

발간등록번호

11-1543000-001863-01

# 과수원 다목적 영농작업을 위한 스마트 고소작업기계 개발 최종보고서

2017. 10. 16

주관연구기관 / 성부산업

협동연구기관 / 한경대학교산학협력단

협동연구기관 / 가톨릭관동대학교산학협력단

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “과수원 다목적 영농작업을 위한 스마트 고소작업기계 개발”(개발기간 : 2014. 07. ~ 2017. 07.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 10. 16.

주관연구기관명 : 성부산업

(대표자) 장 진 단



협동연구기관명 : 한경대학교산학협력단

(대표자) 김 계 원



협동연구기관명 : 가톨릭관동대학교산학협력단

(대표자) 김 규 한



주관연구책임자 : 장 영 윤

협동연구책임자 : 박 원 엽

협동연구책임자 : 이 상 식

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	314036-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.07.29.~ 2017.07.28	단 계 구 분	3 / 3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농림축산식품 연구개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	과수원 다목적 영농작업을 위한 스마트 고소작업기계 개발			
연구책임자	장 영 윤	해당단계 참 여 연구원 수	총: 15명 내부: 15명 외부: 0명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 180,000천원 민간: 60,000천원 계: 240,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 46명 내부: 46명 외부: 0명	총 연구개발비	정부: 540,000천원 민간: 180,000천원 계: 720,000천원
연구기관명 및 소속부서명	성부산업 (기업부설연구소)			참여기업명	성부산업
협 동 연 구	연구기관명: 한경대학교산학협력단 가톨릭관동대학교산학협력단			연구책임자:	박 원 엽 이 상 식
<ul style="list-style-type: none"> <li>○과수원 기초자료 조사 및 토양특성에 따른 견인성능 예측</li> <li>○모터의 용량 선정 및 기초 설계</li> <li>○스마트 고소작업기계 시제품 설계 및 제작 완료</li> <li>○시제품 설계 안정성 확보를 위한 구조 해석</li> <li>○시제품 현장적용 시험을 통해 안정성 확인, 검정 시행</li> <li>○현장 여건 등에 맞게 상품화 개발 완료</li> <li>○4개의 모델 상품화하여 약 44억원 매출 실적</li> <li>○관련 지식재산권 출원 4건, 등록 2건</li> <li>○논문게재 4건, 학술발표 6건</li> <li>○농림축산식품부 정책자문회의 3건 진행</li> <li>○농업기계 기술혁신상 대상 수상</li> <li>○전시 및 홍보 6건, 신기술농업기계 연장 지정</li> <li>○인력양성 (석사 1명)</li> </ul>				보고서 면수	120

## 요 약 문

		코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	<p>○본 과제의 최종 목표는 농업 인구의 감소 및 고령화, 농업경영비 상승 등의 농업여건을 개선하여 고효율의 환경친화형 기술개발을 위해 과수원 작업의 기계화 촉진 및 기존 고소작업차의 성능 우수성을 확보하여 농가의 작업능률 향상 및 노동력 절감, 기계의 이용효율을 높일 수 있는 과수원 다목적 작업을 위한 스마트 고소작업기계를 개발하는 것이다. 세부 연구목표는 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-과수 관리작업, 운반 및 상하차, 부속작업 등의 용도</li> <li>-독립구동방식의 조향장치</li> <li>-500kg 이상 적재 및 승강 4m 내외, 자동 수평유지</li> <li>-상하차, 에어 컴프레셔, 안정경보, 동력 취출 등의 부가 작업 가능</li> </ul>					
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○과수원 기초자료 조사 및 토양특성에 따른 견인성능 예측</li> <li>○모터의 용량 선정 및 기초 설계</li> <li>○스마트 고소작업기계 시제품 설계 및 제작 완료</li> <li>○시제품 설계 안정성 확보를 위한 구조 해석</li> <li>○시제품 현장적용 시험을 통해 안정성 확인, 검정 시행</li> <li>○현장 여건 등에 맞게 상품화 개발 완료</li> <li>○4개의 모델 상품화하여 약 44억원 매출 실적</li> <li>○관련 지식재산권 출원 4건, 등록 2건</li> <li>○논문게재 4건, 학술발표 6건</li> <li>○농림축산식품부 정책자문회의 3건 진행</li> <li>○농업기계 기술혁신상 대상 수상</li> <li>○전시 및 홍보 6건, 신기술농업기계 연장 지정</li> <li>○인력양성 (석사 1명)</li> </ul>					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○상품 최적화 및 업그레이드로 관련 제품의 매출 증대</li> <li>○사용시간 확보 및 가격 경쟁력 확보 방안 추진</li> <li>○해당 기술 관련 지식재산권 포트폴리오 구축</li> <li>○신규 총판 및 대리점 확대와 기관과 연계한 해외 마케팅 구축 추진</li> <li>○타 농업기계의 전동화 추진 (소형 굴삭기, 산업용 고소작업차, 비료 살포기, 포크리프트 등)</li> </ul>					
중심어 (5개 이내)	고소작업기계	다목적	과수원	친환경	수평유지장치	

# SUMMARY

		코드번호	D-02			
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> <li>○The final goal of this research is to develop the multipurpose electric high clearance working machinery for developing high efficiency eco-friendly technology . The detailed purpose as follows.</li> <li>-Use for management of fruit tree, transportation and other operations</li> <li>-Independently driven steering system</li> <li>-More than 500kg load capacity and 4M operation, auto levelling device</li> </ul>					
Results	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Orchard basic data analysis and prediction of tractive performance by soil status</li> <li>○Basic design and select motor capacity</li> <li>○Design and manufacture of prototype</li> <li>○Structural Analysis for securing stability</li> <li>○Confirm stability of system by field test and verification</li> <li>○Commercialize of developed prototype</li> <li>○4,400 million won sales (4 models)</li> <li>○4 patents application and 2 patents registration</li> <li>○4 papers and 6 conference presentations</li> <li>○3 policy consulting meetings</li> <li>○Training manpower</li> </ul>					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Growth of sales</li> <li>○Price competition intensification</li> <li>○Building intellectual property portfolio</li> <li>○Extension of agency and building global marketing</li> <li>○Development of electrically-powered agricultural machinery</li> </ul>					
Keywords	high clearance working machinery	multipur pose	orchard	eco-friendly	auto levelling	

# CONTENTS

## Chapter 1 Introduction

- Section 1 Research background .....7
- Section 2 Purpose & objectives .....9

## Chapter 2 Present status of technology developments

- Section 1 Status of technology & goods .....11
- Section 2 Status of market & economic analysis .....22

## Chapter 3 Methods and results

- Section 1 Basic data analysis .....28
- Section 2 Evaluation of tractive performance by soil status .....39
- Section 3 Development of prototype .....48
- Section 4 Structural Analysis .....80
- Section 5 Manufacture final prototype & commercialization .....103

## Chapter 4 Achievements of goal and contribution

- Section 1 Objectives and goal.....113
- Section 2 Contributions of related fields.....118

## Chapter 5 References .....120

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	
제 1 절 연구개발의 필요성.....	7
제 2 절 연구개발 목표 .....	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황	
제 1 절 기술개발 및 제품현황 .....	11
제 2 절 시장 현황 및 경제성 분석 .....	22
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	
제 1 절 고소작업기계 개발을 위한 기초 자료 분석.....	28
제 2 절 토양 특성에 따른 고소작업기계의 견인성능 평가.....	39
제 3 절 시작기 설계 및 제작.....	48
제 4 절 구조해석 및 전도안정성 평가.....	80
제 5 절 최종 시제품 제작 및 상품화.....	103
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	
제 1 절 목표 달성도 .....	113
제 2 절 관련분야 기여도 .....	118
제 5 장 참고문헌 .....	120

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

## 제 1 절 연구개발의 필요성

일반적으로 과수원 작업은 전정, 수분, 적화, 적과, 수확 등으로 분류되며, 사과를 예로 들면 평균 작업시간 273hr/10a을 기준으로 전정은 13%, 수분 및 적과는 25%, 봉지씌우기 6%, 적엽 등 기타작업에 23%에 해당하여(장, 2011) 제초 및 방제작업 이외의 관리작업 시간비율은 67%가 되며, 과실의 적재를 포함한 수확작업은 17% 이상에 해당한다. 또한 우리나라 과수의 대부분은 가공용 과실을 생산하는 유럽이나 미국 등과는 달리 생식용 과실의 생산을 목적으로 하고 있어 과실의 당도를 높이기 위해 일교차가 큰 고지대에 과원을 조성하는 것이 일반적이며, 물빠짐을 좋게 하기 위해 약간의 경사를 주는 경우가 많다. 이에 따라 제초 및 방제 이외의 작업에 많은 노동력이 소요되고 있지만 대부분이 노동집약적이며 고소작업이 전체의 20~30% 이상으로 많은 부분을 차지한다. 통상적으로 고소작업을 위해서는 사다리를 이용하게 되는데, 사다리는 작업자가 사다리를 오르고 내리고, 이를 이동하는 과정에서 번거롭고 시간이 많이 소요됨과 동시에 간혹 사다리가 넘어지는 경우 등 안전사고의 위험이 있다.



그림 1 과수원의 여러 가지 고소 작업

이러한 원인을 해소하기 위한 방안으로 고소작업대가 개발되어 보급이 이루어지고 있으나, 대부분의 일반 산업용 고소작업대는 바닥이 평평한 곳에서 사용되는 것으로 바닥의 경사가 일정치 않고 자체적으로 약간의 경사를 둔 농사지에서 사용하기에는 운반 및 보관에 많은 어려움이 있었다. 따라서 농업용 고소작업차가 개발되어 시판되고 있으며 최근에는 전동형 농업 고소작업차의 보급이 활발하다. 농기계 가격집 등록 기준 농용고소작업차를 생산 및 판매하는 회



사는 10개로 나타나지만 이 중 2~3개 업체를 제외하면 모두 엔진 구동방식을 이용함으로써 엔진의 소음 및 진동으로 인해 작업에 어려움이 있다. 또한 대부분 경사지인 우리나라 지형에서 고소 작업 시 안전사고의 위험을 예방할 수 있는 독립적인 경사 조절 장치가 구비된 사례는 극히 제한적이다.

한편, 국내 시판 중인 농용 고소작업차는 크게 수직상승형과 붐형의 두가지 형태로 구분된다. 붐형의 고소작업차는 붐의 선단에 설치된 곤돌라상의 작업대가 지상고 450~3,500mm의 범위에서 원호 상으로 승강하는 방식이며 작업대에는 작업자를 포함하여 100kg 정도의 적재가 가능하며(농용 고소작업차 안전검정 기준), 차체의 주행, 작업대의 승강 및 붐의 좌우 선회 등의 조작이 가능하다. 이러한 붐 형태의 고소작업차는 적재용량이 적으나 수관으로의 접근이 용이하고 작업범위가 넓은 것이 특징이다. 수직상승형 고소작업차는 X형의 암에 지지된 작업대는 지상고 800~3,000mm의 범위에서 수직으로 승강하며, 작업대는 작업자를 포함하여 250kg의 탑재능력을 가지고(농용 고소작업차 안전검정 기준) 작업대 위에서 차체의 주행, 작업대의 승강 등의 조작이 가능한 방식이다. 이러한 형태는 작업대가 넓어 탑재력도 큰 것이 특징이고 과수원내 운반용으로도 이용 가능한 특징이 있다. (황, 2012)



그림 2 시판중인 농용 고소작업차

그러나 상기에서 언급했듯이 경사지에서 전복의 위험 방지 대책은 미비한 것이 사실이다. 최근 경북 지역에서 농용 고소작업차의 전복 사고로 중상을 입는 등 사고가 끊이지 않고 있다. ‘2010년 농업기계연감’에서의 예에서 ‘농업기계 안전사고 실태’를 통해 농업기계 사고유형에서 추락(38%)과 전도(32%)가 전체 농업기계 사고에서 70%를 차지하며, 사고당시의 작업은 운반 또는 이동작업이 전체의 53%로 가장 높다고 하였다. 이러한 사고들은 고소작업차에서 발생할 수 있는 확률이 높으며, 이러한 사고를 예방하기 위해 기존 고소작업차의 안정성 확보가 필수적이며, 농업기계 안전과 관련한 다양한 교육과 홍보가 필요하다. 무엇보다도 작업자가 안전하고 편리하게 사용할 수 있도록 기계 개발 시 주행 안정성 분석이 추가적으로 이루어져야 하는 이유이기도 하다.

또한, 현재 시판되고 있는 고소작업차는 그 용도가 고소작업 및 운반작업에 국한되어 있다. 과수 작업에서 기계화는 경운 및 정지, 방제 등에 제한적으로 이루어져 있지만 스피드 스프레이어, 트랙터 등 고가의 장비들의 보급률은 매우 높은 실정이며, 추가적으로 기타 작업에 필요한 기계들도 따로 구입하고 있는 실정이다. 이는 기계의 이용효율을 높이지 못하는 결과로 이어지며 농가의 생산성을 저해하는 요소라 할 수 있다. 이러한 상황에서 농업 생산설비와 작업기계의 개발연구 측면에서 국내의 연구 실태와 선진외국을 총괄적으로 비교하면, 우리나라의 농작업 기계는 극히 수도권 중심으로 개발 실용화되고 있을 뿐이며, 전작이나 과수생산에 있어서는 제한된 품목의 작업기만이 수입 또는 국산화 되어 있는 실정이다. 따라서, 전작 및 과수원에 분야의 기계화를 위한 설비개발 및 기계화 연구는 지속적으로 추진되어야 한다.

따라서 상기의 문제점을 해결하기 위해 과수관리, 운반 및 상하차, 지주 등의 설치, 공압의 이용이나 부속작업기의 부착 등 다양한 과수 작업을 위한 다목적의 보완된 고소작업차 개발이 필요하며, 쾌적한 환경에서 효율적인 작업을 할 수 있는 친환경적인 전동화 기술이 요구되어진다. 또한 Auto levelling 시스템, 정밀 조향, 토양 특성에 대한 안전성 평가, 기계적 안정성 평가 시뮬레이션 및 검증 등을 통한 안정성 확보를 통해 과수 농가의 작업 능률 향상 및 생산성 향상이 본 연구개발의 최종목표이다.

## 제 2 절 연구개발 목표

본 과제 of 최종 목표는 농업 인구의 감소 및 고령화, 농업경영비 상승 등의 농업여건을 개선하여 고효율의 환경친화형 기술개발을 위해 과수원 작업의 기계화 촉진 및 기존 고소작업차의 성능 우수성을 확보하여 농가의 작업능률 향상 및 노동력 절감, 기계의 이용효율을 높일 수 있는 과수원 다목적 작업을 위한 스마트 고소작업기계를 개발하는 것이다. 주요 개발내용은 다음과 같다.

- 세분화된 선행특허조사를 통한 특허회피 전략 수립
- 기초조사 및 요인 분석에 따른 기초요인 설계
- 원가 분석을 통한 점유율 1위 유지 및 수출경쟁력 향상
- 독립 구동 방식을 적용한 주행장치 개발
- 자동경사조절이 용이한 하부 프레임 및 리프트 시스템 설계 및 제작
- 작업대 및 확장 작업대 설계 및 제작
- 상하차 장치 및 에어 컴프레서 등 부가장치 설계 및 제작
- 부가 작업기 장착을 위한 동력취출장치 개발 및 적용

- 원활한 주행 및 방향전환이 용이한 AC모터 적용 드라이브 개발 및 조향 정밀성 검증
- Auto levelling system 개발 및 정밀성 검증
- BMS, 원격 제어를 포함한 중앙집중식 컨트롤러 개발
- 안전 경보 기능 등의 사용자 편의장치 개발
- 토양 특성에 따른 고소작업기계의 견인 및 경사지 등판 성능 평가
- 토양 특성에 대한 안정성 및 기계적 안정성 평가
- 현장 실증시험을 통한 기존 제품과의 비교 평가 및 경제성 분석에 따른 사업화 추진
- 농가 보급형 양산 제품화 및 매뉴얼 개발

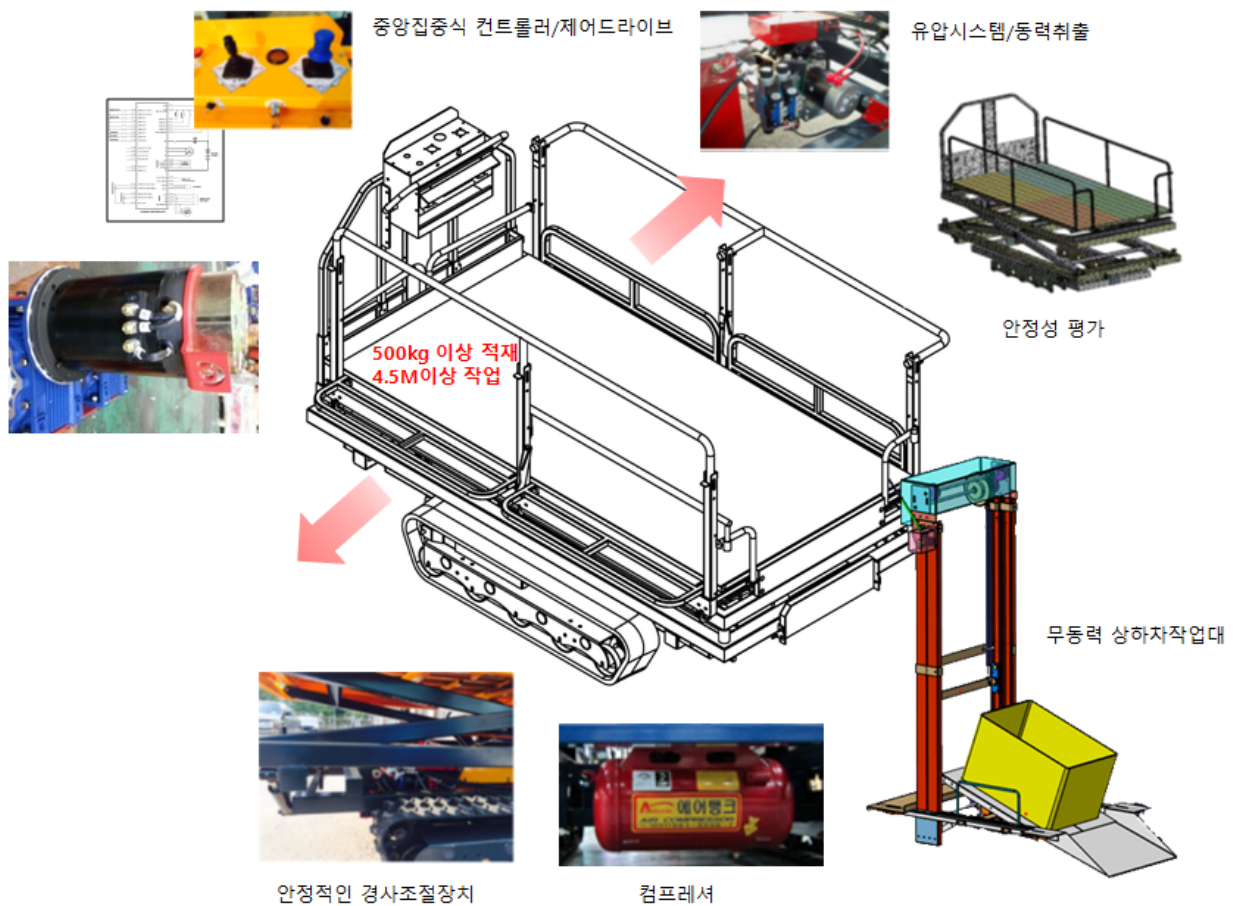


그림 3 다목적 스마트 고소작업기계 개발 개념도

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

### 제 1 절 기술개발 및 제품 현황

고소작업차와 관련한 국내 출원 및 등록 특허 현황을 살펴보면 대부분 산업용 고소작업대에 관한 내용이다. 농업용 고소작업차와 관련한 내용은 등록특허 10-1046439(2011.06.28)호의 농업용 덤프겸용 고소작업차량이 제안되어 있다. 이는 어느 정도 경사가 일정치 않은 농사지에 사용이 가능하도록 하였으나, 작업중 오일이 메인 유압실린더로 계속 공급되어지도록 하기 위한 방안으로 엔진이 항상 구동된 상태가 유지됨에 따라 연료소모량이 증가되는 문제점이 있었고, 엔진 구동으로 인한 소음이 발생하는 또 다른 문제점이 있었다. 또한, 바퀴를 정·역회전시켜 후진 및 전진 하도록 하기 위한 방안으로 별도의 동력전달장치가 구비되어지는 과정에서 고소작업차량의 하중 증가와 더불어 비용이 증가되는 또 다른 문제점이 있었다. 그리고 한 두 그루의 나무에서 작업을 마친 후 이웃하는 다른 나무로 이동할 경우, 엔진 시동을 걸고 끄는 작업이 반복됨에 따라 번거로운 문제점이 있었다. 또 다른 출원특허(고소작업용 차량, 10-2006-0078457)에서도 마찬가지로 엔진을 이용하고 붐 형태로 구성되어 작업에 한계가 있는 것으로 나타났다.

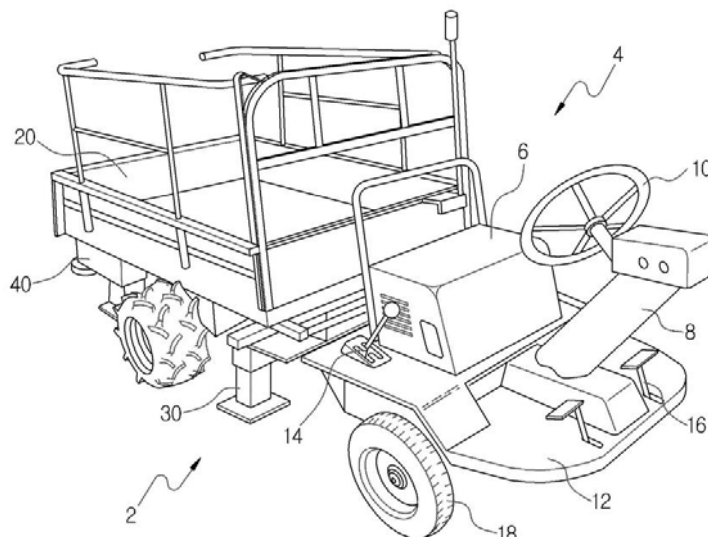


그림 4 특허(농업용 덤프겸용 고소작업차량)

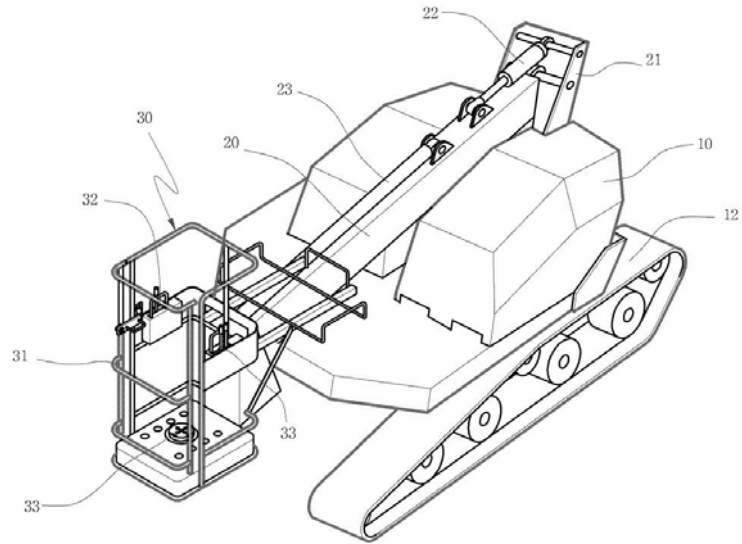


그림 5 특허(고소작업용 차량)

또한 고소작업차의 전도 방지와 관련한 여러 건의 특허가 검색되었는데, 농업용 고소작업차(특허등록 10-1353295호, 2014.01.14..)에서는 전도방지방치를 구비하여 쉽게 전도되지 않도록 하였는데 그 장치가 복잡하여 실제 현장에 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다.

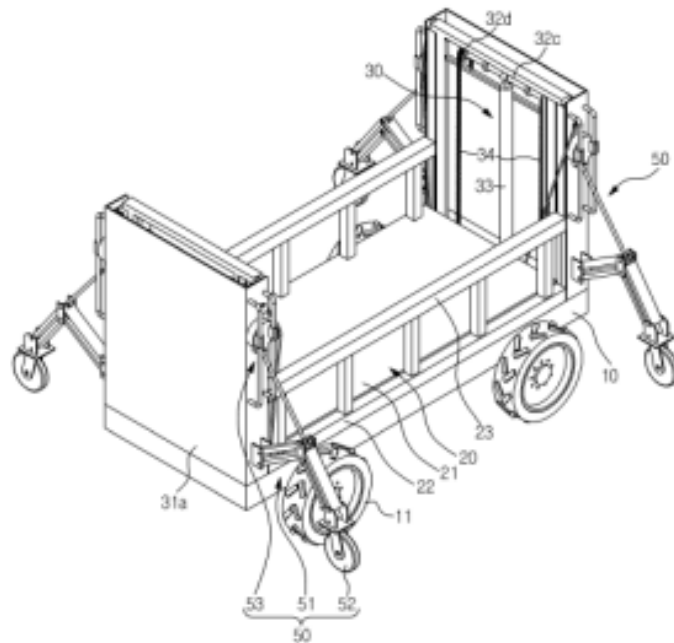


그림 6 특허(농업용 고소작업차)

등록특허 10-12486390 (수평유지식 농업용 고소작업차량, 2013.03.22)에서는 기울기 센서를 이용하여 자동으로 수평유지가 가능한 고소작업차량을 제시하였다. 기본 사양은 시판되고 있는 고소작업차와 같아 부가적인 기능은 없으며, 작업대 상부가 협소한 기울기 지지판에 의해 지지

되고 있어 적재 등에 대한 작업 안정성 확보가 필요할 것으로 판단된다.

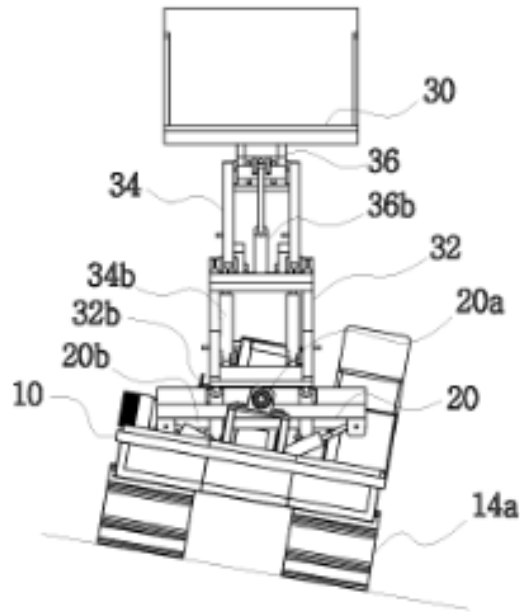


그림 7 특허(수평 유지식 고소작업차량)

등록특허 10-1008221호(농업용 고소작업대, 2011.01.07)에서는 엔진을 이용한 고소작업차량에서 전도방지 기구물로 아웃트리거를 제시하였는데, 이는 아웃트리거에 의해 차량 전체가 지지되므로 차량의 이동 시에는 다시 한 번 아웃트리거를 올려 주는 과정이 요구되어 적절하지 않은 것으로 판단된다.

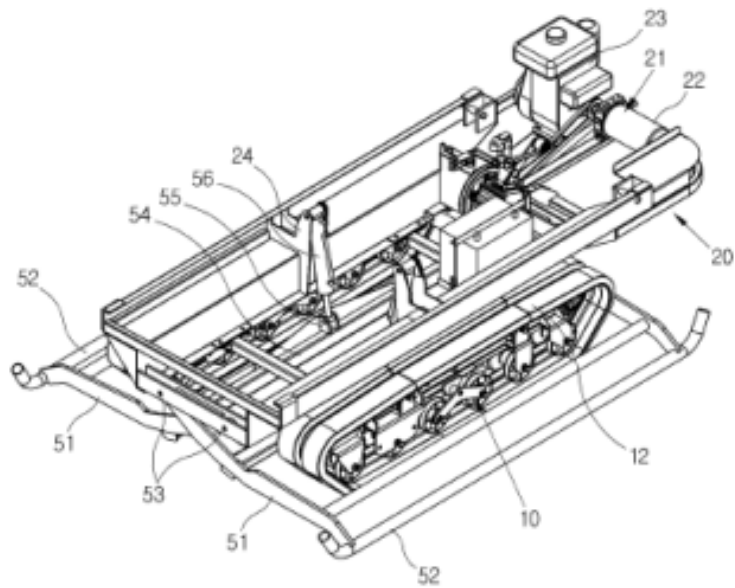


그림 8 특허(농업용 고소작업대)

특허 10-1098336호(기울기 조절이 용이한 농업용 고소 작업대, 2011.12.19.)는 주관기관이 보유하고 있는 특허로 수평조절 시 상부작업대의 안정성 확보를 위해 하부, 기울기용, 상부작업대 등의 3단 프레임을 구성하고 전후좌우 수평조절이 가능하도록 한 것이 큰 특징이다. 수동에 의한 조절 방식이지만 고소작업차 관련 기울기 조절에 의한 수평유지장치의 최초 특허라 할 수 있다.

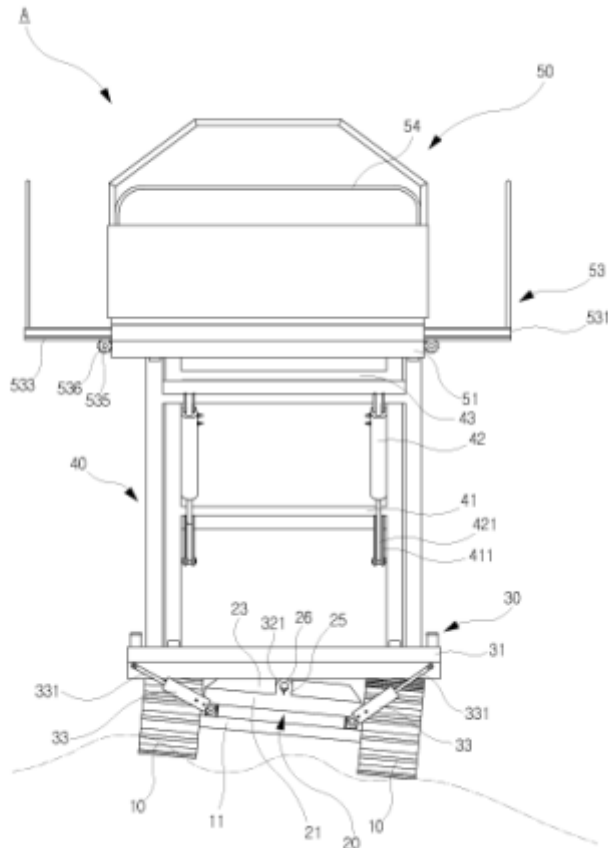


그림 9 특허(기울기 조절이 용이한 농업용 고소작업대)

이외에도 국내 특허에서는 안정성 확보를 위한 기술 내용이 많았지만 대부분 산업용에 국한되어 있었으며, 어느 특허에서도 여러 가지 다목적 작업이 가능한 고소작업차량에 대한 내용은 없는 것으로 나타났다.

한편, 국외 특허의 경우에도 일반 산업용 고소작업대나 차량의 높이 조절장치 등에 대한 특허 이외에 농업용 다목적 고소작업차에 대한 특허는 없는 것으로 나타났다. 특허 검색에서 유사 건수로 조회된 특허의 경우 일반 산업용 고소작업대의 연결장치 및 안전장치에 관한 것으로 나타났다.

-일본특허(Vehicle for high position work and connecting device thereof ; 05231029, 1993)

-일본특허(Vehicle for high position work ; 05231027, 1993)

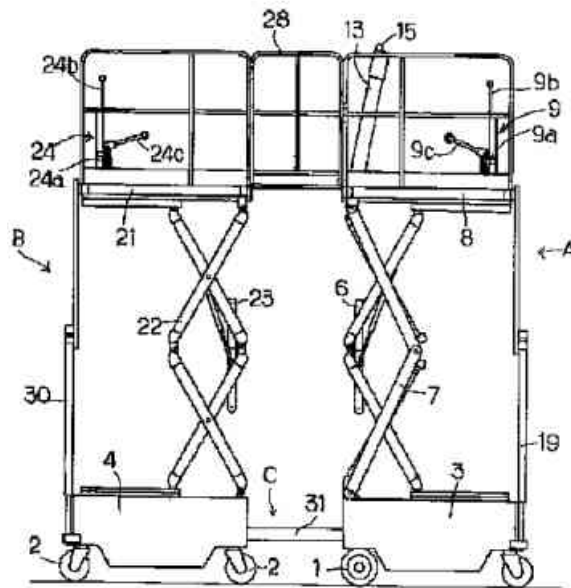


그림 10 특허(작업대 연결장치, 일본)

일본특허 高所作業車 (22195566, 2010)에서는 경사지에 대비 고소작업을 원활히 수행할 수 있는 붐형 고소작업대의 수평제어방법에 대해 기술한 예가 있다.

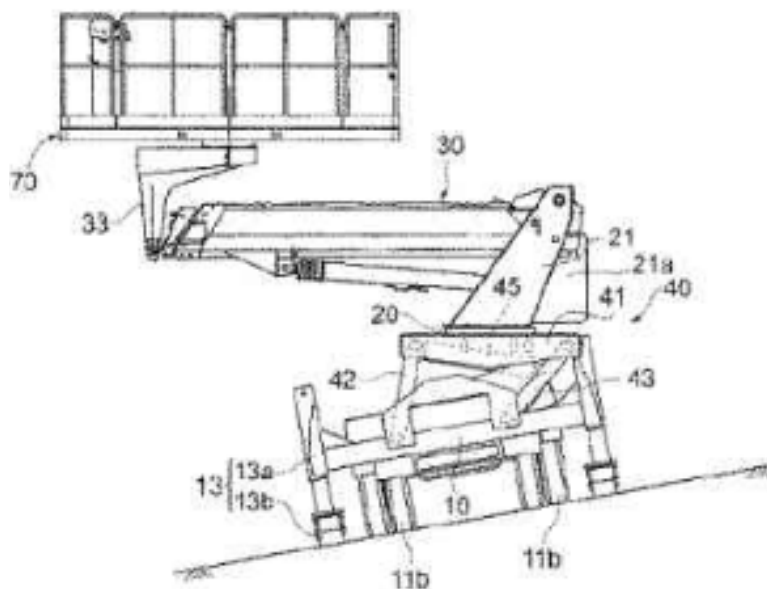


그림 11 특허(고소작업차, 일본)



국내 발표된 논문에서는 건설용 작업차와 관련한 내용이 대부분이었으며, 작업 차량과 관련하여서는 동력전달장치로 HST를 이용하기 때문에 하중이 증가하고 동력소모도 많은 단점이 있었다. 농업용 고소작업차와 관련하여서는 고소작업차 개발 및 안정성 평가와 관련한 논문이 검색되었다.

작업대 수평유지식 과수원 고소작업차 개발(장, 2011, 바이오시스템공학 36(3))에서는 주행부는 엔진, 벨트, 미션을 통해 크롤러로 전달되도록 하였으며, 직류모터 및 HST를 이용하여 차량 상부에 수평유지가 가능한 작업대를 부착하여 고소작업이 가능하도록 하였다.



그림 12 논문(수평유지식 과수원 고소작업차)

다물체 동역학 및 유한요소 해석을 통한 과수원용 작업차량 안정성 평가에 관한 연구(한 외, 2013, 한국산학기술학회논문지 14(9))에서는 개발한 차륜형 고소작업차에 대한 안정성 평가 연구를 진행하였는데, 실제적으로 차륜형 고소작업차는 경사지가 많은 과수원 환경에서 주행 및 전도에 큰 취약점을 가지고 있는 것으로 판단된다.

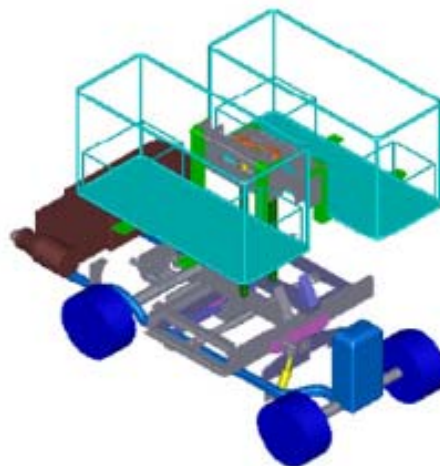


그림 13 논문(과수원 차량 안정성 평가)

국내외에 출시된 농업 고소작업차 제품은 고소작업 및 일부 운반작업에 그 기능이 제한되어 있으며 여러 가지 작업이 가능한 다목적 고소작업차는 국내에서는 없는 것으로 나타났다. 국외에서는 이탈리아 등 유럽을 중심으로 과수수확기 및 다목적 고소작업차가 출시되고 있으며, 일본에서는 엔진을 이용한 농업용 고소작업차가 시판되고 있다.

이탈리아의 PILLON SRL은 과수수확용 차량을 전문으로 생산하며 기존 고소작업 이외에 수확적재함 및 상하차 기능을 추가한 제품을 출시하고 있다. 그러나 엔진형(20~30HP)이며 대부분 유럽의 완만한 지형에서 작업이 이루어지고 나무의 높이도 높지 않아 차륜형을 채택하고 있어 우리 나라 실정과는 다른 측면이 있다.



그림 14 과수수확기(PILLON SRL, 이탈리아)

이탈리아 Potatura pesco의 과수원용 작업차는 엔진 및 차륜형으로 제작되었으며, 고소작업 및 수확 작업이 가능하도록 구성되어 있다. 대부분 평탄지형인 유럽 과원에 적합하도록 설계되어 우리나라 경사지형에는 적용하기에 무리가 있을 것으로 판단된다.



그림 15 과수원용 작업차(Potatura pesco, 이탈리아)

이탈리아 Oleo-mac는 관리기 및 운반차 전문회사로 아래 그림과 같이 과수수확기를 시판하고 있다. 전동형이지만 차륜형이어서 역시 우리나라에 적용하기에는 문제가 있는 것으로 판단된다.



그림 16 과수수확기 (Oleo-Mac, 이탈리아)

이탈리아 REVO SRL의 PIUMA는 사과수확기로 엔진 및 차륜형이며, 빔형의 작업대가 양쪽 사과나무의 작업을 수행할 수 있도록 구성되어 있으며, 특이한 점은 과수의 상하차 장치가 컨베이어식으로 구성되어 하단부의 대형의 수집박스로 모이도록 하는 형태를 갖고 있다.



그림 17 사과수확기 (REVO SRL, 이탈리아)

일본 KIORITZ의 고소작업차는 붐형 무한궤도식이며 동력원은 엔진이며 최대 3.5m 높이의 고소작업을 할수 있다. 일본 MARUYAMA에서도 붐 및 수직상승형의 고소작업차가 시판되고 있으며, 엔진형 붐형과 경사조절이 가능한 수직상승형으로 구분되며 일부 우리나라 업체가 수입하여 판매가 이루어지고 있다.



그림 18 고소작업차 (KIORITZ, 일본)



그림 19 붐 및 수직상승형 고소작업차(MARUYAMA,일본)

국내에서는 현재 가격집 등록 기준 10개 업체가 생산하고 있으며, 전동형과 엔진형, 수직

상승형과 붐형으로 구분되어 판매되고 있다. 국내 출시된 농용 고소작업차는 고소작업 및 일부 운반작업에 그 기능이 집중되어 있는 실정이며, 여러 가지 다목적 과수원 작업을 할 수 있는 제품은 없는 것으로 나타났다.



그림 20 국내 시판중인 전동형 고소작업차



그림 21 국내 시판중인 엔진형 고소작업차

기존 제품과의 성능개선 및 차별성 확보를 위해 다음 표에 국내의 제품의 주요 특징을 비교·분석하였다.

국내 및 일본의 제품은 거의 비슷한 사양을 가지고 있으나, 국내 제품은 전동형의 보급 비율이 높아지고 있으며, 유럽의 제품은 과수원 주간거리가 크고 평지가 많기 때문에 그 크기가 대형이 많고 차륜형이 대부분이었지만 부가 작업을 할 수 있는 기능이 많이 제공되는 특징이 있다.

요컨대 국내 출시된 농용 고소작업차는 고소작업용 및 일부 운반작업에 그 기능이 제한되어 있으며 관련 특허 및 논문에서도 다목적 기능을 가진 고소작업차와 관련한 사항은 없었으며, 유럽의 고소작업차는 대형화되고 여러 가지 부가 기능을 갖춘 형태로 보급되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 국내 농용 고소작업차의 성능을 대폭 개선하면서도 국내 과원의 조건, 나무의 식재 간격 등에 적합한 다목적 고소작업기계 개발을 통해 농가의 작업 능력의 향상 및 노동력 절감을 도모하고자 하였다.

표 1 국내외 유사제품의 비교

구분	개발 제품 사양 (대표 모델)	당사 제품	국내 S사	일본 M사	유럽 P사	
형상						
구조	구동	AC모터 독립구동	AC모터 독립구동	BLDC모터	가솔린 엔진 (Mitsubishi 4.5HP)	디젤엔진 (Yanmar 27.1HP)
	형식	수직상승형 무한궤도식	수직상승형 무한궤도식	수직상승형 무한궤도식	수직상승형 무한궤도식	수직상승형 차륜형
	크기(mm)	2,770×1,460×1,900	2,670×1,370×1,880	2,637×1,326×1,898	1,960×1,225×1,100	3,600×3,400×2,500
	중량	1,521	1,220	1,580	-	
성능	최대 적재량	<b>최대 500kg</b>	<b>250kg</b> (국내 안전검정 기준)	250kg (국내 안전검정 기준)	350kg	5,000kg
	속도	최대 2.9km/h	최대 3.0km/h 최저 1.5km/h	최대 3.0km/h 최저 1.0km/h	전진 최대 3.3km/h 후진 최대 1.3km/h	최대 12.0km/h 최저 3.0km/h
	작업범위	폭 4.0m 높이 4.5m	폭 3.9m 높이 4.4m	폭 3.9m 높이 4.0m	폭 3.9m 높이 4.5m	폭 4.0m 높이 3.5m
	조향	좌우 독립구동	좌우 독립구동	좌우 독립구동	변속기	4WD
	컨트롤러	단일 다기능 레버	단일 다기능 레버	좌우 분리 레버	좌우 분리 레버	단일 다기능 레버
	경사조절 수평유지	좌우 10° (작업대 독립, 수동)	좌우 10° (작업대 독립, 수동)	좌우 10° (작업대 독립, 수동)	좌우 12° (작업대 독립, 수동)	없음.
부가 작업	상하차	○(옵션)	×	×	×	○
	적재 및 운반	○	○	○	○	○
	컴프레서	○(옵션)	×	×	×	○(25L)
	동력취출	○(옵션)	×	×	×	×
	무선조정	○	×	×	×	×

## 제 2 절 시장 현황 및 경제성 분석

### 1. 국내외 제품생산 및 시장 현황

국내 농업기계 보유현황(농림축산식품부, 2016)에 따르면 국내 과수원에 대부분 보급되어 있는 스피드 스프레이어는 약 54,000대가 보급되어 있는 것으로 나타났다. 농촌의 고령화 등으로 인해 과수원의 기타 기계보급은 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 기계화가 쉬운 왜성사과 재배농가수가 약 30,762호(과수실태 조사, 농림수산식품부, 2007)인 것을 감안한다면 고소작업차 시장은 약 4만대 이상의 수요가 있을 것으로 판단되어 약 7,000억 이상의 시장규모가 될 것으로 추정된다.

표 2 과수실태 조사, 농림수산식품부, 2007

도별	일반 사과					왜성 사과				
	농가수	비율	면적(ha)	비율	평균 평수	농가수	비율	면적(ha)	비율	평균 평수
경기 충북	4,252	12.3%	3,968	13.2%	2,800	4,108	13.4%	3,623	14.4%	2,646
충남	1,696	4.9%	1,819	6.0%	3,218	1,549	5.0%	1,513	6.0%	2,930
전북	980	2.8%	1,134	3.8%	3,471	977	3.2%	1,131	4.5%	3,473
경북	24,247	70.4%	20,347	67.7%	2,517	20,894	67.9%	16,177	64.4%	2,323
경남	3,159	9.2%	2,718	9.0%	2,581	3,117	10.1%	2,598	10.3%	2,500
계	34,451	100.0%	30,069	100.0%	2,618	30,762	100.0%	25,125	100.0 %	2,450

국내에서는 현재 가격집 등록 기준 10개 업체가 생산하고 있으며, 전동형과 엔진형, 수직 상승형과 빙형으로 구분되어 판매되고 있다. 국내 출시된 농용 고소작업차는 고소작업 및 일부 운반작업에 그 기능이 집중되어 있는 실정이며, 여러 가지 다목적 과수원 작업을 할 수 있는 제품은 없는 것으로 나타났다.

국외의 경우 세계 사과 생산량(주요국가 사과 생산량, FAO 2008)을 살펴 보면, 2000년대 초반 대비 약 10% 가량 전체 재배면적이 줄어들었으며, 중국이 190만ha로 전 세계의 40%를 차지하고 있다. 이는 우리나라 사과 재배 면적 약 3만ha의 약 150배 규모로 이 중 약 10%만 기계화에 적용한다 해도 약 10조원 이상의 시장이 추정된다. 유럽이나 일본 등지에서도 전동형 다목적 농용 고소작업차에 관심을 가지고 있는 것으로 나타났다.

또한 산업용 고소작업차는 현재 수입이 이루어지고 있으나, 농용 고소작업차는 일부 엔진형 일본 제품만이 수입되고 있는 것으로 나타났다. 유럽 특히 이탈리아에서 많은 종류의 고소작업차 예를 찾아볼 수 있지만 대부분 대형 엔진 탑재형 차륜을 적용한 고소작업차량이다. 유럽의 고소작업차량은 상하차, 에어 컴프레셔 등 부가적인 기능이 있어 다목적으로 활용되지만 우리나라 과수원 지형에는 적용하기 어려운 문제점이 있다.

## 2. 경제성 분석

전동형 고소작업차를 이용함으로써 파급되는 효과는 비용뿐 아니라 오염원의 배출이 없는 청정 동력원의 이용, 소음 등의 스트레스로부터 해방되는 등 신성장, 친환경 녹색성장에 부합하는 등 여러 가지 효과가 있다. 시장 진입에 앞서 관행의 사다리 작업과 엔진형 농용 고소작업차의 경제성을 농업과학기술개발 경제성 분석 기준자료집을 토대로 비교하여 그 효과를 분석해 보았다.

### 가. 분석방법

관행작업 및 엔진형 농용고소작업차와 전동고소작업차 이용시 소요되는 이용비용을 고정비와 변동비로 구분하여 분석하였으며, 전동고소작업차의 가격은 19,800천원, 엔진형 고소작업차의 가격은 18,000천원을 적용하였다. (한국농기계협동조합, 2012)

관행의 사다리를 이용한 고소작업방법은 고정비가 제외되었으며, 엔진형 및 전동 고소작업차 이용시의 고정비용은 감가상각비, 이자, 수리비의 합으로 계산하였으며, 산출방법은 다음 표에 나타낸 바와 같다.

표 3 고정비 항목

항 목	내 용	산출근거 및 문헌
감가 상각비	- 내구연수 6년(엔진), 12년(모터)	농업과학기술개발 경제성분석 기준자료집.
	- 기계 폐기가격 구입가의 5%	농촌진흥청(2011)
	- 직선법 이용	바이오시스템기계공학, 박준걸(2008)
이 자	- 기계 구입가 4%	농업용 면세유류 공급요령, 농림수산식품부(2009)
수리비	- 기계 구입가 3%	바이오시스템기계공학, 박준걸(2008)

변동비용은 다음의 식으로 산출하였으며, 변동비의 산출방법은 아래 표에 나타낸 바와 같다.



$$VC = H \times (F + O + L)$$

여기서, VC: 변동비용(원/년)

H : 연간 기계 이용시간(시간/년)

F : 1시간 작업시의 소모 연료비용(원/시간)

O: 1시간 작업시의 소요 윤활유 비용(원/시간)

L: 시간당 노동임금(원/시간)

표 4 변동비 항목

항목	내 용
노 임	- 농업노임 : 76,172원/일 (성인남자)
	- 작업인원 : 4인 기준
	- 작업시간 : 4시간/1일 (84%가 고소작업으로 평균 4시간 가정(장, 2012))
	- 연간작업일수 : 300일 (1일 4시간, 300일 꾸준히 사용한다고 가정)
연료비	- 연료소모율 : 엔진형 3.5L/h(10마력), 전동형 150W/hr(200Ah기준)
	- 작업가능면적 : 25ha 관행 4a/일(4hr, 4인), 엔진형 8a/일(4hr, 4인), 전동형 10a/일(4hr, 4인)
	- 휘발유 가격 : 1,771원/L (농용고소작업차는 면세유 대상 제외)
	- 농업용(병) 1,070원/kW, 36.4원/kWh
윤활유비	- 연료비의 15% (엔진형만 해당)

#### 나. 분석결과

과수원에서 1일 4시간, 연간 300일 꾸준히 작업한다고 가정하였을 때, 연간 이용비용분석은 아래의 표와 그림에 나타내었다. 전동고소작업차의 연간 고정비는 1,881,000원으로 나타났으며, 이용비용은 전동고소작업차의 경우는 39,974,400원/년, 엔진형 고소작업차의 경우 70,581,250원/년, 관행의 경우는 457,056,000원/년으로 나타났다. 전동 고소작업차를 이용할 경우 엔진형 대비 44%, 관행대비 90%를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 노임이 대부분을 차지하는 관행의 경우와 비교하면 약 3개월 정도면 전동형 고소작업차의 투자비용을 모두 회수할 수 있는 것으로 판단된다.

또한 엔진형 고소작업차의 이용 시 2.12kg/L의 CO<sub>2</sub>가 발생(농업과학기술개발 경제성분석 기준자료집, 2011, 농촌진흥청)하므로 환경적인 측면에서도 우수한 것으로 나타났다.

표 5 연간이용비용 (단위: 년/원)

구분		전동	엔진	관행	
구입가격(원)		19,800,000	18,000,000	0	
이용 비용	고정 비	감가상각(원/년)	495,000	900,000	0
		이자(원/년)	792,000	720,000	0
		수리비(원/년)	594,000	540,000	0
		합계(원/년)	1,881,000	2,160,000	0
	변동 비	노임(원/hr, 10a기준)	38,088	47,610	152,352
		연료비(원/hr)	5.4	6,198	0
		윤활유비(원/hr)	0	929	0
		작업시간(hr/년)	1,000	1,250	3,000
		합계(원/년)	38,093,400	68,421,250	457,056,000
	이용비용합계(원/년)		39,974,400	70,581,250	457,056,000

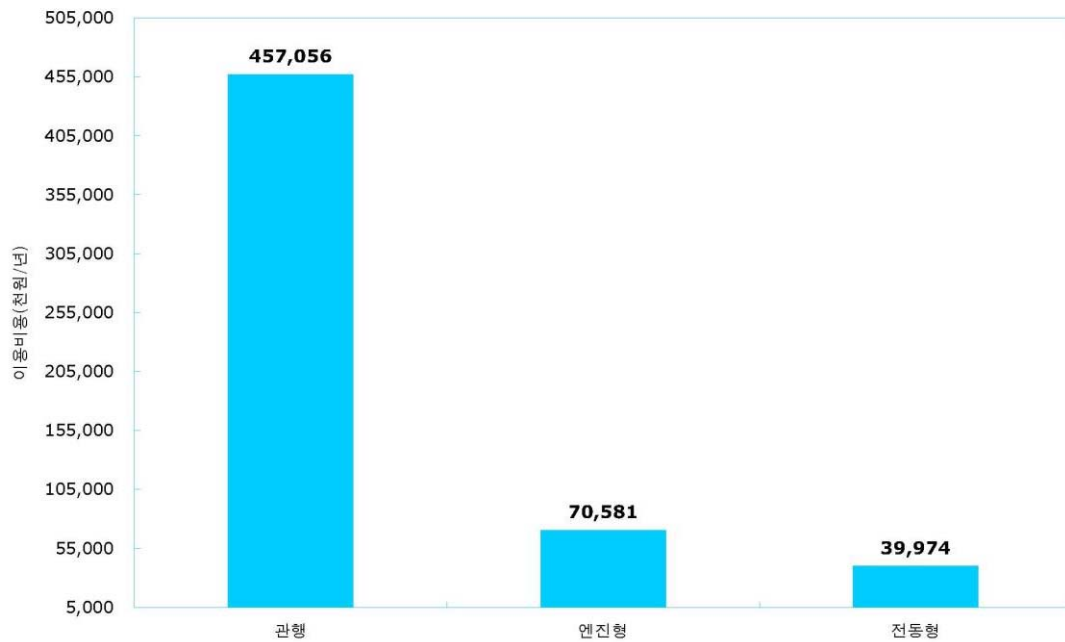


그림 22 작업방법별 이용비용 분석

작업규모에 따른 이용비용 분석은 아래의 표에 나타내었으며, 관행작업은 노임이 대부분이고 작업피로도 등을 감안하였을 때, 작업규모가 증가함에 따라 이용비용도 증가하는 추세로 나타났다.

전동고소작업차의 경우는 작업규모가 증가함에 따라 이용비용은 급격하게 감소하는 추세이

며, 10 ha 작업규모에 이르면 감소세가 완만하게 나타났다. 10 ha 작업규모에서 이용비용을 분석해 보면 관행작업은 17,520,480원/년·ha, 엔진형 고소작업차는 2,952,850원/년·ha, 전동형 고소작업차는 1,711,836원/년·ha로 나타났다. 관행의 작업 및 엔진형 고소작업차는 노임 및 연료비 등의 부담이 가중되어 연중 작업이 많은 고소작업에서는 규모별로도 전동형 고소작업차가 매우 유리한 것으로 나타났다.

표 6 전동 고소작업차 이용시 작업규모별 이용비용

작업면적(ha)		1	5	10	20	25	
이용 비용	고정 비	감가상각(원/년)	495,000	495,000	495,000	495,000	495,000
		이자(원/년)	792,000	792,000	792,000	792,000	792,000
		수리비(원/년)	594,000	594,000	594,000	594,000	594,000
		합계(원/년)	1,881,000	1,881,000	1,881,000	1,881,000	1,881,000
	변동 비	노임(원/년)	38,088	38,088	38,088	38,088	38,088
		연료비(원/년)	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
		윤활유비(원/년)	0	0	0	0	0
		작업시간(h/년)	40	200	400	800	1,000
	합계(원/년)		1,523,736	7,618,680	15,237,360	30,474,720	38,093,400
	이용비용합계(원/년)		3,404,736	9,499,680	17,118,360	32,355,720	39,974,400
	이용비용(원/년-ha)		3,404,736	1,899,936	1,711,836	1,617,786	1,598,976

표 7 엔진형 고소작업차 이용시 작업규모별 이용비용

작업면적(ha)		1	5	10	20	25	
이용 비용	고정 비	감가상각(원/년)	900,000	900,000	900,000	900,000	900,000
		이자(원/년)	720,000	720,000	720,000	720,000	720,000
		수리비(원/년)	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000
		합계(원/년)	2,160,000	2,160,000	2,160,000	2,160,000	2,160,000
	변동 비	노임(원/년)	47,610	47,610	47,610	47,610	47,610
		연료비(원/년)	6198	6198	6198	6198	6198
		윤활유비(원/년)	929	929	929	929	929
		작업시간(h/년)	50	250	500	1000	1250
	합계(원/년)		2,736,850	13,684,250	27,368,500	54,737,000	68,421,250
	이용비용합계(원/년)		4,896,850	15,844,250	29,528,500	56,897,000	70,581,250
	이용비용(원/년-ha)		4,896,850	3,168,850	2,952,850	2,844,850	2,823,250

표 8 관행 작업시 작업규모별 이용비용

작업면적(ha)		1	5	10	20	25	
이용 비용	고정 비	감가상각(원/년)	0	0	0	0	0
		이자(원/년)	0	0	0	0	0
		수리비(원/년)	0	0	0	0	0
		합계(원/년)	0	0	0	0	0
	변동 비	노임(원/년)	152,352	152,352	152,352	152,352	152,352
		연료비(원/년)	0	0	0	0	0
		운활유비(원/년)	0	0	0	0	0
		작업시간(h/년)	100	550	1150	2350	3000
		합계(원/년)	15,235,200	83,793,600	175,204,800	358,027,200	457,056,000
	이용비용합계(원/년)		15,235,200	83,793,600	175,204,800	358,027,200	457,056,000
	이용비용(원/년-ha)		15,235,200	16,758,720	17,520,480	17,901,360	18,282,240

## 제 3 장 연구수행 내용 및 결과

코드번호

D-05

### 제 1 절 고소작업기계 개발을 위한 기초 자료 분석

#### 1. 과수원 형태 및 재배관리

사과의 재배관리는 전정, 수분, 적화, 적과, 수확 등이 있으며 각각의 작업은 수세를 안정시키고 품질을 높이는 중요한 작업을 한다. 먼저 겨울동안의 휴면이 끝나는 2~3월에 체내 영양분이 이동하기 시작하므로 보통 휴면기에 전정을 실시한다. 겨울에는 지상부보다 지하부에 양분 축적이 많으므로 전정에 의한 양분 손실이 적고 나무 생장에 미치는 영향도 겨울철에 전정하는 것이 여름 전정하는 것보다 작기 때문이다. 개화 후 과실의 결실 뒤는 어린 과실, 새뿌리, 새가지, 새잎, 가지, 주간 등 각 기관의 생장 비대가 급격해지는 시기이므로 수체 각 기관에 영양분을 골고루 배분하기 위하여 과실을 적과한다. 또한 병충해 방제 및 착색을 좋도록 하기 위해 봉지를 같은 시기에 씌운다.

한여름에는 일시 정체 현상을 보이는데 여름 동안은 광합성, 단백질 합성, 호흡, 양수분 흡수, 증산 등 각 생리작용이 활발하기 때문이다. 이 시기가 사과원 관리에서 가장 힘든 시기로 수관 내 광이 잘 들게 하는 가지치기 작업과 방제를 철저히 하고 과실이 무거워서 가지가 부러짐을 방지하기 위한 지주 설치, 도장지 제거 등의 작업을 실시한다. 초가을이 되면 잎 속의 전분이 과실 안에 축적되고 이 축적된 전분이 점점 당으로 변하여 착색이 시작된다. 또한 잎, 가지속의 양분은 주간, 뿌리 등에 저장양분 형태로 이행되어 다음해 봄에 꽃을 피울 준비를 한다. 성숙기가 되면 과실은 경도 및 유기산 함량이 저하되고, 당분과 호흡이 증가되며 낙과가 일어난다. 이때 봉지를 씌워 재배한 경우는 봉지를 벗기고 과실에 그늘을 지게 하는 잎을 따주어 착색을 도모한다.

이와 같이 사과 재배에는 연중 많은 농작업이 필요하며 특히 고품질 과수를 생산하기 위해서는 노동투입시간을 더욱 더 늘려야하는 상황이다. 또한 대부분 고소작업인 과수원에서 현재는 대부분 사다리를 이용하여 작업하고 있으나 작업능률이 매우 낮으며 안전사고의 위험이 많다. 과수의 여러 가지 작업들은 작업 시기가 매우 중요하지만 현재 인력이 부족하고 고령화되어 시기에 맞추어 작업이 어렵기 때문에 적기보다 조기에 작업을 시작하여 적기보다 늦게 마무리 되므로 생산성 및 상품성에서 많은 불이익을 당하고 있는 셈이다. 현재 약 10여 개 업체에서 고소작업차를 생산하고 있고 이 고소작업차를 이용해 본 사람은 그 실용성을 아주 좋게

평가하고 있다. 그러나 현재 공급중인 고소작업차는 엔진을 이용하기 때문에 소음 및 진동 등의 스트레스가 심하며, 실용성 및 안전성이 미흡하여 구매를 망설이고 있는 실정이다. 거의 대부분의 과수 농가에 보급되어 있는 스피드 스프레이어는 한 번의 이동으로 작업이 완료되지만 작업시간이 많이 소요되는 적과, 수확 등의 경우 지속적으로 엔진 시동이 켜진 상태에서 작업하므로 소음 및 진동에 대한 작업자의 스트레스가 심하며, 에너지 소비가 많다. 또한 고소작업은 연간 10개월여에 걸쳐 수시로 행하여야 하기 때문에 활용성이 아주 높은 농기계이므로 자동화에 의해 에너지 소비를 줄이고, 친환경적인 작업 요구 조건을 맞추어야 할 것으로 판단된다.



그림 23 과수원의 형태 (왜성사과 과원과 일반사과 과원)

한편 우리나라 사과 농가 약 65,000호 가운데 일반사과 재배농가가 약 55%, 왜성사과 재배농가가 약 45% 정도를 차지하는데, 왜성사과 재배는 과원을 규격화하여 기계화를 촉진시키기 위해 조성되었다. 최근에 일반 사과 농가가 왜성 사과로 급속히 전환되고 있고, 정부의 정책도 왜성 사과만 지원하고 있으므로 왜성사과의 급격한 상승이 예상되며 기계화 및 자동화는 더욱 가속화될 것으로 예상된다.

왜성사과재배에서는 실생대목에 M26대목을 중간대목으로 이중접목하여 생산된 곁가지가 없는 묘목 즉, 키가 크고 위로 뻗는 형태의 사과재배법이며, 사과재배의 효율화, 단순화, 표준화 등을 이유로 나무의 크기를 적게 하고 재식주수를 10a당 190주 정도로 한 M9대목을 이용한 저수고 밀식과원이 있다.

왜성사과재배 과원은 기계화의 효율성을 위해 조간은 일반 사과보다 밀식으로 재식하며, 주간은 약 3.5~4m 정도로 넓게 재식하는 것이 일반적이다. 따라서 고소작업차는 한 번에 양쪽의 과수작업을 동시에 진행할 수 있도록 하기 위하여 인력이 손을 뻗어 4m 이상의 범위를 작업할 수 있도록 설계하여야 하며, 저수고 재배 외에도 최근에는 4m 이상까지 높게 재배하기도

하며, 고소작업차의 성능에 따라 재배형태도 조금씩 바뀔 수 있기 때문에 4.5m 이상은 작업할 수 있도록 하여야 한다.

또한 과수원의 작업은 기계화가 많이 이루어졌지만, 많이 보급된 스피드 스프레이어나 제초기 외에 가장 비중이 높은 작업인 고소 작업과 관련한 기계는 보급대수가 많지 않다. 이는 고소 작업에 있어서 고소작업차는 현재 엔진형에서 전동형으로 보급 형태가 바뀌고 있지만, 환경적 측면, 안정성 측면이 많은 고려가 있어야 한다. 일부 농가에서는 엔진형 고소작업차의 구매 후 반품하는 사례도 늘고 있다고 한다. 지속적인 작동과 많은 시간이 요구되는 고소 작업에서 전동화는 필수적이며, 부가적인 기능을 보완하여 기계의 이용 효율을 높일 수 있도록 다기능화가 필요하며 이는 과수 작업의 기계화에 큰 혁신을 불러 일으킬 것으로 사료된다.



그림 24 과수원의 기계화

고소 작업차의 성능 측면에서도 경사지 작업이 많은 과수원에서의 안정된 작업을 위해서는 좌우 및 전후 경사조절장치와 각종 안전장치가 필요하지만 기존의 고소작업차는 이를 해결하지 못하고 있으며 엔진의 진동 해소 등을 이용한 안정성 있는 작업을 함으로써 고소작업에 많은 질적 향상이 필요하다.

## 2. 선행기술 조사 및 분석

스마트 고소작업기계의 개발을 위해 기존 특허 및 기술 분석을 상기와 같이 시행하였으나 좀 더 면밀한 분석 및 특허 회피를 위해 전문기관에 의뢰하였으며, 일부 유사한 문헌이 존재하고 있으므로 고소작업기계의 다목적 기능에 중점을 두어 특허를 출원하였다.

2014년 농림축산식품부 농림축산식품연구개발사업을 위한  
**선행특허조사결과 보고서(요약)**

1. 과제정보

과제번호	2014300333	과제관리번호	2014-06300085
과제명	과수원 다목적 영농작업을 위한 스마트 고소작업기계 개발		

2. 조사결과

종합검토

구분	국내문헌	국외문헌	위험도(10점 만점)
유사도	5.0	1.7	5.0
유사도 기준	<p>유사도 점수는 위험도 점수와 비례합니다.</p>		<p>점수환산 = 개별 구성요소의 유사성 점수/전체기술요소 개수</p> <p>※점수가 높을수록 유사문헌 존재 위험도가 높음</p>
상세 기술요소	A	다목적 스마트 고소작업기계 : 정밀 제어가 가능한 AC모터를 적용한 구동부	
	B	다목적 스마트 고소작업기계 : 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함	
	C	다목적 스마트 고소작업기계 : 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔 등 부가장치	
(종합) 유사점 및 차이점	제안기술과 관련문헌의 비교결과, 제안기술[A]의 경우는 고소작업용 기계차에 적용된 것은 없으나, AC 모터가 농업용 간이 지게차에 적용된 점에서 점에서 일부유사한 기술적 구성을 보임, 제안기술[B]는 논문에서 기울기센서를 통해 수평을 유지하기 위한 과수원 고소작업기계에 적용된 기술로 유사한 선행문헌이 조사됨. 제안기술[C]는 고소작업기계에 부가장치로서 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔에 관한 기술이 고소작업차에 적용된 선행문헌이 조사되지 않았음		
결론	본 연구과제의 제안기술인 (A) 정밀 제어가 가능한 AC모터를 적용한 구동부의 기술은 일부 유사한 기술이 선행문헌을 통해 공지됨, (B) 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함하는 기술은 유사한 기술이 선행문헌을 통해 공지되어 있음, (C) 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔 등 부가장치에 관한 기술은 국내의 선행문헌이 조사되지 않았음		



2014년 농림축산식품부 농림축산식품연구개발사업을 위한  
**선행특허조사결과 보고서(첨부)**

1. 개별 기술요소별 상세 검토 결과

문헌번호	기술요지	기술요소	관련도
한국등록실용 287,458	사방에 이동을 위한 구동륜(11)이 설치된 베이스판(10)과, 가이드브라켓(30) 후면에 부착되고 상부에 놓여진 적재물을 들어올리거나 내려주는 리프터(40)와, 가이드브라켓에 연결된 와이어를 감아주거나 풀어주어 리프터를 승,하강시키는 동력을 제공하는 한쌍의 AC 감속모터를 구비한 농업용 간이 지게차	A B C	△
논문 2011.6	작업대 수평유지식 과수원 고소작업차에 있어서, 동력원은 DC 72V, 100 AH 의 납축전지를 사용하고, 보조 충전 또는 응급시 보조동력원으로 3.5kW의 가솔린 발전기를 겸용해서 사용할 수 있도록 한 직렬형 하이브리드 차량이고, 경사각이 0.5도를 벗어나면 기울기센서의 릴레이가 작동되어 실린더를 작동하여 수평유지를 하는 좌우수평제어 장치를 포함	A B C	O
일본공개특허 2010-0187526	서보 제어 시스템(1)은, 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 교류 전동기를 구동하기 위한 인버터 회로를 각각 가지는 복수의 드라이버 유닛과 복수의 드라이버 유닛의 인버터 회로를 제어하는 컨트롤 유닛(600)을 갖춘 리프팅 마그넷 차량	A B C	△
한국등록특허 1,391,529	스스로 움직이는 고소작업 및 농작물 수확장치는 제1리프트와 제2리프트 및 작업버킷이 지구 중심방향으로 향하도록 유지하여 자세를 제어하는 자이로센서(100)를 포함하고 자이로센서와 직교축을 이용하여 안정된 자세를 유지하는 것이 특징	A B C	△
기호	O : 매우 유사(10)    △ : 일부 유사(5)    × : 유사성 없음(0)		

기술요소 비교	국내				국외				종합			
	A	B	C	합계	A	B	C	합계	A	B	C	합계
유사도	5	10	0	5.0	5	0	0	1.7	5	10	0	5.0
점수환산	1.7	3.3	0.0		1.7	0.0	0.0		1.7	3.3	0.0	

## 분석기준 및 분석방법

### 1. 조사대상

조사대상 국가	한국	미국	일본	EP	국제특허	기타
	○	○	○	○	○	○

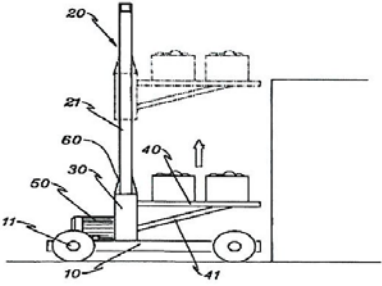
### 2. 기술분류

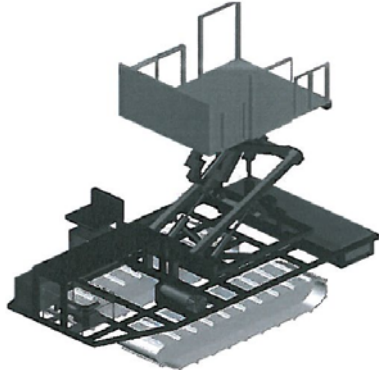
IPC	· A01D93/00, A01D46/00, B66F11/04, E04G1/22, B66C23/78
-----	--

### 3. 검색방법

조사관점	<p>사업계획서 전반을 참고하였으며, 특히 '2. 연구개발 목표 및 내용(17p)'에 기재된 기술의 상세한 설명을 바탕으로 기술의 요지를 파악하고 키워드를 도출</p> <p>동력원은 AC 모터를 사용하고, 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system 을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함하고, 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔 등 부가장치가 있는 고소작업기계에 관한 기술에 초점을 맞춤</p>				
키워드	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">국문</td> <td>고소작업*,"고소 작업*",과수원*,AC모터*,AC모타*,경사센서*,자동*,오토*,auto*</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">영문</td> <td>AC*,alternatcurrent*,gyrator*,motor*,revolver*,electromotor*,actuat*,</td> </tr> </table>	국문	고소작업*,"고소 작업*",과수원*,AC모터*,AC모타*,경사센서*,자동*,오토*,auto*	영문	AC*,alternatcurrent*,gyrator*,motor*,revolver*,electromotor*,actuat*,
국문	고소작업*,"고소 작업*",과수원*,AC모터*,AC모타*,경사센서*,자동*,오토*,auto*				
영문	AC*,alternatcurrent*,gyrator*,motor*,revolver*,electromotor*,actuat*,				
대표 검색식	<p>1. (고소작업*,"고소 작업*",과수원*)+(AC모터*,"AC 모터*",AC모타*,"AC 모타*((AC*,교류*,에이씨*,에이시*,alternatcurrent*) N/1 (액츄에*,액츄에*,액추에*,액추에*,액츄에*,액츄에*,전동*,원동*,회전전기*,전동*,gyrator*,motor*,revolver*,electromotor*,actuat*,모우터*,모우타*,전동기*,모우터*,모우타*,구동*,모다*,모터*,서보*,구동모터*,스텝*,구동모우타*,구동모타*,구동모우타*,구동모터*,구동모우터*,구동모우터*,구동모다*,모우*,전동모터*,모우다*,동력*,회전기*,모우*,모우다*,전기모타*,모우더*,전기모우터*,유도전동기*,모토*,모우더*,스핀들*,원동기*,모어터*,엔진*,구동모*,액츄에이*,전기모터*,발전기*,구동기*))</p> <p>2.(영농*,과수*,고소*,농업*,과일*,열매*,농수산물*,농작물*,농작*,청과*,원예*,농업*,재배*,수확*,농기*,fruit*)+(((자동*,오토*,auto*)+수평*),경사센서*,"경사센서*",자이로센서*,"자이로 센서*")</p>				
세부기술 유사점 및 차이점	<p>[유사점]</p> <p>(기술요소A) 농업용 간이 지게차에 리프트를 승하강 시키는 동력원을 AC 감속모터를 사용하는 부분을 언급하고 있어서, 동력원을 AC 모터를 사용하는 부분의 본 과제와 일부 유사함</p> <p>(기술요소B) 관련문헌은 경사각이 0.5도 이상이면 기울기센서의 릴레이가 동작하여 수평유지를 하는 기능을 포함하므로 본 과제의 경사센서를 통한 Autolevelling system과 유사함</p> <p>[차이점]</p> <p>(기술요소A) 관련문헌은 AC 모터가 농업용 간이 지게차에 적용된 기술인 반면, 본 과제는 과수원 고소작업기계에 적용된 기술임</p> <p>(기술요소C) 관련문헌은 과수원 고소작업기계에 무동력으로 상하차 장치 및 컴프레셔를 별도로 추가하는 부가장치에 대한 언급이 없음</p>				

## 기술구성의 대비

일련번호	1	한국등록실용 287,458	
출원일자	2002.5.9	등록일자	2002.8.19
출원인	변혁		
제목	농업용 간이 지게차		
구 성 대 비			
제안기술		선행기술	
<p>A. 다목적 스마트 고소작업기계 : 정밀 제어가 가능한 AC모터를 적용한 구동부</p> <p>B. 다목적 스마트 고소작업기계 : 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함</p> <p>C. 다목적 스마트 고소작업기계 : 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔 등 부가장치</p>		<p>□ 기술요지</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 교류 전동기를 구동하기 위한 인버터 회로를 각각 가지는 복수의 드라이버 유닛을 포함하는 리프팅 마그넷 차량</li> </ul> <p>□ 제안기술 A관련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ [요약, page 3, 청구항 1, 도면 3도]</li> <li>○ 리프터를 승,하강시키는 동력을 제공하는 한 쌍의 AC 감속모터를 구비한 농업용 간이 지게차</li> </ul> <p>□ 제안기술 C관련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ [요약, page 3, 청구항 1, 도면 3도]</li> <li>○ 가이드브라켓(30)에 부착되어 적재물을 들어 올리거나 내려주는 리프터(40)를 포함</li> </ul>	
			
검 토 의 건			
<p>제안기술[A]과 관련문헌의 비교결과, 농업용 간이 지게차에 리프터를 승하강 시키는 동력원을 AC 감속모터를 사용하는 부분을 언급하고 있어서, 동력원을 AC 모터를 사용하는 점에서 일부 유사한 기술적 구성을 보임, 단, 본 과제 기술분야는 파수원의 고소작업기계에 관한 내용이고, 관련문헌은 농업용 간이 지게차에 적용된 기술이어서 다소 차이가 있음</p> <p>제안기술[C]과 관련문헌의 비교결과, 적재물을 상하작업하는 리프트에 대한 언급은 있으나, 본 과제의 무동력 상하차장치와 에어컴프레셔에 대한 언급을 하고 있지 않아서 기술적 차이가 있음</p>			

일련번호	2	논문 2011.6	
출원일자		발행일자	2011.6
출원인	장익주		
제목	작업대 수평유지식 파수원 고소작업차 개발		
구 성 대 비			
제안기술		선행기술	
<p>A. 다목적 스마트 고소작업기계 : 정밀 제어가 가능한 AC모터를 적용한 구동부</p> <p>B. 다목적 스마트 고소작업기계 : 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함</p> <p>C. 다목적 스마트 고소작업기계 : 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔 등 부가장치</p>		<p><input type="checkbox"/> 기술요지</p> <p>○ 경사각이 0.5도를 벗어나면 기울기센서의 릴레이가 작동되어 실린더를 작동하여 수평유지를 하는 좌우수평제어장치를 포함</p> <p><input type="checkbox"/> 제안기술 A관련</p> <p>○(page 174~177, 도면 9도)</p> <p>○ 동력원은 DC 72V, 100 AH 의 납축전지를 사용하는 파수원 고소작업차</p> <p><input type="checkbox"/> 제안기술 B관련</p> <p>○(page 174~177, 도면 9도)</p> <p>○ 기울기센서의 릴레이가 작동되어 실린더를 작동하여 수평유지를 하는 좌우수평제어장치를 포함</p>	
			
검 토 의 견			
<p>제안기술[A]과 관련문헌의 비교결과, 파수원 고소작업차의 동력원으로 DC 동력원을 사용한다고 언급하는 반면, 본 과제는 AC 모터를 사용하므로 서로 기술적 차이가 있음</p> <p>제안기술[B]과 관련문헌의 비교결과, <u>경사각이 0.5도 이상이면 기울기센서의 릴레이가 동작하여 수평유지를 하는 기능을 포함하므로 본 과제의 경사센서를 통한 Autolevelling system과 유사함</u></p>			

일련번호	3	일본공개특허 2010-0187526	
출원일자	2009.12.11	공개일자	2010.8.26
출원인	SUMITOMO HEAVY IND LTD		
제목	SERVO CONTROL SYSTEM AND WORK MACHINE		
구 성 대 비			
제안기술	선행기술		
<p>A. 다목적 스마트 고소작업기계 : 정밀 제어가 가능한 AC모터를 적용한 구동부</p> <p>B. 다목적 스마트 고소작업기계 : 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함</p> <p>C. 다목적 스마트 고소작업기계 : 무동력 상하차장치 및 에어컴프레셔 등 부가장치</p>	<p><input type="checkbox"/> 기술요지</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 교류 전동기를 구동하기 위한 인버터 회로를 각각 가지는 복수의 드라이버 유닛과 복수의 드라이버 유닛의 인버터 회로를 제어하는 컨트롤 유닛(600)을 갖춘 리프팅 마그넷 차량</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 제안기술 A관련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ [요약, 청구1항, page 3~4, 도면 8도]</li> <li>○ 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 교류 전동기를 구동하는 리프팅 마그넷 차량</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 제안기술 C관련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ [page 10, 라인52, 도면 8도]</li> <li>○ 짐을 승강시키기 위한 포크(32)를 장착</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div>		
검 토 의 건			
<p>제안기술[A]과 관련문헌의 비교결과, 관련문헌은 리프트 마그넷 차량에 교류 전동기를 구동하는 부분을 언급하고 있어서, 동력원을 AC 모터를 사용하는 점과 일부 유사한 기술적 구성을 보임. 단, 본 과제 기술분야는 파수원의 고소작업기에 관한 내용이고, 관련문헌은 리프트 마그넷 차량에 적용된 기술이어서 다소 차이가 있음</p> <p>제안기술[C]과 관련문헌의 비교결과, 짐을 승강시키기 위한 포크(32)를 장착하는 부분에 대한 언급이 있으나, 본과제의 무동력 상하차장치와는 기술적 차이가 있음</p>			

일련번호	4	한국등록특허 1,391,529	
출원일자	2012.12.27	등록일자	2012.4.25
특허권자	이정수		
제목	스스로 움직이는 고소작업 및 농작물 수확장치		
<b>구 성 대 비</b>			
<b>제안기술</b>		<b>선행기술</b>	
<p>A. 다목적 스마트 고소작업기계 : 정밀 제어가 가능한 AC모터를 적용한 구동부</p> <p>B. 다목적 스마트 고소작업기계 : 자동으로 수평 유지하는 Autolevelling system을 적용할 수 있도록 경사센서를 포함</p> <p>C. 다목적 스마트 고소작업기계 : 무동력 상하차장치 및 에어컴프레서 등 부가장치</p>		<p><input type="checkbox"/> 기술요지</p> <p>○ 제1리프트와 제2리프트 및 작업버킷이 지구 중심방향으로 향하도록 유지하여 자세를 제어하는 자이로센서(100)를 포함하고 <u>자이로센서와 적교축을 이용하여</u> 안정된 자세를 유지</p> <p><input type="checkbox"/> 제안기술 B관련</p> <p>○[요약, 청구항, page 4, 도면 8도]</p> <p>○ <u>자이로센서와 적교축을 이용하여</u> 작업 버킷이 안정된 자세를 유지</p> <p><input type="checkbox"/> 제안기술 C관련</p> <p>○[요약, 청구항, 도면8도]</p> <p>○ 가로바에 결합되어 제1 회전축의 회전에 따라 <u>상하방향으로 운동하는 제2 수직이동 지지대(22)</u>를 포함하는 스스로 움직이는 고소작업 및 농작물 수확장치</p>	
<b>검 토 의 건</b>			
<p>제안기술[B]과 관련문헌의 비교결과, 농업용 간이 지게차에 리프트를 승하강 시키는 동력원을 AC 감속모터를 사용하는 부분을 언급하고 있어서, <u>동력원을 AC 모터를 사용하는 부분이 본 과제와 일부 유사함</u>, 단, 본 과제의 기술분야는 과수원의 고소작업기에 관한 내용이어서 기술분야에 있어서 다소 차이가 있음</p> <p>제안기술[C]과 관련문헌의 비교결과, 적재물을 상하작업하는 리프트에 대한 언급이 있으나, 본 과제의 무동력 상하차장치와 에어컴프레서에 대한 언급을 하고 있지 않아서 기술적 차이가 있음</p>			

## 참고 선행기술문헌 리스트

동 연구과제에 대하여 국내외 선행특허기술을 키워드와 국제특허분류를 이용하여 조사한 결과 해당 연구계획을 이해하는데 도움이 되는 기초자료

문헌번호	특허권자 (논문저자)	발명의 명칭
논문 2010.10	신을성	작업대 수평유지식 파수원 고소작업차 개발
일본공개특허 2010-0124604	SUMITOMO HEAVY IND LTD	SERVO CONTROL SYSTEM AND WORK MACHINE
한국공개특허 2013-0013187	대한중공업(주)	고소작업차에 설치되는 자동수평유지장치
한국공개특허 2006-0087247	주식회사 코해	고소작업장치의 작업대 자동수평 조절장치
미국특허 6,431,319	Ferno-Washingt on, Inc.	Height-adjustable equipment cart with detachable table
일본공개특허 2010-171080	SUMITOMO HEAVY IND LTD	SERVO CONTROL SYSTEM, AND OPERATING MACHINE
논문 2013	한창우, 손재환, 박기진, 정은실, 우승민, 영남이공 대학교 자동차계열, 대구기계부품연 구원, 대정정공(주)	다물체 동역학 및 유한요소 해석을 통한 파수원용 작업차량 안정성 평가에 관한 연구

## 제 2 절 토양 특성에 따른 고소작업기계의 견인성능 평가

차량의 주행, 등판성능 및 견인성능은 차량을 전진시키는 요인인 구동력(tractive effort)과 차량의 주행을 방해하는 운동저항(motion resistance)에 의해 결정된다. 즉, 차량의 최대 성능은 최대구동력과 최소운동저항 조건하에서 발휘할 수 있다.

포장도로(on road)의 경우 차량의 구동력은 주행부(타이어 또는 궤도)에 작용하는 수직하중과 주행부-노면간의 마찰계수의 곱으로 결정되는 주행부-노면간의 마찰력에 의해 결정되고, 운동저항은 주로 타이어어의 공기압에 따른 타이어의 변형에 의한 타이어의 회전저항 즉, 구름저항(rolling resistance)에 의해 주로 영향을 받는다.

그러나 연약지 등을 포함하는 비포장의 토양노면(off road)의 경우에는 포장도로와 달리 주행시 주행장치에 의한 토양의 파괴현상에 의해 충분한 구동력을 발생시킬 수 없으며 구동력은 주행부-토양간의 마찰력보다는 주행부에 의한 토양의 전단력(shear force)에 의해 결정된다. 한편, 토양에서의 운동저항은 구름저항 외에 주행부의 침하에 따른 토양저항을 극복하기 위한 토양다짐저항(soil compaction resistance)이 추가로 발생하며, 궤도형차량의 경우 대부분의 운동저항이 토양다짐저항에 의해 발생한다.

고소작업기계는 과수원, 농지 등과 같이 지역별로 토성(soil texture), 토양의 다짐(soil compaction), 경도(hardness) 및 전단(마찰) 특성이 다른 다양한 토양조건에서 운용된다.

고소작업기계의 주행 및 견인성능, 그리고 경사지 등판성능 등은 고소작업기계 동력(엔진 또는 모터) 및 동력전달장치, 차량의 치수 및 중량, 주행장치(타이어 또는 궤도) 등과 같은 차량 자체의 주요 제원뿐만 아니라 고소작업기계가 운용되는 토양 특성에 크게 영향을 받는다.

따라서 고소작업기계의 주행, 등판성능 및 견인성능을 예측 및 평가하기 위해서는 고소작업기계의 주요 제원뿐만 아니라 고소작업기계가 운용되는 토양특성을 고려한 견인성능 예측 및 평가가 필요하다.

### 1. 과수원의 토양 물리성 측정

고소작업기계의 견인성능 모델을 개발하기 위해 국내 주요 사과재배 과수원을 방문하여 사과 과수원 토양의 물리적 특성을 측정하였다. 토양의 물리적특성 변수의 측정은 우리나라 사과 재배의 주산지인 충주, 제천 및 정선 지역 등지에서 수행하였으며, 측정된 토양물리성 측정 결과에 기초하여 고소작업기계의 견인성능 예측에 가장 적합한 토양변수와 견인성능 예측 모델을 선정하기 위한 기본 자료로 활용하였다.





그림 25 과원형태 (강원 정선)



그림 26 과원형태 (충북 제천)

토양물리성 측정을 휴대가 편리하고, 토양의 다양한 변수들을 현장에서 쉽게 측정할 수 있는 장점을 갖고 있는 SR-2 타입의 토양물리성 측정장치(DIK-5521, DAIKI, Japan)를 사용하였고, 측정한 토양특성 변수로는 토양의 경도특성을 나타내는 토양의 원추지수(cone index, CI)와 토양의 전단강도 특성을 나타내는 토양의 점착력(cohesion), 내부마찰각(internal friction angle), 부착력(adhesion) 및 외부마찰각(external friction angle) 등을 측정하였다. 한편 과수원내의 측정지역은 고소작업기계의 주행 및 견인성능의 평가에 적용하기 위해 과수원내 사과나무들 사이에서 고소작업차가 주행하는 주행통로 지역에서 수행하였다.



그림 27 토양물리성 측정장치 (SR-2 type)



그림 28 사과 과수원 주행 통로 모습

토양의 원추지수는 모든 측정지역에서 원추가 5cm정도 관입된 후 측정 장치의 최대 관입 용량(2,500kPa)에 도달하여 더 이상 측정이 불가능하였다. 이러한 이유는 사과과수원의 주행통로 토양은 고소작업차의 반복적인 통행에 의해 토양의 강도가 높은 것으로 판단되었다. 따라서 원추지수는 고소작업차의 견인성능 평가에는 적합하지 않은 토양변수로 판단되었다. 또한 차량의 운동저항 예측에 유용한 토양의 압력-침하 관계 변수의 측정은 과수원 주행통로의 강도가 높아 평판의 침하가 거의 발생되지 않아 측정이 거의 불가능하였다.

한편, SR-2형의 측정장치의 하단에 내경과 외경이 각각 3cm 및 5cm인 원형의 전단링 (shear ring with grouser)과 마찰링(frictional ring without grouser)을 부착하여 과수원 토양의 전단특성을 측정하였다. 표 9는 사과과수원에서 전단링과 마찰링을 측정한 토양의 전단강도 특성을 측정한 결과이고, 그림 29는 충주-1 지역의 측정 자료를 분석한 결과이며, 그림 30과 31은 원추지수 및 전단특성 측정 모습을 보여주고 있다. 표 9 및 그림 29의 결과로부터 과수원의 고소작업기계가 주행하는 토양노면은 매우 강도가 높은 것으로 나타났고, 토양의 점착력 및 내부마찰각이 매우 높은 것으로 나타났다.

위의 결과로부터 과수원 지역에서는 토양의 강도가 높아 원추지수의 측정이 매우 어려운 것으로 나타나 궤도형 주행장치인 고소작업기계의 견인성능 예측에는 토양의 전단특성 변수를 이용하는 것이 효과적일 것으로 나타났다.

표 9 주요 과수원 토양의 전단특성

Soil properties Region	Cohesion ( kPa )	Internal friction angle ( degree )	Adhesion ( kPa )	External friction angle ( degree )
Chungju-1	11.2	36.682	3.70	16.483
Chungju-2	8.35	38.337	5.469	18.511
Chungju-3	9.175	36.017	2.575	16.478
Jecheon	7.4	35.149	2.225	16.888

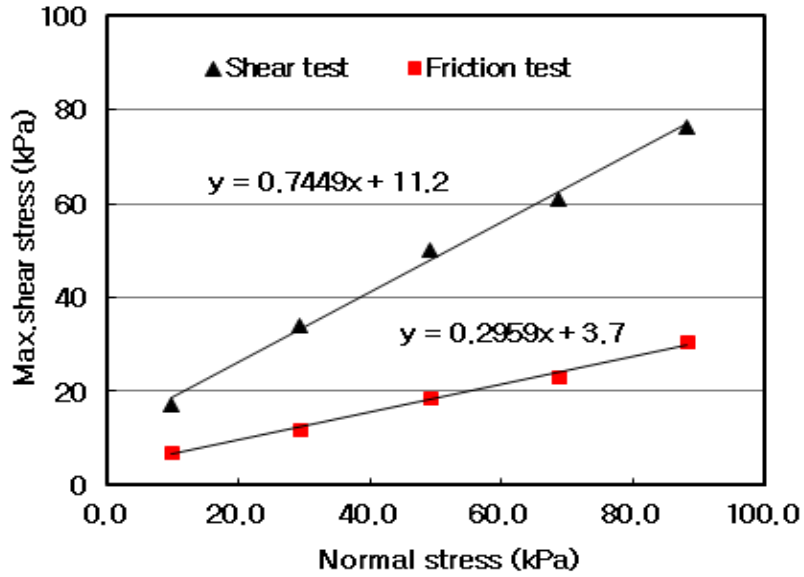


그림 29 전단특성 측정 결과(충주-1)



그림 30 원추지수 측정



그림 31 전단특성 측정

## 2. 고소작업기계의 견인성능 예측

본 연구에서 개발될 고소작업기계는 궤도형 주행부로 구성되었다. 궤도형차량의 견인성능은 궤도-토양 접지면에서의 수직응력(normal stress)과 전단응력(shear stress)에 밀접한 관련이 있다. 즉, 궤도형차량의 운동저항은 주행부(궤도)의 침하를 유발하는 접지압에 관계되고, 추진력은 궤도-토양의 전단응력 특성에 관계된다. 따라서 본 연구에서는 고소작업기계의 견인성능을 예측하기 위하여 궤도형차량의 주행장치인 궤도와 토양과의 접촉면에서의 수직응력과 전단응력 분포로부터 고소작업기계의 구동력(토양추진력), 운동저항, 견인력 등을 계산할 수 있는

견인성능 예측 모델을 통해 고소작업기계의 견인성능을 예측하였다. 한편, 전술한 바와 같이 과수원 지역에서 고소작업차가 주행하는 과수원 통로 토양은 강도가 매우 높아 원추지수의 측정이 용이하지 않아 토양의 전단특성 변수를 이용한 견인성능 예측 모델이 적합한 것으로 판단되었다.

궤도형차량의 구동력 관점에서, 토양은 궤도의 전단에 의해 파괴되고, 구동력은 토양의 전단강도에 의해 결정된다. 차량의 주행부에서 나타나는 파괴는 압축전단에 의한 파괴이다. 압축전단에 의한 토양의 전단강도는 모어-쿨롱의 파괴법칙(Mohr-Coulomb failure criterion)에 따라 아래 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau_{\max} = c + p \tan \phi \quad (1)$$

여기서,  $\tau_{\max}$  : 토양의 전단응력, (kPa)

$c$  : 점착력(cohesion), (kPa)

$p$  : 궤도 아래 수직하중, (kPa)

$\phi$  : 토양의 내부마찰각(internal friction angle), (degree)

궤도형차량의 최대구동력  $F_{\max}$  는 식 (1)로부터 구한 최대전단응력  $\tau_{\max}$  와 궤도형차량의 접촉면적  $A$  에 의해 식 (2)에 의해 결정할 수 있다.

$$F_{\max} = A\tau_{\max} = A(c + p \tan \phi) = Ac + W \tan \phi = 2BLc + W \tan \phi \quad (2)$$

여기서,  $A$  : 궤도의 접지 면적(궤도의 폭 및 접촉 길이), ( $m^2$ )

$W$  : 궤도형차량의 무게, (N)

$B$  : 궤도의 폭, (m)

$L$  : 궤도의 접촉 길이, (m)

궤도형차량의 운동저항은 주행부(궤도)의 침하를 유발하는 접지압에 관계된다.

Bekker는 궤도형차량의 압력에 따른 침하관계를 예측하기 위해 폭이 다른 두 개의 평판을 이용하여 식 (3)과 같은 토양의 압력-침하 관계식을 제안하였다.

$$p = \left( \frac{k_c}{b} + k_\phi \right) Z^n \quad (3)$$

여기서,  $p$  : 압력 ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $b$  : 평판의 작은 폭의 길이 (cm)  
 $Z$  : 침하 (cm)  
 $k_c, k_\phi$  : 토양변형계수 ( $\text{kN/m}^{n+1}$ ,  $\text{kN/m}^{n+2}$ )  
 $n$  : 토양변형지수 (dimensionless)

압력-침하 관계식으로부터 궤도형차량의 주행부 침하  $Z$ 는 식 (4)에 의해 결정할 수 있다.

$$Z = \left( \frac{p}{\frac{k_c}{b} + k_\phi} \right)^{1/n} = \left( \frac{\frac{W}{2bl}}{\frac{k_c}{b} + k_\phi} \right)^{1/n} \quad (4)$$

여기서,  $W$  : 차량의 무게,  $l, b$  : 궤도의 접촉 길이 및 폭

한편, 아래 식 (5)에 나타낸 바와 같이, 토양다짐에 의한 운동저항  $R_c$ 의 크기와 같은 힘에 의해 길이  $l$ 만큼 당기는데 수행된 일은  $Z_0$ 의 깊이로 폭  $b$ , 길이  $l$ 의 궤도자국(track rut)을 만드는데 수행된 일과 같다는 원리로부터,

$$R_c l = bl \int_0^{z_0} p dz = bl \left( \frac{k_c}{b} + k_\phi \right) \left[ \frac{Z_0^{n+1}}{n+1} \right] \quad (5)$$

궤도형차량의 토양다짐에 의한 운동저항  $R_c$ 는 식 (6)에 의해 결정할 수 있다.

$$R_c = 2b \left( \frac{k_c}{b} + k_\phi \right) \left[ \frac{Z_0^{n+1}}{n+1} \right] \quad (6)$$

궤도형차량의 최대 견인력은 전술한 식 (2)를 이용하여 구한 최대구동력과 식 (6)로부터 구한 운동저항의 차로써 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$DP = F_{\max} - R_c \quad (7)$$

여기서,  $DP$  : 궤도형차량의 최대견인력

$F_{\max}$  : 궤도형차량의 최대구동력

$R_c$  : 궤도형차량의 운동저항

전술한 4개 지역의 사과과수원에서 측정된 토양의 전단특성 변수인 점착력( $c$ ) 및 내부마찰각( $\phi$ ) 값과 고소작업차의 총중량  $W = 1460$  kgf, 궤도 폭  $B = 0.18$  m, 궤도 길이  $L = 1.2$  m인 고소작업기계의 주요 제원을 이용하여 식 (2)로부터 고소작업기계의 토양추진력을 결정하였다. 한편 위에서 고소작업기계의 총중량  $W = 1460$  kgf는 고소작업기계 자체 중량 1390 kgf와 운전자 1명의 중량 70 kgf를 더하여 산정하였다.

고소작업기계의 운동저항을 예측하기 위해서는 식 (6)에 나타난 바와 같이 토양의 압력-침하 변수로 측정된  $k_c$ ,  $k_\phi$ ,  $n$  값이 있어야 하나, 전술한 바와 같이 과수원 주행로의 토양 강도가 매우 높아 측정이 어려웠다. 따라서 기존 문헌을 통해 국내 주요 과수원과 토성(sandy loam)이 같고, 본 연구에서 측정된 전단강도(점착력 및 내부마찰각)와 유사한 전단특성을 갖는 토양조건에 대해 보고된 압력-침하 변수를 사용하여 고소작업기계의 운동저항을 예측하였다. 문헌을 통해 사용한 토양의 압력-침하 변수는  $k_c = 11.42$  kN/m<sup>n+1</sup>,  $k_\phi = 808.96$  kN/m<sup>n+2</sup>,  $n = 0.7$  이었다.

표 10에 본 연구에서 개발 중인 고소작업기계의 주요 제원과 4지역의 주요 사과과수원에서 측정된 토양의 전단특성변수와 문헌으로부터의 토양의 압력-침하관계 변수를 이용하여 식 (2), (6) 및 (7)을 사용하여 고소작업차의 견인성능 예측한 결과를 나타내었다.

표 10 주요 과수원 토양의 견인성능

Region	Max. soil thrust ( kgf )	Motion resistance ( kgf )	Traction ( kgf )
Chungju-1	1581	66	1515
Chungju-2	1522	66	1456
Chungju-3	1546	66	1480
Jecheon	1354	66	1288

### 3. 고소작업기계의 등판 성능

일반적으로 포장도로(on road)에서 차량이 일정 속도로 경사노면을 올라갈 경우 차량 총 중량  $W$ 의 진행방향 분력인  $R_\theta = W \sin \theta$ 가 등판저항으로 작용한다.

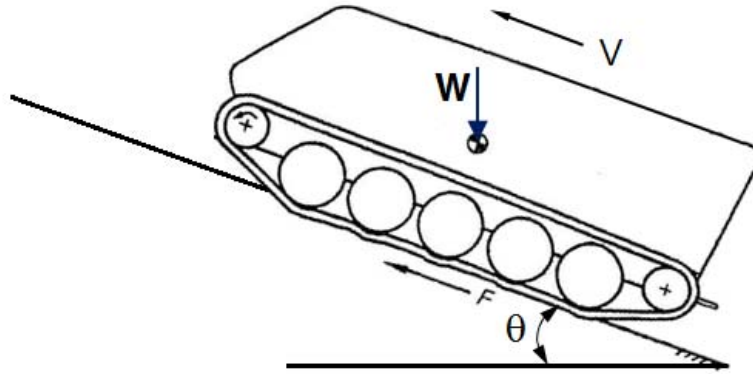


그림 32 고소작업기계의 등판성능 분석

그러나 토양(off road)에서의 등판저항은 포장도로에서의 경사지 등판저항  $R_\theta$ 에 전술한 식 (6)에 제시한 토양다짐에 의한 저항  $R_c$ 를 추가로 고려해야 한다. 따라서 차량의 전체 경사지 등판저항은 식 (8)과 같이 차량의 노면에서의 운동저항  $R_c$ 와 차량하중의 진행방향 분력  $R_\theta$ 의 합으로 결정된다.

$$R_g = R_\theta + R_c \quad (8)$$

따라서 토양에서의 등판저항은 포장도로에서보다 크게 나타나고, 등판저항에 의해 결정되는 등판시 소요동력도 포장도로에 비해 크게 나타나므로 구동부 모터 선정 및 차량의 설계시 토양특성을 고려해야 한다.

한편, 일반적으로 고소작업기계가 운용되고 있는 사과과수원 토양의 최대경사율을 20%(11.31°)로 하였을 경우 경사율 20%에 따른 등판저항  $R_\theta$ 와 식 (6)에 의한 토양다짐에 의한 저항  $R_c$ 는 다음과 같다.

$$R_\theta = W \sin \theta = 1460 \sin 11.31^\circ = 286 \text{ kgf}$$

$$R_c = 66 \text{ kgf}$$

따라서 고소작업기계의 전체 경사지 등판저항  $R_g$ 는  $R_\theta$ 와  $R_c$ 의 합으로 아래와 같이 결정된다.

$$R_g = R_\theta + R_c = 286 \text{ kgf} + 66 \text{ kgf} = 352 \text{ kgf}$$

한편, 고소작업기계의 최고속도(연구개발계획 목표상의 최고속도)를 3 km/h 라고 했을 때 15° 경사지를 등판하기 위한 고소작업기계의 모터 용량은 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$P = R_g V = (3708 \text{ N}) \left[ (3 \text{ km/h}) \left( \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right) \right] = 3090 \text{ Watt} = 3.1 \text{ kW}$$

따라서 고소작업기계는 최소한 3.1 kW 이상의 모터를 선정해야 하는 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 본 연구에서는 고소작업기계에 4,500 rpm의 1.6 kW 모터 두 개를 사용하는 것으로 결정하였다.

한편 본 연구에서는 고소작업기계의 모터에서 구동스프로켓까지의 총감속비를 50:1로 하였고, 구동스프로켓의 직경을 175 mm로 하였다. 이 때 고소작업기계의 최고속도는 다음과 같다.

$$V = \frac{N_m}{i} \frac{2\pi r_s}{60} = \frac{4,500}{50} \frac{2\pi(0.0875)}{60} = 2970 \text{ m/h} = 2.97 \text{ km/h} \approx 3 \text{ km/h}$$

고소작업기계의 모터동력  $P = 1.6 \text{ kW}$ , 모터의 회전수  $N = 4500 \text{ rpm}$ , 구동스프로켓 반경  $r_s = 0.0875 \text{ m}$ , 총감속비  $i = 50$  으로 했을 때 고소작업기계의 총 구동력  $F$ 는 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$F = T_m \frac{i}{r_s} = \frac{60P}{2\pi N} \frac{i}{r_s} = \frac{60(1,600 \times 2)}{2\pi(4,500)} \frac{50}{0.0875} = 3,880 \text{ N} = 396 \text{ kgf}$$

위 식으로부터 결정된 총구동력  $F = 396 \text{ kgf}$ 로서 이것은 전술한 20% 경사율에서의 등판저항 352 kgf 에 비해 크게 나타나 20% 경사각을 충분히 등판할 수 있는 구동력으로 나타났다.



### 제 3 절 시작기 설계 및 제작

#### 1. 기본 설계

과수원 다목적 스마트 고소작업기체는 과수원 작업의 기계화 촉진 및 기존 고소작업차의 성능 우위성을 확보하여 농가의 작업능률 향상 및 노동력 절감, 기계의 이용효율을 높일 수 있는 기계로 과수 관리작업, 운반 및 상하차, 부속작업 등의 용도로 사용되어지며 500kg 이상 적재 및 자동 수평유지, 상하차, 에어 컴프레셔, 안정경보, 동력 취출 등의 부가 작업 기능을 가진다. 1차 시작기 제작에서 부가 작업을 제외한 고소작업기체의 기본 설계 및 제어부 제작을 목표로 하였으며 무한궤도형의 주행부, 기울기 조절이 가능한 프레임 및 리프트 시스템, 확장 가능한 슬라이딩 방식의 작업대, 유압 및 제어장치로 구성되어지면 각 부분별 상세 내용과 설계 검토 사항을 정리하였다. 하단의 그림은 설계된 1차 시작기의 총조립도 및 각 파트별 조립도면을 발췌하여 나타낸 것이다.

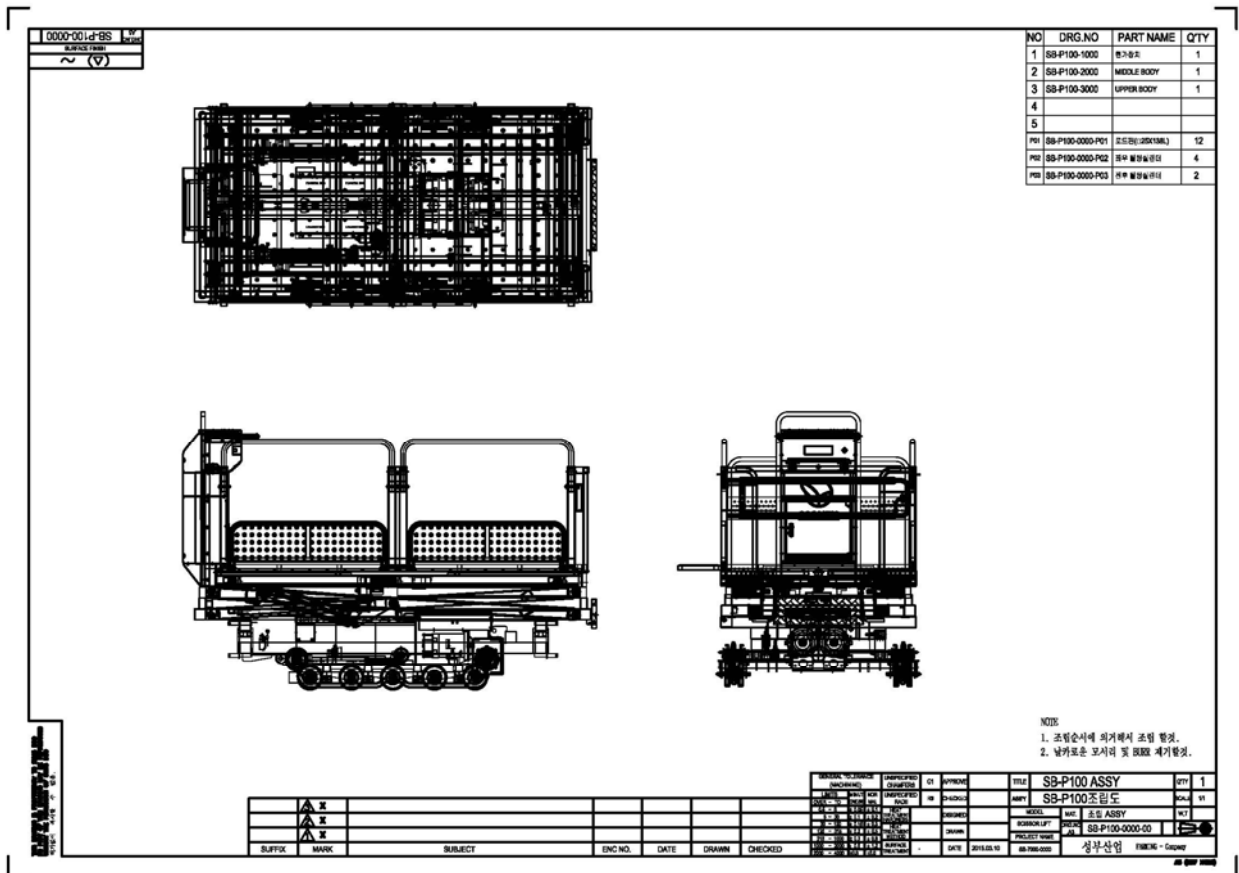


그림 33 고소작업기체 1차 시작기 총조립도

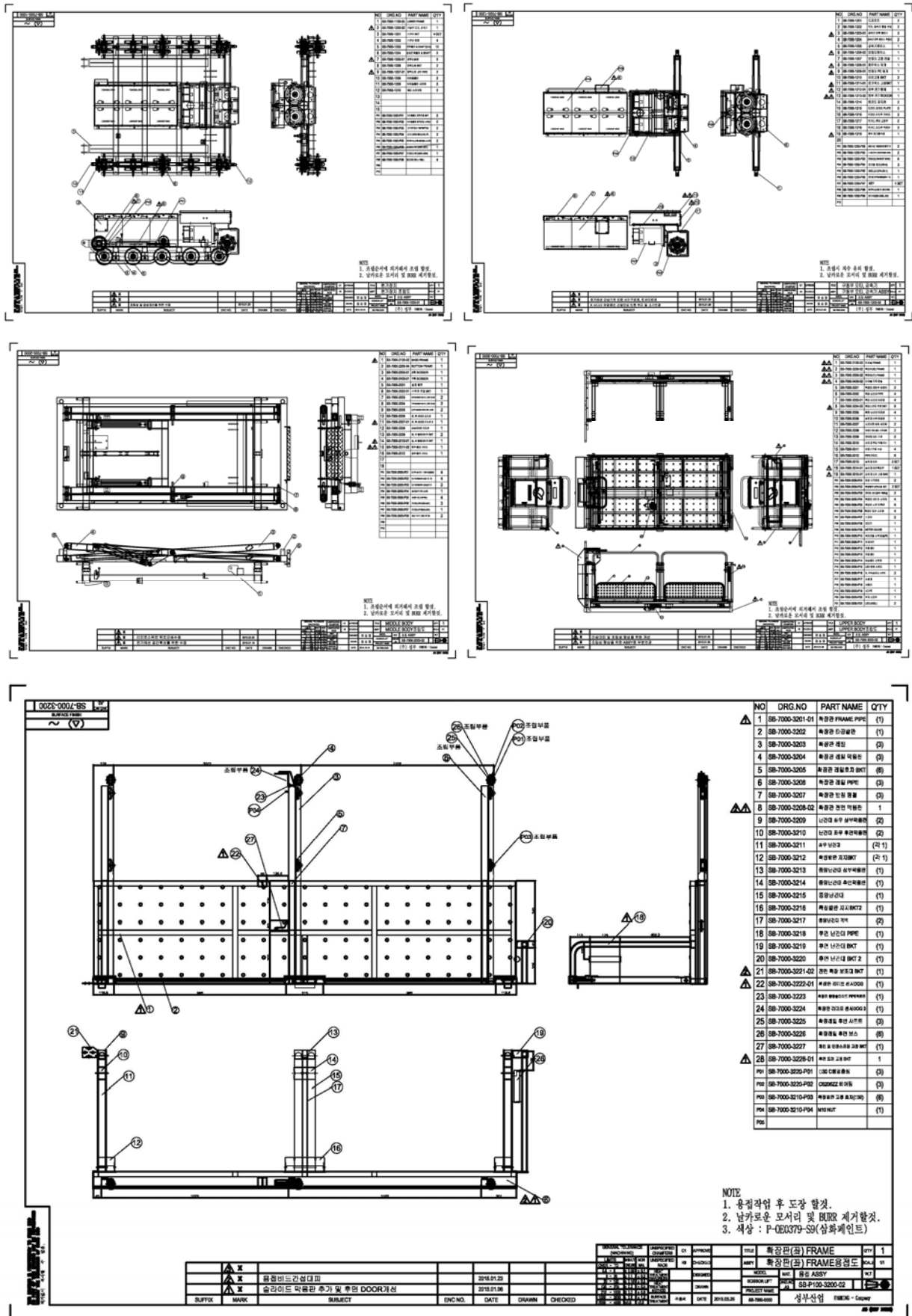


그림 34 1차 시작기 각 파트별 조립도 (발취)

최종 시작기 설계에서는 1차 시작기 시스템을 평가하면서 나타나는 문제점들을 수정 및 보완하였는데, 리프트시스템 구조 보강, 형태가 각기 다른 과원의 원활한 작업을 위한 4분할 안전바 장치 및 확장 작업대, 확장작업대 슬라이딩 방식 수정, 잦은 주행에서의 진동에 의한 궤도 벗겨짐 방지턱, 조립 간섭 방지를 위한 도면 수정, 양산 조립성 향상을 위한 어셈블리 구성 변경, 컨트롤박스 내 혼과 LED 장착, 경사조절 센서 변경에 따른 리미트 스위치 구성 변경 등이 주요 변경 내용이다. 이외에도 현장에서 시험 운행하면서 발생하는 각종 문제점들을 파악하여 수정하고 최적설계하고자 하였다. 다음 그림에 수정된 전체 조립도와 파트별 변경도면을 나타내었다.

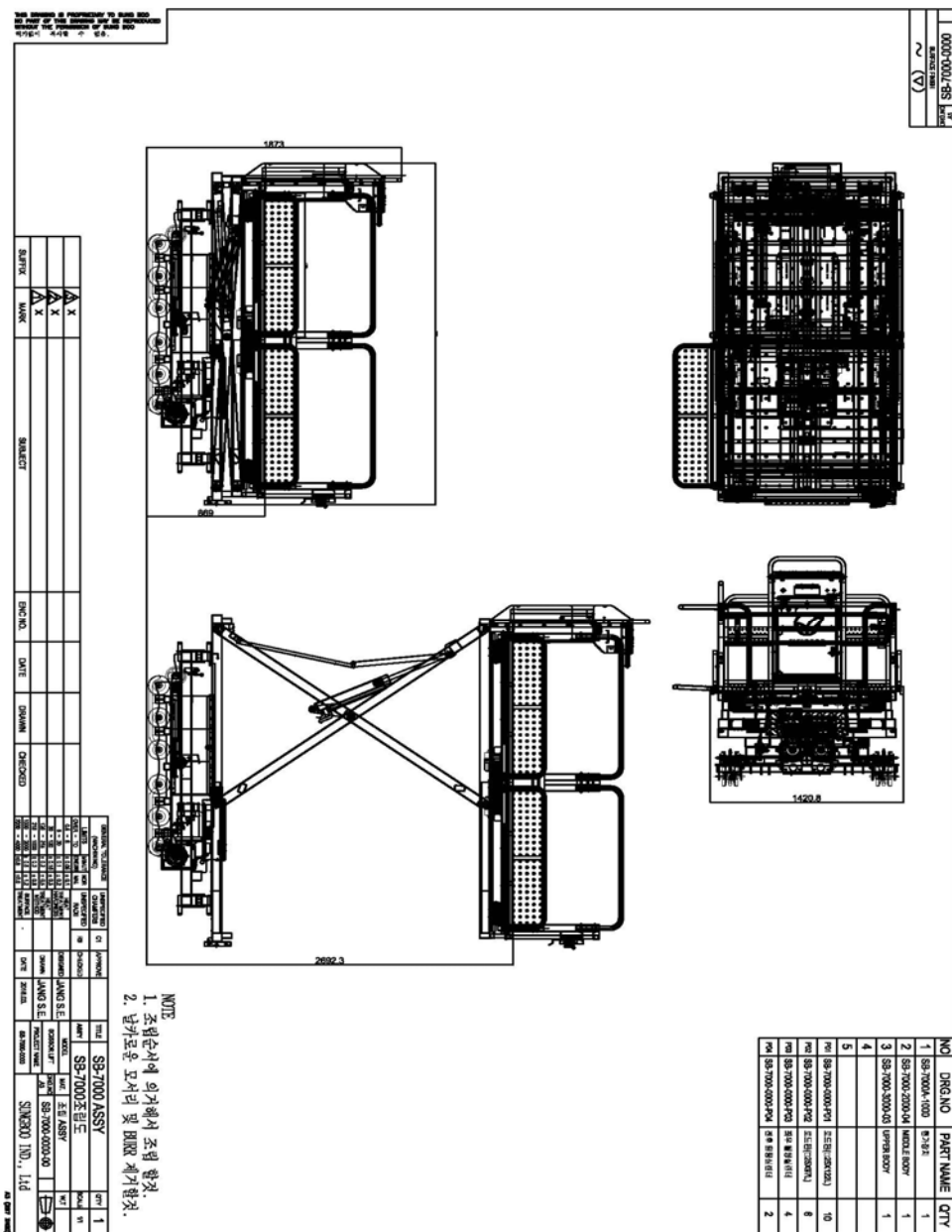


그림 35 고소작업기계 전체조립도

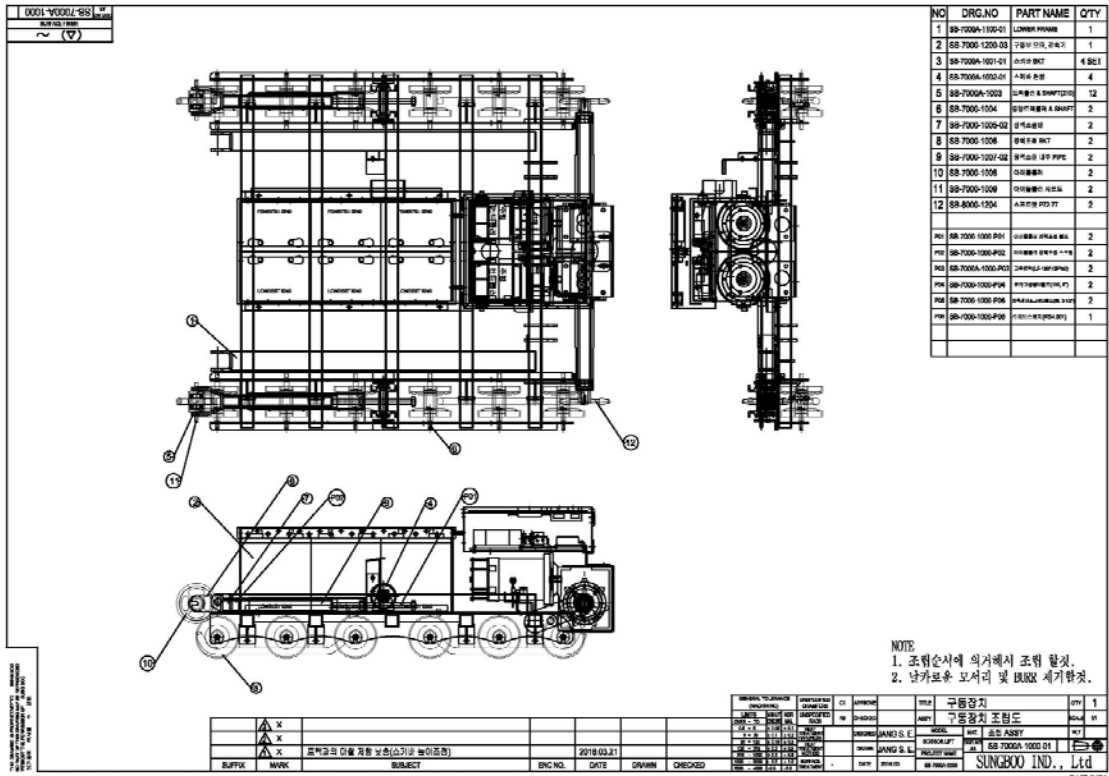


그림 36 고소작업기계 구동부 도면

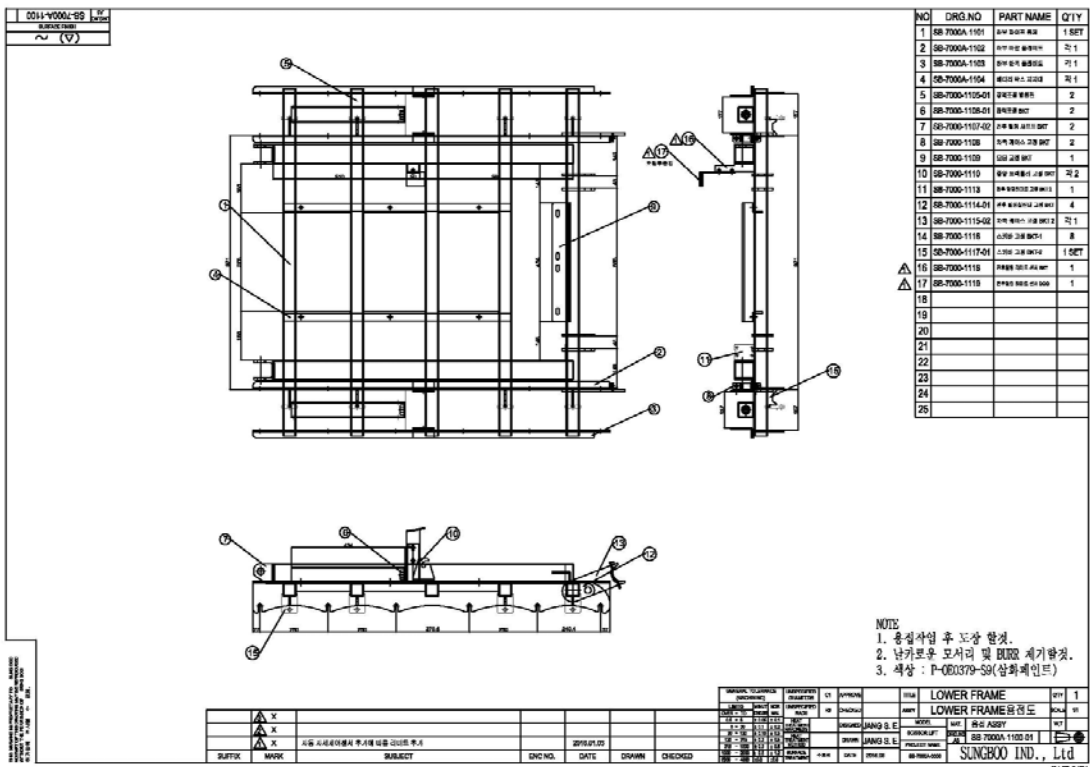


그림 37 고소작업기계 하부프레임 도면

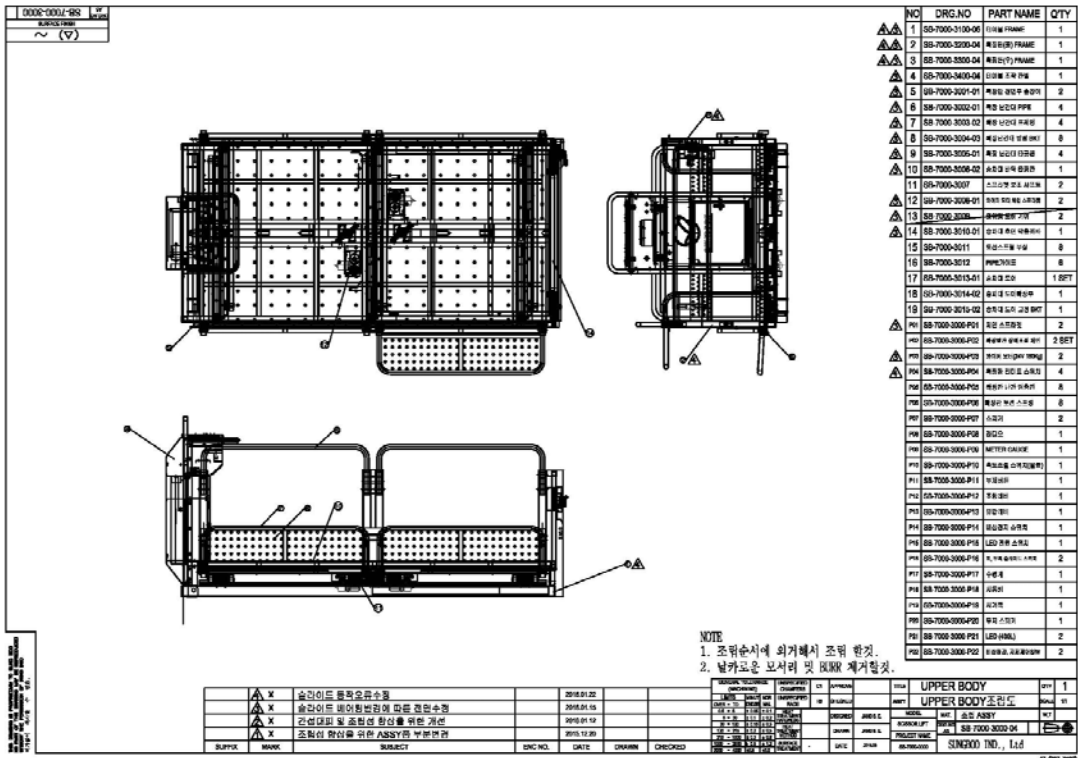


그림 38 고소작업기계 상부작업대 도면

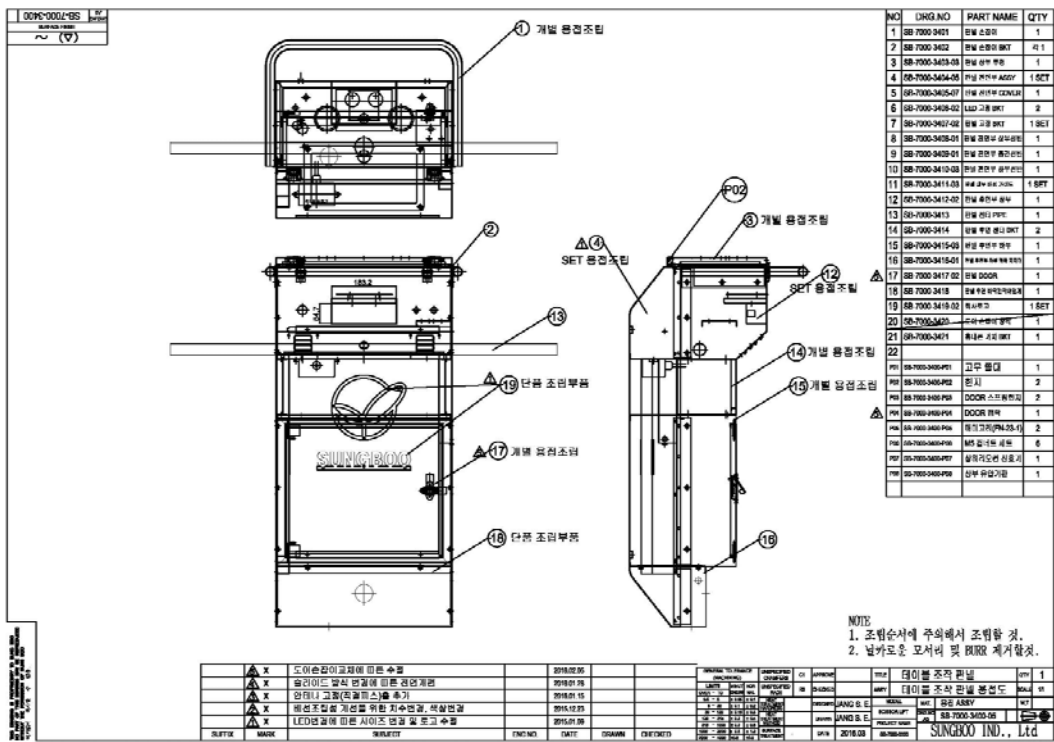


그림 39 고소작업기계 제어프레임 도면

## 2. 모터 선정 및 주행장치 설계, 제작

스마트 고소작업기계는 상기의 설계를 토대로 ‘제2절 토양 특성에 따른 고소작업기계의 견인성능 평가’를 통해 모터 용량을 선정하였다. 모터는 경사지 험로 주행 등을 원활하게 하기 위해 직권모터, BLDC 모터 등의 단점을 보완하여 용량에 맞게 개발된 AC 모터를 양쪽 무한궤도 구동에 독립적으로 적용하였다.

일반적으로 모터가 회전하면 역기전력이 발생하는데, 이 역기전력의 형태에 따라 구형파 및 정현파 모터가 있다. 일반적으로 많이 사용되는 BLDC (BrushLess Dc Motor)는 브러시가 없는 모터를 표현하는 것인데, 브러시가 없는 모터 중 역기전력이 구형파와 정현파인 모터가 존재하다 보니 구분이 필요해졌다. 따라서 좁은 의미로 BLDC라고 하면 구형파 역기전력을 가진 brushless dc motor를 의미하며, (BL)AC는 정현파 역기전력을 가진 brushless dc motor를 의미한다. 모터에 흐르는 역기전력 위상과 전류 위상을 같은 상으로 제어하면 토크 제어 입장에서 매우 유리하기 때문에 본 과제에 적용될 모터는 AC 모터의 제어 형태를 가진다.

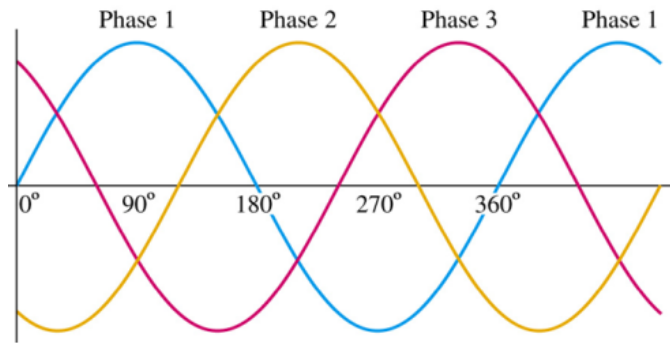


그림 40 AC 모터의 출력형태

표 11 모터 형식의 비교

항 목	Brushed DC motor	BLDC motor	AC motor
Control	Simple	Square current	<b>Sinusoidal current</b>
Power converter	PWM chopper	PWM inverter	<b>PWM inverter</b>
Rotor position sensor	Not required	Low resolution	<b>High resolution</b>
Efficiency	Low	Medium	<b>High</b>
Inertia	High	Low	<b>Low</b>
Friction	High	Low	<b>Low</b>
Torque ripple	Good	Poor	<b>Good</b>

한편, 좁은 의미의 BLDC는 구형과 형태이기 때문에 전류를 구형과 형태로 제어하려면 6-step형태의 구동방식을 사용하게 되는데, 비교적 간단한 회로와 제어 알고리즘이 된다. 그러나, AC모터는 역기전력이 정현파 형태이므로 전류도 정현파 형태로 인가되도록 해야 하기 때문에 모터 제어 컨트롤은 조금 복잡한 형태가 되지만, 성능측면 (토크 리플, 속도 추종성능 등)에서 보면 BLDC 보다 훨씬 좋은 성능을 지니게 된다.

특히, 고소작업기계는 경사지 주행이 많고 선회반경을 좁게 함은 물론 정밀한 제어가 가능해야 하기에 AC모터를 적용하였으며, 기어박스를 제작하여 모터 드라이브를 통해 최적 연동제어가 되도록 하였다.

따라서 본 과제의 고소작업기계는 AC모터와 감속기, 구동 스프라켓, 무한궤도 등으로 이루어진다. 원활한 구동 및 제어를 위해 앞 절의 모터 용량 선정 결과에 따라 DC48V, 1.6kW AC모터 2대를 양쪽에 독립적으로 적용하였으며, 50:1 감속기를 이용하여 동력전달 하도록 하였다. 감속기는 외부에 다수개의 냉각핀이 돌출되게 형성되어지고 내부에 구동축과 피동축이 베벨감속기어로 결합하였으며 모터의 동력은 감속기를 경유하여 주행부의 구동 스프라켓휠을 구동시킴으로써 주행이 이루어지도록 하였다. 양측의 구동모터 작동에 따라 직진 및 선회구동을 할 수 있으며 제어부의 조향레버 조작정도에 따라 주행속도가 조절되게 된다. 다음에 주행장치부의 주요 구조와 사양을 나타내었다.

표 12 주행장치부의 주요 사양

항 목		특 징	
AC모터	전압	$V_{DC}$	48
	출력	W	1,600
	회전속도	rpm	4,500
감속기	감속비	-	50:1
Crawler	궤도간 거리	mm	1,128
	폭×피치×피치수	mm, 개	180×60×53
동력전달장치	형식	-	전동기 구동식, 무단

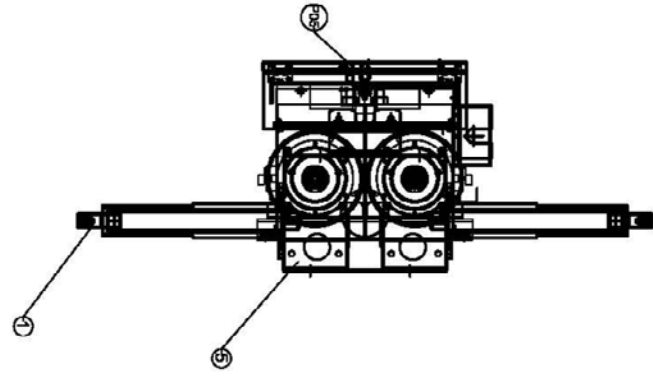


그림 41 적용된 AC모터 및 감속기부



그림 42 주행장치부 제작





그림 43 주행부 무한궤도 장착 모습

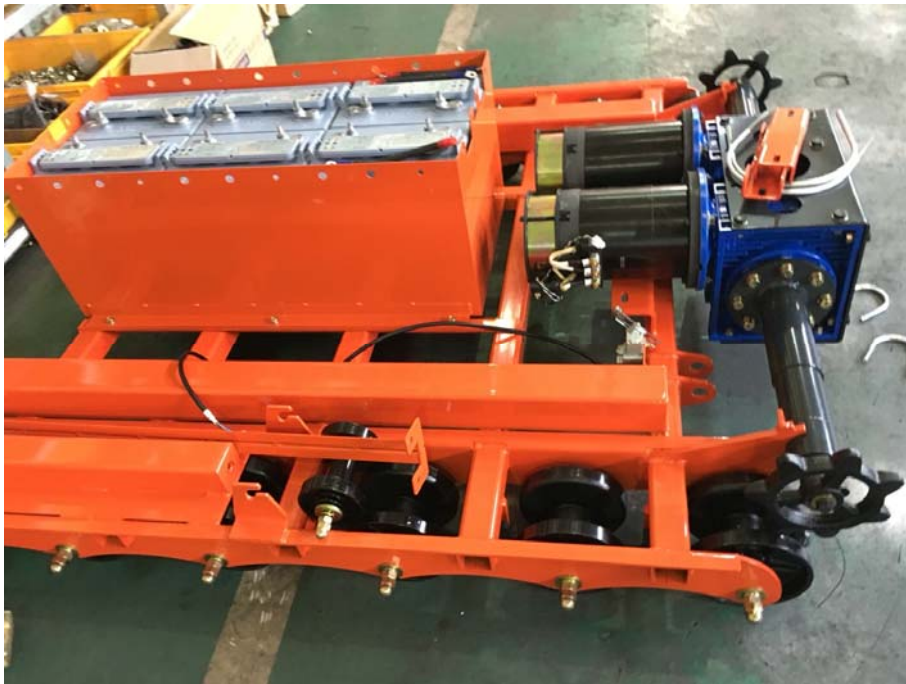


그림 44 설계변경 적용된 구동부 및 하체프레임

### 3. 기울기 조절 장치 및 Auto Levelling 시스템 설계, 제작

우리나라 과수의 대부분은 생식용 과실의 생산을 목적으로 하고 있어 과실의 당도를 높이기 위해 일교차가 큰 고지대에 과원을 조성하는 것이 일반적이며, 물빠짐을 좋게 하기 위해 약간의 경사를 주는 경우가 많다. 고소작업에 있어서 이러한 경사지는 작업의 안전에 위협을 주는 요소가 되고 있어 경사지에서 높은 곳의 작업에도 수평으로 유지할 수 있는 장치를 구성하였다.

기울기 조절장치는 차량의 프레임을 구동프레임, 받침 프레임, 좌우조정 프레임의 3단으로 구성하여 적용하였다. 먼저 구동프레임과 받침프레임을 힌지결합하고 좌우 구동프레임 측에 유압실린더를 이용하여 받침프레임이 전후로 경사조절이 가능하도록 하였다. 또한 받침프레임과 힌지핀으로 결합된 좌우조정프레임은 좌우 2개씩 총 4개의 유압실린더를 부착함으로써 좌우 경사조절이 가능하도록 하였다. 기존 고소작업차의 경우 기본 프레임 구조에 리프트를 조립한 상태로 아웃트리거를 이용해 약간의 경사를 좌우로 조절할 수 있는 구조로 되어 있지만, 본 기술개발에서는 3단 프레임 구조를 적용하여 좌우 및 전후 기울기를 최대 10° 까지 조절할 수 있도록 구성되어 있다. 이러한 안정된 프레임 구조는 경사지 높은 곳에서 안정된 작업을 할 수 있도록 해주며, 각종 안전장치의 적용으로 안전사고를 예방할 수 있다.

상기의 유압실린더 작동은 리미트 스위치를 부착함으로써 경사각도를 조절할 수 있도록 하였으며 유압장치를 통해 컨트롤러의 조작에 의해 작동된다.

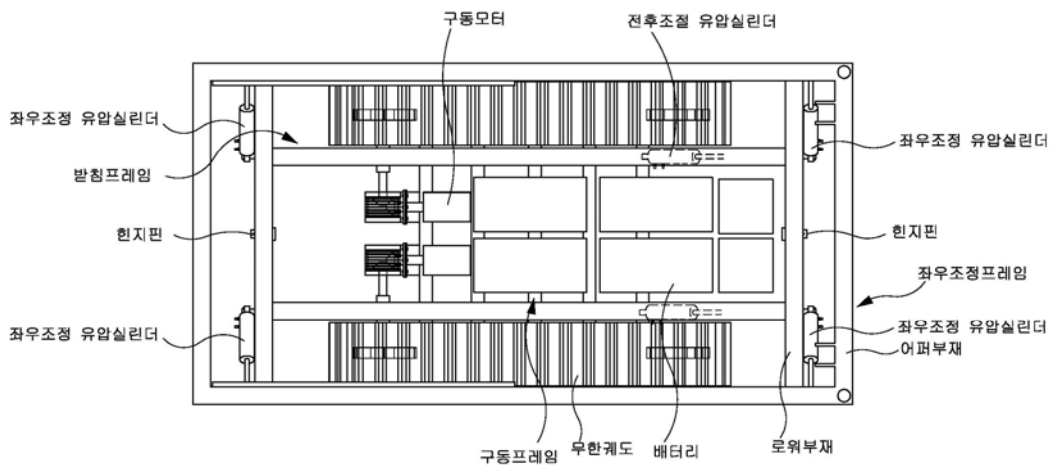


그림 45 기울기 조절장치의 구조도

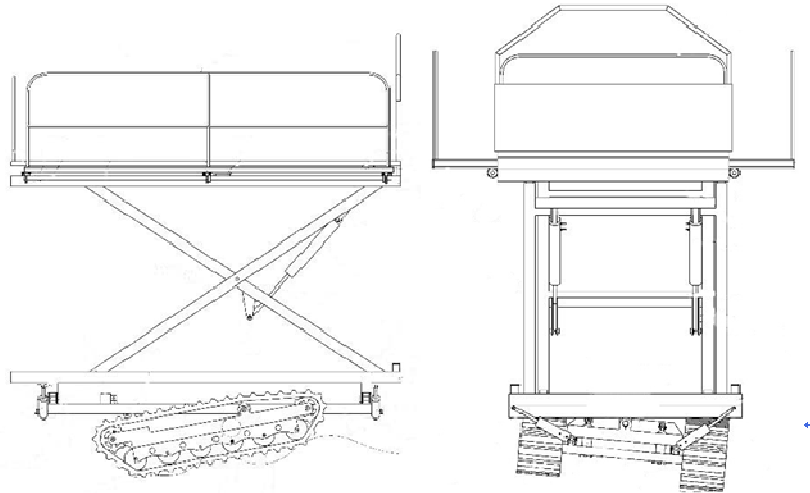


그림 46 전·후·좌·우 경사 조절 구조도



그림 47 경사조절부 제작

한편, 현재까지 출시된 고소작업차는 경사조절이 있는 제품의 경우 경사지에 도달해서 수동으로 조작해야 하는 불편함이 있었다. 따라서 본 과제에서는 경사각에 따라 자동으로 수평을 유지할 수 있는 Auto levelling 시스템을 개발하였다. 경사각 센서에는 여러 가지 종류가 있으나 본 과제에서는 아래 그림과 같이 개발 및 제작하였으며, 현재 제작된 고소작업기계 본체에 부착하여 시험하였다.



그림 48 경사조절용 연동 PCB 및 경사각 센서

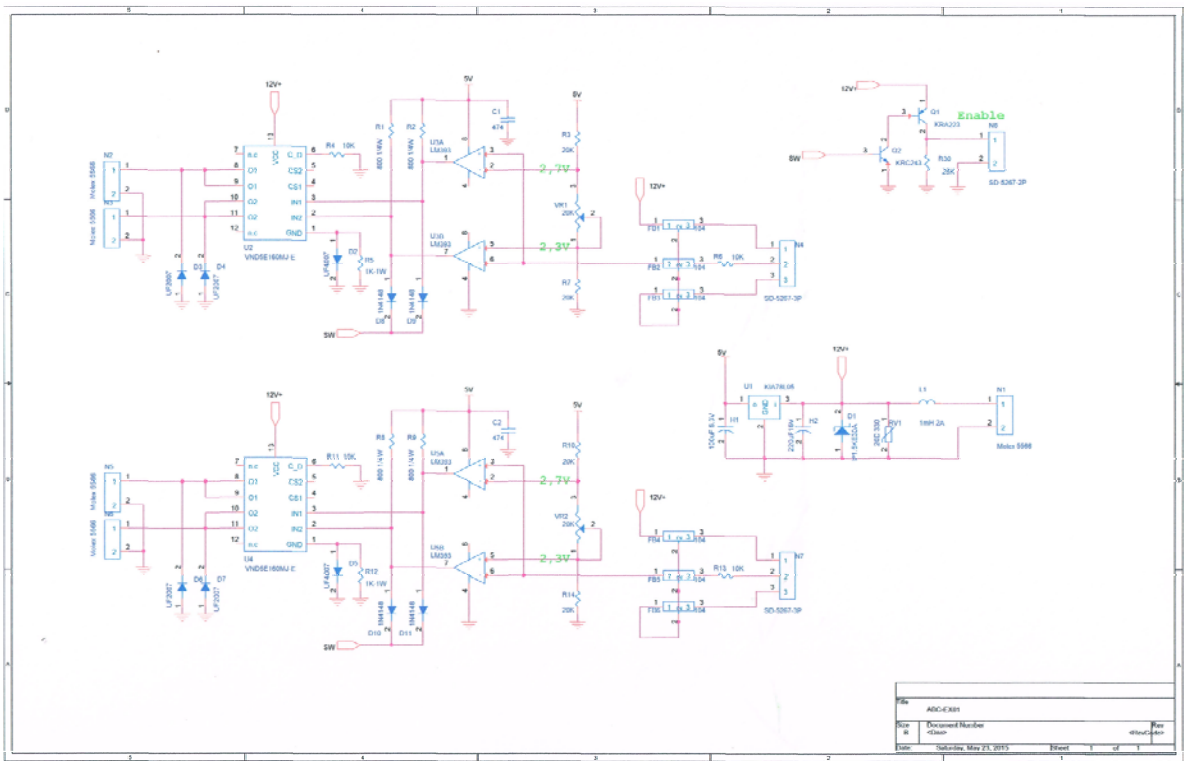


그림 49 Auto levelling system 회로도

1차 시작기에 제작된 Auto levelling system에서는 상기 그림과 같이 경사각 센서를 제작하여 사용하였으나, 작동 중 수평조절에 한계가 있어 최종 시작기에서는 다음 그림의 수평센서를 사용하였으며, 해당 시스템 컨트롤러를 메인 시스템 PCB에 통합하여 제작하였다.

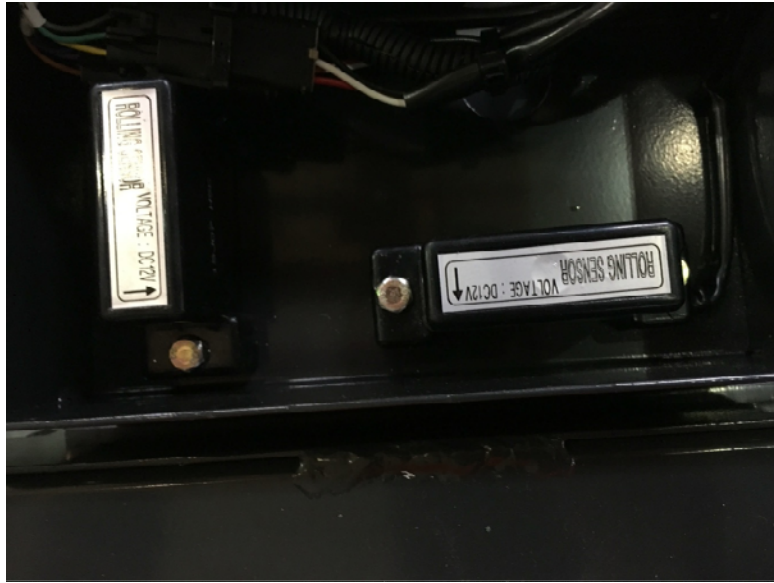
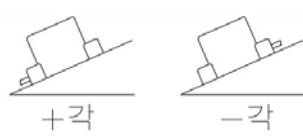


그림 50 시스템에 적용된 수평센서(하부프레임 끝단)

표 13 수평센서의 주요 사양

항 목		특 징	방법 및 조건
정격전압	V <sub>DC</sub>	12	
작동 전압범위	V <sub>DC</sub>	10~16	
작동 온도범위	℃	-20~60	
소비전류	mA	50 이하	무부하시
검출각도	°	±20	방향성 
출력전압	V	1.0 at -15° 2.5 at 0° 4.0 at +15°	참고 -20°에서 0.5V +20°에서 4.5V
경사감도	mV/1°	100 ±5%	
경사각 정도	°	1 이내	

상기 수평센서를 적용하여 특정 위치의 작업을 위해 이동하면 그 위치에 맞게 자동으로 수평으로 본체가 기울어짐을 다음 그림에서 알 수 있다. 해당 시스템은 안정성 확보를 위해 컨트롤러에서 기능적용을 선택할 수 있도록 하였다.



그림 51 Auto levelling system의 구현

#### 4. 리프트 시스템 및 작업대 설계 및 제작

과수원에서의 고소작업은 인력의 작업 범위를 포함하여 좌우 4m 이상, 지상에서의 높이 4.5m 이상이 되어야 효율적인 작업을 할 수 있다. 그러나 이러한 작업 범위를 위해 기체의 크기를 크게 설계하는 것은 효율적이지 못하기 때문에 실제 인력을 탑승하여 작업을 수행하는 상부의 작업대는 2,440×1,220(mm) 크기로 구성하였으며 작업대의 높이는 최고 2,690mm가 되도록 구성되어 있다. 작업대의 승하강은 좌우조정 프레임에 부착된 크로스리프트 장치를 유압 실린더에 의해 작동함으로써 이루어진다.

특히, 작업범위를 고려하여 작업대는 좌우에 작업발판이 확장되는 방식을 적용하였는데 작업발판 확장용 스위치의 작동 시 구동모터가 구동되어짐과 동시에 구동스프라켓 휠에 의해 발판이 외측으로 이동하게 됨으로서 작업범위를 확장시킬 수 있다. 작업발판에 부착된 T형 슬라이드 레일(체인구조)의 상부 양측이 안내롤러에 맞대어짐으로서 마찰을 줄이며 안정적으로 인입 및 인출되어지는 구조로 되어 있으며 스프라켓 휠은 DC모터에 의해서 구동되게 된다. 또한 인장스프링에 의해 2단 확장판을 부착하여 좀 더 넓은 작업폭이 가능하도록 하였다.

작업대 리프트장치는 좌우조정프레임과 작업발판프레임 사이에 부착되어 있으며, 리프트용 실린더가 작동하면 발판프레임의 상부안내레일과 좌우조정프레임의 하부안내레일을 따라 슬라이딩되어지도록 구성되어 있다.

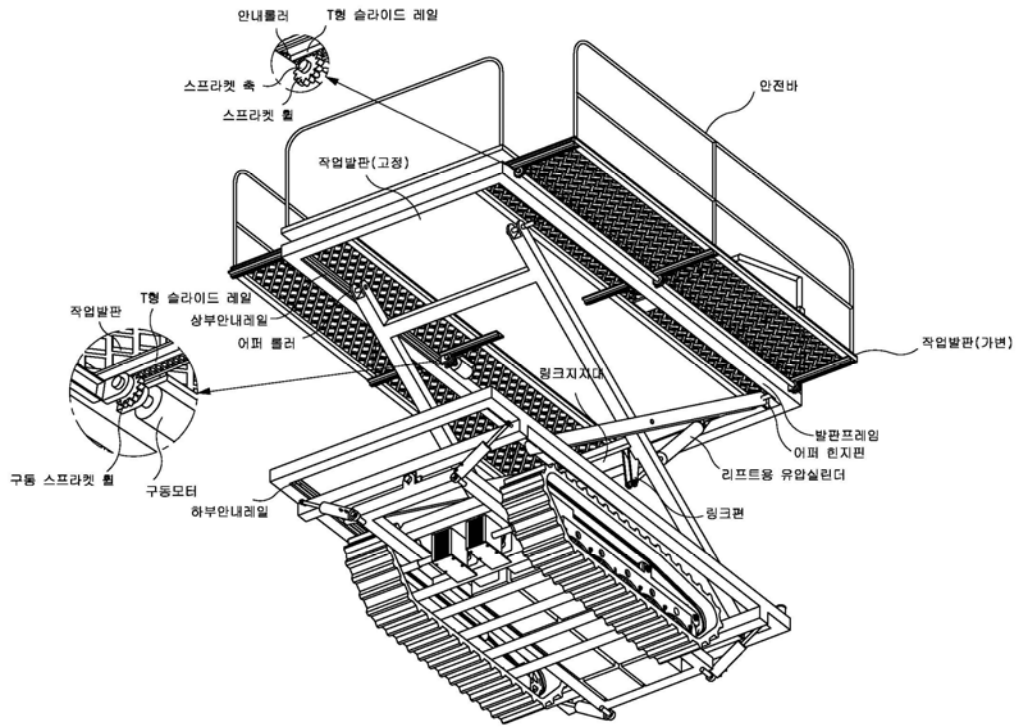


그림 52 작업대와 크로스리프트의 구조



그림 53 슬라이딩 및 인장스프링에 의해 확장이 가능한 작업대

확장 작업대는 직접 작업자가 탑승하여 안전하게 작업을 하는 공간이기 때문에 안전을 위한 방호장치를 추가적으로 설계 적용였으며, 슬라이딩 장치는 한 측면에서 두 부분으로 분할되어 총 4분할된 작업대를 이용할 수 있도록 변경 적용하였다. 슬라이딩 작업대 또한 1차 시작기에서 모터와 체인만을 이용하였으나 변형이 발견되어 베어링 및 사각틀을 이용하여 보강하였다.



그림 54 4분할 확장작업대를 적용시킨 고소작업기계



그림 55 슬라이딩 장치 보강



## 5. 유압시스템 설계 및 제작

작업대의 리프트와 전후 및 좌우 경사조절용, 유압취출장치에 적용되는 유압장치는 다음 표와 같은 사양을 가지는 D사의 파워팩을 이용하였으며 유압펌프는 DC24V 2.2kW DC모터를 적용하여 구동하도록 하였다. 다음 그림의 기본 구성 회로도 및 릴리프밸브 및 체크밸브 등 기본 유압회로를 구성하였으며 고소작업이므로 자중에 의한 낙하방지 및 작동범위 조절을 위해 리미트 스위치를 배치하였다. 최종 시작기에서는 Auto levelling system의 도입으로 유압회로 구성을 일부 변경하고 수평센서에 따라 좌우상하 조작 실린더가 자동으로 작동하도록 하였다.

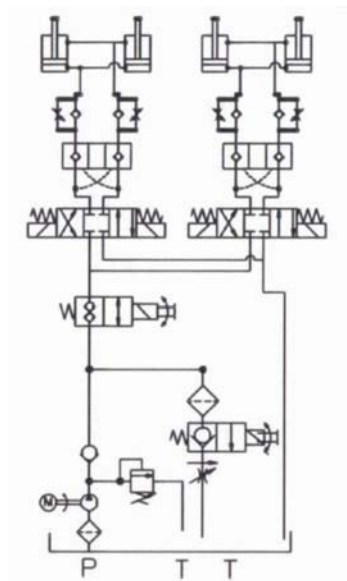


그림 56 기본 유압회로

표 14 유압장치 사양

항 목			특 징
작동모터	전압	V <sub>DC</sub>	24
	출력	W	2,200
유압펌프	용량	cc/rev	2.0
탱크	용량	L	8.0
작동밸브	형식	-	DC24V Solenoid valve
성능	용량	L.P.M	5.3 (at 150bar)
유압실린더1(단동)	작업대 리프트용	행정(mm)×내경(mm)	450×60 (2EA)
유압실린더2(복동)	좌우경사조절용	행정(mm)×내경(mm)	130×40 (4EA)
유압실린더3(복동)	전후경사조절용	행정(mm)×내경(mm)	160×40 (2EA)

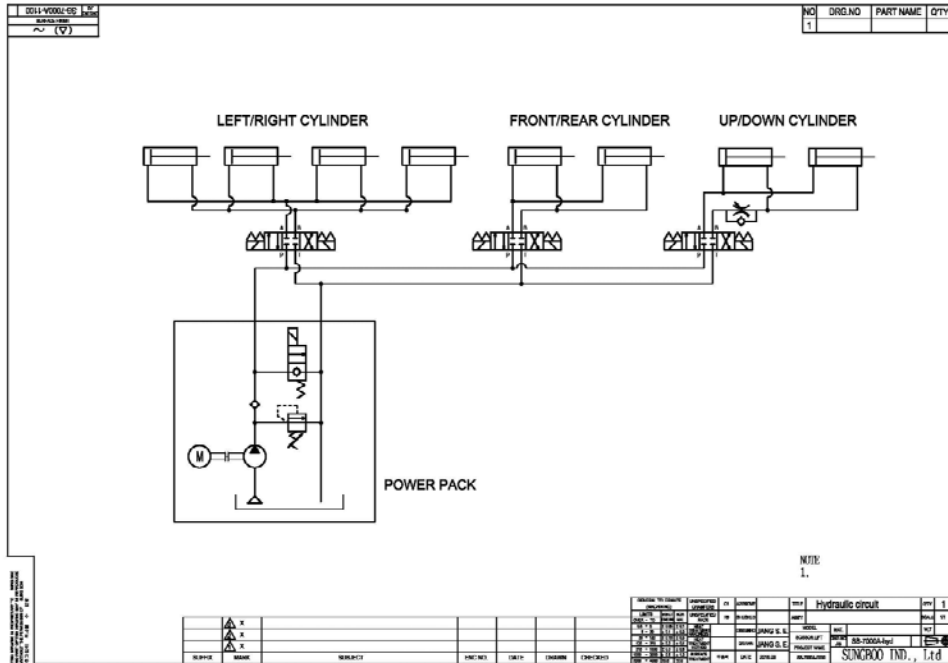


그림 57 최종 유압시스템 회로도

특히 본 고소작업기계에서는 기존 수동조작형 밸브에 의한 유압실린더 조작용 솔레노이드 밸브에 의해서 조작하도록 구성되어 있는데, 솔레노이드 밸브에 의한 조작 시 온오프 동작에 의해 유압실린더 작동속도를 조절할 수 없기 때문이 그 이유이다. 이는 체크밸브붙이 유량조절 밸브를 통해 기본적인 속도를 조절할 수 있도록 할 수는 있지만 작업 상황에 따라 작업자가 작업을 수행하면서 조절이 힘든 것이 사실이다. 따라서 본 과제에서는 유압펌프 구동원이 DC 모터이기 때문에 DC모터의 제어에 의해서 유압펌프의 토출량을 제어할 수 있는 장점이 있으므로 다음 그림과 같은 유압장치 컨트롤러를 적용함으로써 이를 해결하였다.

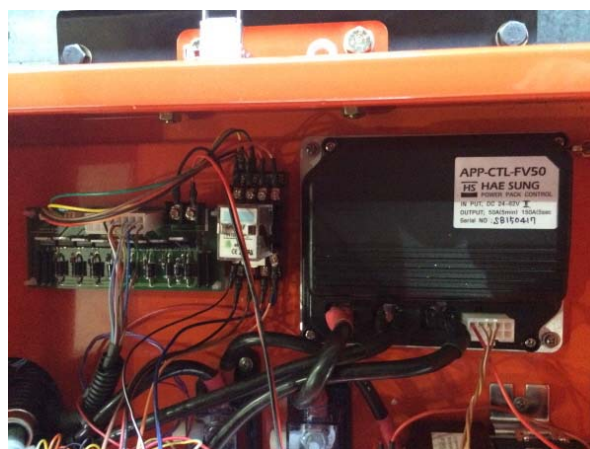


그림 58 유압장치 조절 컨트롤러 및 출력용 PCB B/D

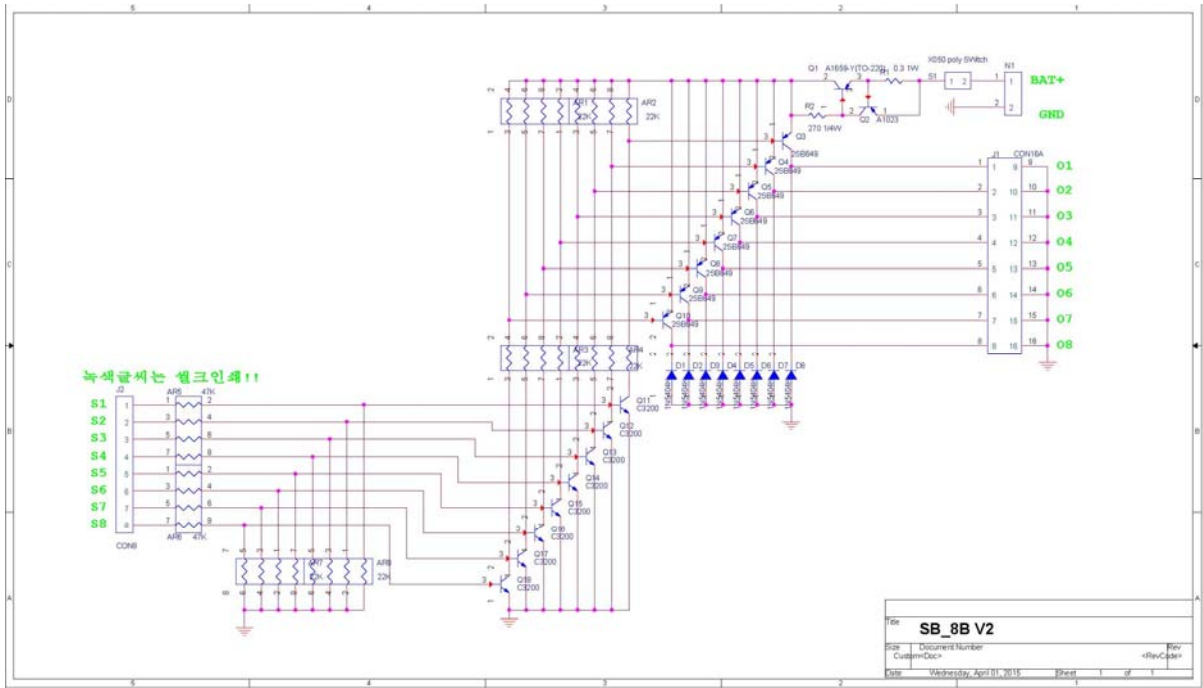


그림 59 유압 작동신호 출력용 회로

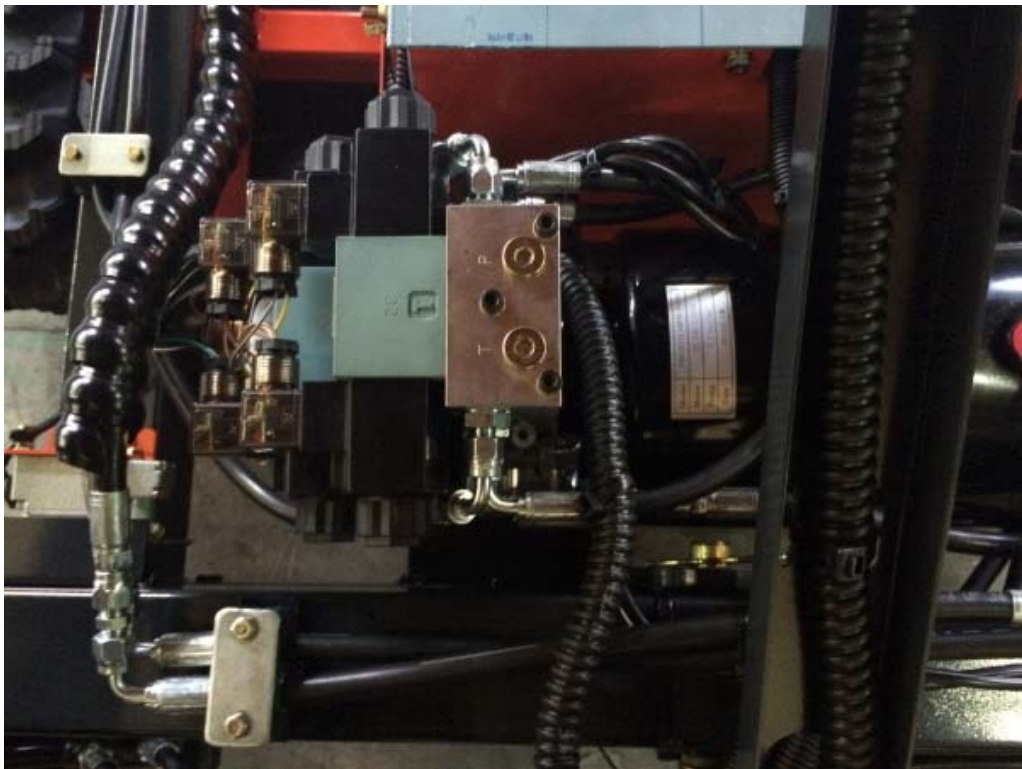


그림 60 유압장치의 제작

## 6. 모터 제어드라이브 및 조향 패널 설계, 제작

고소작업기계는 전동형으로 구성되었으므로 컨트롤러는 모터 드라이브와 작업자 조작 패널로 구성되어진다. 고소작업기계의 특성상 작업자는 높은 곳에서 작업을 하게 되므로 배선의 유동성 등을 고려하여 조작패널부만 상부에 위치하고 모터제어장치 및 부가장치는 하부 프레임에 배치하였다. 모터 드라이브는 아래 그림과 같이 하부 프레임의 모터 부근에 설치하였으며 부하에 따른 토크 및 속도제어 등을 담당하게 되며 제어박스 안에 파워서플라이 및 모터 드라이브, 조향신호 출력부가 유압 컨트롤러와 출력부와 함께 배치하도록 구성하였다.

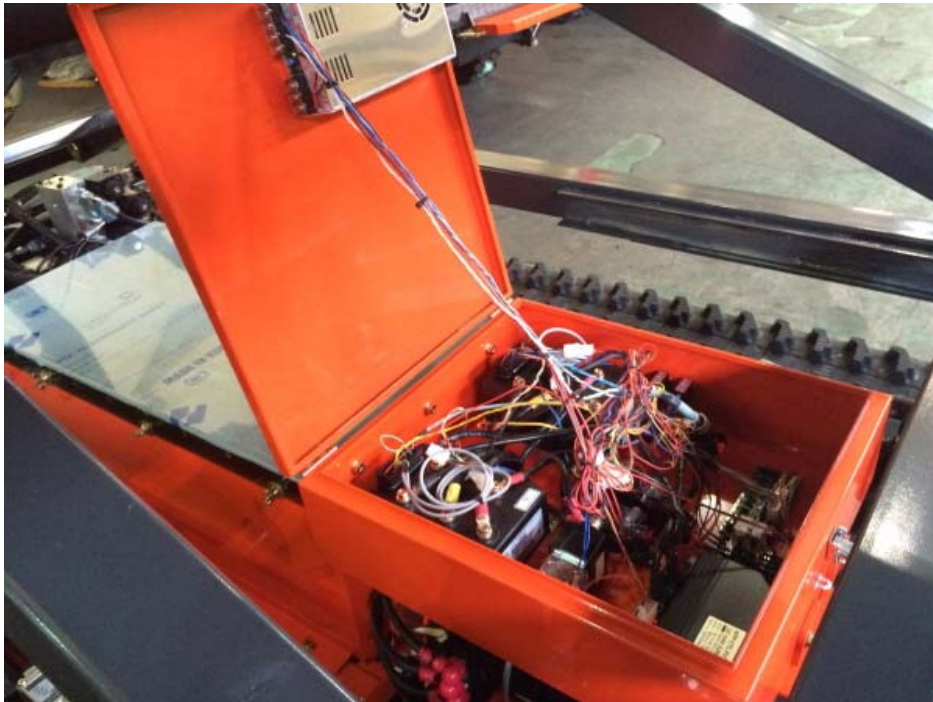


그림 61 모터 드라이브 및 파워서플라이 장착

모터 제어 드라이브는 curtis사의 AC모터 전용 드라이브인 1232E 모델을 적용하였으며 시스템은 다음 그림 62와 같이 구성되어 있고 프로그래밍을 통해 두 개의 드라이버를 각각 마스터와 슬레이브로 구분지어 듀얼 구동할 수 있도록 하였다.

조향 관련 제어보드는 다음 그림 63과 64에 나타내었으며 조향레버를 통한 신호가 이 보드를 통해서 제어 컨트롤러에 입력되도록 구성되었다.

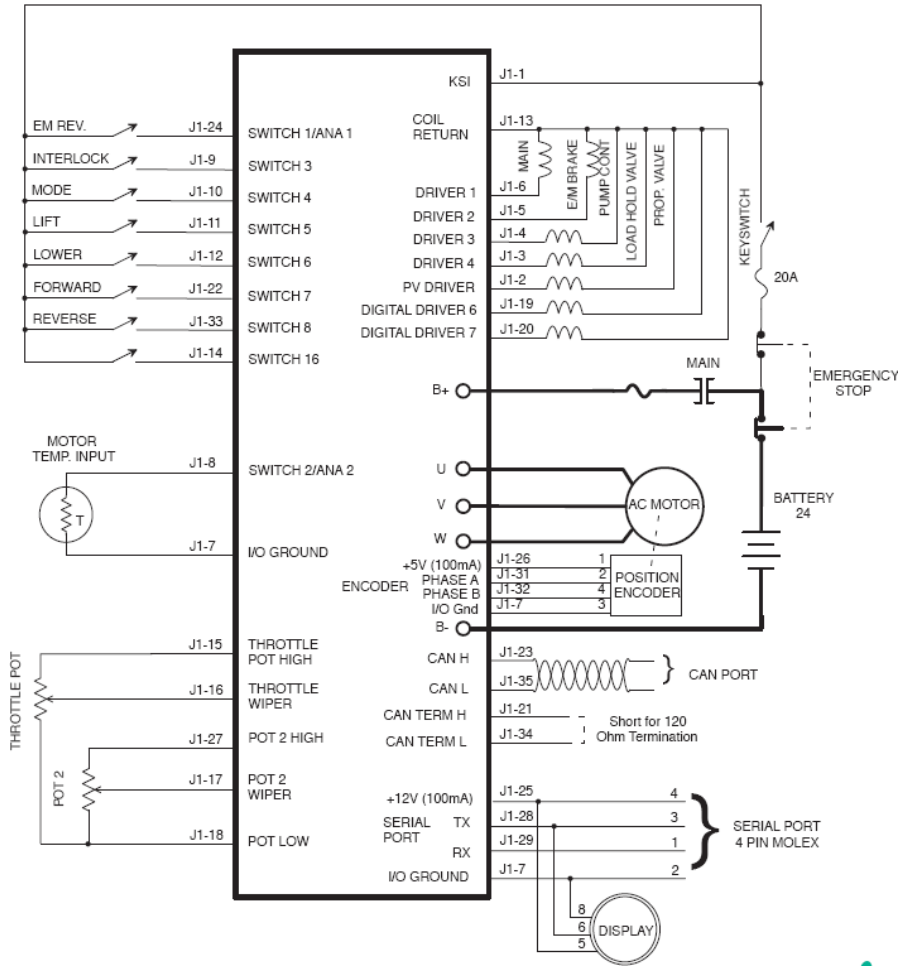


그림 62 AC모터 컨트롤러 1232E 구성도

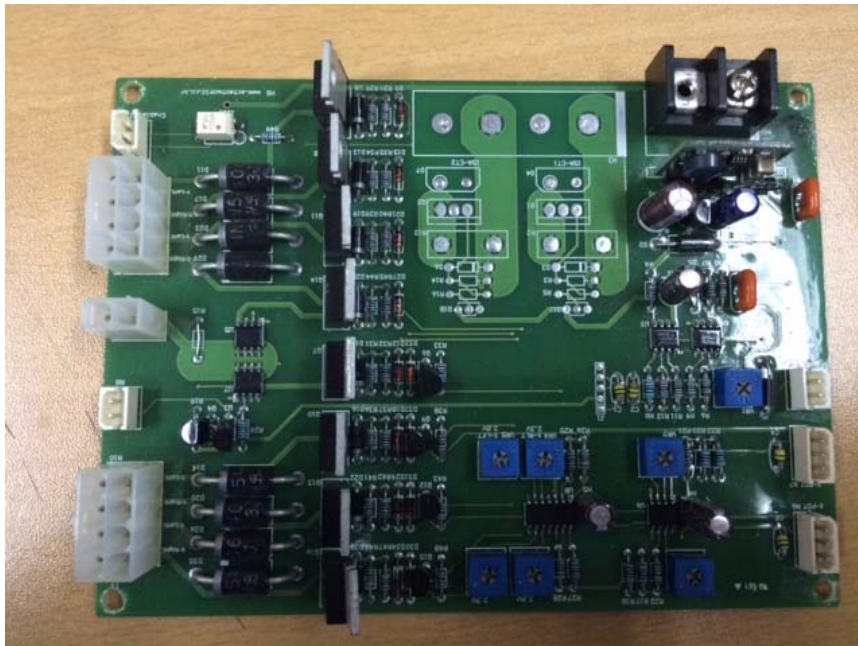


그림 63 조향제어 패널 PCB B/D

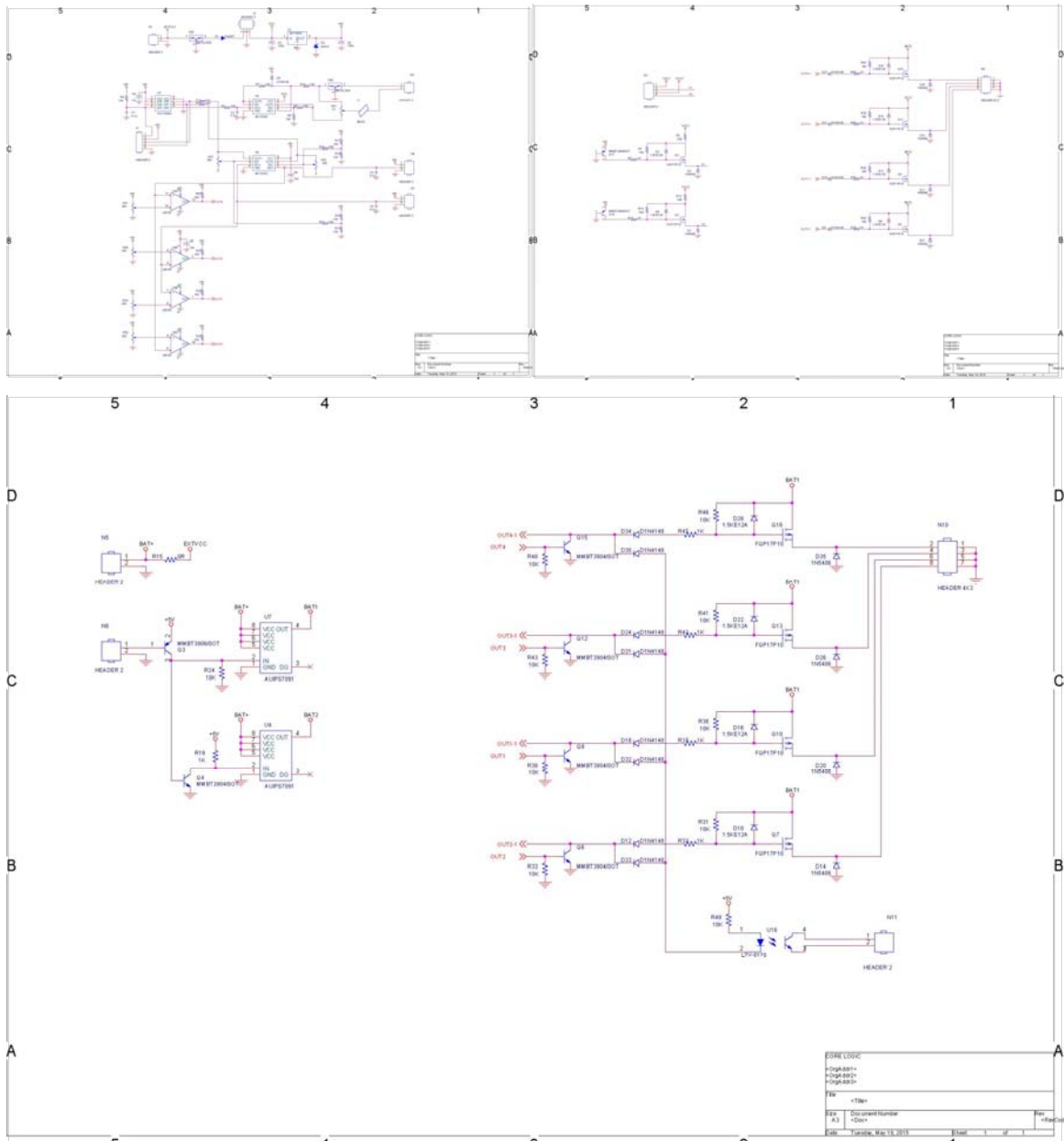


그림 64 조향제어 패널 회로도

최종 시작기에서는 1차 시작기 시스템에서 발생하였던 좌우 조향제어 불안정성 등을 개선하고 따로 구성되었던 Auto levelling system을 묶어 한 개의 메인 PCB를 제작함으로써 효율성을 제고하였다.

다음 그림은 최종 개선된 시스템의 블록 구성도이다.

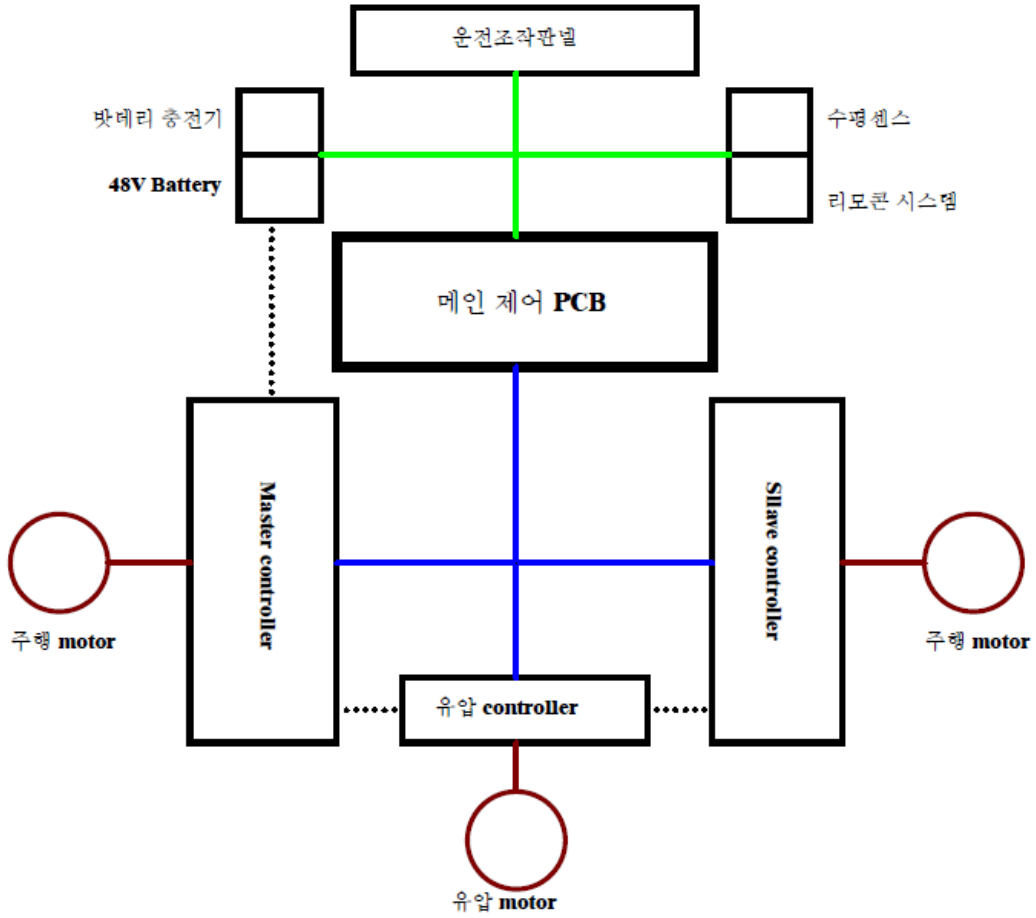


그림 65 고소작업기계 구동시스템 전체 블록도



그림 66 메인 컨트롤시스템의 구성

메인 PCB에는 모터 구동, Auto levelling system을 포함한 유압구동, 각종 출력을 제어할 수 있도록 일체로 구성하였다. 다음 그림에 수정 및 보완된 메인 PCB 회로와 드라이브 구동을 위한 펌웨어 소스 일부를 발췌하여 나타내었다.

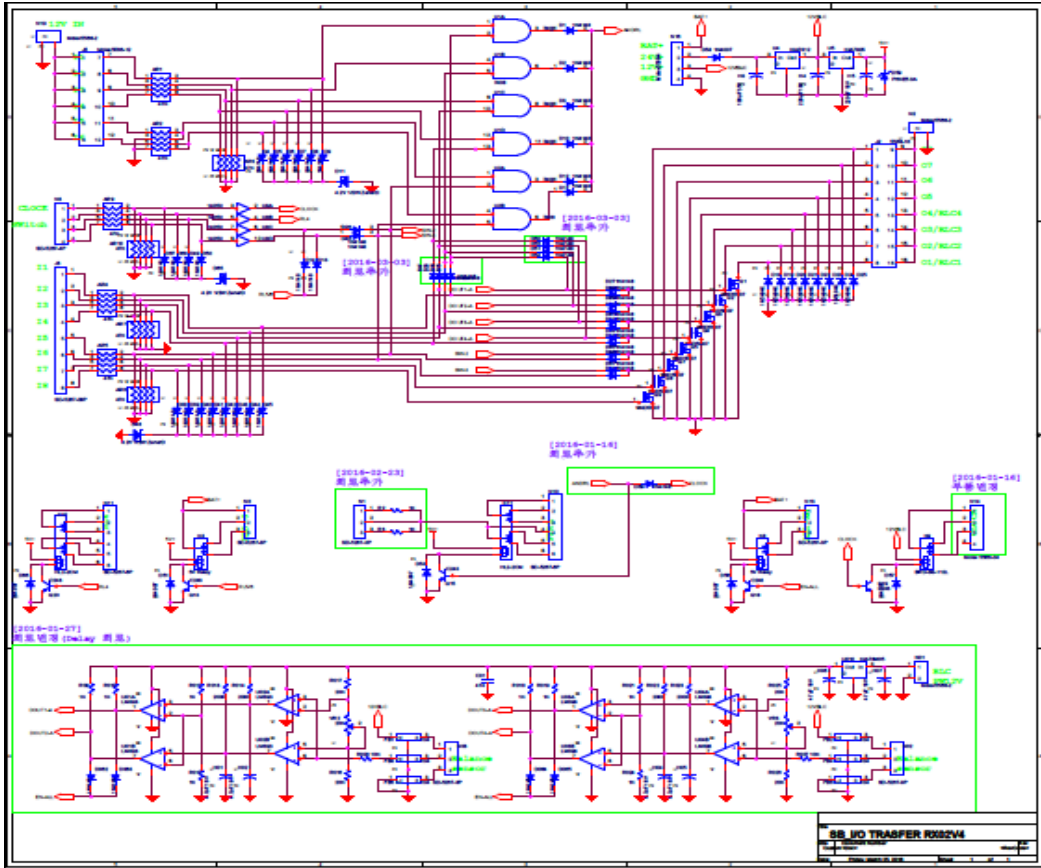


그림 67 수정 및 보완된 Main PCB

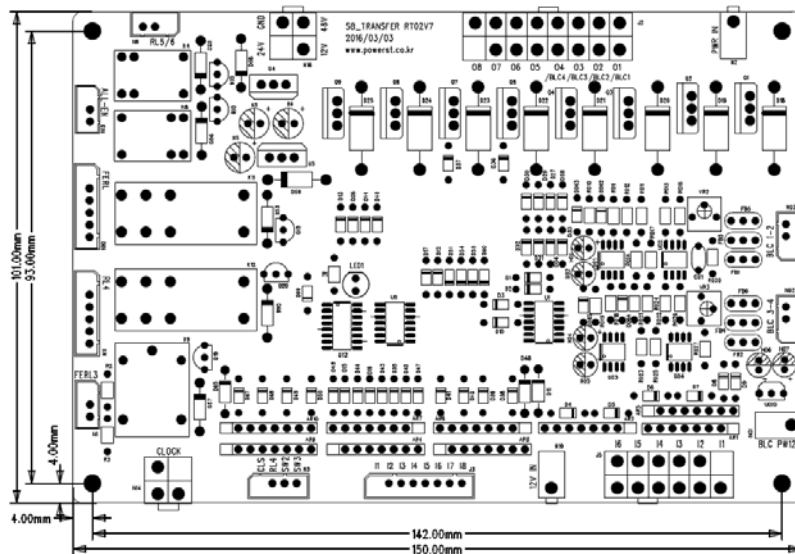


그림 68 메인 PCB Artwork



```

파일(F) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H)
#define PIN_DELAY_MS 3000 ///////////////////////////////////////////////////SW Input Delay 조절/////////////////////////////////

/////////////////////////////////Function Define/////////////////////////////////
void Send_Message(st_cmd_t * MOB);
void Receive_Message(st_cmd_t * MOB);
U16 Get_ADC(int muxx);
/////////////////////////////////

/////////////////////////////////Valuable/////////////////////////////////
st_cmd_t shake_MOB0;
st_cmd_t shake_MOB1;
st_cmd_t shake_MOB2;
st_cmd_t MOB0;
st_cmd_t MOB1;
st_cmd_t MOB2;
st_cmd_t MOB3;

int cnt = 0;
int real_counter;
int sw_counter;

U16 adc_result[7] = {0,};

U8 shake_buffer0[8] = {0x00,};
U8 shake_buffer1[8] = {0x00,};
U8 shake_buffer2[8] = {0x00,};
U8 buffer0[8] = {0x00,};
U8 buffer1[8] = {0x00,};
U8 buffer2[8] = {0x00,};
U8 buffer3[8] = {0x00,};

U8 i;
U8 flag = 0;
U8 shake_hands_flag = 0;
U8 shake_hands = 0;
U8 SW_input1;
U8 SW_input2;

```

그림 69 프로그램 소스(발취)

작업자 조작패널은 작업대 상부에 위치하며 작업자가 모든 상황을 인지하고 손쉽게 조작할 수 있도록 구성하였다. 주행조작 및 작업대 리프트 작동은 1개의 조작레버(우측 레버)를 이용해 레버의 위치에 따라 제어 드라이브로 신호를 보내 원하는 방향으로 조절할 수 있도록 하였으며, 주행속도는 우측 상단 조절노브에 의해 간편하게 조작할 수 있도록 하였다. 작업대의 상승 및 하강 경사조절은 좌측 조작레버를 이용하여 모든 기능을 수행할 수 있도록 하였으며, Auto levelling system을 선택할 수 있도록 하였다. 전원 ON/OFF는 시동키 시스템을 적용하였으며 배터리의 메인전원차단 버튼과 비상정지 버튼을 적용하여 안전사고에 대비하였고 배터리 잔량 및 작업대의 수평을 확인할 수 있도록 하는 등 편의기능도 첨부하였다. 또한 작업대 상승 상태에서 기기의 고장으로 다른 작업이 불가할 때 리프트 시스템을 자동으로 하강시키는 안전장치도 추가하였다.

특히 작업 편의성 확보 및 안전장치의 추가 구성으로 확장 작업대를 4분할로 슬라이딩할 수 있는 기능이 추가되었다. 이를 위해 개별적 슬라이딩 모터 구동을 위한 PCB를 별도로 구성하였다.



그림 70 작업자 조작패널 제작



그림 71 추가된 안전기능

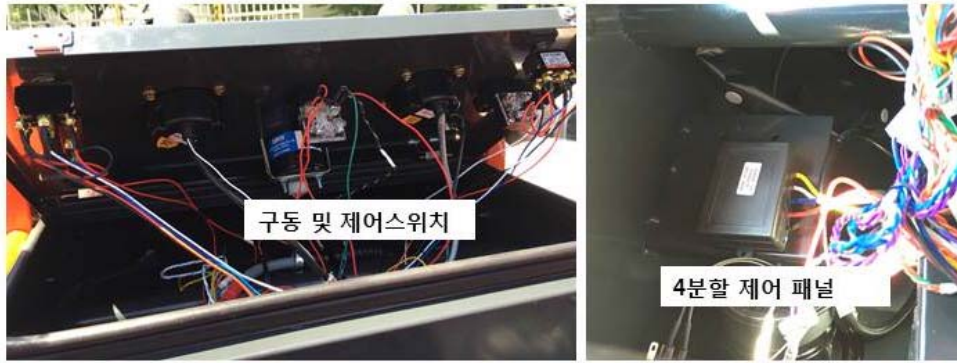


그림 72 작업자 조작 패널 내부 구조

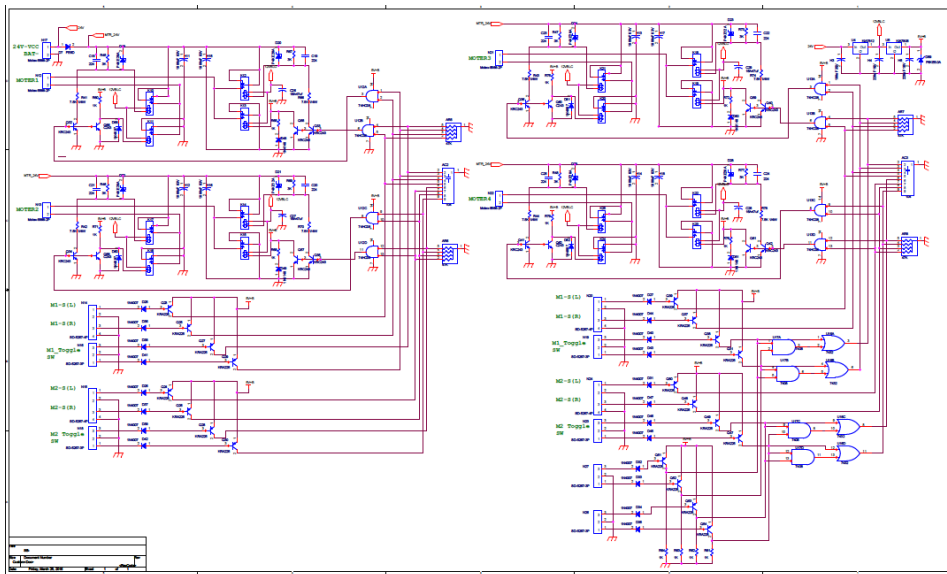


그림 73 4분할 제어용 PCB 회로도

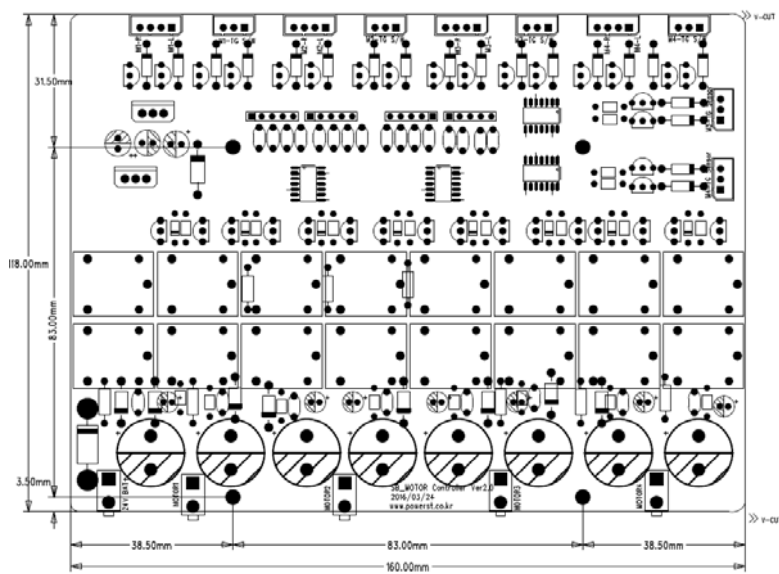


그림 74 4분할 제어용 PCB Artwork

또한 최종시작기에는 작업자 편의를 위한 원격 조작 시스템을 추가로 적용하였다. 1차적으로 작업대 승하강 제어 리모트 컨트롤 및 확장 작업대의 슬라이딩 조작용 페달형 조작시스템을 적용하였으며, 최종 시작기에서는 작업의 편의성을 위해 주행, 작업대 승하강 등 기본적 조작을 원격으로 조작할 수 있도록 구성하였다.



그림 75 승하강용 간이 리모트 컨트롤



그림 76 주행 및 승하강 기능을 추가한 최종 원격컨트롤러

## 7. 부가 작업기 제작

고소작업기계의 작업자 편의성 확보를 위해 수확한 과실의 상하차 장치를 추가적으로 개발하여 적용하였다. 상하차 장치는 작업대의 위치가 자주 변동되기 때문에 가변성을 갖추고 있는 것이 가장 중점인 요소가 되어 크레인 형태의 승하차 작업대를 구성하여 어느 위치에든 적정 높이까지 적절히 내리고 올릴 수 있도록 설계하여 구성하였다.

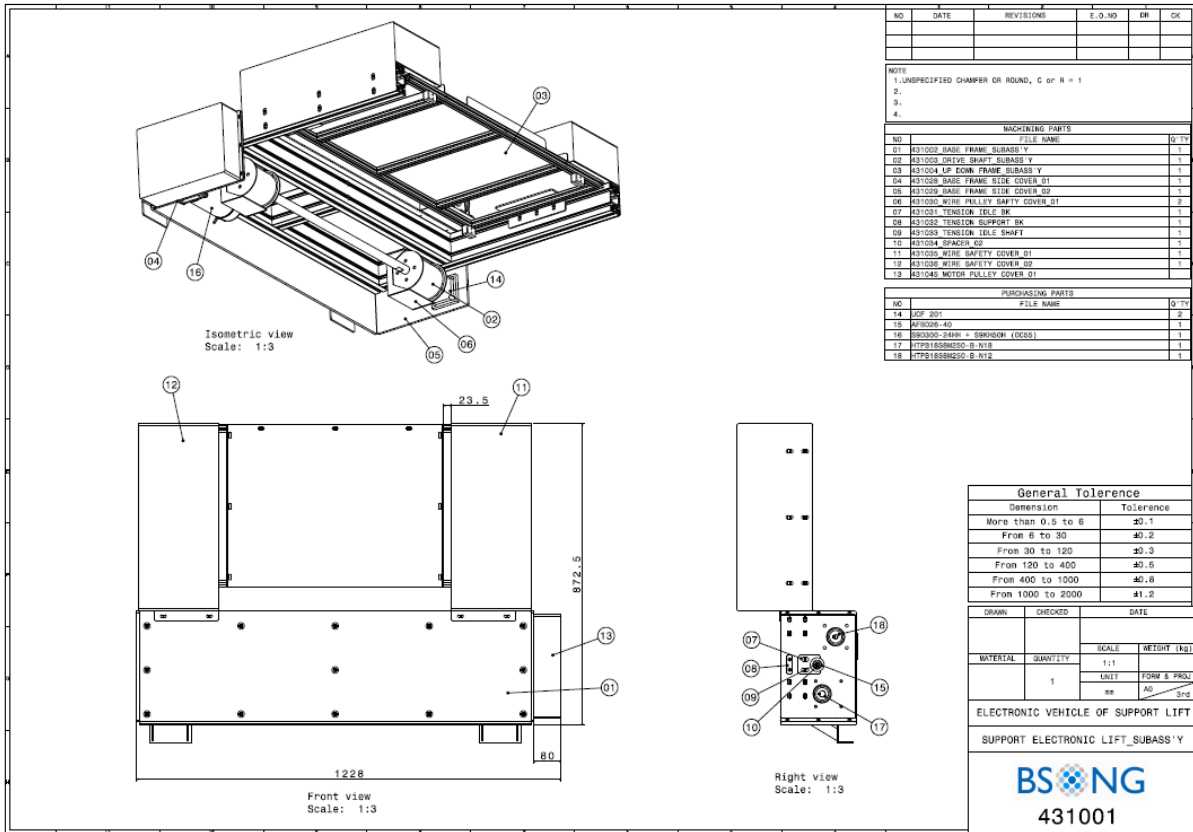


그림 77 상하차 장치 설계도

DC 모터와 감속기를 이용하여 이송 작업대 네 곳을 와이어로 연결하여 승하강 시키는 구조로 되어 있으며, 상하부에 근접센서를 이용하여 정지하도록 구성하였다. 모터 정역회전을 위해 간단한 제어회로를 구성하여 적용하였다. 다음에 상하차 장치의 외관 및 컨트롤러 구성을 나타내었다.



그림 78 상하차장치

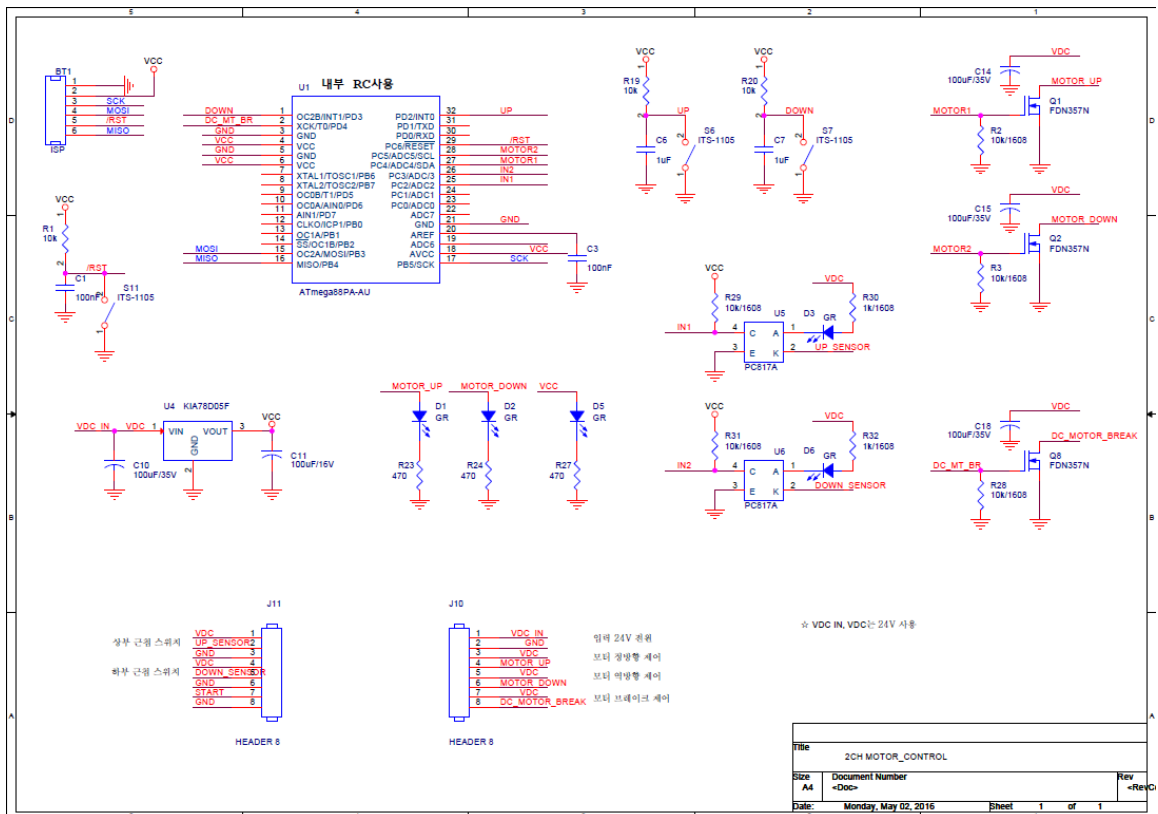


그림 79 상하차 제어보드 회로도

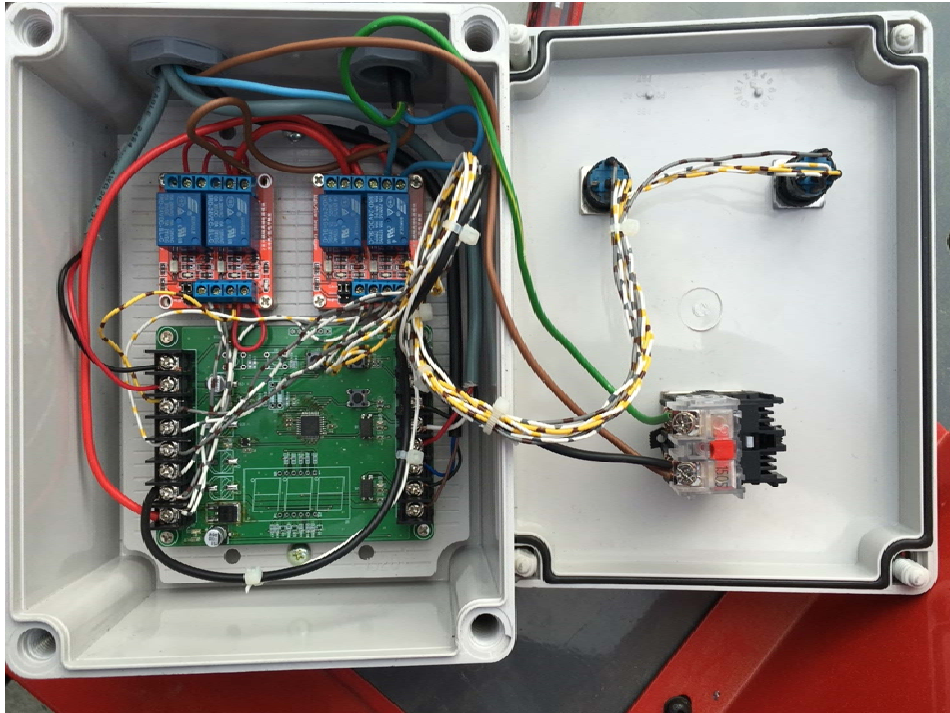


그림 80 상하차 장치 제어 패널

또한, 작업자의 여러 가지 작업 편의성 확보를 위해 에어 컴프레서를 설치하였다. 여기에 부가 작업장치로 에어 전정가위나 에어 공구, 에어건을 이용할 수 있도록 DC 에어 컴프레서를 작업자 조작패널 부근에 설치하여 활용할 수 있도록 하였다. 다음 그림은 장착 모습이며 표에 그 사양을 나타내었다.



그림 81 에어 컴프레서 장착

표 15 에어 컴프레서 주요 사양

항 목		특 징
동력	HP	1/2
회전속도	rpm	2,100
탱크용량	ℓ	10
에어생산량	ℓ	66
규격	L×W×H,mm	490×190×415
중량	kg	13

부가 작업장치는 다양한 역할을 수행할 수 있다는 장점이 있지만 시제품 시험 및 판매 결과 고소작업기계의 주기능을 우선하여 사용하는 것이 더 큰 장점으로 판단되어 제품 판매 시 옵션 사항으로 적용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



## 제 4 절 구조해석 및 전도안정성 평가

### 1. 초기 설계에 따른 안정성 평가

전동 고소작업기계의 구조적 특성을 분석하기 위해 유한요소해석을 이용한 구조해석을 진행하였다. 해석대상은 고소작업기계 1차 시작기로서 구조물의 자중과 적재물의 하중에 의해 발생하는 구조적 특성을 분석하였다.

#### 가. 기본 설계에 의한 모델링

구조적 특성 분석을 위한 구조해석의 첫 단계로 주요 부분만을 대상으로 3D 모델링 프로그램인 INVENTOR를 이용하여 3D 모델링을 실시하였다. 2D 도면의 작성완료에 따른 3차원 모델링을 INVENTOR를 이용하여 수행함으로써 각 단품도면의 조립조건과 조립 시 간섭을 체크하고, 최종적으로는 고소작업기계의 구조해석을 통한 구조적 특성 분석에 이용하였다. 3차원 모델링은 각 단품모델링을 수행하고 Sub Assembly 모델을 생성 후 최종적으로 전동 고소작업차의 Assembly 모델을 생성하였다.

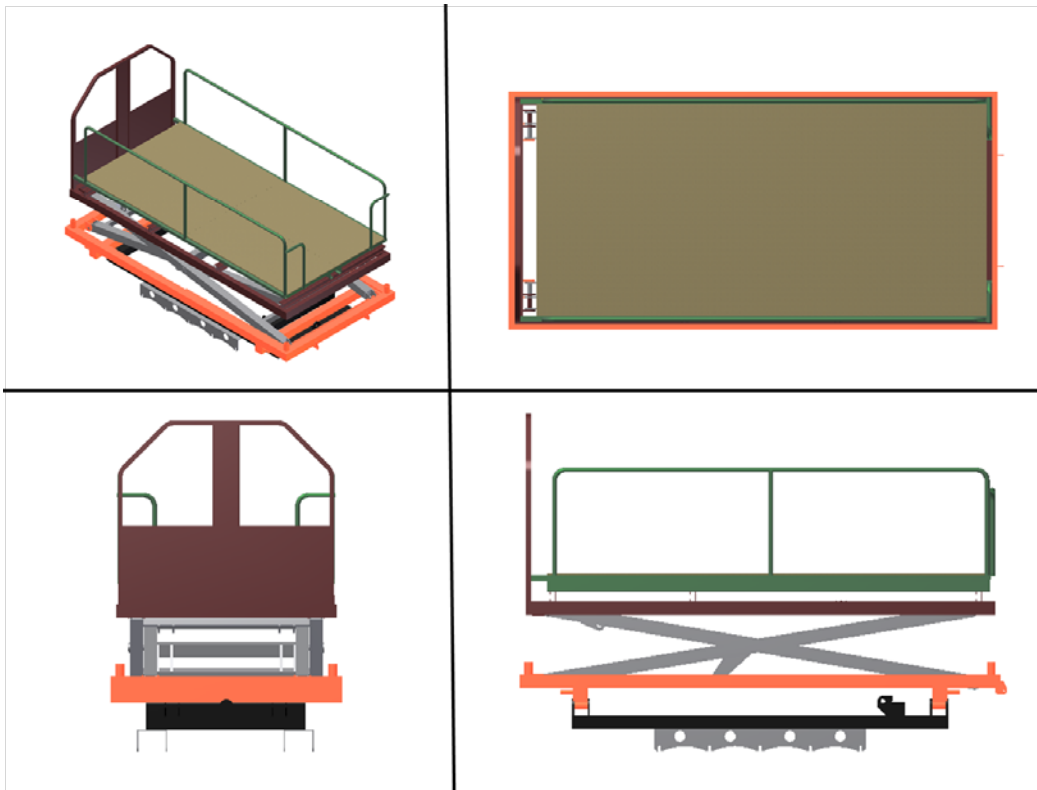


그림 82 고소작업기계의 주요부 3D모델링 형상

## 나. 고소작업기계의 구조해석

### (1) 유한요소 생성

고소작업기계의 조립 및 설계오류는 3차원 모델링을 통해 검토가 완료 되었으며, 설계결과에 대한 타당성 검토를 위해 유한요소를 생성하여 정적구조해석을 수행하였다. 유한 요소 생성은 ANSYS 프로그램에서 제공하는 요소생성기를 이용하여 하였으며, 유한요소는 Automatic Method를 이용하였으며, Relevance를 20으로 설정하였다. 유한요소 생성은 각각의 부품별로 생성하여 조립되는 연결부분의 Node가 일치되는지 확인하였다. 아래 그림은 전동 고소작업기계의 형상을 ANSYS 프로그램을 이용하여 유한요소를 생성한 결과이다.

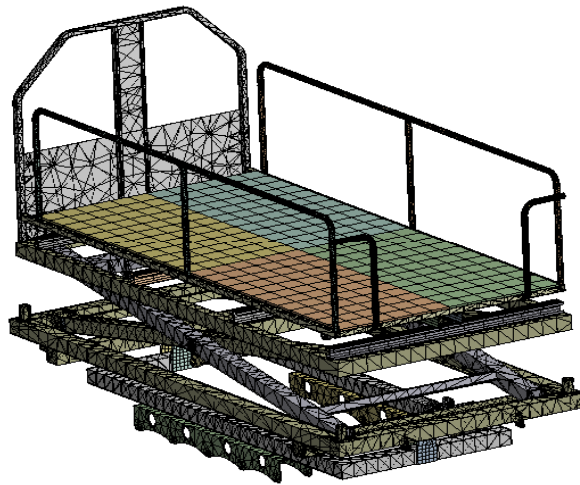


그림 83 고소작업기계의 유한요소 모델링 형상

전동 고소작업차의 유한요소 생성 결과 Element는 75,346개이며, Node수는 190,937개이다. Element Quality를 분석하면, Tetrahedron 83%, Hexahedron 12%이다.

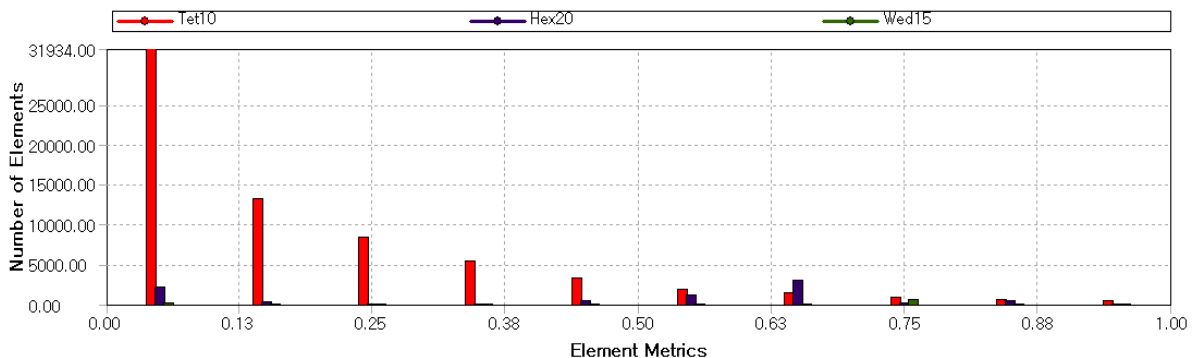


그림 84 Element Quality 분석

## (2) 해석조건

하중 및 경계조건은 실제 고소작업기계에서 발생하는 하중과 경계조건을 고려하여 적용하였다. 하중은 고소작업기계의 자중과 적재 하중을 고려하였으며, 경계조건은 실제 부품과 부품이 체결되는 부분을 일치시켜 고정하였으며, 고소작업기계 지지부분을 Fixed Support를 이용하여 경계조건을 주었다. 아래 그림은 하중 및 경계조건을 나타내었다.

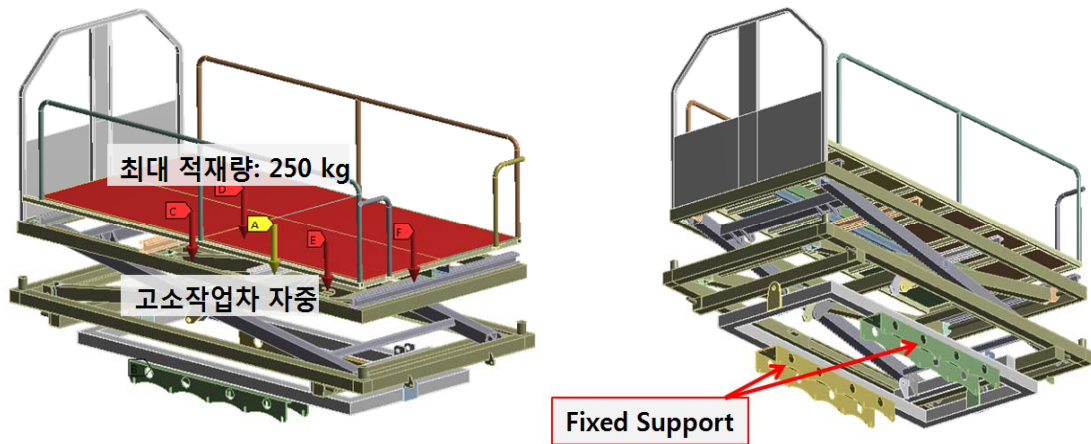


그림 85 하중 및 경계조건

고소작업기계의 구조해석은 고소작업차가 운영될 때 적재함의 최대 적재량을 고려하여 하중이 적재함을 1/4로 나누어 집중되는 것을 가정하여 아래 그림 86과 같이 적재하중 위치별로 발생될 수 있는 변위와 응력에 대하여 분석하였다. 또한 좌·우 기울기 조절이 가능하여 적재함이 좌·우로 최대 기울기를 가질 때의 위치별로 발생될 수 있는 변위와 응력에 대하여 분석하였다.

해석에 사용된 재료는 S45C로 기계적 성질은 아래 표에서 보는 것과 같다.

표 16 해석대상 재료의 물성치

재질명	탄성계수 (GPa)	프아송비	항복강도 (MPa)	밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	비고
S45C	205	0.29	250	7,850	-

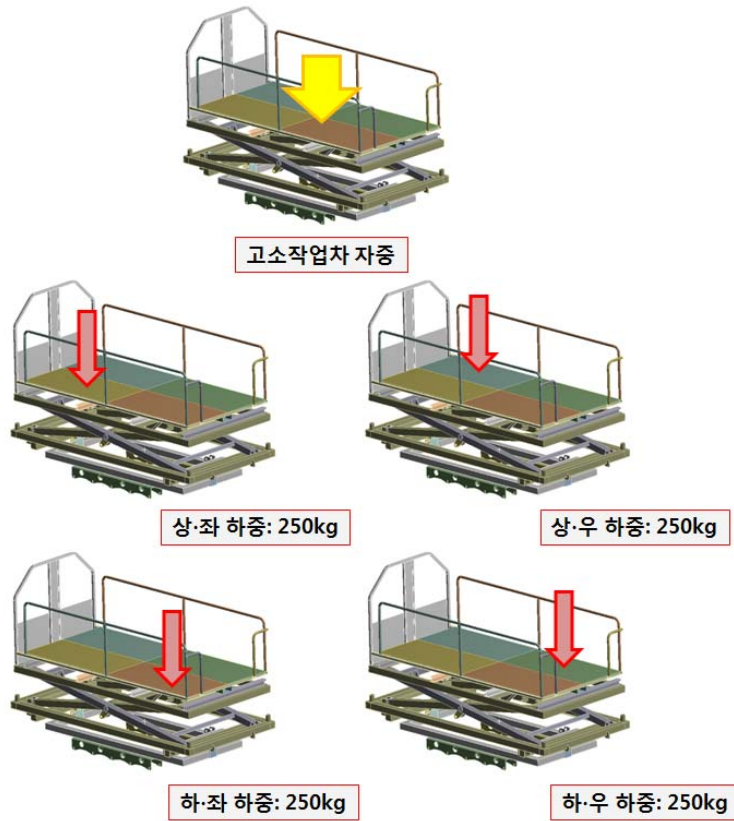


그림 86 적재하중 위치별 경계조건

### (3) 구조해석 결과

고소작업기계의 구조해석 결과는 다음 표 17과 같다.

표 17 전동 고소작업차의 구조해석 결과

Results Case	Max. Stress (MPa)	Max. Displacement(mm)
자중	65.23	2.61
최대 적재량 균등하중	98.74	4.26
최대 적재량 상·좌 집중 하중	148.36	4.55
최대 적재량 상·우 집중 하중	152.08	4.56
최대 적재량 하·좌 집중 하중	183.55	5.37
최대 적재량 하·우 집중 하중	179.72	5.32

해석결과 각각의 집중하중에 대한 최대 응력은 185MPa 이하로서 S45C의 허용응력 205MPa에 만족하지만, 안전율은 1.1로서 낮은 수준으로 나타나 적재 편중에 대해 고려하였다. 여기서 최대 변위는 5.37mm로서 변위에 대한 간섭은 없는 것으로 판단되며, 장비 자중 대비 최대 적재량(250kg)에 대한 응력은 33MPa이 증가하고, 변위는 1.65mm가 증가하는 것으로 나타났다.

고소작업기계의 구조해석 결과 형상은 다음 그림과 같다.

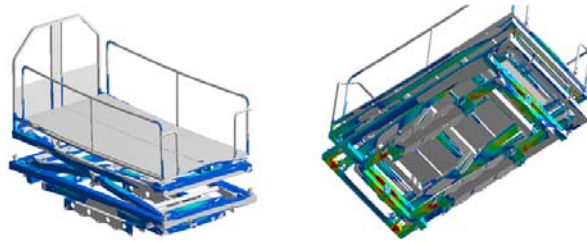


그림 87 자중에 의한 응력해석 결과

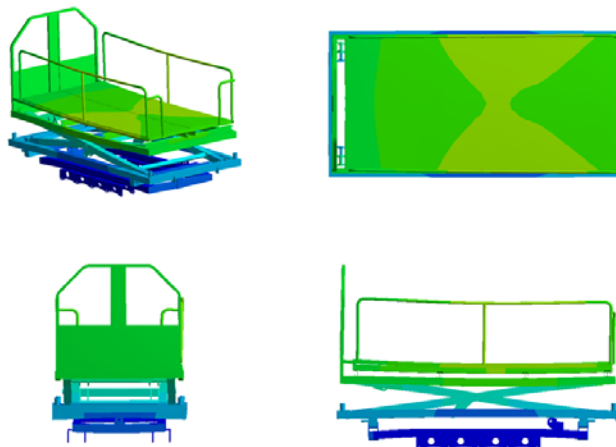


그림 88 자중에 의한 변위해석 결과

고소작업기계 상부에 하중이 없는 경우를 가정하였을 때 발생하는 응력은 최대 65.23MPa이 발생하였으며, 변위는 하부 프레임에서 최대 2.61mm가 발생하였다.

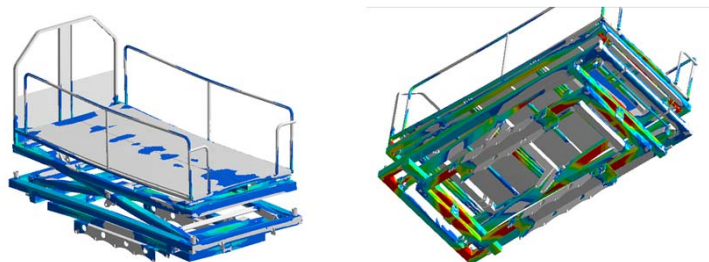


그림 89 최대적재량 균등하중에 의한 응력해석 결과

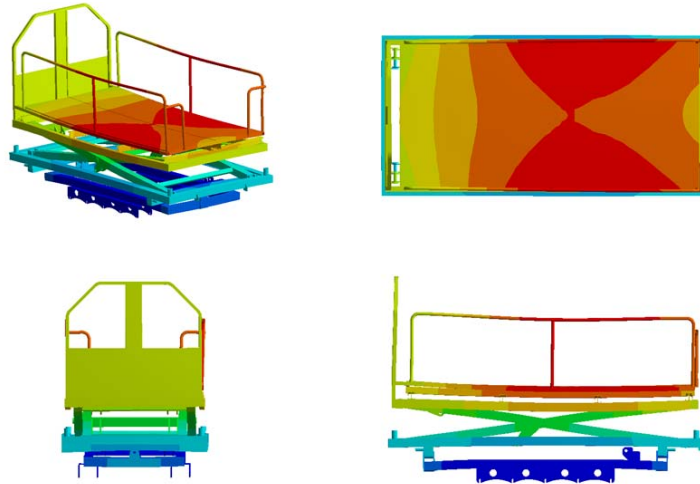


그림 90 최대 적재량 균등하중에 의한 변위해석 결과

상기 그림과 같이 고소작업기계 상부에 최대 적재하중(250kg)이 균등하게 작용할 경우를 가정하였을 때 발생하는 응력의 최대 98.74MPa이 발생하였으며, 변위는 상부 적재함 바닥면에서 최대 4.26mm가 발생하였다.

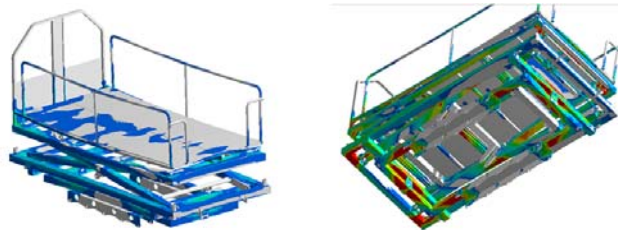


그림 91 최대 적재량 상·좌 집중하중에 의한 응력해석 결과

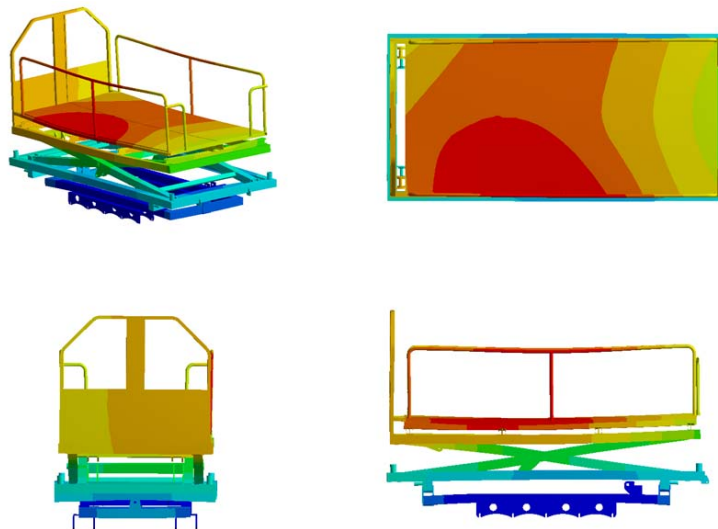


그림 92 최대 적재량 상·좌 집중하중에 의한 변위해석 결과

고소작업기계 상부에 최대 적재하중(250kg)이 상부 좌측에 집중적으로 작용할 경우를 가정하였을 때 발생하는 응력은 최대 148.36MPa이 발생하였으며, 변위는 상부 적재함의 하중이 집중되는 바닥면에서 최대 4.55mm가 발생하였다.

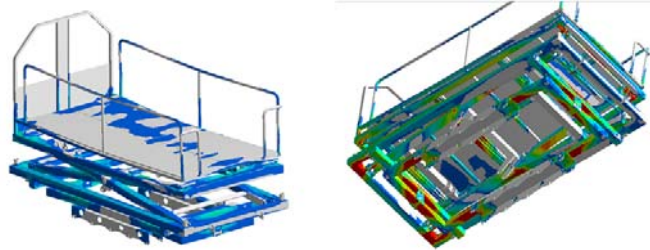


그림 93. 최대 적재량 상·우 집중하중에 의한 응력해석 결과

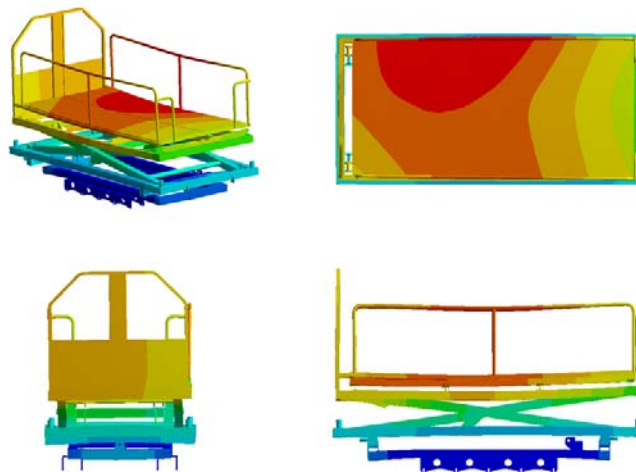


그림 94. 최대 적재량 상·우 집중하중에 의한 변위해석 결과

고소작업기계 상부에 최대 적재하중(250kg)이 상부 우측에 집중적으로 작용할 경우를 가정하였을 때 발생하는 응력은 최대 152.08MPa이 발생하였으며, 변위는 상부 적재함의 하중이 집중되는 바닥면에서 최대 4.56mm가 발생하였다.

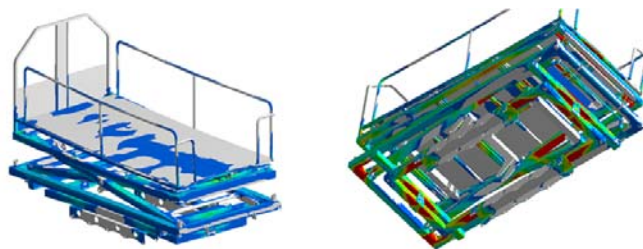


그림 95 최대 적재량 하·좌 집중하중에 의한 응력해석 결과

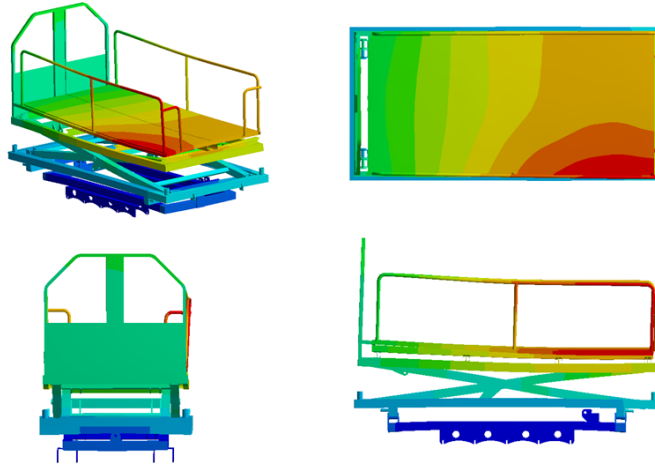


그림 96 최대 적재량 하·좌 집중하중에 의한 변위해석 결과

고소작업기계 상부에 최대 적재하중(250kg)이 하부 좌측에 집중적으로 작용할 경우를 가정 하였을 때 발생하는 응력은 최대 183.55MPa이 발생하였으며, 변위는 상부 적재함의 하중이 집중 되는 바닥면에서 최대 5.37mm가 발생하였다.

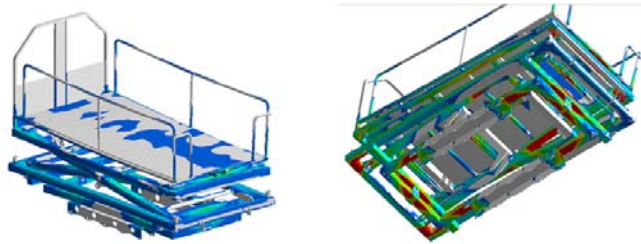


그림 97 최대 적재량 하·우 집중하중에 의한 응력해석 결과

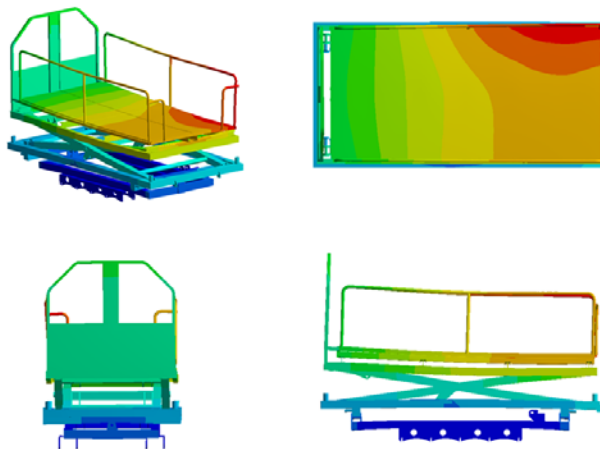


그림 98 최대 적재량 하·우 집중하중에 의한 변위해석 결과



고소작업기계 상부에 최대 적재하중(250kg)이 하부 우측에 집중적으로 작용할 경우를 가정하였을 때 발생하는 응력은 최대 179.72MPa이 발생하였으며, 변위는 상부 적재함의 하중이 집중되는 바닥면에서 최대 5.32mm가 발생하였다.

(4) 고소작업기계의 최대 기울기에 대한 구조해석 결과

고소작업기계 최대 기울기로 작업시 발생하는 응력 및 변위에 대하여 아래와 같이 분석하였으며 이 때 하중은 최대 적재량을 적용하였으며 구조해석 결과는 다음 표 18과 같다.

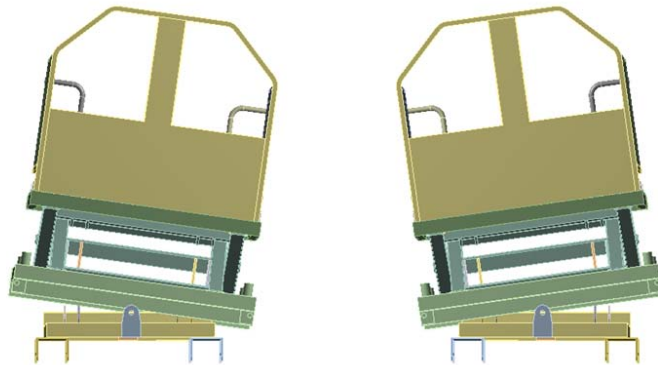


그림 99 고소작업기계의 최대 기울기 위치에 대한 형상

표 18 전동 고소작업차의 최대 기울기에 대한 구조해석 결과

Case	Results	Max. Stress (MPa)	Max. Displacement(mm)
좌측 최대 기울어짐		116.49	4.23
우측 최대 기울어짐		118.26	4.25

해석결과 좌·우 기울기에 대한 최대 응력은 120MPa 이하로서 S45C의 허용응력 205MPa에 대한 안전율은 1.7 이상이며, 최대 변위는 4.25mm로서 변위에 대한 간섭은 없는 것으로 판단된다.

고소작업기계의 기울기에 대한 구조해석 결과 형상은 다음 그림과 같다.

고소작업기계가 최대적재하중을 싣고 좌측으로 최대 기울기로 작동하였을 때에 대한 구조해석 결과 최대응력은 116.49MPa이 발생하였으며, 최대변위는 적재함 좌측에서 4.23mm가 발생하였다.

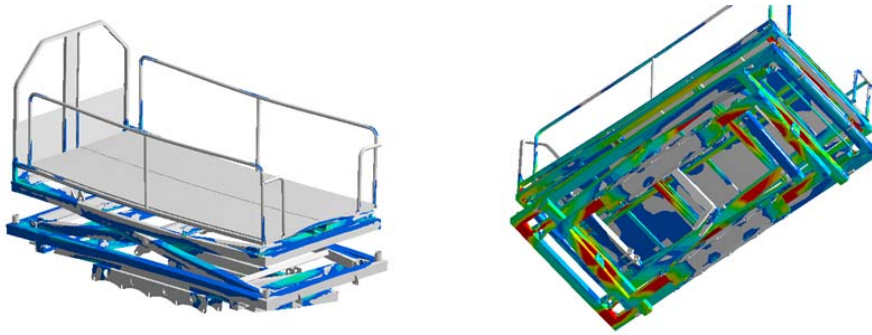


그림 100 좌측 최대 기울기에 대한 응력해석 결과

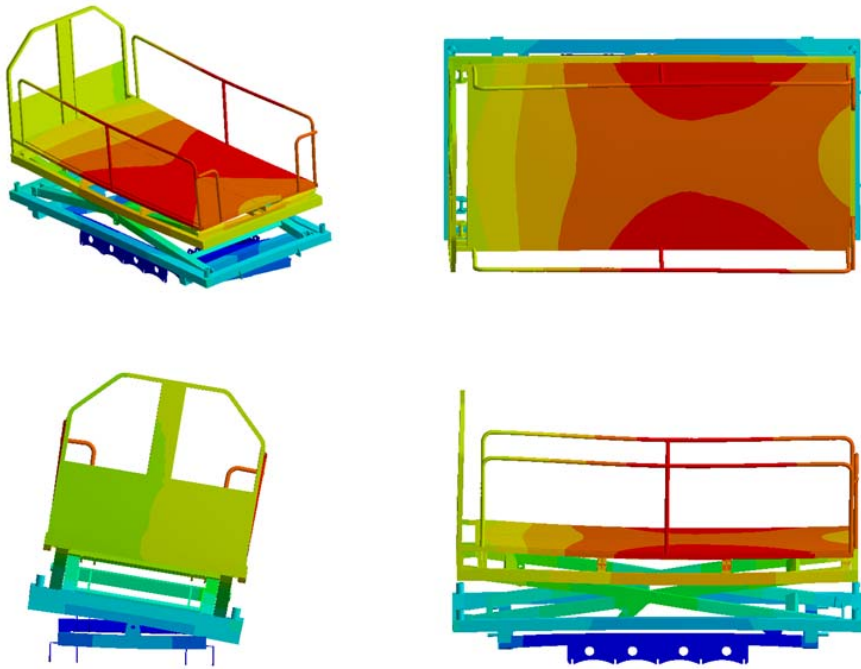


그림 101 좌측 최대 기울기에 대한 변위해석 결과

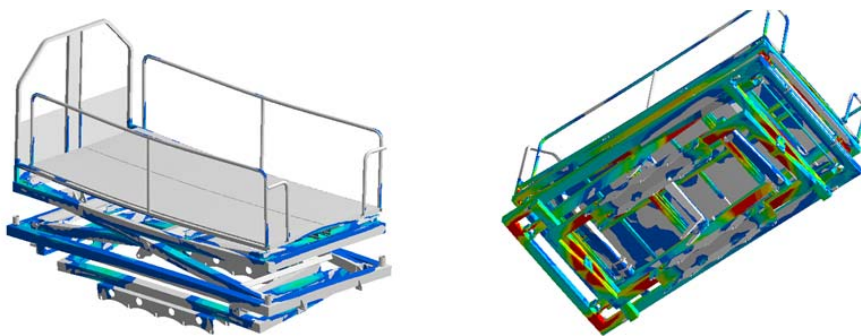


그림 102 우측 최대 기울기에 대한 응력해석 결과

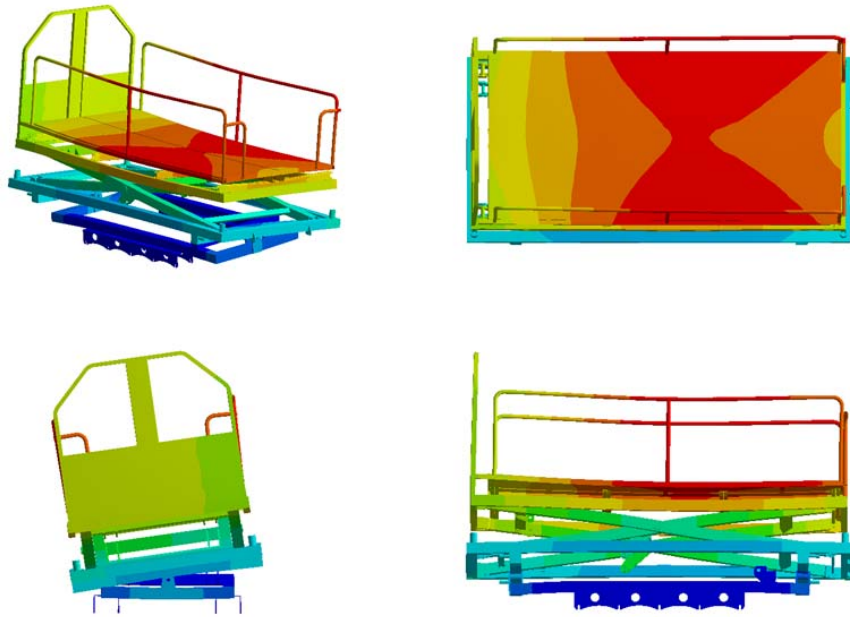


그림 103 우측 최대 기울기에 대한 변위해석 결과

고소작업차가 최대적재하중을 싣고 우측으로 최대 기울기로 작동하였을 때에 대한 구조해석 결과 최대응력은 118.26MPa이 발생하였으며, 최대변위는 적재함 우측에서 4.25mm가 발생하였다.

#### (5) 요약

구조해석 결과 적재물의 편중에 의해 작업대에서 최대 응력은 183.55MPa이 발생하였으며, Support 부분의 응력은 76.54MPa이 발생하였다. 작업대의 안전율은 1.1로서 약간의 설계 변경이 요구되어 실제 시제품 수정 설계 시 참고하여 보강하였다.

작업대의 기울어짐에 따른 최대 변위는 약 4.25mm로서 변위에 의한 간섭은 없는 것으로 판단되었다.

## 2. 구조 변경에 따른 안정성 평가

1차 시작기 제작 후 발생한 전동 고소작업기계의 문제점 보완 등을 통해 최종 설계된 최종 시작기를 토대로 구조 안정성 평가를 재실시하여 제품 신뢰도를 높이고자 하였다.

### 가. 해석모델

작업자의 편의를 위해 작업대의 확장이 가능한 테이블형 전동 고소작업기계의 구조안정성 검토를 위해서, 구조변경된 3D 모델을 활용하였다. 완성된 3D 모델의 형상은 다음 그림과 같다.

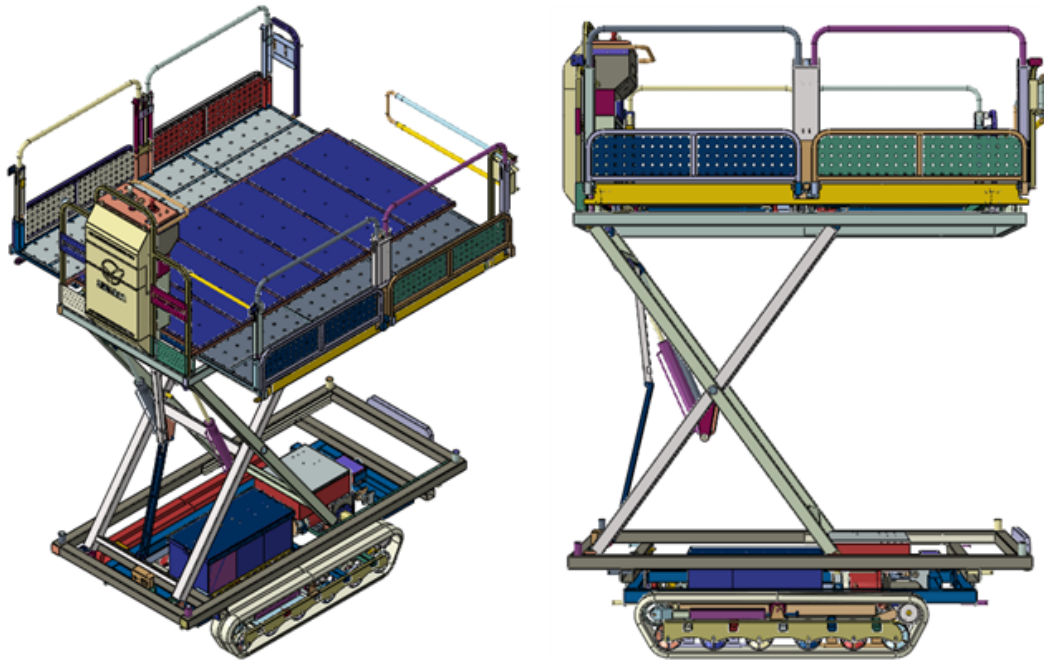


그림 104 수정된 고소작업기계 3D 모델링 형상

### 나. 유한요소 모델

구조안전성 평가를 위한 해석 영역으로는, 작업 테이블과 작업대를 받치는 지지부를 선정 하였으며, 하단부의 구동부와 작업 테이블의 안전바는 해석대상에서 제외하였다. 아래 그림에서는 해석영역으로 선정한 3D 형상을 보여준다.

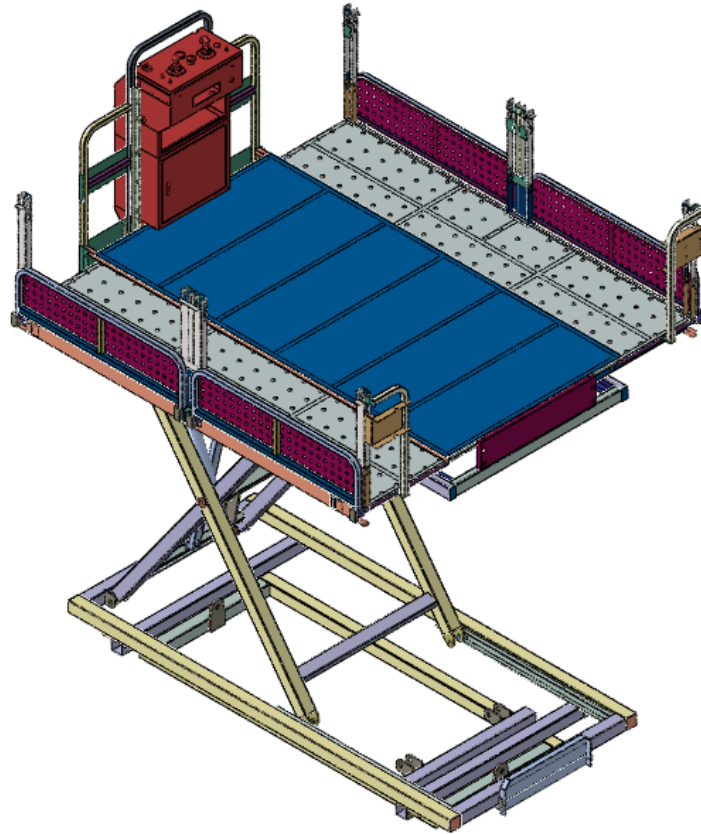


그림 105 고소작업기계의 해석 영역

해석 영역으로 선정한 3D 형상을 기반으로 Hypermesh S/W를 활용하여 유한요소 모델의 생성을 진행하였다. 3D 형상은 STEP file로 변환하고 Hypermesh로 불러들여 부품별 격자 작업을 수행하였다. 격자 작업은 해석 결과의 신뢰성을 위해서, AutoMesh 기능을 사용하지 않고, Manual로 작업하여, 주로 6면체 위주로 격자를 생성하였다. 격자 생성 작업이 완료된 유한요소 모델(FE Model)과 모델의 정보를 다음 그림과 표에 나타낸다.

표 19 유한요소 모델의 정보

항 목	개 수
요소(Element)	740,216
절점(Node)	1,573,506
자유도(D.O.F)	4,540,002

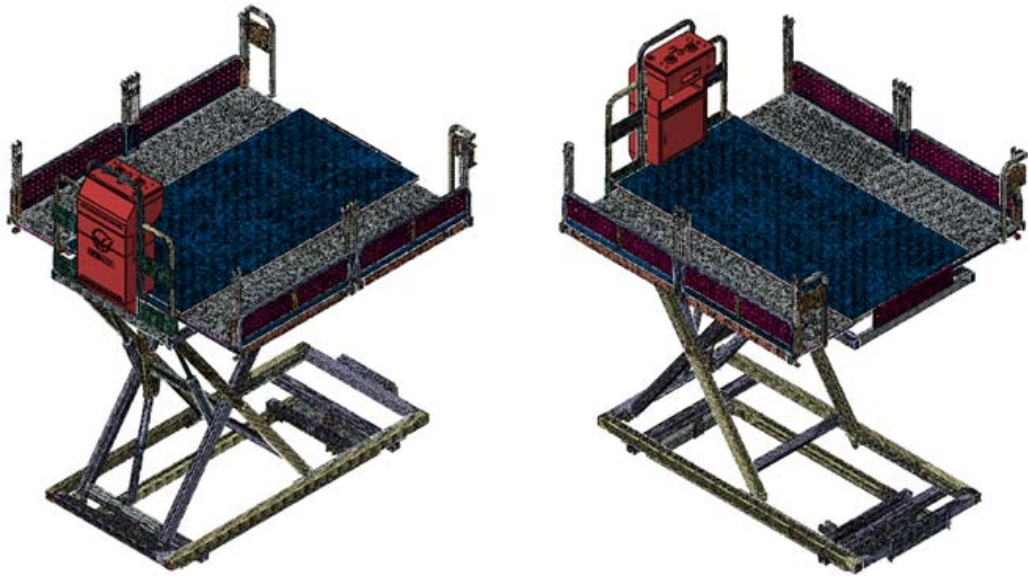


그림 106 고소작업기계의 유한요소 모델

본 모델의 해석은 범용 유한요소 S/W인 Abaqus를 활용하였으며, 이를 위해서, Hypermesh에서 작업이 완료된 유한요소 모델의 정보는 부품별로 Text file 형식으로 변환하여 Abaqus에서 순차적으로 불러들였다. 테이블형 전동 고소작업차는 주로 두께에 비해 길이와 너비가 큰 판재와 사각 빔(Beam)과 같은 부재들로 이뤄져 있어서, Solid 요소 대신 Shell 요소를 사용하여 모델링하는 것이 바람직하다. 따라서, 격자 작업은 주로 Continuum Shell 요소의 적용을 고려하여 수행하였으며, 그 외에는 Solid 요소의 6면체 요소(Hexahedral Element)와 4면체 Wedge 요소를 적용하였다. 또한, 요소의 잠김(Locking)을 피하고 해석 결과의 신뢰성 향상과 계산 시간을 단축하기 위해서, 저감적분 요소(Reduced Integration)를 사용하였다. 동 고소작업차의 유한요소 모델의 해석을 위해서 적용한 요소 Type은 아래의 표에 정리하였다.

표 20 요소 Type 정보

항 목	Element Type	개 수
Continuum Shell Element(Hexahedral Element)	SC8R	674,858
Continuum Shell Element(Wedge Element)	SC6R	16
Solid Element(Hexahedral Element)	C3D8R	65,310
Solid Element(Wedge Element)	C3D6	32
	Total	740,216

### 다. 해석 조건

고소작업기계의 구조안전성 평가를 위한 해석 조건은 운용 시의 적재환경을 기반으로 설정한다. 평가를 위한 작업차의 적재환경은 ① 작업 테이블에 위치별(전체, 상좌, 상우, 하좌, 하우)로 적재량이 250 kg인 조건, ② 작업 테이블에 위치별(전체, 상좌, 상우, 하좌, 하우)로 적재량이 600 kg인 조건으로 하였다. 적재환경 2가지 조건에 따라 총 11 Case에 대한 구조해석을 수행하였으며, 아래 표에 정리하였다.

표 21 해석 조건에 따른 해석 Case

적재량	적재 위치	해석 Case	하중 조건
-	-	Case-1	자중
250 kg	테이블 전체	Case-2	자중 + 250 kg
	테이블 상좌	Case-3	
	테이블 상우	Case-4	
	테이블 하좌	Case-5	
	테이블 하우	Case-6	
600 kg	테이블 전체	Case-7	자중 + 600 kg
	테이블 상좌	Case-8	
	테이블 상우	Case-9	
	테이블 하좌	Case-10	
	테이블 하우	Case-11	

#### (1) 경계조건 및 하중조건

고소작업기계는 하단의 구동부에 작업대와 작업대를 지지하는 구조물이 고정되므로, 다음 그림에서와 같이 하부 구동부와의 연결 영역에 대하여, 병진과 회전 자유도를 구속하는 경계 조건을 부여한다.

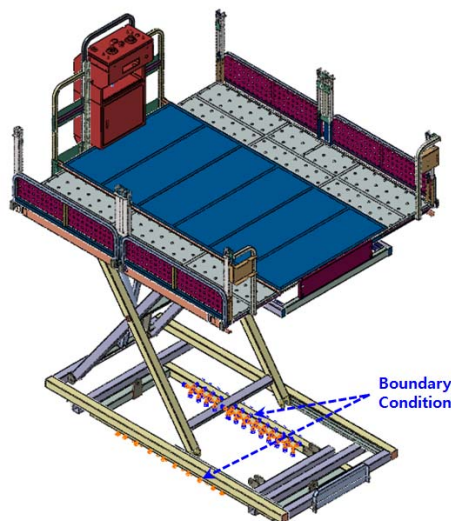
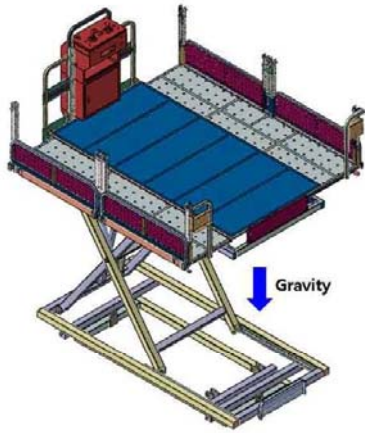
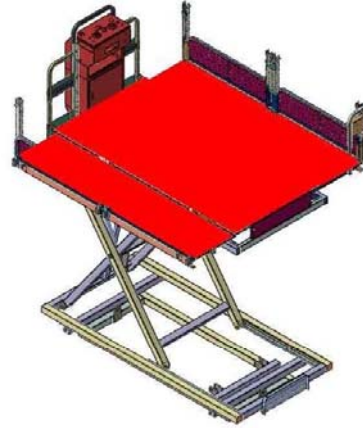


그림 107 경계조건

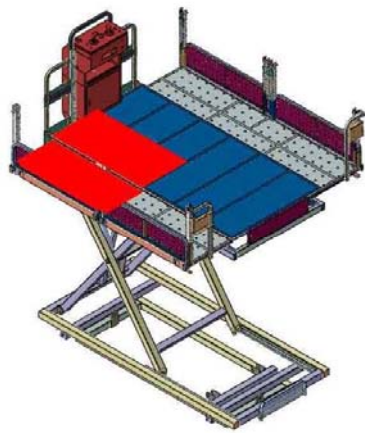
전동 고소작업차의 자체 중량을 고려하기 위해서, 중력가속도 ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )를 적용하였고, 적재량은 다음 그림에서와 같이 위치별로 250 kg과 600 kg을 각각 적용하였다.



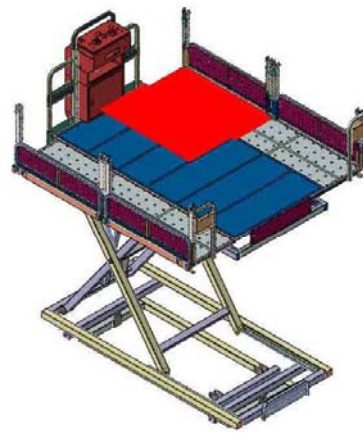
(a) Load-1 (자중)



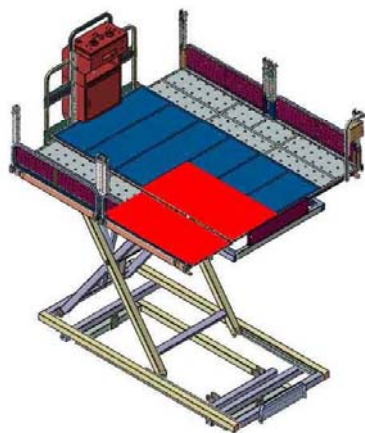
(b) Load-2 (전체)



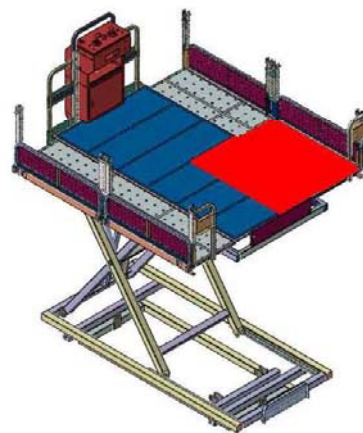
(c) Load-3 (상좌)



(d) Load-4 (상우)



(e) Load-5 (하좌)



(f) Load-6 (하우)

그림 108 하중 적용 조건



## (2) 부품간 연결 조건

고소작업기계의 판재 또는 빔과 같은 단위 부재 간의 조립은 용접을 통해 제작하게 된다. 이러한 부품간의 조립을 위해 해석에서는 부품간 접촉영역에 연결성을 부여하기 위해서 Tie 구속 조건을 적용한다.

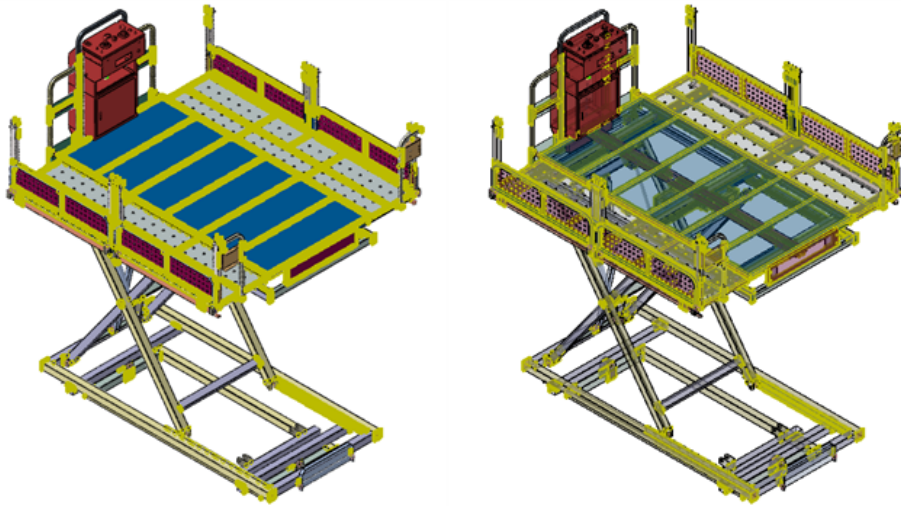


그림 109 Tie 구속조건

또한, 부품간의 링크 역할을 하는 핀의 거동은 Abaqus에서의 Coupling 조건과 Connector 요소를 활용하여 구현한다.

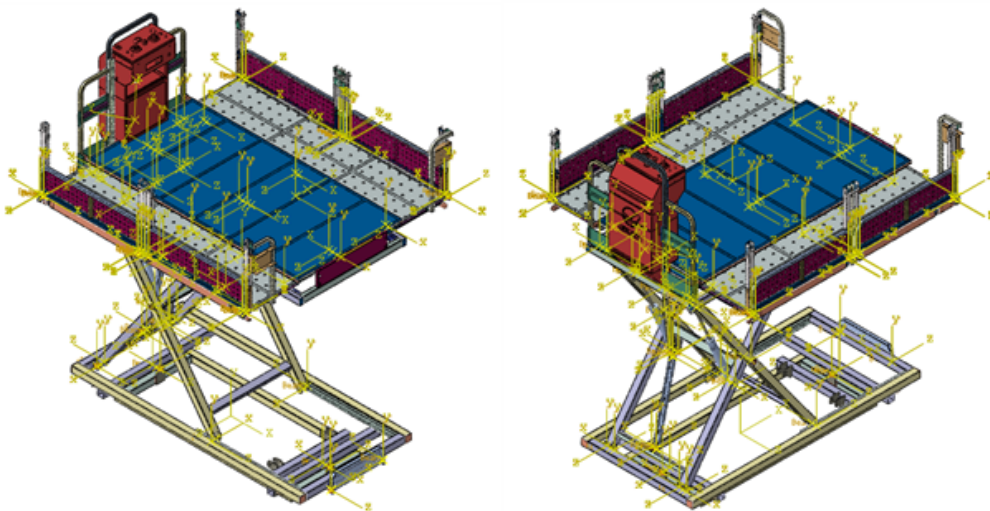


그림 110 부품간 연결 조건

## 라. 평가 기준

고소작업기계의 구조안전성 평가는 적재 하중에 의해 발생하는 응력값이 재료의 항복강도 이하를 만족하는지 여부로 판단한다. 해석의 응력값은 Von-Mises Stress 값을 토대로 검토한다. 해석에 적용한 재료의 물성치는 S45C로, 항복강도는 250 MPa 급의 기계구조용 탄소 강재이다. 또한, 탄성계수, 프아송비(Poisson's Ratio), 그리고 밀도값은 금속의 일반적인 Data를 적용하였다.

## 마. 해석 결과

### (1) 응력 분포 결과

고소작업기계의 구조안전성을 평가하기 위해서, 앞서 설정한 조건으로 Static(정적) 해석을 수행하였으며, 운용환경과 적재 위치에 따른 Case별 해석 결과를 검토하였다. 낮은 곳에 위치한 하부 구조는 높은 곳에 위치한 테이블 구조를 지지하게 되므로, 최대응력은 낮은 곳의 하부 지지 구조에서 발생하는 것을 확인할 수 있다. 특히, 높이를 조절하는 시저형 구조가 위치해 있는 콘트롤러 방향의 지지부에서 최대응력이 발생한다.

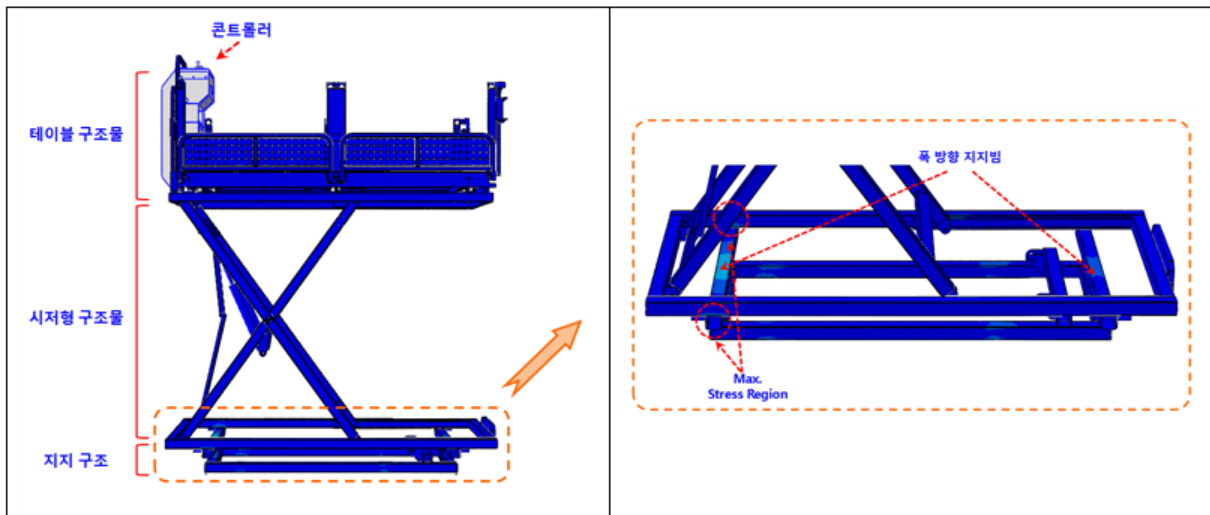


그림 111 최대응력 발생 영역

최대응력은 폭 방향 지지빔과 핀을 고정하는 부품에서 발생하며, 전체적인 응력분포 결과는 모든 해석 Case에 걸쳐 다음 그림과 같은 유사한 양상을 보인다.

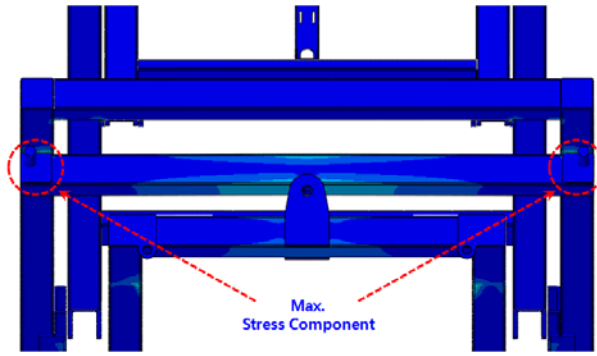


그림 112 최대응력 발생 부품

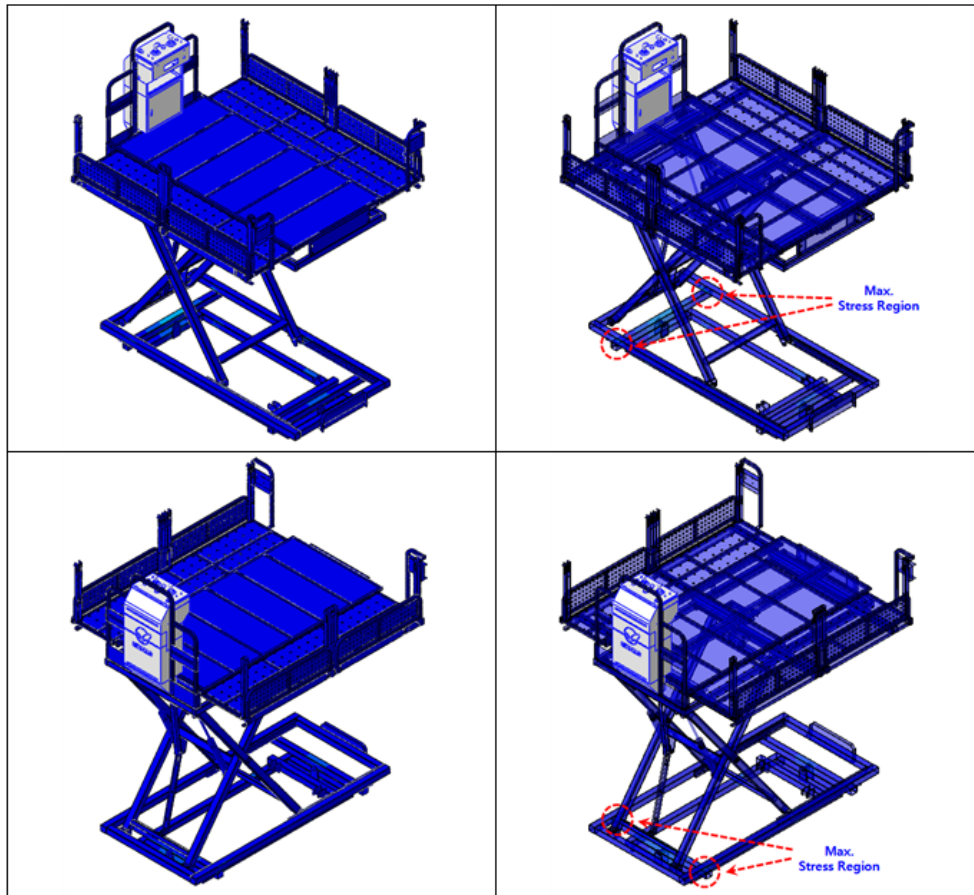


그림 113 Von-Mises Stress Contour (Case-2)

최대응력이 발생하는 부품을 제외하면, Case-11의 경우를 제외하고, 폭 방향 지지빔에서 최대응력이 발생한다. 최대응력이 발생하는 부품은 응력값이 소재의 항복강도를 초과하는 반면, 지지빔에서 발생하는 응력값은 소재의 항복강도 대비 비교적 낮은 수준을 보여준다.

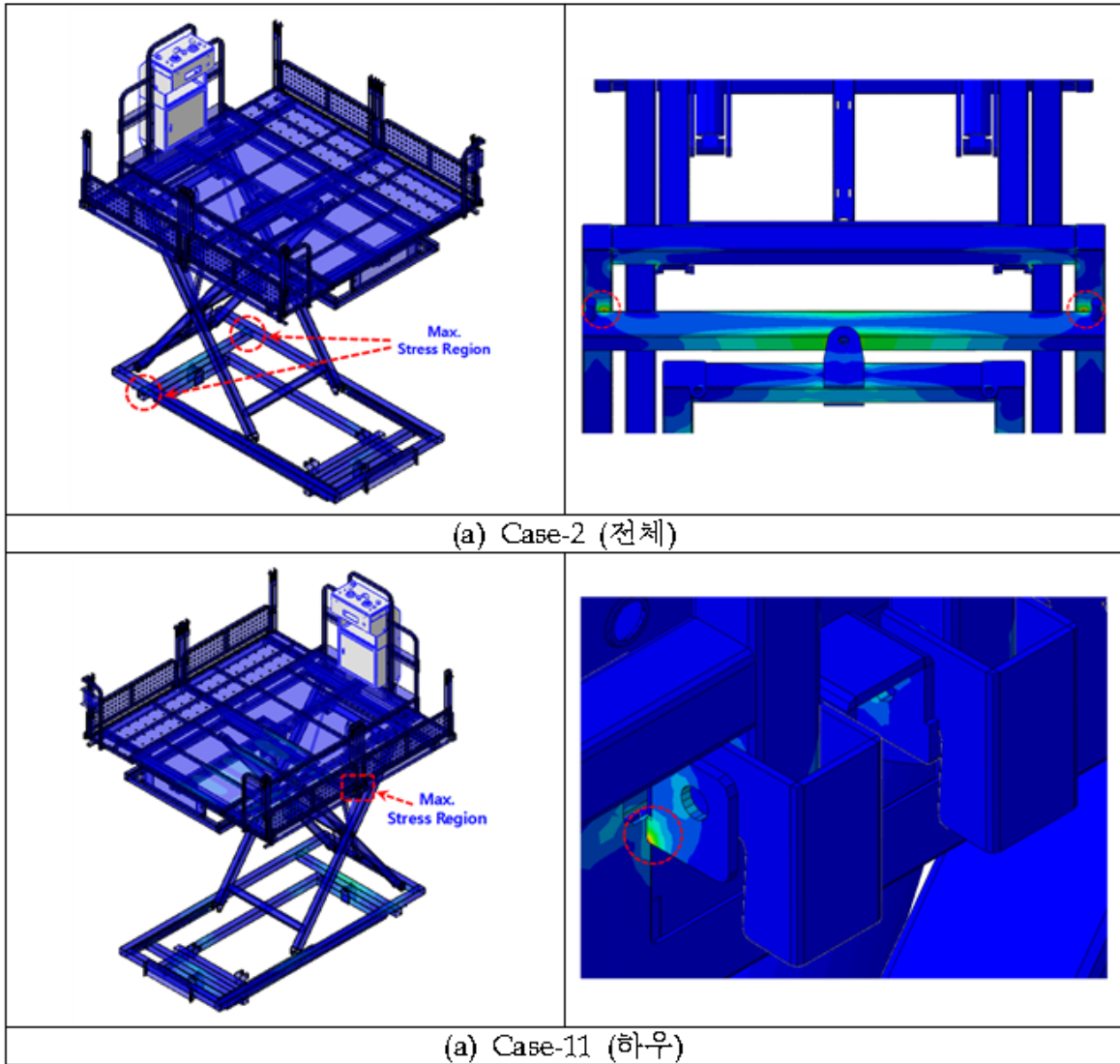


그림 114 최대응력 부품 제외 후, 최대응력 지점

## (2) 변위(처짐) 결과

자중과 위치별 하중(250 kg, 600 kg)에 따른 전동고소차의 처짐 양상은 다음 그림을 통해 확인할 수 있다. 자중에 의한 처짐과 테이블 전체에 걸쳐 하중이 가해지는 경우는 처짐에 대한 경향이 유사한 반면, 위치별로 편중된 하중을 가하는 경우에는, 하중이 가해지는 위치에서 최대 처짐이 발생하는 것을 알 수 있다.

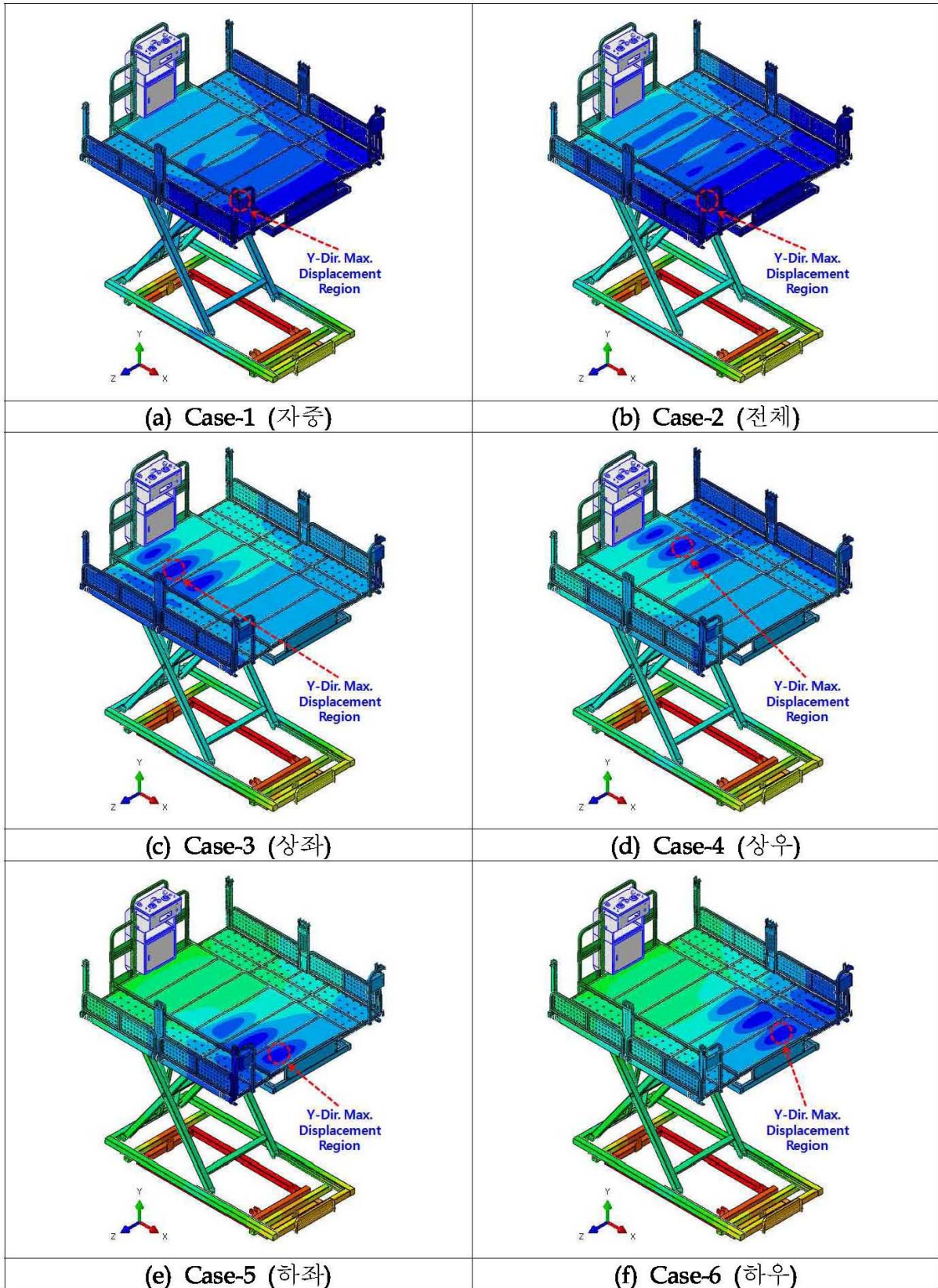


그림 115 Displacement Contour (수직 방향(Y-Dir.), 250 kg)

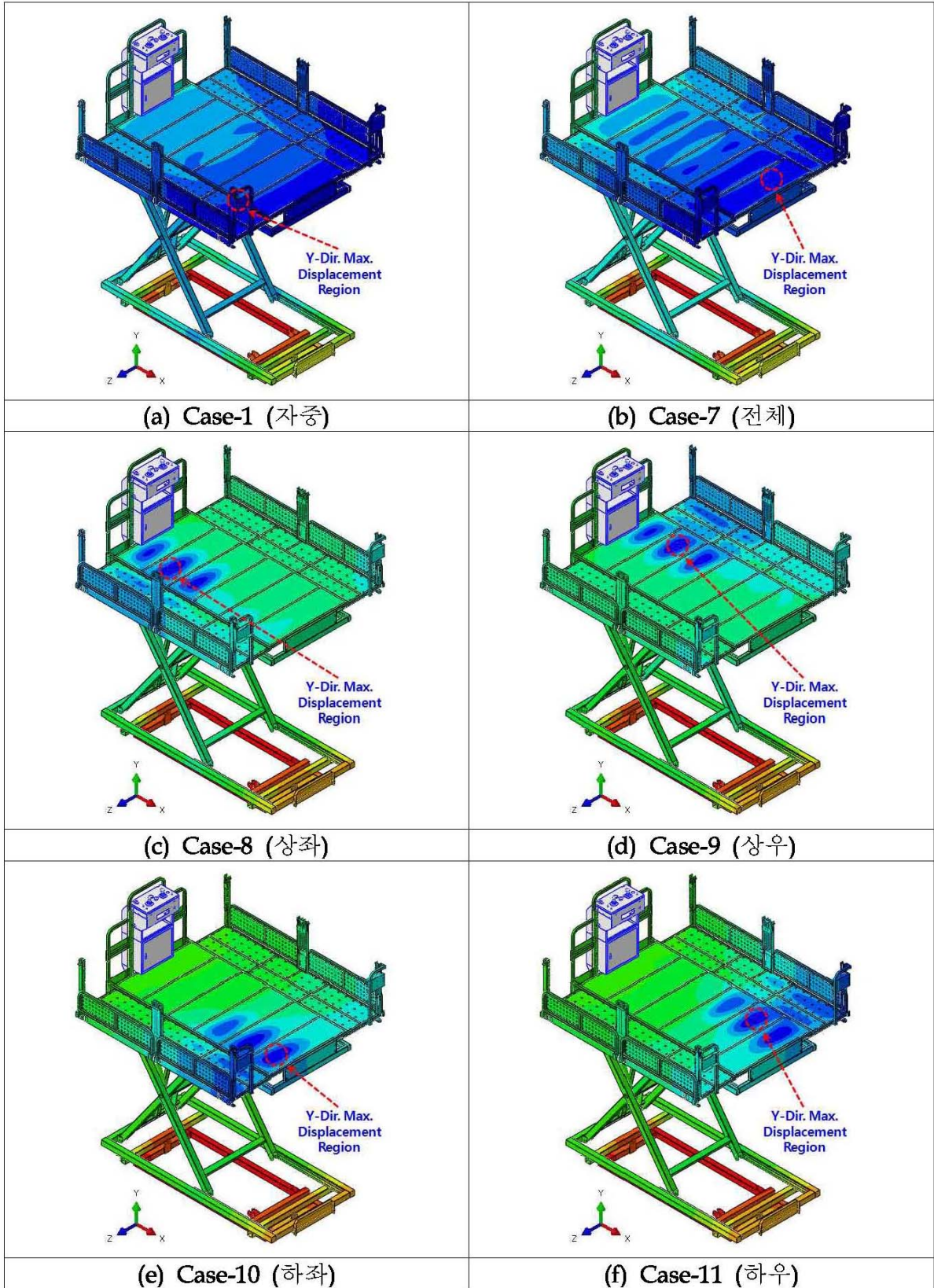


그림 116 Displacement Contour (수직 방향(Y-Dir.), 600 kg)

## 바. 결과 요약 및 결론

고소작업기계의 적재 환경에 대한 해석 결과를 아래와 같이 요약하였다. 응력 결과의 경우에는 최대응력값과 최대응력이 발생하는 부품을 제외한 후, 최대응력값에 대한 결과에 대해 정리하였다.

표 22 응력 및 변위(처짐) 해석 결과

해석 Case	적재량	적재위치	하중 조건	최대 응력 [MPa]	최대 응력 부품 제외 후 응력 [MPa]	Y-방향 최대 변위 [mm]	최대 응력 지점
Case-1	-	-	자중	239.4	113.2	2.08	폭 방향 지지빔과 핀을 고정하는 부품
Case-2	250 kg	테이블 전체	자중 + 250 kg	333.6	158.2	2.97	
Case-3		테이블 상좌		337.8	159.5	3.19	
Case-4		테이블 상우		337.4	159.6	3.19	
Case-5		테이블 하좌		335.1	157.9	3.71	
Case-6		테이블 하우		334.4	157.9	3.71	
Case-7	600 kg	테이블 전체	자중 + 600 kg	465.6	221.3	4.38	
Case-8		테이블 상좌		475.8	224.4	5.22	
Case-9		테이블 상우		475.2	226.5	5.23	
Case-10		테이블 하좌		469.2	220.7	6.10	
Case-11		테이블 하우		468.0	263.8	6.09	

상기의 결과에 의해 구조물에 걸리는 응력을 기준으로 구조안전성 측면을 살펴보면, 폭 방향 지지빔과 핀을 고정하는 부품에서 최대응력이 발생하여 소재의 항복강도를 초과하는 것으로 나타났다. 하지만, 허용 적재량 250 kg과 초과 적재량 600 kg에 대해서 최대응력이 발생하는 부품을 제외한 결과를 살펴보면(Case-11 제외), 응력 수준은 항복강도 이하임을 알 수 있다. Case-11의 경우에는 최대응력이 발생하는 부품을 제외한 후에도 상단의 안전바 중앙 지지부에서 항복강도를 초과하는 영역이 존재하지만, 최대응력이 발생하는 부품과 같이 전체 구조물의 안전성 측면에는 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

변위(처짐) 결과를 살펴보게 되면, 모든 경우에 있어서 동일하게 테이블에서 최대 처짐이 발생하는 것을 알 수 있으며, 250 kg과 600 kg 모두 처짐이 발생하는 경향은 동일한 것으로 나타났다. 다만, 테이블을 지지하는 구조가 컨트롤러 방향에 위치해 있어 상좌나 상우에 하중이 작용하는 경우보다 하좌나 하우에 하중이 작용하는 경우에 더 큰 처짐이 발생하게 된다.

## 제 5 절 최종 시제품 제작 및 상품화

### 1. 최종 시제품의 제작 및 현장시험

상기 결과에 의거하여 최종 제작된 시제품은 다음 그림과 같으며, 다양한 현장에서 연시를 통해 안정성 등을 검증하였다.



그림 117 최종 시제품의 제작



그림 118 고소작업기계 현장 시험



## 2. 시제품의 검정 및 상품화

개발된 시제품은 제품의 용도 및 사용환경에 맞게 4가지의 모델로 상품화하였으며, 다음 그림과 같이 농업기술실용화재단을 통하여 제품 검정을 실시하였다. 또한, 수직상승형 전동 고소작업기계 기술을 토대로 붐형의 고소작업기계도 2가지 모델을 상품화하였다.



그림 119 최종 시제품 검정



그림 120 검정확인서 (SB-7000N, SB-7000S)

제 FACT15-0645 조

### 농업기계 안전검정 확인서

1. 신청인  
 가. 성명 : 장진만  
 나. 사업자등록번호 : 503-42-83269  
 다. 주소 : 경상북도 칠곡군 태평읍 공단로 220  
 라. 상호 : 성부산업



2. 검정-용도의 제품  
 가. 기종명 : 노면근로작업차  
 나. 형식명 : SB-7500  
 다. 전기 및 연결 : 수직상승형 수직계도차, 최대하중 250kg(조작자 포함)

3. 검정 번호 : 15-75-233

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 안전검정 결과 관련 기준에 적합함을 확인합니다.

2015년 11월 30일

농업기술실용화재단 이사장 

제 FACT16-0707 조

### 농업기계 안전검정 확인서

1. 신청인  
 가. 성명 : 장진만  
 나. 사업자등록번호 : 503-42-83269  
 다. 주소 : 경상북도 칠곡군 태평읍 공단로 220  
 라. 상호 : 성부산업



2. 검정-용도의 제품  
 가. 기종명 : 노면근로작업차  
 나. 형식명 : SB-7500S  
 다. 전기 및 연결 : 수직상승형 수직계도차, 최대하중 300kg(조작자 포함)

3. 검정 번호 : 16-75-237

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 안전검정 결과 관련 기준에 적합함을 확인합니다.

2016년 11월 18일

농업기술실용화재단 이사장 

그림 121 검정확인서 (SB-7500, SB-7500S)

## SB-7500 확장작업대 4조 분할 전동 테이블형



 <p><b>스마트한 제어 시스템</b> 레버2개로 모든 동작이 가능하며 여성, 고령자도 쉽게 조작할 수 있습니다.</p>	 <p><b>LED 라이트</b> -초절전 LED 라이트 적용 -자체 방수기능</p>	 <p><b>더블실린더 방식</b> 더블실린더가 지지대 역할을 하여 작업대의 흔들림을 줄여 줍니다. 하중이 분산되어 프레임 변형이 없습니다.</p>
 <p><b>최강프레임</b> 동종기종에 비해 2배 가까운 리프트 프레임 적용하여 작업대 흔들림을 줄였습니다.</p>	 <p><b>오디오 시스템</b> -라디오, 시거잭 -다용도 수납함</p>	 <p><b>AC 모터 장착</b> -등반 정지시 뒤로 밀리지 않음 -조향시 미세조정이 가능 -반영구적 수명</p>
 <p><b>저중심 설계</b> 저중심 설계로 좌우 수평 기능시 뛰어난 안전성을 보장합니다.</p>	 <p><b>작업자의 안전성</b> 슬라이드 확장 복귀시 전기 제어방식을 적용하여 50kg 이상시 멈추게 되므로 작업자의 안전성이 확보됨</p>	 <p><b>편의시설</b> -미끄럼 방지 바닥패드 -엘스머신용 배김 방지 쿠션 -녹방지 방수용 EVA 마개 -미물질 방지용 발판브러쉬</p>

SUNGBOO ELECTRIC HIGH CLEARANCE WORKING VEHICLE

www.sungbooo.com

그림 122 제품 홍보 브로슈어 제작(발취)

### 3. 정책자문 회의 및 제품의 홍보

#### 가. 정책 자문회의

##### (1) 1차년도

- 일시 및 장소 : 2015년 6월 19일, 농림축산식품부 접견실(정부세종청사)
- 참여자 : 농림축산식품부 농기자재정책팀 이범섭 전문관, 과학기술정책과 최승묵 사무관  
가톨릭관동대학교 이상식 교수, 성부산업 장영운 과제책임자
- 주요 토의내용
  - 과제 및 회사 소개
  - 발작물 관련 예산 증대 상황에서 과수원용 작업기계 지원 협의
  - 농기계 관련 부품소재 개발 독려



그림 123 정책 자문회의 1

## (2) 2차년도

- 일시 및 장소 : 2016년 4월 26일, 농림축산식품부 접견실(정부세종청사)
- 참여자 : 농림축산식품부 김영민 사무관, 한국농기계공업협동조합 김경수 부장  
가톨릭관동대학교 이상식 교수, 성부산업 장영운 과제책임자
- 주요 토의내용
  - 과제 및 회사 소개
  - 축산 및 기타 과수에도 개발품 접목 등 논의



그림 124 정책자문회의 2

### (3) 3차년도

- 일시 및 장소 : 2016년 11월 4일, 천안 2016 KIEMSTA
- 참여자 : 한국농기계공업협동조합 김경수 부장, 남규철 차장  
가톨릭관동대학교 이상식 교수, 성부산업 장영운 과제책임자
- 주요 토의내용
  - 제품 소개 및 홍보 방안 논의, 해외 마케팅 방안 협의



그림 125 정책 자문회의 3 (2016 KIEMSTA)

#### 나. 제품 홍보

- 2016년 11월 2일~5일, 천안 2016 KIEMSTA 전시
- 2017년 4월 4일~7일, 2017 상주국제농업기계 박람회 전시  
(농업기계 기술혁신상 대상 수상, 농업용 고소작업차)
- 2016년 10월 21일, 2017년 4월 13일 한국농어민 신문, 2017년 4월 14일 농촌여성신문,  
2017년 4월 17일 농민신문 등 언론에 고소작업차의 우수성 기사 게재



그림 126 2017 상주국제농업기계 박람회 참가

#### 4. 기술 실시계약 및 사업화 실적

##### 가. 기술 실시계약 체결

- 기술료 감면 승인 및 기술료 납부 후 실시계약 체결  
(전담기관 공문 : 첨단가축질병팀-883, 2017.07.25.)

##### 나. 사업화 매출 실적

본 사업 결과물을 토대로 제품화한 4개 모델에 대해 2016년 8월부터 2017년 6월까지 판매한 실적을 집계하였다.

- SB-7000N(2분할 작업대, 250kg) : 734백만원
- SB-7000S(2분할 작업대, 200kg) : 42백만원
- SB-7500(4분할 작업대, 250kg) : 3,063백만원
- SB-7500S(4분할 작업대, 200kg) : 582백만원

표 23 사업화 성과 (예상 목표)

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	44억원
			향후 3년간 매출	200억원
		관련제품	개발후 현재까지	50억원
			향후 3년간 매출	300억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 50%
			향후 3년간 매출	국내 : 70%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 50%
			향후 3년간 매출	국내 : 70%

## 5. 대표 연구실적

### 가. 학술발표 및 논문

- 과수원용 스마트 고소작업기계의 수평제어장치 개발  
박원엽(한경대), 장영운(성부산업), 홍성하(성균관대), 이상식(가톨릭관동대)  
한국정보전자통신기술학회 춘계종합학술발표회 논문집 8(1) p.p. 303~304
- 과수원용 스마트 고소작업기계의 프레임 플레이트 유한요소해석에 관한 연구  
박원엽(한경대), 장영운(성부산업), 홍성하(성균관대), 이상식(가톨릭관동대)  
한국정보전자통신기술학회 춘계종합학술발표회 논문집 8(1) p.p. 305~307
- 학회 우수논문상 수상**
- 스마트 고소작업기계의 주행시스템 개발  
박원엽, 남규철(한경대), 장영운(성부산업), 이상식(가톨릭관동대)  
한국정보전자통신기술학회 추계종합학술발표회 논문집 8(2) p.p.202~203
- 토양특성을 고려한 과수원용 고소작업기계의 견인성능  
박원엽(한경대), 장영운, 장세운(성부산업), 남규철(한경대), 이상식(가톨릭관동대)  
한국농업기계학회 2015 추계학술대회 논문집 20(2) p.p.241~242
- 고소작업기계의 유압장치 개발  
이상식(가톨릭관동대), 장영운(성부산업), 남규철, 박원엽(한경대)  
한국정보전자통신기술학회 춘계종합학술발표회 논문집 9(1) p.p.150~151
- 고소작업기계의 제어드라이브 개발  
이상식(가톨릭관동대), 장영운(성부산업), 남규철, 박원엽(한경대)  
한국정보전자통신기술학회 춘계종합학술발표회 논문집 9(1) p.p.152~153
- 견인 및 등판 성능을 통한 고소작업기계의 모터 주행장치 설계  
이상식(가톨릭관동대), 장세운(성부산업), 남규철, 박원엽(한경대)  
한국정보전자통신기술학회 논문지 9(3) p.p. 257~265
- 고소작업차의 원격 제어를 포함한 중앙집중식 컨트롤러 및 유압식 상승리프트 개발  
이상식, 김준태(가톨릭관동대), 박원엽(한경대)  
한국정보전자통신기술학회 논문지 10(3) p.p. 232~241
- 수직상승형 고소작업차의 개발을 위한 구조해석  
이상식, 김준태(가톨릭관동대), 박원엽(한경대)  
한국정보전자통신기술학회 논문지 10(3) p.p. 225~231
- 중앙집중식 컨트롤러 고소작업차의 고소리프트의 구조안정성 평가

김준태, 이기영, 이상식(가톨릭관동대), 박원엽(한경대)

한국정보전자통신기술학회 논문지 10(4) p.p. 350-357

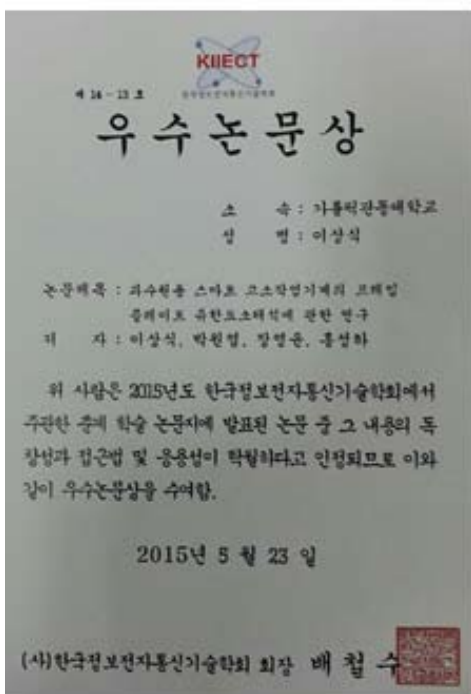


그림 127 학술대회 발표 및 논문 게재 (발취)



나. 특허출원

- 명칭 : 농업용 고소작업대  
출원번호 : 10-2015-0093299 (2015.06.30.)  
등록번호 : 10-1667157 (2016.10.11.)
- 명칭 : 기울기 자동 조절기능을 갖는 농업용 고소작업차  
출원번호 : 10-2016-0002120 (2016.01.07.)
- 명칭 : 틸팅 가능한 작업대를 갖는 고소작업차  
출원번호 : 10-2016-0145406 (2016.11.02.)
- 명칭 : 농업용 고소작업차량의 설치 구조  
출원번호 : 10-2016-0169524 (2016.12.13.)  
등록번호 : 10-1741374 (2017.05.23.)



그림 128 특허출원서 및 등록증(발취)

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
------	------

### 제 1 절 목표 달성도

스마트 고소작업기계 개발에 대해 다음과 같은 목표를 토대로 최종 시제품을 설계 및 제작 하였으며, 안전검정 및 자체 성능시험을 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 24 평가의 착안점 및 결과

항목	세부평가항목	가중치 (%)	개발목표치	개발결과
구조 및 성능	최대적재량	70	500kg 이상	600kg 이상에도 문제가 없었으나 농용 고소작업차 검정 기준(250kg)에 맞추어 상품화
	구동방식		독립구동	듀얼모터 독립구동
	수평유지장치		전후좌우 10° 내외	10° 자동 수평조절
	최대작업높이(승강 높이)		4m 내외	4.5m 이상 작업 가능
	상하차 기능		수확물 상하차	상하차 기능 탑재(옵션)
	동력취출장치		PTO 및 보조유압	보조유압(옵션)
	에어 컴프레셔		공압 이용	컴프레셔(옵션)
	최대 전도각		20°이상	좌우 최대 42.3°에서 전도되지 않음. (안전검정)
	모터 연속 구동시간		3hr 이상	3.3hr 구동
	배터리 지속 여부		1일 작업 8시간 기준 2일	2일 이상 사용
조작 및 안정성	전도시험	10	적정	적정(안전검정)
	조작난이도		적정	적정(안전검정)
	안전장치 및 표시의 이행		적정	적정(안전검정)
	내구성 및 신뢰성 평가		연속구동시험 후 이상유무	이상없음(안전검정)
사업화 여부	시스템의 경제성	20	-매연 없음, 소음 60dB 이하	-평균 54dB -경제성 분석 결과 첨부
	에너지 절감 및 친환경성		-기존 고소작업기계 연간이용비용 70,581,250원/10a 대비 약 20% 절감	

## 검정 성적

1. 기종명 : 농업용고소작업차
2. 검정번호 : 15-MS-233
3. 형식명 : SB-7500
4. 형식 : 수직상승형 무한궤도식
5. 규격 : 적재하중 250kg(운전자 포함)
6. 시험 성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

· 길이	2 770 mm
· 폭	1 460 mm
· 높이	1 900 mm
· 중량	1 521 kg

#### 6.1.2 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속기 형식	전류량조절식
· 주행단수	(전후진) 무단(속도조절 다이얼 별도)
· 최고주행속도	(전후진) 2.9 km/h

#### 6.1.3 조향장치

· 조향형식	좌우 궤도 전류량 조절식
· 조향방식	레버

#### 6.1.4 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의규격(폭×피치, 피치수)	180 mm×70 mm, 52 개
· 무한궤도 중심간 거리	1 140 mm

#### 6.1.5 제동장치

· 정차제동장치	
형식	전자클러치식(워업기어 겸용)
작동방식	레버식(주행레버 중립)

그림 129 검정 성적서 1

· 주차제동장치	
형식	정차브레이크 겸용
작동방식	레버식(주행레버 중립)
6.1.6 작업대	
· 크기(가로×세로)	(접을시)1 240 mm×2 440 mm (펼치)2 310 mm×2 440 mm
· 적재하중 적재시 작업대 승강속도	(상승)0.09 m/s, (하강)0.09 m/s
· 작업대 바닥판의 상승높이	(최저)880 mm, (최고)2 690 mm
6.1.7 유압장치	
· 유압펌프 형식	기어식
· 최고유압	15.0 MPa
· 작업대 상승장치	
작동방식	유압식
수직상승 작동거리	1 790 mm
유압실린더(내경×행정)	Ø60 mm×450 mm
6.1.8 아우트리거	
· 작동방식	없는 구조임
6.1.9 전동기	
· 형식명	AC-T160
· 규격	정격출력 1.6 kW
· 상용전압	48 V
6.1.10 축전지	
· 형식명	8240
· 규격(V, Ah)	48 V(8 V×6 개)
6.2 안전성시험	
6.2.1 가동부 등의 방호	
· 커버	동력축
· 케이스	기어
6.2.2 안전장치	
· 시동 안전장치	해당없음
· 승강고정장치	유압고정 및 핀고정식
· 원동기정지장치	정지 버튼

그림 130 검정성적서 2

· 경음기	부착
· 적재하중 초과방지장치	릴리프밸브
· 작업대 평형유지장치	유압식(전·좌·우 방향으로 경사조절 가능)
· 엔진 정지 시 작업대 하강장치	자중으로 하강하는 구조임
6.2.3 제동장치	
· 정차제동장치	정지거리 0.3 m
· 주차제동장치	전·후 방향으로 밀림이 없음
6.2.4 운전석 및 작업장소	
· 승강용 손잡이	
손잡이 위치	기체 후방
손잡이 형상	환봉 및 사각봉
· 승강용 발판	
발판 높이	500 mm
· 작업대 가드레일 높이	(최상단)1 015 mm, (중간)565 mm
· 운전자 출입문 고정장치	자동라크
· 작업대 미끄럼 방지턱	철판부착
6.2.5 운전·조작장치	
· 작업대에서 조작이 가능한 조작장치	변속장치, 전원차단장치, 조향장치, 승강장치, 작업대 경사조절장치
· 전 후진 주행방향 표시	한글
6.2.6 축전지의 방호	
· 설치위치	작업대 아래
· 고정방식	커버 및 클램프
6.2.7 안정성	
· 시험1 시험조건	
적재하중	250 kg
작업대	지상고 2.67 m(최고위치)
· 시험결과	5° 경사에서 전후좌우 방향으로 전도되지 않음
· 시험2 시험조건	
적재하중	250 kg
작업대	지상고 1.4 m(주행가능위치)

그림 131 검정성적서 3

- 시험결과 15° 경사에서 전후좌우 방향으로 전도되지 않음
- 시험3 시험조건
  - 적재하중 부가하지 않음
  - 작업대 지상고 0.88 m(최저위치)
- 시험결과 30° 경사에서 좌우 방향으로 전도되지 않음[전도각: (좌)42.3°, (우)42.3°]

6.2.8 안전표시

- 주의
  - 작업범위 및 적재하중 초과금지, 작업가능 경사각도, 사용설명서 숙지
- 경고
  - 상승하여 점검시 낙하방지 대책, 적재물은 중앙에 실을 것, 공동 작업시 경고사항, 작업시 경고사항
- 위험
  - 강풍, 연약지 및 고압전선 부근에서 작업금지, 작업대에서 보조대 또는 사다리 사용금지, 작업시 위험사항

6.2.9 취급성

- 취급내용
  - 기계 사용전, 사용중, 사용후의 안전관련 사항이 사용설명서에 기재되어 있음

7. 검정제품 개요

- 가. 본 기대는 수직상승형 무한궤도식 농업용고소작업차로 적재하중은 250 kg(운전자 포함)이고 동력원은 축전지임
- 나. 변속기 형식은 전류량조절식이고 주행단수는 전·후진 무단(속도조절 다이얼 별도)이며 최고주행속도는 전·후진 2.9 km/h임
- 다. 작업대 바닥의 최저높이는 88 cm, 최고높이는 267 cm이고, 작업대는 좌우방향으로 확장 가능하며 전·좌·우 방향으로 경사조절되는 구조임

8. 검정결과

본 검정성적은 농업기계 검정 및 안전관리 세부실시요령 제4조의 규정에 따라 실시한 성적으로 안전검정 관련기준에 적합하였음

책임연구원  
이익봉

이익봉

선임연구원  
박정근

박정근

연구원  
유재철

유재철

그림 132 검정성적서 4

## 제 2 절 관련 분야 기여도

최근 농기계의 전동화는 급속도로 성장하였으며 고소작업기계도 엔진형보다 전동형의 점유율이 더 많이 늘어났으며, 고소작업기계를 생산하는 업체도 지속적으로 늘어나고 시장 또한 지속적으로 성장하고 있다.

당사는 농용 고소작업기계에서 전동화를 최초로 시도하여 완성하였고 상품화하였으며 농림수산식품부의 “신기술 농업기계”로 지정되어 전동관련 제어에 대한 기술력을 인정받았으며, 엔진형의 단점 보완으로 농민에게 인정받으면서 단기간에 많은 판매실적을 이루어 내었다. 더불어 본 연구개발을 통해 작업편의성과 안정성을 갖춘 다목적 스마트 작업기계로 업그레이드 하면서 과일 형태에 따라 다양한 라인업을 보유하게 되었으며, 매출 실적도 지속적으로 성장하고 있다.

이러한 노력은 고소작업기계 시장의 성장을 가져 왔고 업체들이 늘어나면서 기술력이 계속 성장하였으며, 당사에서도 전동 농용 포크리프트, 스마트 운반차 등 관련 제품의 개발 촉진으로 농기계의 전동화에 많은 기여를 하였다.

농업용 시장에 전동화 추세는 앞으로도 지속적으로 성장세에 있으며 농민들도 쾌적한 작업 환경을 위해 전동형 농업기계에 관심이 더 많아지고 있는 실정이다.



그림 133 당사가 개발중인 전동형 농용 포크리프트

한편, 최근 환경규제는 합의 도출이 어려운 다자간 환경협약에서 개별 국가의 환경규제의 강화와 같은 기술장벽화로 진화하고 있다. 각종 환경규제 조치는 환경산업 발전의 촉매제 역할을 하는 동시에 해당 국가 진출에 보이지 않는 보호 무역장벽으로 작용한다. 최근 환경규제를

강화하고 있는 주요 대상지역(유럽, 중국, 미국, 일본)의 국내 수출규모는 전체 60.9%를 차지하고 있기 때문에 국가경제에서 수출이 차지하는 비중이 큰 우리나라의 경제구조를 고려할 때 각국에서 추진하는 환경규제에 적절하게 대응할 필요가 있는 상태이며 사후처리 규제에서 제품 설계, 공정, 생산, 제품 사용, 폐기, 회수 등 모든 단계에서 발생하는 오염물질, 유해물질을 통합적으로 규제하는 것으로 확대, 강화되고 있다.

또한 환경과 관련된 책임주체가 정부에서 제품의 제조 및 수입자인 민간 기업으로 전환되고 있기 때문에 환경규제를 자국 산업의 경쟁력 유지에 활용하기 위해 또한 환경규제 도입에 앞서 관련 환경기술과 산업의 경쟁력을 제고하려 노력하고 있는 실정이다.

따라서 환경이 전 세계적으로 비즈니스에 영향을 미치는 주요 결정요인으로 등장함에 따라 강화되는 국제환경규제 대응이 시급한 상태이며 중장기적으로 효력을 발휘할 수 있는 대응체계 구축을 위해 해외 환경규제 정보를 지속적으로 모니터링하는 정보채널의 역할 강화와 글로벌 환경규제 설정 회의 및 네트워크 적극 참여를 위한 방안이 필요하다.

특히 자동차 연비규제로 인해 이산화탄소 배출량이 많은 차종의 수출가격이 상승하고 수요는 감소하고 있는 가운데, 농업기계에서도 향후 수출 확대를 위해서는 친환경 동력원의 이용이 절실히 필요하여 해당 기술 발전의 기여도는 매우 크다고 판단된다.



## 제 5 장 참고문헌

1. 장익주, 2011, 작업대 수평유지식 과수원 고소작업차 개발, 바이오시스템공학 36(3), p.p.171~179
2. 한창우 외, 2013, 다물체 동역학 및 유한요소 해석을 통한 과수원용 작업차량 안정성 평가에 관한 연구, 한국산학기술학회논문지 14(9) p.p. 4142~4148
3. 김상훈, 2014, DC, AC, BLDC 모터제어, 북두출판사
4. 정태욱, 2014, 전동기와 활용기술, 경남대학교 출판부
5. 농촌진흥청, 2011, 농업과학기술개발 경제성분석 기준자료집
6. 박준걸, 2008, 바이오시스템기계공학
7. 농림수산식품부, 2009, 농업용 면세유류 공급요령
8. 한국농기계공업협동조합, 2014, 농업기계가격집
9. 농림축산식품부, 국내 농업기계 보유현황, 2016,
10. 방승욱 외, 2011, 다관절 고소작업 차량의 구조해석, 한국산학기술학회논문지 12(2), p.p.617~622
11. Wong, J. Y., 2001, Theory of Ground Vehicles. New York, John Wiley & Sons.
12. Coering, C. E., Stone, M. L., Smith, D. W. and Turnquist, P. K. 2003, Off-road vehicle engineering principles. ASAE Publication 801M0103
13. Park, W. Y and S. S. Lee., 2012, Development of a Tractive Performance Prediction Program of Tractors. J. of Biosystems Engineering 37(3), p.p.131-139
14. Lee, K. S., D. H. Lee, Y. J. Cho, S. O. Chung, W. Y. Park, K. M. Noh and Y. C. Chang. , 2010, Development of a Digital Cone Index Measuring Device. J. of Biosystems Engineering 35(6), p.p. 387-392
15. Kim, Eui-Soo., 2010, "Forensic engineering study on assessment of damage to aerial lifter parts." Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A 34.11, p.p. 1727-1732.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농림축산연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농림축산연구개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.