이 강화되고 있으며 물류 부문에 점차 강화되고 있는 추세임

- 정부가 공개한 '2030 국가온실가스 감축 기본로드맵'에 의하면, 국내 온실가스 배출량 감축 목표치는 2억 1900만t(BAU 대비 25.7%)으로 최종 확정
- 수송부문의 감축 목표는 2,590만톤에 달함

< 2030년 부문별 온실가스 감축목표 >

부문	BAU (백만톤)	감축량 (백만톤)	감축률(%)	
			부문 BAU 대비	국가 BAU 대비
전환	(333)*	64.5	(19.4)	7.6
산업	481	56.4	11.7	6.6
건물	197.2	35.8	18.1	4.2
에너지신산업	-	28.2	-	3.3
수송	105.2	25.9	24.6	3.0
공공·기타	21	3.6	17.3	0.4
폐기물	15.5	3.6	23.0	0.4
농축산	20.7	1	4.8	0.1
국내 감축	851*	219	25.7%	
국외 감축		96	11.3%	

* 배출량 총계(백만톤) : 부문별 합계 840.6 + 기타 10.4(공정배출, 가스제조 등)
** 전환(발전) 부문 BAU는 각 부문별 배출량에 간접적으로 포함

그림 3.1.26 부문별 온실가스 감축목표 (2030 국가 온실가스 감축 기본로드맵)

- 수송부문 온실가스 감축을 위한 중장기 전략 정책 방향

· 친환경차 보급 확대사업을 비롯, 모달시프트(modal shift) 전환수송 촉진에 의한 녹색물류 효율화와 연식이 오래된 화물차가 포함된 노후경유차의 조기폐차 및 전환, 공동화 중심의 교통체계 구축사업 등으로 추진

· 화석연료의 대체물인 태양광을 활용한 자가 발전의 경우, 6450만t(부문 BAU 대비 19.4%)으로 감축 목표치의 가장 많은 비중을 차지하고 있어 물류센터 등 인프라 중심의 신재생에너지 지원사업도 확대될 전망

· 가령 물류센터 옥상에 태양광 패널을 설치하거나, 폐도에 친환경 목재펠릿을 생산하는 에너지림이 조성 등을 시설물 기반사업이 활성화될 것으로 보임

· 사업을 추진 중인 CJ대한통운에 따르면 경기 군포와 경남 양산 복합물류터미널 내 물류센터 8개 동의 옥상에 설치된 태양광 패널을 통해 800가구가 동시에 소비할 수 있는 규모(발전능력 2MW)의 전력량이 생산 중

· 또한 20년간 총 1700여t의 목재 펠릿이 에너지림을 통해 생산되는데, 화석연료(경유) 87만ℓ를 대체할 수 있는 분량임

· 이는 녹색물류기업의 선정기준인 '물류에너지 목표관리제'와 연관되며, 참여 기업체에 대한 정부 지원 범위와 적용 폭의 확대 가능성 시사

· 예컨대 에너지 효율이 낮은 수송수단인 화물자동차 대신 선박·철도를 활용하거나, 여러 화주의 화물을 공동으로 배송하는 공동물류, 디지털운행기록계 기반의 에코 드라이브 등 그간 추진돼 왔던 녹색물류 전환사업이 민간주도형으로 다양한 시도를 예고하고 있음

- 녹색물류전환사업 추진

· 2011년부터 '저탄소 녹색성장기본법'에 따라 물류부문 온실가스를 감축하기 위한 일련의 물류활동을 지원하기 위해 예산을 배정하고 있음

· 물류에너지 관리시스템, 에너지 계측장비, 물류거점 집약화, 공동 수배송, 수송차량 및 단위대형화, 저공해차 도입, 물류정보 활용 등의 온실가스 감축을 지원

- 물류 운영시스템 최적화 사례

· 물류거점화 (현대모비스) : 현대모비스는 물류 및 유통단계에서 발생 가능한 온실가스를 최소화하기 위해 국내외 물류거점을 통합 운영하고, 거점 간 수·배송 체계를 개선하여 물류 이동거리를 단축하고 있음



그림 3.1.27 현대모비스의 물류 체계도 (물류신문)

· 트럭의 대형화 추진 (홈플러스) : 평균 5톤 이하의 운송차량을 사용하는 국내의 타 대형 유통 할인매장과는 달리 8톤 이상 대형차량을 운행함으로써 전체 운행차량 대수를 줄이고 있으며, 이에 따라 유류비 절감, 환경오염 감소, 교통량 감소 등의 효과 발생

· 물류센터에서 점포 간 배송 시 13.716미터 길이의 트레일러를 주력으로 운행하고 일부 구간에서는 국내 유일의 최장 차량인 드로바(Draw-Bar)를 도입하여 주력인 13.716미터 트레일러보다 상차율을 17% 높여 운송 효율을 제고하고 있으며, 상차율을 세계 최고수준인 98.2%까지 끌어올림으로써 물류 효율 극대화를 통한 에너지 절감형 물류 체계를 구축함

□ 물류관련 해외 정책

- 미국과 유럽이 환경 관련 규제를 강화하고 있으며 특히 미국이 주도적으로 앞성서고 있음

- 미국은 중·대형차량에 대한 제2단계 연비 및 온실가스 배출 기준을 확정·발표함으로써 환경 관련 규제를 강화하고 있음(출처:에너지경제, 2016)

· 미국 환경보호국(EPA)과 교통부(DOT)는 연비와 온실가스 배출 기준을 콤비 트랙터(combination tractor), 트랙터 트레일러(tractor-trailer), 픽업트럭과 밴(pick-up truck and van), 업무용 차량 등 4개로 나눠 제시하고, 이전 대비 최고 25% 강화

· 자동차 수명기간 동안 온실가스 배출량은 약 10억 톤 감축되고, 휘발유 소비는 약 20억 배럴 줄어 총 1,700억 달러의 연료비를 절약할 수 있을 것으로 기대

· 중대형 차량이 전체 차량에서 차지하는 비율은 5%에 그치지만, 교통 부분 전체 에너지 소1비와 배기가스 배출의 약 20%를 차지하며 비중이 점차 증가하고 있음

- 트레일러 제품과 관련한 기존 환경 규제는 美 환경보호국(EPA)의 SmartWay와 캘리포니아주 트랙터-트레일러 온실가스 규제임 (출처:ICCT, 2013)

· Smart Way Transport Partnership : 2004년에 설립되어 2012년까지 연간 디젤 소비량을 33억~66억 캘런 감축하고 이산화탄소 배출량을 3,300만 ~ 6,600만톤 줄이기 위해 수송 분야 혁신을 위한 인증 및 지원 정책

· 트레일러의 형상과 저저항(Low Rolling Resistance) 타이어 사용을 권고 (첨부자료 그림 7 참조)

· 캘리포니아주 트랙터-트레일러 온실가스 규제 : 2008년에 제안되어 2012년에 확정

· 트레일러에 대해 저저항 타이어 사용과 연비 향상을 위한 기술 개선을 적극적으로 권고하여 2020년까지 규제를 점진적으로 강화

Affected Trailers	Requirements	Compliance Date January 1st
MY 2011 and newer dry vans	LRR tires + 5% fuel-saving aerodynamic technologies	2010
MY 2011 and newer refrigerated vans	LRR tires + 4% fuel-saving aerodynamic technologies	2010
MY 2010 or older dry vans	5% fuel-saving aerodynamic technologies	2013
MY 2010 or older dry vans	SmartWay-verified LRR tires	2017
MY 2003–2004 refrigerated vans	LRR tires + 4% fuel-saving aerodynamic technologies	2018
MY 2005–2006 refrigerated vans	LRR tires + 4% fuel-saving aerodynamic technologies	2019
MY 2007–2009 refrigerated vans	LRR tires + 4% fuel-saving aerodynamic technologies	2020

그림 3.1.28 캘리포니아주 트랙터-트레일러 규제 로드맵

5. 에어쿠션 시장성 평가 결과

○ 기존 지게차, 크레인과 차별화된 이송장비로서 사업적 잠재성 높음

- 중공업 제품 중에는 기존의 물품취급장비인 지게차와 크레인으로 이송이 불가능한 제품들이 다수 존재하고 있으며 이를 효율적으로 이송하기 위해서는 작업영역과 이송경로에 대한 가변성 높은 이송장비가 필요
- 기존 선진업체들의 이송 가능한 적재중량은 5,000톤까지로 다양한 응용제품을 출시하여 시장에서 사업화 가능성을 타진하고 있는 상황임
- 지게차의 중량, 부피에 대한 한계를 극복하고 30톤 이상의 중량물을 안전하게 이송할 수 있는 에어쿠션 이송장비의 차별성이 존재함
- 대량생산을 통한 제품 이송과 같은 고정된 작업을 수행하는 크레인과는 달리 일회성 또는 비정기적인 이송작업을 요구하는 Application이 다수 존재하고 있으며 기존 업체들의 응용제품들은 이를 충족하기 위해 노력하고 있음

○ 에어쿠션 이송장비 시장은 기존 장비 시장을 극복할 만한 확실한 적용처는 아직 확보하지 못한 것으로 판단됨

- 기존 중량물 트레일러 제품이 확보하고 있는 시장에 진입하고자 많은 노력을 하고 있으나 가격과 친환경성, 사용자 편의성 등의 장점이 부각되지는 않고 있는 실정임
- 보다 세밀한 상품기획을 통해 사업화 노력이 필요함

제2절 상용화를 위한 350kN급 에어쿠션 이송장비 기술개발

1. 에어쿠션모듈 CFD 유동해석 및 시제품 설계/제작

(1) 에어쿠션모듈 CFD 유동해석

□ 에어쿠션모듈 CFD 유동해석 목적

○ CFD(Computational Fluid Dynamics)를 활용하여 에어쿠션 모듈을 전산 모델링하고, 에어쿠션내 공기의 유동을 시뮬레이션 하여, 에어쿠션 모듈 설계에 필요한 최적 설계인자를 확보, 유동해석 결과를 통하여 설계를 검증하고, 주요한 설계 파라미터를 변화시켜가며 부상 성능을 분석

□ CFD 유동해석 내용 및 범위

○ 에어쿠션모듈의 전산유체역학 시뮬레이션 및 다공질시트(porous sheet)의 FEM (Finite Element Method) 구조해석 수행

- 에어쿠션모듈의 전산해석을 위한 물리적 특성 DB 구축

· Air tube의 탄성계수, 포아송비, 전단계수, 밀도, 인장강도, 항복 강도

- 에어쿠션모듈의 동적 거동해석에 대한 전산모델링

· 에어쿠션모듈에 대한 3차원 CAD 모델링 및 계산 격자 구성

· 3차원 계산 격자에 대한 격자 의존도 테스트

· 에어쿠션모듈의 유동해석에 대한 전산모델 구축

- 에어쿠션모듈 유동해석

· CFD 해석을 통한 에어쿠션 내 압력, 토출 공기 속도에 대한 유동장 해석

· Air film thickness에 따른 에어쿠션모듈의 부상력 해석

· Vesicular porous sheet의 hole 수 및 직경 변화에 따른 에어쿠션모듈의 부상력 해석

○ 고무-섬유 복합재료 시편분석 및 Young's modulus에 따른 에어쿠션 분석

- 가교처리 된 에어쿠션 고무-섬유 복합재료 원단의 시편분석을 통해 에어쿠션 두께(1t, 1.2t)에 따른 Strain-Stress곡선을 분석하고, 각각의 Young's modulus를 산출하여 유동해석을 수행

- 유동해석 결과를 바탕으로 적합한 에어쿠션 두께를 선정하여 시제품 설계/제작에 반영

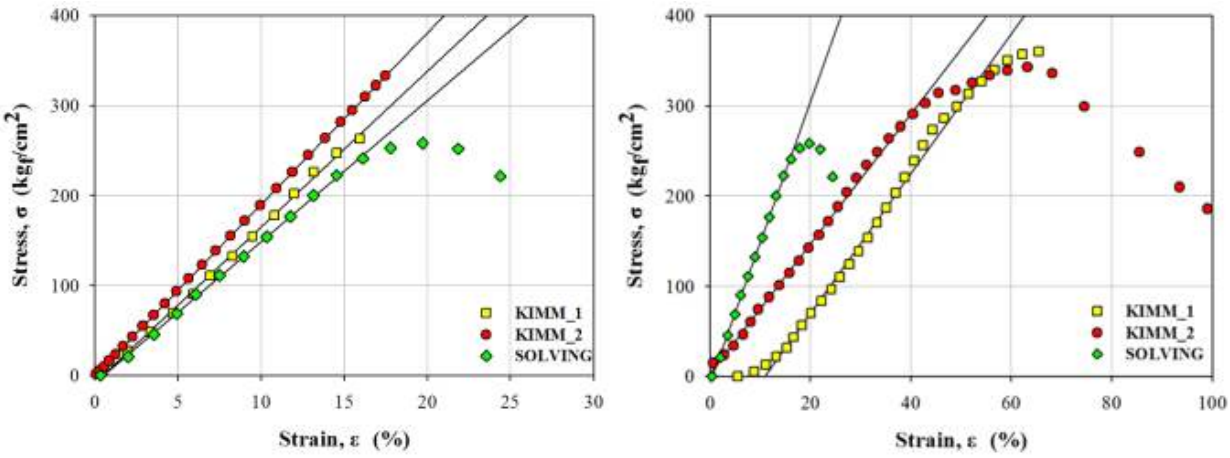


그림 3.2.1 Air Cushion 두께에 따른 S-S선도

- 시편분석을 통해 산출된 Young's modulus의 값은 원단두께 1t에서 0.163GPa, 1.2t에서 0.068GPa을 나타냄
- 에어쿠션모듈의 기본 형상에 10톤의 부하하중이 작용했을 때의 형상을 FEM해석을 통해 얻은 후 이를 CFD 전산유체역학 해석에 적용
- Young's modulus의 값이 0.163GPa에서 0.068GPa로 변하면 같은 부하하중을 받은 에어쿠션의 형상이 약 5mm 더 변형되며, 바닥면과 다공질시트의 접촉 면적이 더 증가함
- 이러한 형상 및 접촉면적의 차이로 인해 에어쿠션 내에서 출입하는 공기 유량이 많은 차이를 나타냄
- 목표한 에어쿠션 모듈의 부양성능 및 토출유량, 에어쿠션 형상 등을 고려하여 Young's modulus 0.068GPa (두께 1.2t)의 고무-섬유 복합재료 소재로 CFD 해석 및 시제품 설계/제작에 반영

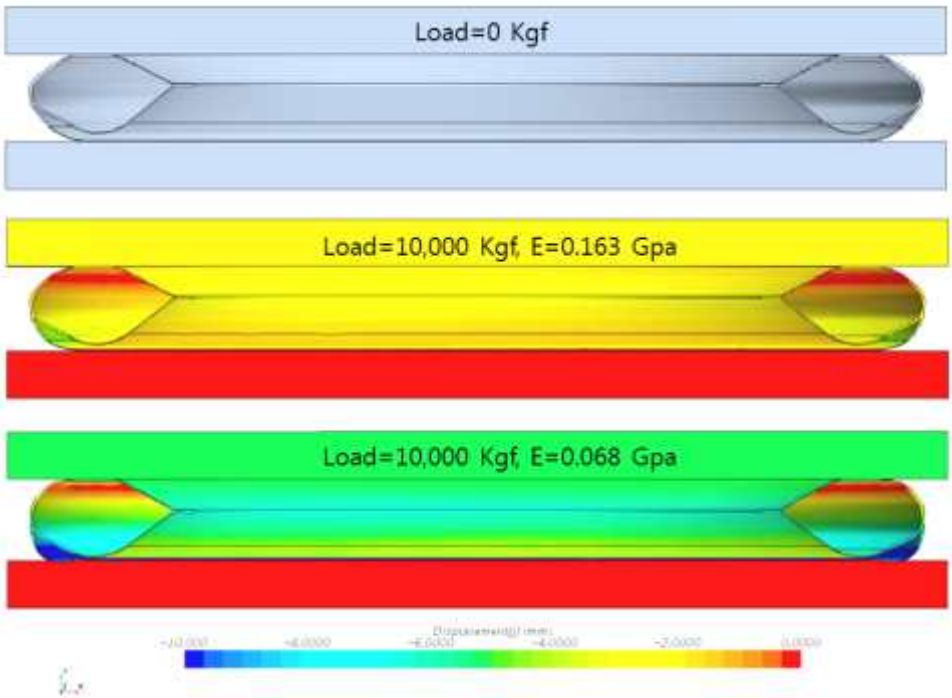


그림 3.2.2 Air Cushion 두께변화

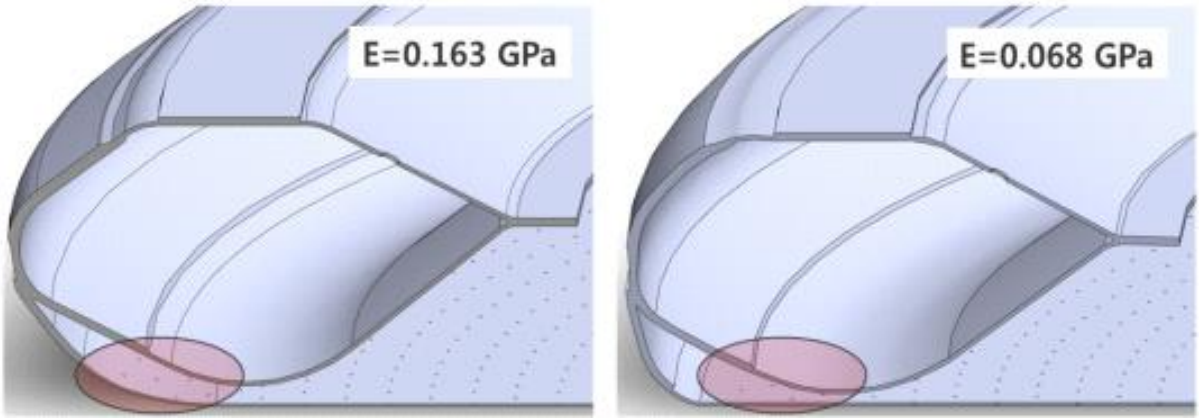


그림 3.2.3 Young's modulus에 의한 에어쿠션 접촉면적 변화

- Young's modulus가 0.163GPa인 경우에는 에어쿠션의 끝단이 바닥면으로부터 떨어져서 유속 값이 커짐을 알 수 있으나, Young's modulus가 0.068GPa인 경우에는 끝단이 바닥면과 밀착되어 거의 균일한 유속 값을 보임
- 끝단이 바닥면으로부터 올라간 경우 내부 정압을 유지하기 위하여 과도한 공기유량을 필요로 하나, 끝단이 밀착된 경우에는 공기 유량이 상대적으로 크게 줄어들게 되며, 이에 따라 내부 정압도 증가하게 된다.

○ CFD/FEM 해석 조건

- Young's modulus 0.068GPa 일 때의 에어쿠션의 형상을 기반으로 해석에 필요한 CFD와 FEM의 계산격자 생성
- FEM 구조해석을 위한 경계조건, 격자의 quality 및 총 격자 수 조건부여
- 상부의 load plate에 하중 10톤을 인가하였으며, 에어쿠션 내부에 사용압력인 2 bar의 압력을 입력하였고, 바닥면은 수직방향으로의 움직임이 없는 구속조건을 주어 구조해석을 수행
- 총 격자수는 130만개 정도로 구성하였으며, 격자의 quality는 계산에 소요되는 시간과 비용을 고려하여 계산의 정확도를 양호하게 가져갈 수 있는 수준으로 유지
- CFD 유동해석을 위한 경계조건, 격자의 quality 및 총 격자 수 조건부여
- 계산영역을 전체 에어쿠션의 절반으로 구성하였으며, 출구가 계산에 영향을 주지 않도록 전체 계산영역을 적절한 크기로 구성
- 공기 주입구 및 출구는 균일압력조건을 주었으며, 벽면에서는 점착조건(no-slip condition)을 입력하였고, 에어쿠션 형상을 절반으로 절단하는 면은 대칭조건(symmetry)을 입력
- 총 격자수는 320만개 정도로 구성하였으며, 격자의 quality는 계산에 소요되는 시간과 비용을 고려하여 계산의 정확도를 양호하게 가져갈 수 있는 수준으로 유지
- 공기구멍의 크기의 영향을 살펴보기 위하여 공기구멍의 직경을 변화 시킨 형상으로도 격자를 구성

- FEM 해석 조건

· Young's modulus는 실제 측정한 값 0.068GPa을 사용하였으며, load plate는 일반적인 UNSS44600로 구성

· 에어쿠션의 직물재질은 Nylon66으로 선정하였으며 이의 구조해석에 필요한 밀도 및 Poisson's ratio는 평균적으로 Nylon66 나타내는 값을 사용

표 3.2.1 FEM 해석조건

Solids	Material	Density(kg/m^3)	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
Air tube	Nylon66	1140	0.068	0.404
Load Plate	UNSS44600	7500	200	0.3

- CFD 해석 조건

· 공기 주입구의 압력을 2기압으로 고정하였으며, 에어쿠션과 지면 사이의 film thickness를 30mm-120mm까지 변화 시키면서 해석을 수행

· 다공질 시트 공기구멍의 직경 변화에 따른 유동변화로 인하여 내부에서 형성되는 압력 및 유량 차이를 분석하기 위하여 공기구멍의 직경을 0.7, 0.8mm로 변화시키면서 해석을 수행

표 3.2.2 CFD 해석조건

Inlet Pressure(bar)	Film thickness(㎛)	Air hole diameter(mm)
2	30, 50, 80, 100, 120	0.7, 0.8

○ CFD 해석 결과

- CFD 해석은 Film Thickness와 Hole diameter에 따른 튜브 내압, 가반하중, 유량 데이터를 수집

- 타사 제품들의 사양과 비교·분석하여 적합한 공기구멍 직경 선정

- 시제품 설계/제작에 반영하여 에어쿠션모듈 제작 후 실제 성능측정을 통한 데이터와 비교분석

표 3.2.3 CFD 해석 결과

Hole diameter (mm)	Film thickness(㎛)	Tube inner pressure(bar)	Force(kgf)	Volume flow rate(NL/min)
0.7	100	1.9165	10631	3865
0.8	30	2.040	11316	683
	50	2.025	11231	1532
	80	1.973	10942	2928
	100	1.909	10587	3977
	120	1.829	10145	4917

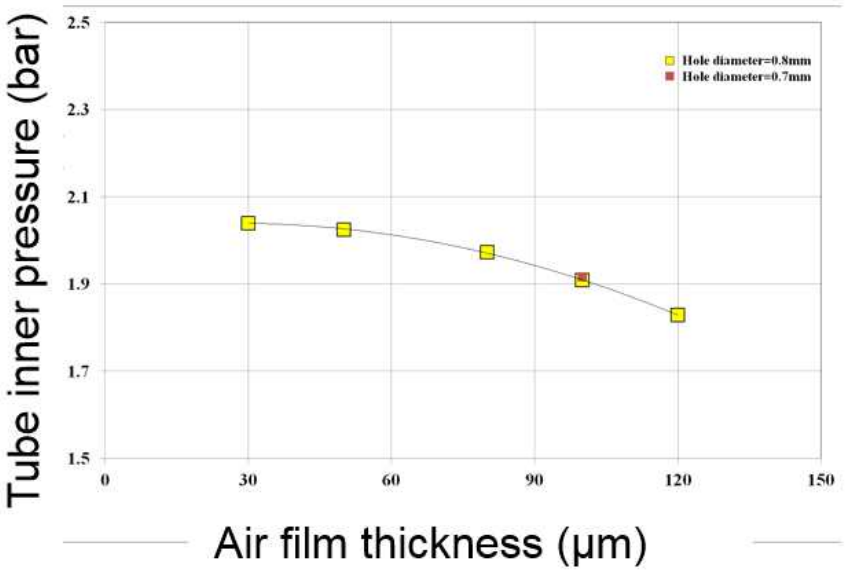


그림 3.2.4 Air film thickness에 따른 튜브 내압

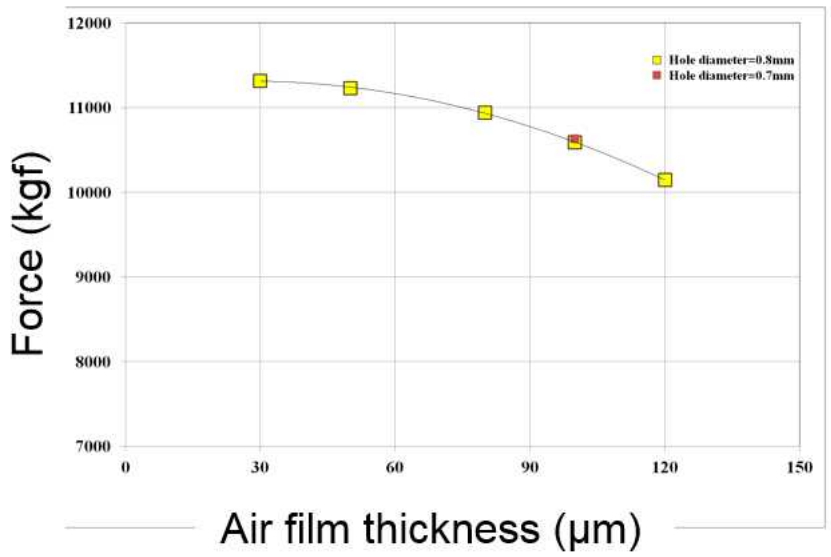


그림 3.2.5 Air film thickness에 따른 가반하중

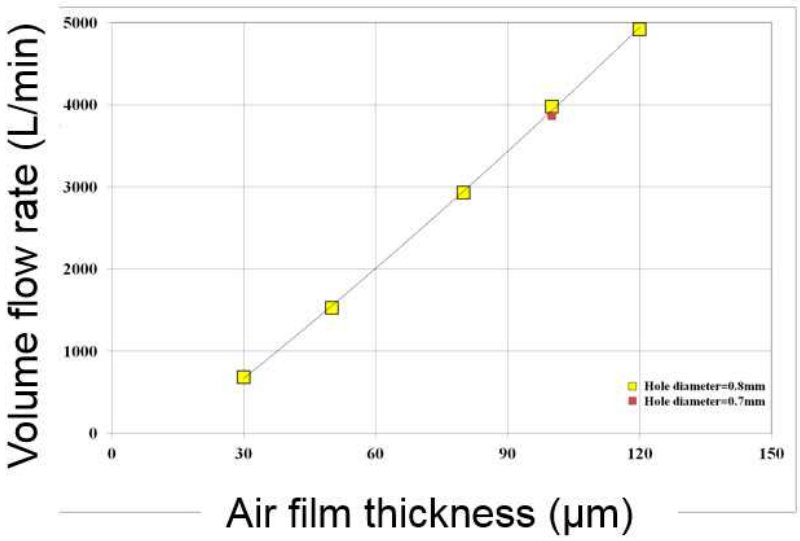


그림 3.2.6 Air film thickness에 유량

- Film thickness 30㎛, 공기구멍의 직경이 0.8mm일 경우의 내부 유동 특성을 분석한 결과 서로 반대방향으로 회전하는 와류의 크기가 커지면서 위아래로 회전하는 와류가 거의 보이지 않았으며, 튜브 내·외부의 압력이 큰 차이 없이 거의 일정하였음
- 이는 에어쿠션 모듈에 공기주입 후 부상 시까지 모듈이 수평 밸런스를 가지며 에어쿠션 내부의 공기유동이 균일하게 일어날 것임을 예측할 수 있음

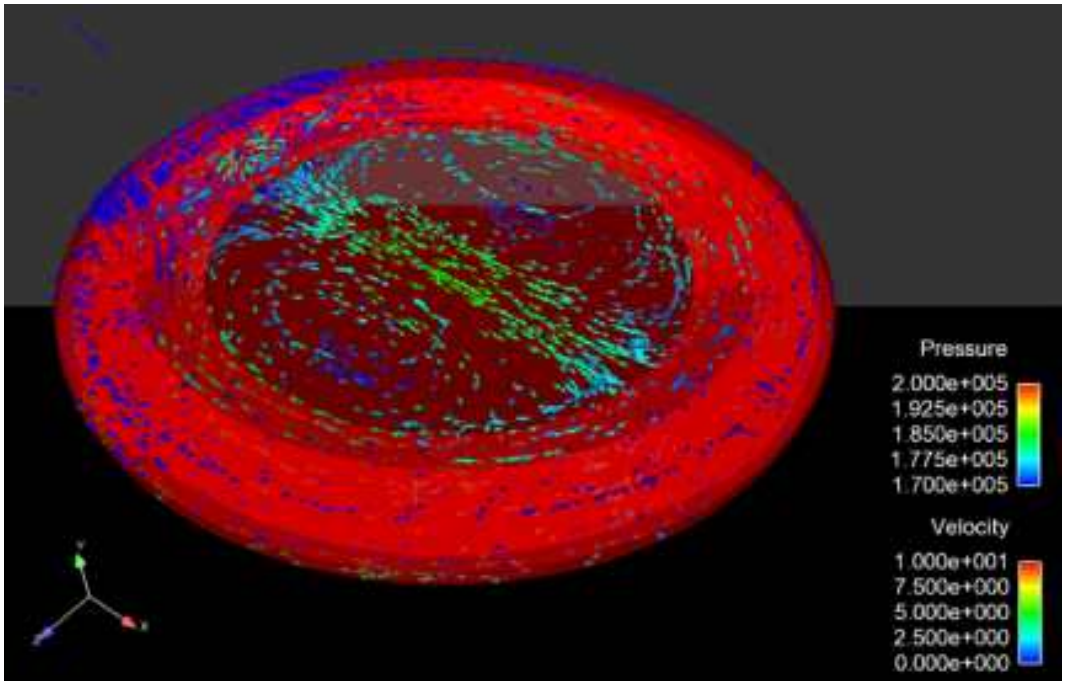


그림 3.2.7 에어쿠션 내 속도 및 압력분포 (입구공기압:2bar, Film thickness:30㎛)

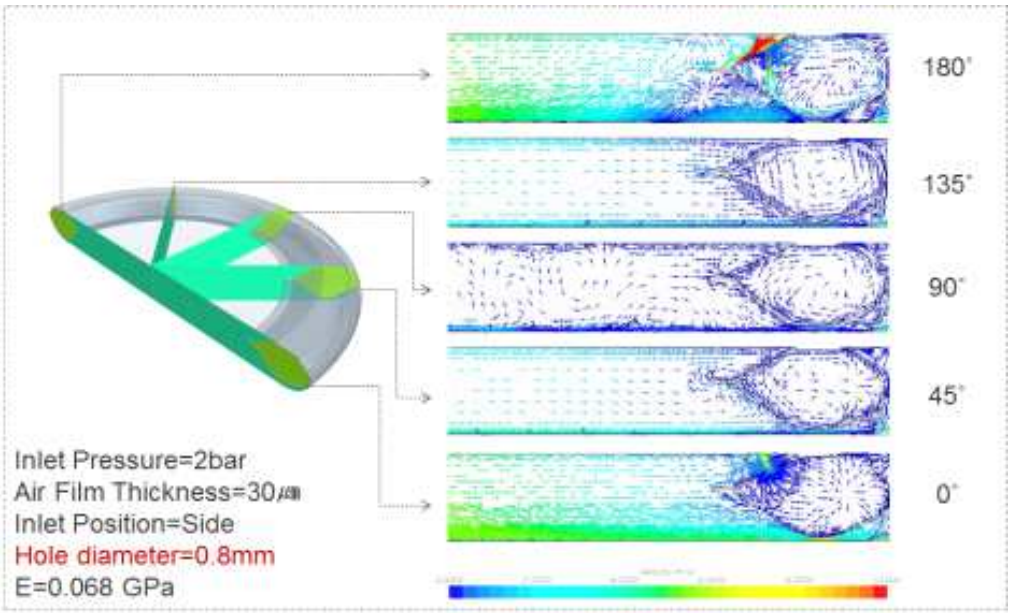


그림 3.2.8 에어쿠션 내 벡터 분포 (입구공기압:2bar, Film thickness:30㎛)

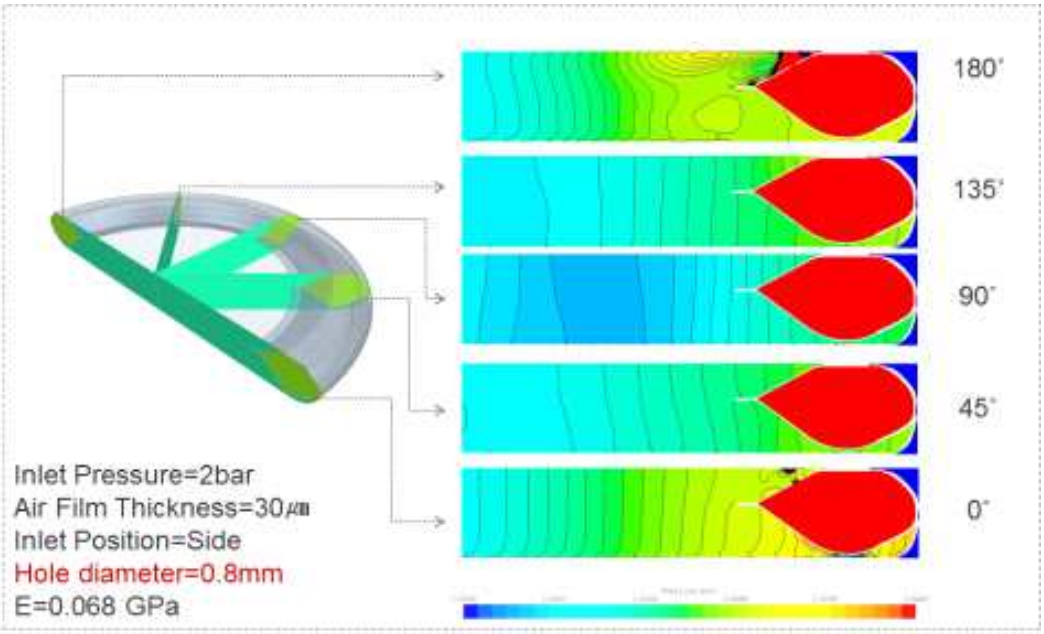


그림 3.2.9 에어쿠션 내 압력 분포 (입구공기압:2bar, Film thickness:30㎛)

(2) 에어쿠션모듈 시제품 설계/제작

□ 에어쿠션모듈 구성 및 원리

○ 에어쿠션모듈 구성

- 3차년도 에어쿠션모듈은 크게 중량물을 가반할 수 있는 알루미늄 프레임(AL profile, Base plate)과 중량물을 부양시키는 에어튜브(Air tube), 에어필름을 형성하여 바닥면과의 마찰저항을 감소시켜 적은 힘으로도 중량물의 이송이 가능하게 도와주는 다공질 시트(Vesicular sheet)로 구성

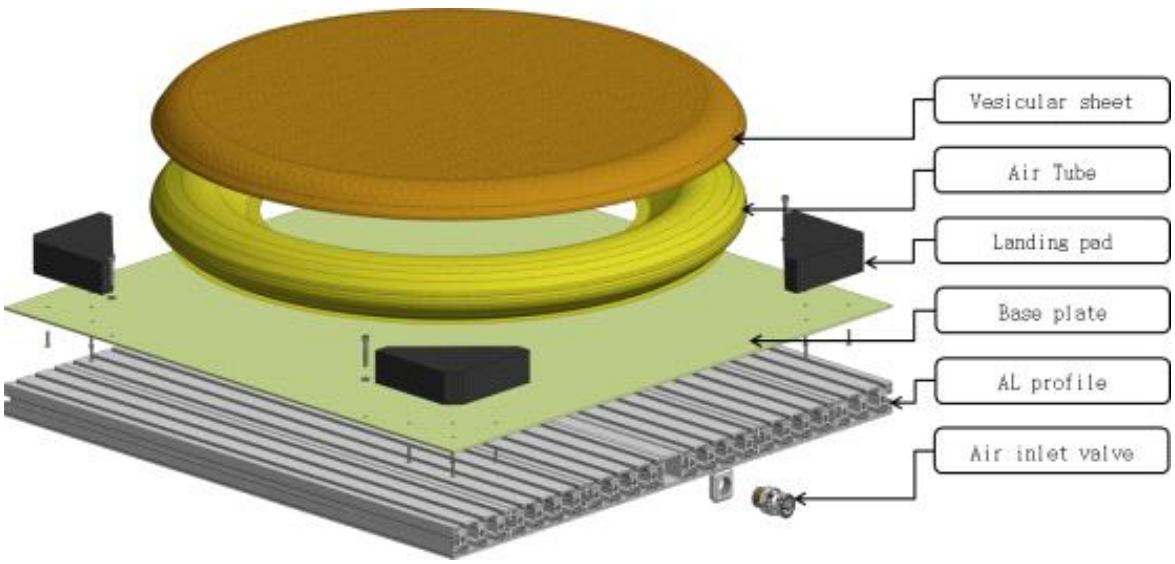


그림 3.2.10 에어쿠션모듈 구성

○ 에어쿠션모듈 원리

- 에어컴프레서 등을 통한 압축공기는 에어쿠션 공기부양판의 공기 주입구(air inlet)를 통하여 공급되며, 그림의 화살표를 따라 흐르게 됨
- 주입구를 통해 들어온 공기의 일부는 에어홀(air hole)을 통해 에어튜브 내부에서 흡·배기되며, 고압의 공기에 의해 팽창된 에어튜브는 중량물과 부양판을 부상시킴 [8,9].
- 에어홀에 들어가지 못한 나머지 공기와 에어튜브에서 배기된 공기는 에어쿠션 중앙부의 공간(press zone)으로 빠져 나간 후 다공질 시트의 수많은 구멍으로 균일하게 분사되며, 토출된 공기는 바닥면과 다공질 시트 사이에서 약 10~100㎛의 공기막을 형성
- 이러한 공기막을 에어필름(air film)이라 하며, 바닥과의 마찰을 크게 줄여주는 역할을 함 [10-14].

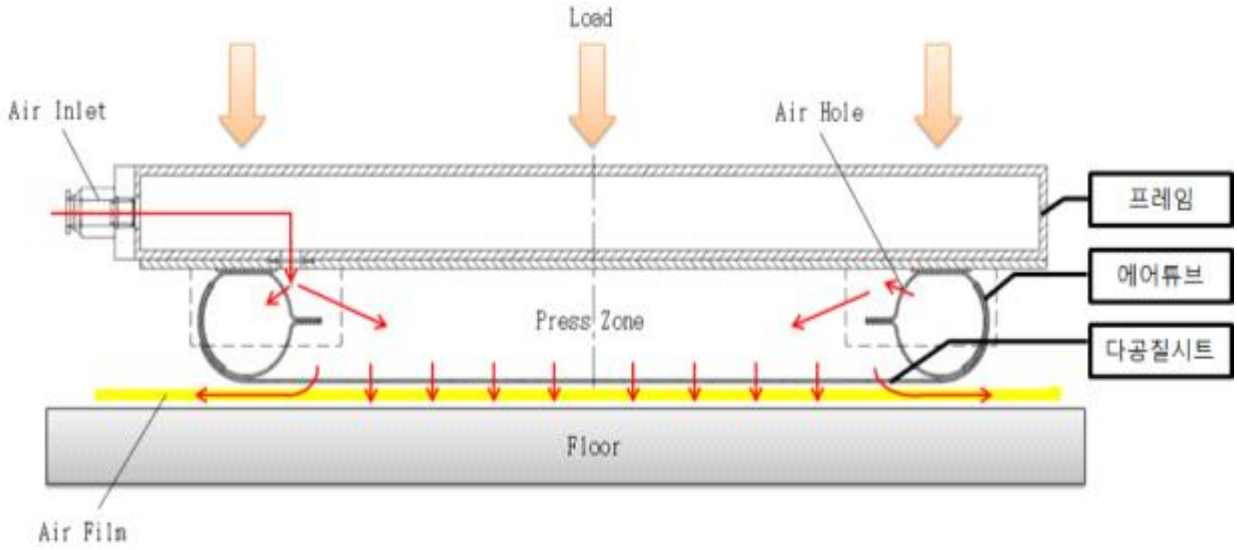


그림 3.2.11 에어쿠션모듈 원리

□ 에어쿠션모듈 시제품 설계/제작

○ 에어쿠션 고무-섬유 복합재료 분석시험 및 원단 제작

- 외산제품의 고무-섬유 복합재료 시편분석을 통한 합성고무 조성비 및 섬유 재질 분석
- Pyro-GC(열분해 가스크로마토그래피) 분석을 통한 고무의 성분 및 함량 측정FT-IR(적외선 분광기)를 통한 시료의 화학분자구조 분석
- SEM-EDS(에너지 분산 X선 분광기)를 통한 시료 중의 무기금속물 정량 분석 및 가교제 사용유무 확인

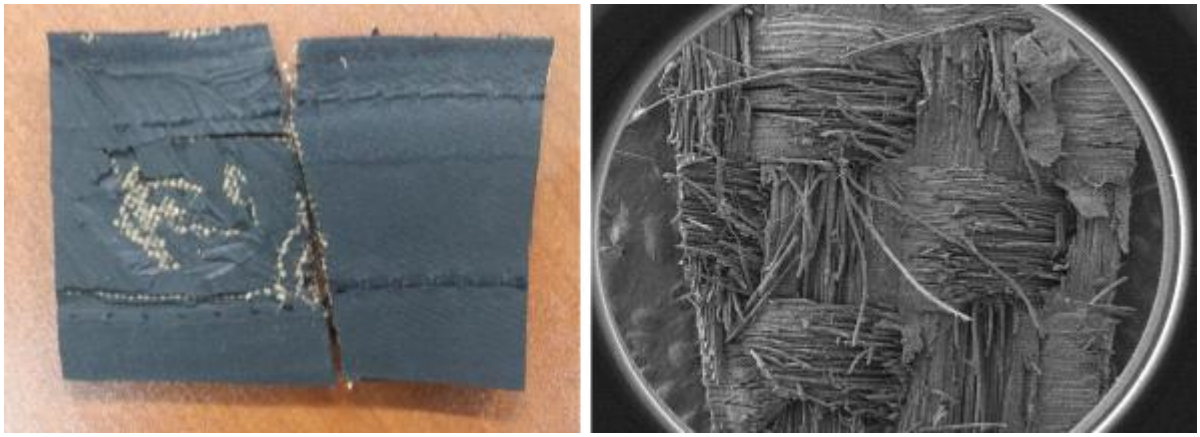


그림 3.2.12 외산품 고무-섬유 복합재료 SEM-EDS 분석

- 외산품의 고무-섬유 복합재료 분석결과를 바탕으로 개발품의 합성고무성분 및 조성비, 섬유 재질 선정
- 개발품의 고무-섬유 원단 제작 및 외산품과 Stress-Strain선도 비교분석



그림 3.2.13 개발품 고무-섬유 복합재료 원단제작

- 개발품과 외산품의 S-S선도 비교분석결과 초기에 개발품의 곡선이 직물의 미세한 파단으로 인하여 흔들리는 현상이 발생하였으나 이후에는 외산품의 응력-변형률과 거의 유사함을 알 수 있음
- 제작된 고무-섬유 복합재료 원단으로 에어쿠션의 내구성과 기능성을 고려한 제작금형설계

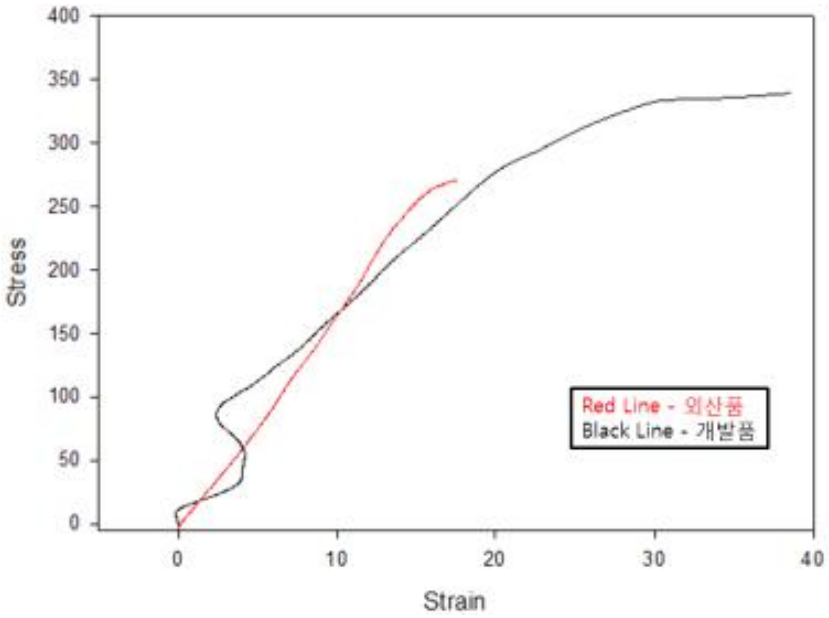


그림 3.2.14 외산품과 개발품의 Stress-Strain선도 비교분석

○ 에어쿠션모듈 시제품 설계/제작

- 350kN급 에어쿠션 이송장비는 Ø900사이즈의 에어쿠션모듈이 4개 혹은 6개 1조로 구성되며, 각각의 모듈은 공기가 주입될 수 있는 공기 주입구가 설치되어 있음
- 가반하중 및 부양 높이를 고려하여 에어쿠션의 직경은 Ø900로 선정하였으며, 턱(10mm)과 틈새(15mm)가 있는 장소에서도 사용이 가능하도록 에어쿠션 하부에 다공질시트가 부착된 구조로 설계
- 에어튜브는 공기 In/Out 구멍을 각각 하나씩 형성하여 하중이 인가 된 조건에서 공기 공급 시 유량과 쿠션형상의 변화가 적은 특징을 가지도록 설계
- 에어쿠션모듈 당 가반중량은 2 bar의 공기 주입 시 6톤 이상이며, 부양 높이는 35mm~65mm가 되도록 설계
- 에어쿠션 제작금형은 다공질시트 성형금형 1개, 에어튜브 외부보강재 성형금형 1개, 에어튜브 내부보강재 및 튜브 몸체 접착금형 1개, 알루미늄 플레이트 및 고무시트 열융착금형 1개, 에어튜브 및 외부보강재 접착금형 1개, 에어쿠션 전체 접착금형 1개, 총 6개의 금형이 필요

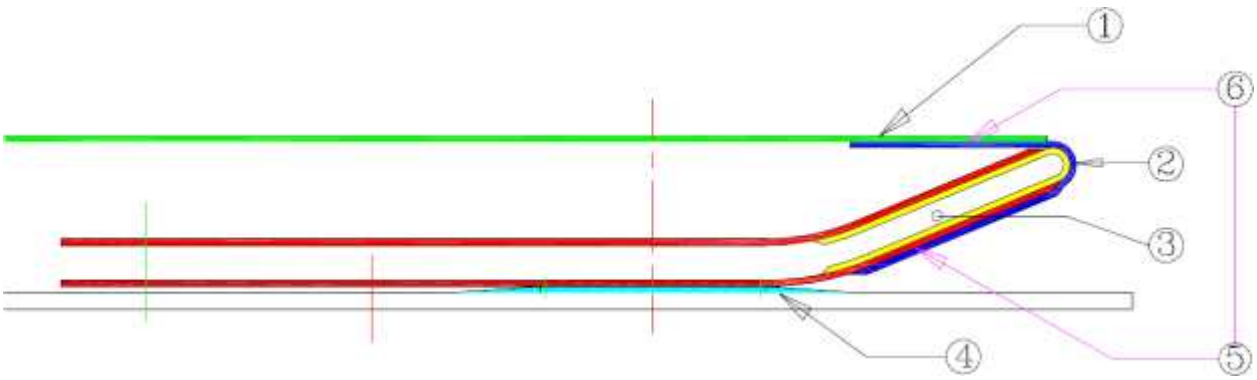


그림 3.2.15 에어쿠션 성형 및 접착 순서

○ 다공질시트 설계/제작

- 에어튜브 하단에 부착된 다공질 시트는 균일 타공영역과 나선형 타공영역으로 나누어져 있으며, 균일 타공영역은 시트 중심부터 일정간격 선형적으로 구멍이 뚫려있어 360도 전 방향으로 공기가 분사되도록 설계
- 나선형 타공영역은 균일 타공영역보다 피치간격이 좁은 스파이럴(Spiral)의 형식으로 구멍이 뚫려있으며, 원주 방향으로 공기가 분사되고, 전 방향 공기분사의 흐름을 억제하는 역할을 하며, 대기로 토출되는 유속을 감소시켜주는 기능을 함
- 끝단이 나선형으로 된 다공질 시트는 더러운 작업장에서도 사용할 수 있을 정도로 먼지가 비산되는 현상을 적게 해주는 장점이 있으며, 클린룸(clean room)뿐만 아니라 일반 작업장에서도 사용이 가능
- 다공질 시트는 Nylon 66 직물이 삽입된 포입고무(1t)이며, 바닥면과 닿는 면은 마찰저항을 감소할 수 있도록 HDPE(High Density Polyethylene) 코팅 처리 함
- 시제품 표면에 주름, 균열 등의 결함을 방지하고, 균일한 크기의 다공 홀을 형성하기 위해 금형을 설계/제작
- 다공질시트의 3466개의 홀은 상부금형의 관통 핀을 통해 성형하며, 성형된 홀 시트표면에 버(burr)가 발생하지 않도록 제작

○ 에어튜브 설계/제작

- 에어튜브는 1,000 데니아 이하, 메쉬 수 최소 100개 이상인 Nylon 66 직물이 삽입된 포입고무(1.2t)이며, 공기주입 시 공기흐름이 균일하게 퍼질 수 있도록 적절한 직경의 In/Out 구멍을 하나씩 설계
- 에어튜브는 고무시트와 박음질 접합이 가능하도록 설계/제작 하였으며, 공기 배기 시 에어튜브 가장자리가 일정한 각도(≒22.5°)를 유지한 상태로 수축되도록 금형을 설계/제작
- 에어튜브에 100kN의 하중인가 시 일정한 형상을 유지하고, 최대 3bar의 압력에서 공기가 누출되지 않도록 견고하게 bonding 제작하였으며, 에어튜브 내·외부에 보강 포입고무를 접착하여 취약 부분을 보완
- 에어튜브와 외부 보강 포입고무의 접착은 국부접착이며, 이를 위한 별도의 접착 금형을 설계/제작 [12]



그림 3.2.16 에어튜브 제작금형

- U자형의 에어튜브 내·외부 보강재는 사출금형 프레스 시 일정한 두께를 형성하고, 겹쳐지는 부분이 최소화 되도록 원단을 제단한 후 조립식 내부코어에 부착하여 프레스 성형
- 접착 순서에 맞추어 접착제 및 박음질을 활용한 접착을 활용하여 도넛형의 에어튜브 제작
- 제작 된 에어튜브는 고압의 공기를 주입하여 공기 누출검토 및 내구성 테스트 수행



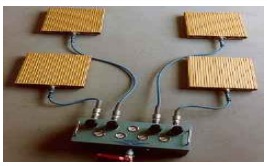
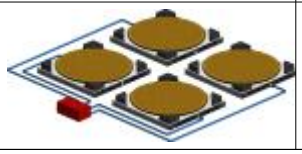
그림 3.2.17 에어튜브 사출 제작공정

○ 타사 제품과의 사양 및 가격 비교

- 기존 상용화된 제품과의 성능, 가격 측면에서의 비교분석을 통하여 개발품의 차별화방안 마련
- 개발품의 경우 A사, D사 제품과 다르게 에어쿠션 모듈 하단에 다공질 시트를 부착하여 바닥 접착 면에서의 균일한 에어필름 형성을 통해 마찰력을 대폭 감소시키며, 중량물 이송의 효율과 제품의 안전성을 확보

- 개발품의 다공질시트는 나선형 타공 방식을 통한 설계/제작으로 먼지 비산방지가 가능하며, 좁은 틈새나 약간의 경사가 있는 바닥조건에서도 중량물을 안전하게 운송할 수 있음
- 국내 제조기술력 확보를 통해 물류비, 인건비를 절감하여 타사 제품에 비해 저렴한 가격으로 제작할 수 있음

표 3.2.4 타사 제품과의 사양 및 가격 비교

	Model type	Capacity (kg)	Air pressure (kPa)	Pad size (mm)	Lifting height (mm)	가격 (천원)
S 社	 MLS 436HSB	40,000 (4ea)	200	914×914	50	38,000
A 社	 AF1030-4KIT	38,600 (4ea)	200	806×800	10	35,000
D 社	 4LTM-910-1	44,000 (4ea)	200	910×910	35	31,000
KIMM 개발품		40,000 (4ea)	200	900×900	50	26,000

2. 에어쿠션 모듈 성능실험장치 구축 및 부양성능 실험

(1) 에어쿠션모듈 성능실험장치 구축

- 에어쿠션의 내압, 부상 높이, 소모유량 등을 수집하기 위해 0~20ton 가압하는 실험 장비 구축

□ 에어쿠션모듈 성능실험장치 주요사양

- Supply Air Pressure : 7bar
- Pneumatic Control 방식: Electrical remote control 방식
- Pressure Sensing : Gas spring에 의해 에어쿠션에 인가되는 가반하중 측정, 측정된 하중

값은 실시간 출력 및 저장 (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)

- Flow Sensing : 에어쿠션에 공급되는 공기 유량 소모량 측정, 데이터 실시간 출력 및 저장 (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)
- Gas Spring Control : 에어쿠션 부상 높이 변화에 대한 완충 작용을 하는 장치로 gas spring 내압의 electrical remote control 및 Buffer 내압의 실시간 출력 및 system control, Max : 35~Ton급, (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)
- Air cushion 변위 측정 : LVDT 이용 (분해능 : 0.1mm)
- Friction force sensing : 에어쿠션의 마찰력 측정, 측정된 마찰력은 실시간 출력 및 저장 (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)

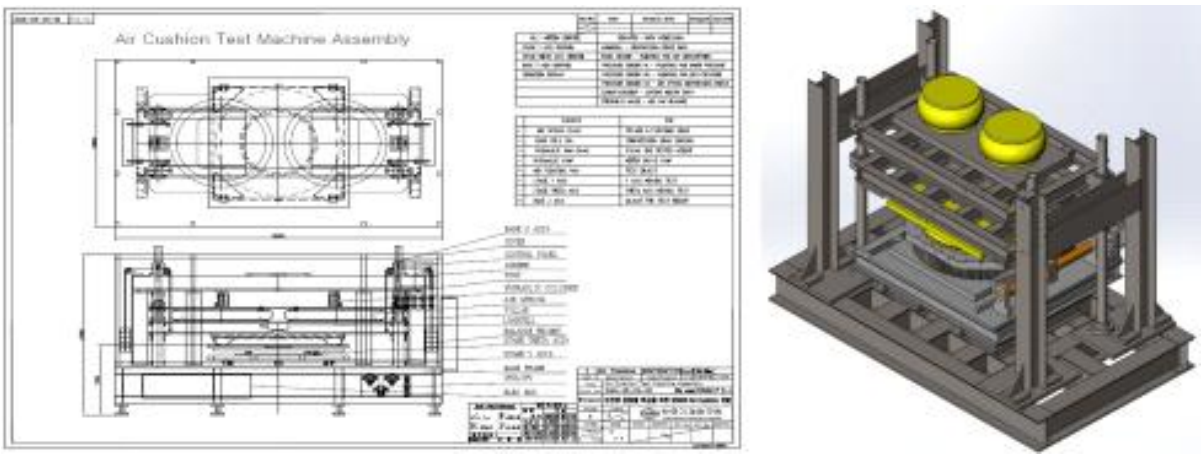


그림 3.2.18 에어쿠션모듈 성능실험장치 설계도 및 입체도

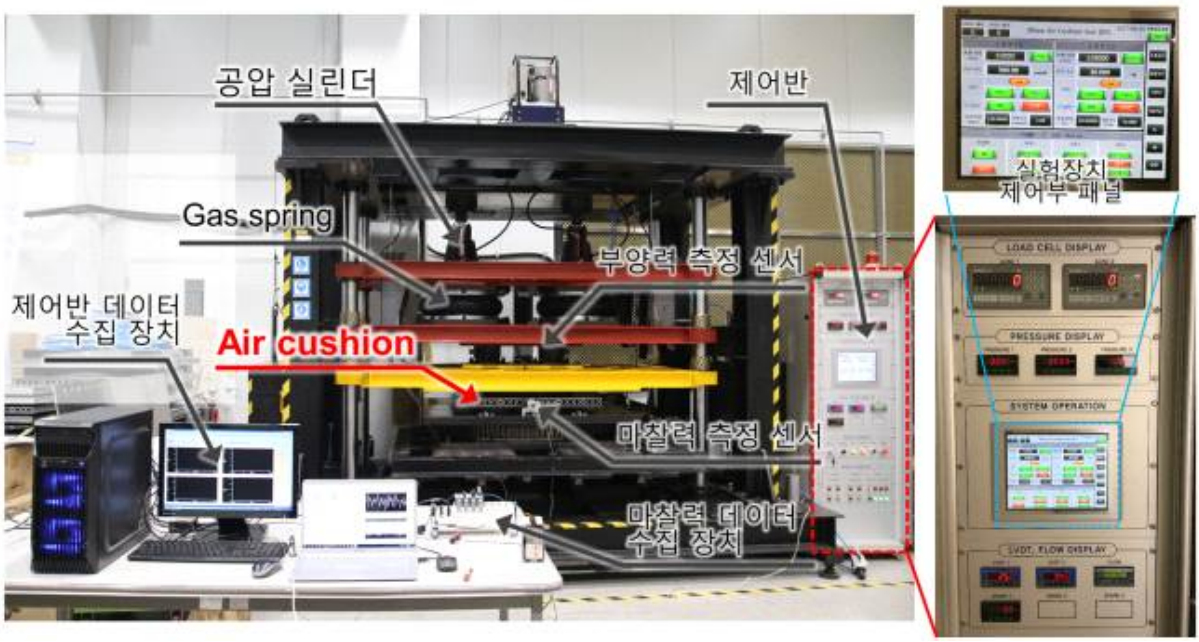


그림 3.2.19 에어쿠션모듈 실험장치 및 제어반 구성

□ 에어쿠션모듈 성능실험장치의 구성

- 에어쿠션모듈과 air spring에 고압의 공기를 주입한 후 가압 하중에 따른 마찰력을 측정하기 위한 시스템 구축
- 에어쿠션모듈 전방에 마찰력을 측정하기 위한 load cell을 장착한 후 에어쿠션 실험장치의 전·후 방향 이송기구를 통해 Air Film이 형성된 에어쿠션을 밀어주면서 실시간으로 load cell 측정값을 기록
- 측정된 load Cell값을 바탕으로 마찰계수를 산출하여 에어쿠션의 성능을 분석



그림 3.2.20 에어쿠션모듈 마찰력 측정 장치

(2) 에어쿠션모듈 부양성능실험

□ 실험 방법

- 부상능력을 측정하기 위한 에어쿠션을 실험 장치에 장착, 유압 실린더를 이용해 가이드 전체를 이송시켜서 실험 시작 높이로 이동
- 유압 실린더로 초기 위치를 설정한 다음, gas spring에 공기 주입을 시작하여 로드셀 하단의 가이드(노란색)가 에어쿠션의 지지부(landing pad) 방향으로 이송되도록 함
- 노란색 가이드부가 에어쿠션 지지부에 밀착된 후에는 gas spring의 압력을 목표 압력을 조정하여 목표 압력값에 도달하도록 하거나, 혹은 목표로 하는 인가 하중 값에 도달하도록 설정
- Gas spring 값이 목표치에 도달한 후에는 에어쿠션에 공기 주입을 시작하여 부상 높이 및 부상력 측정



그림 3.2.21 에어쿠션모듈 성능실험장치의 부양성능실험 순서

□ 실험 결과

- Gas spring의 초기 압력에 따라 에어쿠션 최대 부상 시 인가되는 하중 크기가 달라지므로, gas spring의 초기 압력 P_s를 0.2 MPa부터 0.35 MPa로 변화시키면서 데이터 취합.
- 각 gas spring의 초기 압력에 따라, 에어쿠션에 인가되는 압력에 대한 load cell의 인가 하중을 부양력 데이터로 취합하여 분석한 결과 2.2bar로 에어쿠션 가압 시 에어쿠션 한 개가 최대 6.2톤을 부양할 수 있는 것으로 측정
- 6.2톤의 부양력 발생 시에 에어쿠션은 8 mm 부상이 가능한 것으로 측정
- 6.2톤의 부양력 발생 시에 에어쿠션에서 소모되는 유량은 약 620 L/min으로 측정
- 따라서 총 6개의 에어쿠션을 이용하는 트렌스포터에 해당 에어쿠션을 설치 시에 약 372 kN의 하중을 부양할 수 있음을 확인

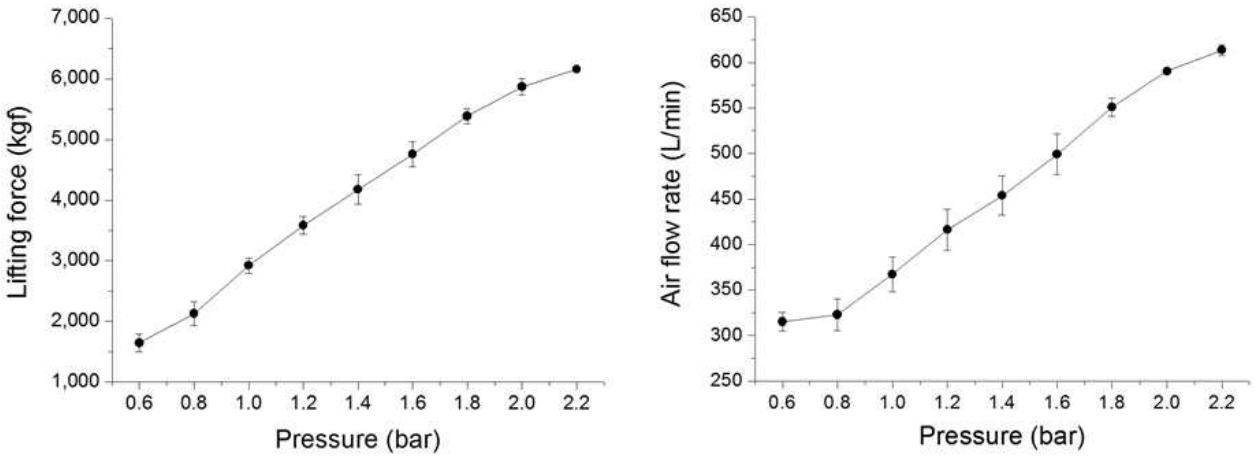


그림 3.2.22 에어쿠션모듈 부양력 및 소모유량 그래프

(3) 에어쿠션모듈 마찰력 측정 실험

□ 실험 방법

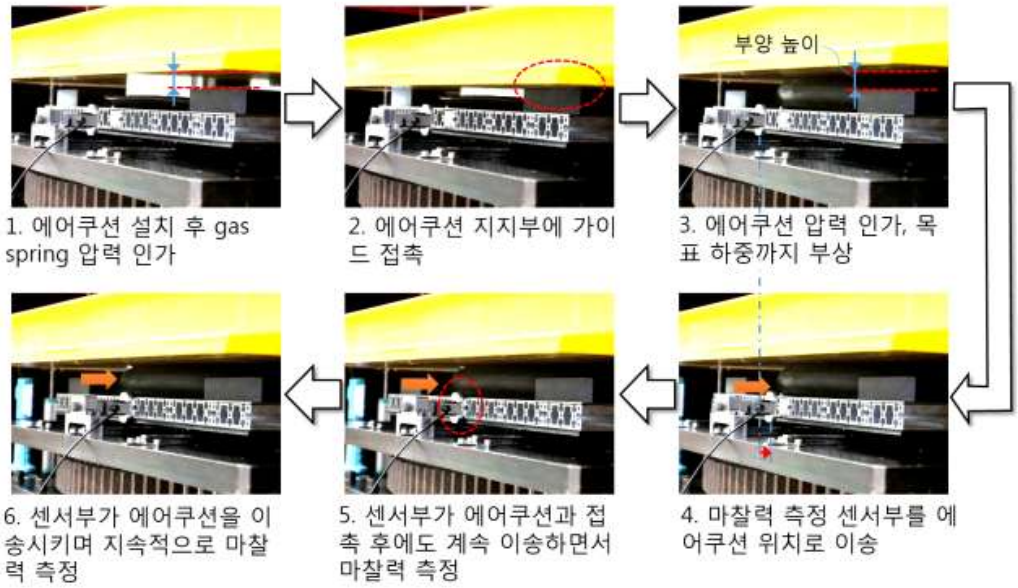


그림 3.2.23 에어쿠션 마찰력 측정 방법

- 에어쿠션을 실험 장치에 장착 후 gas spring에 압력을 인가하여 에어쿠션 지지부(landing pad)에 가이드를 밀착시킴
- 에어쿠션 지지부에 가이드가 접촉한 후에도 gas spring에 압력을 지속적으로 인가하여 측정하고자 하는 목표 하중보다 낮은 하중을 초기 값으로 갖도록 압력을 조정 (본 실험에서는 gas spring 초기압력을 0.2 MPa로 설정)
- 에어쿠션에 공기를 주입 시작, 에어쿠션이 일정 높이 이상 부양하면 에어쿠션 지지부 이상 팽창하여 지지부를 부상시킴
- 에어쿠션에 인가되는 압력이 증가함에 따라 에어쿠션 부양 높이가 증가하게 되고, 이에 따라 gas spring의 압력이 증가하여 에어쿠션에 인가되는 하중 또한 증가하게 됨
- 에어쿠션에 인가되는 하중이 목표 값에 도달하게 되면 에어쿠션 인가 압력을 고정시키고 마찰력 측정 센서부(load cell)을 에어쿠션 방향으로 이송시킴
- 센서부가 에어쿠션과 접촉 후에도 등속도로 센서부를 이송시키면, 센서부가 에어쿠션을 밀면서 load cell에 걸리는 부하가 측정

□ 실험 결과

- 최대 정지 마찰력과 운동 마찰력을 분리하여 측정하기 어려워 해당 실험에서는 에어쿠션이 이송하는데 발생하는 전체 마찰력의 평균값을 기준으로 분석
- 에어쿠션에 인가되는 하중(부양력)이 증가할수록 마찰력 또한 증가하는 것으로 측정
- 에어쿠션에 5톤의 하중이 인가될 경우(부양력이 5000 kgf인 경우), 측정된 마찰력은 598.4 N 이며 이때의 평균 마찰계수는 0.012 로 측정

- 마찰계수의 경우 인가 하중이 증가함에 따라 오히려 감소하는 추세를 보임
- 인가 하중에 증가함에 따라 에어쿠션을 움직이는데 요구되는 힘은 커지지만 그 증가율은 오히려 감소함을 알 수 있고, 따라서 고중량을 이송할수록 이송 효율이 증가하게 됨을 확인

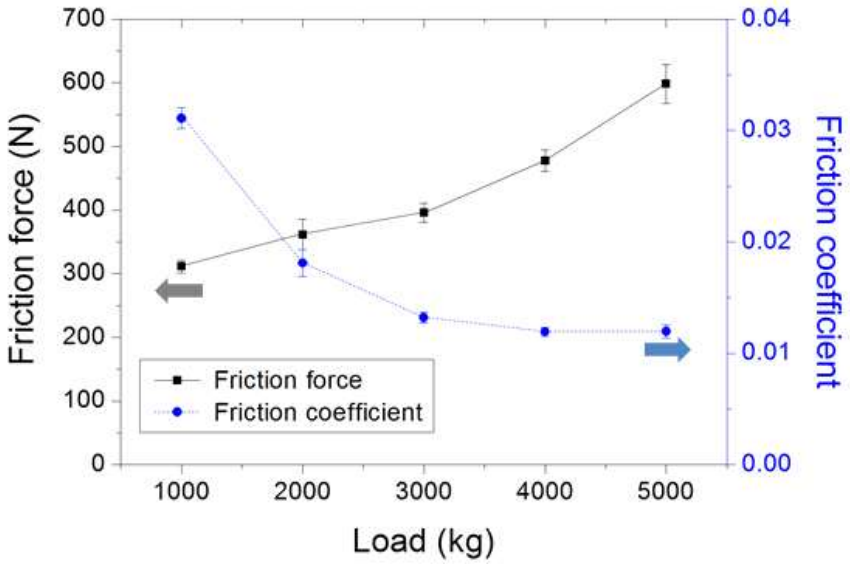


그림 3.2.24 에어쿠션 인가 하중에 따른 마찰력과 마찰계수의 변화

(4) 바닥면 재질 및 형상에 따른 마찰력 측정 실험

- 에어쿠션과 마찰면 사이의 특성 (마찰면의 재질이나 형상)에 따라 마찰계수가 어떻게 변화하는지 측정

□ 실험 방법

- 그림 3.2.24의 마찰력 측정 방법과 동일하게 진행하며, 에어쿠션과 성능실험 장치의 접촉면에 특성이 다른 바닥면을 설치하여 마찰력 측정실험 수행

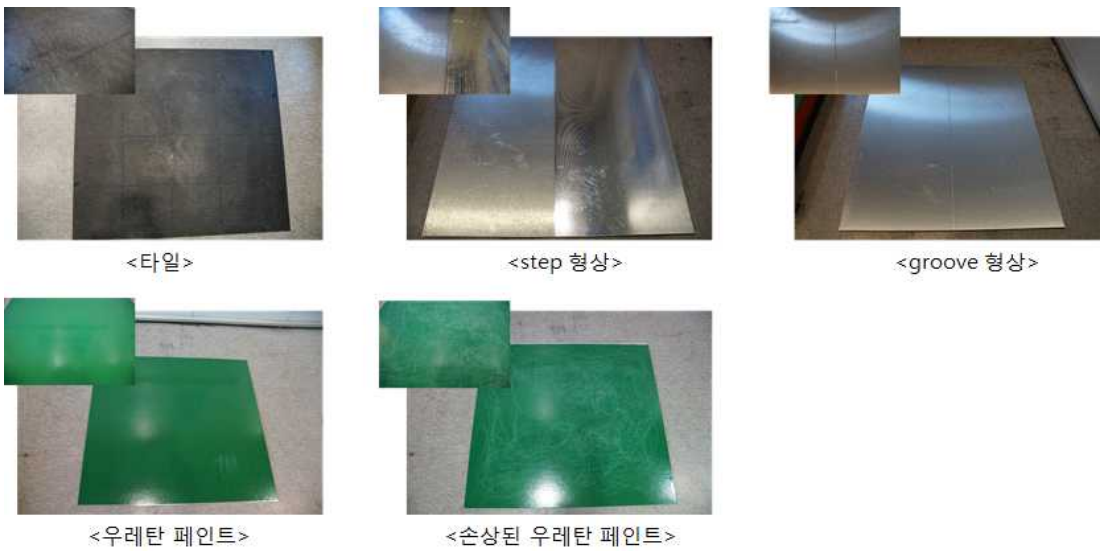


그림 3.2.25 바닥면 재질 및 형상에 따른 마찰력 평가를 위한 바닥면 제작

□ 실험 결과

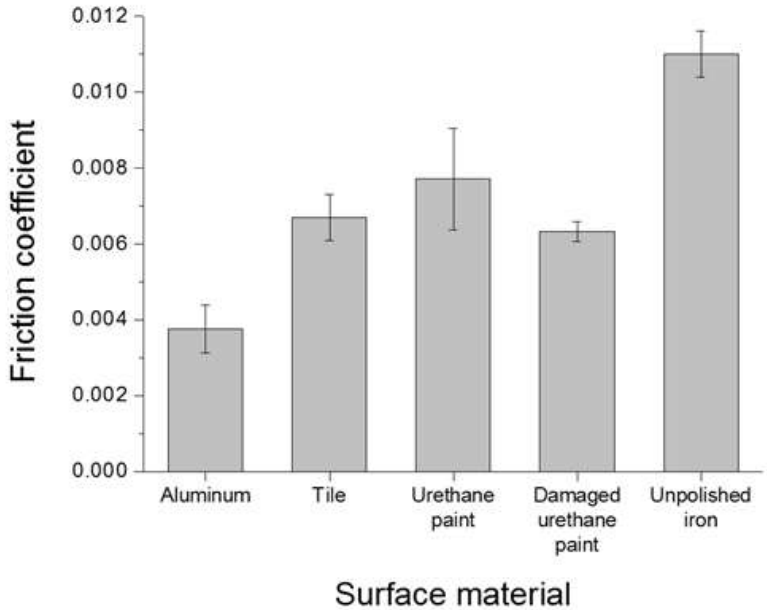


그림 3.2.26 바닥면 재질에 따른 마찰력 차이

- 에어쿠션에 5톤의 하중이 인가될 경우 연마되어 표면상태가 가장 매끄러운 알루미늄 판에서의 마찰 계수가 가장 적게 측정되었음

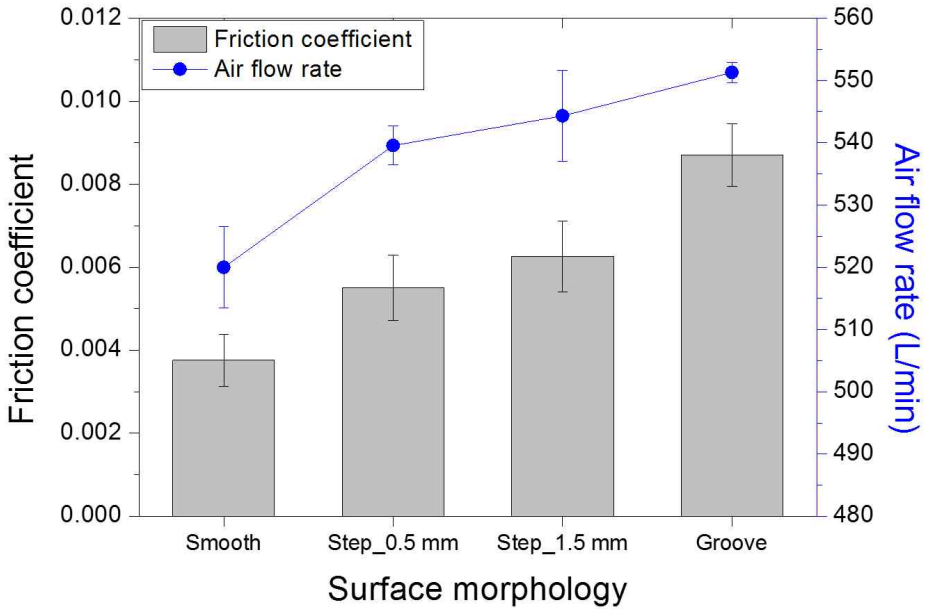
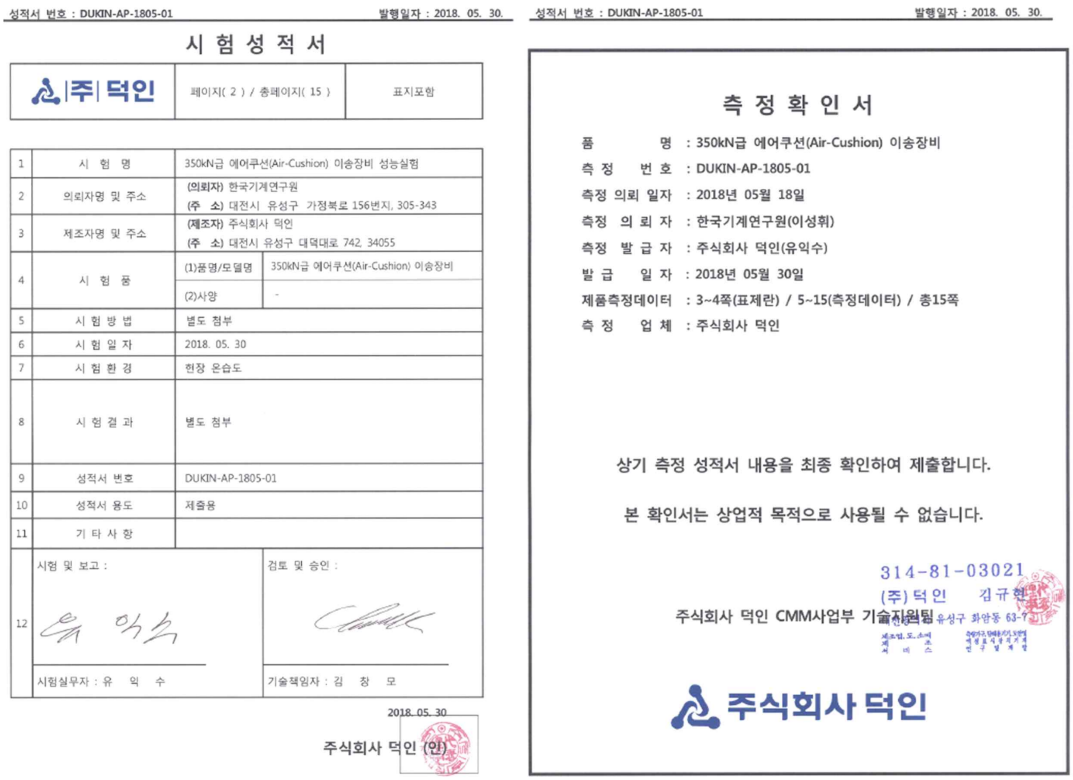


그림 3.2.27 바닥면 형상에 따른 마찰력 차이

- 가운데 홈이 패여 있는 바닥면의 형사에서 마찰계수가 가장 높게 측정되었으며 이때, 소모유량도 가장 큰 것으로 측정

(5) 에어쿠션 이송장비 성능실험 시험성적서 발급

- KOLAS인증을 획득한 교정기관에 시험 및 측정을 의뢰하여 시험성적서 발급
- 에어쿠션 인가하중에 따른 필요 공급압력 및 유량, 바닥면 조건(재질, 형상)에 따른 마찰력 변화량, 인가하중에 따른 마찰력 차이와 관련된 평가 인증
- 향후 제품 양산 및 판매 시 해당 평가 인증서를 바탕으로 한 성능 홍보 예정



성적서 번호 : DUKIN-AP-1805-01 발행일자 : 2018. 05. 30.

시 험 성 적 서

㈜ 덕인	페이지(2) / 총페이지(15)	표지포함

1	시 험 명	350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비 성능실험	
2	의뢰자명 및 주소	(의뢰자) 한국기계연구원 (주 소) 대전시 유성구 가정북로 156번지, 305-343	
3	제조자명 및 주소	(제조자) 주식회사 덕인 (주 소) 대전시 유성구 대덕대로 742, 34055	
4	시 험 품	(1)품명/모델명	350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비
		(2)사양	-
5	시 험 방 법	별도 첨부	
6	시 험 일 자	2018. 05. 30	
7	시 험 환 경	현장 온습도	
8	시 험 결 과	별도 첨부	
9	성적서 번호	DUKIN-AP-1805-01	
10	성적서 용도	제출용	
11	기 타 사 항		
12	시험 및 보고 : 유 익 수	검토 및 승인 : 김 창 모	

2018. 05. 30

주식회사 덕인 (인)

성적서 번호 : DUKIN-AP-1805-01 발행일자 : 2018. 05. 30.

측 정 확 인 서

품 명 : 350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비
측 정 번 호 : DUKIN-AP-1805-01
측정 의뢰 일자 : 2018년 05월 18일
측정 의 뢰 자 : 한국기계연구원(이성휘)
측정 발 급 자 : 주식회사 덕인(유익수)
발 급 일 자 : 2018년 05월 30일
제품측정데이터 : 3~4쪽(표제란) / 5~15(측정데이터) / 총15쪽
측 정 업 체 : 주식회사 덕인

상기 측정 성적서 내용을 최종 확인하여 제출합니다.

본 확인서는 상업적 목적으로 사용될 수 없습니다.

314-81-03021
(주) 덕인 김규한

주식회사 덕인 CMM사업부 기술지원팀 유성구 화암동 63-7

주식회사 덕인

그림 3.2.28 에어쿠션 이송장비 시험성적서

(6) 에어쿠션 이송장비 신뢰성평가기준 제정

- 에어쿠션 이송장비 신뢰성평가기준 제정 (한국신뢰성인증센터 발행)
- 제품의 양산 및 판매시에 본 신뢰성평가기준에 기반하여 에어쿠션 장비의 신뢰성 및 안전성 평가를 진행할 예정임.
- 양산 에어쿠션 장비에서 수명시험을 포함한 신뢰성평가 진행 후 장비 내구성 개선 등 필요한 성능의 보완이 진행될 예정.
- 해외 에어쿠션 장비의 국내 도입 시에도 신뢰성평가기준에 근거한 평가 시스템을 활용하여 신뢰성 및 안전성 평가 진행이 가능함.

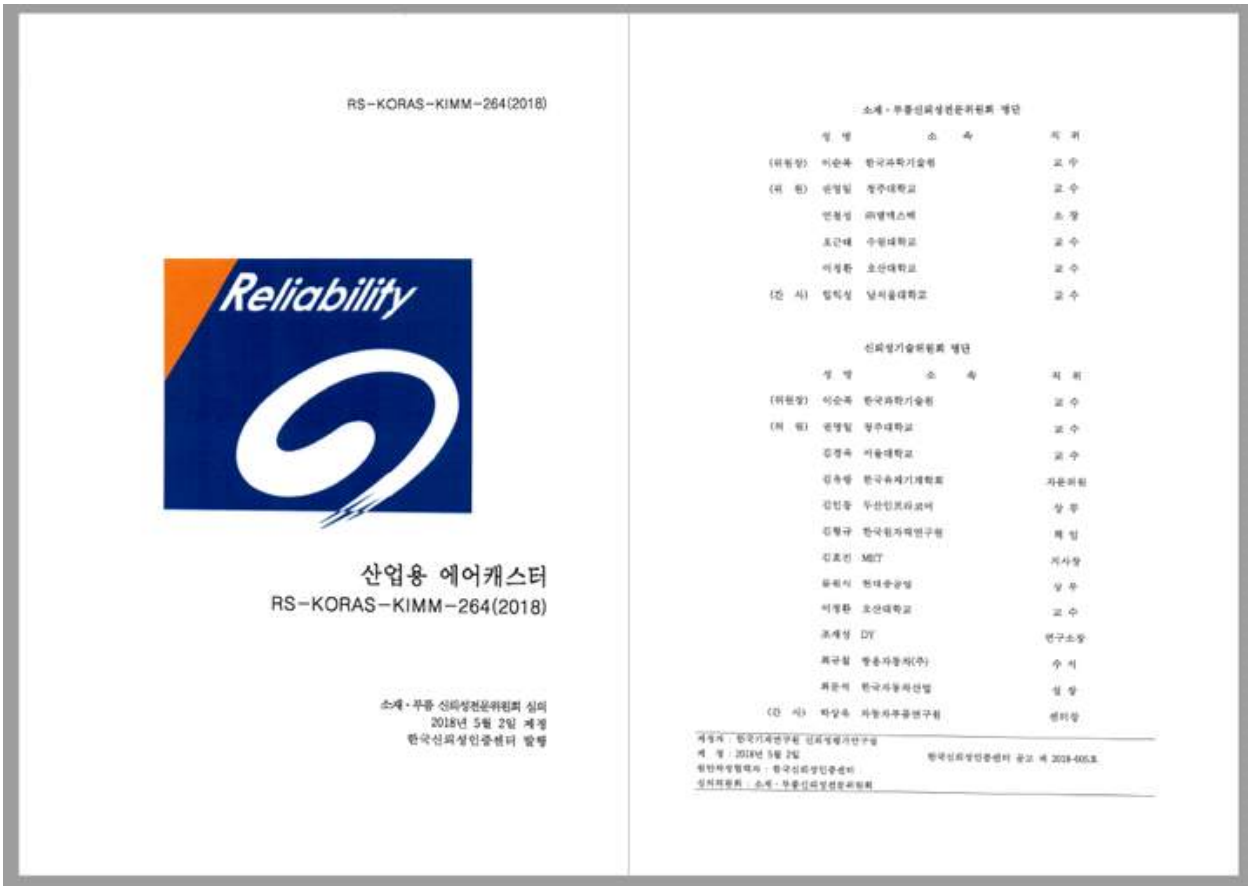


그림 3.2.29 에어쿠션 신뢰성평가기준 제정 (RS-KORAS-KIMM-264)

3. 에어쿠션 Transporter 설계/제작 및 성능실험

(1) 에어쿠션 Transporter 설계/제작

□ 에어쿠션 Transporter 구성

- Transporter의 하부에 4개의 에어쿠션을 장착하여 실제 산업현장에서 대형-고중량의 화물을 손쉽게 이송할 수 있도록 하는 장비 (최대 6개의 에어쿠션까지 장착 가능)
- 에어 컴프레셔에서 공급되는 압력을 총 6개의 압력 조절기를 이용하여 각 에어쿠션에 균등하게 배분할 수 있도록 하는 시스템 구축
- Transporter의 각 모서리와 가로, 세로 중간에 8개의 캐스터를 설치하여 중량물을 싣지 않고, 대차만 움직일 때 편리하게 이동할 수 있도록 설계

□ 에어쿠션 Transporter 설계/제작

- Frame은 S'Pipe (125×75)을 사용하여 transporter의 강성을 높임 (재질 : SS41)
- Transporter의 규격 : 3500mm×2800mm×960mm
- 상단데크는 체크플레이트(SS41)를 사용 함

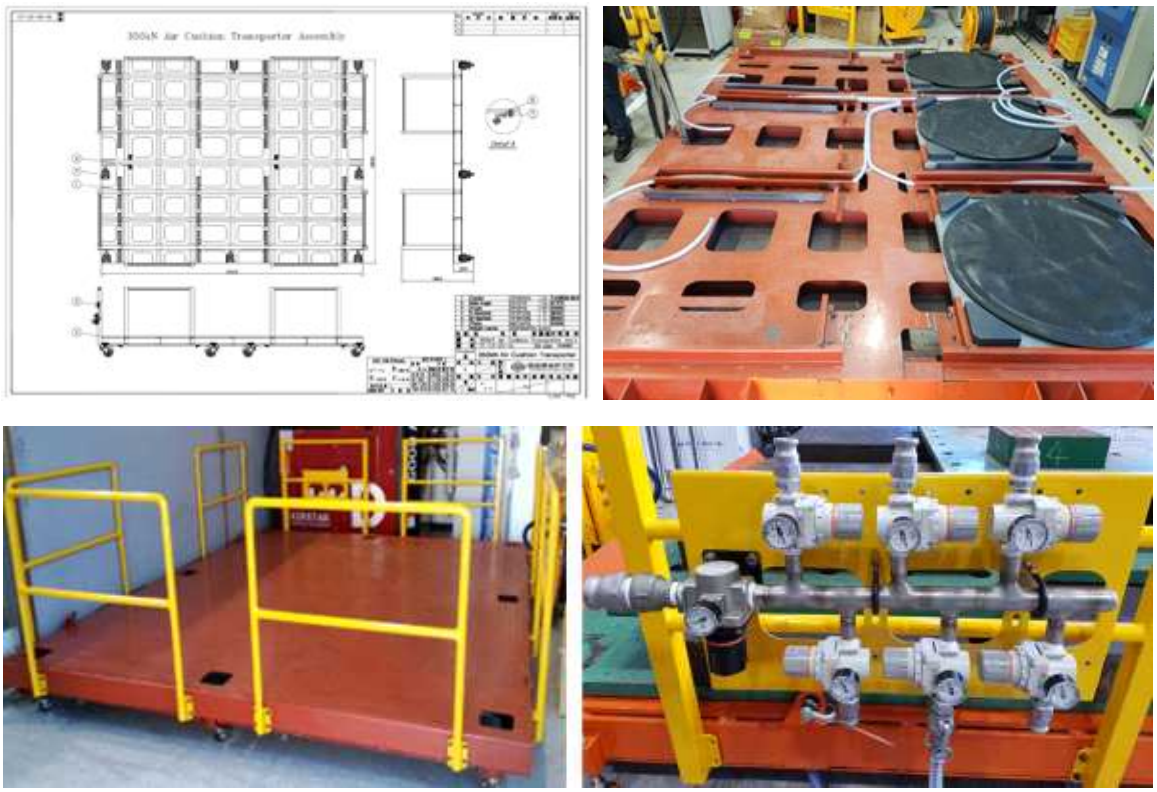


그림 3.2.30 에어쿠션 Transporter 시제품

(2) 에어쿠션 transporter 성능 실험

□ 실험 조건

- 가반 하중 : 10톤 (10,000kg)
- 에어쿠션 모듈 수량 : 4ea
- 공급 압력 : 1bar / Module
- 측정 대상 : Transporter 견인력 및 마찰력 측정 및 부양 높이 측정

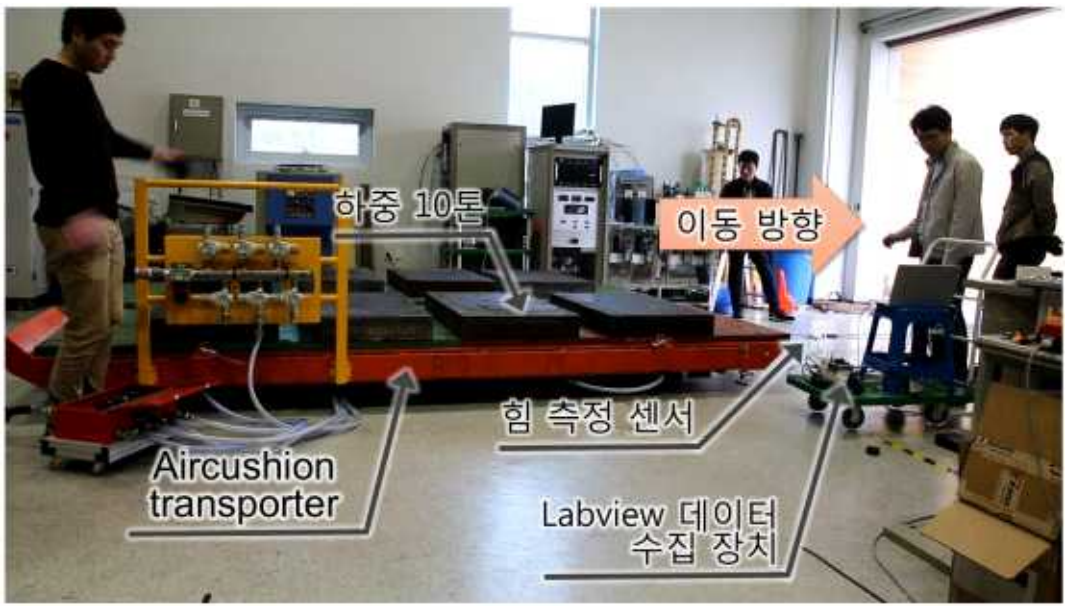


그림 3.2.31 에어쿠션 transporter의 마찰력 측정 실험 setup

□ 에어쿠션 transporter의 마찰력(견인력) 측정실험 결과

- 10톤 하중을 에어쿠션 transporter를 이용하여 이송할 때 발생하는 마찰력을 측정한 결과, 최대 정지 마찰력 Fs는 146.8 kgf로 측정되었으며 이때 최대 정지 마찰 계수 μs는 0.0147 임
- 운동 마찰력 Fk 의 경우, 에어쿠션 대차가 이동하는 동안 접촉하는 바닥면의 상태가 완전히 고르지 않아 결과 그래프와 같이 측정값이 고르지 않는 문제가 발생함. 따라서 t1 이후부터 측정된 힘의 평균값을 이용하여 평균 운동 마찰력 Fk_ave를 얻었으며 그 값은 125.4 kgf로 측정되었으며 이때의 평균 운동 마찰 계수
  μk_ave 는 0.0125 임
- 에어쿠션을 구성하는 고무 소재의 마찰계수가 일반 사무실 바닥 기준 0.8 정도인 것에 비해 1/63 정도 마찰계수가 감소하였으므로, 에어쿠션 하부에 에어필름이 안정적으로 형성되었음을 확인할 수 있음
- 바퀴가 장착된 transporter와의 성능을 비교했을 경우, 바퀴 형 transporter를 이용해 측정된

마찰 계수가 약 0.1 이었으므로 바퀴 형 transporter 대비 약 1/8 정도 마찰계수가 작은 것을 확인할 수 있음. 즉 바퀴 형 transporter에 비해 8배 정도 이송 성능이 우수함

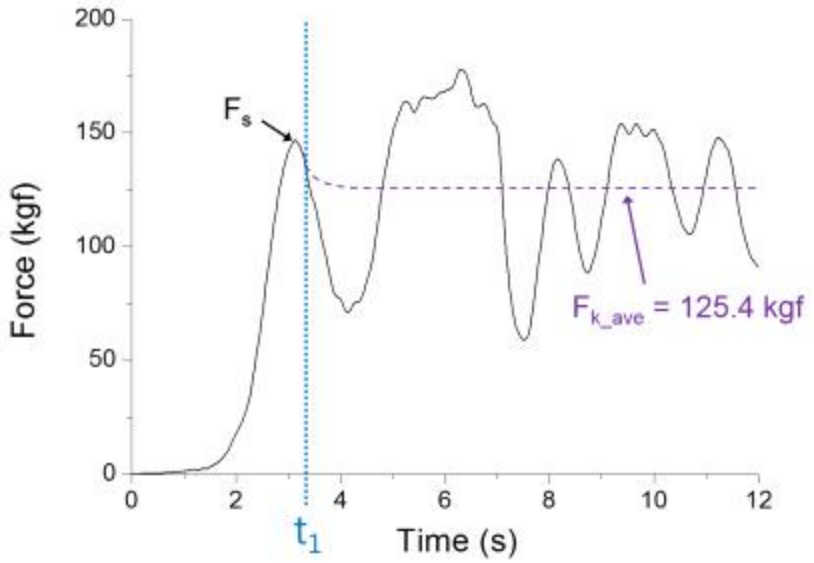


그림 3.2.32 에어쿠션 Transporter 마찰력 측정결과

□ 에어쿠션 Transporter 부양 높이 측정결과



그림 3.2.33 에어쿠션 transporter 부양 높이 측정

- 10톤의 가반하중 조건하에 에어쿠션 모듈에 공급되는 최대 압력은 약 1bar로 측정되었으며, 이때의 에어쿠션 transporter의 부양 높이는 약 70mm로 측정되었음

□ 에어쿠션 transporter 조향 성능 실험

- 10ton의 가반하중에 물탱크 2개를 추가로 얹어, 실제 산업현장에서 사용되는 것과 유사한 환경을 조성한 다음 해당 중량물을 실제로도 용이하게 이송 가능한지에 대해 실험을 진행함
- 실제 사람의 힘으로 조향이 어느정도 용이한지에 대해 평가
- 성인 2명의 힘 정도로도 안정적으로 고중량의 화물을 효과적으로 이송이 가능하였음
- 해당 중량물의 높이나 크기에도 큰 영향을 받지 않는 상태에서 안정적인 이송이 가능함



그림 3.2.34 에어쿠션 transporter를 활용한 물탱크 이송

(3) 에어쿠션 transporter 안전성 실험

□ 에어쿠션 transporter 안전장치 구성

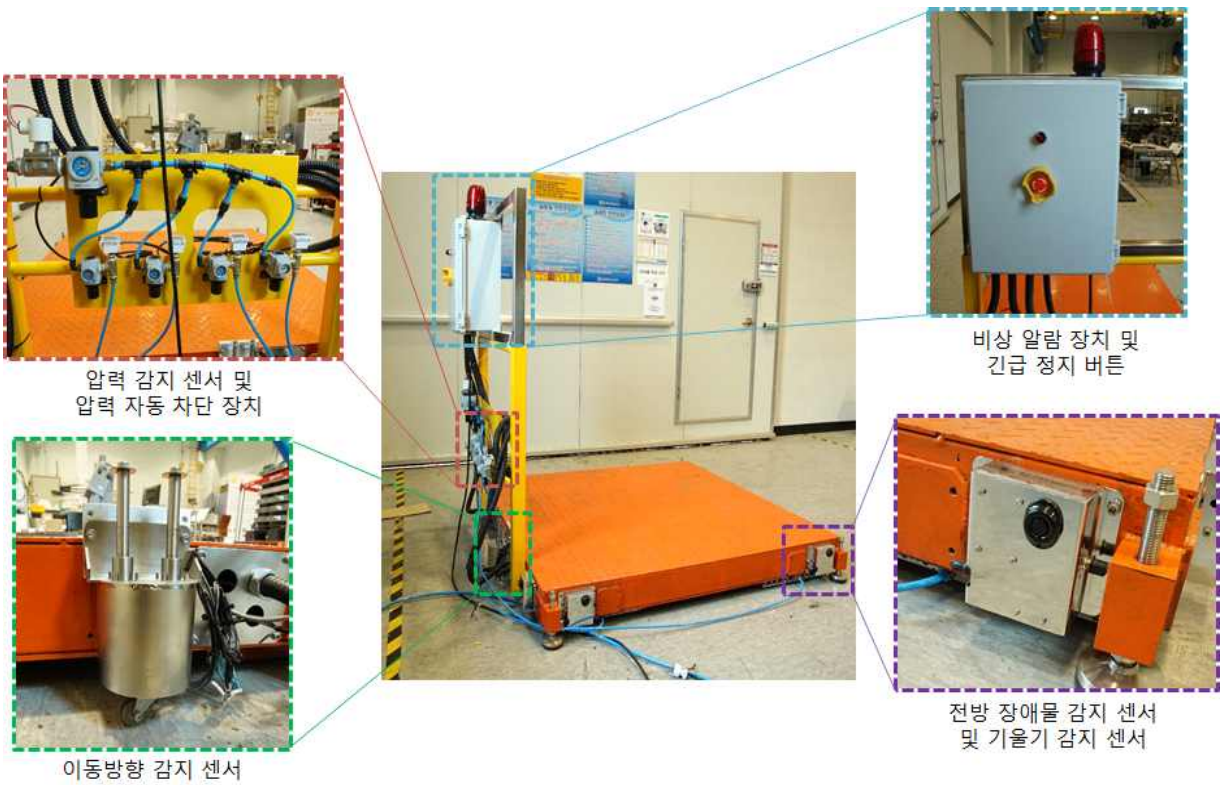


그림 3.2.35 에어쿠션 transporter 안전장치 구성

○ 공기 누수 및 에어쿠션 파손 시의 안전장치

- 에어쿠션이 예기치 못하게 파손되는 경우 transporter가 기울어져 적재물이 떨어질 수 있음.
- 공압이 인가되는 라인이 파손되어 누수가 발생하는 경우에도 에어쿠션에 공급되는 압력이

낮아져 균형을 잃을 수 있음.

- 따라서 각 에어쿠션에 공급되는 압력에서 편차가 발생할 경우, 메인 벨브가 자동으로 차단되는 기능 탑재.



그림 3.2.36 에어쿠션 transporter 공압 밸브 시스템

○ 장애물 충돌 방지를 위한 안전 장치

- 에어쿠션 장비 이송시에 낮은 위치의 장애물과 충돌 가능성이 있음.
- Transporter의 낮은 마찰력에 비해, 적재물의 무게로 인한 관성이 커서 급격한 방향전환 및 속도조절이 어려움
- 장애물과의 충돌 이전에 미리 장애물을 감지하여 작업자에게 경고 (각 2개씩 모서리에 위치, 총 8개 센서 장착)
- 에어쿠션의 이동방향에 해당하는 센서만 작동되도록 하여 작업의 효율화 구현 (나머지 센서는 꺼짐)



그림 3.2.37 에어쿠션 transporter 장애물 충돌 방지 안전장치

○ 에어쿠션 기울어짐 방지 장치

- 적재물의 무게 중심이 transporter의 중심에서 이탈된 경우 에어쿠션의 인가 하중이 달라짐.
- 이로 인해 에어쿠션의 부양 높이가 달라져 transporter가 기울어지는 문제 발생
- 레이저 센서로 지면과의 거리를 측정, transporter가 기울어져 지면 거리에 차이가 발생하면 경보 발생



그림 3.2.38 에어쿠션 transporter 기울어짐 방지 장치

○ 에어쿠션의 추가 안전장치 개선 방안

- 공압 펌프에서 에어쿠션 이송장치로 연결되는 메인 밸브의 이탈이 발생할 경우를 대비해서 향후 공압 펌프에도 상기 압력 모니터링 장치를 연장 부착하여, 주입구 압력의 압력강하가 발생시에 자동으로 공압 펌프 밸브가 닫히도록 하는 시스템을 구성할 예정임.

3. 중소형 화물 이송을 위한 에어쿠션 무선조정 시스템의 상용화 연구

1. 중소형 에어쿠션 모듈 시작품 설계/제작/시험

(1) 에어쿠션 모듈 설계 분석

□ 연구개발 대상 및 범위

○ 대형 화물이송용 대용량 에어쿠션 모듈의 선행연구에 기반하여 중소형 화물이송의 수요처 대응을 위한 중소형 급 에어쿠션 모듈의 시제작 및 성능시험을 실시함

○ 중형 10ton 이상급 화물운송은 에어쿠션소요 수량 및 이송대차의 크기를 고려 단위개당 이

론부하 3ton이하의 600mm 급의 에어쿠션모듈을 적용하고 소형 5ton 이하의 화물운송 수요는 단위개당 이론부하 1ton이하의 300mm급의 에어쿠션의 성능범위를 설정, 형상설계를 수행함

□ Full Torus Type의 형상설계 (300mm급) 및 소재 강도분석 최적화 설계

○ 에어쿠션 모듈 단위개당 최대 1ton의 가반부하 및 일반산업현장의 에어공급원을 고려 5bar 공급압력을 설정하여 소형 에어쿠션 모듈의 치수 및 소재, 강도 , 동적 변위를 고려 형상설계를 실시함

○ Full Torus 에어쿠션 모듈의 형상 및 유동개념의 정립

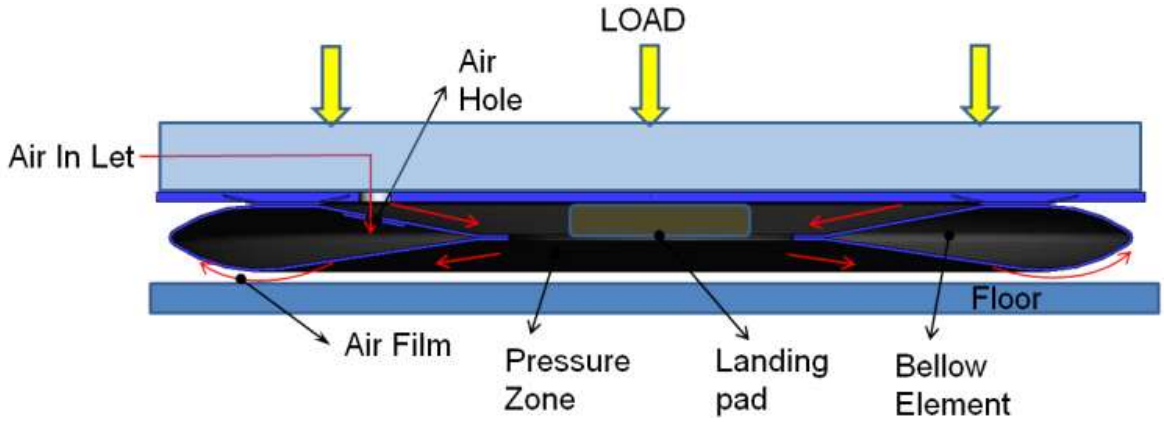
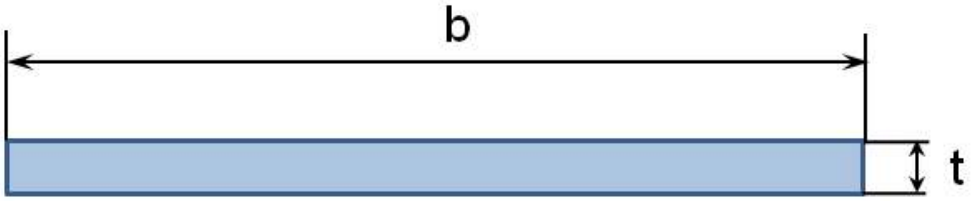


그림 3.3.1 Full Torus Bellow 형상 및 유동 개념

- Back Plate 의 공기 주입구 1홀을 통하여 Bellow Element Air hole 및 Pressure Zone 내로 압축공기 인가
- Bellow 내 압력상승, Floor면과 Bellows 접촉면과의 Sealing 유지
- Pressure Zone 내의 공기압 상승, Load Lifting 및 Floor 접촉부 Air Film 형성
- 기준 모델의 형상 및 CFD 분석을 통한 기초 구성요소 치수 결정 및 강도분석, 압력분포, 소모 유량 등의 예측 설계를 수행

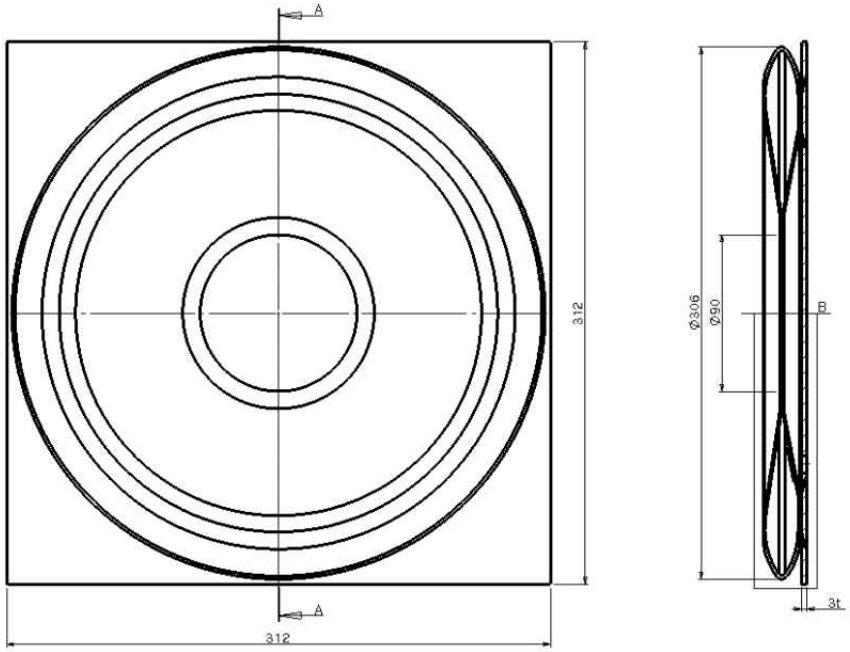
○ 형상설계를 위한 부하조건 및 치수 산출

- Design Calculations for Base Plate



L = 310mm, b = 310mm, w = 10000N

$\sigma_b = 152Mpa$



- 설정부하 w는 Base Plate 에 고르게 분포되므로 두께는 다음과 같이 설정함

● $M_{max} = wl^2/8 = 60.063 \times 10^3 N \cdot mm$

$I = bt^3/12 = 25.83t^3 mm^4$

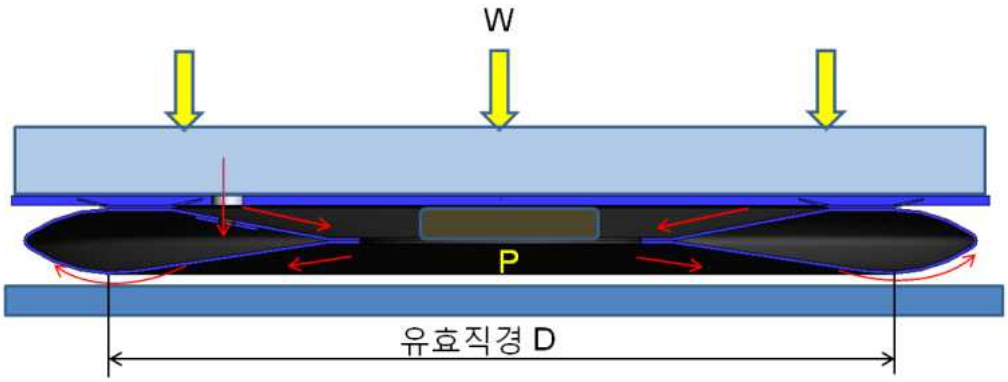
Alloy Temper	Ultimate Tensile Strength		Tensile Yield Strength		Elongation[1]	Thermal Conductivity[2]
	MPa	KSI	MPa	KSI	%4D"	BTU in/hr-ft²F
5052-0	193	28	89.6	13	25%	960
5052-H32	228	33	193	28	12%	960
6061-T4	255	37	152	22	23%	1070
6061-T6	345	50	290	42	13%	1160

$[\sigma_b] = (M_{max}/I) \times (t/2)$

$t = 2.778mm$

- Bese Plate Thickness 는 상기 계산에 의하여 3mm로 설정함

- Design Calculations for Air Bellows Dimension



- W: $5000N, 10000N$
  D : $250mm$

  $P = W/A = 5000/(\pi/4)\times 250^2 = 0.1019N/mm^2$
  $\fallingdotseq 0.10N/mm^2 = 0.1Mpa$
  $P = W/A = 10000/(\pi/4)\times 250^2 = 0.204N/mm^2$
  $\fallingdotseq 0.20N/mm^2 = 0.2Mpa$

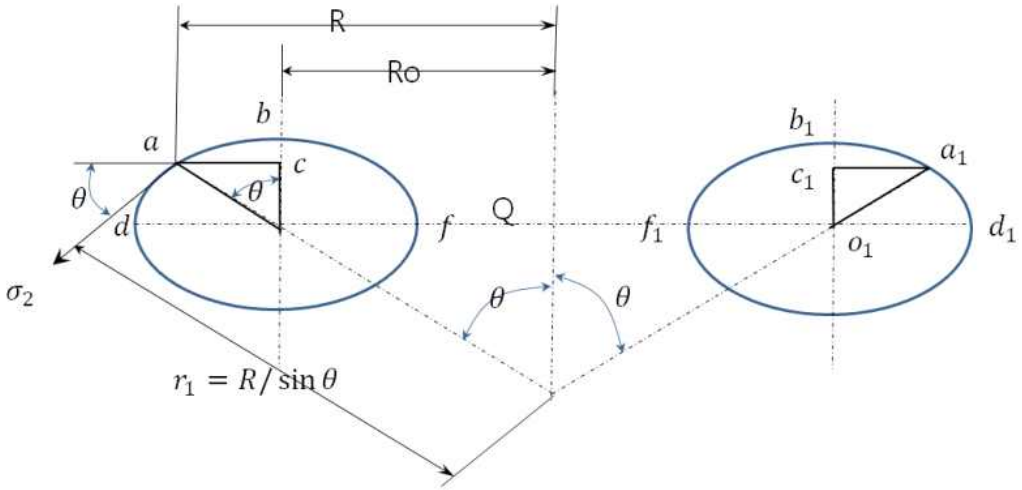
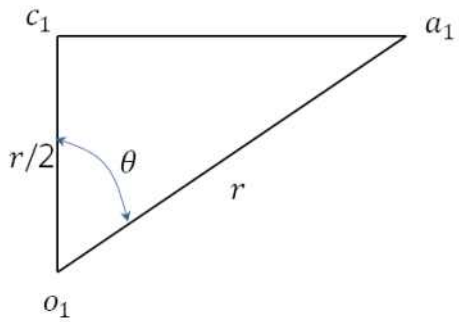


그림 3.3.2 Toroidal shaped Pressure vessel

- $r = 21.21mm$
  $R_0 = 125mm$
  $\sigma_1 =$ 수직응력$0.345Mpa$
  $\sigma_2 =$ 원주응력$0.69Mpa$



$a_1o_1c_1$의 삼각형을 고려하면

$o_1c_1 = r/2 = 10.605mm$
$a_1o_1 = r = 21.21mm$

Pythagoras 정리에 의하여 c_1a_1및 θ 를 산출함

$(a_1o_1)^2 = (o_1c_1)^2 + (c_1a_1)^2$
$c_1a_1 = 18.37mm$

$\sin\theta = c_1a_1/a_1o_1 = 0.866$
$\theta = 59.99^\circ$

- Hoop stress 원주응력 σ_2 (내압 P: 0.2Mpa , t:1mm)

$\sigma_2 = (pr2R_0) + (rsin\theta)/(2tR_0) + (rsin\theta)$
$t = 1mm$
$\sigma_2 = 4.02N/mm^2 = 4.02Mpa$

● 원주상 응력점 거리 $(Q-a) : R$

$R = R_0 + (rsin\theta) = 143.17mm$

● 수직응력 σ_1 (내압 P :0.2Mpa , t : 1mm 기준)

$[(\sigma_1 \sin\theta)/R] + (\sigma_2/r) = (p/t)$
$\sigma_1 = 1.72N/mm^2 = 1.72Mpa$

● 따라서 Torus Bellow 벽 두께 t는 1mm 이상으로 산정하며 Fabric + Cr,NR 또는 Urethane 계열 소재로 인장강도는 원주응력의 5배 인 $20.04Mpa$ 이상을 고려함

- Design Calculations for Air flow Rate



● Air Bellows 내 압축공기가 Air Film 형성부로부터 대기압으로 토출되는 유량을 기준으로 고찰, 대략의 공기소모량을 산출하여 공기압축기의 용량을 검토 함

● Air Levitation Flow Rate Q_{max}

$Q_{max} = (237.6/r) \times (ACP/\sqrt{T_1})$
$= 232.05l/\min$

A = 토출부 단면적
P = 절대압력 $(P + 1.03323kg/cm^2)$
C = 유량계수 $(100\% = 1)$
T_1 = 절대온도 $(t + 273)$
r = 비중량 $(1.2kg/cm^2)$

○ CFD Simulation 및 Stress, Strain ,strength 분석

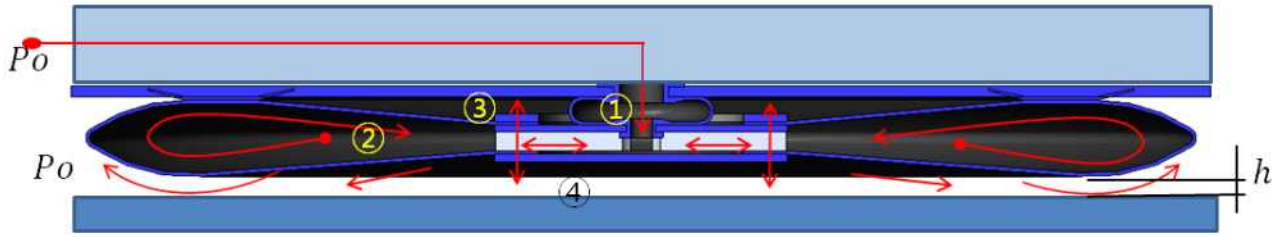


그림 3.3.3 중앙부 에어공급방식

● 에어 중앙공급 방식 기본형 내압분석 및 CFD Simulation

> Supply Air Pressure : $601.325kpa$(절대압$293.2K$)

> 대기 토출 : 대기압 $101.325kpa$

> Air Film Thickness : 최소 $50\mu m$ ~ 최대 $100\mu m$

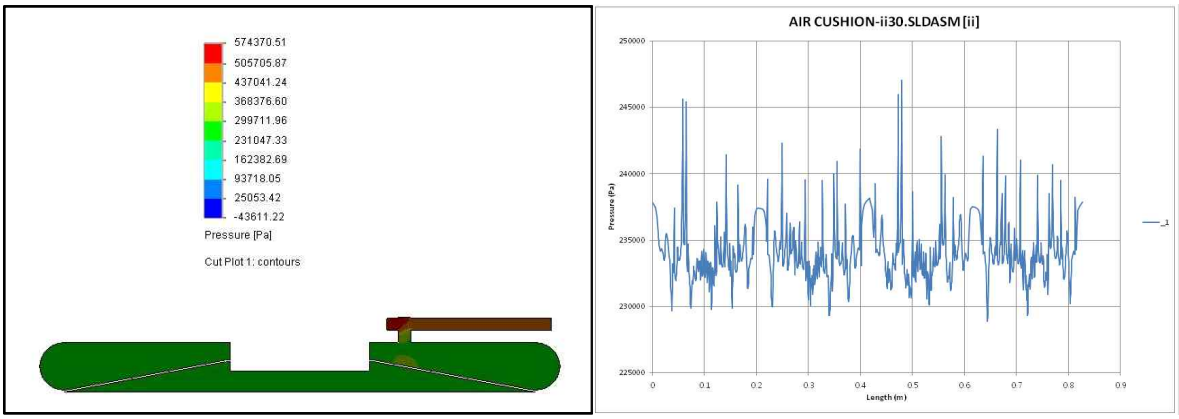


그림 3.3.4 300mm Pressure Distribution

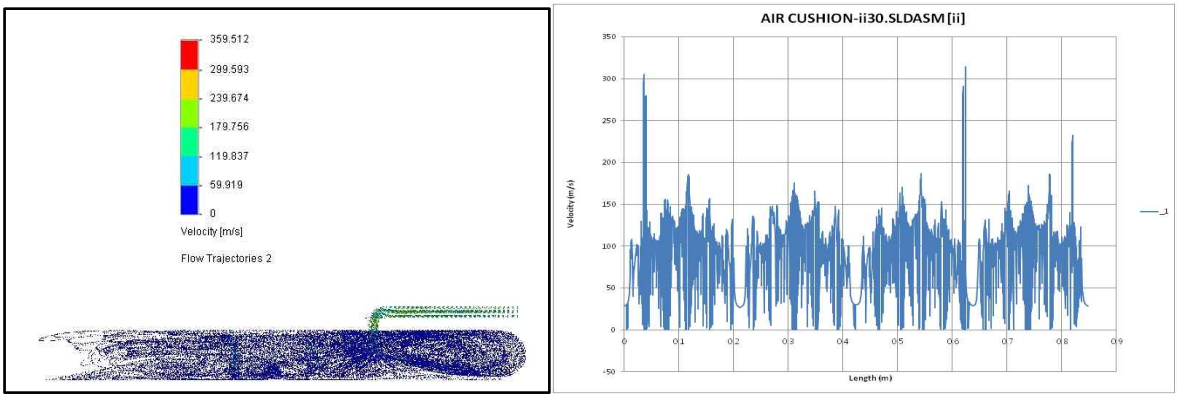


그림 3.3.5 300mm Flow Trajectories & Velocity

● 압축공기 공급압력 $5kg/cm^2$기준공급 시 Bellow 내 Lifting 형성압력은 $2.35kg/cm^2$로 분석되었으며 토출 부 기준 Normal Velocity의 경우 $150m/s$로 체적유량 $353l/\min$ 의 공기소모량을 가질 것으로 분석 됨

● Bellow 내 응력 분포 분석

> 가반부하 하중 : 12500N

> Bellows 내압 : 201.325kpa

> Bellows Rubber Tensile Strength : 4.02Mpa

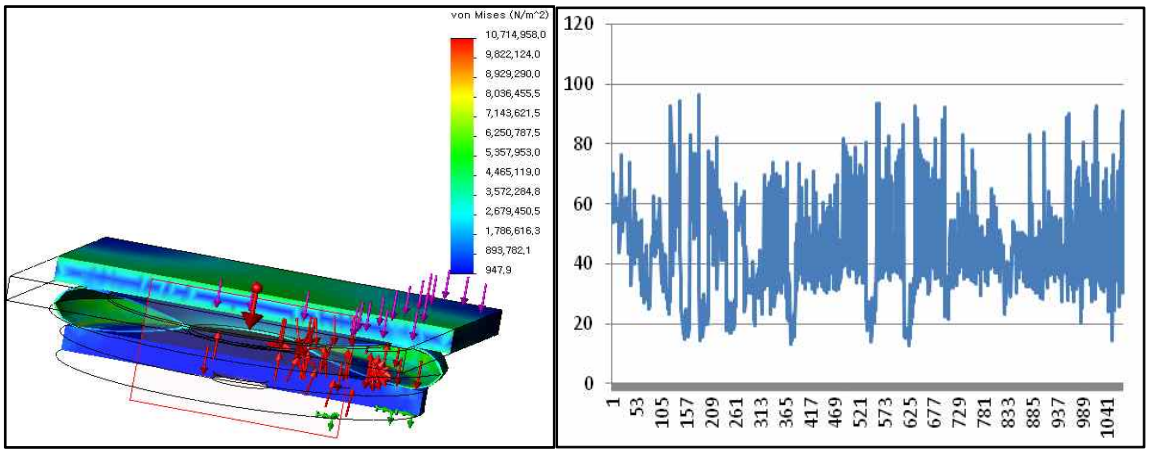


그림 3.3.6 300mm Bellow Rubber Stress

> Bellow 형상에서 원형 라운딩 가장자리부에서 변형 및 응력집중이 일어나며 최대 96.4kg/cm^2,평균 44.236kg/cm^2 의 응력분포로 분석되었음

○ Lifting Height의 산출

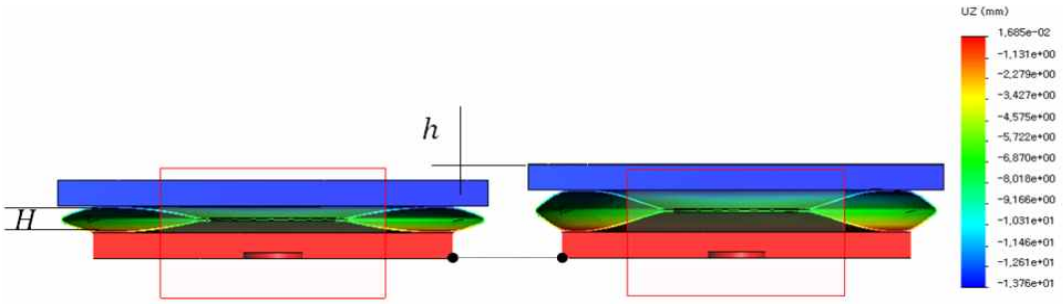


그림 3.3.7 Lifting Height 분석

- Lifting Height 산출 Strain Simulation

> 가반부하 조건 : 0N(Bellow 내응력 기준)

> Bellows 내압 : 201.325kpa

> Bellows Rubber Tensile Strength : 4.02Mpa

> 대기 토출 : 없음

> Bellow 기준 고 : H (20mm)

> Bellow 팽창량 : $h$mm

> Floor 접촉면 조건 : 고정 ,Gap 없음, Non Air Film

- Bellows Rubber 인장강도 및 형상 기준 바닥면 고정 조건의 Bellows 압축공기 충진 만을 고려하여 시뮬레이션 결과 기준고 H:20mm 시 13.76mm변형량이 산출되며 실 시험단계의 Bellows의 바닥면 고정조건 및 Air Film 조건 시는 Bellows 변형도가 증가할 것을 감안, 변형량 범위 15mm ~ 영역을 설정하여 실 설계 반영함

(2) 중소형 에어쿠션 선정 모듈의 시작품 제작

□ Air Cushion Bellows 형상 설계(300mm 이하 및 600mm 이하급)

○ Full Torus Bellow Standard Type



그림 3.3.8 Full Torus Bellow Standard Type 형상

- Back Plate Air 공급 Hole 1개소, Bellow Air 공급Hole 1개소 및 Al 6061 Back Plate 및 Cr+ Fabric Rubber Bellows 로 구성

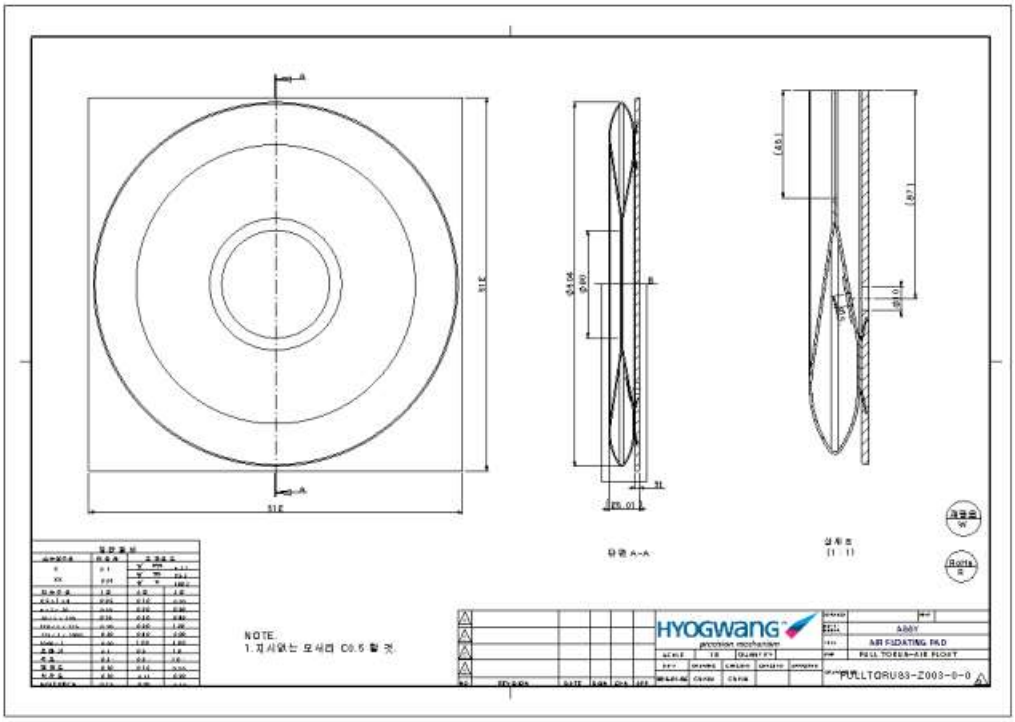


그림 3.3.9 300mm Full Torus Bellows standard type 설계도

○ Full Torus Bellow Center Supply Type

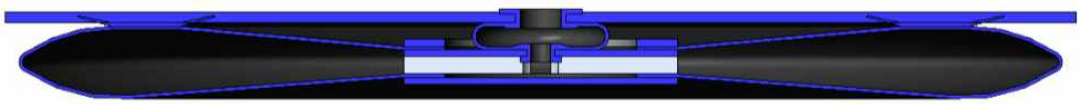


그림 3.3.10 Full Torus Bellow Supply Type 형상

- Back Plate Air 공급 Center Hole 1개소, Air 공급 Sealing Bellows 1개소 및 Al 061 Back Plate 및 Cr+ Fabric Rubber Bellows, Air 분배 Adapter Ring으로 구성

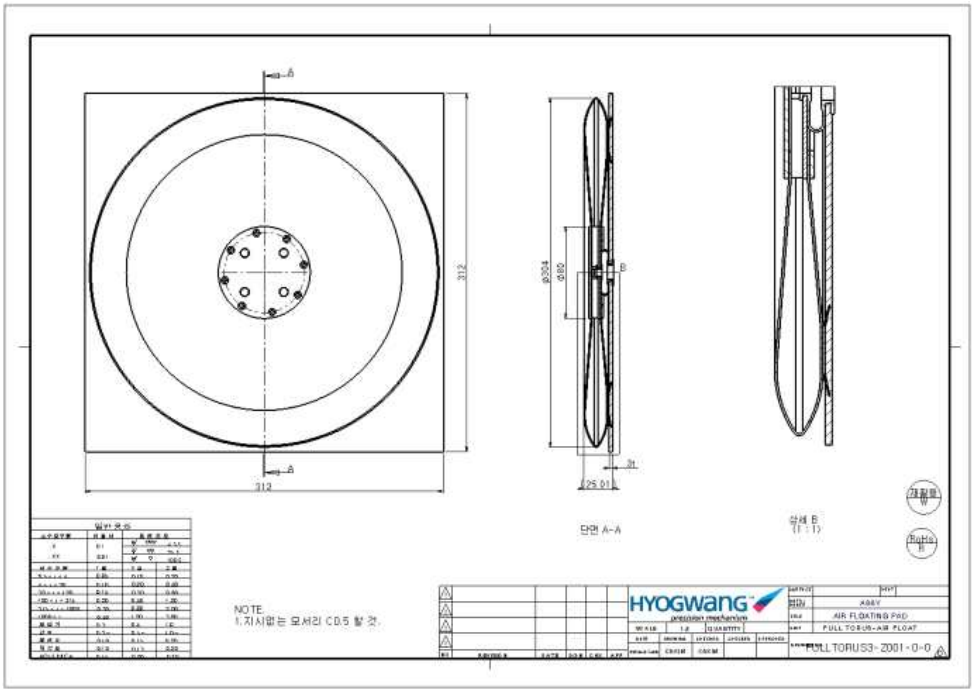


그림 3.3.11 300mm Full Torus Bellows Center Supply type 설계도

○ Full Torus Bellow Gap Free Type



그림 3.3.12 Full Torus Bellow Gap Free Type

- Back Plate Air 공급 Hole 1개소, Bellows Air 공급 Hole 1개소 및 Al 6061 Back Plate 및 Cr+ Fabric Rubber Bellows, 하부 Porous Sheet 격막으로 구성되며 바닥 조건의 Gap 및 Hole 운전조건 분석을 위하여 고안함

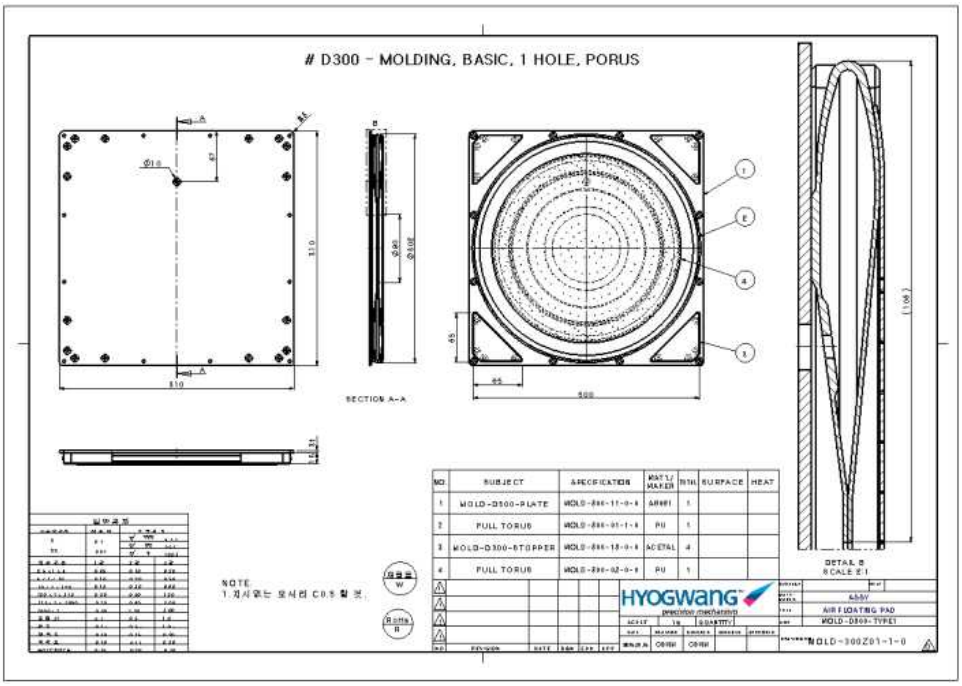


그림 3.3.13 300mm Full Torus Gap Free type 설계도

□ Air Cushion Bellows 시작품의 제작

○ Full Torus Type 기본 모델 구성 및 도면

- 300mm 및 600mm Air Cushion Module의 시제품 개발 및 제작

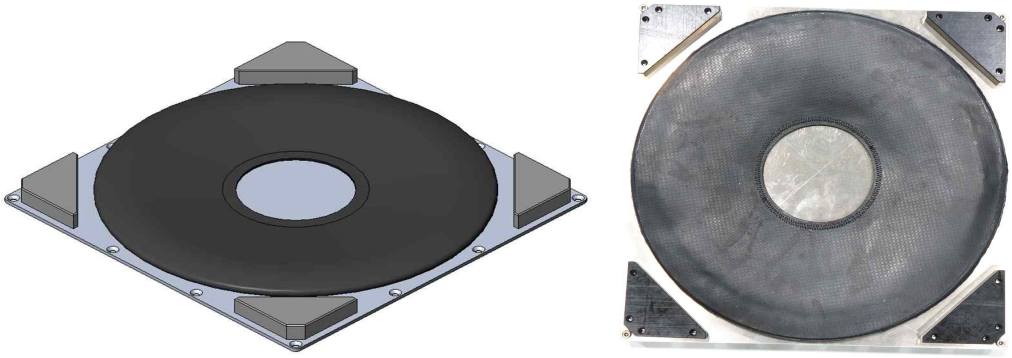


그림 3.3.14 Full Torus Type 시작품

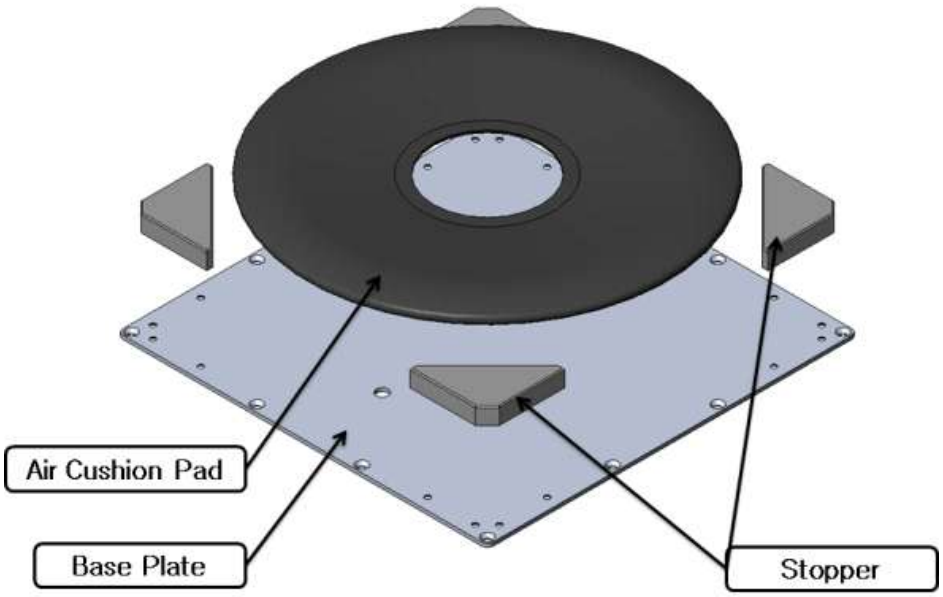




그림 3.3.15 Full Torus Type 분해도

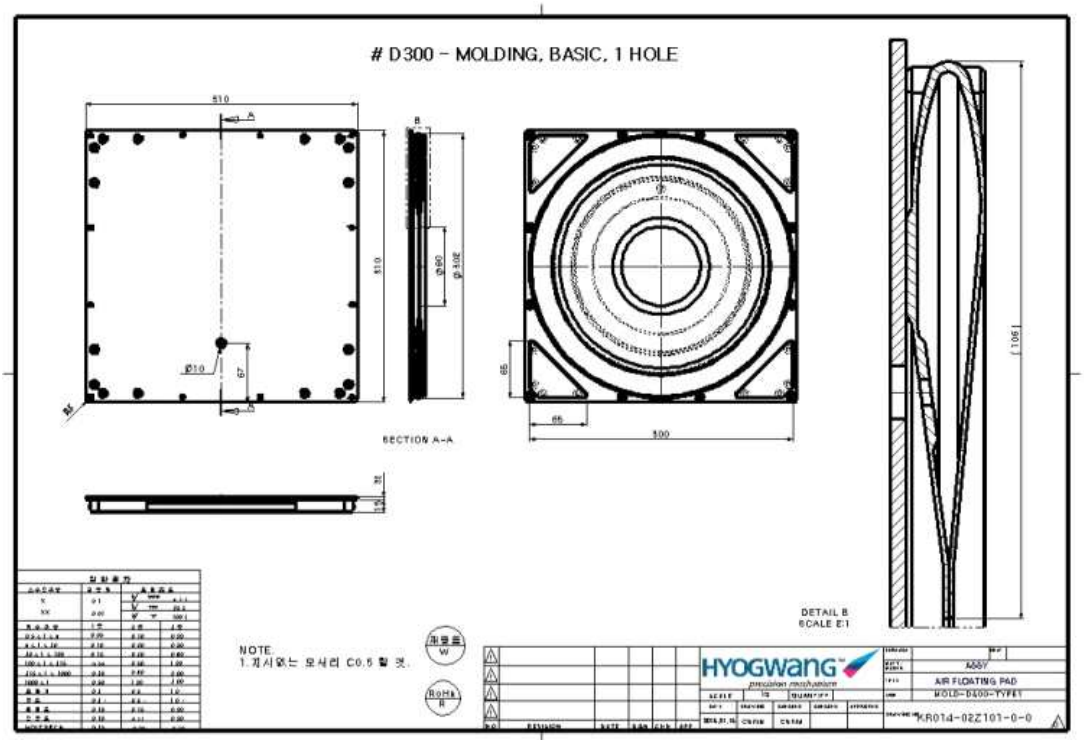


그림 3.3.16 Full Torus Type 도면

- 제작 방법

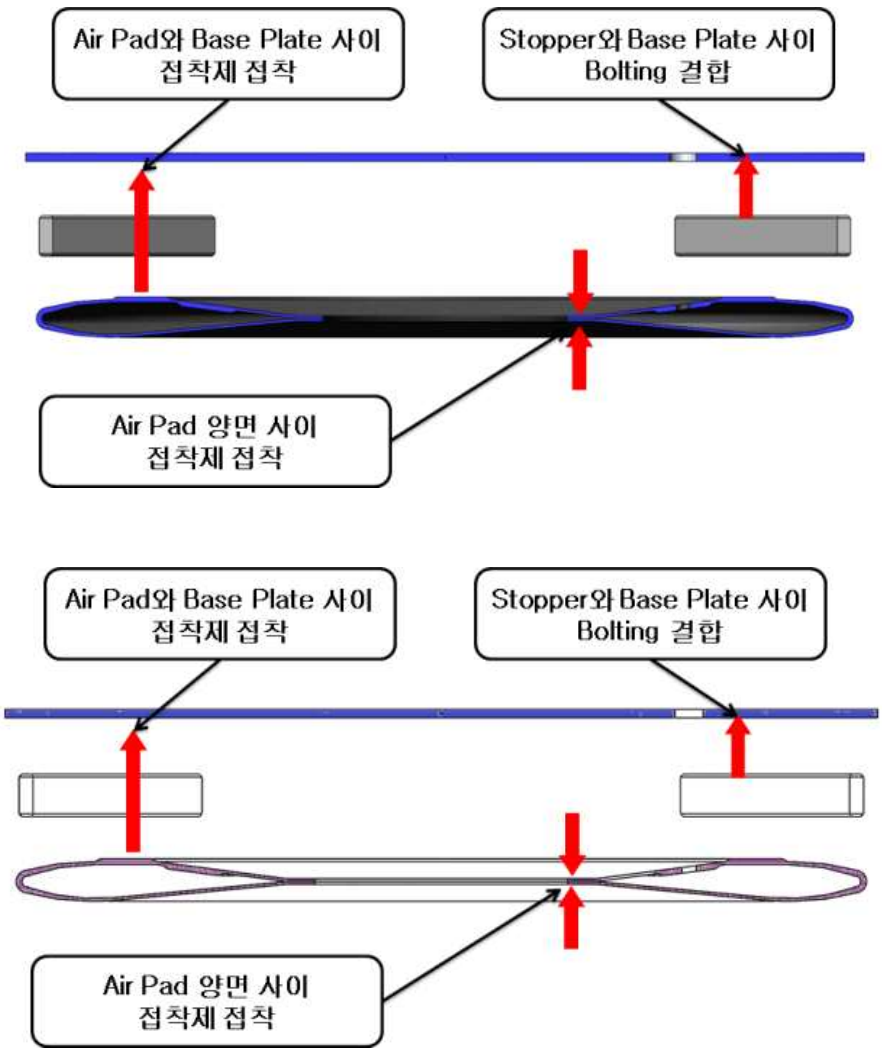


그림 3.3.17 Full Torus Type 제작 구조도

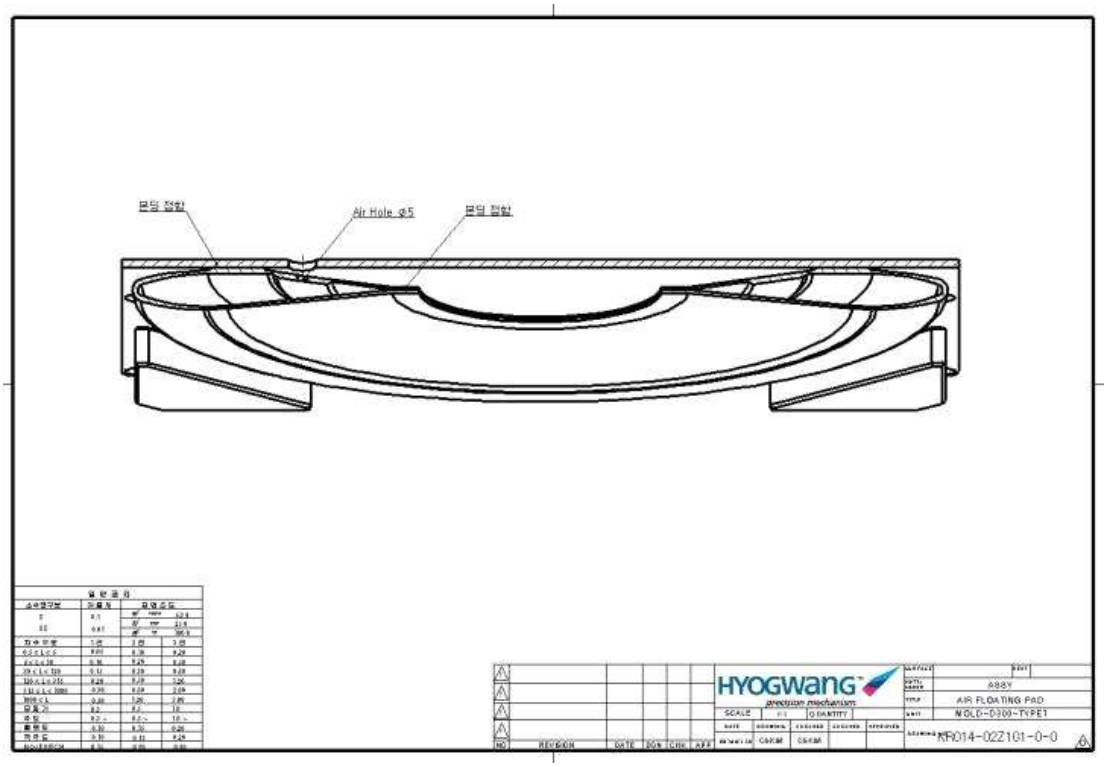


그림 3.3.18 Full Torus Type 제작 외형도

○ Full Torus Center Supply Type 구성 및 도면

- 안전한 중량물 취급을 위한 Air Cushion Bearing의 시제품 개발 및 제작

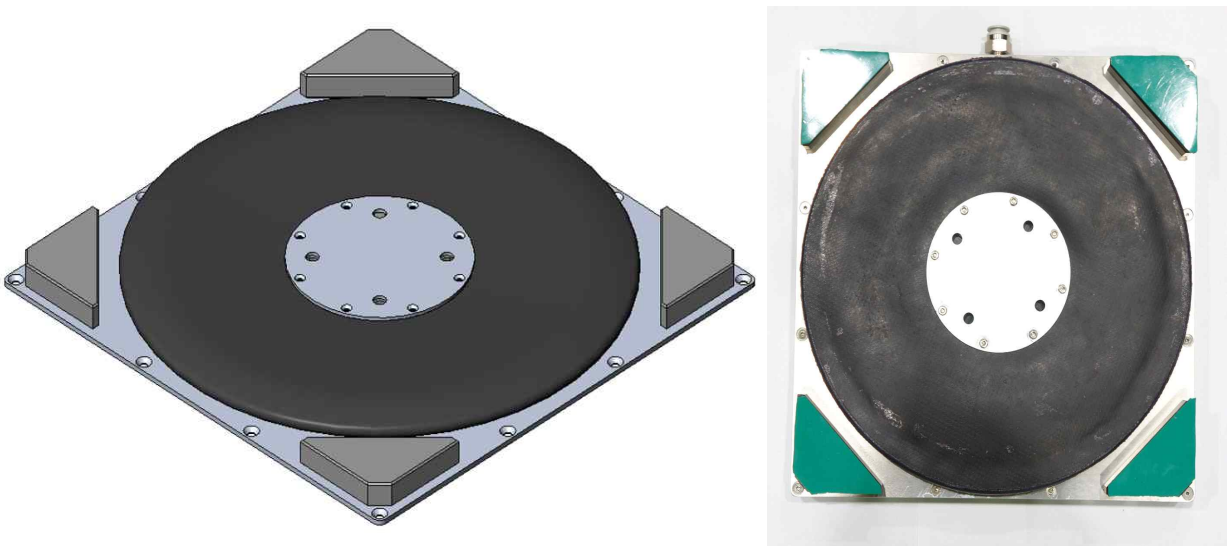


그림 3.3.19 Full Torus Center Supply Type 시제품

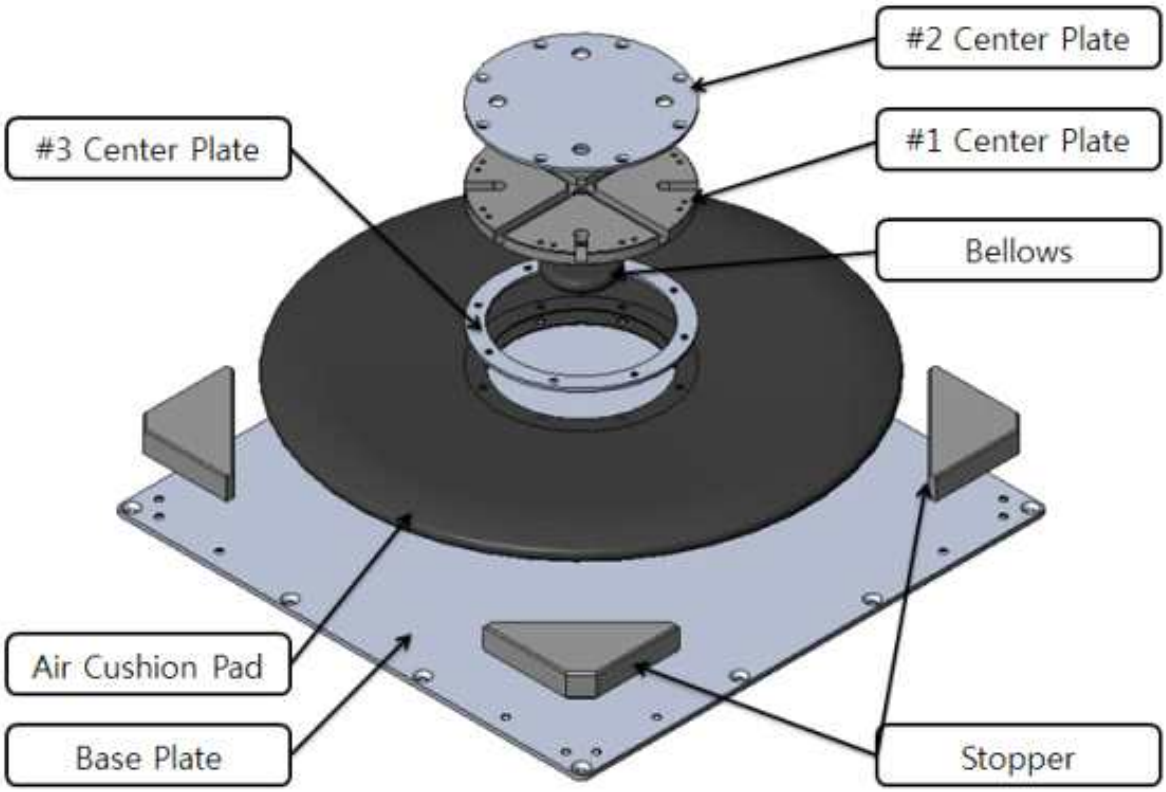


그림 3.3.20 Full Torus Center Supply Type 분해도

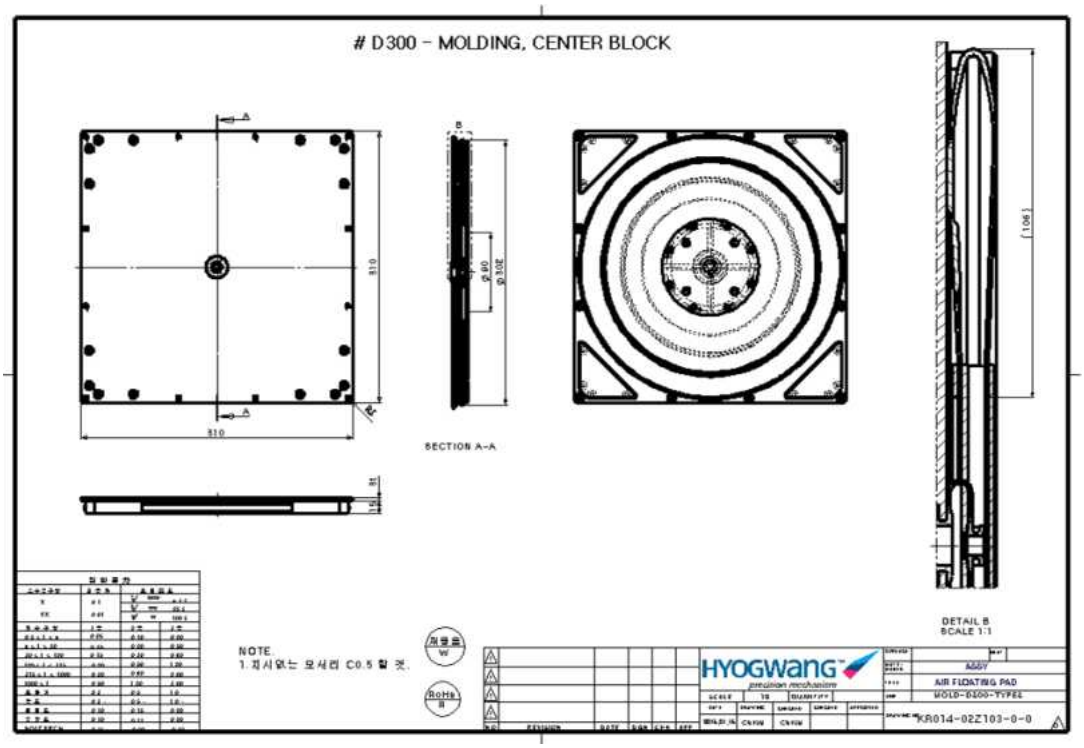


그림 3.3.21 Full Torus Center Supply Type 도면

- 제작 방법

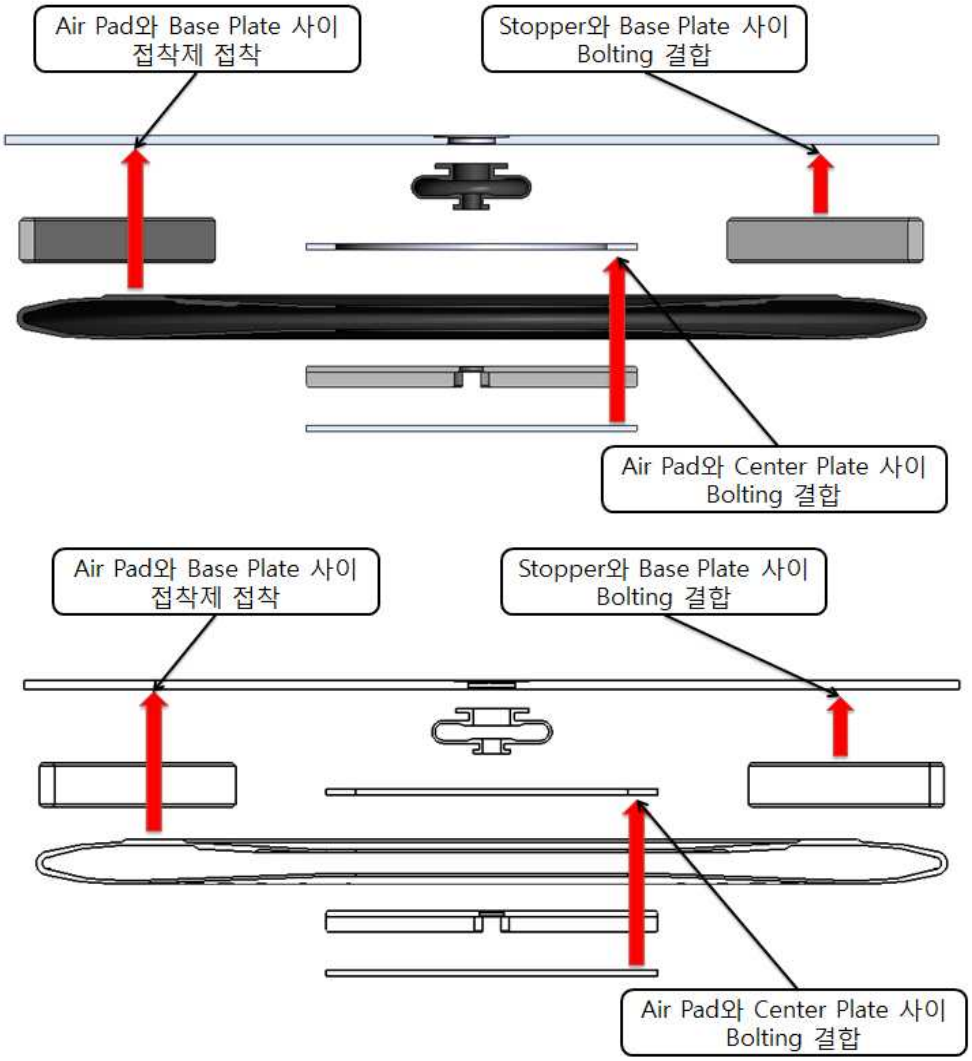


그림 3.3.22 Full Torus Type 제작 구조도

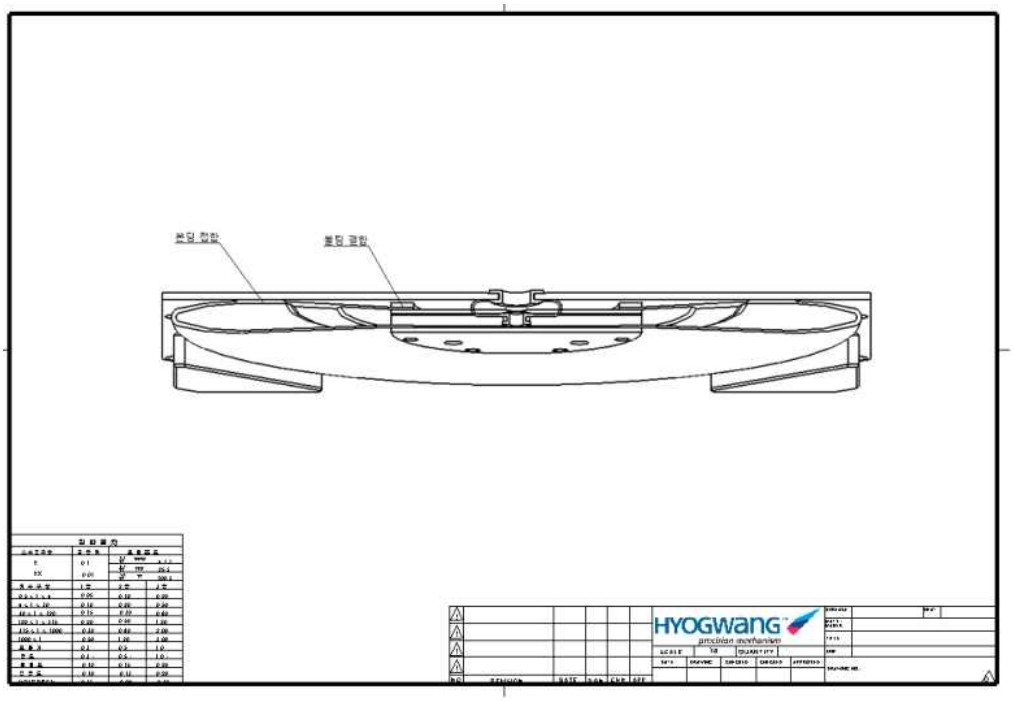


그림 3.3.23 Full Torus Type 제작 외형도

○ 시작품 제작 및 제작방법

- 금형제작에 의한 시작품 제작

- Fabric insert Sheet형 Air Cushion Pad제작을 위한 금형 제작



그림 3.3.24 CR 및 CR + Fabric Mold



그림 3.3.25 가류 프레스 열판 및 Supply Bellow Mold

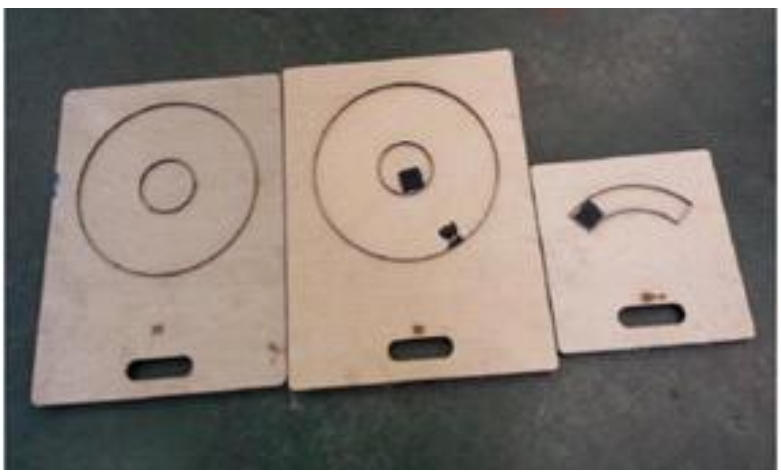


그림 3.3.26 Sheet 제단 목판 Blade

○ AIR Floating PAD 제작 작업표준

- 가류작업

1. 가류조건 : 프레스열판온도 160C^0 x 25분
2. 타이어 코트지 재단 : 400∅
3. 라바 도핑 : 네오프랜 1.5t 캐미로크 220 접착 처리 후

4. 코너 라운딩에 주의, 한 면만 감싸서 작업
5. 가류 작업 후 감싸서 넘어온 부분 퍼핑 처리(접착부분 연마)
6. Air hole (5∅) 펀칭한다
7. 평판금형 400x400으로 (2,3의 조건동일) 상판 패드 작업
8. 톰슨 작업(3,4) 제품은 306∅ x 90∅ 목형으로 내측만 타공 후 퍼핑
9. 평판 작업 제품은 290∅x 90∅ 으로 내경, 외경 모두 작업후 퍼핑

- 접착작업

1. 접착제 : 울타이트 본드(수입품)
2. 주제(D-tac), 보조제(데스모듈) 1 : 1 혼합
3. PAD내 외경 고르게 도포 후 건조
4. 중심을 맞춰 붙인 후 고무망치로 가볍게 두들겨 준다.
5. 열판 온도 40C⁰ 프레스에 Gig로 고정 30분 압착한다.

- 가공작업

1. 내경 지그재그 박음질 처리
2. 알미늄 케미로크 205 처리, 건조 후 케미로크 220 처리 건조
3. 케미로크 처리부분 접착제 도포 후 건조
4. 덧살 고무 톰슨 작업 퍼핑 후 접착제 도포
5. 열판 온도 40C⁰ 프레스에 Gig로 고정 30분 압착한다
6. 완제품 검사 후 외관처리

○ Fabric insert Sheet 압착에 의한 시작품

- 안전한 중량물 취급을 위한 Air Cushion Bearing의 시제품 개발 및 제작

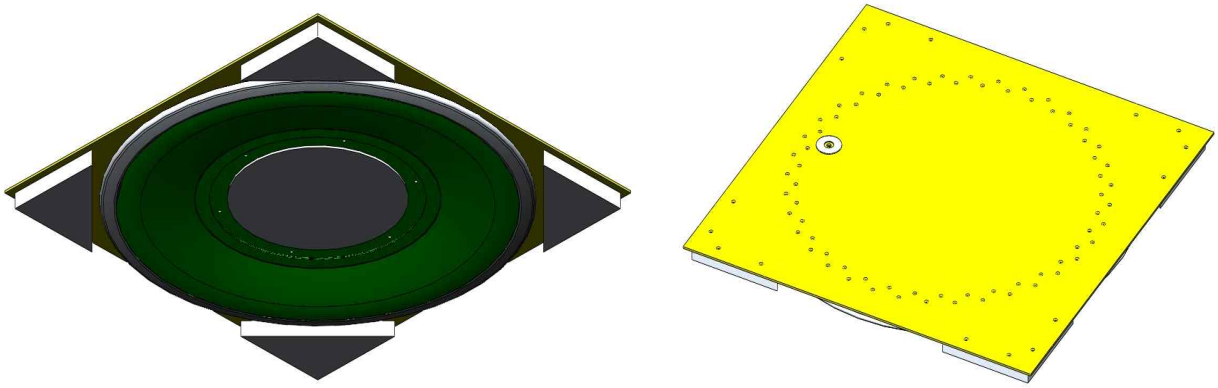


그림 3.3.27 Fabric insert Sheet 압착에 의한 시작품 외형도

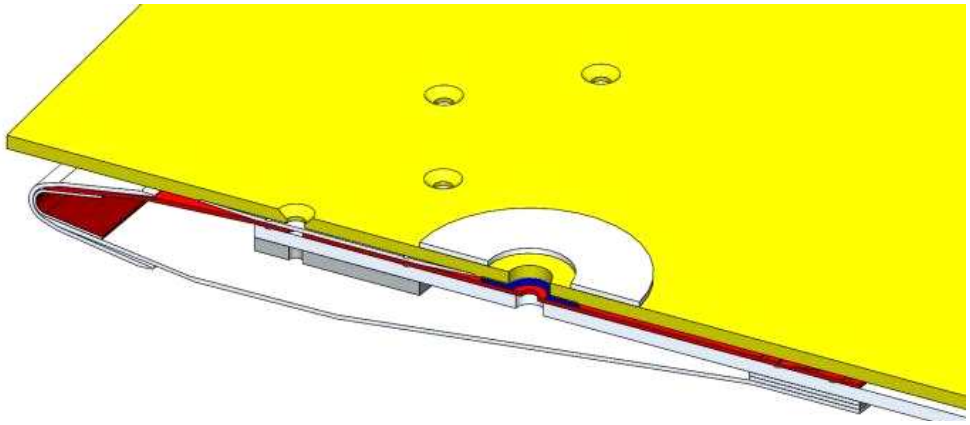


그림 3.3.28 Fabric insert Sheet 압착에 의한 시작품 단면도

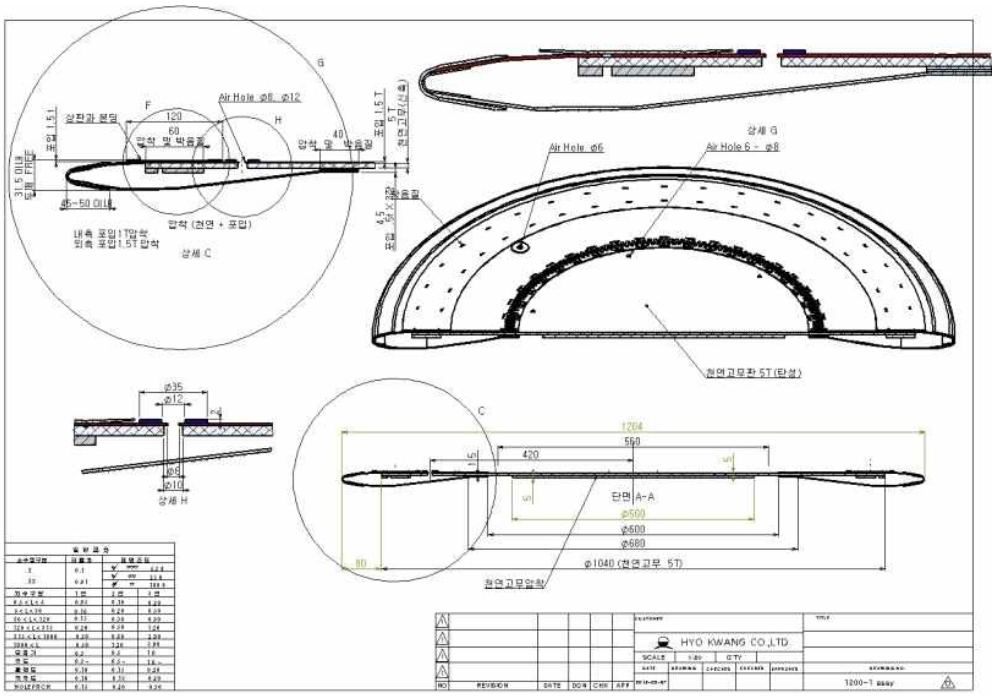


그림 3.3.29 Fabric insert Sheet 압착에 의한 시작품 도면

○ 제작 방법

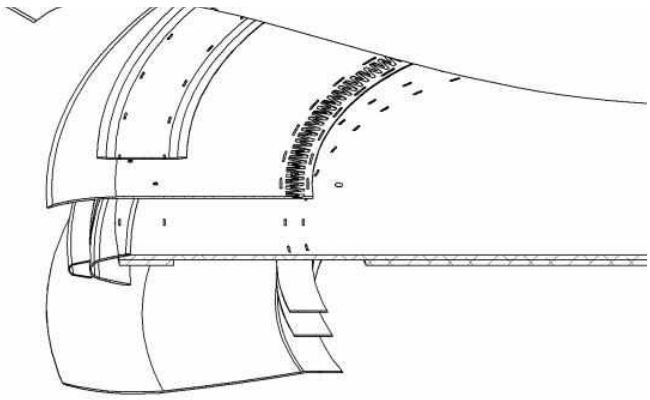


그림 3.3.30 Fabric insert Sheet 압착에 의한 시작품 제작 분해도

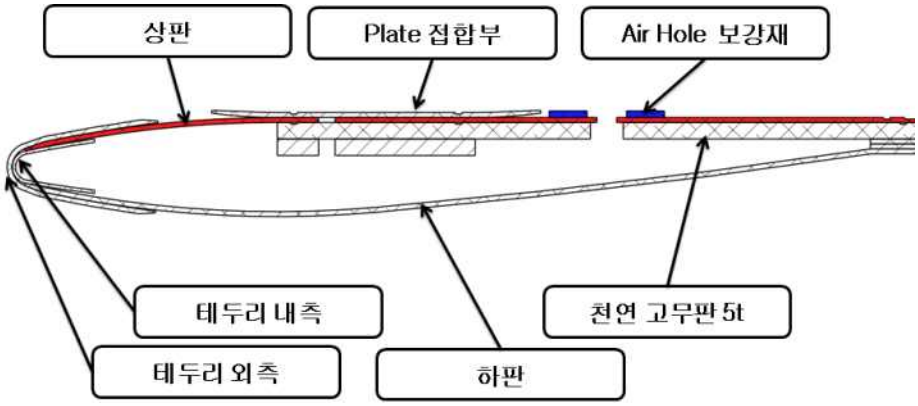


그림 3.3.31 Fabric insert Sheet 압착에 의한 시작품 제작 구조도

- 상판/하판

· Air Cushion Pad의 기본 형상이 되는 부재로서 포입고무 1.5t를 치수에 맞게 재단하여 여타 부재들과 압착 접합 및 박음질 접합으로 사용함.

· 포입고무는 고무 중간에 직물이 삽입되어 여타 고무보다 인장강도가 좋고, 재단, 압착, 박음질. 본딩 등 여러 가지 가공성이 우수함.

- 테두리 부

· 내측 테두리는 포입고무 1t를 라운딩 성형하여 상판, 하판과 압착 접합.

· 외측 테두리는 포입고무 1.5t를 라운딩 성형하여 상판, 하판과 압착 접합.

- Plate 접합부

· Plate 접합부는 상판과 압착 및 박음질로 단단하게 결합.

· 이 부분을 Base Plate와 본딩 결합 (보강 Plate를 사용하여 볼팅으로 결합도 가능)

- 천연고무 5t

· 상판과 하판 사이에 압착 및 박음질로 결함.

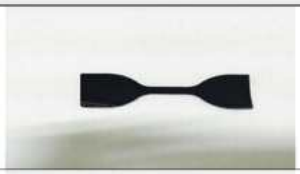
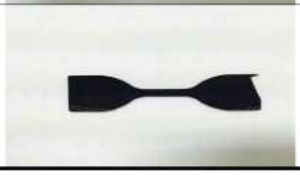
· 외력에 의한 형상 변화에 적절하게 대응하면서 기본 형상을 유지하기위해 탄성이 있는 천연고무 5t를 사용.

(3) 중소형 에어쿠션 모듈시작품 성능시험(300mm 및 600mmr급)

□ Fabric insert Sheet의 인장강도 시험측정

- A : CR + Fabric 0.9t(Chip 고무)
- B : PU + Fabric 1t
- 시험방법 ; ASTM D412
- 시험기기 : Universal Testing Machine
- 시험속도 : 500mm/min

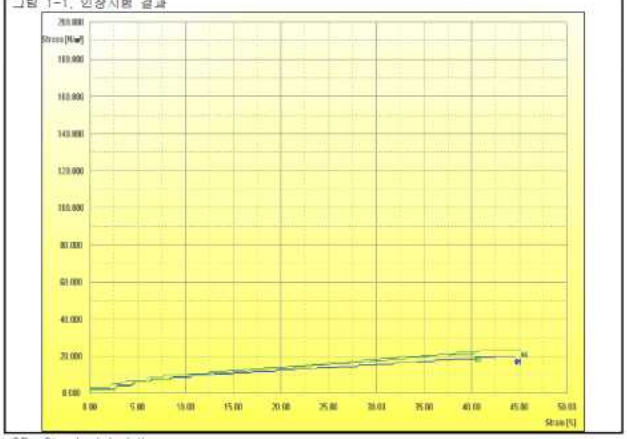
○ 시험 시료

의뢰자가 제공한 시료명	시험에 사용한 시료명	시료사진
A	Koptri-1560098-1	
B	Koptri-1560098-2	

○ 시험결과

시료명	Run	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
Koptri-1560098-1	1	19.75	44.56
	2	21.33	40.36
	3	23.28	45.24
	SD	1.77	2.64
	CV(%)	8.24	6.09
	평균	**21.46**	**43.39**

그림 1-1. 인장시험 결과



SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

시료명	Run	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
Koptri-1560098-2	1	88.30	18.24
	2	89.67	18.84
	3	94.38	18.64
	SD	3.19	0.31
	CV(%)	3.51	1.64
	평균	**90.78**	**18.57**

그림 1-2. 인장시험 결과



SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

□ Air Cushion Bellow Element 시험평가

○ 시험평가 A : Air Cushion Pad 부하 성능시험

○ 실험 목적

- Φ300 Air cushion에 하중(압력)을 가하여 Air cushion의 높이, 유량, 무게 측정하여 Air cushion 성능 테스트 Data의 확보 시작품에 대한 성능 측정 및 제품 개발 특성 확보에 있음

○ 측정 장치 구성

- 각 센서에서 측정 Data를 획득해서 A/D 컨버터를 거쳐 PC로 전송.



- 에어쿠션 부하측정 전용 시험기

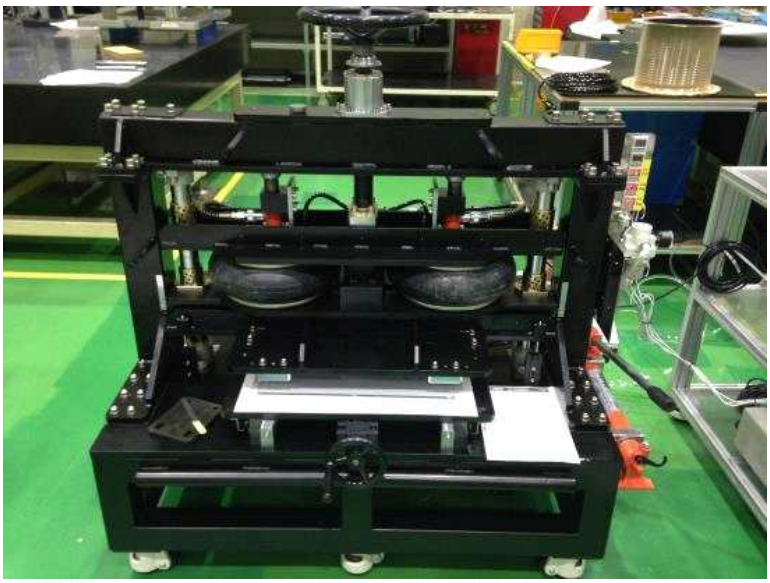


그림 3.3.32 10ton급 Air Cushion Test Machine

- 0 ton~ 10Ton 가압, Air Cushion Bearing 의 내압, 리프팅 변위 ,소모유량 등을 수집, 제품 개발의 특성 Data확보하여 최적화 개발을 위한 시뮬레이션 자료와의 비교분석을 위한 장비임
- Air Cushion Bearing부의 에어공급 및 정압유지, 유압 프레스 등 구성기기로Manual Test 실시하여, Air Cushion 내압, 유량, 부하량, 변위 등의 Data를 실시간 Monitering 및 수집, 분석할 수 있음. 또한, Air Bearing 의 Floor Condition 을 평가하기 위한 undulation, step, Angle 등의 특성을 평가함.
- Floor Condition의 Gap , Hole 등의 조건을 부여 Air Film의 형성 특성과 부하 량의 감소, 내압 감소 등의 Data 수집 , 부하 량 경계를 연구 분석함

○ 측정 Device

- PRESSURE SWITCH(ISE30A-C6L-C-MLB) - SMC - 출력(0~5V)
- LOADCELL(CBES-10T),LOADCELL INDICATOR(BS-7220) - BONGSHIN, x(10ton), 출력(4~20mA)
- FLOW SENSOR(PFMB7102-04-C-MR) - SMC - 출력(4~20mA)

- Air Cushion System

· Tours 300D -> 300*300mm

· Tours 600D -> 600*600mm

- 접촉식 변위센서(RDP - 100S,100mm,± 0.1% F.S.) - 라디안 - 출력(0~5V), Stroke 100mm(± 0.1% F.S.)

○ 실험 방법

- 상부 Air cushion에 압력(P1)을 0.04~0.05Mpa사이로 압력을 올려 쿠션을 부풀인다.
- 하부 Air Pad에 압력(P2)을 0.02Mpa 씩 증분해서 Air Pad의 높이(mm),무게(kg), 량(L/m)을 측정
- 하부 Air Pad압력(P2)이 0.1Mpa이상 되었을 시에는 0.01Mpa 씩 증분해서 Air Pad의 높이(mm),무게(kg),유량(L/m)을 측정.

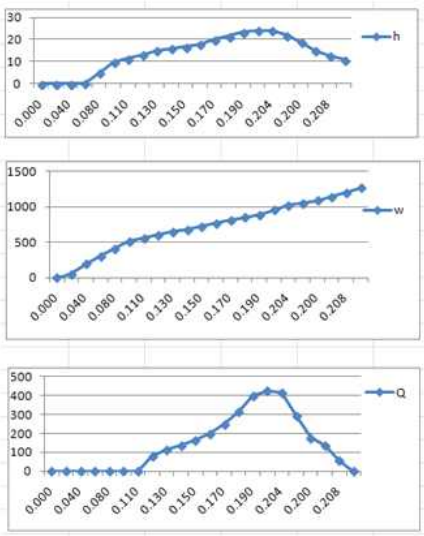
○ 측정 Data

① Tours 300D (CR + Fabric,UR+Fabric)

- 측정 Data 및 Chart



No	P1	P2	h(mm)	w(Kg)	Q(L/m)
1	0.042	0.000	0	0	0
2	0.043	0.020	0	56	0
3	0.043	0.040	0	195	0
4	0.043	0.060	0.3	309	0
5	0.046	0.080	5	417	0
6	0.049	0.100	9.9	514	0
7	0.050	0.110	11.5	557	0
8	0.052	0.120	13	601	80
9	0.053	0.130	14.9	646	114
10	0.054	0.140	15.9	685	140
11	0.055	0.150	16.8	728	164
12	0.056	0.160	18	775	197
13	0.058	0.170	20	815	250
14	0.060	0.180	21.5	851	317
15	0.062	0.190	23.5	888	403
16	0.062	0.200	24	958	426
17	0.080	0.204	24	1026	420
18	0.090	0.200	22	1048	293
19	0.100	0.200	19	1092	176
20	0.103	0.205	15	1144	140
20	0.105	0.208	12.5	1200	56
21	0.108	0.215	11	1268	0



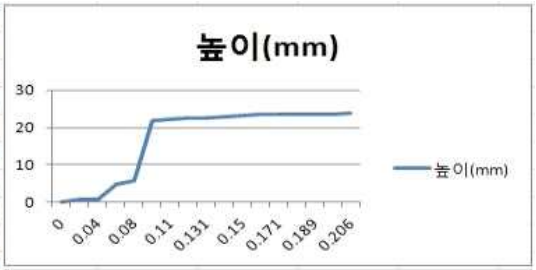
No	P1(Mpa)	P2(Mpa)	h(mm)	w(Kg)	Q(L/m)
18	0.090	0.200	22	1048	293
19	0.100	0.200	19	1092	176

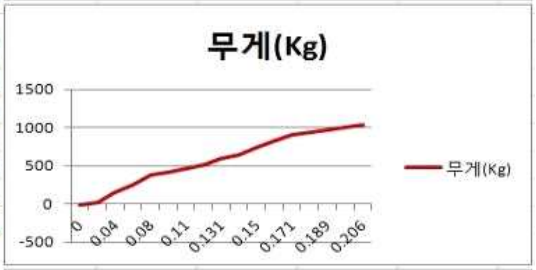
- 측정한 Data 2Bar,하중 1000kg기준으로 스펙을 비교해보면 높이 19~22mm로 평균20mm의 lifting 높이를 보임

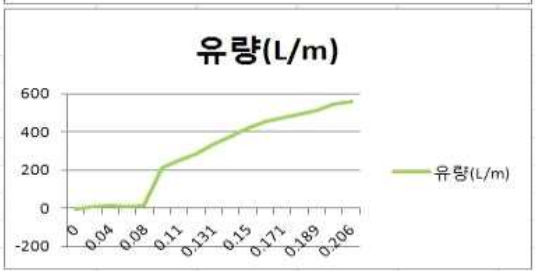
② Tours 300S

- 측정 Data 및 Chart

No	P2(Mpa)	높이(mm)	무게(Kg)	유량(L/m)
1	0	0.1	-12.271	-6.123
2	0.021	0.7	24.541	6.123
3	0.04	0.9	147.247	12.246
4	0.059	4.9	257.682	6.123
5	0.08	5.7	380.388	12.246
6	0.101	21.8	417.2	214.308
7	0.11	22.3	466.282	251.046
8	0.12	22.6	515.365	281.662
9	0.131	22.7	601.259	336.769
10	0.141	22.8	650.341	373.508
11	0.15	23.1	736.235	422.492
12	0.16	23.5	822.129	453.108
13	0.171	23.5	908.024	471.477
14	0.181	23.5	932.565	495.969
15	0.189	23.4	969.376	514.338
16	0.2	23.7	1006.188	544.954
17	0.206	23.9	1043	557.2



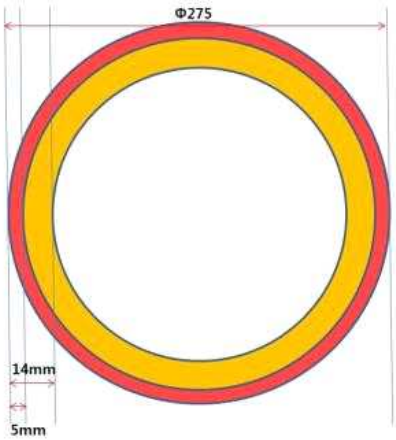




- 유효직경 측정

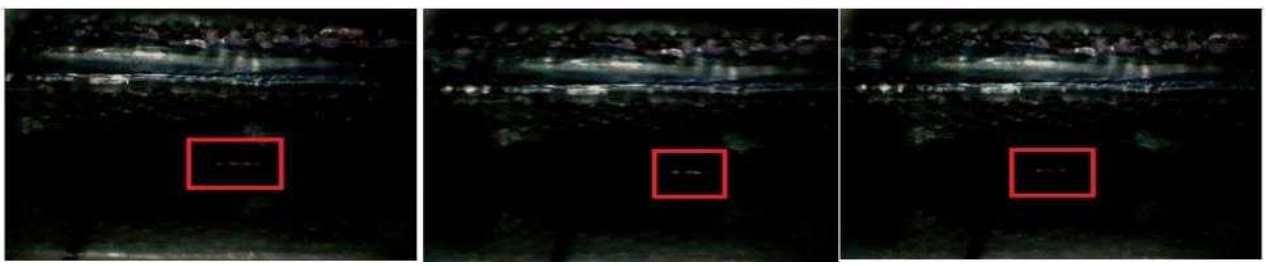
· Air Cushion에 스탬프 도포, 스탬핑 실험 실시





- 부상간극 측정

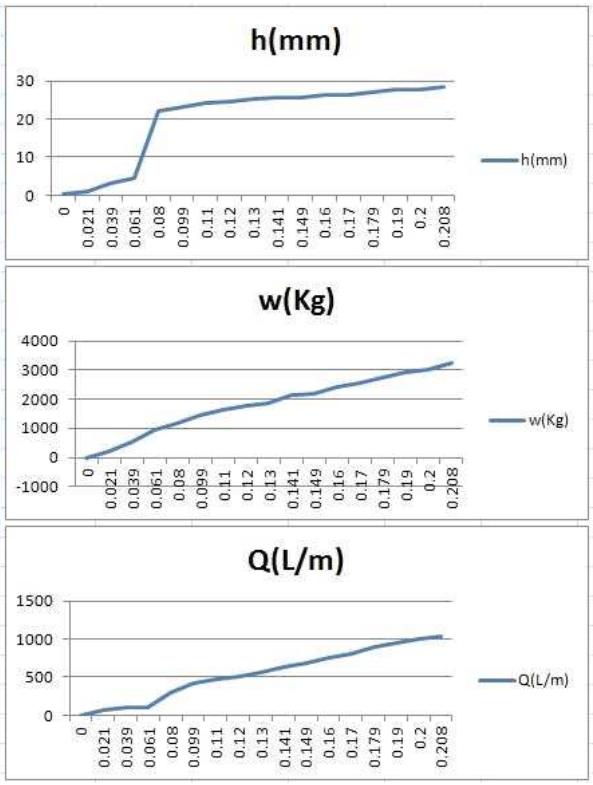
· Thin Plate(0.05,0.09mm)를 지면과 Pad사이의 공극측정 ~0.09로 약 0.1이하의 floating thickness 형성됨



③ Tours 600D

- 측정 Data 및 Chart

No	P1	P2	h(mm	w(kg)	Q(L/m
1	-0.001	0	0.399	-24.541	0
2	0.031	0.021	1.198	220.871	73.477
3	0.031	0.039	3.094	527.635	97.969
4	0.032	0.061	4.591	932.565	97.969
5	0.043	0.08	22.156	1177.976	306.154
6	0.043	0.099	23.054	1447.929	416.369
7	0.044	0.11	24.152	1656.529	477.6
8	0.046	0.12	24.451	1766.965	514.338
9	0.046	0.13	25.15	1877.4	569.446
10	0.071	0.141	25.549	2135.082	636.8
11	0.073	0.149	25.649	2208.706	685.785
12	0.076	0.16	26.347	2429.576	753.138
13	0.078	0.17	26.347	2552.282	802.123
14	0.08	0.179	27.046	2724.071	887.846
15	0.084	0.19	27.645	2920.4	949.077
16	0.088	0.2	27.745	2994.024	998.062
17	0.142	0.208	28.443	3251.706	1028.677



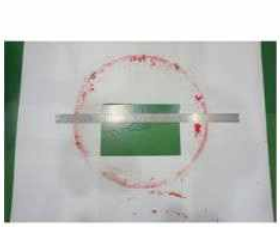
- 측정Data 분석평가

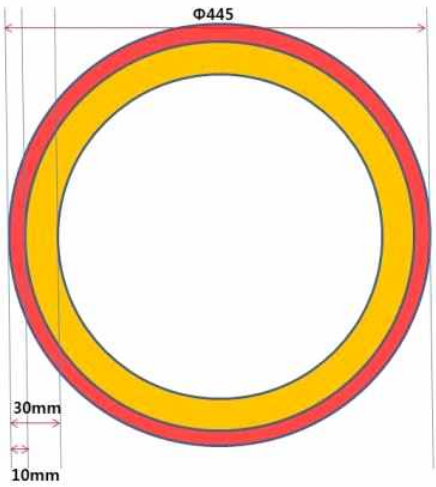
- 측정한 Data 2Bar,하중 3600kg기준으로 스펙을 비교해보면 높이 27~28mm로 측정됨

No	P1(Mpa)	P2(Mpa)	h(mm)	w(Kg)	Q(L/m)
16	0.088	0.200	27.745	2994	998
17	0.142	0.208	28.443	3251	1028

- 유효직경 측정

· Air Cushion에 스탬프 도포, 스탬핑 실험 실시





○ 측정결과 분석

- 에어쿠션 모듈 전용측정 장치를 제작, Air Cushion에 압축공기 및 가변부하를 인가하여 가반하중에 따른 에어쿠션 모듈내부의 압력과 소요 압축공기를 측정한 결과 Torus300D와 Torus 300S은 최대가반하중 1ton과 압축공기소모량 426~ 545l/min 이고 600mm급 최대가반 3ton , 압축공기 소모량은 1000l/min으로 측정, 분석되었음

2. 에어쿠션 모듈의 시험평가를 위한 시험장치의 설계/제작/시험

(1) 300mm 및 60mm Air Cushion Test Machine 제작

○ System 사양 : 측정대상 (Air Cushion 300mm~600mm)

○ 가압 측정부 성능

- Dry Air : Supply Air Pressure : 2bar
- Pneumatic Control 방식: Regulator Manual Control 방식
- Pressure Sensing : Air Cushion Bearing with Floor 내압 Sensing 및
  Tube in Pressure Sensing, Data 실시간 출력 및 저장
  (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)
- Flow Sensing : Air Cushion Bearing의 Air 소모량 Data 시간 출력 및 저장
  (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)
- Gas Spring Control : Air Buffer 내압의 실시간 출력 및 저장
  Max : 8ton 급 (4ton x 2ea)
  (Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)

○ Hydraulic Press : Manual Pumping control, 중간 정지 압력유지,
수동복귀 기능 (Cylinder 5ton 급 x 2ea)

○ 부하성능 측정 : Load cell 부하측정, Normal (10Ton) 1kg단위
(Analogue Signal Out, 0~20mA)

○ Air Cushion 변위 : LVDT 방식 (0.1mm 단위)
(Analogue Signal Out : DC 0~5V, 0~20mA)

○ Y Axis Table 사양

- 구동방식: Manual 구동, Ball Screw
- 구조 : Normal 10ton 내 하중 베어링 구조 , Max 20Ton~

○ Measurement 부 사양

- Air Bearing : Pressure Sensor 1(Floor), Pressure 2(PAD)
  Manual 압력제어 Flow Meter, LVDT 출력 + AD Converter
- Load cell : Loadcell + Amp
- Gas Spring : Pressure Sensor 1(L), Pressure 2(R) Manual 압력제어
- 통신방식 : 측정 Module Data 통신 (RS 232 / 485, Ethernet 등)
- Data 출력 및 관리 : Test Real Time Data Monitoring 및 Data 저장,
  (Sensor류 + AD convert + PC(usb Port) + Monitor)
  저장 Data의 Excel 등의 자료 활용 가능 구성
- 운용 Program : Data 분석용 Program, Data 분석용 UI 구성 AD Coverter용
  Micom Board

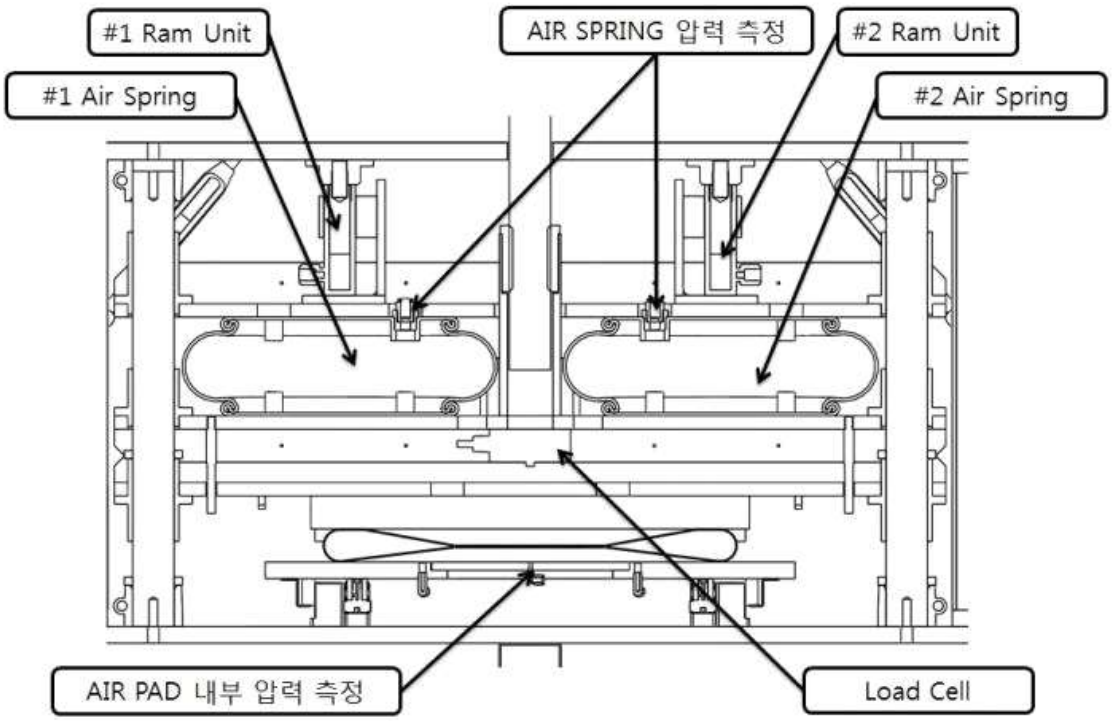


그림 3.3.33 측정부 Layout

○ Micom Board

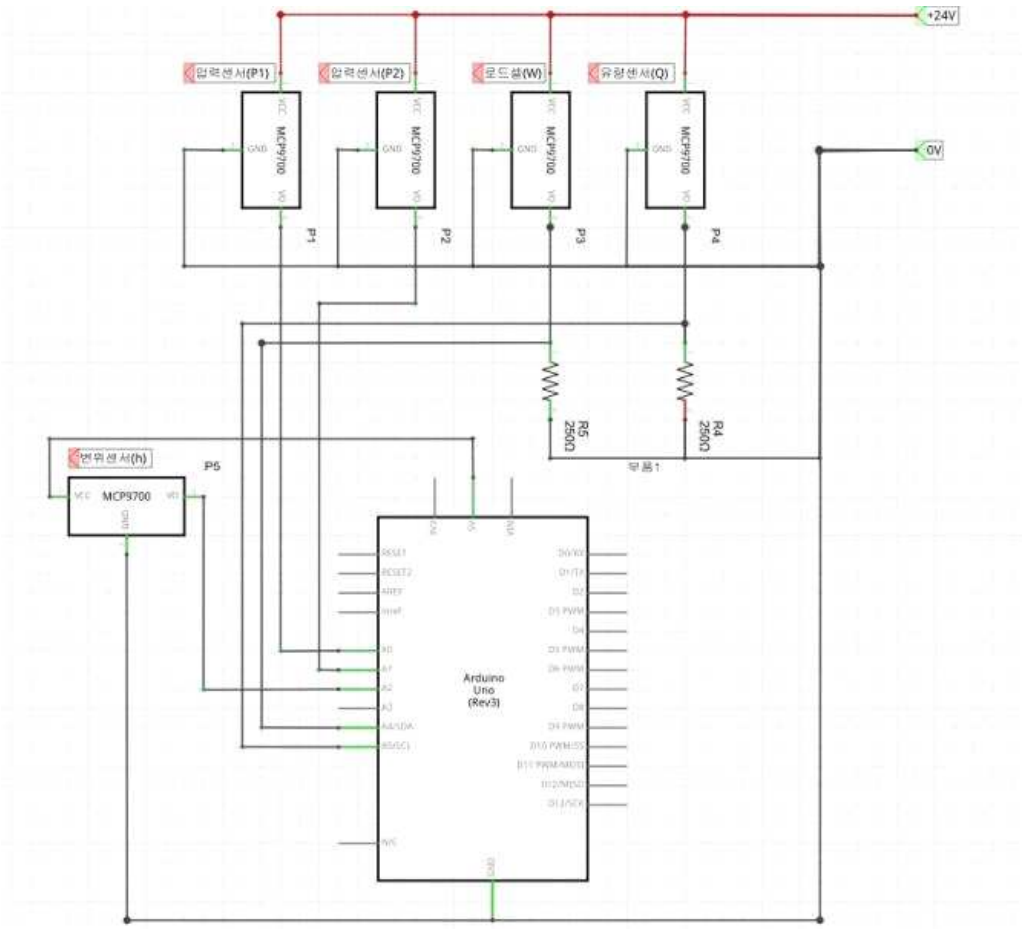


그림 3.3.34 Micom Board Schematic

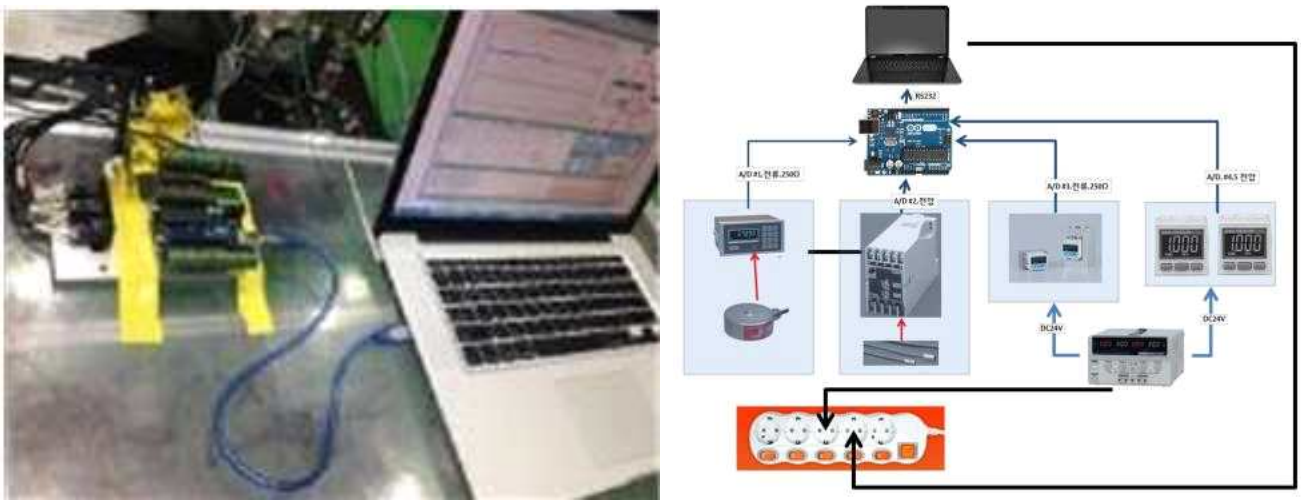


그림 3.3.35 Micom Board Wiring

- Input : 6ch (A0~A3; 전압(0~5V), A4~A5; 전류(4mA~20mA))
- Output : RS232 형태로 PC와 통신(USB Type)
- 센서의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 RS-232 통신으로 컴퓨터에 Data를 전송하는 AD Converter Board.

○ Stage

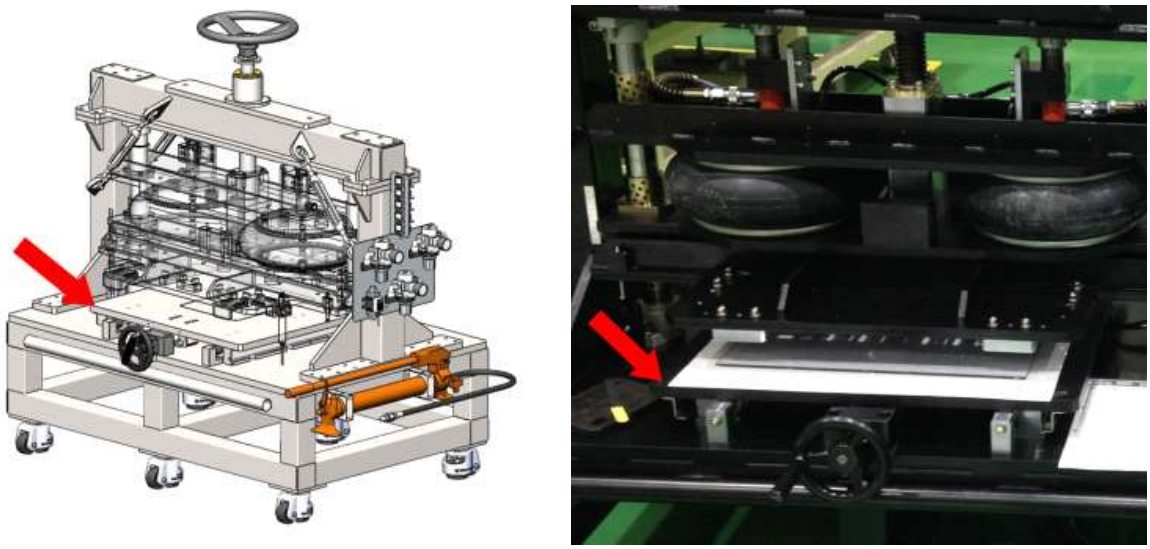


그림 3.3.36 Stage

- 허용하중 : 운전부 베어링 강성 기준 동하중 8ton~ max 10ton
- 허용추력 : 구동부 볼 스크류 강성 기준 동하중 max. 1.6ton
- Air Cushion 하부에 Air Film 층이 형성되었나를 Air Cushion과 바닥면 사이의 마찰력으로 확인해보는 수동 Stage

○ Software

- Data분석 및 관리는 PC 영역에서 별도로 관리, Monitoring 하고 Data 저장, 출력 기능이 가능토록 UI를 구성하고, 유량, 하중, 부상높이 등의 실시간 모니터링 기능이 가능하도록 구성

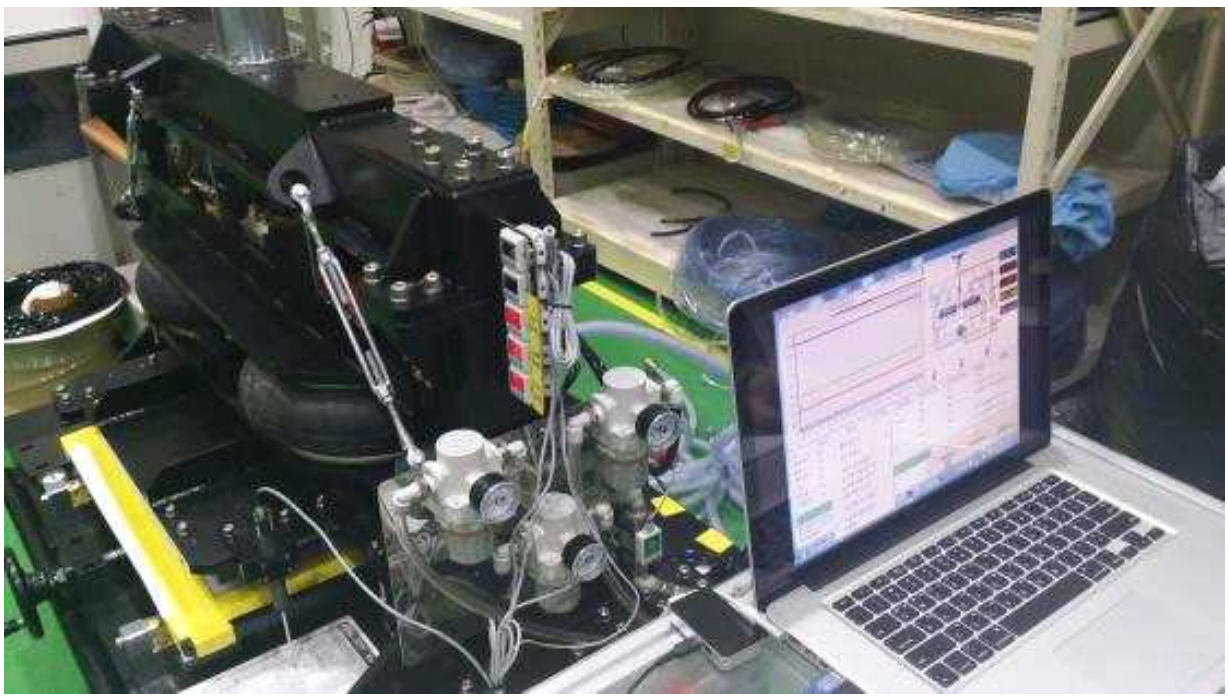


그림 3.3.37 실시간 Data 출력

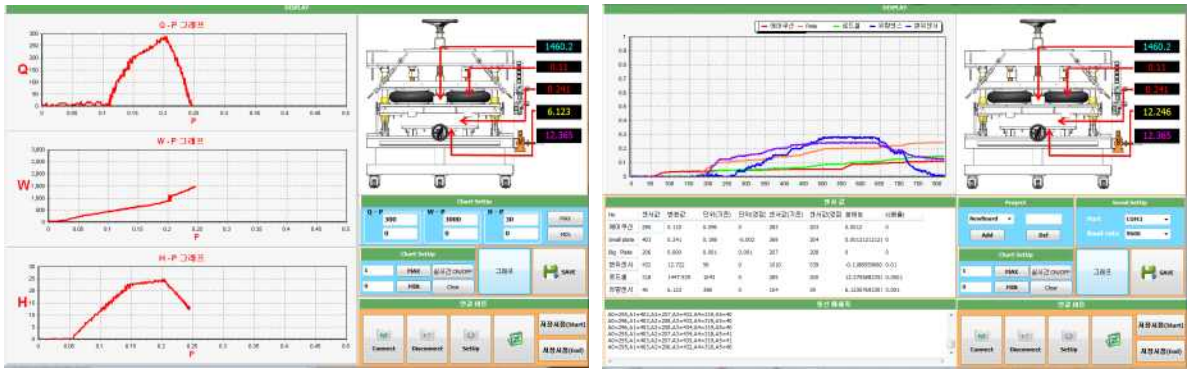


그림 3.3.38 Data Processing 화면

○ 공인시험성적서



시 험 결 과 (Test Results)

1. 일반 사항
◇ 제 품 명 : AIR PAD TESTER
◇ 제작회사 : (주) 효광
◇ 모 델 명 : None
◇ 제조번호 : None
◇ 시험장소 : 경기도 안산시 단원구 산단로163번길 82 (원시동)

사진 1. Air pad tester

2. 사용한 표준장비

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next calibration	교정기관 Calibration Laboratory
힘 측정기(전기식)	BONGSHIN / CBES-10t (98.07 kN)	Q45648	2020. 05. 24.	KTL

3. 시험방법
1) Air pad 부양(lift) 하중 : 의뢰자 요구 방법에 따라, 제작된 Aif pad tester에 교정된 힘 측정기(18-031487-02-1)을 부착 후, Air pad에 공압을 인가하여 부양(lift)되어 발생된 힘을 힘 측정기를 통해 측정하였으며, 이를 3회 반복 측정 후 보정값을 반영하여 평균값을 표시하였다. 또한, Air pad가 그 역할을 하고 있는지 부착된 핸들을 통해 이동가능 여부를 확인 하였다.

4. 시험결과

측정항목	측정값	비 고
Air pad 부양(lift) 하중	10.036 kN	정상 작동

끝.

FP204-02-02

그림 3.3.39 공인시험성적서

(2) 에어쿠션 모듈 적용 평가용 장치제작 및 시험

□ 에어쿠션 테스트 Turn Table (6ton 이하 급)

○ Air Cushion Bearing에 공기를 주입하여 Top Frame과 Air Cushion 사이에 Air Film 형성. Geared Motor를 작동시켜 Worm Gear Box를 통해 Top Frame을 회전시키는 장비임.

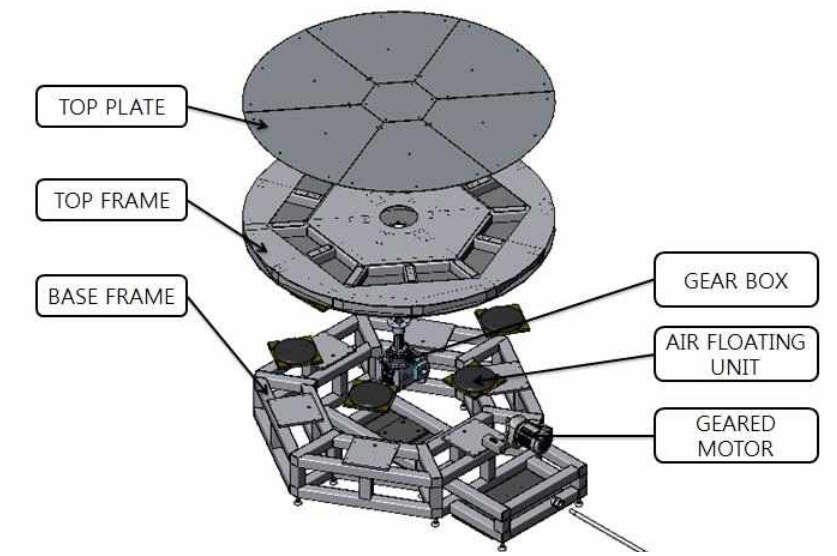


그림 3.3.40 6ton 급 Turn table

○ 6ton 급 Air Cushion Test Turn Table 제작 규격

- Air Cushion Bearing (∅300mm) 사양
- 허용압력 : 2bar
- 허용하중 : 6000kg (6 Air Cushion Module)
- 공기소비량 : 800 l/min

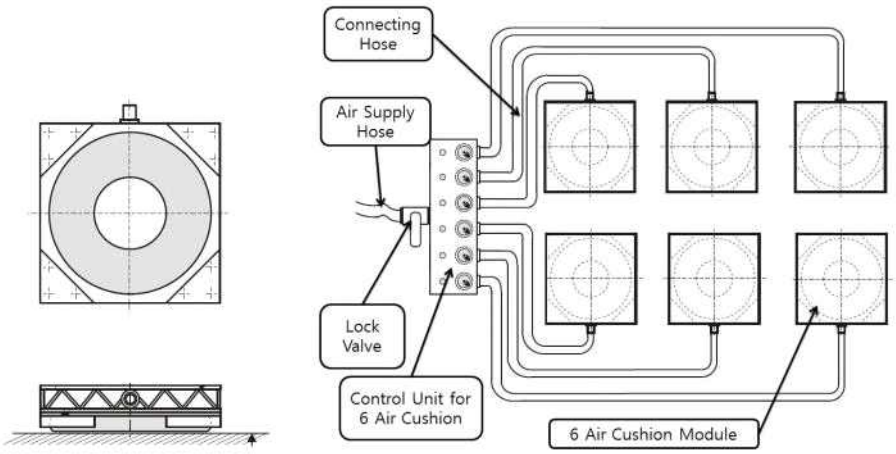


그림 3.3.41 test Air cushion Module 구성

○ 6ton 급 Air Cushion Test Turn Table 시험평가

- 실부하인가 (사용운전부하)

· Air Cushion의 부양 능력 평가 (Air Film 형성 정도 시험)

· Table 회전시의 Air Cushion Pad의 변형 및 마모 여부 평가 (연속 반복 시험)

· 부하 Lifting 능력 평가 (연속 반복 시험)

○ ROTARY AIR CUSHION 시험장치

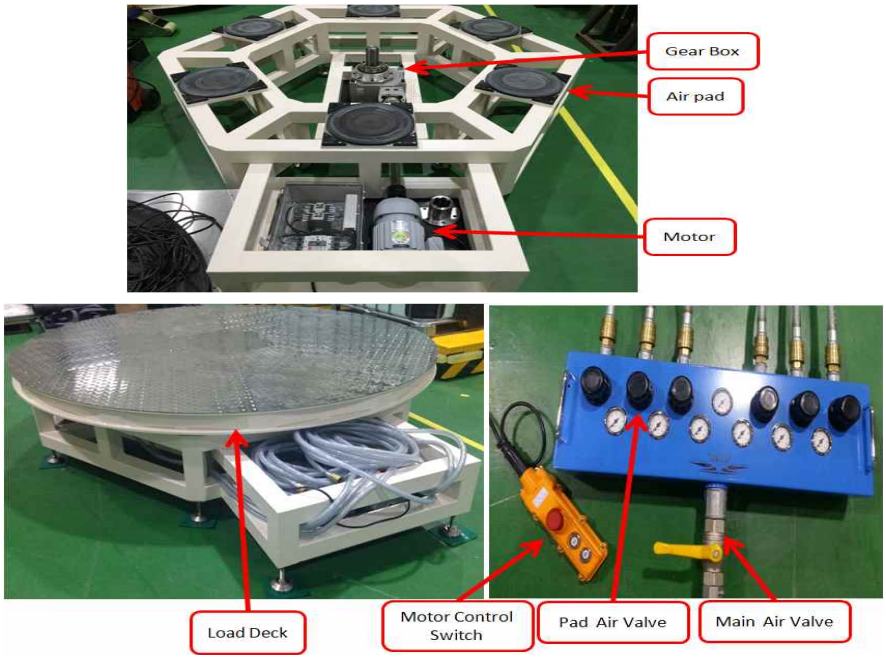


그림 3.3.42 Rotary Air Cushion 구성도

1) Motor : 750W 전기 모터. 3상 모터로 입력 전류에 따라 정역 방향으로 회전함.
2) Air Pad : ∅300 Air Pad 6개 장착됨. Load Deck를 부상시킴.
3) Gear Box : 40 : 1 비율의 감속기로 Motor가 회전 속도를 감속하지만 힘은 증가함
4) Load Deck : Rotary Air Cushion에 물건을 적재 및 회전을 가능하게 함.
5) Motor Control Switch : 정역 스위치로 Load Deck이 좌 또는 우회전을 할 수 있는 스위치.
6) Pad Air Valve : 각 Air Pad에 공기압을 조정 하는 Valve.
7) Main Air Valve : 각 Air Pad Valve에 입력되는 Air량을 조정함.

○ ROTARY AIR CUSHION 부상 및 회전 Test



그림 3.3.43 Rotary Air Cushion 부상 높이 시험

- Load Deck에 1ton을 적재 후 각 Air Pad에 1Bar의 공기압을 가하면 Load Deck가10.1mm 정도 부상 함.



그림 3.3.44 Rotary Air Cushion 회전

- 적재부하 1ton의 Load Deck를 부상 후 좌 우 회전 반복시험 수행, air Cushion의 작동 상태시험, 부하의 편 하중 부가 시에도 원활한 운전이 가능하였고 협소 주차 공간의 차량방향전환 및 중량물 포장 등의 현장 적용성을 시험하였음
- 시작품 시험에서는 1ton의 기준부하시험을 수행하였으나 적재가능 부하는 950kg/pad로 Air Cushion 적재효율 0.8기준 총 4.5ton의 부하적재가 가능함

□ 10Ton 이하급 에어쿠션 모듈 시험용 Deck 제작 시험

○ Deck Frame 및 Air Cushion Mount

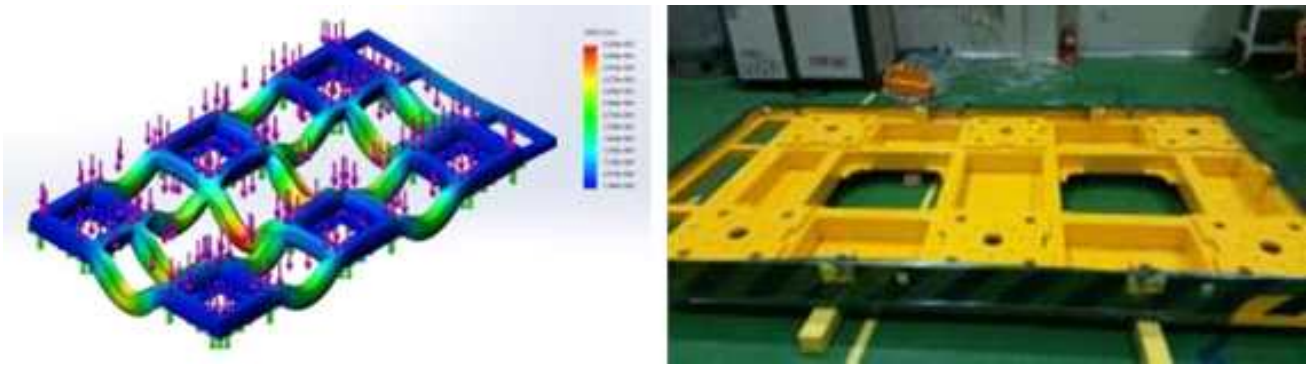


그림 3.3.45 대차 Frame

- 뼈대 : 100x100x6t 사각파이프, 5t 체크무늬 강판
- Air Cushion Mount : 20t 강판
- 용접 구조물

○ Air Cushion

- Ø300 Air Cushion : Load Capacity 1200kg/ea at 2bar (이론치) : 950kg/ea at 2bar (실험치)
- Ø600 Air Cushion : Load Capacity 3700kg/ea at 2bar (이론치), 7000kg/ea at 4bar (이론치) : 3000kg/ea at 2bar (실험치)
- ∅300과 ∅600 2개의 Mode로 장착이 가능하며 두 Mode다 총 6개의 Air Pad가 필요
- ∅300는 1개당 약 1ton의 부상 기능을 가지며 ∅600는 1개당 약 3ton을 부상 가능

○ Air Pad & Load cell : ∅300과 ∅600를 교체 장착 가능하며 Air Pad 위에 Load cell이 장착되어 적재 무게를 측정.

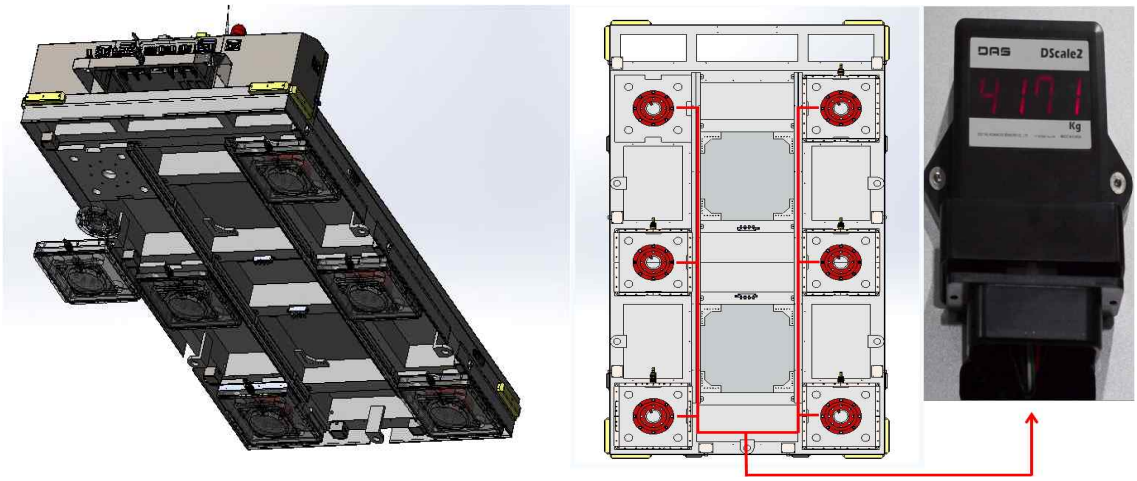


그림 3.3.46 Air Pad와 Load cell

○ Air Cushion 및 Drive Unit에 사용되는 공압을 조절할 Air Utility.

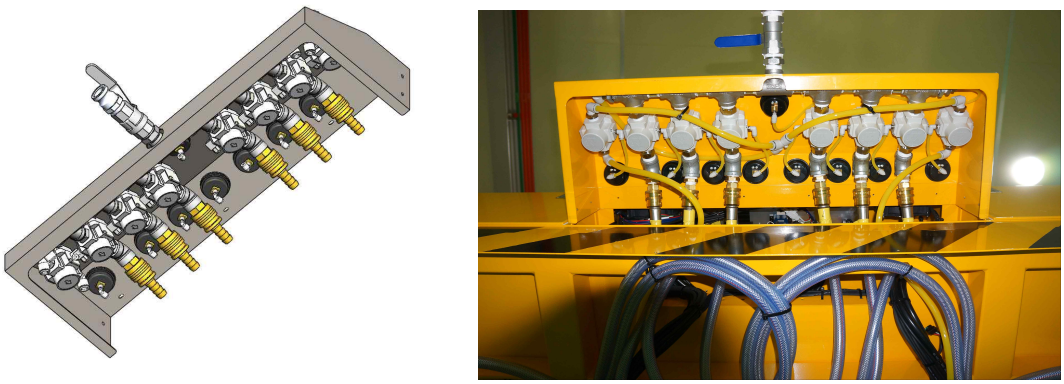


그림 3.3.47 Air Utility

- 1inch Main Connector, 1/2inch Regulator 6ea (for Air Cushion), 1/2inch Regulator 2ea (for Air Spring)

□ Push/Pull Tractor (견인력Test 모듈)

○ Push/Pull Tractor 구성

- 750W급 Air Motor 구동, 42:1 감속.
- Button 조작만으로 전/후진 조절.
- Air Spring으로 수직하중을 가하여 견인력을 높임.
- 실제 견인력을 측정할 Load cell 설치.

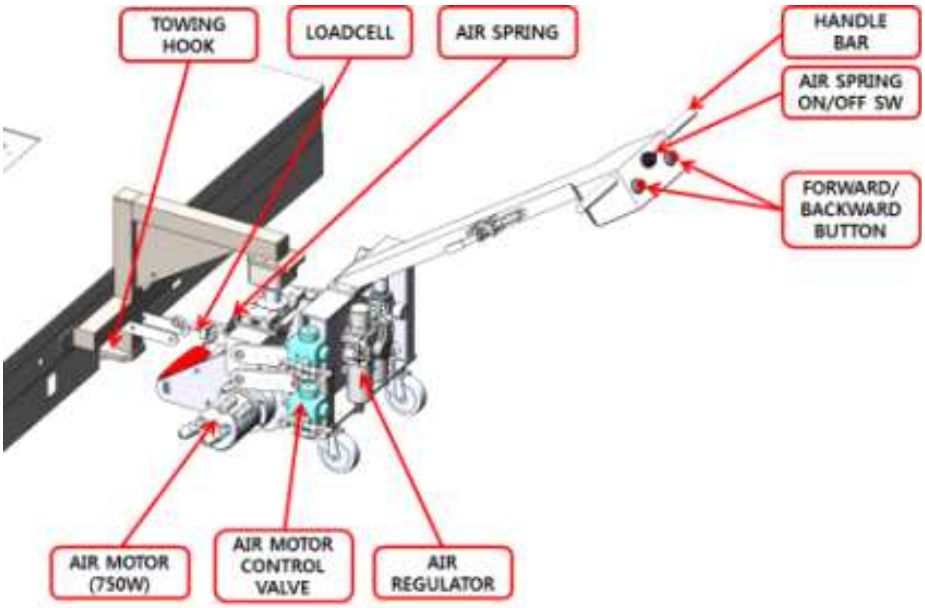


그림 3.3.48 Push/Pull Tractor 구성

○ Push/Pull Tractor 성능

- Air Motor 성능 : KDHoist KVM10-K

> Output 750W, Revolution 1900rpm, Torque 4.0Nm at 5.0kgf/㎠

> Output 900W, Revolution 1900rpm, Torque 4.9Nm at 6.0kgf/㎠

- 감속기 성능 : SEJINiGB XF045-42-C2-NF (감속비:1/42)

> Rated Output Torque = 64Nm / Peak Torque = 180Nm

> Rated Input Speed = 3000rpm / Max Input Speed = 5000rpm

> Radial Load = 3972N(at 100rpm) / 2540N(at 200rpm)

- Air Spring 성능 : Firestone 110B

> 대차가 견인되기 시작하는 Air Spring의 압력 측정 결과 약 0.2MPa

> 성능 그래프를 의거 Air Spring에 약 0.2MPa의 압력을 가했을 때, 인장 높이가 113cm 정도이면 가해지는 수직 하중은 약 180kgf 으로 대차와 적재물의 적재중량은 7.5ton과 9.5ton 의 조건에서 견인부하시험을 수행

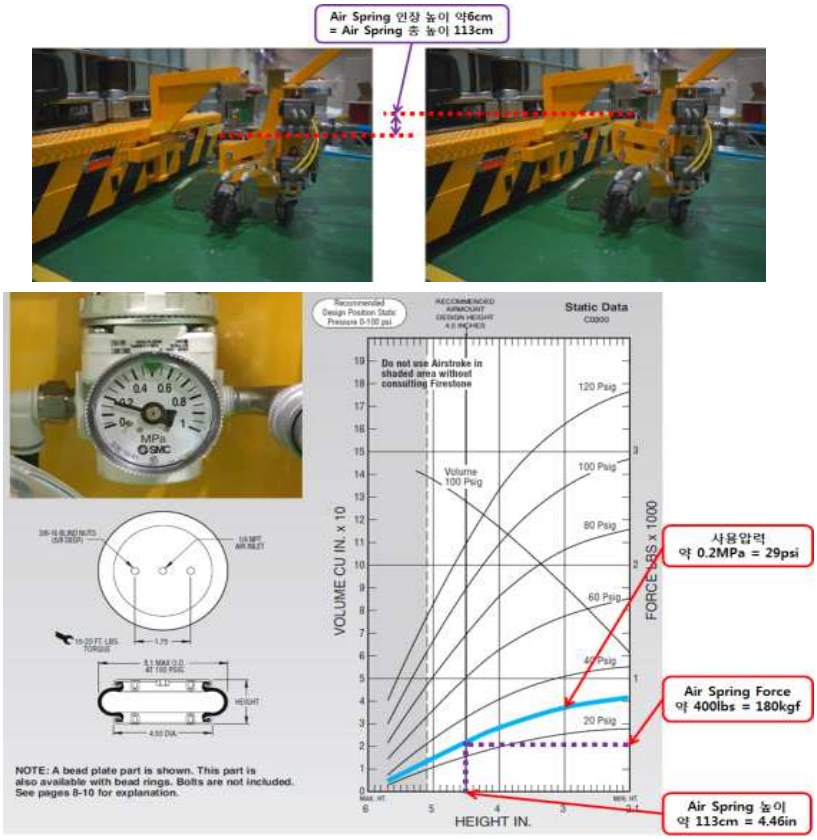


그림 3.3.49 Air Spring 부상 및 사양

□ Air Cushion Transporter 부상 Test

○ 실험 조건

- Air pad 내 형성내압은 2bar로 고정함.
- 실험 장소 바닥면 조건은 우레탄 에폭시로 도장된 일반 공장 바닥 조건
- 1차년도 Air pad ∅600 부상 측정 Data 기준으로 측정 실험 함

No	P1	P2	h(mm)	w(kg)	Q(L/m)
1	-0.001	0	0.399	-24.541	0
2	0.031	0.021	1.198	220.871	73.477
3	0.031	0.039	3.094	527.635	97.969
4	0.032	0.061	4.591	932.565	97.969
5	0.043	0.08	22.156	1177.976	306.154
6	0.043	0.099	23.054	1447.929	416.369
7	0.044	0.11	24.152	1656.529	477.6
8	0.046	0.12	24.451	1766.965	514.338
9	0.046	0.13	25.15	1877.4	569.446
10	0.071	0.141	25.549	2135.082	636.8
11	0.073	0.149	25.649	2208.706	685.785
12	0.076	0.16	26.347	2429.576	753.138
13	0.078	0.17	26.347	2552.282	802.123
14	0.08	0.179	27.046	2724.071	887.846
15	0.084	0.19	27.645	2920.4	949.077
16	0.088	0.2	27.745	2994.024	998.062
17	0.142	0.208	28.443	3251.706	1028.677

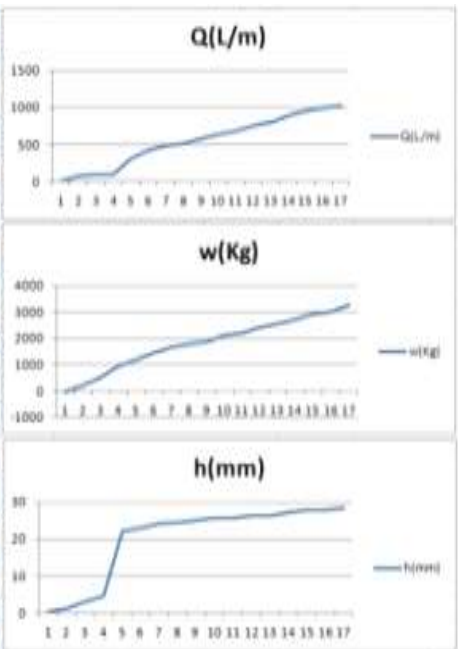


그림 3.3.50 Air Cushion 부하능력 측정 Data

○ 실험 방법

- Air Cushion Transporter에 적재할 물통에 약 6ton의 물을 채움.
- Air Cushion Transporter 적재부에 6ton의 적재물 적재, 부상 및 부하 측정.
- Air Cushion Transporter의 부상 높이 측정.
- Air Cushion Transporter를 Air Tractor 및 인력 견인력을 측정 함

○ 실험 내용

- 실험에 사용할 500kg및 1000kg 가반 부하



그림 3.3.51 적재부하(1ton급, 500Kg급)

○ Air Cushion Transporter의 4ton과 6ton과 부상시험 및 부하측정 측정



그림 3.3.52 부하측정실험

○ Air Cushion Transporter의 부상 높이 측정.

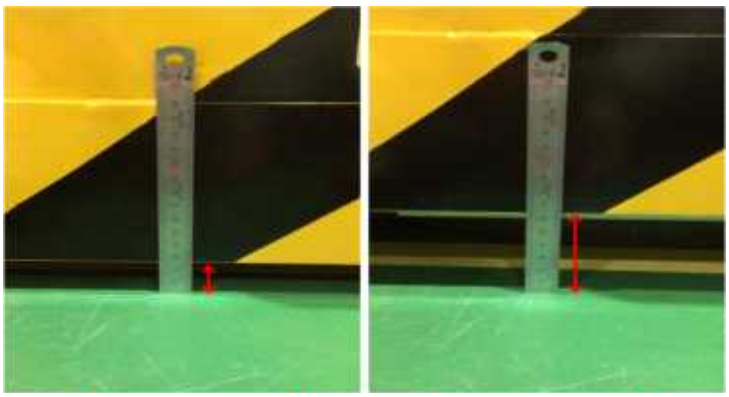


그림 3.3.53 Air Cushion Transporter 부상 높이

- ∅600 Air pad는 1개당 가압시험 측정결과표 기준 2bar일 때 약 3ton의 무게와 27.7mm 부상 높이의 결과 치를 기준으로 하여 Pad 4개를 설치, 적재부하 6ton 부상시험결과 약 38mm가 측정되었다. 이론 적재부하는 1차년 Pad 개당 시험측정치에 따르면 ∅600 기준 약 3ton으로 4개설치 시 12ton 적재가능 및 부상높이 25~30mm이나 적재부하에 따라 부양높이와 Pad 내 유효단면적이 자동 변환되어 압력균형을 유지함

○ Air Tractor · 인력 견인 및 견인력 Test

- Tractor로 견인 시 아래 그림과 같은 결합 순서로 시험함

㉠ Air Tractor의 Moving plate stick이 Air Cushion Transporter와 결합 될 장소로 이동

㉡ Tractor의 Moving plate stick이 Air Cushion Transporter와 결합되기 위해 Air Spring에 Air 공급.

㉢ 견인력을 측정하기위해 휴대용 Load cell을 Tractor과 Air Cushion Transporter과 연결.



그림 3.3.54 Air Tractor 결합

아래 그림은 Air Tractor과 사람이 견인 하는 사진으로 견인 시 견인력을 측정하기 위하여 Air Tractor에 인장 Load cell을 Air Tractor의 앞단에 설치하여 견인력 측정하였으며 인력 견인력 시험 기준으로 소요 견인력을 비교 측정 시험하였음



그림 3.3.55 인력 견인 Test



그림 3.3.56 Air Tractor 견인 Test

○ 실험 결과



그림 3.3.57 Air tractor 견인 측정결과

- 바닥면과 Air Cushion pad 사이의 실 마찰계수를 유도하기위하여 시험 결과 치를 반영 Air Film부의 마찰계수를 유도하였다.

마찰계수 : $\mu = \frac{F}{m}$

μ : 마찰계수

F : 견인력

m : 적재부하

- 인력 측정은 Air Cushion Transporter에 2Bar의 공기압을 주입하되 ∅300 Air Pad를 6개를 장착과 4ton의 무게를 그리고 ∅600 Air Pad 4개 장착하고 8ton의 무게를 측정 했으며 Air Tractor는 ∅600 Air Pad 4개에 2Bar의 공기압을 주입하고 6ton 및 8ton의 부하를 적재 시험하였고 약 60~80kg의 견인 부하가 측정됨

- 위 실험은 통상의 작업장 환경인 우레탄 코팅이 된 바닥에서 실시했으며 인력 견인 시의 소요견인력과 Air Tractor 견인 시의 견인부하시험을 수행함.

- Air Cushion Transporter 무게 1.5t에 각 측정 무게 6ton과 8ton의 합으로 마찰계수를 구하면 6ton의 경우 최저 27.5Kg과 최대 34.7Kg의 약 평균값인 30Kg으로 Air Pad의 마찰계수는 0.004가 되며 8ton의 경우 최대값이 27.5Kg일 때 마찰계수가 0.0028이며 평균은 이 보다 낮은 수치가 산출되었다.

- 견인력 측정은 Test 할 장소의 바닥면의 조건에 크게 좌우 되나 실험한 곳의 바닥면조건이 일반 작업환경의 상태임을 감안하면 Air Cushion 이론 마찰계수 1/1000에 못 미치나 2/1000에 가까운 결과 치를 얻었고 Urethane Wheel의 구름 마찰계수가 0.4~0.6인 원통형 휠의 1/100~1/400의 견인력 감소효과를 기대할 수 있음

3. 10ton 이하급 에어쿠션 트랜스포터 시작품 설계/제작/시험

(1) Air Cushion Transporter 설계/제작(10ton급 이하)

○ Air Cushion Transporter 구성 요소

- 두 개의 Wheel Type Module과 Ø∅600 Air Pad를 이용하여 Transporter를 구동.
- Air Cushion Transporter는 Max 18ton의 과반 하중을 적재 및 부상 가능 함.
- Wheel Type Module의 Steering Mode도 제어 가능 함.

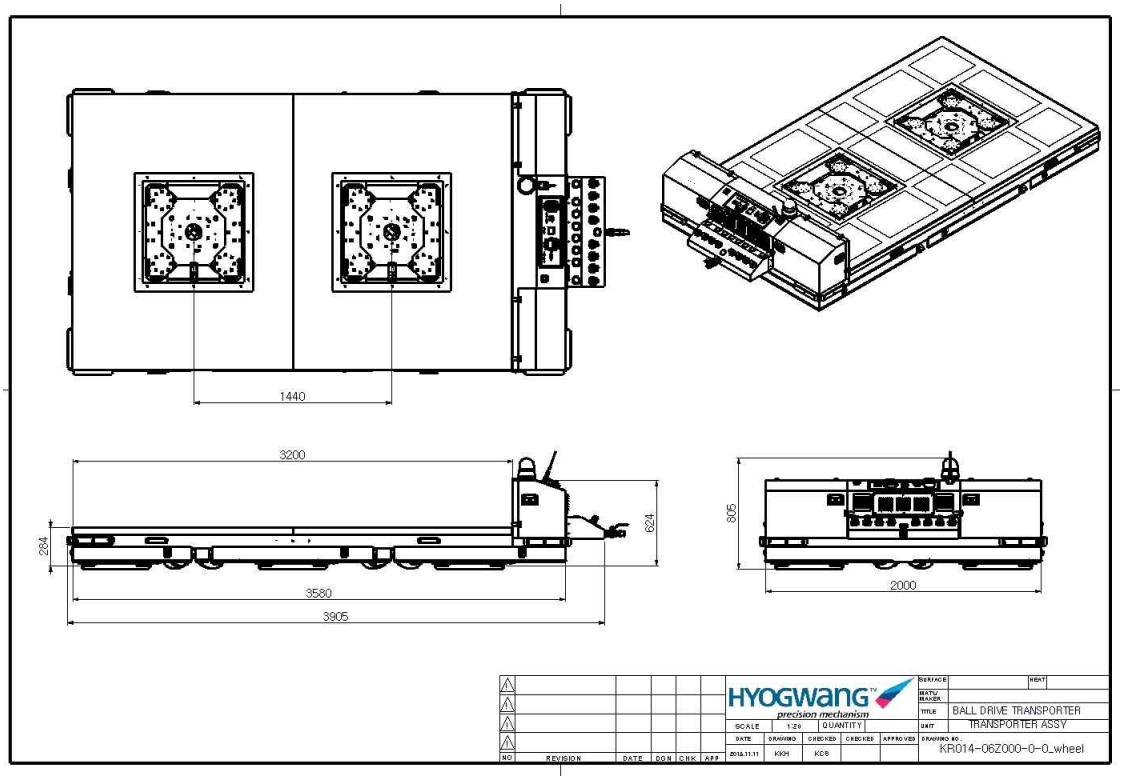


그림 3.3.58 10ton 이하급 Air Transporter 도면

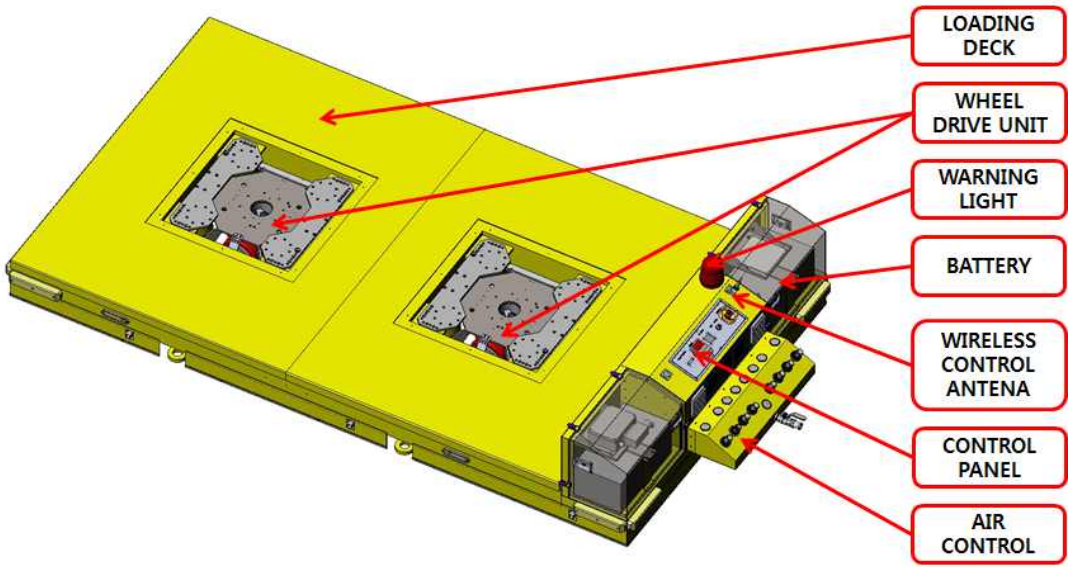


그림 3.3.59 Air Transporter 구성

○ Air Cushion Transporter 구성 요소



그림 3.3.60 Air Transporter 구성 요소

- 전면부 패널 : 배터리 잔량 표시 및 Loadcell의 적재 무게 표시와 비상스위치, 음성 안내 부저와 안테나 등 포함.
- 차폭등과 거리센서 : 5m 이내에 물체 감지 시 알람 발생 및 작업자의 안정성을 고려한 Side Lamp 장착.
- 구동부 : Wheel Type Drive는 Air Cushion Transporter의 앞뒤로 배치(2ea)되어 직선 및 Curve와 Turn의 동작이 가능함. 감속기가 장착된 Wheel과 DC Motor로 구성된 모듈이며 Wheel의 속도비를 이용하여 Wheel의 회전각을 형성하며 Control Board에서 제어 알고리즘으로 제어 함.

- Air Pad & Loadcell : ∅300과 ∅600를 교체 장착 가능하며 Air Pad 위 Loadcell이 장착되어 적재 무게를 측정. Air Pad는 최소 4개부터 최대 6개까지 장착 가능.
- 수신기와 배터리 : 유·무선 조종을 위한 수신기 및 200A 용량 산업용 배터리
- Control Board : 아두이노로 구성된 보드. Wheel Type Module Drive 제어 및 거리센서 제어와 Error표시 등 Air Cushion의 전반의 제어.

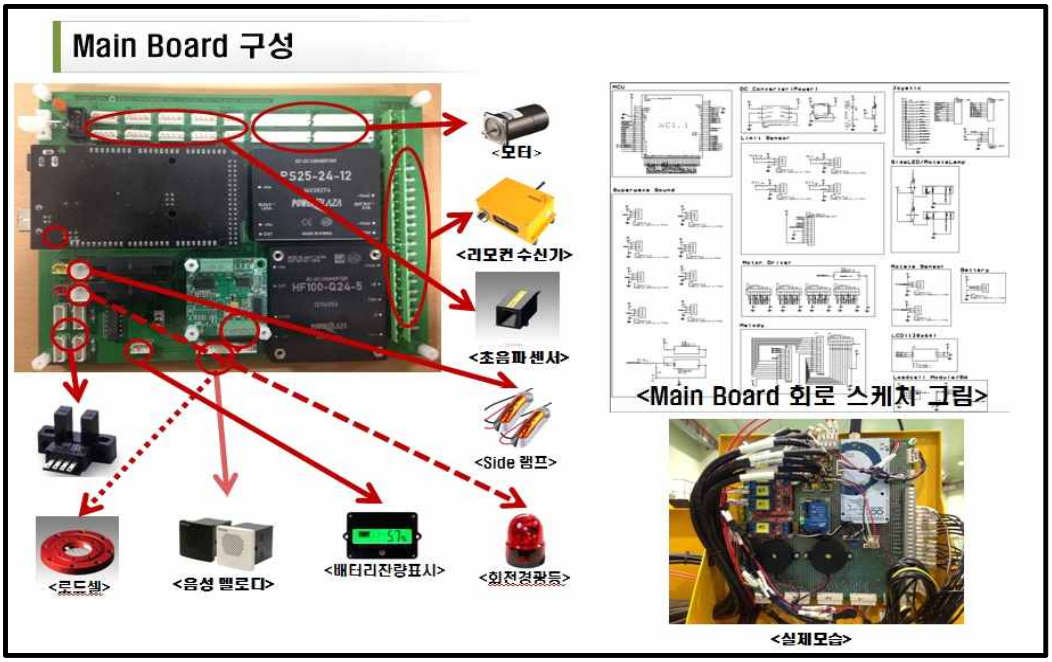


그림 3.3.61 Main Board 구성

○ 전장 Part : 모터 드라이버 및 각 모듈에 파워를 분배.

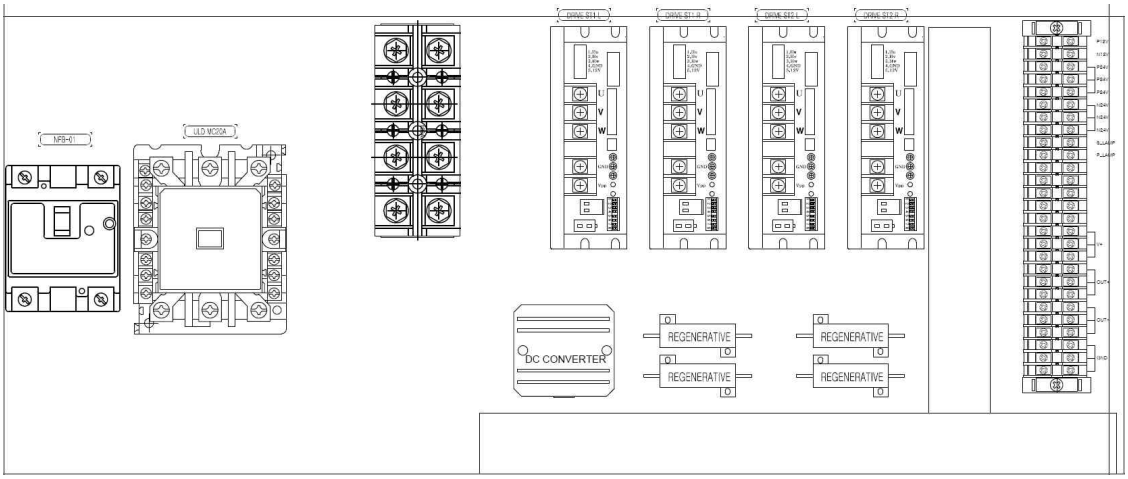


그림 3.3.62 전장 도면

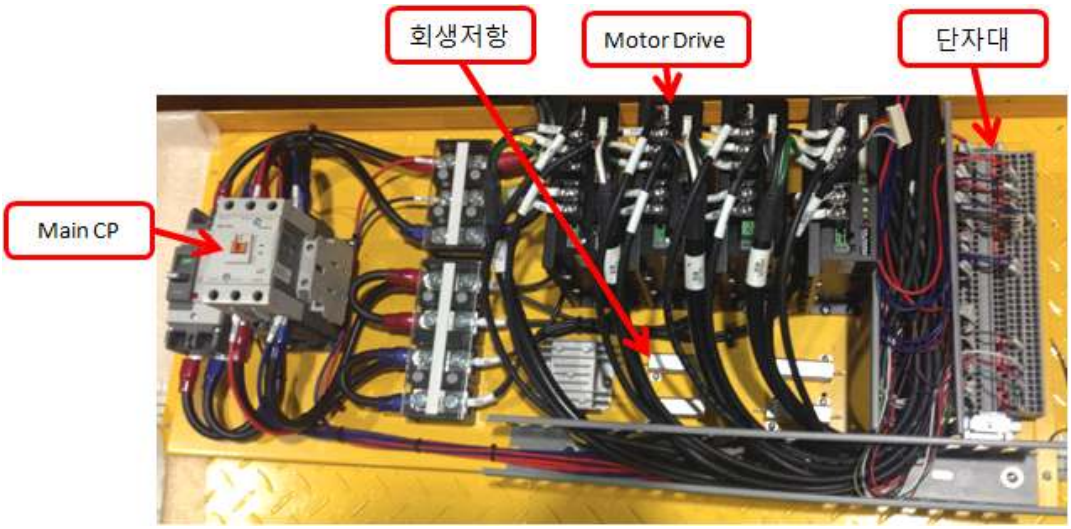


그림 3.3.63 전장부 구성

㉠ Main CP : 배터리에서 이상 전류 혹은 과전류가 발생 시 전원 차단 기능.

㉡ Motor Drive : 아두이노에서 제어되는 신호를 받아 400W DC Motor의 구동 을 담당함. 1개의 Drive가 1개의 Motor를 관리함. 총 4개의 Drive가 사용됨.

㉢ 회생저항 : Motor에서 이상전류가 발생 시 회생저항에서 발열로 제거하여 Motor를 보호함.

㉣ 단자대 : 각 전기가 필요한 부품과 Main 전류가 연결 함.

○ 에어 공급부 : Main Air에서 각 Air Pad로 Air를 분배 할 수 있는 Valve 조합.

(2) Air Cushion Transporter 실험

○ 실험 조건

- Air Cushion Transporter에 Wheel Type Module을 장착 후 Steering Mode Test
- Steering Mode는 Test용 Transporter에서 Test한 방식과 동일한 방법으로 함.
- ∅Ø600 Air Pad를 장착 및 부상 후 Test함.

○ 실험 방법

- Wheel Type Module을 Air Cushion Transporter에 장착 함.
- Air Cushion에 2bar의Air 압력을 가해 Transporter를 부상 함.
- Air Cushion Transporter에 10ton의 적재물을 적재.
- Steering Mode는 Test용 Transporter와 동일한 조작을 함.

○ 실험 내용



그림 3.3.64 10ton 이하급 Air Transporter Test

- Wheel type Module을 Air Transporter에 장착 후 10ton의 적재물을 적재 함.
- Air를 2Bar로 가압 후 부상 높이를 측정 한 후 Wheel Type Test용 Transporter 에서 Test 한 Steering Mode로 Test 함.

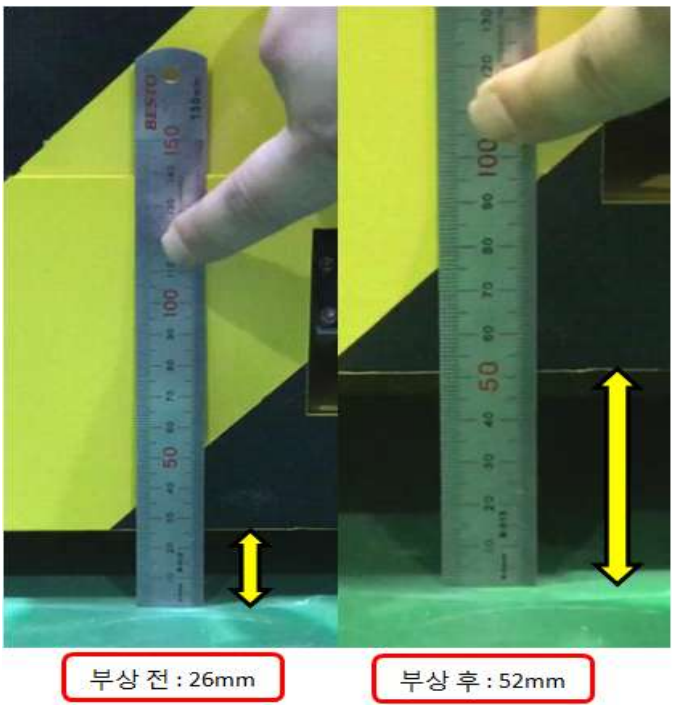


그림 3.3.65 10ton 이하급 Air Transporter 부상 높이

○ 실험 결과

- Air Cushion Transporter(10ton급 이하)에 10ton의 과반하중을 적재 후 ∅600 Air Pad에 2bar의 공기압을 가함. 우레탄 코딩이 된 바닥면에서Air Cushion Transporter의 부상 높이는 약 26mm임. Wheel Steering Mode는 Test용 Transporter와 동일한 Steering Mode로 Test함. Test용 Transporter에서 측정된 충분한 견인력으로 인하여 Air Cushion Transporter(10ton급이하)를 제어하기에 충분 했으며 Test용 Transporter와 동일한 Steering Mode가 가능함.

4. 에어쿠션 트랜스포터용 자유방향 구동 휠 설계/ 제작

(1) Ball Drive Module Unit 개발

○ Ball Drive Module 구성 요소

- Ball Drive Unit의 구성

· 두 개의 400W급 BLDC Motor. 차동Wheel의 조합으로 Ball을 Rectangular Steering Mode(Curve와 Turn Steering Mode 포함)제어. 차동Wheel의 회전비를 이용하여 Ball의 방향을 제어 함.

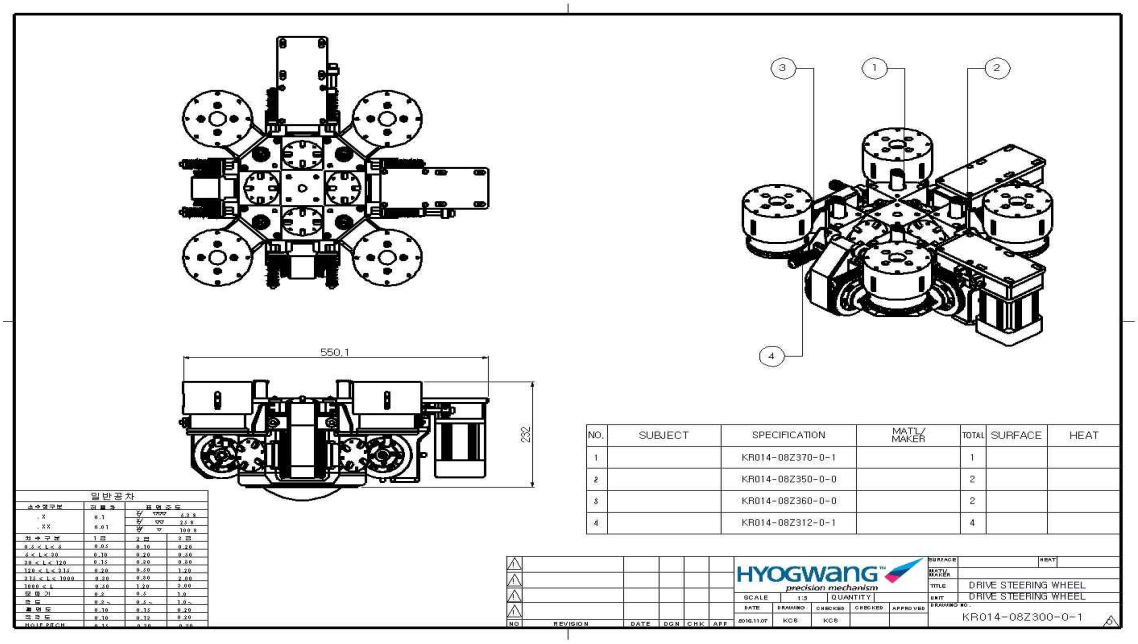


그림 3.3.66 Ball Drive Unit 도면

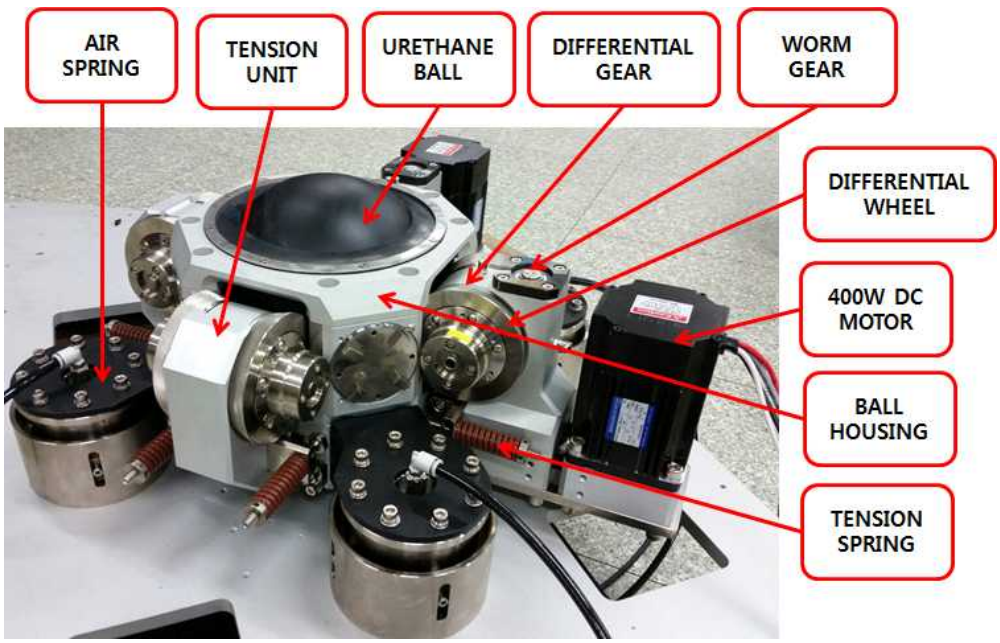


그림 3.3.67 Ball Drive Unit의 구성

- DC Motor : TM90-0421

: 정격출력 400W, 정격토크 1.91Nm, 정격속도 2000rpm

: 감속기와 차동 Wheel을 통해 구동 Ball로 동력을 전달.

- Differential Wheel Unit

: Worm Gear 감속비 29/1, Module 2

: Differential Gear : Module 1.5

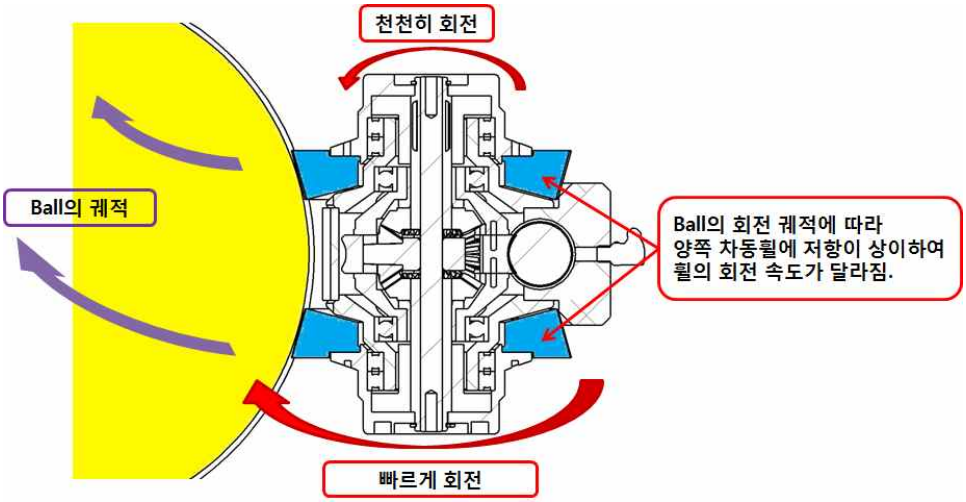
- Air Spring : ESR SRAS-082SS

: Height Range = 45~75mm / Design Height = 60mm

: Load Range = 50 ~ 250kgf

: 구동 Ball에 수직하중을 가하여 견인력을 높임.

- 차동 기어적용 구동 휠 작동 원리



선회 중의 차동기어의 회전 수 관계식
.링기어 회전 수(V_{Ring})
.양측 바퀴 회전 수(V_L, V_R)
.양측 바퀴 회전수 변동 (ΔV_L, ΔV_R)

$V_R = V_{Ring} + \Delta V_L$
$V_L = V_{Ring} + \Delta V_R$
$\therefore V_{Ring} = (V_R + V_L) / 2$

그림 3.3.68 차동기어의 원리 및 관계이론

○ Ball Drive Unit의 자유도

① 자유도

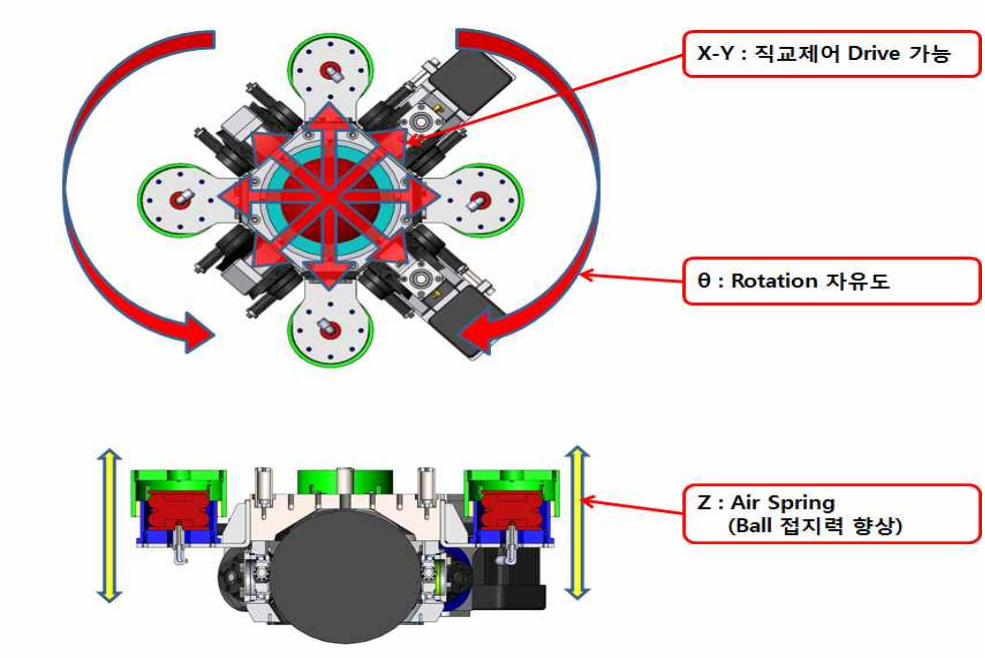


그림 3.3.69 그림 3-9 Ball Drive 자유도

- X-Y : Forward/Backward, 좌측/우측, 사선,Curve진행의 직교좌표 모든 방향 Drive
- Θ : Point Turn이 가능한 회전 자유도.
- Z : Air Spring 작동으로 높이를 보정(지면상태 보정).
- 총 3 자유도를 보유

② 자유도 Test

- 조이스틱에서 입력한 방향의 움직임 동작 테스트.
- 아래의 그림은 0,45,90도 직진운동을 했을때 영상 사진을 캡처한 그림.
(각 위치는 1회전 후의 사진을 캡처해서 총 3바퀴 움직임을 관찰함.)
- 진행 방향에 대해서 구동 Ball이 틀어짐이 거의 없이 이동함을 영상으로 확인



그림 3.3.70 임의 진행방향설정 구동 Ball 방향 지향성 Test

○ Ball Drive Unit의 제어

- 조향 모드 및 방법

운전방식에 따라 두 가지의 모드 정의. (직선&곡선 Mode)



그림 3.3.71 그림 3-13 조이스틱 방향 좌표

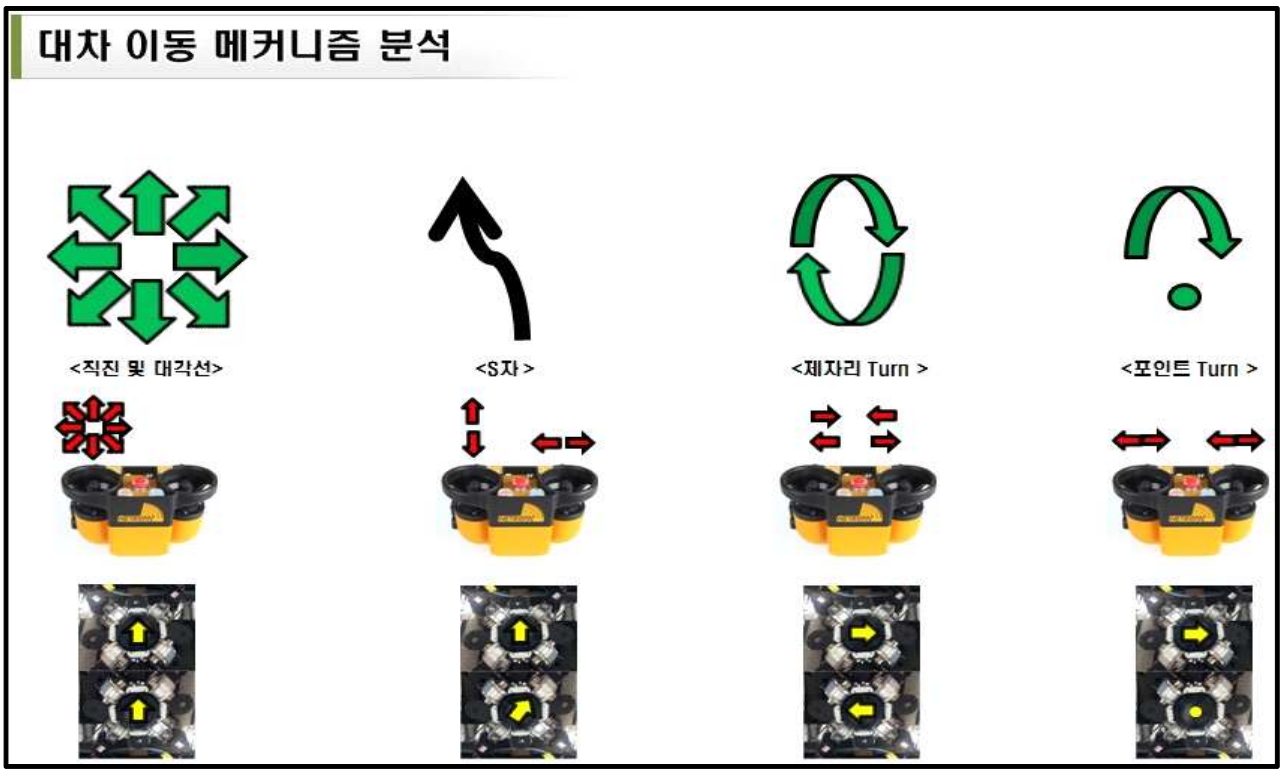


그림 3.3.72 조이스틱 조종방법과 대차 이동

○ Module Steering Control Test(Ball Type)

- 실험 조건

① Steering Mode는 Air Cushion Transporter에 장착 했을 시 가용한 Mode으로 Test

② Ball Type Module은 Air Cushion에 압력 없이 Air Cushion Transporter를 이동 시켜야 하므로 Test Transporter에 장착 후 Air 압력 없이 모든 Steering Mode를 Test.

- 실험 방법

① Ball Type Module을 뒤집어 차동Wheel이 Ball을 지령과 동일한 방향으로 움직일 수 있음을 확인.

② Ball Type Module을 Test용 Transporter에 장착 후 Air Transporter에서 가용한 Steering Mode를 Test.

- 실험 내용

① Ball Drive Module Rectangular Coordination Mode

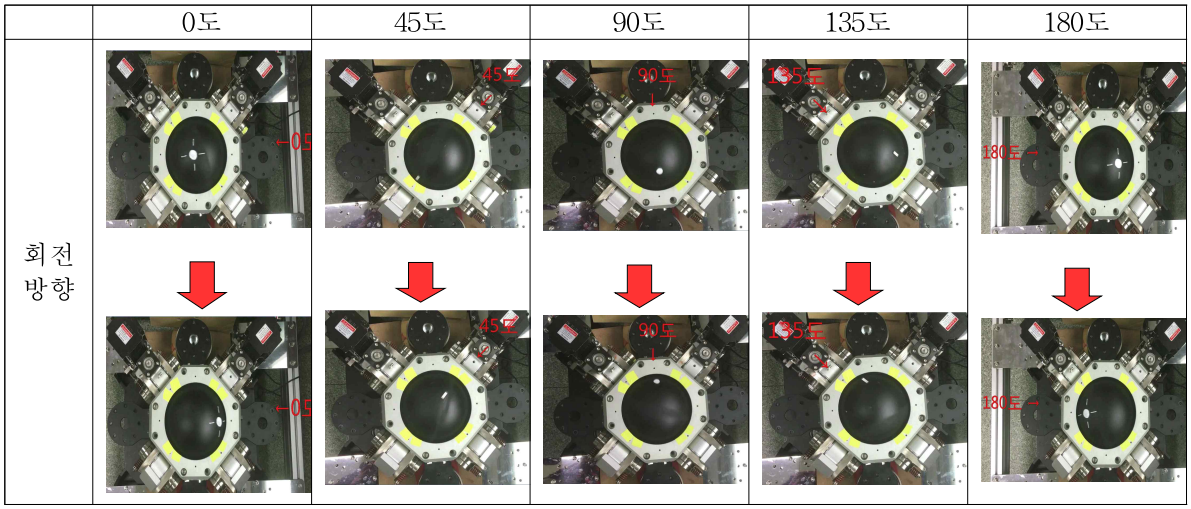


그림 3.3.73 Curve / Round Turn / Point Turn / Zero Turn Steering Mode

· 각 지령에 맞게 차동Wheel이 Ball을 지령각도로 회전 할 수 있게 Test. 위 실험은 두 개의 Motor가 속도비를 동일 혹은 차이를 두며 차동Wheel을 회전하며 이로 인하여 Ball이 지령과 동일한 방향과 회전 하게 됨.

② Ball Drive Module Test Transporter 장착 후 Steering Test

㉠ Coordination Mode

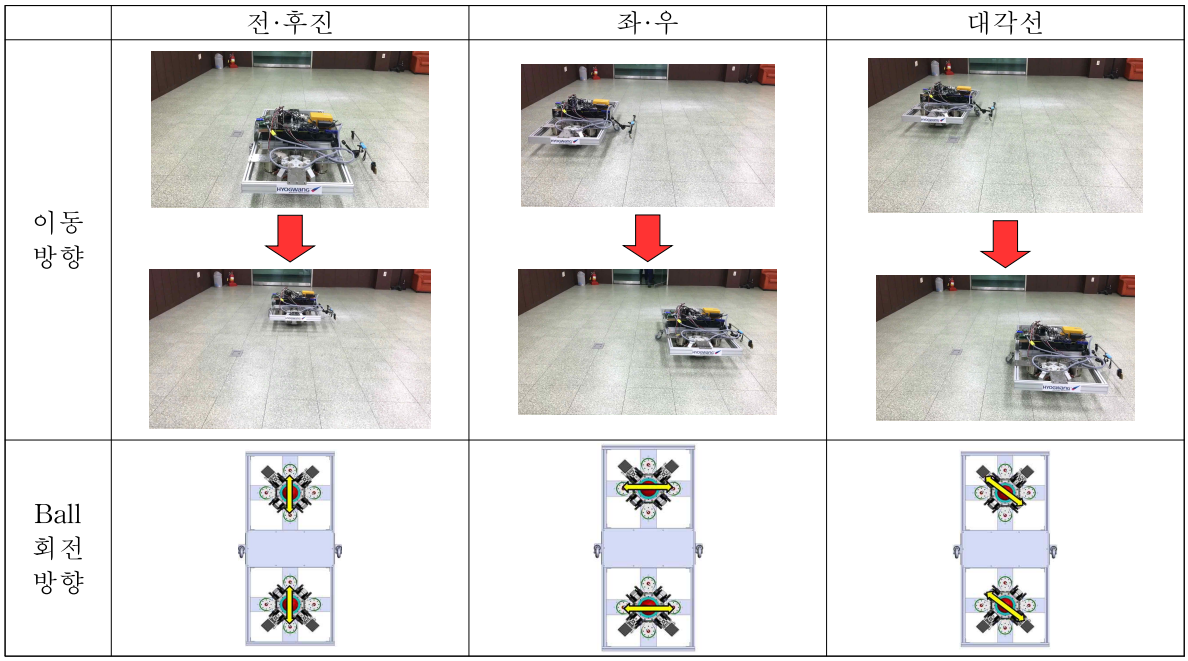


그림 3.3.74 직선(전·후) / 좌·우 / 대각선 Steering Mode

· Ball Type Module이 구현해야 할 Coordination Mode임. Ball type Module은 차동Wheel의 회전 속도비를 이용하여 방향을 전환 가능함. 차동Wheel이 동일한 회전 방향과 속도일 경우 전·후진이 되며 동일한 속도이나 회전 방향이 반대일 경우 좌·우 이동 그리고 한 Module에 한 개의 차동Wheel이 회전 할 경우 대각선 이동이 됨

㉡ Curve 및 Turn Mode

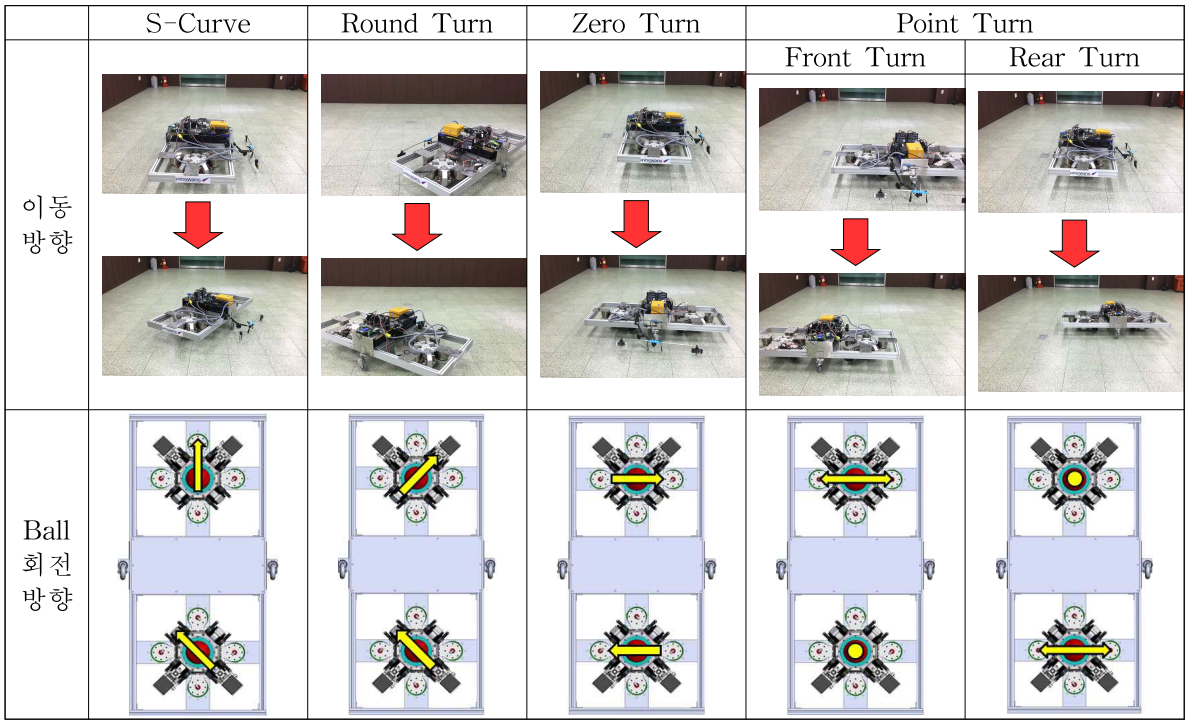


그림 3.3.75 Curve 및 Turn Steering Mode

- Ball Type Module의 Curve 및 Turn Steering Mode의 Test임. S-Curve는 앞·뒤 모듈의 방향의 차이와 속도를 이용하여 구동하며 Round Turn과 Zero Turn은 속도는 같으나 앞·뒤 Module의 방향 이 반대되어야 하고 Point Turn은 앞·뒤 Module 중 하나만 좌·우로 회전해야 함.

- Wheel Type Module과 비교하면 Test Transporter의 움직임 방향은 큰 차이가 없으나 Test Transporter를 움직이는 방법은 매우 다름. Wheel Type은 지령 각도가 발생되면 Wheel을 움직여 회전각 센서로 지령과 같은 회전각을 찾은 후 지령에 맞는 진행을 하지만 Ball Type은 지령이 발생되면 차동Wheel이 시작부터 Ball의 진행방향으로 움직일 수 있게 즉각적인 회전비를 발생시켜 지연시간 없이 목표방향으로 구동함.

○ 실험 결과

- Ball Type Module은 바닥면과 Ball의 접지면이 Wheel Type Module에 비해 많지 않아 견인력 부족이나 미끌림이 발생 할 것으로 예상 했으나 차동Wheel과 Ball의 Slip이 발생하지 않아 견인력 상승 되었으며 Wheel Type Module에서 발생 되었던 지령각도 Search Delay Time이 없이 즉각적인 구동을 보여 사용자가 좀 더 조작이 쉬울 수 있다고 판단 됨. 또한 접지면이 작아 바닥의 오염도를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 Wheel Type Module 처럼 Test 장소의 바닥의 중요성도 낮아 평평한 곳이면 어디서나 이동 할 수 있음.

(2) Wheel Drive Module 구성 요소

○ Wheel Drive Unit의 구성

- 두 개의 400W급 BLDC Motor와 Wheel의 조합. Wheel의 회전비를 이용하여Module의 방향을 전환함. 방향 전환 시 회전각 센서를 이용하여 방향을 보정함.

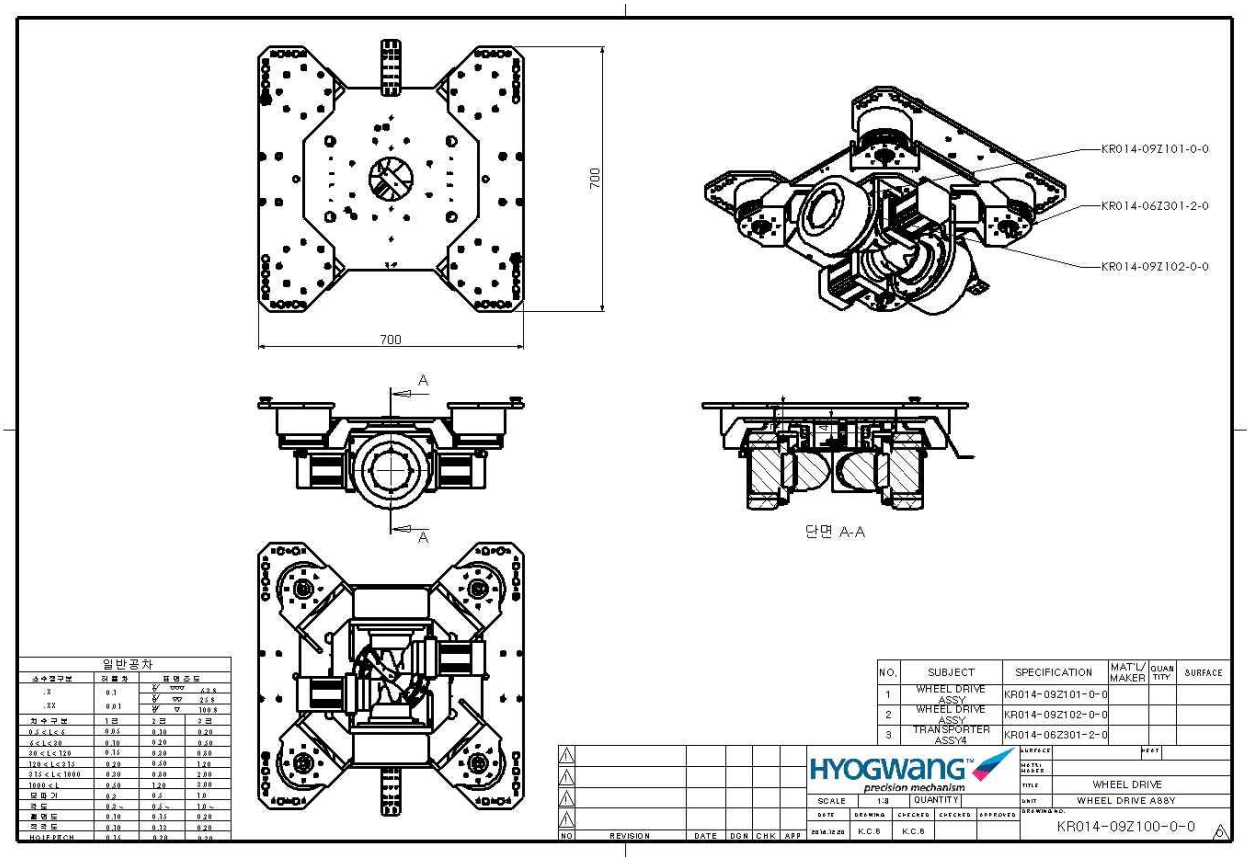


그림 3.3.76 Wheel Drive Unit 도면

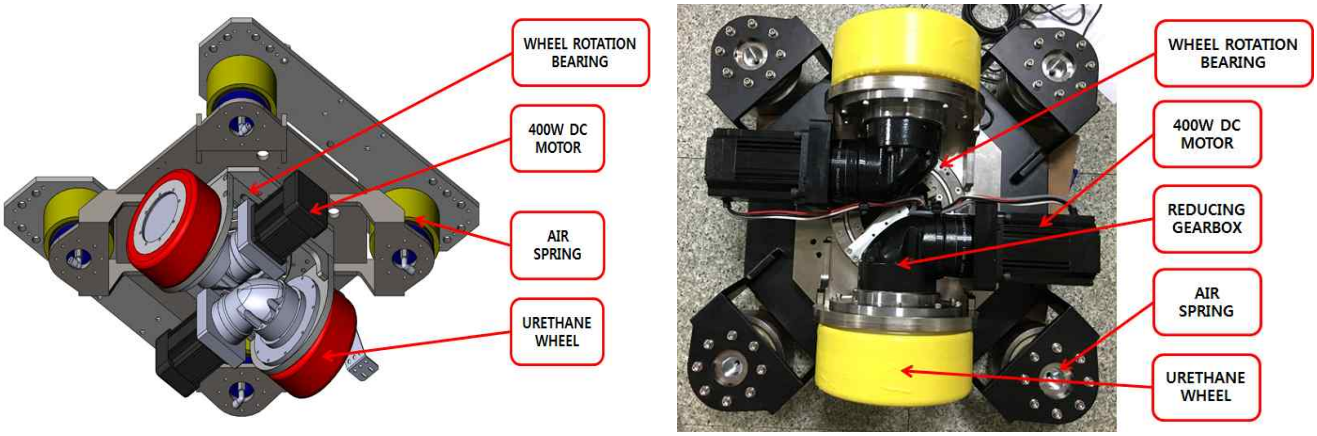


그림 3.3.77 Wheel Drive Unit의 구성

- DC Motor : TM90-0421

: 정격출력 400W, 정격토크 1.91Nm, 정격속도 2000rpm

: 감속기를 통해 우레탄 Wheel로 동력을 전달.

- Reducing Gearbox : ALR150-060-P2
  : 감속비 1/60
  : Nominal Torque 300Nm
  : Max. Radial Load 10,950N
  : Max. Axial Load 5,475N

- Air Spring : ESR SRAS-082SS
  : Height Range = 45~75mm / Design Height = 60mm
  : Load Range = 50 ~ 250kgf
  : 우레탄 Wheel에 수직하중을 가하여 견인력을 높인다.

○ Wheel Drive Unit의 자유도

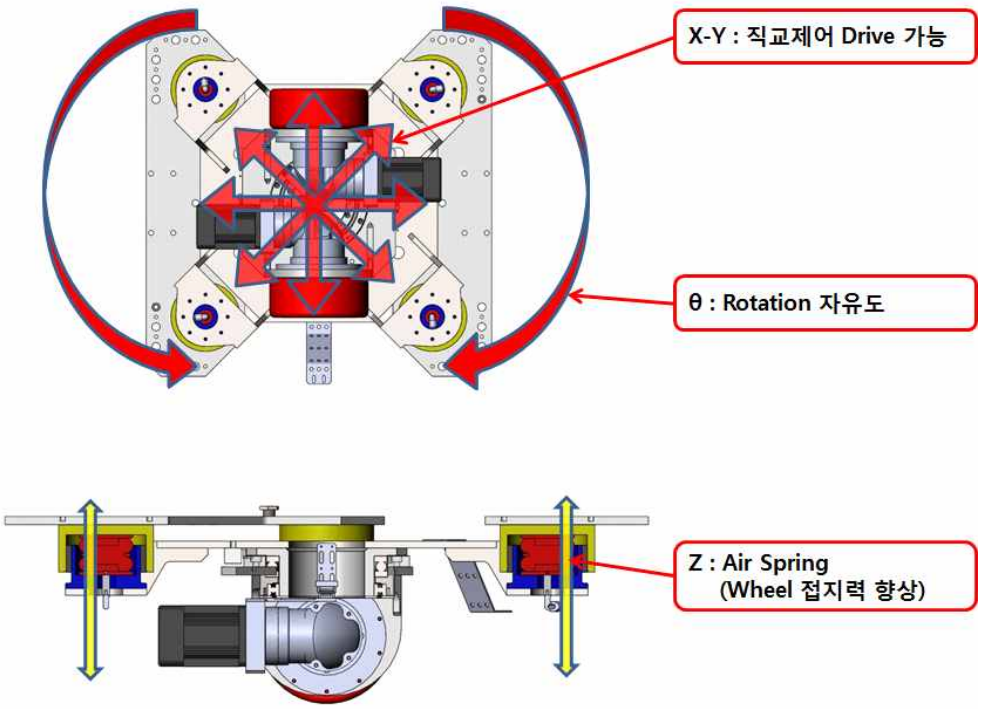


그림 3.3.78 Wheel Drive 자유도

- X-Y : 전진/후진, 좌측/우측, 사선, 커브진행의 직교좌표 모든 방향 Drive.
- Θ : Point Turn이 가능한 회전 자유도.
- Z : Air Spring 작동으로 높이를 보정.
- 총 3 자유도를 보유.

○ Test용 Transporter - Wheel Drive 구성 요소

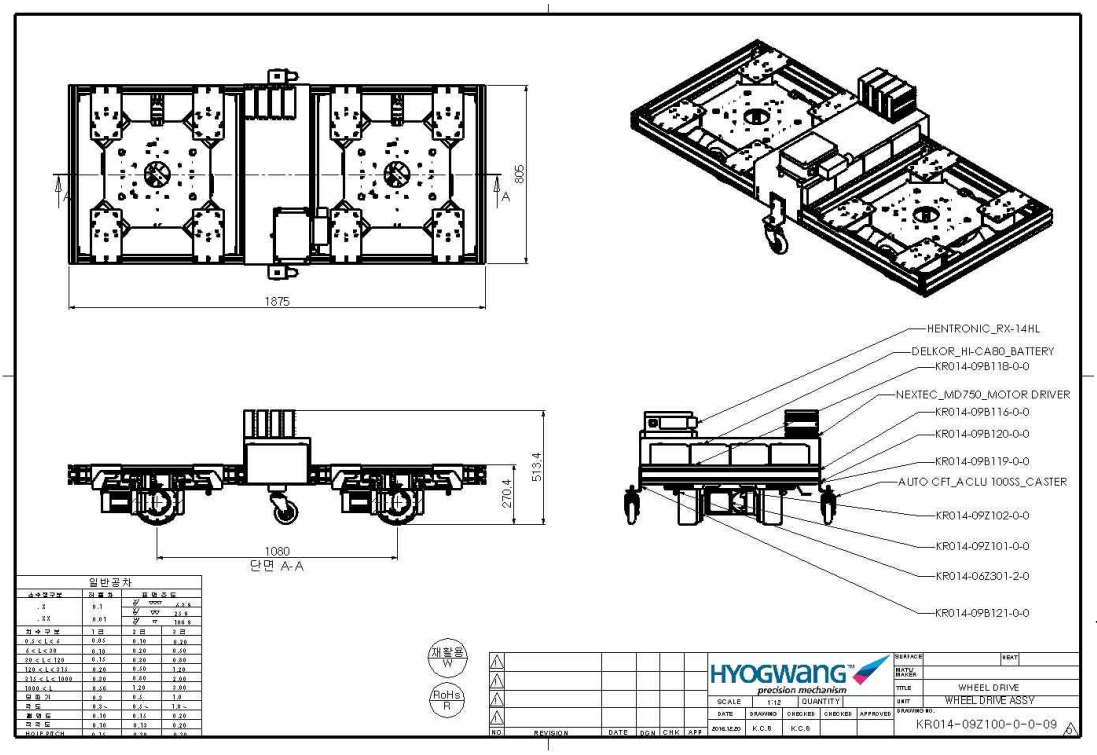


그림 3.3.79 Wheel Drive Unit용 Test Transporter 도면

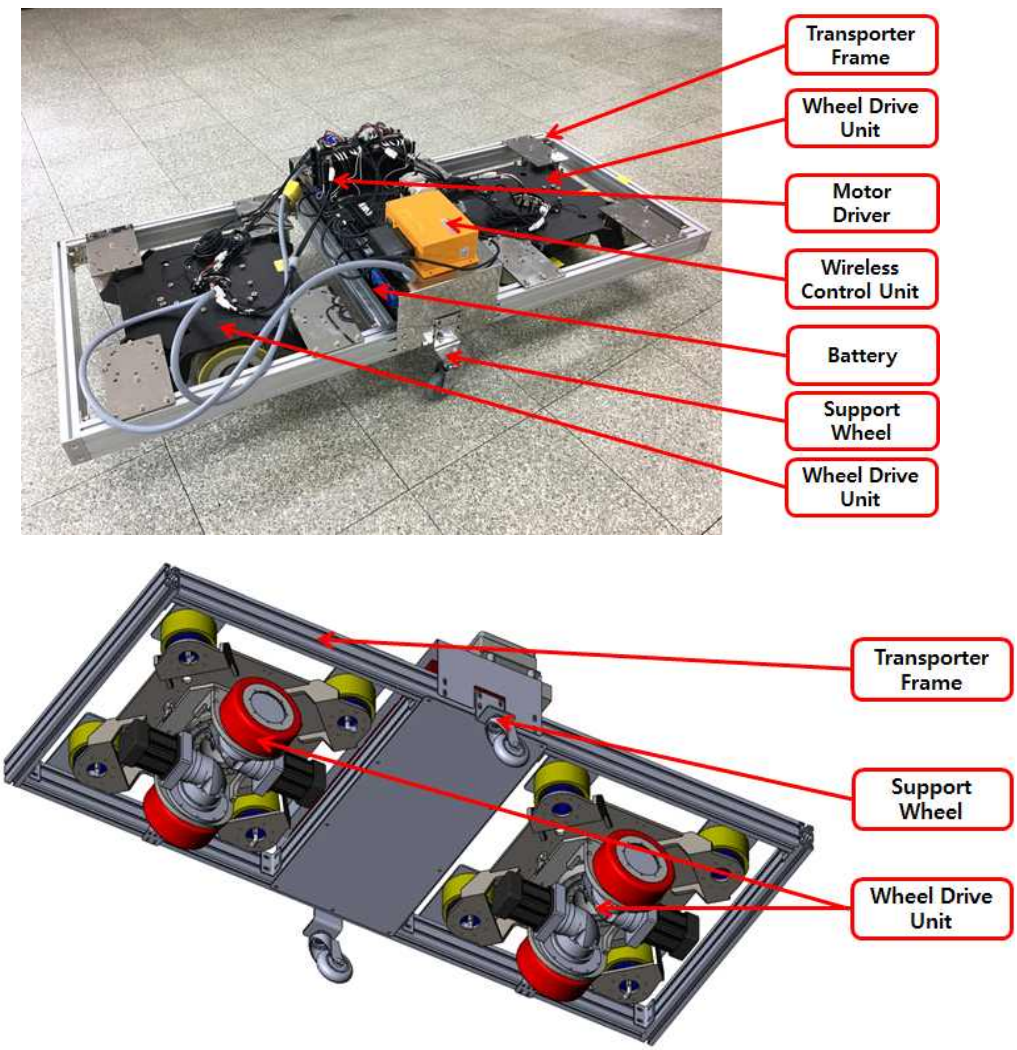


그림 3.3.80 Wheel Drive Unit용 Test Transporter 구성

○ Wheel Drive Unit의 제어

- 조향 모드 및 방법

· 조이스틱에서 입력된 진행방향을 각 축은 회전각 센서의 피드백을 받아 Zero Turn (두 모터의 방향을 다르게 하고 속도는 같게 함)을 하면서 입력된 각을 찾음. 입력된 각과 현재 축의 회전각이 일치 하면 그 때부터 모터는 전진방향으로 구동함.

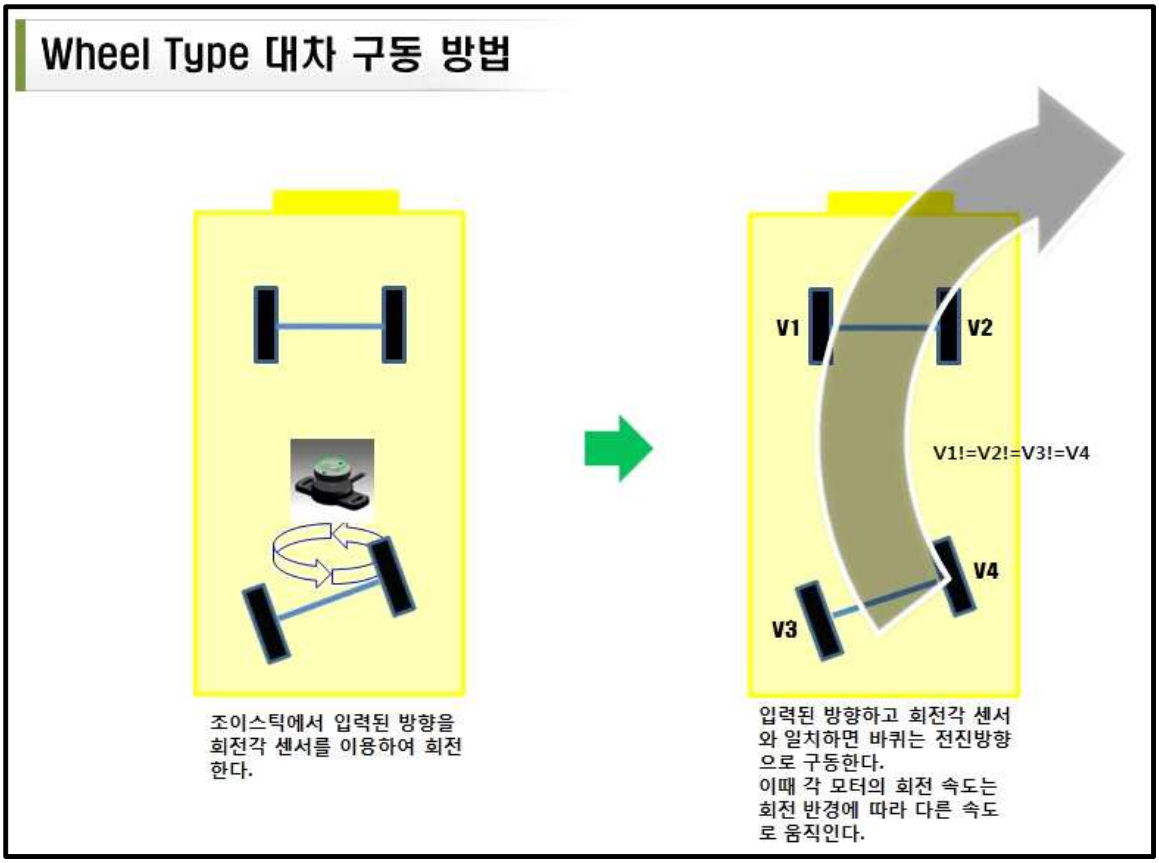


그림 3.3.81 Wheel Type 대차 구동

○ Module Steering Control Test(Wheel Type)

- 실험 조건

① Test용 Transporter에 Wheel Type Module을 창착 후 Steering Mode Test 함.

② Steering Mode는 Air Custion Transporter에 장착 했을 시 가용한 Steering Mode로 Test 함

- 실험 방법

① Wheel Type Module을 Test용 Transporter에 장착 함.

② Air Cushion Transporter에 적용 될 Steering Mode를 Test 함.

- 실험 내용

① 직선(전·후) / 좌·우 / 대각선 Motion Moving

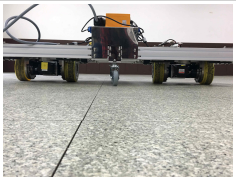
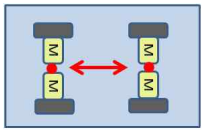
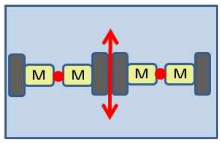
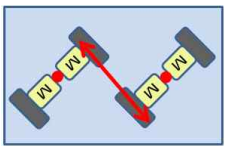
	직선	좌·우	대각선
하단			
방향			

그림 3.3.82 직선(전·후) / 좌·우 / 대각선 Steering Mode

- 시제품 Air Cushion Transporter가 동작해야 할 Rectangular coordination Steering Mode임. 앞 모듈의 Wheel과 뒷 모듈의 Wheel이 동일한 방향으로 되어야 하며 Moving시 바닥면의 마찰 등으로 인해 모듈의 방향과 지령이 틀어 질 경우 각 Wheel의 속도비를 이용하여 지령과 동일한 각도를 보정하며 Moving함.

② 곡선 / Round Turn / Point Turn / Zero Turn Motion Moving

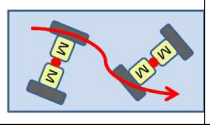
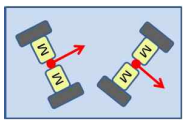
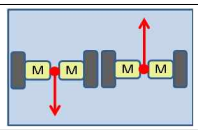
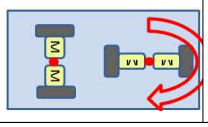
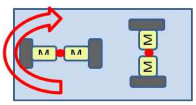
	S-Curve	Round Turn	Zero Turn	Point Turn	
				Front Turn	Rear Turn
하단					
방향					

그림 3.3.83 곡선 / Round Turn / Point Turn / Zero Turn Steering Mode

- 시제품 Air Cushion Transporter가 해야 Curve에 관련된 Steering Mode임. S-Curve와 Round Turn은 동작이 매우 유사하나 S-Curve는 앞뒤 조향이 다를 수 있으며 Round Turn은 앞뒤 조향이 반대이나 동일한 각도는 유지해야 함. Zero Turn은 Motor의 방향이 서로 상반되게 회전해야 하며 Point Turn은 한 축은 고정 되어 있으며 반대 축은 고정 되어 있는 축의 90도를 유지하며 Motor를 회전해야 함

○ 실험 결과

- Wheel Type Module은 Wheel의 특성상 Ball Type Module 보다 접지면이 많아 모든 방향의 Steering Mode시 상당한 견인력 상승이 있으며 또한 정확한 회전이 가능함. 또한 Test의 장소 중요성도 낮아 바닥면이 평평한 곳이면 어디나 가능하며 약간의 장애물도 등판 가능함. 약간의 보완점이 있다면 사용자의 지령과 Module의 방향이 차이가 클 경우 지령의 방향을 찾는 Delay가 발생함. 그러나 Test 후의 결과는 그리 길지 않으며 오히려 Module이 갖는 견인력과 방향의 정확성이 높음.

5. 3ton 이하급 에어쿠션 트랜스포터 시작품 설계/제작/시험

(1) Air Cushion Transporter(3ton급 이하)

○ Air Cushion Transporter 구성 요소

- 두 개의 Ball Type Module과 ∅Ø300 Air Pad를 이용하여 Transporter를 구동.
- Air Cushion Transporter는 Max 3ton의 과반 하중을 적재 및 부상 가능 함.
- Ball Type Module의 Steering Mode도 제어 가능 함.

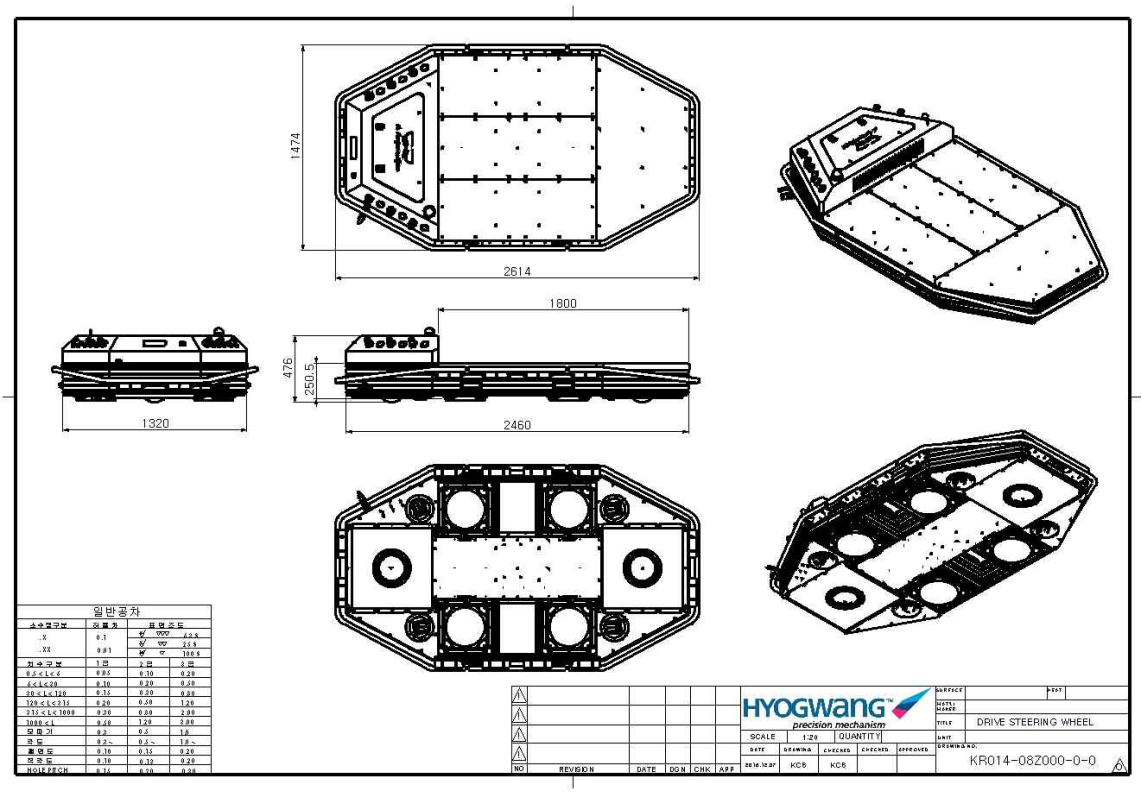


그림 3.3.84 Air Transporter 도면

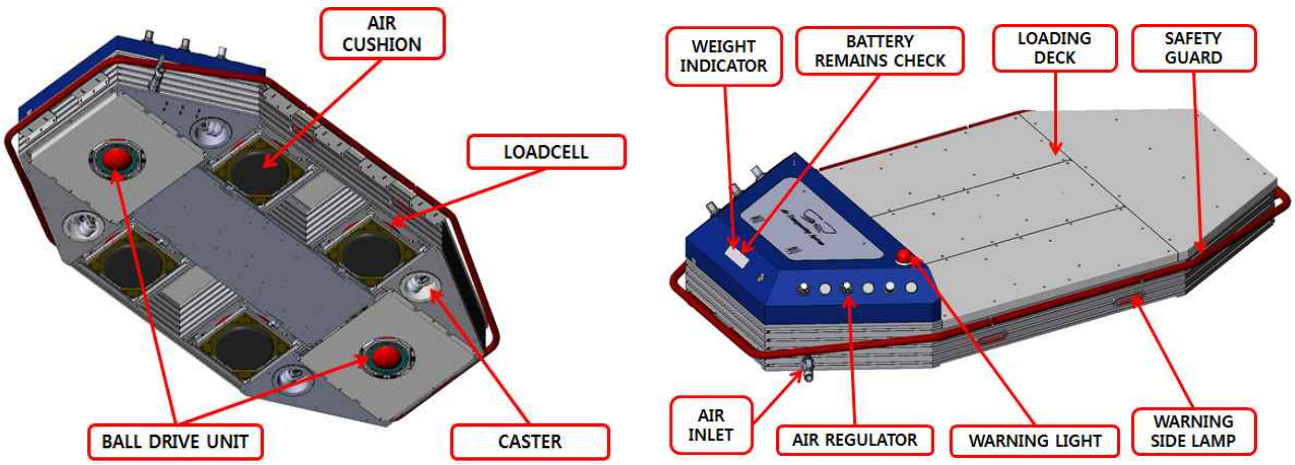


그림 3.3.85 Air Transporter시제품 구성

○ Air Cushion Transporter 구성 요소



그림 3.3.86 Air Cushion Transporter 구성

- 3ton을 지지할 수 있는 강도의 Frame 및 Air Cushion Mount

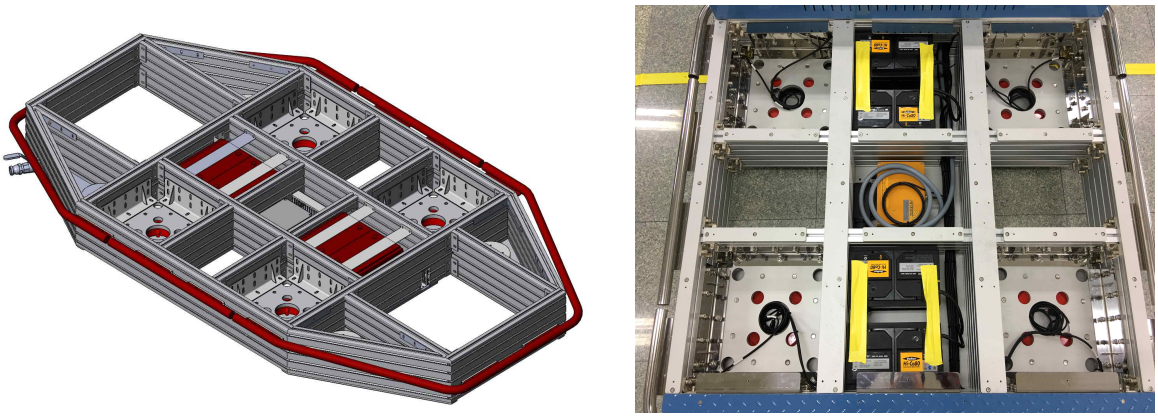
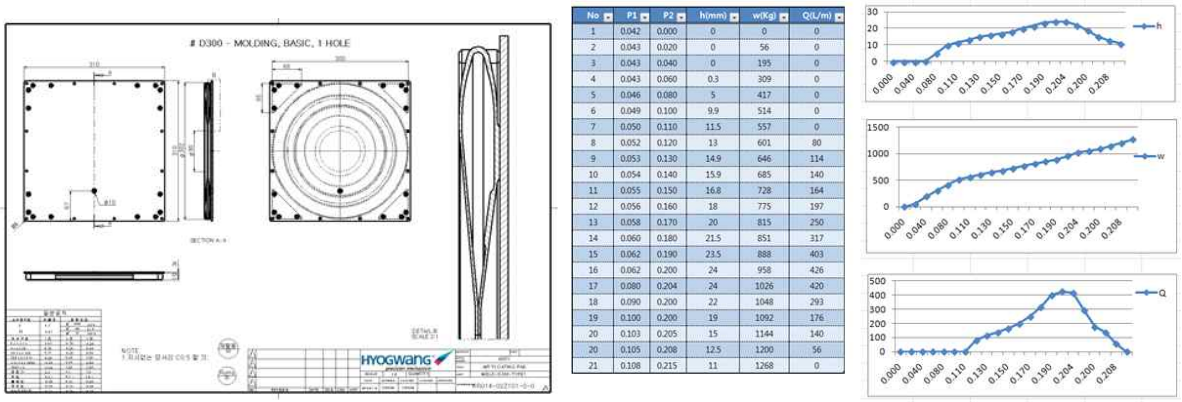


그림 3.3.87 Transporter Frame

- Air Cushion



No	P1	P2	h(mm)	w(Kg)	Q(L/m)
1	0.042	0.000	0	0	0
2	0.043	0.020	0	56	0
3	0.043	0.040	0	195	0
4	0.043	0.060	0.3	309	0
5	0.046	0.080	5	417	0
6	0.049	0.100	9.9	514	0
7	0.050	0.110	11.5	557	0
8	0.052	0.120	13	601	80
9	0.053	0.130	14.9	646	114
10	0.054	0.140	15.9	685	140
11	0.055	0.150	16.8	728	164
12	0.056	0.160	18	775	197
13	0.058	0.170	20	815	250
14	0.060	0.180	21.5	851	317
15	0.062	0.190	23.5	888	403
16	0.062	0.200	24	958	426
17	0.080	0.204	24	1026	420
18	0.090	0.200	22	1048	293
19	0.100	0.200	19	1092	176
20	0.103	0.205	15	1144	140
20	0.105	0.208	12.5	1200	56
21	0.108	0.215	11	1268	0

그림 3.3.88 Ø300 Air Cushion

- Ø300 Air Cushion : Load Capacity 1200kg/ea at 2bar (이론치)
  : 950kg/ea at 2bar (실험치),
- Transporter 이동 시 자유도 확보를 위한 2개의 Drive Unit.

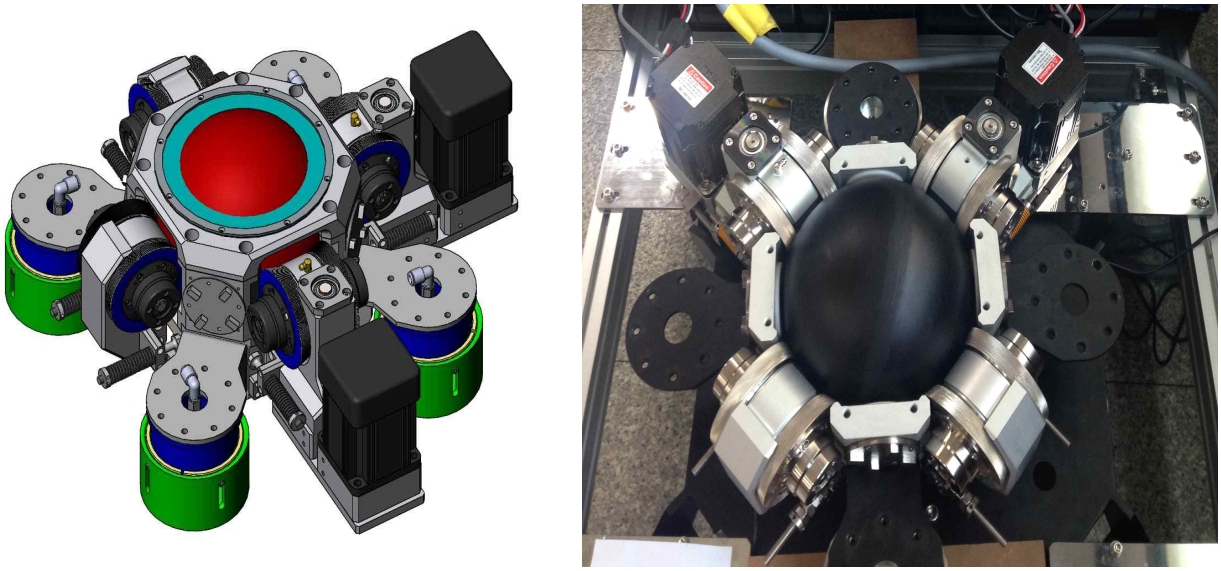


그림 3.3.89 Ball Drive Unit

> 400W DC Motor 2ea/unit (45° 배치)
> Ø200 우레탄 볼 (금형 몰딩 제작, 쇼어 경도 A70 상당)
> 차동 Wheel 4set/unit (Motor 구동용 2set, Tension용 2set)

- 독립적인 구동을 위한 Battery 및 충전 Unit.



그림 3.3.90 Battery unit

- 12V 80AH 납축전지 4ea 직렬 및 병렬연결로 24V 사용.

- Air Cushion 및 Drive Unit에 사용되는 공압을 조절할 Air Utility.

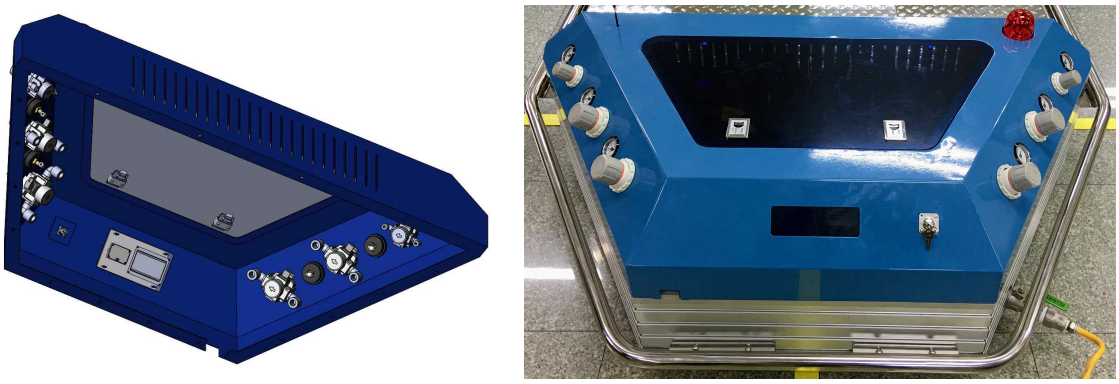


그림 3.3.91 Air Control Utility

- 전면부 정보패널 및 메인 키 : 배터리 잔량 표시 및 적재 무게 표시와 설비 상태 및 Error 표시
- 안테나 : 유·무선 조종을 위한 수신기 안테나.
- 차폭등 : 시야 안전성을 위한 Side Lamp.
- 전장 Part : 모터 드라이버 및 각 모듈에 파워를 분배.

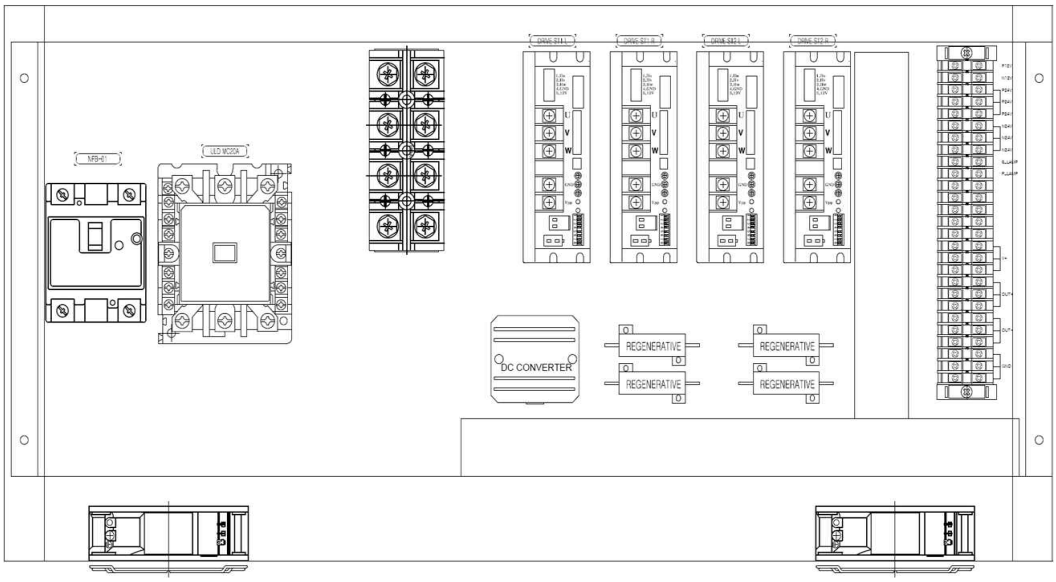


그림 3.3.92 전장 도면

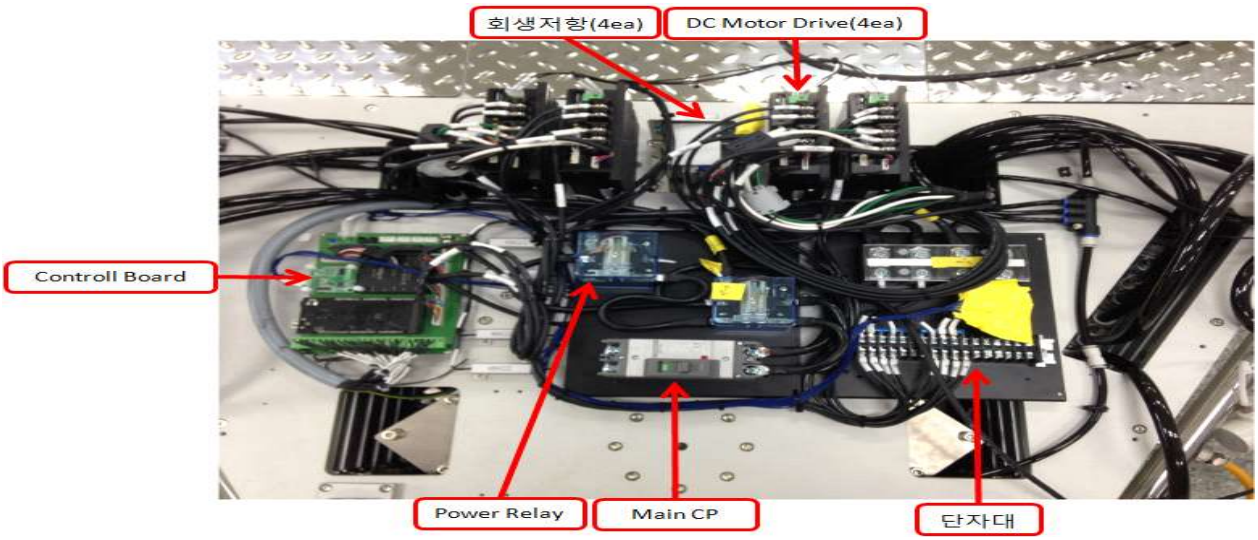


그림 3.3.93 전장 제어부

㉠ Main CP : 메인 전기는 24V를 이용하며 과전류 혹은 이상 전류가 발생 시 차단

㉡ Power Relay : 충전과 사용 시의 전류 흐름을 전환 하는 Relay.

㉢ DC Motor Dirve : 400W DC Motor를 제어 하는 Unit. 1개의 Drive가 1개 Motor를 제어 함. 총 4개의 Drive가 장착 됨.

㉣ Controll Board : 아두이노와 DC Converter로 구성된 보드. Ball Drive Module 제어 및 LCD 상태 표시.

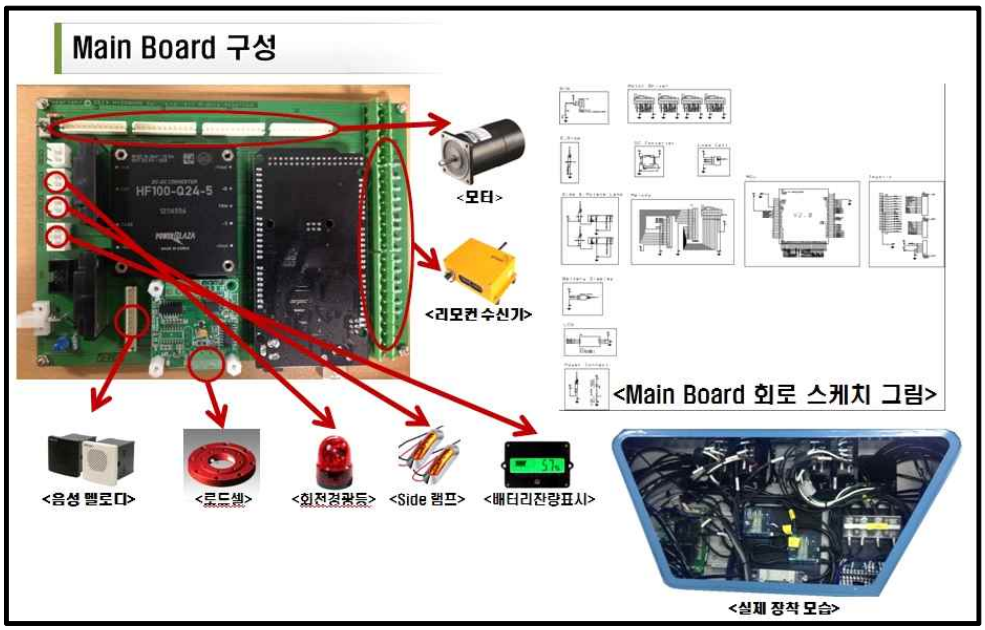


그림 3.3.94 Controller Board

㉤ 회생저항 : Motor에서 발생되는 이상전류를 회생저항에서 발열에너지로 소거.

㉥ 단자대 : 전장 Part와 각 전기가 필요 하는 부품과 연결

- Air 공급부 : 전체 Air 공급 및 각 Air Pad에 분배하여 공급.
- 차폭등과 거리센서: 5m 이내에 물체 감지 시 알람 발생 및 안전성을 위한 Side Lamp 장착.
- Load cell : 적재 하중을 측정할 Loadcell.

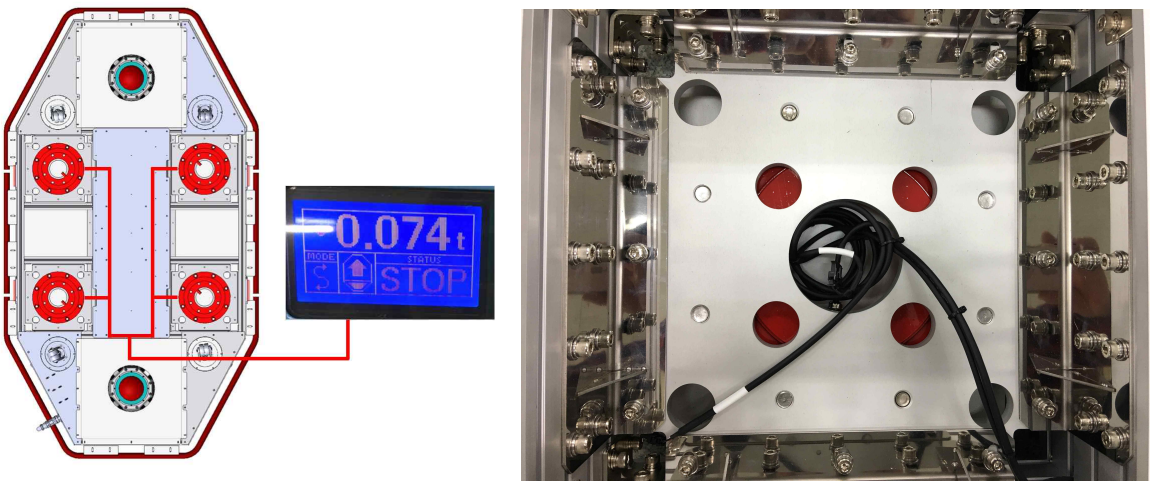


그림 3.3.95 Load cell의 구성

- 총 4개의 Loadcell이 장착 되며 위 그림과 같이 각 Loadcell에서 측정된 값은 고정밀 Loadcell 전자저울 모듈에서 합산하여 전면 정보 패널 LCD표시 됨

- Load cell Indicator

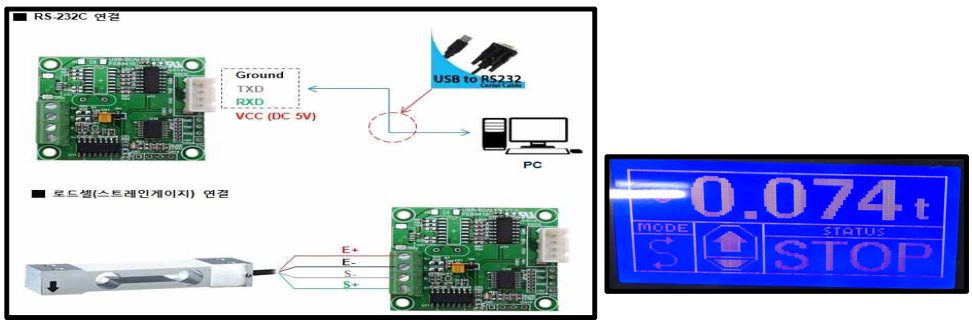


그림 3.3.96 Load cell 모듈

(2) Air Cushion Transporter 제어 알고리즘

- Steering Mode #1

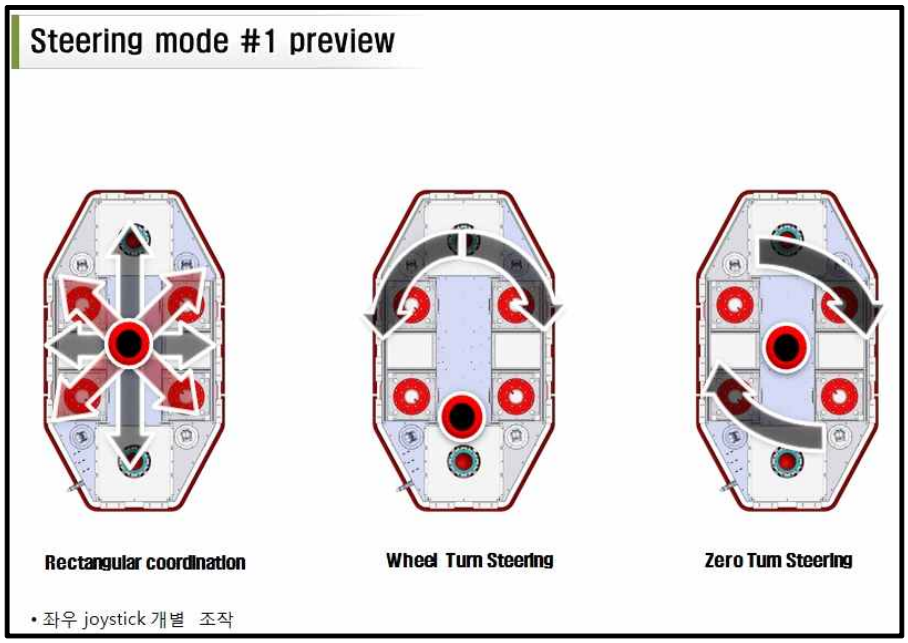


그림 3.3.97 Air Cushion Transporter Steering mode #1

㉠ Rectangular Coordination : 기본적인 대차의 동작으로 전후진 및 좌우, 사선의 움직임 동작이 가능.

㉡ Wheel Turn Steering : Ball Drive의 한축은 고정 다른 한축은 좌우 회전.

㉢ Zero Turn Steering : Ball Drive의 앞뒤가 서로 다른 방향으로 회전을 하여 회전 반경 극소화

- Steering Mode #2

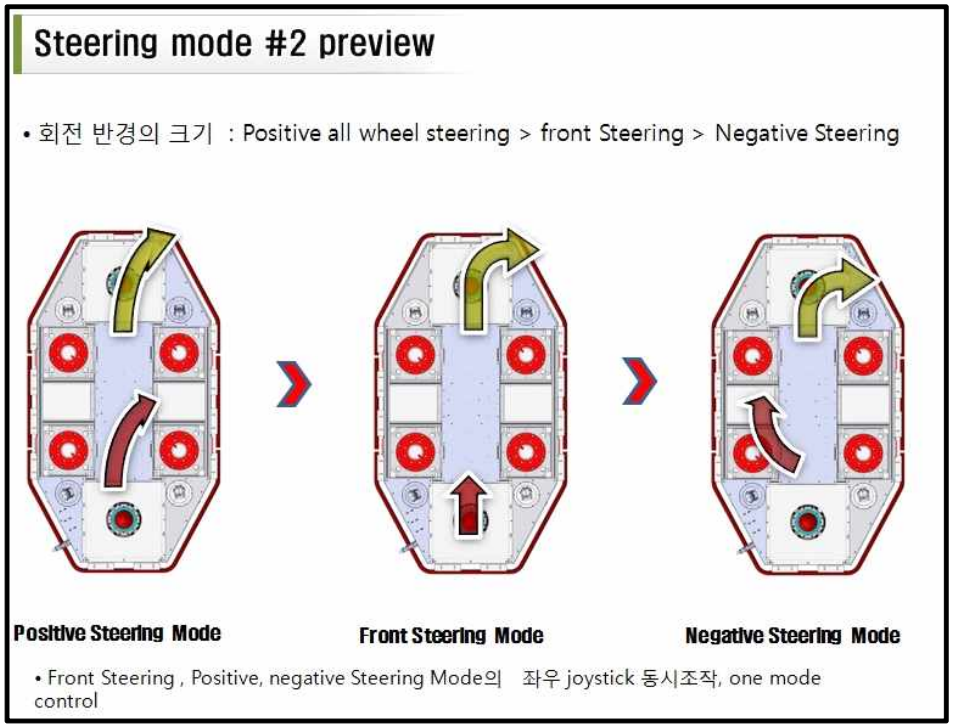


그림 3.3.98 Air Cushion Transporter Steering mode #2

㉠ Positive Steering Mode : Ball Drive의 진행 방향은 같되 앞쪽 Ball Drive는 뒤쪽 Ball Drive보다 많은 각도로 회전하게 됨. Air Cushion Transporter가 빠른 속도로 진행 중 회전 시 유리한 Turn 방식.

㉡ Front Steering Mode: 기본적인 회전이며 제어가 쉽다. 단 앞뒤의 Ball Drive 회전 속도가 다름.

㉢ Negative Steering Mode : 대차가 저속으로 이동 중 최대의 각으로 회전 시 요구 되는 방식.

- 위 방식의 제어 방법이 필요한 이유는 이동 시 Air Cushion Transporter의 적재물이낙하하지 않고 이동 경로를 원활하게 이동하려는 목적이 있다.

(3) Air Cushion Transporter Moving Test

○ 실험 조건

- Air Cushion Transporter에 Ball Type Module을 장착 후 Steering Mode Test
- Steering Mode는 Test용 Transporter에서 Test한 방식과 동일한 방법으로 함.
- 바닥면은 Air Cushion의 부상 Test를 동시에 실시하므로 PVC판을 설치함.
- Air Cushion Transporter에 장착된 가이드 바퀴가 바닥면에 닿지 않고 Ball Type Module의 견인력 힘으로 Steering Mode를 Test함.

○ 실험 방법

- Ball Type Module을 Air Cushion Transporter에 장착 함.
- Air Cushion에 Air 압력을 가해 가이드 바퀴가 바닥면에서 부상됨.
- Air Cushion의 부상 및 조향모드 시험을 위한 경계영역 설정
- Steering Mode는 Test용 Transporter와 동일한 조작을 함.

○ 실험 내용

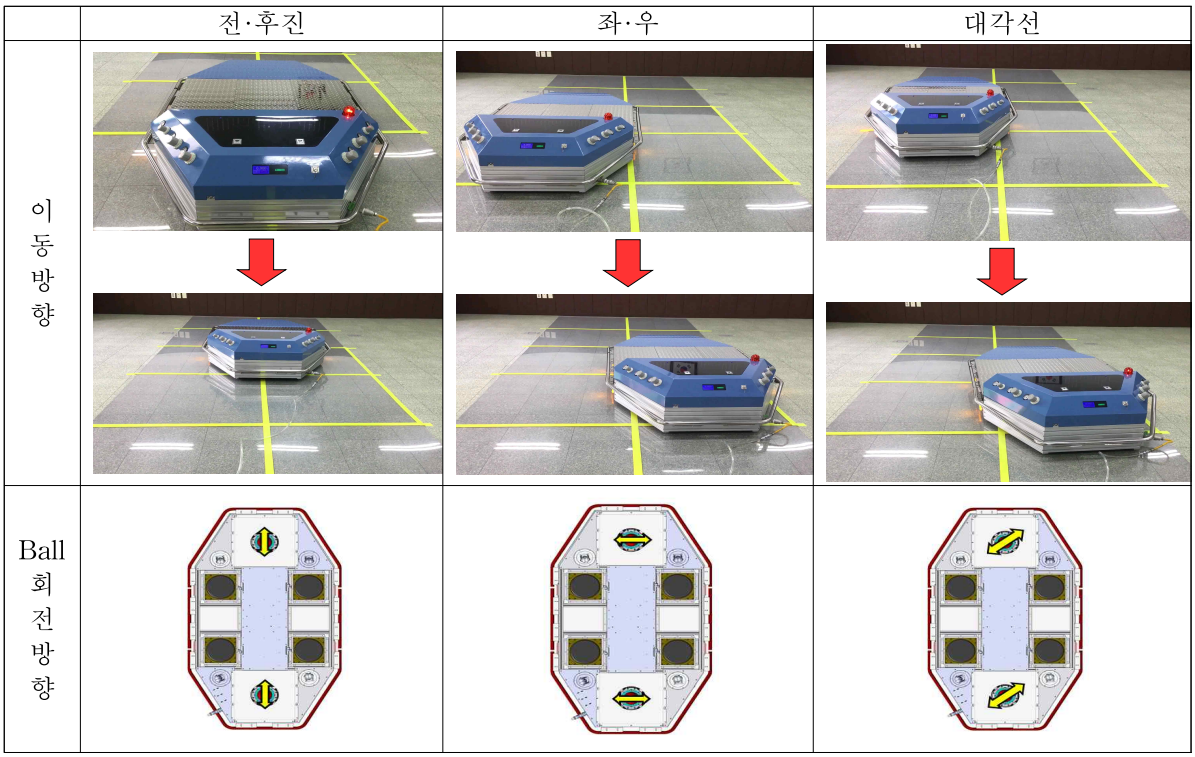


그림 3.3.99 직선(전·후) / 좌·우 / 대각선 Steering Mode

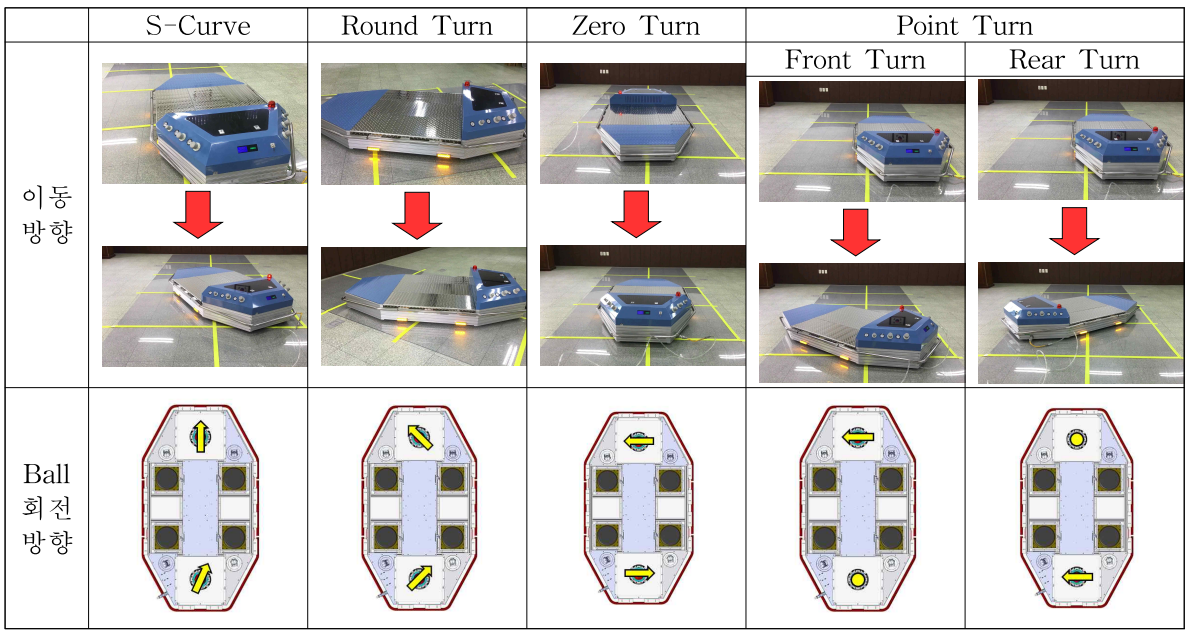


그림 3.3.100 Curve 및 Turn Steering Mode



그림 3.3.101 Air Cushion Transporter 부상 높이

- Air Cushion Transporter에 Air를 가압 후 Rectangular Coordination Mode와 Curve 및 Turn Steering Mode를 Test함. Air Cushion에 0.25bar의 압력을 가하고 약 800Kg의 무게인 Air Cushion Transporter는 프레임 기준 바닥면에서 약 7mm정도 부상 했으며 Air Pad는 가이드 바퀴보다 7mm 더 높은 곳에 장착되어 있기에 총 14mm가 부상 됨. ∅300 Air Pad는 총 4개가 장착되며 Max 3ton을 부상 할 수 있음

○ 실험 결과

- 이전 Test용 Transporter에서 조작한 Steering Mode와 Air Cushion Transporter teering Mode와 차이점은 없음. Air Cushion의 운용 바닥 조건 때문에 바닥면에 PVC판을 설치하여 설비 이동 시작점에 Ball과 PVC판의 Slip이 간혹 발생 함. Test장소가 우레탄 코딩이 된 바닥면이면 Slip이 발생 하지 않을 것으로 판단 됨. 그 외 일반 바닥면에서 Air Cushion의 부상 없이 이동도 Test용 Transporter와 동일한 속도와 조작 용이성 보임.

(4) 2017 국토교통기술대전 / 물류산업 채용박람회 참가





그림 3.3.102 에어쿠션 트랜스포터 전시 및 시연

6. 5ton 이하급 에어쿠션 트랜스포터 시제품 설계/제작 및 현장시험 평가

(1) 300mm급 Air Cushion Modular 시제품 설계 /제작

○ Modular Air cushion system 제작

- Air Cushion Modular 시제품 설계 및 제작

· 3ton/2bar 4Set구성 Air Cushion Module 시제품 제작, 에어쿠션 트랜스포터 장착

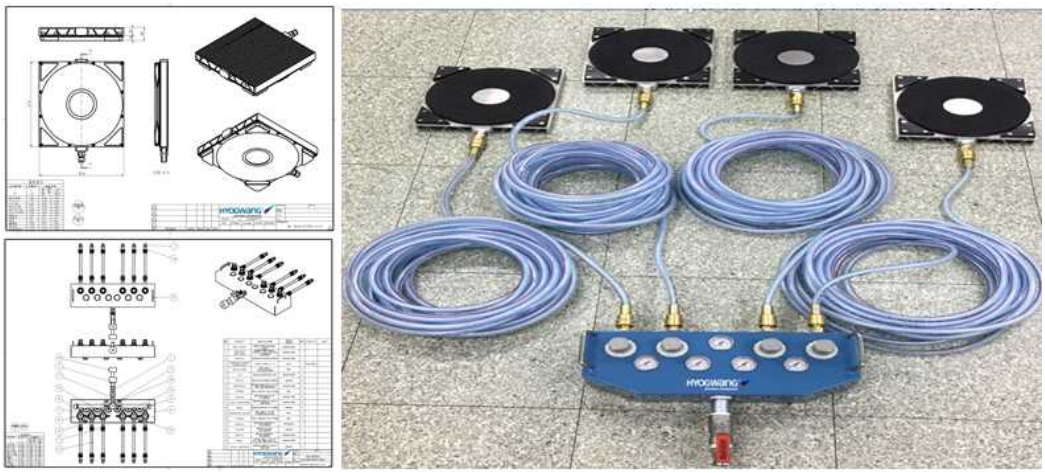


그림 3.3.103 에어쿠션 Modular 시제품

(2) 5ton 이하급 Air Cushion Modular 시제품 설계 /제작

○ Air Cushion Transporter

- 두 개의 Wheel Drive Module과 Ø300 Air Pad를 이용하여 Transporter를 구동.
- Air Cushion Transporter는 Max 3ton의 가반 하중을 적재 및 부상 가능 함. 보조 휠 장착 시 5ton적재가능
- Wheel Drive Module의 Steering Mode도 제어 가능 함.

○ Air Cushion Transporter 구성

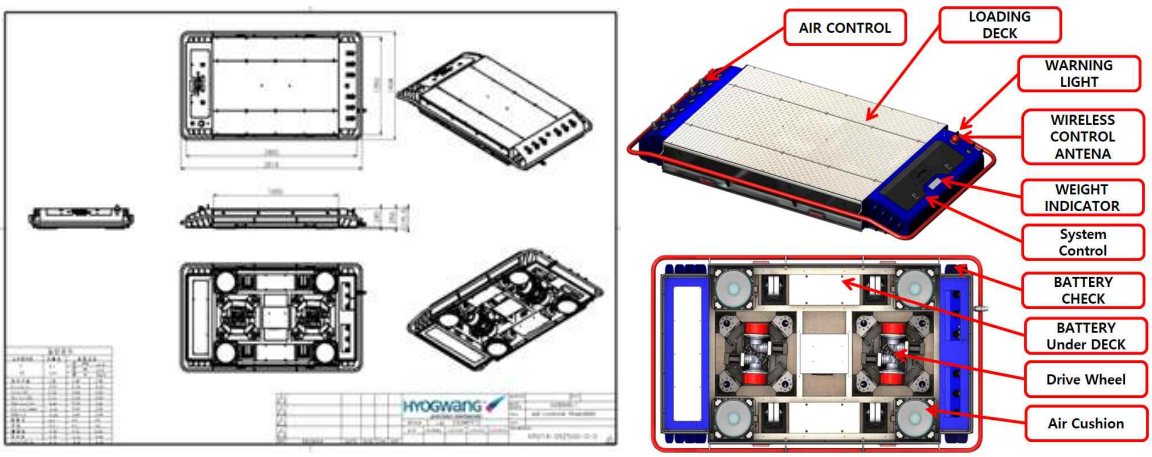


그림 3.3.104 에어쿠션 Transporter 구성

○ Air Cushion Transporter 시제품 외형

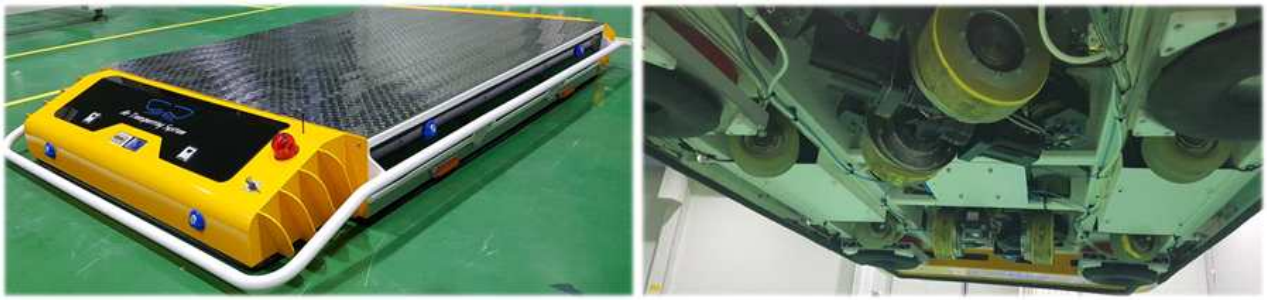


그림 3.3.105 에어쿠션 Transporter 구성

(3) Air Cushion Modular 적용 시제품 및 에어쿠션 트랜스포터의 현장 적용 평가

○ 대형금형용 공정이동 적용시험평가

- 적용 작업장 환경



그림 3.3.106 에어쿠션 Transporter 적용시험 작업장

· 금형제품의 가공 및 시 사출 공정설비가 배치된 사업장으로 각 가공공정 및 시 사출 공정 간의 운반을 일반 대차 및 바닥면 레일설치 차륜대차로 인력에 의한 이송에 의존하는 작업 환경으로 수톤~수십톤의 금형 제품의 취급이 이뤄지고 있어 본과제의Air Cushion System 에 의한 운반 및 취급, 작업자의 안전 및 취급 노동강도 극소화 방안을 검토 함

- 현장 적용시험

· Air Cushion Modular system이 장착된 금형운반용 레일가이드 대차를 적용 시험평가 실시

· 기존의 휠 hand Carrier 의 대체 Air Cushion 장착 Carrier 노동환경개선 이점 및 안전성 향상 제안

· 인력에 의한 휠 대차 대비 Air 공급에 대한 Solution 및 현장 적용성 평가실시, 반복 빈도가 높은 작업장 환경상 압축공기 공급배관의 처리방식 고려필요



그림 3.3.107 에어쿠션 Transporter 현장적용시험

○ 초대형 가공물 공정이동 적용시험평가

- 대형 MCT 공작물을 가공하는 부품가공 작업환경으로 최대 20ton 상당의 중량물을 가공, 취급하는 환경이며 가공소재의 입고와 작업장 내 중량가공물 공정이송을 지게차에 의존하고 있어 작업장 내 안전 및 청정관리의 난점이 있고 작업장 공정관리 개선 및 청정 환경 기반 조성 필요



그림 3.3.108 에어쿠션 트랜스포터 Test용 초대형 가공물

- 야적 대형 가공물 소재를 지게차를 이용 가공작업장 내로 운반 및 가공 설비에 안착하는 작업공정으로 작업자 안전 및 작업자 내 오염이 지속적으로 발생하고 있으며 작업완료 제품의 취급에 있어 잦은 취급 부주의로 인한 외관 손상 등의 불량이 지속 발생되고 있는 환경임

○ Air Cushion System의 제품 기능설명 및 현장 맞춤 Application 도출

- 작업장 내 안전 및 청정도 관리 개선 방안 제시 및 개발품 시연
- 작업장 내 중량 물 이송 관련 에어쿠션 Modular 도입 및 transporter 도입
- 작업장 내 공정이송 전용 운용-공정이동 중량물 3ton 상당의 ingot 작업장 내 이송 시험 실시 (에어쿠션 및 보조 휠 겸용운용 시 5 ton 운용 가능)

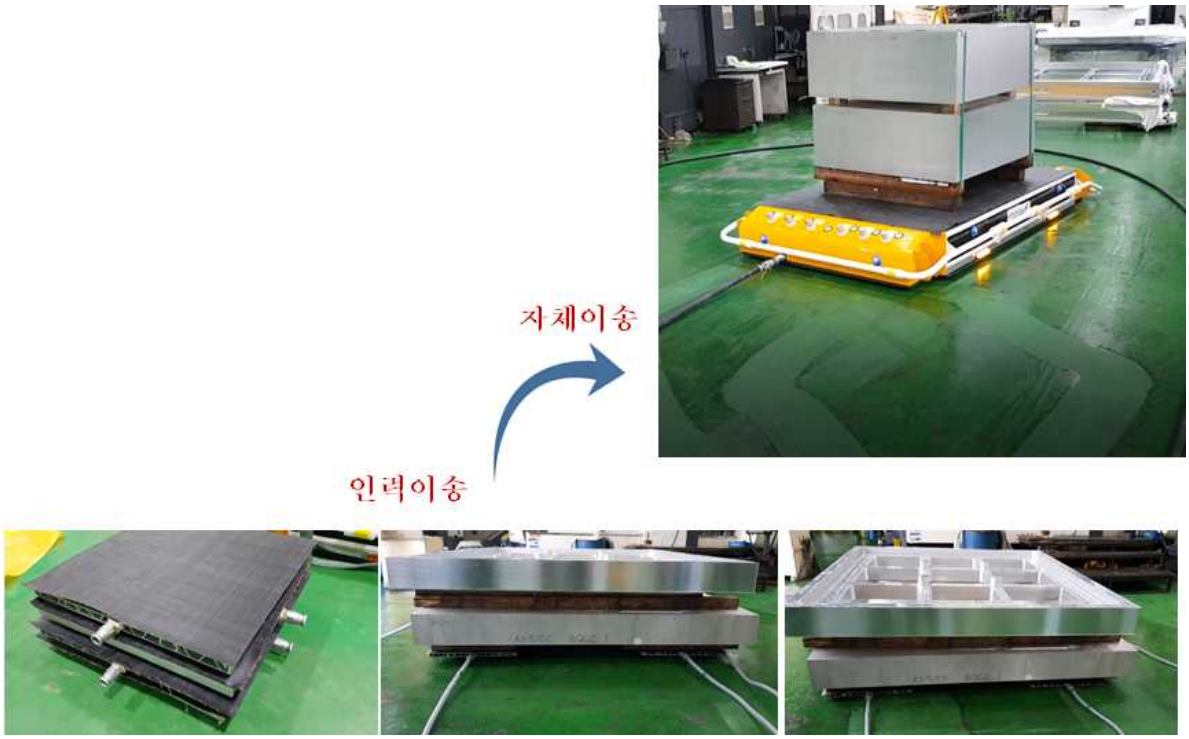


그림 3.3.109 초대형 가공물 공정이동 시험

○ 2018 국제물류산업 전시회 참가



그림 3.3.110 국제물류산업 전시회 참가 포스터

제4절 사각 에어쿠션 및 턴테이블의 상용화 연구

1. 사각형상의 에어쿠션, 전용 캐리어 설계/제작

(1) 사각 에어쿠션 형상 연구 및 시제품 제작 및 시험지그 설계

- 사각 에어쿠션 형상의 설계를 위한 다양한 구조에 대한 개념 설계 실시
- 개념 설계를 바탕으로 브레인스토밍을 실시하여 후보구조 선택
- 선택된 모델군의 도면 작성
- 각 부품의 제작을 위한 상세도 및 부품도 작성
- 작성된 도면을 이용한 각 요소 부품 제작
- 실리콘 경도 70도 재질의 성형 및 제작을 위한 몰드 제작
- 실리콘의 접합을 위한 접합부의 구조 및 접합제 연구
- 다양한 재질 탐색 연구 수행
- 실리콘과 기타 기계부품의 조립을 위한 절차 및 고려사항 탐구
- 구조적 신뢰도 향상을 위한 방안 탐구 및 아이디어 도출

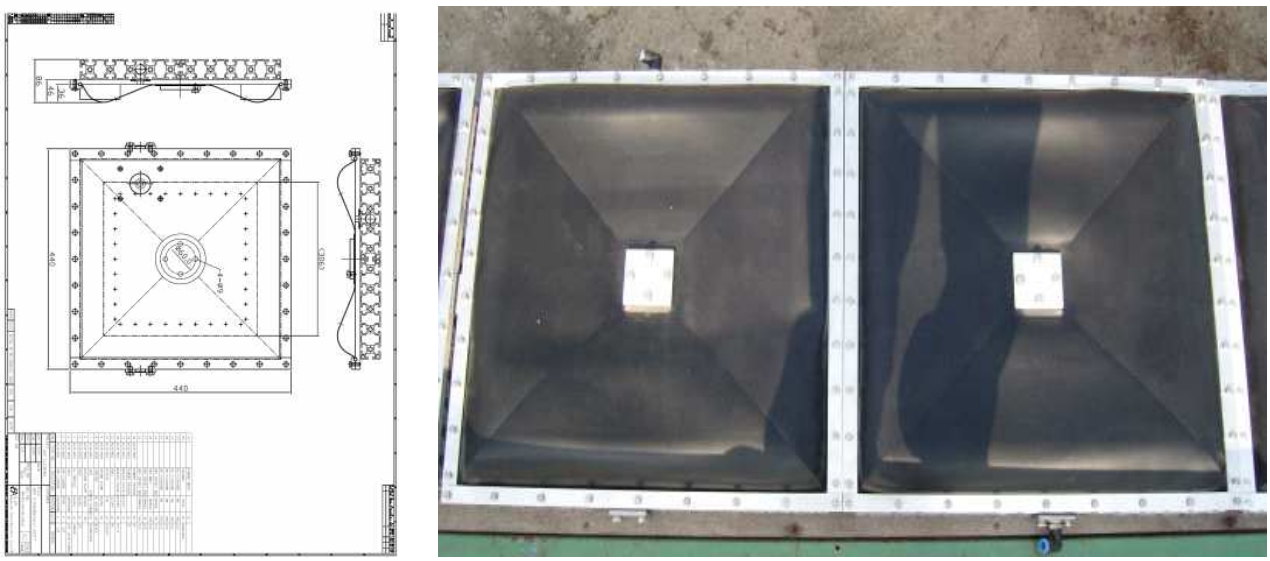


그림 3.4.1 제작된 사각형상의 에어쿠션

(2) 사각 에어쿠션 장착 캐리어 설계/제작

- 에어쿠션 모듈 장착 및 하물 운반을 고려한 이송 캐리어 고안 및 설계안 도출
- 컴퓨터를 이용한 2D, 3D 설계 및 상세도 및 부품도 작성
- 컴퓨터상에서 조립을 통한 부품 간 간섭 점검 및 조립 가능성 확인
- 각 부품 기계가공 및 부품 제작 완료

- 제작된 부품을 이용한 조립 작업 수행
- 부하에 따른 중량물의 캐리어 설계/제작



그림 3.4.2 제작된 사각형상의 캐리어

(3) Load Scale이 탑재된 에어쿠션모듈제작

- 개념 설계를 바탕으로 브레인스토밍을 실시하여 선택
- 선택된 모델군의 설계를 위하여 2D, 3D 설계 프로그램을 통한 도면 작성
- 각 부품의 제작을 위한 상세도 및 부품도 작성
- Load Scale이 탑재된 모듈제작

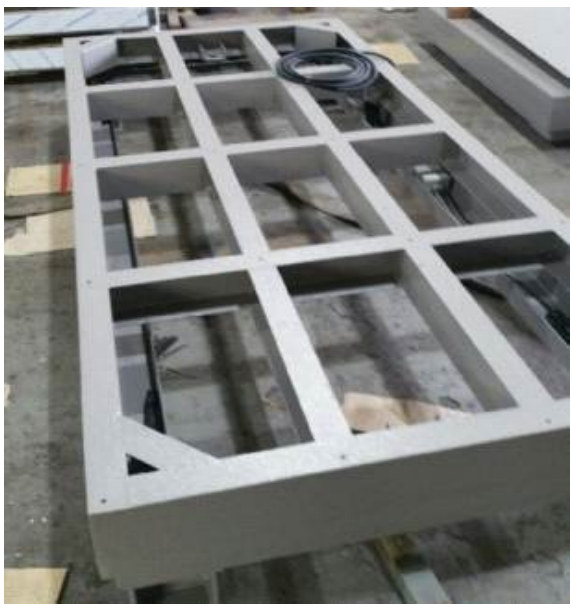




그림 3.4.3 Load Scale이 탑재된 에어쿠션모듈

(4) 에어쿠션 결합 부위의 결합력 개선

- 에어쿠션에 에어를 주입 시 에어쿠션 베이스와 시트의 결합면 일부에서는 에어가 누출 되는 현상발생



그림 3.4.4 에어쿠션 에어 누출부

- 문제점 원인 분석

· 에어쿠션 베이스와 시트의 결합 구조에서 시트를 베이스에 압착시키는 원형 가이드의 치수가 작아서 베이스에 시트를 충분한 압력으로 밀착시키지 못하여 에어의 압력이 증가 시 시트가 베이스에서 이탈되는 현상이 발생하여, 그 틈으로 에어의 누출 현상이 발생되는 것으로 추정.

- 제품 및 도면 검토

· 제품 및 도면 검토 결과, 결합 부위의 O-RING 의 치수가 작아서, 결합 부위의 RUBBER 시트와 BASE의 결합력이 부족하여, 에어의 압력이 증가 되었을 시, 결합 부위에 틈이 발생하여 그 부분으로 에어의 누출 현상이 발생한 것으로 보임.

- 대책 및 조치

· O-RING 의 치수를 기존 ∅5에서 ∅6로 변경하여, 베이스와 시트의 결합 시 충분한 압력으로 체결되도록 함.

· 도면에 수정 사항 반영.

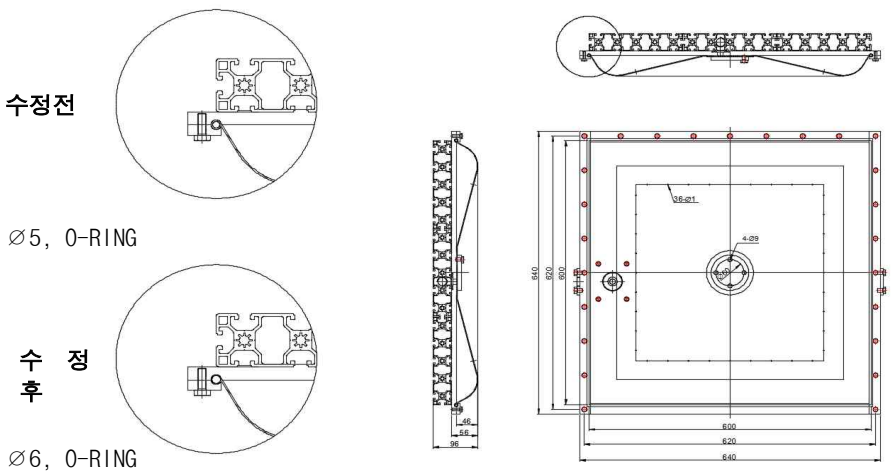


그림 3.4.5 에어쿠션 문제점 수정

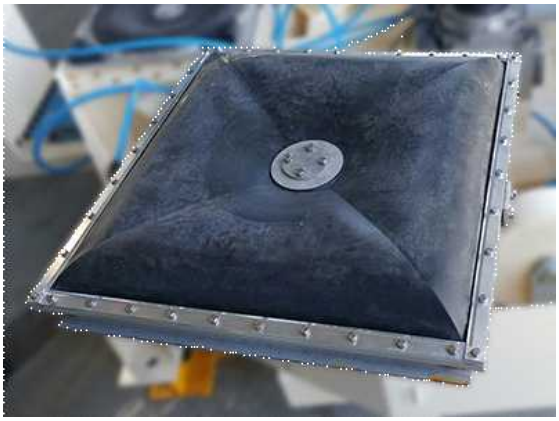


그림 3.4.6 에어쿠션 문제점 수정 후 제품 사진

- O-RING 의 치수를 기존 ∅6로 변경하여, 테스트 한 결과, 에어쿠션 시트의 이탈 현상 없으며, 에어의 누출 현상도 발생하지 않았다.

2. 사각 에어쿠션 부상 모듈

- 2차년도에 제작된 사각 에어쿠션을 장착하고, 마이크로 컨트롤러에 의한 지능적 제어를 적용한 스마트 사각 에어쿠션 부상 모듈을 제작하였다.
- 제품의 스마트화를 위해, 32BIT 마이크로 컨트롤러를 사용하고, 현시 장치로써 TFT COLOR LCD를 적용하였으며, 터치스크린 기능을 구현하여, 발전하는 기술의 흐름에 발을 맞추었다. 또한, 시제품 제어의 적정성, 제품 기능의 적합성, 사용의 편의성 등을 테스트 하였다.



그림 3.4.7 사각 에어쿠션 부상모듈

- 사각 에어쿠션 부상 모듈 하부에 2개의 사각 에어쿠션(square air cushion)을 부착하여, 에어컴프레샤(Air Compressor)를 통해 를 공급하여, 중량물을 안전하게 이송할 수 있도록 하였다.
- 사각에어쿠션(square air cushion) 각 모서리에 4개의 볼 캐스터를 설치하여, 중량물을 싣지 않은 경우나 대차만을 이동 시킬 때, 편리한 이동이 될 수 있도록 했다.
- 볼 캐스터의 높이를 사각 에어쿠션(square air cushion)에 에어가 공급되었을 때는 지면으로부터 떨어지게 에어쿠션의 팽창 높이 보다 낮게 설계하여, 에어쿠션을 이용한 이동시 문제가 없도록 하였다.

- 제품의 스마트화를 위해 32bit 마이크로 컨트롤러를 적용하여, 제어 프로그램에 의한 자동 제어가 가능하게 하였다.
- 에어쿠션에 에어의 공급하는 방법을 전자 솔레노이드를 사용하여, 프로그램에 의한 제어가 가능하도록 하였다.
- 현시장치로는 7인치 TFT 터치스크린을 적용하여, 사용자의 편이성을 증대시키고, 제품의 품질 향상을 도모 하였다.
- 조작의 방법으로 터치스크린 상에 배치된 버튼 아이콘으로 조작하도록 하여서, 제품의 안정성을 증대시켰다.
- 중량물을 이송하는 장비의 특성상, 안전을 도모하기 위해, 비상 상황 시 제어 판넬 오른쪽에 배치된 비상 정지 스위치를 사용하여, 에어쿠션에 에어를 순간적으로 차단 할 수 있도록 하여, 사용자의 안전을 확보하였다.
- 사각 에어쿠션 부상 모듈 내부에 배터리를 내장하여, 별도의 외부 전원 공급 없이 제품이 작동되도록 하여 편의성을 증대시켰다.
- 배터리 충전 모듈을 내장하여 배터리 충전시 안정성을 확보하였다.

□ 시제품 사양

○ 기계적 사양

- 구조 : 구조용 형강, 용접 구조
- 하중 분산형 구조 설계 적용.
- 규격 : 1700mm x 800mm x 832mm
- 도장 : 분체 도장

□ 시제품 도면

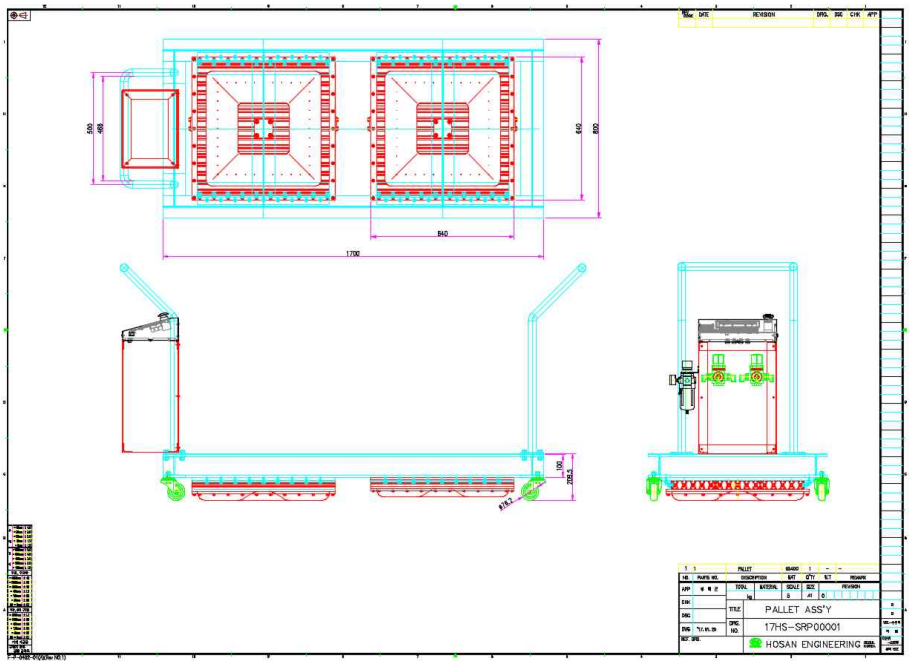


그림 3.4.8 사각 에어쿠션 부상모듈 도면

□ 시제품 제작 사진

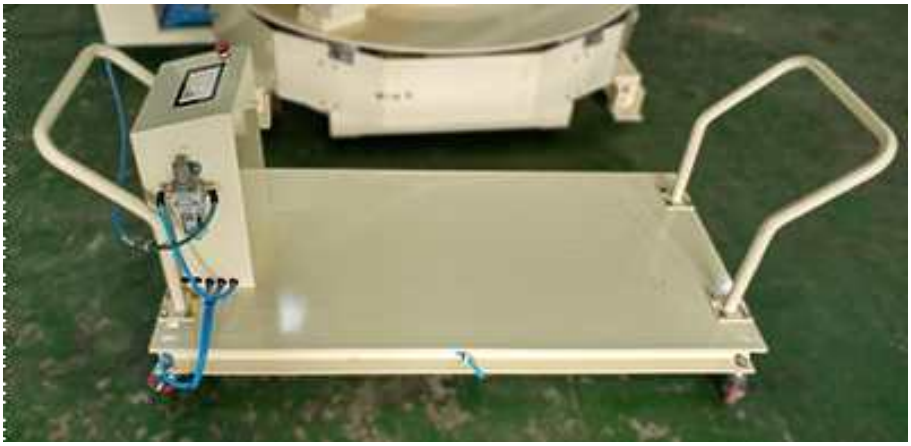






그림 3.4.9 사각 에어쿠션 부상모듈 시제품

(4) 사각 형상의 에어쿠션 부상 모듈로 완벽한 부상 구현

- 컴퓨터를 이용한 2D, 3D 설계 및 상세도 및 부품도 작성
- 모듈 개념 설계 실시
- 개념 설계를 바탕으로 브레인스토밍을 실시하여 선택
- 컴퓨터 상에서 조립 시뮬레이션을 통한 부품 간 간섭 점검 및 조립 가능성 확인
- 각 부품 기계가공 및 부품 제작 완료
- 제작된 부품을 이용한 조립 작업 수행
- TFT LCD를 통한 현시 장치.
- 사각 에어쿠션 부상 모듈 제작 완료.

3. 턴테이블 부착형 에어쿠션 부상 모듈 시제품 제작

□ 6ton급 속도 가변형 턴테이블 부착형 자바라식 AIR LIFT 용도

- 턴테이블 부착형 자바라식 AIR LIFT의 용도는 자바라식 AIR Spring에 공기를 주입하여 Top Frame을 45도 기울기를 형성하면서 6톤 미만의 물건을 편리하게 하역 이동할 수 있도록 하는 장비이다. Geared Motor를 작동시켜 Worm Gear Box를 통해 Top Frame에 장착된 턴테이블을 회전시키는 장비임

- 자바라식 턴테이블 리프트 장치의 성능 개선 연구를 위해 마이크로 컨트롤러에 의한 지능적 제어를 적용하여, 각 장치의 구성을 자동화 하였다. 제품의 자동화를 위해, 32BIT 마이크로 컨트롤러를 적용하고, 현시 장치로써 7인치 TFT COLOR LCD를 적용하였으며, 터치스크린 기능을 구현하였다. 또한 시제품 제어의 적정성, 제품 기능의 적합성, 사용의 편의성 등을 테스트 하였다.

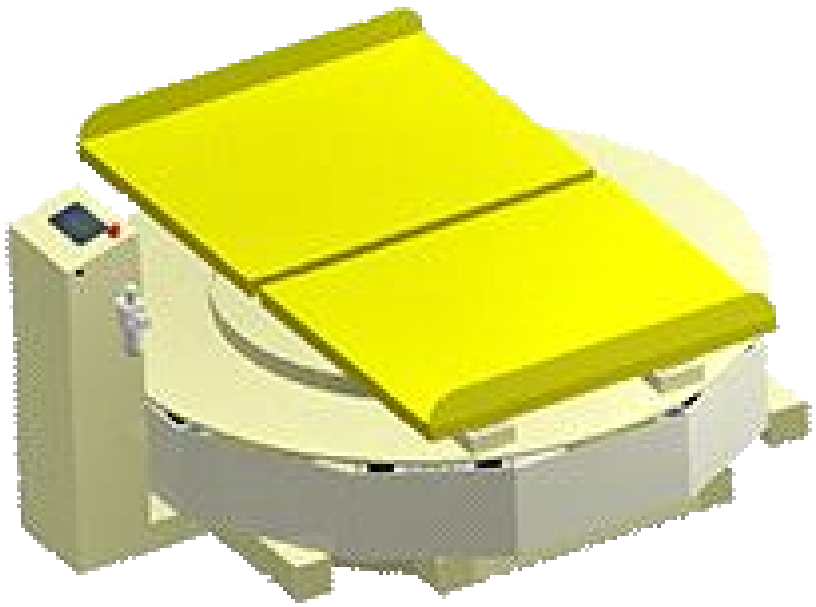


그림 3.4.10 6ton급 속도 가변형 턴테이블 부착형 자바라식 Air LIFT

- 원형 턴테이블 부상 모듈 내부에 6개의 에어쿠션(air cushion)을 부착하여, 에어컴프레샤(Air Compressor)를 통해 를 AIR를 공급하여, 턴테이블을 부상시킴으로써 턴테이블 위의 중량물을 안전하게 적은 동력원으로 이동 시킬수 있게 하였다.
- 제품의 스마트화를 위해 32bit 마이크로 컨트롤러를 적용하여, 턴체이블의 각 제어 요소를 프로그램에 의해 자동 제어가 가능하게 하였다.
- 에어쿠션에 에어의 공급하는 방법을 전자 솔레노이드를 사용하여, 프로그램에 의한 제어가 가능하도록 하였다.

- 현시장치로는 7인치 TFT 터치 스크린을 적용하여, 사용자의 편이성을 증대시키고, 제품의 품질 향상을 도모 하였다.
- 조작의 방법으로 터치스크린상에 배치된 버튼 아이콘으로 조작하도록 하여서, 제품의 안정성을 증대시켰다.
- 중량물을 이송하는 장비의 특성상, 안전을 도모하기 위해, 비상 상황 시 제어 판넬 오른쪽에 배치된 비상 정지 스위치를 사용하여, 에어쿠션에 에어를 순간적으로 차단 할수 있도록 하여, 사용자의 안전을 확보하였다.
- 턴테이블의 회전 각도를 사용자가 임의로 입력 가능하도록 하여, 사용자 편의성을 증가 시켰다.
- 설정 가능한 최대 각도는 : 0 ~ 180도.
- 턴테이블의 회전 각도를 안정적으로 감지하기 위하여, 모터 회전축에 엔코더를 설치하여, 전자적으로 회전수를 감지하고, 이를 마이크로 컨트롤러에 신호를 입력하여, 프로그램에 의해 각도를 계산하고, 제어할 수 있도록 구성하였다.

□ 시제품 사양

○ 기계적 사양

- 구조 : 구조용 형강, 용접 구조
- 하중 분산형 구조 설계 : Computer Simulation 검증설계
- Normal 6ton급 Test 내 변형 강도 확보 (Max 7.5ton~)
- 규격 : 2365mm x 2051mm x 1245mm
- 도장 : 분체 도장

○ 일반 사양

- Main Frame은 적재물 하중과 에어스프링 가압 과정에서의 압력을 견딜 수 있도록 충분한 기계적 강도를 갖는다.
- 특히 직접 하중을 받는 용접구조물은 전둘레 용접을 원칙으로 하고 필요시 보조 하중보조 장치로 하중을 분산.
- 부하하중을 직접 받는 접촉부위는 마모나 면압에 견딜 수 있는 재질 및 적정 열처리
- Air 등의 압력이 인가되는 부위는 반드시 설정 압 내에서 작동되도록 인터록을 설정하고 연계 작동부위에도 Limit를 설정.
- 운전정지 시 낙하 구성요소는 반드시 정지 기능을 갖도록 하며 구동원의 차단 시 정지.
- 기계부품 간의 접촉은 완충장치를 설치함. (스토퍼 등)

□ 시제품 도면

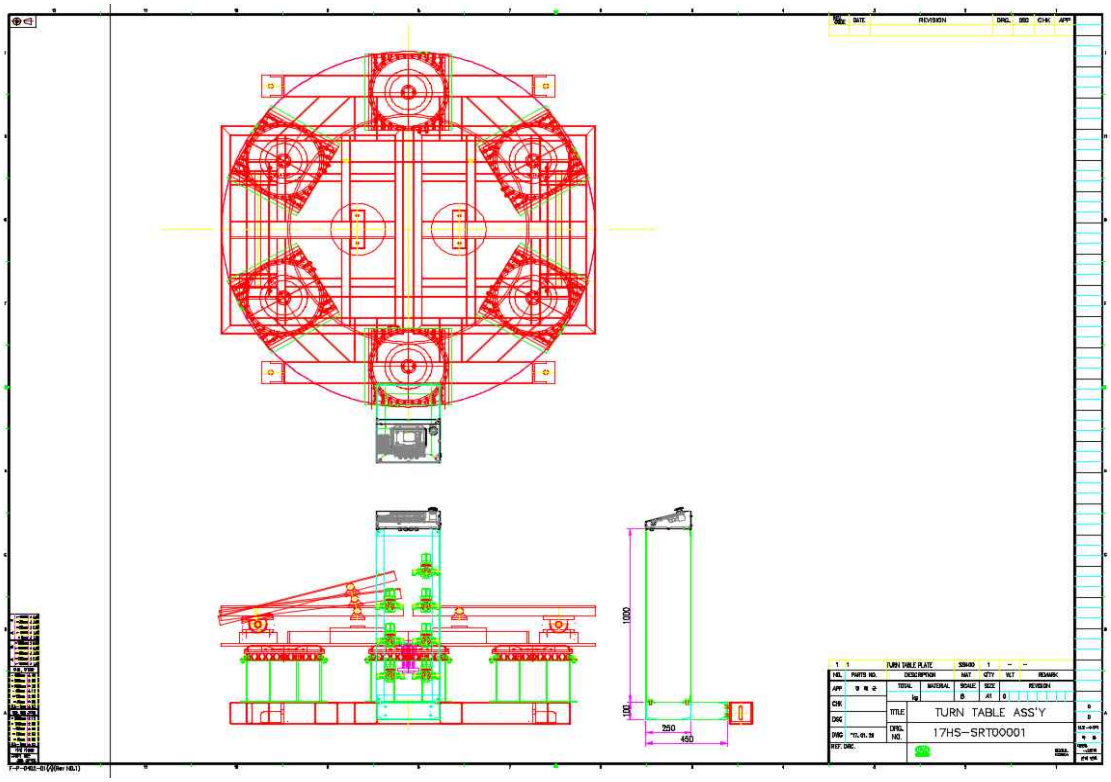


그림 3.4.11 턴테이블 부착형 에어쿠션 도면

□ 시제품 제작 사진

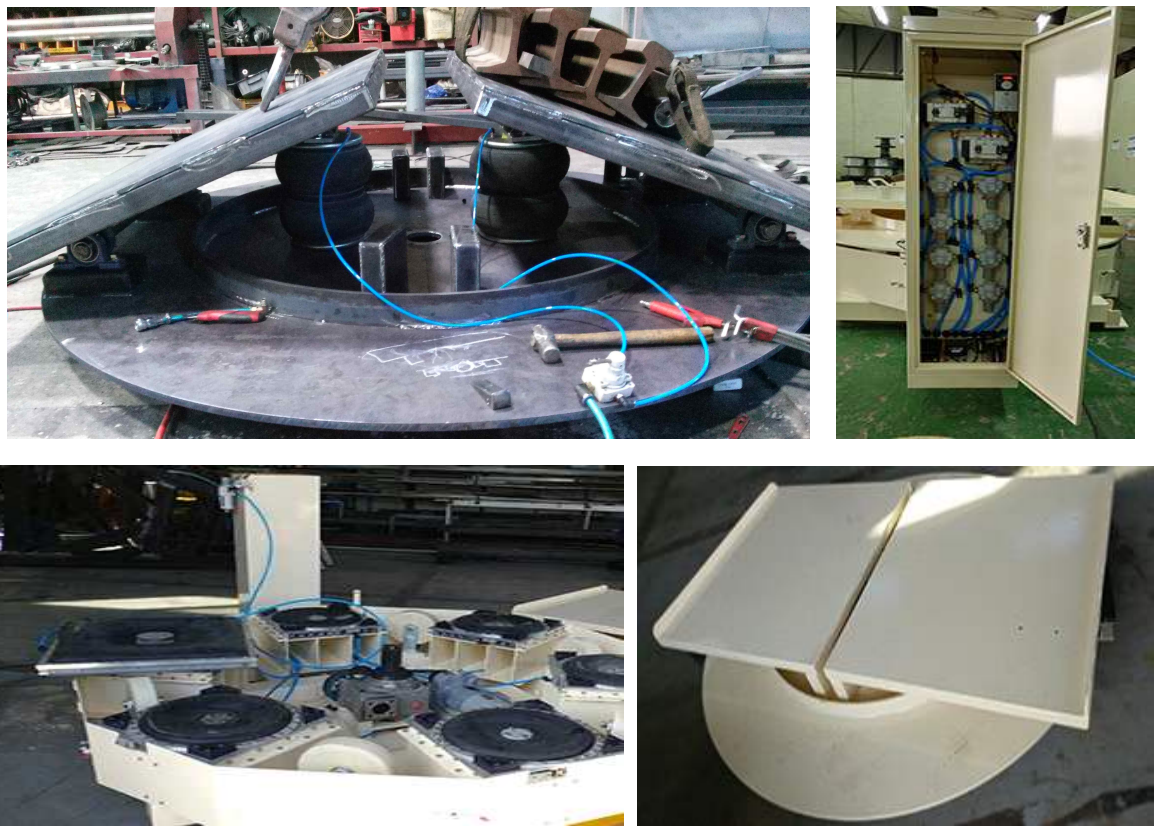


그림 3.4.12 턴테이블 부착형 에어쿠션 시제품

□ 콤팩트한 사이즈의 컨트롤러 설계 및 제작

- 에어쿠션 시제품에 32bit 마이크로 컨트롤러를 보드를 적용하여, 제어 프로그램에 의한 스마트한 제어를 구현 할 수 있도록 하였다.
- 에어쿠션에 에어의 공급하는 방식에 전자 제어 솔레노이드를 사용하여, 전기 신호에 의한 ON/ OFF가 가능하도록 하여, 프로그램에 의한 제어가 가능하도록 하였다.
- 현시 장치로는 7인치 TFT 터치 LCD를 적용하여, 사용자의 편의성을 조작 편의성을 개선하고, 시제품의 품질 향상을 도모 하였다.
- 제품의 조작 방법으로 스크린 상에 정전식 터치 버튼 아이콘을 배치하여 사용자의 화면 터치 조작으로, 제품의 작동을 가능하게 하였다.
- 중량물을 이송하는 장비의 특성상, 안전을 도모하기 위해, 비상 상황 시 제어 판넬 오른쪽에 배치된 비상 정지 스위치를 사용하여, 비상 상황 발생 시 비상 정지 스위치를 누름으로써 에어를 순간적으로 차단 할 수 있도록 하여, 시제품의 안전성을 확보하였다.
- 사각 에어쿠션 부상 모듈의 경우, 장비 내부에 충전 배터리를 내장하여, 별도의 외부 전원 공급 없이도 제품이 동작시킬 수 있도록 하여, 시제품 사용의 편의성을 증대시켰다.
- 또한 배터리 충전장치를 내장하여 충전시 안정적인 충전이 될 수 있도록 하였다

○ 제어 시스템 블록 다이어그램

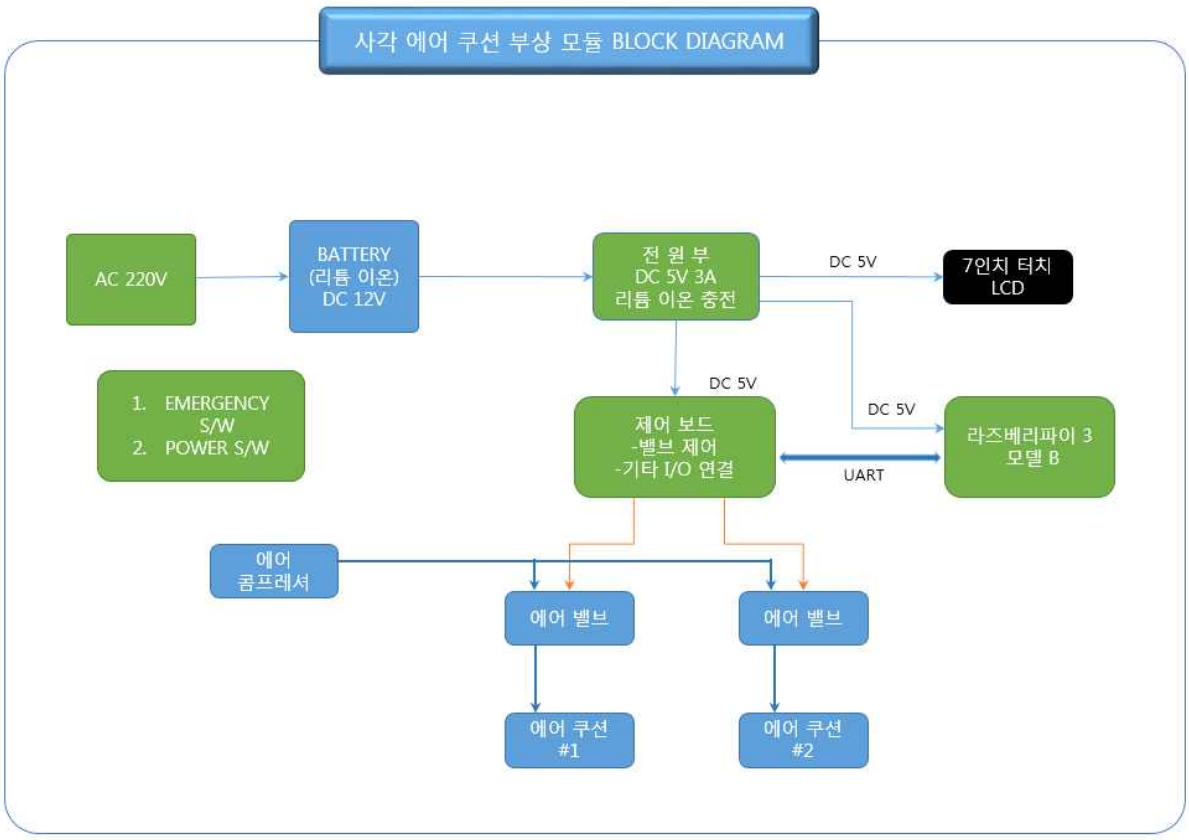


그림 3.4.13 사각에어쿠션 부상모듈 제어시스템 블록 다이어그램

표 3.4.1 사각 에어쿠션 부상모듈 주요 사양표

주요 사양	입력 전원 - AC 220V
	리튬 이온 배터리 내장
	600mm 사각 에어 쿠션 2EA 적용
	현시 장치 - 7인치 터치 TFT LCD

○ 메인 제어 PART

- 현시 장치



그림 3.4.14 사각에어쿠션 부상모듈 현시장치.

- 메인 제어 보드

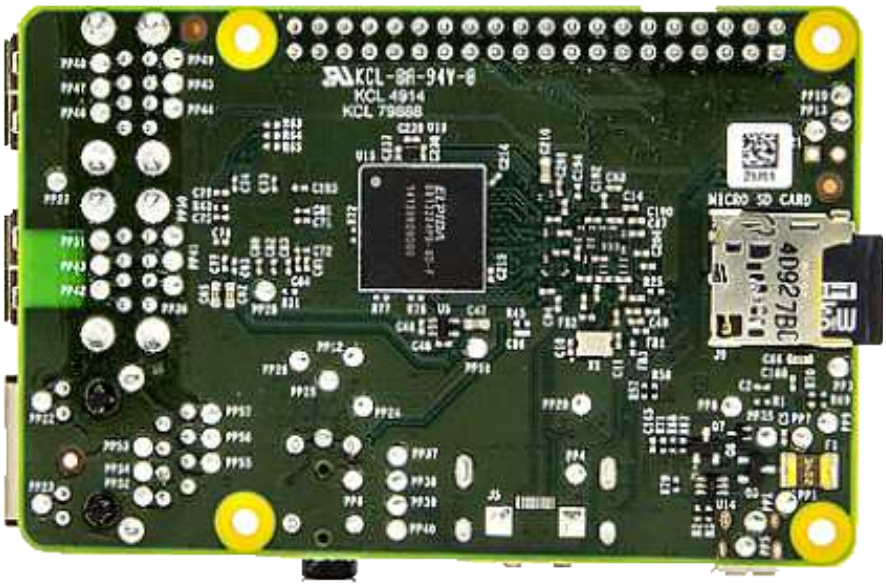


그림 3.4.15 사각에어쿠션 부상모듈 메인 제어보드

표 3.4.2 사각 에어쿠션 부상모듈 메인제어파트 사양

메인 프로세서	Broadcom BCM2836 ARMv7 Quad Core Processor powered Single Board Computer running at 900MHz
메모리	1GB SDRAM @ 450MHz
저장 장치	MicroSD
확장 PORT	4 x USB Ports
전원	1.8A @5V
인터페이스	40 pin
디스플레이 PORT	HDMI / DSI Display port

- 7인치 TFT Touch Screen LCD



그림 3.4.16 7인치 Touch Screen

표 3.4.3 7인치 터치 디스플레이 사양

사 양	7인치 터치 디스플레이
사이즈	194mm x 110mm x 20mm
화면 크기	155mm x 86mm
해상도	4 x USB Ports
Power / Voltage	800 x 400 pixel
터치 기능	10 point 정전식 터치
전원	0.8A @ 5v

- 인터페이스 제어 보드



그림 3.4.17 사각에어쿠션 부상 모듈 제어 보드

- RF 리모컨 제어 보드

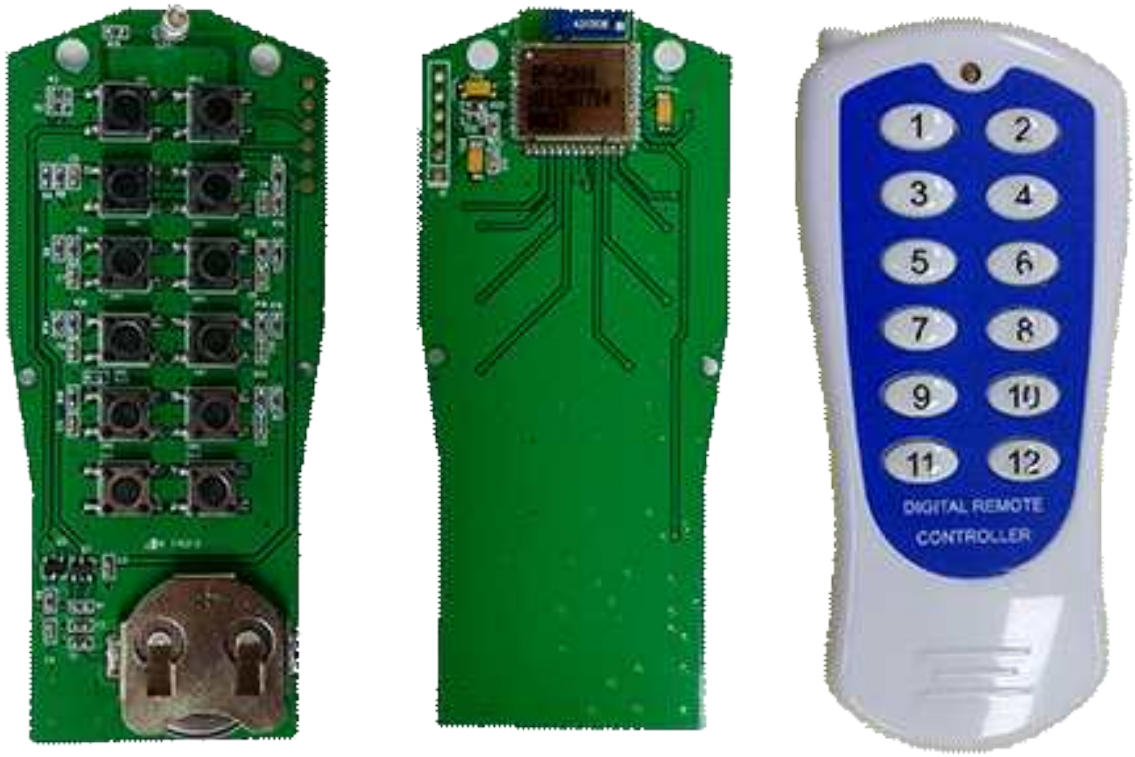


그림 3.4.18 RF 리모컨 제어보드 상면/밑면/케이스

표 3.4.4 RF 리모컨 사양

통신 방식	2.4GHz ISM BAND / ZIGBEE
사이즈	95mm x 45mm x 1.6t
전원	DC 3V
안테나 타입	Chip Antenna / Built-in

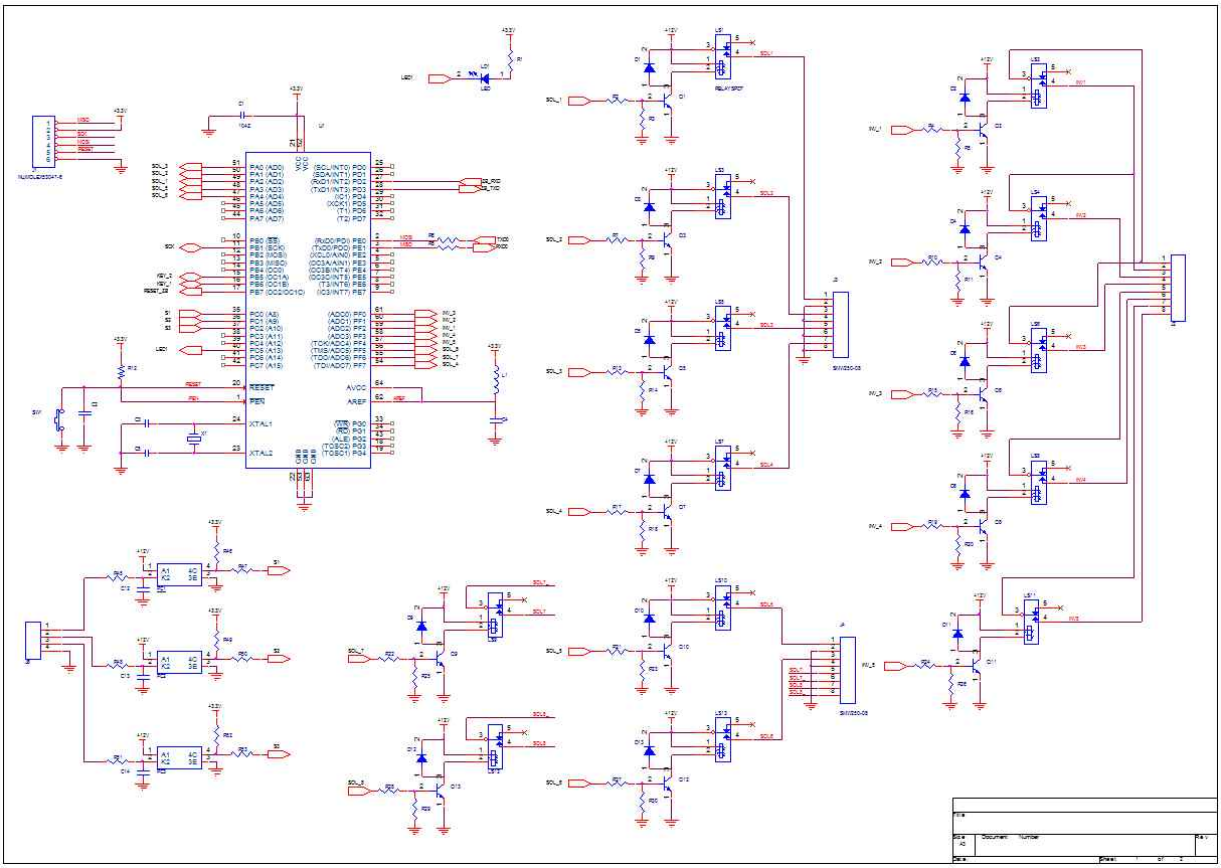


그림 3.4.19 턴테이블 부착형 모듈 / P1

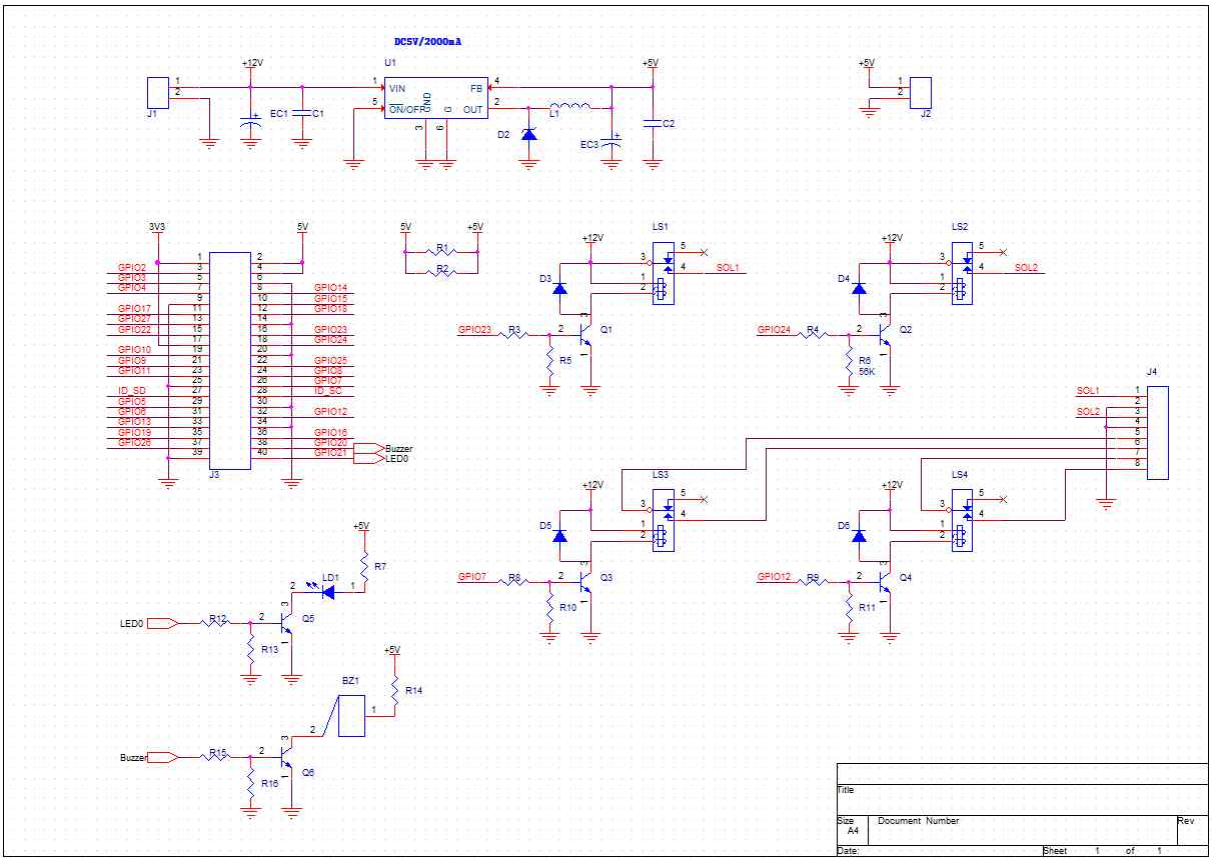


그림 3.4.20 턴테이블 부착형 모듈 / P2

□ 턴테이블 부착형 에어쿠션의 상용화 모델 개발



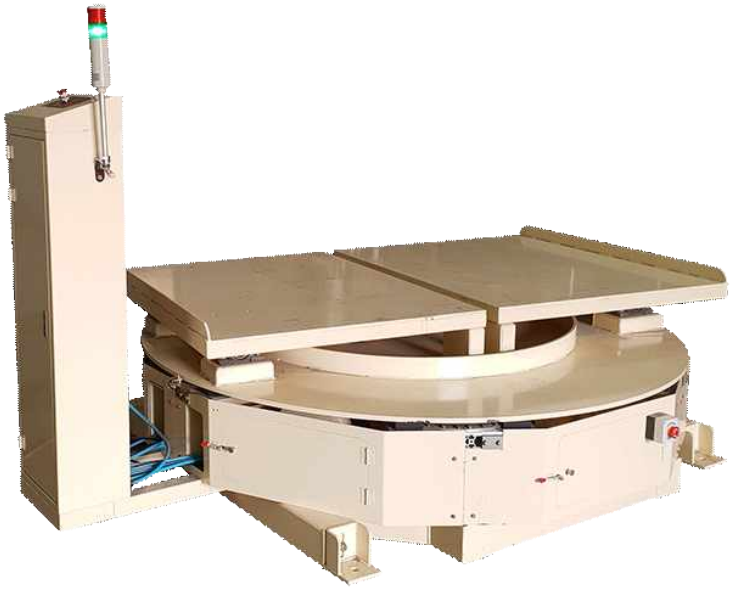


그림 3.4.21 턴테이블 부착형 에어쿠션 상용화 모델

- 컴퓨터를 이용한 2D, 3D 설계 및 상세도 및 부품도 작성
- 턴테이블 부착형 자바라식 AIR LIFT 방식
- 모듈개념설계 실시
- 개념 설계를 바탕으로 브레인스토밍을 실시하여 선택
- 컴퓨터상에서 조립 시뮬레이션을 통한 부품 간 간섭 점검 및 조립 가능성 확인
- 각 부품 기계가공 및 부품 제작 완료
- 제작된 부품을 이용한 조립 작업 수행
- TFT LCD를 통한 현시 장치.
- RF 리모컨을 통한 원격 제어.
- 턴테이블 회전 제어 각도는 최소 5도 ~ 최대 180도 / 5도 Step 으로 제어.
- 턴테이블 부착형 자바라식 AIR LIFT 모듈제작완료.

□ 상품성 향상을 위한 디자인 개선

○ 장비의 제어 방식

- 7인치 컬러 LCD를 사용하여, 화면상에 장비의 형상을 표시하고, 정전식 화면 터치를 적용하여 기존 산업용 터치 제품(감압식 터치 방식)에 비하여, 터치의 감도 및 반응 속도를 향상시켜 사용자의 편의성을 향상 시켰다.

○ 화면 인터페이스

- 이번에는 기존의 구현되었던 화면 디자인 즉 화면 인터페이스를 조금 더 사용자에게 편리하게 사용자 친화적으로 개선하는데 중점을 두고, 화면 디자인(인터페이스)를 개선하였다



그림 3.4.22 개선된 화면 인터페이스

- 화면에 실제 장비의 이미지를 표시.
- 기존에 화면 전체에 나누어져 배치 되었던 버튼을 터치 영역으로 이동 배치.
- 조작 버튼을 기능별로 구별.

· 턴테이블 구동 버튼

: 턴테이블 상승, 턴테이블 하강, 턴테이블 좌회전, 턴테이블 우회전, 정지

· 리프트 구동 버튼

: 리프트 상승, 리프트 하강

· 초기화 버튼

: 원점 복귀

- 버튼 배치를 기능별로 구별하여 배치하고, 버튼의 위치도 버튼을 조작시 장비의 이동
- 방향과 동일한 방향으로 버튼을 배치하여, 사용자가 좀더 직관적으로 장비를 조작할 수 있도록 하였다.
- 또한, 버튼도 화면의 우측 부분으로 집중 배치하여, 조작의 편의성을 증대 시켰다.

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절 목표 달성도

제2절 관련 분야 기여도

제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절 목표 달성도

1. 연구개발성과 및 평가 방법

연구개발성과		목표치	평가방법
▪ 상용화를 위한 조사 연구	개발동향 분석	▪ 에어쿠션 이송장비 국내외 기술개발 동향 분석 ▪ 국내외 관련기업현황 조사	보고서
	시장성 분석	▪ 제품 상용화를 위한 시장진출 방안 탐구 ▪ 개발제품의 시장진출을 위한 경제성 분석	보고서
▪ 상용화를 위한 350kN급 에어쿠션 (Air-Cushion) 이송장비 기술개발	하드웨어 해석/설계	▪ 에어쿠션 모델링 및 구조설계 ▪ CFD 해석을 통한 각 설계 데이터 확보	보고서, 도면
	하드웨어 제작	▪ 각 부품 가공제작 및 조립 ▪ 350kN급 에어쿠션 Transporter 설계/제작	보고서, 제작사진
	성능실험	▪ 부상시스템의 시험 및 성능 분석	보고서, 실험 사진/동영상
▪ 중소형 화물 이송을 위한 에어쿠션 무선조정 시스템의 상용화 연구	하드웨어 설계	▪ Transporter Wheel Drive unit Module 설계 ▪ Transporte Ball Drive Module 설계	보고서, 도면
	하드웨어 제작	▪ Transporter Wheel Drive unit Module 제작 ▪ Transporter Ball Drive unit Module 제작 ▪ 10Ton 이하급 Electric self-propelled Air cushion Transporter시제품 제작	보고서, 제작사진
	성능실험	▪ 개발 모듈의 성능시험평가 및 시험운전	보고서, 실험 사진 / 동영상
▪ 사각 에어쿠션 및 턴테이블의 상용화 연구	하드웨어 설계	▪ 사각 에어쿠션 형상 연구 및 시제품 설계 ▪ 자바라식 에어 리프트와 턴테이블 설계	보고서, 도면
	하드웨어 제작	▪ 사각 에어쿠션 형상 연구 및 시제품 설계 ▪ 자바라식 에어 리프트와 턴테이블 제작	보고서, 제작사진
	성능실험	▪ 부양 능력 기초 실험 실시 ▪ 부상력 측정 및 성능 분석	보고서, 실험 사진/동영상

2. 정량적 연구성과 목표 및 달성도

구분			목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI				
	비SCI		1	1 (예정)	
	계		1	1 (예정)	
국내 논문 게재	SCI				
	비SCI		6	6	
	계		6	6 (100%)	
특허 출원	국내		7	9	
	국외				
	계		7	9 (100%)	
특허 등록	국내			7	
	국외				
	계			7	
인력 양성	석사				
	박사				
	계				
판매 실적	계약 건수			2	
	계약액			1,650 만원	㈜화성엔지니어링 600만원, ㈜우창기계 1,050만원
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택			1	신뢰성 평가기준 제정 : 산업용 에어캐스터 (RS-KORAS-KIMM-264)
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문			5	연차실적계획서
	연구시설·장비			1	20ton급 Air Cushion Test Machine
	기술요약정보				
	생명자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어				
	화학물				
기타	시제품		8	8 (100%)	
	성과 홍보			2	2017 국토교통기술대전, 2018 제8회 국제물류산업전
	일자리 창출				

3. 성과 목표에 대한 자체 평가

성과 목표	자체 평가
상용화를 위한 조사 연구	▪ 수요처의 요구 사항을 보다 심층적으로 조사 및 분석하여, 시제품제작에 반영 ▪ 해외 제품과의 사양 및 기술의 비교를 통한 기존제품과의 차별화 방안 마련 ▪ 제품 상용화를 위한 시장진출 방안 마련 ▪ 개발 제품의 사업화를 위한 시장진출을 위한 경제성 분석
상용화를 위한 350kN급 에어쿠션(Air-Cushion) 이송장비 기술개발	▪ CFD 유동해석을 통한 에어쿠션모듈 설계 데이터 확보 ▪ 에어쿠션모듈 최적설계를 통한 시제품 제작완료 ▪ 에어쿠션모듈 부양성능 실험장치 구축 및 성능실험 ▪ 350kN급 에어쿠션 Transporter 설계/제작 및 마찰력 측정실험완료
중소형 화물 이송을 위한 에어쿠션 무선조정 시스템의 상용화 연구	▪ Air Cushion Module 시제품 제작 부하시험 및 부상시험완료 D300(Max 0.95 ton /ea,2bar) ,D600(Max 3ton/ea,2bar) ▪ Wheel Drive unit Module 세부 설계 제작 및 시험모듈 제작 및 구동시험완료 - 전자차동제어 Main Control Board 제작 및 프로그램 코딩 및 시험완료 ▪ Ball Drive unit Module 세부 설계 제작 및 시험모듈 제작 및 시험완료 - 자동기어응용 mechanism 기구 개발 Free Directional Drive mode 시험완료 ▪ Free Directional Steering Control을 위한 Radio remote Control 회로제작 및 근거리 제어모듈 시험완료 ▪ 10ton 이하급(10ton급 및 3ton 이하급)Air Cushiopn Transporter 시제품제작 및 부상시험 및 Steering Mode 시험완료
사각 에어쿠션 및 턴테이블의 상용화 연구	▪ 사각 에어쿠션 형상 연구 및 시제품 제작 ▪ 부양 능력 기초 실험 실시 ▪ 부상력 측정 및 성능 분석 ▪ 자바라 리프팅 시 흔들림 방지 기술 개발 ▪ 자바라식 에어 리프트와 턴테이블 조합기술 설계 ▪ 턴테이블 연결용 간이 콘베이어 설계/제작

제2절 관련분야 기여도

1. 기술적 측면에서의 기여

- 중량화물을 바닥으로 배출되는 공기압으로 띄워 별도의 하역/이송장비 없이 인력으로 손쉽게 이송
- 중량물 이송에서 자유로운 조향성 확보
- 협소한 공간에서 정교한 이송 가능
- 낮은 비용으로 고가 하역장비비용 및 하역노동력, 장비설치 공간절감
- 중량화물이동으로 인한 바닥손상 방지
- 이송시에 청정환경 유지 가능

2. 경제·산업적 측면에서의 기여

- 갠트리 크레인 등 고중량 화물 이송에 필요한 대형 장비 대체 효과
- 고중량 화물 이송시 발생하는 안전사고 예방에 따른 비용절감 효과
- 대형화물 이송 장비 초기 투자 비용 절감
- 순수 국내 기술개발로 해외장비 수입 대체 효과
- 공기를 이용한 이송으로 환경비용 절감

3. 사회적 측면에서의 기여

- 에어쿠션 기반 고중량 물류 이송 기술의 국산화 및 이송 효율성 향상
- 고중량/초정밀 기계 장비의 효과적인 이송이 가능한 시스템이 개발되어 한국 물류 기술의 향상
- 고중량 화물 이송 시 발생 가능한 작업자의 사고를 최소화하여 작업환경 개선

제 5 장 연구개발성과의 활용 계획

□ 연구개발성과의 활용 계획

제5장 연구개발성과의 활용계획

□ 연구개발성과의 활용계획

○ 고중량 이송이 필요한 수요 기업 조사 후 구체적 활용 방안 수립

- 고중량 생산설비를 주로 취급하는 업체(타이어 생산설비 및 금형공장 등)에 활용 제안
- 작업장소가 가변적인 곳에서 이송 장치를 쉽게 탈착 가능하다는 장점을 강조하여 활용 제안
- 작업 장소가 협소하여 추가 장비 설치가 어려운 곳에서 효과적인 사용이 가능

○ 정밀 기계장비 및 고중량 몰드 등의 이송 시 효과적인 적용 가능

- 항공이나 원자력 부품들과 같이 외부 충격에 민감한 고중량 장치 이송 시 에어쿠션의 장점을 효과적으로 활용 가능.
- 방사능 물질을 포함하는 거대 구조물에 대해서도 원격제어를 통한 안전한 이송이 가능함.
- AGV 시스템과 결합하여 물류 창고에서 고중량 화물을 자동으로 적재, 정렬할 수 있는 기능 탑재 가능.



그림 5.1 AGV 시스템과 결합된 에어쿠션 이송장치 예시



그림 5.2 AGV 시스템과 결합된 에어쿠션 이송장치 예시

○ 모바일 가공기 및 모바일 매니퓰레이터 기술과의 접목

- 가공 대상물의 크기가 커서 가공기의 작업 영역을 벗어나는 경우, 가공기가 가공 대상물 주변을 이동하면서 가공해야 할 필요성 발생
- 에어쿠션의 특징인 저진동, 자유로운 조향성능을 접목할 경우, 향후 모바일 가공기의 핵심 요소기술로 적용이 가능할 것으로 예상
- 모바일 매니퓰레이터의 경우, 현재 체코 투자청의 요청으로 고가반하중 모바일 매니퓰레이터 적용을 위한 국제 공동 연구 진행을 협의 중에 있음.
- 대화산기, 정우몰드 등 중량물 이송이 필요한 업체 뿐 아니라 한국타이어, 넥센타이어와 같이 차세대 이송수단 개발 수요가 있는 업체에 기술설명회를 개최하여 에어쿠션 기술의 적극적인 홍보를 진행중에 있음.



그림 5.3 모바일 가공기 적용 예시



그림 5.4 모바일 메니퓰레이터 적용 사례



그림 5.5 체코 투자청의 기술교류 대상 로봇(에어쿠션 적용 관련 협의 중)

RE: greetings from Czech Republic, offer for cooperation

Chanhun Park <chpark@kimm.re.kr>

보낸 날짜: 2018-07-05 (목) 오전 10:29

받는 사람: '박희창박사KIMM'; shsong@kimm.re.kr; HSKim81@kimm.re.kr

From: David Pawera [mailto:d.pawera@slezskamechatronika.cz]
Sent: Wednesday, July 4, 2018 10:11 PM
To: 'Chanhun Park' <chpark@kimm.re.kr>
Cc: d.polak@robotsystem.cz; 'Renáta Petřeková' <info@reacontholding.cz>; '박희창박사KIMM' <hcpark@kimm.re.kr>; shsong@kimm.re.kr; HSKim81@kimm.re.kr
Subject: RE: greetings from Czech Republic, offer for cooperation

Dear Mr Dr. Park,

thank you very much for your reaction. Our goal for our common potential cooperation project is to develop prototype (in compliance with conditions of Delta Programme) of new robotic transport platform. As for technologies proposed by you – transportation system using air cushion and low power consumption robot using gravitation compensation technology (this technology is useful for mobile robot powered by a battery) – could you please send us more information about the purpose of their utilisation and kinds of industrial operations in which they are used?

As for our contribution to this potential cooperation project, we are currently working on robotic platform with low and high loading capacity – 1 to 10 tonnes, eventually with higher ones, in alternatives with changeable wheel units – in the same carrying skeleton – platform frame:

- Changeable rail wheel units with electric drive to electronically steered wheel units with unlimited lock with directional turning in vertical axis and to electronically steered omnidirectional wheels
- With automated connecting and disconnecting particular platforms in logistics operations,
- With power unit subsystem of specially developped battery pack, in alternatives with cable power unit system and trolley wire power unit system (only for rail wheel units)
- With height regulated ramp for lifting and robotic transport of components (the robotic platform goes under the transported component)
- In variation with remote controlling or in variation with autonomous steering by mean of beltless navigation on different levels according to purpose of utilisation

In case of your interest we can prepare common project within the call for proposal in framework of Delta Programme for support of Czech – Korean cooperation – according to your time and personnel capacities, with preparation of the project in sufficient advance. We can gradually discuss in detailed the content of the project based on further information provided by you to do as much as possible for its approval when submitted into Delta Programme.

To your questions below:

1. 10 – 100 tonnes is the total loading capacity of the robotic transport platform, not its weight itself
2. Other partners (universities, companies) in the Czech Republic – let´s discuss the content of the project more deeply, based on results of the discussion we can decide about further potential partners from the Czech Republic (in the Delta programme on the Czech side there has to be at least one company as a partner – we are the company, so we are fullfilling this requirement)
3. Other partners (universities, companies) in Korea – after deeper discussions you will decide which further partner to involve (according to my information on the Korean Side there has to be as leading partner Korean small or medium sized enterprise – so then you should think about such company)

Looking forward to our continung communication about our future common project.

Best regards,

그림 5.6 체코 투자청과의 기술교류 협의 내용

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제1절 국내 과학기술정보

제2절 해외 과학기술정보

제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제1절 국내 과학기술 정보

국내에서는 압축공기 또는 에어필름을 이용한 장비는 주로, 정밀 기계의 고정밀 미세 이송장치에 관한 연구 개발이 주를 이루어 왔다. 공작기계 등 정밀기계분야에서 압축공기를 이용한 장비의 적용에 관한 연구와 상용화는 많이 이루어진 편이며, 다른 응용 분야로는 수륙양용선이나 열차와 같은 궤도장비 등의 대형 운송 장비에 대한 연구가 주로 진행되어 왔다. 이에 반해, 중량물 운반을 위한 에어쿠션 이송장비에 대한 연구개발은 미약한 실정이다. 포스코와 같은 몇몇 대기업에서 자체적인 수요에 의해서 연구가 진행되어왔음을 관련 특허 등을 통하여 알 수는 있으나, 이의 실용화에 대한 구체적인 자료는 없으며, 기초 연구 중심으로 연구가 진행되어 왔음을 알 수 있다.

2000년도에 들어서 (주)트리엔, (주)멕스 코리아 등 일부 중소기업과 성균관대학교 등 대학을 중심으로 연구가 진행되었으나, 이 또한 상용화로 이어지지는 못하였다. 성균관대학교에서는 공기부양 이송시스템 개념설계를 위한 전산 유동 해석을 수행하였으며, CFD 해석을 통하여 압축공기에 대한 부양 특성을 해석하였다. 해석은 하나의 공기 패드만을 간략히 해석하고, 실험과 비교함으로써 해석의 결과를 검증하였다. 또한, 해석을 통하여 패드와 바닥사이의 간격에 따른 부양력의 특성을 해석하고, 최소 필요 간격에 대한 해석을 수행하였다 [15].

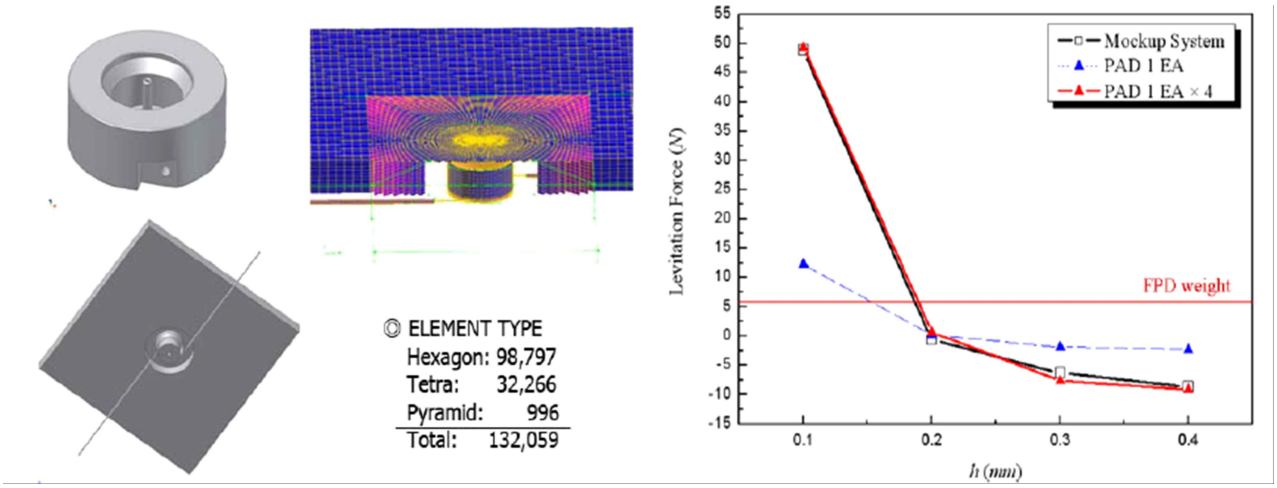


그림 6.1.1 CFD analysis for air levitation system

제2절 해외 과학기술정보

국외의 경우는 독일, 벨기에, 네덜란드 등 유럽 국가들을 중심으로 에어쿠션 이송장치에 대한 개발과 상용화가 널리 이루어지고 있다. 유럽이외에는 미국에서 상용품이 출시되어 있으며, 다양한 업체에서 다양한 사양의 에어쿠션 이송장비가 개발되고 널리 사용되고 있다.

벨기에의 SEAQX사는 바퀴식 운송장치, 포크방식 운송장치 등 다양한 화물 운송 장비를 제작하는 업체이며, 에어쿠션을 이용한 운송장비로 에어쿠션 운반차(Air cushion transporter)를 제품화하였다. 가반하중은 200ton까지 가능하고, 전자기 구동 방식의 드라이버를 가지고 있으며, 적은 정비 비용과 단순한 구조로 되어있다. 고객의 요구에 따라 다양한 설계 제작이 가능한 기술력을 보유하고 있으며, SEAQX에서 생산하는 에어쿠션 이송장치는 한 방향으로 이동할 수 있는 전기적 구동장치가 설치되어 있다. 이 구동장치는 최소형의 부피로 설계되어, 장비의 높이를 290mm 정도로 제작가능하게 하였다.

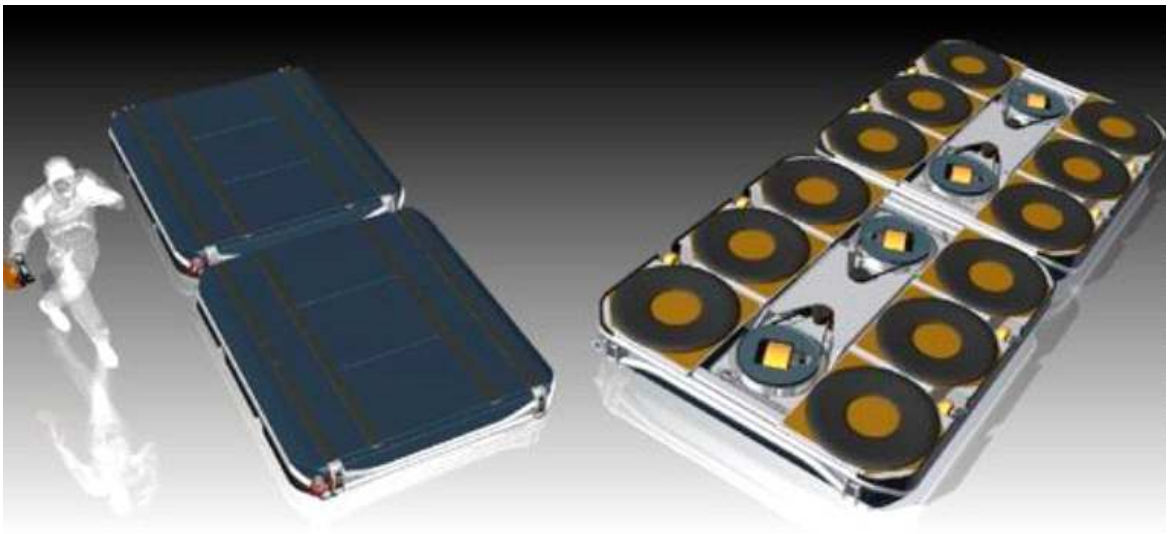


그림 6.2.1 Air cushion transporter of SEAQX

독일의 DELU사는 에어쿠션을 이용한 이송장치를 만드는 전문회사로, 다양한 제품을 생산하고 있다. 운반차(Transported vehicle), 모듈러 시스템(Modular system), 모바일 부상장비(Mobile lifting equipment), 에어쿠션 구동기어(Air cushion running gear) 등 압축공기의 압력을 이용하여 물체를 이송시키는 다양한 제품을 생산하고 있다. 운반차의 경우 에어쿠션 기술, 드라이버 기술, 제어기술이 접목되어 물체를 이송할 수 있는 장비이며, 운반차 외에도 팔레트 타입, 롤 이송 장치 등의 세부모델을 개발하여 생산하고 있다. DELU사에서는 모듈 방식의 에어쿠션 이송장비도 제품화하였다. 이는 작은 크기의 에어쿠션 모듈을 4~6개 정도를 붙여서 유연한 에어쿠션 이송장비를 구성하는 것으로, 각각의 에어쿠션 모듈은 수동으로 공압을 조절하게 된다. 이 에어쿠션은 물건의 어떠한 곳에도 설치가 가능하고, 각각의 모듈은 제어장치에 공압 호스로 연결되어 있으며, 제어장치는 공기압축기(Air compressor)에 연결되어 있다. 에어쿠션을 모듈방식으로 구성함에 있어 가장 큰 장점은 방향성에 구애 없이 자유로운 이송이 가능하며, 회전운동도 구현할 수 있다는 점이다. 또한, DELU사에서는 이동형 리프트 에어쿠션 이송장치도 개발하였으며, 이는 평면 운동 뿐만 아니라, 수직 운동도 구현하여 모든 방향으로 운동할 수 있도록 설계하였다. 제한된 공간상에 물건을 정확하게 놓아야 할 때 사용되며, 안정도가 우수하고, 압축공기를 사용하여 구동하므로 전기적 연결부가 필요 없다.

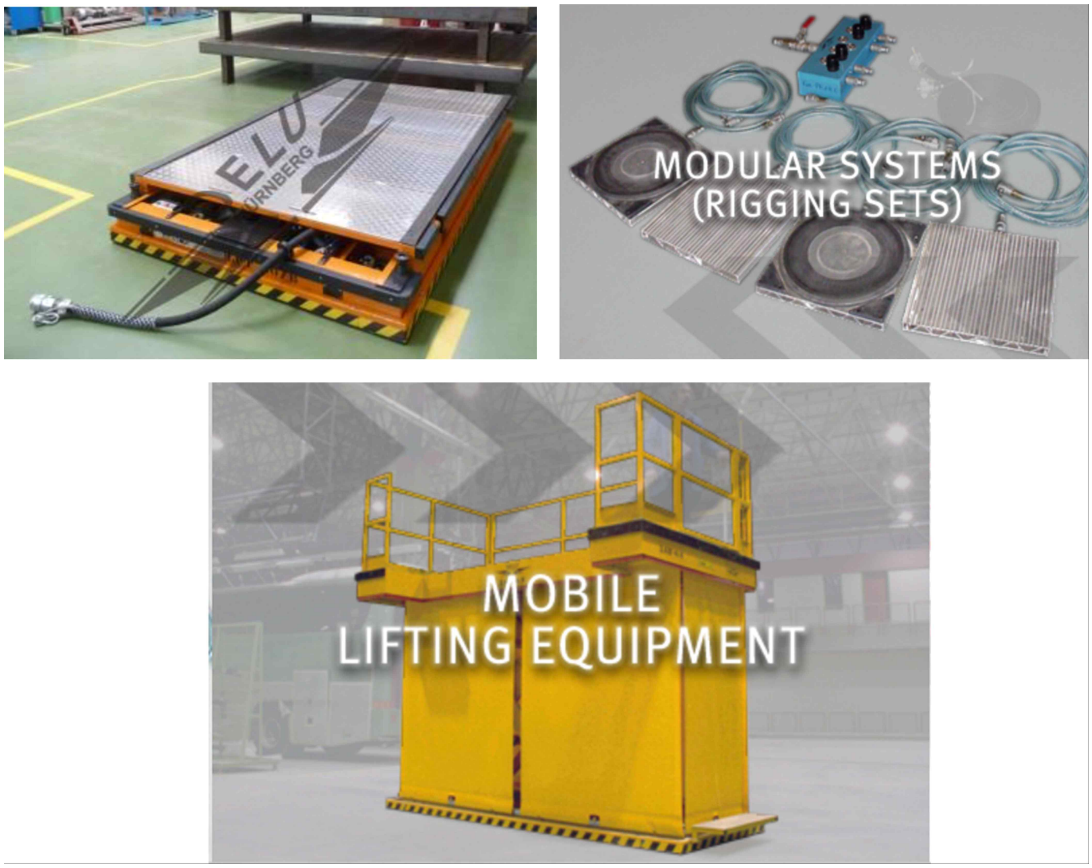


그림 6.2.2 Air cushion system of DELU

미국의 Aircaster사는 평판형 모듈타입의 에어쿠션을 기본으로 다양한 이송장치를 만들고 있다. 에어베어링(Air bearings)이라는 상품명으로 다양한 크기의 모듈형 에어쿠션을 개발하였으며, 크기에 따라 가반할 수 있는 하중범위도 다양하다. 에어쿠션의 직경에 따라 수백 파운드에서 수십만 파운드까지 지지가 가능하며, 에어베어링은 내후성과 내마모성이 뛰어난 우레탄고무 소재로 만들어져 있다. 실링 처리되어 있는 입구를 통하여 에어 공급호스가 연결되고, 이를 더 확대하거나 여러 개 연결한 형태로 에어베어링 이송장치(Air bearing mover)라는 제품도 판매중이며, 중량물 운반하기 위한 목적으로 사용되어진다. 몸체는 강성을 위해서 일반 스틸이 사용되나, 무게를 줄이기 위하여 알루미늄 합금을 사용하기도 한다. 그 밖에 화물의 회전을 위한 에어베어링 턴테이블(Turntable), 화물의 상승 및 하강을 위한 자바라식 리프트(Scissors Lift) 등의 압축공기 이송장치를 개발 및 판매 중에 있다.



그림 6.2.3 Air cushion device of Aircaster

Aerofilm Systems은 네덜란드에 본사를 두고 있는 기업으로, 160ton 까지 지지할 수 있는 에어쿠션 플랫폼(Platform)을 개발하였다. Aerofilm Systems 또한 다양한 형태와 목적을 위한 에어쿠션 이송장비를 생산 중에 있다. 원형의 유연한 벨로즈로 이루어진 에어쿠션을 개발하고 있으며, 기본적인 원리는 앞서의 기업들과 동일하다. 압축공기를 바닥으로 불어넣어 화물을 띄우며, 이때, 부상하는 높이는 약 20mm 정도이다. 제어 시스템을 통해 고압의 공기가 고르게 분포되도록 하며, 출구의 압력을 1~2 bar 정도로 유지하므로, 문제가 될 정도로 먼지비산현상이 일어나지 않는다. 각각의 에어쿠션을 제어함으로써 화물들을 효율적으로 운반, 적재할 수 있고, 경사면에 사용할 수 있는 에어쿠션 장비도 개발 중에 있다.

본 기업도 기본 에어쿠션 장비로 ST system, TS system 이라는 제품을 판매 중이며, 제품의 하부에 하나의 에어쿠션이 장착되어 있는 단일 프레임구조로 되어 있다. 기본적으로 공기흐름을 위한 밸브와 노즐 등이 부착되어 있으며, 공기흐름 제어를 위한 제어부가 장착되어 있다. 이 유닛을 운반하려는 화물이나 장비의 바닥면에 설치하고 압력을 넣으면 부상하는 원리이다. 부피가 크고 높은 가반하중을 필요로 하는 제품은 각각의 요구에 따라 설계 및 제작되기도 한다. 또한, 회전 운동을 위한 턴테이블 방식, 수직 이송을 위한 장치들도 제작 및 판매중이며, 종이나 스틸 롤 등의 원형중량물을 운반하기 위한 롤 운반차(Roll transporter)도 제공하고 있다.



그림 6.2.4 Air cushion system of Aerofilm Systems

네덜란드에 위치한 AVT는 중량물과 장비의 이송을 위한 에어쿠션 이송장치 개발 및 제어에 관한 제품을 생산하는 업체이다. 주 응용분야는 자동화, 기계 장비 제작, 로봇, 화물 이송 시스템 등을 다루고 있으며 기존의 바퀴식 이송장치 또는 궤도식 이동장치와 함께 에어쿠션 이송장치를

중량물 운반에 사용하고 있다. AVT는 단순한 화물운송 뿐만 아니라, 다양한 분야에 에어쿠션 이송장비를 적용하여 실용화한 경험을 가지고 있다. 예를 들어, AGV 시스템, 항공우주, 대형 변압기의 이동, 거대 주형의 이동 등에 적용한 경험을 가지고 있다. 특히, 항공이나 원자력 부품들은 외부 충격에 민감하므로 이러한 에어쿠션 이송장치를 이용하면 외부충격을 차단하고 이송하기에 적합하다. 방사능 물질을 포함하는 거대 구조물에 대해서도 안전하고, 원격제어를 통한 이송이 가능하므로 활용도가 크다.



그림 6.2.5 Application example of air cushion system (AVT)

제 7 장 연구개발성과의 보안등급

□ 연구개발성과의 보안등급

제7장 연구개발성과의 보안등급

□ 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		O
결정 사유		

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

□ 연구시설·장비 현황

제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

□ 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수 량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
한국 기계 연구 원	20ton급 Air Cushion Test Machine	3.5m * 3.2m * 2.7m	1	2015-04 -23	78,760	한국기계연구 원 (042-868-71 14)	한국기계 연구원 14-B동	NFEC-201 5-07-2038 47



제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

□ 안전조치 이행실적

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

□ 안전조치 이행실적

○ 주관기관 (한국기계연구원)

- 안전점검

* 연구실 일일안전점검 실시
* 점검범위: 본 과제 수행 연구실 및 실습실
* 점검시기: 매일(단, 실습실(연구실)을 사용하지 않는 날은 제외)
* 점검내용: 기계, 기구, 전기 등을 유해요소 이상유무의 일상(육안)적인 점검

- 보안점검

* 대상범위: 본 과제에서 사용하는 PC등의 전산장비
* 이동형 저장장치 단속 및 백신·보안 프로그램 상시 실행
* 매월 세 번째 수요일 사이버·보안 진단의 날 지정 및 점검

- 교육훈련

* 대상범위: 본 과제에 참여한 연구원
* 교육시기: 상시
* 교육내용: 산업안전 보건교육, 소방안전교육, 사고발생시 대처 훈련

○ 참여기관 ((주)효광)

- 해당부서 : 경영지원팀,기술연구소
- 담당자 : 전진우 대리(010-3168-6350), 이용석 부장(010-4162-1717)
- 안전조치 이행계획
- 연구실 안전관리규정 비치

* 법령 : 안전관리규정, 비상연락망, 연구실 안전수칙 비치 및 게시
* 대상 : 주식회사 효광 연구실

- 연구실 안전점검 및 교육

* 연간 1회 이상 의무적으로 실시
* 모든 연구활동 종사자는 월 1시간 이상의 안전교육 실시
* 연간 실시 : 총 5회 집체 및 보안교육 실시
* 장소 : 2층 교육장

* 교육기관 : 자체 및 대한산업안전문화원
* 교육내용 : 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 외 유해, 위험요소, 개인정보 보호법 등

- 연구실 보안점검 주체
* 출입통제 : 에스원 출입통제 시스템
* Data관리 : File 서버(Windows2003 서버)
* 서버보안 : FortiWiFi 60c (KT방화벽)
* 비밀유지 : 비밀보안서약서 날인(해당인원)

○ 참여기관 (범아기전(주))

- 보안점검
* 대상범위: 이송장치 관련에 활용되는 모든 전산장비
* 이동형 저장장치 단속 및 백신·보안 프로그램 상시 실행
* 매월 말일 보안 진단의 날 지정 및 점검

- 안전점검
* 사무실 일일안전점검 실시
* 점검시기:주1회 실시
* 점검내용: 유해요소 이상유무의 일상적인 점검

- 교육훈련
* 대상범위:전직원
* 교육시기: 매월1회실시
* 교육내용: 산업안전 보건교육, 소방안전교육, 사고발생시 대처 훈련

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

□ 연구개발과제의 대표적 연구실적

제10장 연구개발과제의 대표적 연구실적

□ 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속기관명	역할	논문 게재지/특허 등록국가	영향력 지수	논문 게재일/특허 등록일	사사 여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	중량물 운반을 위한 에어쿠션 이송장비의 개발	한국기계연구원		한국동력기계공학회지 / 대한민국		2015.10.30		
2	논문	Development of the Air Cushion Transporter for Heavy Load Transportation	한국기계연구원		Automation and Systems / 대한민국		2016.10.16		
3	논문	공기부양판을 적용한 에어쿠션 트랜스포터의 개발	한국기계연구원		생산제조시스템학회지 / 대한민국		2016.10.19		
4	논문	다공성 판을 적용한 에어쿠션 이송장치의 성능평가	한국기계연구원		한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집 / 대한민국		2018.05.10		
5	특허	에어쿠션 이송장치	한국기계연구원		대한민국		2016.02.15		

제 11 장 기타 사항

□ 기타 사항

제11장 기타 사항

□ 기타 사항

제 12 장 참고 문헌

□ 참고 문헌

제12장 참고 문헌

□ 참고 문헌

[1] D. W. Yun, H. C. Park, B. I. Kim, S. H. Lee, S. I. Jang, I. P. Hong, 2015, “Development of the Air Cushion Carrier Equipment for Carrying Heavy Loads.” Journal of the KSME, Vol. 19, No. 5, pp. 17-24

[2] I. H. Moon, Y. K. Hwang, S. J. Cho and D. K. Kim, 2003, “A Study on the Effect of Friction Coefficient of Semiconductor Wafer Transportation for Air Levitation System,” Proceeding of KSPE, p. 196.

[3] W. S. Yim, S. W. Cha, P. J. Jeong, 1999, “The Design of Concept Car by Using The Compressed Air”, Proceeding of KSPE, pp. 839-842

[4] J. H. Hwang, C. H. Park, C. K. Song and J. C. Kim, 2000, “A Study on the Positioning Characteristic of Aerostatic Stage,” Proceeding of KSPE, pp. 668-671.

[5] S. C. Hwang, D. H. Jeon and D. W. Lee, 2002, “The Couplings for ball-screw on high precision positioning,” Proceeding of KSMTI, pp. 161-166.

[6] S. T. Son, B. L. Kil, K. H. Cho. J. R. Kim, 2008, “A Study on the Analysis of Lateral Vibration of Flexible Shafting System for Propulsion and Lift in Air Cushion Vehicle”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 32, No. 2, pp. 241-249

[7] Y. S. Kim, Y. O. Yang, “Ways for Domestic Logistics Enterprises to Enter the New Logistics Market”, Journal of the Asian shipping and Logistics, Vol. 87, pp. 643-661

[8] G. H. Kim, C. H. Park, 2013, “Analysis on the Static Performance of Vacuum-Preloaded Porous Air Bearings”, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 30, No. 12, pp. 1327-1333

[9] J. H. Kim, Y. S. Jeong, T. G Lee, T. H. Kim, H. J. Jung, 2013, “Non-Contact Level on Air Levitation Table with Porous Chamber Array”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 22, No. 8, pp. 913-920

[10] W. J. Chung, S. H. Oh, C. H. Son, 2010, “Numerical Analysis of the Flow Field of Circular Nozzle Exit Region”, Journal of Fuid Machinery, Vol. 13, No. 6, pp. 13-18

[11] D. W. Yun, H. C. Park, B. I. Kim, S. I. Jang, I. P. Hong, 2015, “Analysis of the Air Cushion Transporter with the Perforated Membrane” Proceeding of KSME, pp. 180-181

[12] T. G. Lee, J. S. Y, H. J. Jung, J. H. Kim and J. H. Kim, 2013, “Development of the Air Floating Conveyor System for the Large Glass Sheet,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 22, No. 4, pp. 635-642

[13] I. H. Moon and Y. K. Hwang, 2006, “Evaluation of a Wafer Transportation Speed for Propulsion Nozzle Array on Air Levitation System,” Journal of the KSME, Vol. 30, No. 4, pp. 306-313

[14] E. K. Lee, N. S. Kim, M. D. Dai and C. W. Kim, 2010, “FSI Analysis of Air-turn-Bar System in Roll-to-Roll Continues Process,” Proceeding of KSPE, pp. 269-270.

[15] H. S. Chang, Y. J. Park, Y. S. Chang, J. B. Choi, Y. J. Kim, P. H. Chun and J. Y. Kong, 2006, “CFD Analysis for Concept Design of Air Levitation Transport System,” Proceeding of KSPE, pp. 81-82

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

비매품/무료
93550
9 791186 793091
ISBN 979-11-86793-09-1