

발간등록번호

11-1543000-002129-01

다목적 전동구동식 농용 포크리프트 개발 최종보고서

2018. 03. 12

주관연구기관 / 성부산업

협동연구기관 / 가톨릭관동대학교산학협력단

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “다목적 전동구동식 농용 포크리프트 개발”(개발기간 : 2016. 09. ~ 2017. 12.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 03. 12.

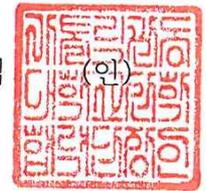
주관연구기관명 : 성부산업

(대표자) 장 진 만



협동연구기관명 : 가톨릭관동대학교산학협력단

(대표자) 이 규 석



주관연구책임자 : 장 영 윤

협동연구책임자 : 이 상 식

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	116066-02	해당 단계 연구 기간	2016.09.05.~ 2017.12.31	단 계 구 분	2 / 2
연구 사업 명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농림축산식품 연구개발사업			
연구 과 제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	다목적 전동구동식 농용 포크리프트 개발			
연구 책임자	장 영 윤	해당단계 참 여 연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: 0명	해당단계 연구 개발비	정부: 300,000천원 민간: 100,000천원 계: 400,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 19명 내부: 19명 외부: 0명	총 연구개발비	정부: 400,000천원 민간: 134,000천원 계: 534,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	성부산업 (기업부설연구소)			참여기업명 성부산업	
협 동 연 구	연구기관명: 가톨릭관동대학교산학협력단			연구책임자: 이 상 식	
<ul style="list-style-type: none"> ○기초자료 조사 및 토양특성에 따른 견인성능 예측 ○모터의 용량 선정 및 기초 설계 ○전동형 포크리프트 시제품 설계 및 제작 완료 ○시제품 설계 안정성 확보를 위한 구조 해석 ○시제품 현장적용 시험을 통해 안정성 확인, 검정 시행 ○현장 여건 등에 맞게 상품화 개발 완료 ○전담기관 기술실시계약 체결 ○상품화하여 약 119백만원 매출 실적 ○관련 지식재산권 출원 4건, 등록 2건 ○학술발표 3건 ○전시 및 홍보 1건 ○고용창출 2명, 인력양성 1명(전문학사) 				보고서 면수 90	

요 약 문

		코드번호	D-01		
연구의 목적 및 내용	<p>○본 과제의 최종 목표는 친환경 농작업 기계 보급을 위한 전동화 기술을 기반으로 과수원, 논, 밭, 축사, 창고 등에서 적재 및 운반작업이 가능한 무한궤도형의 콤팩트형 포크리프트 제품을 개발하여 상용화하는 것이다. 주요 개발내용은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> -기초조사 및 요인 분석에 따른 기초요인 설계 -세분화된 선행특허조사를 통한 특허회피 전략 수립 -AC 모터를 활용한 독립 구동 방식의 주행장치 개발 -무게중심에 따른 자동 포크 및 프레임 가변 장치 개발 -포크, 마스터 레일부, 기구, 작업대 설계 및 제작 -유압회로 및 원격제어를 위한 근거리 통신 적용 컨트롤러 개발 -현장 실증시험을 통한 성능 평가 및 경제성 분석에 따른 사업화 추진 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○기초자료 조사 및 토양특성에 따른 견인성능 예측 ○모터의 용량 선정 및 기초 설계 ○전동형 포크리프트 시제품 설계 및 제작 완료 ○시제품 설계 안정성 확보를 위한 구조 해석 ○시제품 현장적용 시험을 통해 안정성 확인, 검정 시행 ○현장 여건 등에 맞게 상품화 개발 완료 ○전담기관 기술실시계약 체결 ○1개의 모델로 상품화하여 약 119백만원 매출 실적 ○관련 지식재산권 출원 4건, 등록 2건 ○학술발표 3건 ○전시 및 홍보 1건 ○고용창출 2명, 인력양성 1명(전문학사) 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○상품 최적화 및 업그레이드로 관련 제품의 매출 증대 ○사용시간 확보 및 가격 경쟁력 확보 방안 추진 ○해당 기술 관련 지식재산권 포트폴리오 구축 ○신규 총판 및 대리점 확대와 기관과 연계한 해외 마케팅 구축 추진 ○타 농업기계의 전동화 추진 (스마트 운반차, 산업용 고소작업차, 비료 살포기 등) 				
중심어 (5개 이내)	포크리프트	다목적	전동구동형	친환경	가변포크

SUMMARY

		코드번호	D-02			
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○The final goal of this research is to develop the multipurpose electric forklift for developing high efficiency eco-friendly technology. The detailed purpose as follows. -Use for management of fruit tree loading and transportation -Independently driven steering system -The reversible system of fork and frame 					
Results	<ul style="list-style-type: none"> ○Basic data analysis and prediction of tractive performance by soil status ○Basic design and select motor capacity ○Design and manufacture of prototype ○Structural Analysis for securing stability ○Confirm stability of system by field test and verification ○Commercialize of developed prototype ○119 million won sales ○4 patents application and 2 patents registration ○3 conference presentations ○Exhibition participation ○Training manpower, 2 employment 					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○Growth of sales ○Price competition intensification ○Building intellectual property portfolio ○Extension of agency and building global marketing ○Development of electrically-powered agricultural machinery 					
Keywords	forklift	multipurpose	electromotive	eco-friendly	vriable fork	

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	11
Section 2 Status of market & goods	14
Chapter 3 Methods and results	
Section 1 Basic data analysis	17
Section 2 Development of prototype	44
Section 3 Structural Analysis	66
Section 4 Manufacture final prototype & commercialization	75
Chapter 4 Achievements of goal and contribution	
Section 1 Objectives and goal	83
Section 2 Contributions of related fields	88
Chapter 5 References	90

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 현황	11
제 2 절 제품 및 시장 현황	14
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	
제 1 절 포크리프트 개발을 위한 기초 자료 분석	17
제 2 절 시작기 설계 및 제작.....	44
제 3 절 구조해석 및 안정성 평가	66
제 4 절 최종 시제품 제작 및 상품화	75
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	
제 1 절 목표 달성도	83
제 2 절 관련분야 기여도	88
제 5 장 참고문헌	90

제 1 장 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

제 1 절 연구개발의 필요성

현재 농업은 농업인구의 감소 및 고령화, 농업경영비 상승 등으로 농업여건 개선이 시급한 실정이며 이는 과수원뿐 아니라 수도작 등 모든 농작업에서 대표적인 문제로 대두되고 있다. 이러한 사항은 최근 생체역학 분야에서도 연구가 지속되어 근골격계 예방 및 작업의 간소화를 위한 기계화가 급격하게 이루어지고 있다. 다음 그림에서와 같이 대부분의 농작업은 허리를 구부린 자세와 중량물을 들어 올리는 자세가 주를 이룬다.

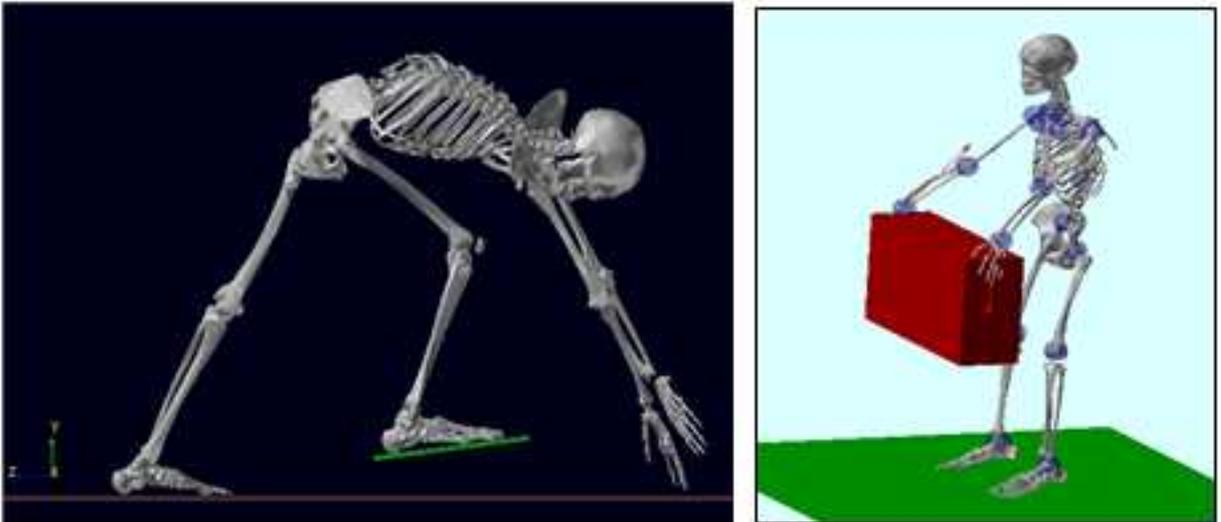


그림 1 농작업에서 주요 자세

동력 및 전동운반차, 전동형 고소작업차 등 이러한 애로사항을 해결하기 위해 많은 기계화가 이루어졌지만 상하차 작업 등에서 여전히 문제점을 노출하고 있는 것이 사실이다. 아래 그림에서와 같이 운반차 등을 이용하더라도 적재를 위해 인력 소요는 불가피한 실정이어서 적재 작업이 주목적인 포크리프트의 보급이 필요하며, 백호, 붐 등의 부가 장치를 이용한 간단한 작업이 가능하다면 농업 생산비를 절감할 수 있다.



그림 2 적재작업이 필요한 여러 가지 농작업

현재 농업용 지게차는 농업기계 가격집 기준 4개 업체에서 7개 모델이 게시되어 있으며 소비자가 기준 25,000천원~30,000천원의 가격으로 판매되고 있다. 그러나 해당 모델은 건설기계 인증을 받은 엔진형 제품에 한하여 농업용으로 신고되어 가격집에 등재되어 있는 것으로 디젤 엔진을 탑재한 차륜형 지게차에 해당된다. 여기서 해당 모델은 창고, 축사 등 평지에서만 이용이 가능하며 연속 사용시간은 최대 2시간 정도로 사용하며, 실제 많은 농작업이 이루어지는 필드에서는 이용이 제한되어 있고 가격적으로도 부담이 커 농가에 적용하기에는 문제가 있다.



그림 3 시판중인 농업용 지게차

기존 엔진형의 지게차는 앞서 언급한대로 차륜형으로 되어 있어 과수원, 논 등의 필드에서는 작업이 불가능하며, 창고 등 실내 작업이 많은 경우에 소음 및 매연으로 불편함이 있으며 특히, 축사에서 이용하는 경우에는 가축들에게 스트레스를 줄 수 있으므로 이를 해결하기 위한 전동화는 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 전동 구동방식을 적용한 소형 무한궤도형의 포크리프트를 개발하여, 장소에 구애받지 않고 적재 및 운반작업을 수행하며 고소 작업 등 다목적으로 활용할 수 있고 친환경 작업이 가능할 수 있도록 하고자 하였다. 이를 위해 전동형 주행장치 및 마스터 레일과 포크 개발, 포크 및 프레임 자동 가변장치, 원격 컨트롤러 등을 적용하여 농가의 작업 능력 향상 및 생산성 향상을 도모하고자 하였다.

제 2 절 연구개발 목표

본 과제 의 최종 목표는 친환경 농작업 기계 보급을 위한 전동화 기술을 기반으로 과수원, 논, 밭, 축사, 창고 등에서 적재 및 운반작업이 가능한 무한궤도형의 콤팩트형 포크리프트 제품을 개발하여 상용화하는 것이다. 주요 개발내용은 다음과 같다.

- 기초조사 및 요인 분석에 따른 기초요인 설계
- 세분화된 선행특허조사를 통한 특허회피 전략 수립
- 원가 분석을 통한 점유율 1위 유지 및 수출경쟁력 향상
- AC 모터를 활용한 독립 구동 방식의 주행장치 개발
- 무게중심에 따른 자동 포크 및 프레임 가변 장치 개발
- 포크, 마스터 레일부 설계 및 제작
- 기구 및 작업대 설계 및 제작
- 주행 및 방향전환이 용이한 AC모터 적용 드라이브 개발 및 조향성 검증
- 유압회로 구성 및 유압시스템 개발
- 원격제어를 위한 근거리 통신 적용 컨트롤러 개발
- 안전 경보, 리프팅 및 주행 제한 등 사용자 편의장치 개발
- 기계적 안정성 및 경사지 등판 성능 평가
- 현장 실증시험을 통한 제품 성능 평가 및 경제성 분석에 따른 사업화 추진
- 농가 보급형 양산 제품화 및 매뉴얼 개발

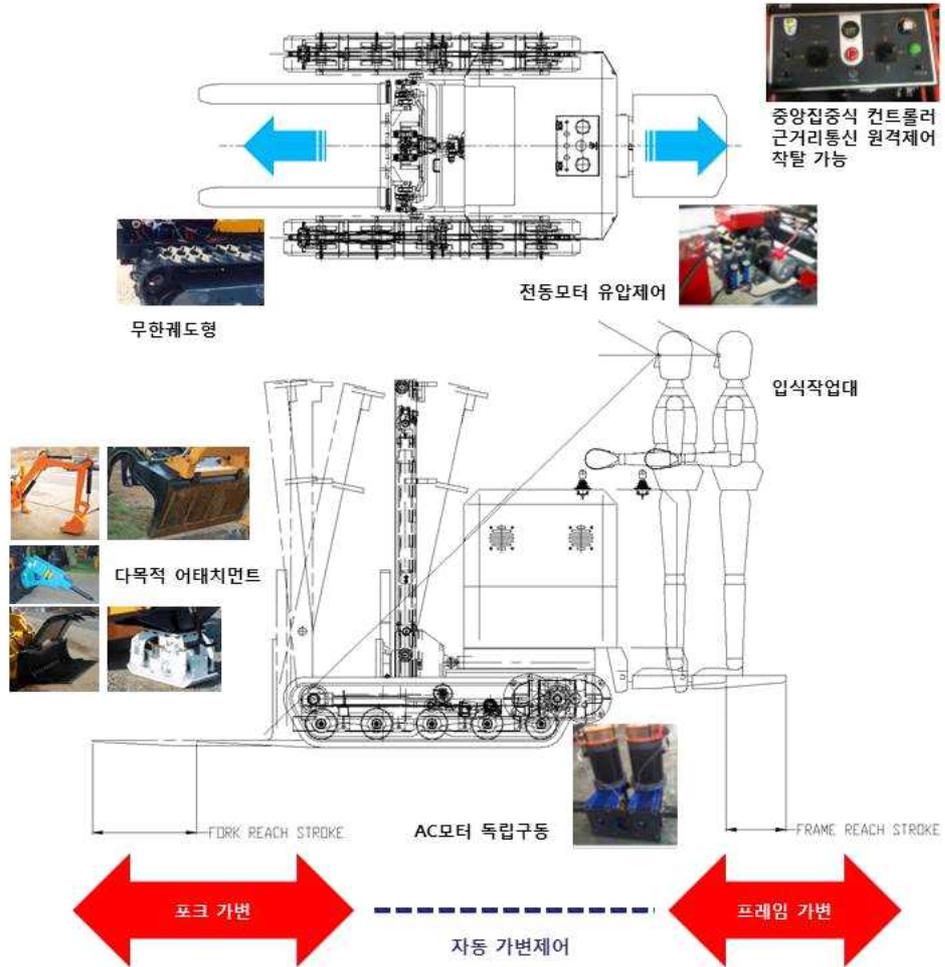


그림 4 전동 포크 리프트 개발 개념도

최종 제품의 주요 적용범위는 다음 그림과 같이 과수원, 논, 밭, 험지 등의 적재 및 운반작업 및 축사, 저장창고 등이다. 특히 축사나 저장창고와 같은 실내 공간인 경우 기존 엔진형 작업차의 소음 및 진동으로 인한 가축과 작업자의 피해를 줄일 수 있는 효과가 있다.



그림 5 최종 개발제품의 다양한 적용범위

제 2 장 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
------	------

제 1 절 기술개발 현황

국내외 포크리프트는 엔진을 적용한 차륜형태가 대부분이며 일부 모델에 한하여 무한궤도형을 채택하고 있으며, 전동구동 방식인 경우에는 100% 차륜 구동형이라 평지 이외의 작업은 불가능하여 적용범위가 크지 않다.



그림 6 기존 포크리프트 제품

포크리프트와 관련한 국내 출원 및 등록 특허 현황을 살펴 보면, 대부분 산업용 차륜형 포크리프트에 관한 내용으로 구성되어 있다. 세부적으로 본 개발의 중점 개발 사항을 포크 및 프레임 가변 장치, 원격 조종, 전복방지로 분류하여 분석해 본 결과 각각 103건, 55건, 208건이 검색되었으며 이 중 유효한 특허는 5건, 14건, 7건으로 조사되었다.

가변 기술을 적용한 특허기술은 많이 있지만 대부분 포크의 길이 연장이나 포크 폭의 가변 장치에 관한 것으로 나타났다. 대표적인 기술은 다음과 같다.

- 지게차의 포크길이 자동 조절장치 (10-2012-0042787)
- 지게차의 연장포크 장치(20-2007-0011660)

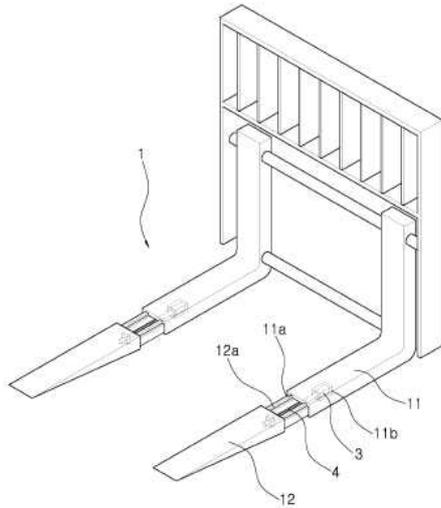


그림 7 포크길이 자동 조절장치

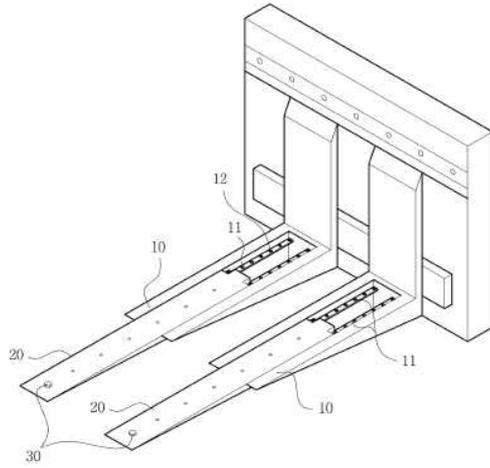


그림 8 연장포크장치

원격 조종 기술을 적용한 기술은 차량과 관련한 여러 가지 기술이 개시되어 있으나, 일반적인 기술을 포함하고 있고 소멸된 특허가 많아 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

전복방지를 위한 포크리프트 관련 기술은 전복방지, 웨이트 밸런스, 웨이트의 이동 등으로 다양하게 나타나고 있는데, 통상적인 승용형 포크리프트 구조에 장착된 웨이트를 유압실린더 등에 의해서 이동시켜 주는 형태이거나 차량의 상태를 입력받아 주행 및 조향을 조절하는 구조로 되어 있어 작업영역 확보를 위해 포크와 동시에 가변되는 본 기술과는 차별성이 있다. 대표적 특허기술은 다음과 같다.

- 지게차의 가변형 카운터 밸런스 웨이트장치(20-2000-0023460)
- 지게차의 전복방지장치 및 제어방법(10-2012-0139372)
- 유압에 의한 지게차 카운터웨이트 이송시스템(10-2000-0079446)

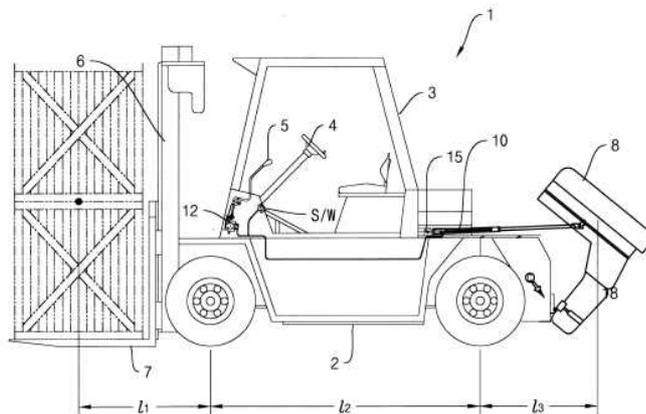


그림 9 지게차의 가변형 카운터 밸런스 웨이트 장치

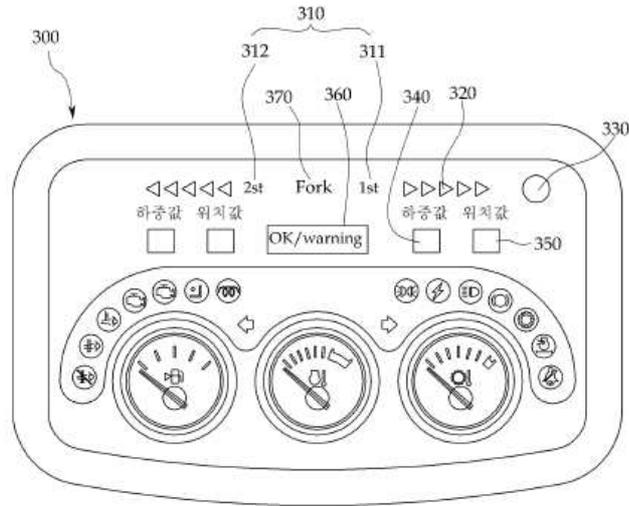


그림 10 지게차의 전복방지장치 및 제어방법

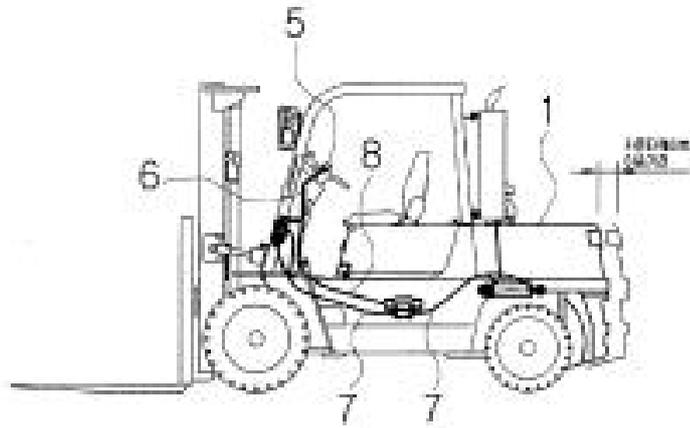


그림 11 유압에 의한 카운터웨이트 이송시스템

국내 논문에서도 대표적으로 전동지게차를 위한 시뮬레이션 등 관련 문헌들이 나타나 있지만 현재 많이 보급되어 있는 차륜형 전동 포크리프트와 관련되어 있어, 농용으로 사용되는 본 연구와는 관련이 없는 것으로 나타났다.

제 2 절 제품 및 시장 현황

포크리프트를 포함하는 국내 소형 물류기계는 1970년대 후반에 시작되어 30여년간 점진적인 성장을 해오고 있으며, 국내 산업의 발전에 따라 예전에 비해 성장속도는 빠르게 이루어질 것으로 전망되고 있으며 국내 소형 물류기계 시장규모는 약 7,000억 정도로 추산되고 있다. 2014년 포크리프트 시장은 약 3만 5천여대로(한국건설기계산업협회) 전년 대비 6.6% 감소했으며 이는 수출시장이 전년 대비 11.1% 하락해 내수시장보다 악화된 것에 기인한다. 소형 물류기계 시장의 특성은 다품종 소량생산을 하는 중소기업에 적합하고 주로 표준품보다는 소비자의 욕구에 맞는 특수형 제품들을 생산하고 있는 추세이기 때문에 농용 소형 다목적으로 활용되어 질 본 연구의 타당성이 충분하다고 본다.

표 1 포크리프트 국내 시장규모, 한국건설기계공업협회 (단위:대)

생 산			판 매						
			내수		수출		합계		
2008	2007	성장률	2008	2007	2008	2007	2008	2007	성장률
34,992	37,995	-7.9	10,460	9,421	24,548	28,558	35,008	37,979	-7.8

앞서 언급했듯이 국내 농업용 지게차는 농업기계 가격집 기준 4개 업체에서 7개 모델이 출시되어 있으며 소비자가 기준 25,000천원~30,000천원의 가격으로 판매되고 있다. 해당 모델은 건설기계 인증을 받은 엔진형 제품에 한하여 농업용으로 신고되어 가격집에 등재되어 있는 것으로 디젤 엔진을 탑재한 차륜형 지게차에 해당된다. 여기서 해당 모델은 창고, 축사 등 평지에서만 이용이 가능하며 실제 많은 농작업이 이루어지는 필드에서는 이용이 제한되어 있고 가격적으로도 부담이 커 농가에 적용하기에는 문제가 있다.

국외 시장의 경우, 시장조사업체 PMR(Persistence Market Research)의 보고에 따르면 포크리프트 시장은 2015년 353억 달러를 기록했으며, 2021년 559억달러 규모로 성장할 것이라고 예상했다. 이는 세계 각국의 물류센터 확대, 전자상거래 확산, 선진국 지게차 시장의 교체 수요, 신흥국 저가형 지게차 대량 구매수요 등에 의한 것이며 아시아권 수요가 2014년 약 41.4%를 차지하는 등 세계 시장을 견인할 것이라고 전망했다.

세계 포크리프트 시장의 전체적 성장세와는 별개로 디젤 엔진형 지게차는 입지가 좁아지고 있는데 2014년 전동지게차는 세계 시장의 절반 이상을 차지했으며, 2021년에는 약 64.4%에 이를 것으로(PMR, 2014) 전망하고 있다.

한편, 국외에도 국내와 마찬가지로 전동형 포크리프트의 점유율이 높아지고 있는 추세이지만 대부분 차륜형으로 구성되어 있으며, 무한궤도형의 포크리프트는 100% 엔진을 이용하고 있다.



그림 12 해외 엔진 무한궤도형 포크리프트
(좌로부터 MDB, Hinowa사 제품)

상기의 그림에서 나타나는 포크리프트는 본 개발과 관련성이 많은 형태이나, 동력원으로 디젤 엔진을 이용한다는 점에서 가장 큰 차이점이 나타나며, 부하에 따라 포크 및 프레임이 자동 가변되는 구조는 가지고 있지 않다.

기존 포크리프트와 차별된 기술을 가지고 본 연구에서 개발된 전동 무한궤도형 포크리프트는 시장점유율이 높은 아시아지역을 중심으로 수출판로를 개척한다면 특화된 시장에서 그 가능성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

다음 표에서 국내외의 제품과 개발되는 포크리프트 제품을 비교하여 나타내었다.

표 2 국내외 제품 비교

구 분		개발 예정	국내 H사	국외 H사
형상				
구조	구동	AC모터 독립구동	AC모터	엔진 (HONDA GX390)
	형식	전동 무한궤도형	전동 차륜형	엔진 무한궤도형
	크기(mm)	3,030×1,310×1,830	2,065×1,070×2,190 (포크길이 제외)	-
	중량	1,310	3,100	1,450
성능	인양능력	500kg (고소작업 150kg)	1,600kg	1,600kg
	속도	최대 3.0km/h	최대 17km/h	1.5~ 3.8km/h
	인양높이	2,530mm	폭 3.9m 높이 4.0m	1,775mm
	조향	좌우 독립구동, 레버식 원격조종	핸들	좌우 분리 레버
부가 작업	어태치먼트 (고소작업)	○	×	×
	원격조정	○	×	×
	무게중심 조절(포크 가변)	○	×	×
가격		1,800만원	약 3,000만원	-

제 3 장 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

제 1 절 포크리프트 개발을 위한 기초 자료 분석

1. 선행기술 조사 및 분석

가. 분석배경 및 목적

본 선행기술 분석은 농업용 포크리프트에 대한 국내외 특허분석을 통하여 현재의 기술수준, 기술개발동향, 시장 및 산업의 동향 등을 검토함으로써 농업기계분야 기술경쟁력을 강화하고자 하였다. 특히 과수원, 논, 밭, 축사, 등으로 대변되는 오프로드(Off-road)의 농업환경에서 사용가능하도록 캐터필러를 채택하고, 작업폭 확대를 위해 포크부가 전방으로 신장하는 구조를 채택하는 한편 포크부 신장시 지게차의 전복방지를 위해 구동력발생부가 포크부 신장 길이에 대응하여 후방으로 이동함으로써, 전복방지를 위한 웨이트를 생략한 캐터필러를 구비한 농업용 지게차에 대하여 특허동향분석의 필요성이 있다.

따라서 농업용 포크리프트를 통한 과수원, 논, 밭, 축사, 등으로 대변되는 오프로드(Off-road)에 적용 가능한 지게차 개발에 있어, 포크에 로드셀 부착, 부하에 따라 프레임부가 후방으로 이동 가능하고, 조작 컨트롤러 부위에 경사센서 부착, 작업을 위해 멈춘 시점을 경사도를 기준으로 인양 시 생기는 차체 경사에 따라 프레임부가 후방으로 이동이 가능하도록 구성되고, 포크의 이동거리에 따라 비례적으로 프레임부가 후방으로 이동이 가능한 구조에 대하여 특허동향분석을 실시하였다. 이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하고자 하였다.

나. 분석범위

본 분석에서는 2017년 5월까지 한국, 일본, 유럽 및 미국에 출원(등록) 공개된 특허를 대상으로 KIPRIS를 이용하여 검색한 공개특허를 분석 대상으로 하였다.

농업용 포크리프트의 경우 건설기계에서도 채택되고 있는 기술이므로 분석범위를 농업분야에 특화된 가변 포크 길이조절 기술, 원격조정 기술 및 전복 방지 기술로 한정하였다.

표 3 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국가	검색DB	검색 구간	검색 범위 합계
공개등록특허 (공개등록일 기준)	한국	KIPRIS	1997.01.01.~ 2017.12.31.	특허공개 및 등록 전체문서
	일본			
	미국			
	유럽			

표 4 분석대상 기술분류 및 기술범위

핵심 기술	검색 개요 (기술범위)
포크 길이가변 기술	- 포크에 로드셀 부착, 부하에 따라 프레임부가 후방으로 이동
원격조정 기술	- 가변포크의 가변량을 외부에서 컨트롤러로 조정
전복 방지 기술	- 포크의 이동거리에 따라 비례적으로 프레임부가 후방으로 이동

다. 국가별 특허 분석 결과

(1) 주요 해외 국가 특허 동향

핵심 키워드 분석을 통한 연도별 해외 특허 동향을 살펴보면, 거시적인 관점에서 분석 중 기구간인 2011~2015년도에 분석대상 국가 모두 증가세에 있으며 2016~2017년도가 2년치임을 감안할 때 계속해서 증가하는 추세를 보였다.

특히, 일본을 비롯한 주요국에서 전통적인 기계장치로서의 출원이 점차 감소하다가 2011년부터 하이브리드, 전복방지 등의 기능을 추가하면서 출원량이 다시 증가하는 것으로 파악되었다.

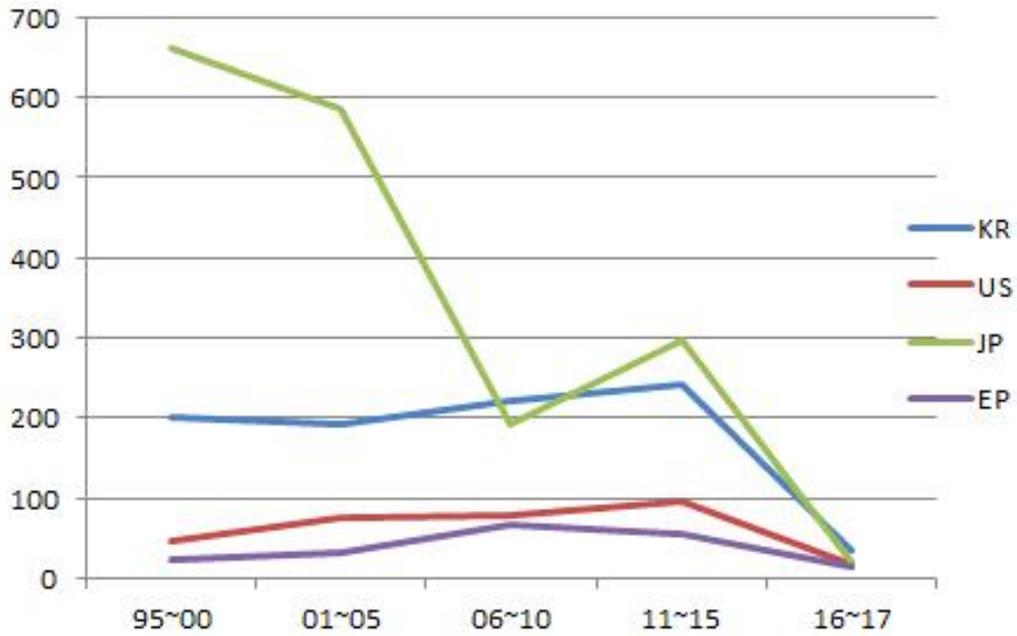


그림 13 전체 연도별 특허 동향 (해외)

(2) 국내 특허 동향

분석 대상 기술별 국내 특허 동향을 살펴보면, 포크길이 가변기술과 더불어 이를 원격에서 조정하는 기술이 9건으로 검색되었으며, 전복방지 기술이 12건으로 가장 많이 출원된 것으로 나타났다.

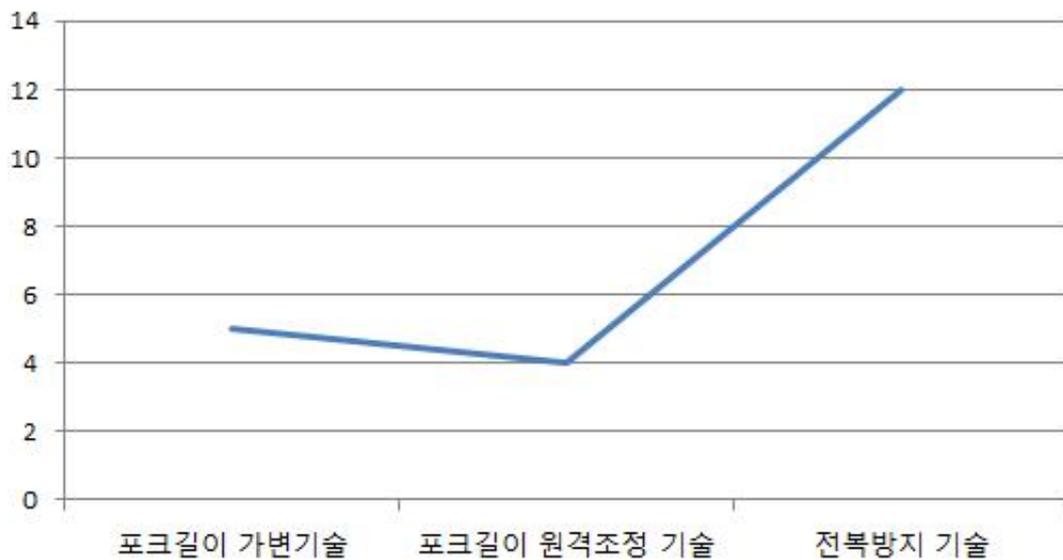


그림 14 분석 대상 기술별 특허 동향(국내)

(3) 기술시장 성장 단계 파악

기술성장 단계는 태동, 성장, 성숙, 쇠퇴 및 회복의 5단계로 나눌 수 있으며 각 단계별 고유한 특징을 가지고 있다. 이러한 기술성장의 특징을 살펴보기 위하여 국가별 출원 건수와 출원인수를 통해 기술성장 단계를 분석하고자 하였다.

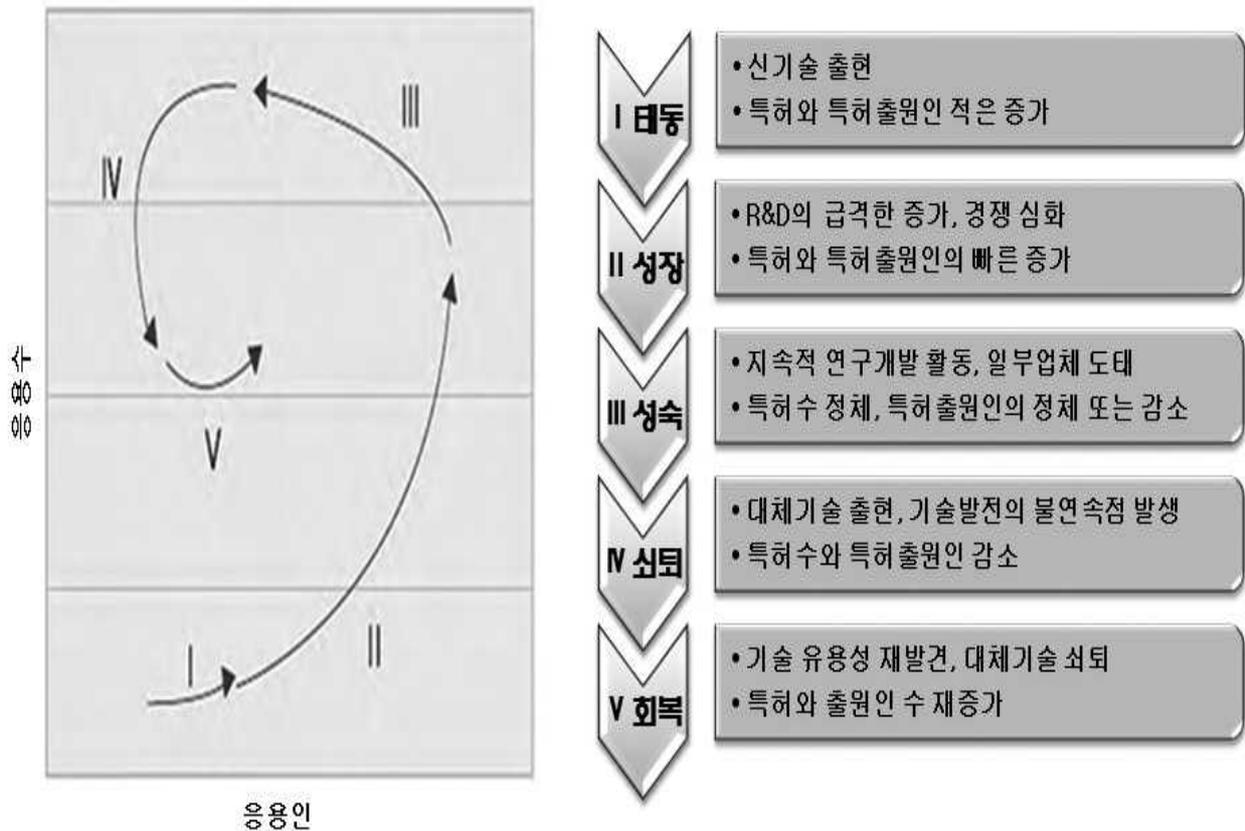


그림 15 기술성장 단계 변화의 패턴과 단계별 특징

조사대상 기간을 5년 단위로 하고 마지막 구간을 2016년-2017년으로 하여 총 5구간의 변화를 살펴보았으며 출원건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고 출원인수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것으로 나타났다.

한국의 기술성장 단계는 1~2구간의 도입기를 거쳐 3~5구간까지 출원 건수와 출원인의 수가 급격히 증가하여 현재 성장기의 단계로 접어든 것으로 생각되며 이러한 경향은 중국도 매우 유사하게 나타나 연구 개발이 지속적으로 증가추세에 있는 성장기에 해당된다.

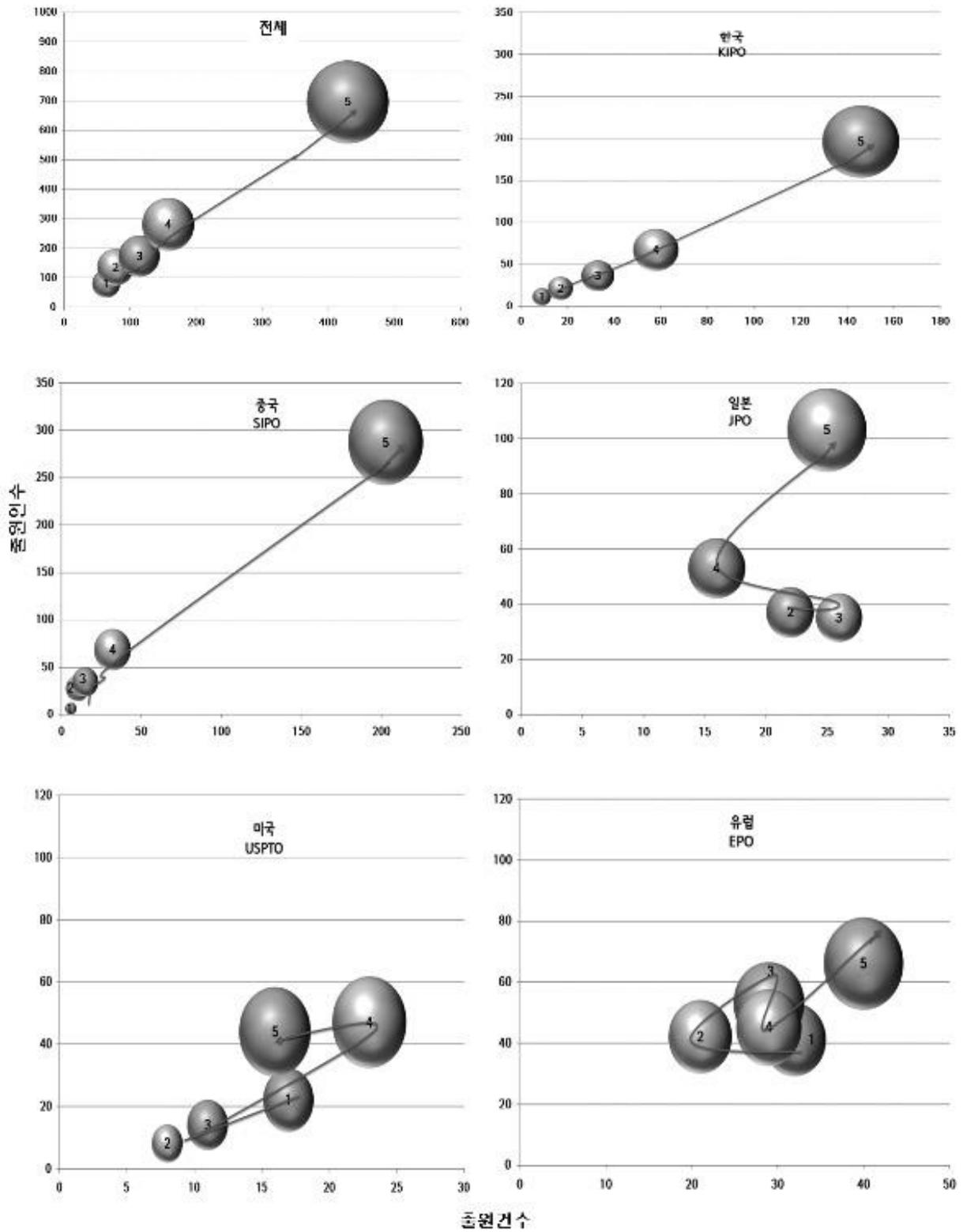


그림 16 국가별 기술시장 성장의 특징

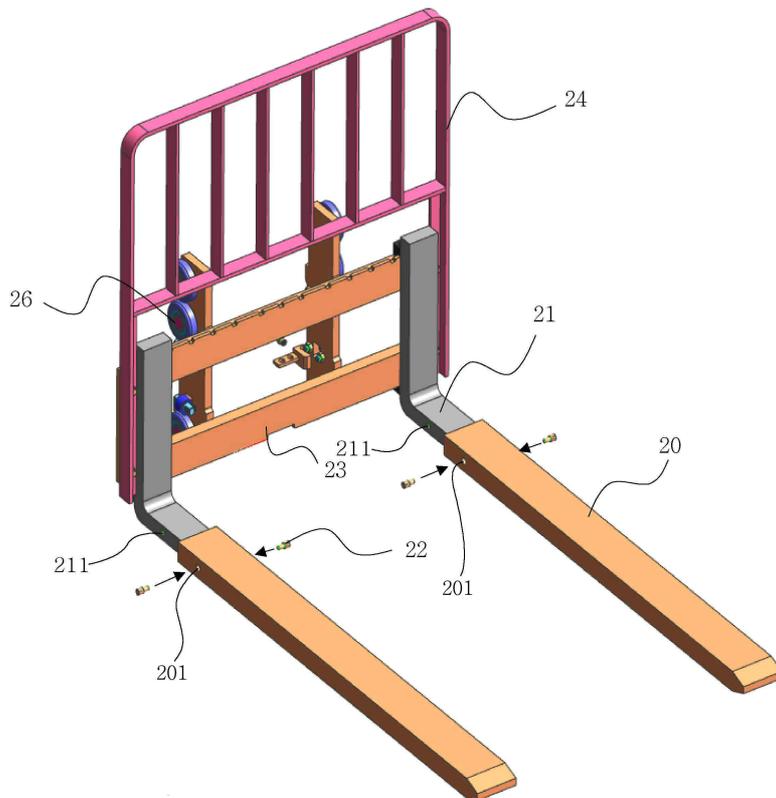
라. 기술 내용별 유사 특허 기술

(1) 포크 길이 가변 기술

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-2010-0067788	2008년12월12일	현대중공업 주식회사	지게차의 포크 길이 가변장치

핵심 요지

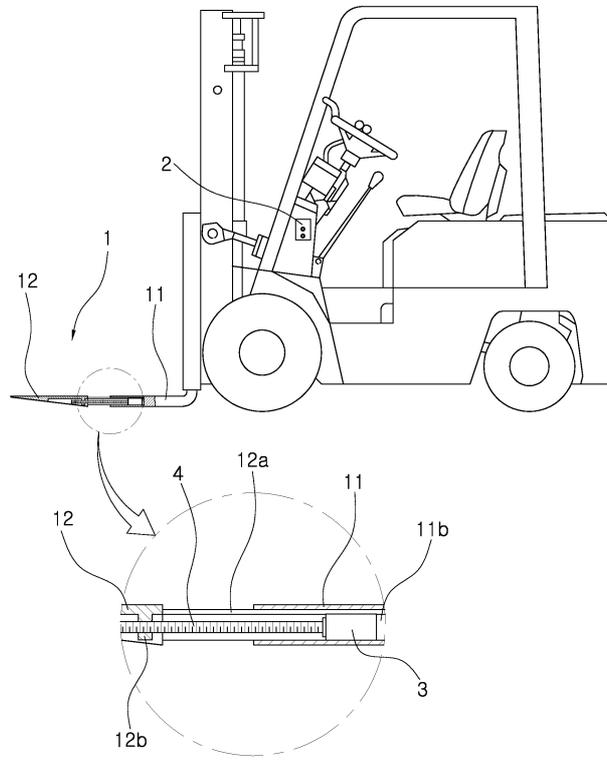
포크의 외부에 물체의 부피나 크기 및 길이에 따라 덧 발이 착탈 가능하게 설치된 게차에 있어서, 상기 포크에 씌워지게 설치되는 덧 발의 양측면 단부에는 한 쌍의 핀 통과공을 천공하고, 상기 포크의 양측면에는 상기 덧 발의 핀 통과공을 통해 조립되는 볼트형 핀이 나사 조립될 수 있는 적어도 2쌍 이상의 암나사를 정해진 간격을 두고 형성하여 암나사에 조립되는 볼트형 핀의 조립 위치에 부응하여 덧 발의 고정 위치를 가변시킬 수 있도록 한 것을 특징으로 한다.



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-2013-0119749	2012년04월24일	현대중공업 주식회사	지게차의 포크길이 자동 조절장치

핵심 요지

지게차의 포크 전단 일부를 절단하여 포크를 일체형 메인 포크부와 가동형 조절 포크부로 등분시키
 되, 상기 메인 포크부에는 가이드 결합홈과 모터 안착홈을 형성하고, 상기 조절 포크부의 후단부 양
 측에는 상기 메인 포크부의 가이드 결합홈에 끼워져 전,후방으로 슬라이딩되며 포크 전체의 길이가
 가변되도록 하는 한 쌍의 가이드를 돌출 성형하며, 상기 메인 포크부의 모터 안착홈에 설치된 상태에
 서 조종부에 설치되어 있는 스위치의 조작방향에 대응하여 정방향 또는 역방향으로 작동되는 모터의
 축에는 소정 길이를 갖는 장 볼트를 설치하고, 상기 조절 포크부의 저면에는 상기 장 볼트가 나사 결
 합되어 모터의 회전방향에 대응하여 조절 포크부의 위치가 가변되도록 하는 볼트 결합구를 설치한
 것을 특징으로 한다.

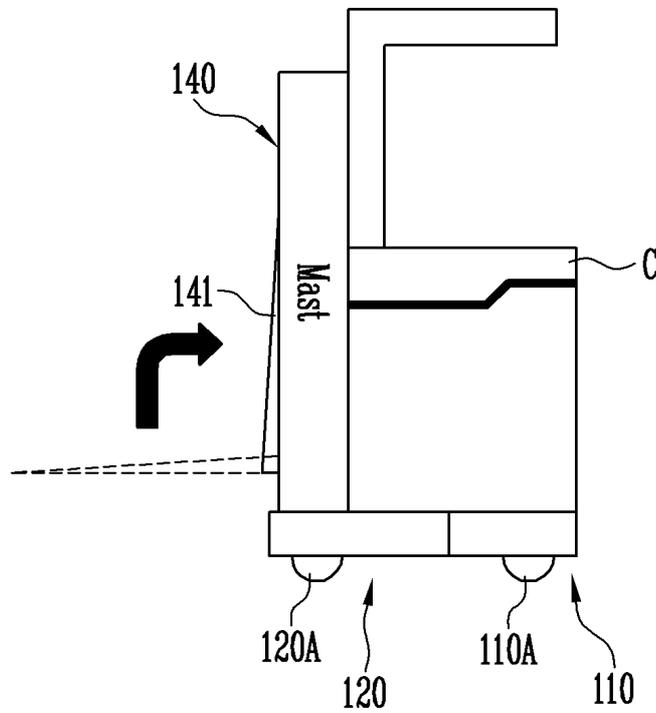


특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-2016-0032898	2014년09월17일	현대중공업 주식회사	지게차

핵심 요지

구동바퀴가 마련되는 프레임베이스; 상기 프레임베이스에 마련되는 실린더부재와 상기 실린더부재로부터 돌출길이가 조절되는 피스톤부재와 상기 피스톤부재를 따라 상기 프레임베이스상을 이동하는 이동프레임을 포함하는 한 쌍의 길이조절부; 및 상기 한 쌍의 길이조절부를 가로지르도록 마련되며, 상부에 마스트가 마련되고, 상기 피스톤부재의 돌출길이에 따라 상기 프레임베이스로부터 이격거리가 조절되는 지지부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

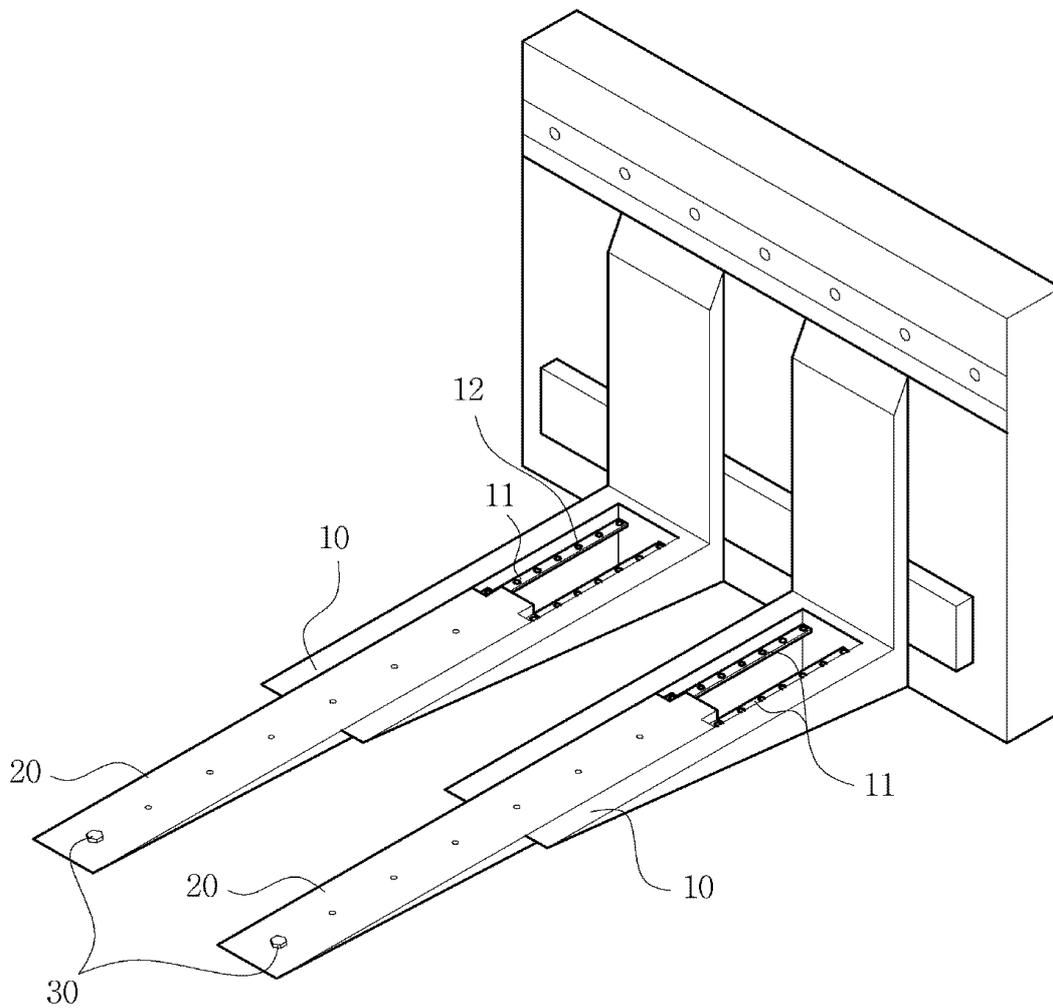
100



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
20-2009-0000498	2007년07월13일	김규현	연장포크장치

핵심 요지

지게차에 상하운동 가능하게 설치되고, 물건의 출입하는 길이 방향으로 날개편(11)을 구비한 포크(10); 상기 포크(10) 상의 임의의 위치에 끼움 결합되어 길이 조절이 가능한 연장포크(20); 및 상기 연장포크(20)의 단부에 탈착 가능하게 고정되어 물건의 흔들림이나 미끄럼을 방지할 수 있는 미끄럼 방지수단(30);을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

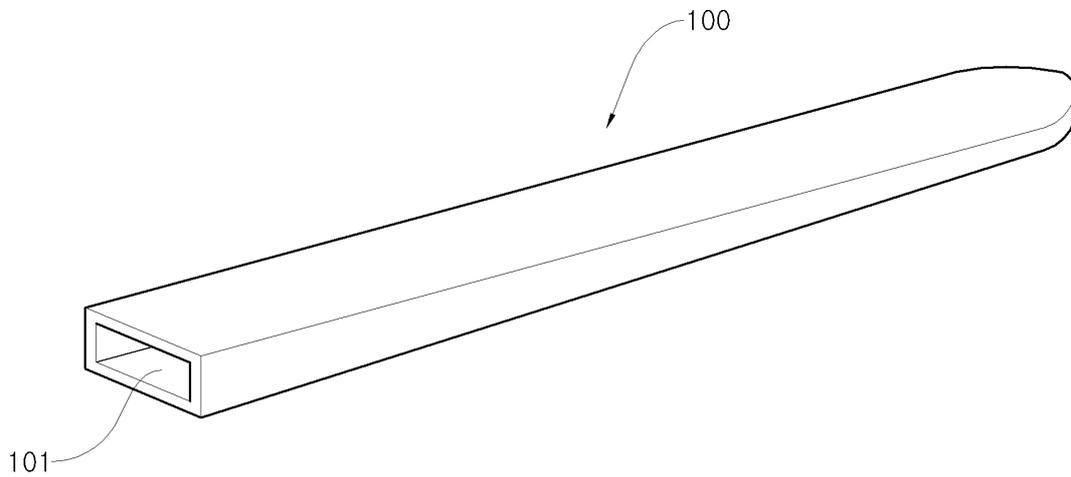


특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
20-2013-0003440	2011년12월01일	현대중공업 주식회사	지게차 포크용 지그

핵심 요지

지게차를 이용하여 길이가 긴 파이프를 이송함에 파이프를 안전하게 들어 올려 이송할 수 있도록 구성한 것이다.

목적을 달성하기 위한 본 고안에 따른 지게차 포크용 지그는 일단에 지게차의 포크가 삽입될 수 있는 삽입구가 형성되며, 삽입구에 지게차의 포크를 삽입하였을 때에 포크의 길이방향으로 연장된 것을 기술적 특징으로 한다.

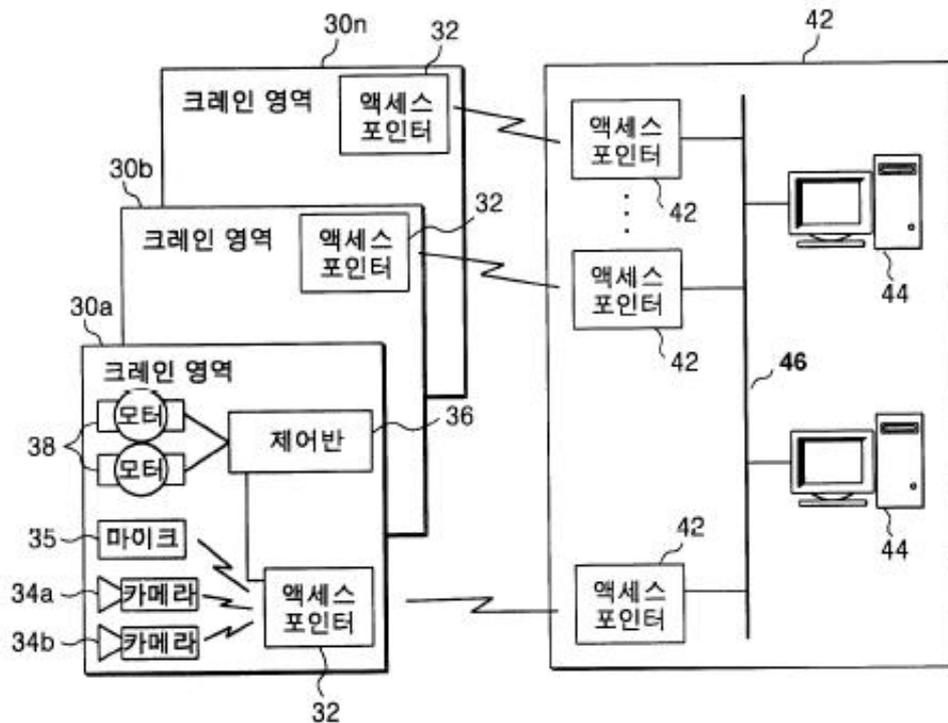


(2) 원격제어 기술

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-2004-0009622	2002년07월24일	노태정	무선통신을 이용한 크레인 원격운전시스템

핵심 요지

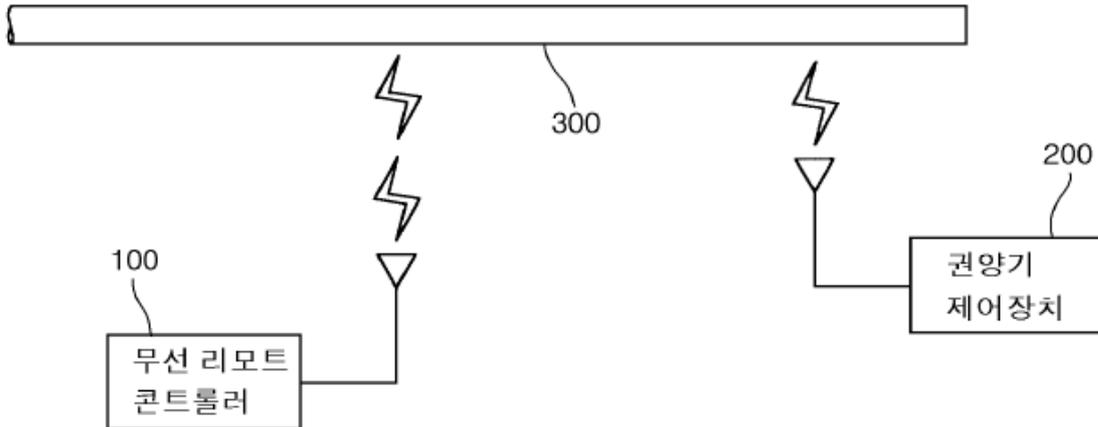
무선 통신을 이용한 크레인 원격운전시스템에 관한 것으로서, 더 상세하게는 한 명의 운전자가 다수의 크레인을 원격 제어실에서 운전함으로써 인력을 효율적으로 배치하고 작업환경을 개선할 수 있는 크레인의 원격운전에 관한 것이다. 본 발명은 야드 크레인 내부를 상부에서 촬상하는 카메라와 외부에서 입력된 제어신호를 처리하여 상기 모터의 구동을 제어하는 제어반으로 구성되는 다수의 크레인 영역과 상기 카메라의 영상 신호를 받아 화면으로 출력하고 제어신호를 생성하는 다수의 운전 컴퓨터와 상기 운전 컴퓨터를 서로 연결하는 LAN으로 구성되는 원격제어실과 상기 다수의 크레인 영역과 원격제어실 사이에 무선 통신으로 신호를 송수신할 수 있게 하는 통신 수단으로 구성된다.



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
20-0208152	2000년08월01일	주식회사경동	권양기 원격 운전장치

핵심 요지

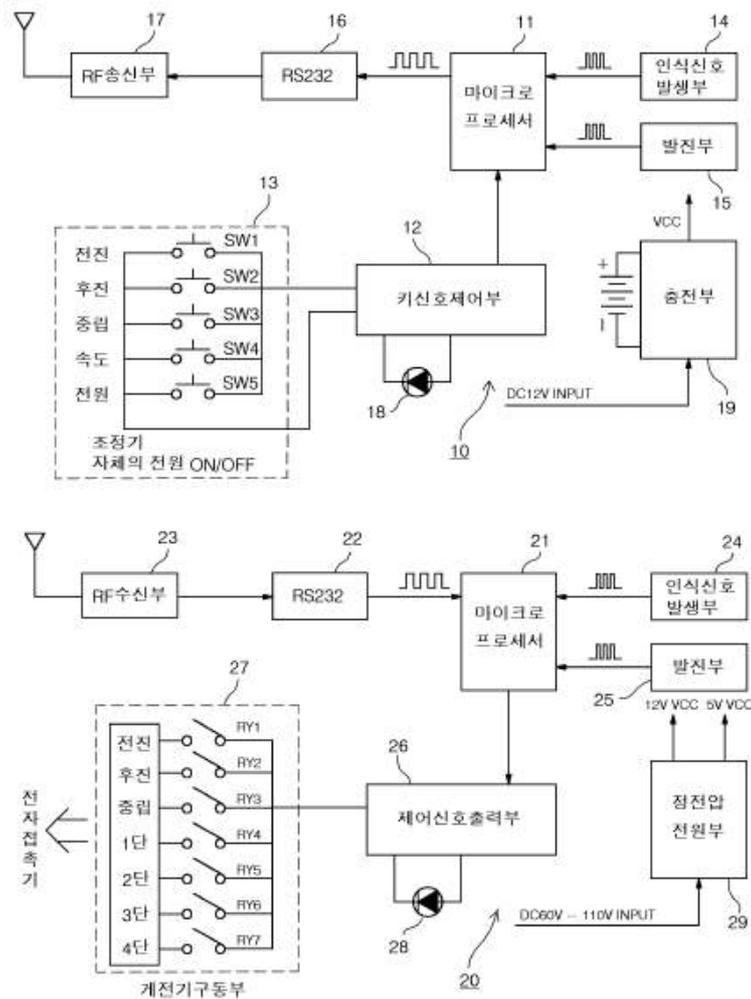
본 고안은 권양기의 작동을 제어하기 위한 각종 스위치로 이루어진 스위치부(10)에 제어신호발생부(20)를 매개로 모뎀(30)이 연결되고, 상기 모뎀(30)에 무선송신부(40)가 연결되어 이루어진 무선 리모트컨트롤러(100); 상기 무선 리모트컨트롤러(100)로부터 무선송신된 신호를 수신하여 통신용 주파수와 권양기 운전용 주파수를 분리하는 듀플렉서 필터(50)에 음성신호송수신부(60)와 함께 권양기 제어용 신호를 수신하는 데이터수신부(70)와 모뎀(80)을 매개로 권양기 제어부(90)가 연결되어 이루어진 권양기 제어장치(200); 및 갭도내에서 무선 리모트컨트롤러(100)와 권양기(200)간의 무선신호를 원활하게 전달하기 위한 누설 동축케이블(300)로 이루어져 원격으로 권양기의 작동을 제어할 수 있는 고안임.



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
20-0208153	2000년08월01일	주식회사경동	광차전차의 원격운전시스템

핵심 요지

본 고안은 마이크로프로세서(11)의 일측 입력단에는 키신호제어부(12)를 매개로 운전에 필요한 각종 스위치를 구비하고 있는 스위치부(13)가 연결됨과 아울러 다른 입력단에는 인식신호발생부(14)와 발진부(15)가 각각 연결되고, 상기 마이크로프로세서(10)의 출력단에는 통신인터페이스부(16)를 매개로 RF송신부(17)가 연결되어 이루어진 원격송신제어장치(10); 마이크로프로세서(21)의 일측 입력단에는 통신인터페이스부(22)를 매개로 RF수신부(23)가 연결됨과 아울러 다른 입력단에는 인식신호발생부(24)와 발진부(25)가 각각 연결되고, 상기 마이크로프로세서(21)의 출력단에는 제어신호출력부(26)를 매개로 광차전차 조작에 필요한 각종 계전기를 구비하고 있는 계전기구동부(27)가 연결되어 이루어진 원격수신제어장치(20)로 이루어져 광차전차를 근거리 무선으로 운전할 수 있도록 된 고안임.

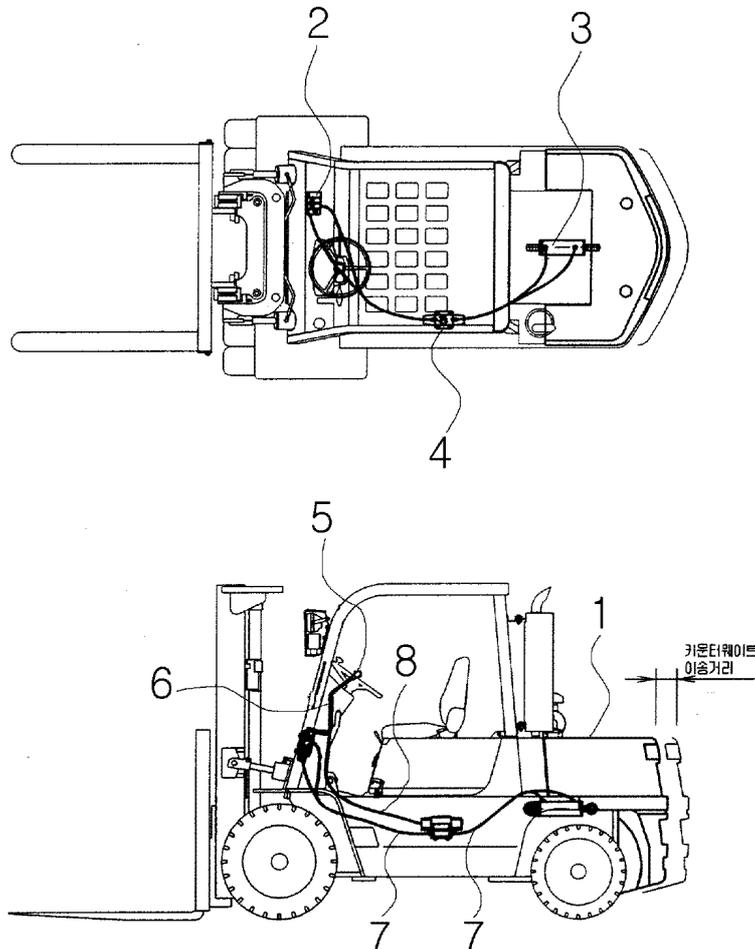


(3) 전복 방지 기술

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
특2002-0050324	2000년12월21일	현대중공업 주식회사	유압에 의한 지게차 카운터웨이트 이송 시스템

핵심 요지

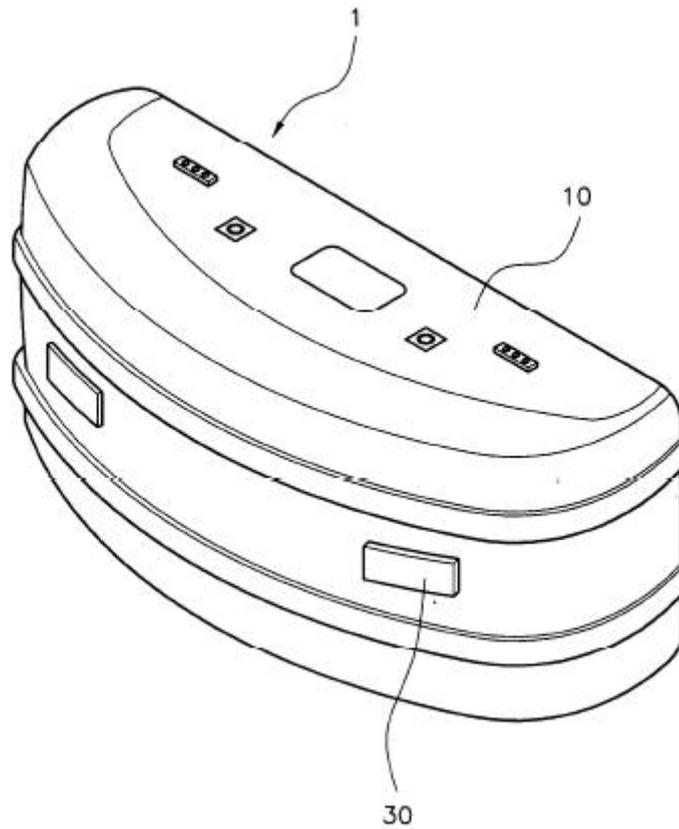
본 발명은 지게차의 장비 안정도 향상을 위한 시스템으로 작업물을 인양, 하역 또는 중량물 이동작업시 작업자가 보다 안전하게 작업할 수 있도록 카운터웨이트를 이동할 수 있게 발명된 유압 시스템으로서, 프레임에 카운터웨이트(1)를 슬라이딩 될 수 있게 조립하고 슬라이딩 실린더(3)를 프레임과 카운터웨이트에 연결하여 작동되도록 하고 실린더를 제어할 수 있는 컨트롤밸브(2), 솔레노이드 밸브(4), 리프트 레버(5), 토글스위치(6), 유압호스(7) 및 전기 하네스(8)로 구성됨



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
특2003-0068504	2003년07월04일	주식회사 에스틸	스케일을 포함하는 산업차량의 카운터웨이트

핵심 요지

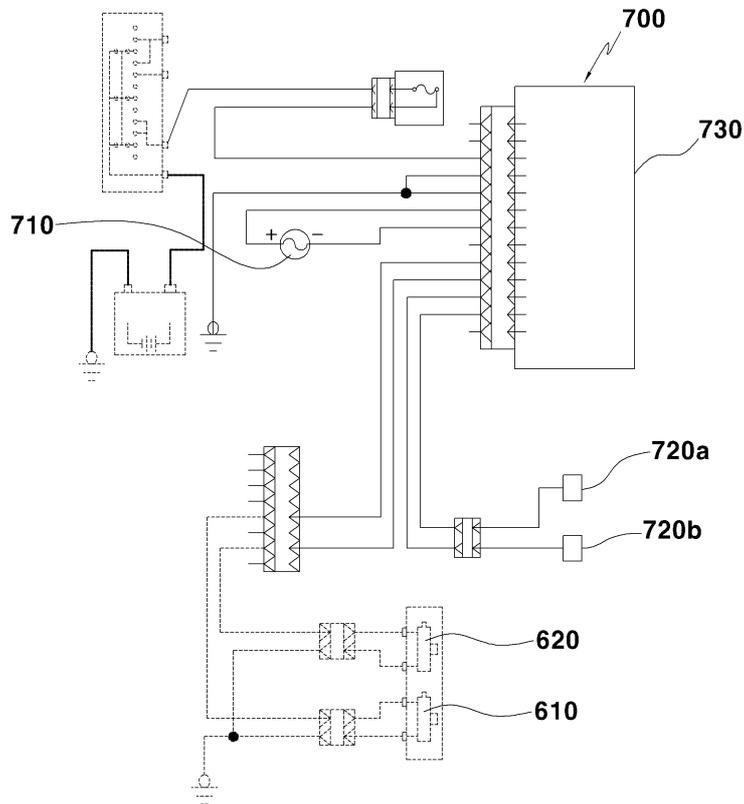
본 발명은 지게차의 장비 안정도 향상을 위한 시스템으로 작업물을 인양, 하역 또는 중량물 이동작업시 작업자가 보다 안전하게 작업할 수 있도록 카운터웨이트를 이동할 수 있게 발명된 유압 시스템으로서, 프레임에 카운터웨이트(1)를 슬라이딩 될 수 있게 조립하고 슬라이딩 실린더(3)를 프레임과 카운터웨이트에 연결하여 작동되도록 하고 실린더를 제어할 수 있는 컨트롤밸브(2), 솔레노이드 밸브(4), 리프트 레버(5), 토글스위치(6), 유압호스(7) 및 전기 하네스(8)로 구성됨



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-2009-0068919	2007년12월24일	두산인프라코어 주식회사	전복방지장치

핵심 요지

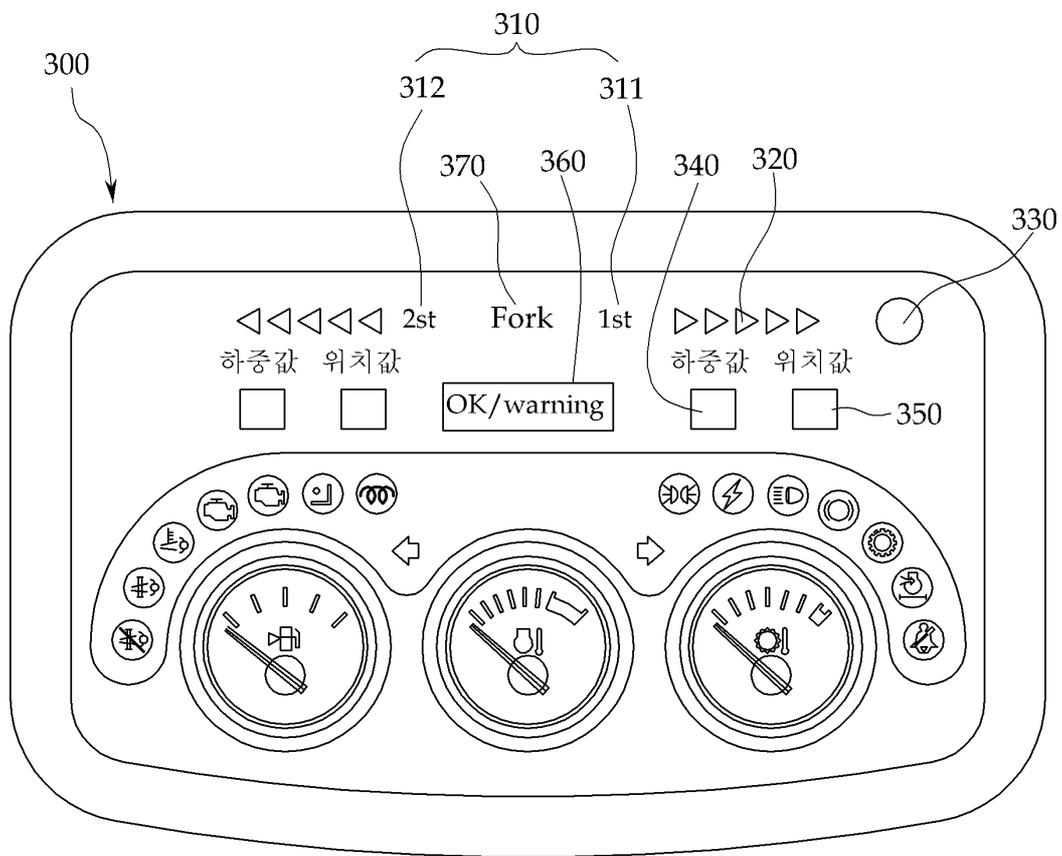
전복방지장치는, 운전자의 조작에 대응되어 공급되는 작동유에 의해 차량을 조향시키는 조향유닛(300)과, 엔진과 구동륜을 동력전달 가능하게 연결시키는 트랜스미션(500)을 포함하는 지게차의 주행 제어장치에 있어서, 운전자의 조작에 의해 입력되는 전진 주행 신호 또는 후진 주행신호에 대응하여 구동되며, 그 구동시 상기 트랜스미션(500)에 작동유를 선택적으로 인가하여 상기 트랜스미션(500)으로부터 출력되는 동력의 방향을 전환시키는 전진 솔레노이드 밸브(610) 및 후진 솔레노이드 밸브(620); 상기 차량의 선회주행 여부를 감지하는 선회감지부(720a,720b); 상기 트랜스미션(500) 출력축의 회전속도를 감지하여 상기 차량의 주행속도를 검출하는 속도감지센서(710); 상기 선회감지부 및 상기 속도감지센서로부터 입력된 신호를 기초로 상기 차량이 고속인 상태에서 주행방향이 전환되는 것으로 판단되면, 상기 전진 솔레노이드 밸브 및 상기 후진 솔레노이드 밸브를 제어하여 상기 트랜스미션(500)이 중립상태가 되도록 하는 컨트롤러(730);를 포함하는 것을 특징으로 한다.



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-2014-0071616	2012년12월04일	주식회사 두산	지게차의 전복방지장치 및 제어방법

핵심 요지

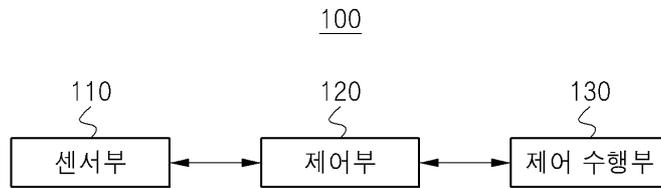
지게차의 전복방지장치는 제1 포크에 작용되는 제1 하중값과 제2 포크에 작용되는 제2하중값을 검출하는 센서부와, 상기 센서부에서 검출한 상기 제1 하중값과 상기 제2 하중값의 차이값을 절대값으로 연산하고, 상기 차이값과 설정 값을 비교하여 지게차의 안전 또는 위험을 판단하는 제어부와, 상기 제어부의 판단결과를 운전자에게 안내하는 표시부를 포함한다.



특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
10-1447811	2013년04월05일	현대중공업 주식회사	속도 및 조향 센서를 이용한 지게차 전복 방지 제어 시스템 및 제어 방법

핵심 요지

지게차 전복 방지 제어 시스템은 지게차의 조향 각도에 대한 각도 데이터 및 속도에 대한 속도 데이터를 센싱하는 센서부, 상기 센싱된 각도 데이터 및 속도 데이터를 기초로 상기 지게차에서의 조향 각도 및 속도에 대한 상관 관계에 따라 상기 지게차의 조향 각도 및 속도 중 적어도 하나에 대한 제어 신호를 출력하는 제어부 및 상기 출력된 제어 신호에 따라 상기 조향 각도 및 속도 중 적어도 하나에 대한 제어 동작을 수행하는 제어 수행부를 포함한다.



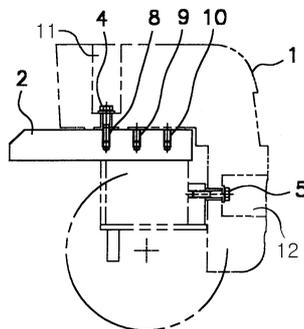
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인	특허명
20-0297461	2002년06월19일	현대중공업 주식회사	지게차의 이동식 카운터웨이트

핵심 요지

지게차의 이동식 카운터웨이트에 관한 것이며, 그 목적은 일정중량 이상의 작업 시에 카운터웨이트를 이동시켜 장비의 균형을 유지함은 물론 카운터웨이트가 흔들리거나 이탈되는 것을 방지하여 원활하고 안전한 작업수행을 가

능토록 하는 지게차의 이동식 카운터웨이트를 제공함에 있다.

상기 목적달성을 위한 본 고안은 지게차의 차체 후미에 부착하는 카운터웨이트에 있어서, 후미 상단면에 일정간격으로 다수개의 탭을 형성하고, 후면에 볼트 체결구를 형성한 지게차 차체에, 상기 상단면의 탭 중 하나에 체결볼트로 체결하고, 상기 후면 볼트 체결구에 체결볼트로 체결한 것을 특징으로 하는 지게차의 이동식 카운터웨이트에 관한 것을 그 기술적 요지로 한다.



2. 토양 특성에 따른 포크리프트의 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.

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

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

따라서 포크리프트 차량의 주행, 등판성능 및 견인성능을 예측 및 평가하기 위해서는 제품의 주요 제원뿐만 아니라 운용되는 토양특성을 고려한 견인성능 예측 및 평가가 필요하다.

가. 과수원의 토양 물리성 측정

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



그림 17 과원형태 (강원 정선)



그림 18 과원형태 (충북 제천)

토양물리성 측정은 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 포크리프트의 주행 및 견인성능의 평가에 적용하기 위해 과수원내 사과나무들 사이에서 포크리프트가 주행하는 주행통로 지역에서 수행하였다.



그림 19 토양물리성 측정장치 (SR-2 type)



그림 20 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 각종 차량의 반복적인 통행에 의해 토양의 강도가 높은 것으로 판단되었다. 따라서 원추지수는 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 5는 사과과수원에서 전단링과 마찰링을 측정한 토양의 전단강도 특성을 측정한 결과이고, 그림 21은 충주-1 지역의 측정 자료를 분석한 결과이며, 그림 22와 23은 원추지수 및 전단특성 측정 모습을 보여주고 있다. 표 5 및 그림 21의 결과로부터 과수원의 주행 노면은 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 포크리프트의 견인성능 예측에는 토양의 전단특성 변수를 이용하는 것이 효과적일 것으로 나타났다.

표 5 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

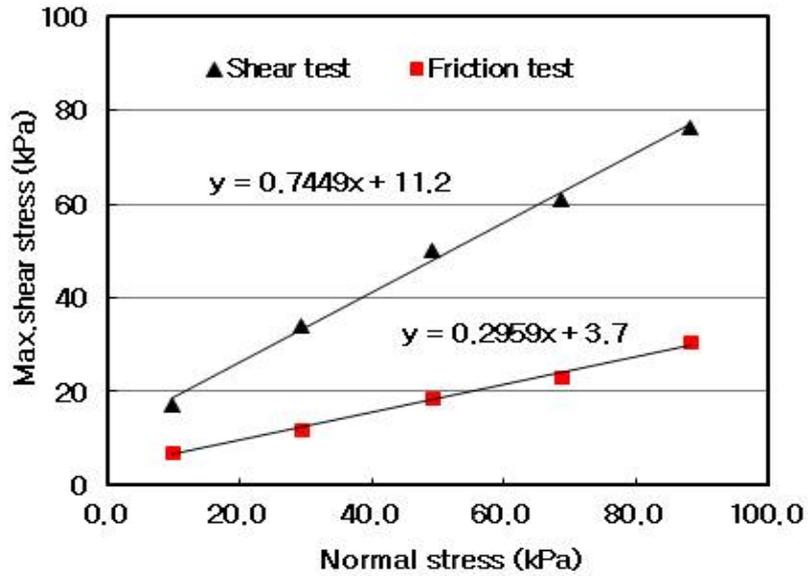


그림 21 전단특성 측정 결과(충주-1)



그림 22 원추지수 측정



그림 23 전단특성 측정

나. 포크리프트의 견인성능 예측

본 연구에서 개발될 포크리프트는 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 포크리프트의 견인성능을 예측하기 위하여 궤도형차량의 주행장치인 궤도와 토양과의 접촉면에서의 수직응력과 전단응력 분포로부터 포크리프트의 구동력(토양추진력), 운동저항, 견인력 등을 계산할 수 있는 견인성능

예측 모델을 통해 견인성능을 예측하였다. 한편, 전술한 바와 같이 과수원 지역에서 포크리프트가 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, τ_{\max} : 토양의 전단응력, (kPa)

c : 점착력(cohesion), (kPa)

p : 궤도 아래 수직하중, (kPa)

ϕ : 토양의 내부마찰각(internal friction angle), (degree)

궤도형차량의 최대구동력 F_{\max} 는 식 (1)로부터 구한 최대전단응력 τ_{\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 (kN/m^2)
 b : 평판의 작은 폭의 길이 (cm)
 Z : 침하 (cm)
 k_c, k_ϕ : 토양변형계수 (kN/m^{n+1} , 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 측정한 토양의 전단특성 변수인 점착력(c) 및 내부마찰각(ϕ) 값과 포크리프트의 총중량 $W = 1380$ kgf, 궤도 폭 $B = 0.18$ m, 궤도 길이 $L = 1.2$ m 인 포크리프트의 주요 제원을 이용하여 식 (2)로부터 포크리프트의 토양추진력을 결정하였다. 한편 위에서 포크리프트의 총중량 $W = 1380$ kgf 는 포크리프트 자체 중량 1310 kgf 와 운전자 1 명의 중량 70 kgf 를 더하여 산정하였다.

포크리프트의 운동저항을 예측하기 위해서는 식 (6)에 나타난 바와 같이 토양의 압력-침하 변수로 측정한 k_c , k_ϕ , 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 측정한 전단강도(점착력 및 내부마찰각)와 유사한 전단특성을 갖는 토양조건에 대해 보고된 압력-침하 변수를 사용하여 포크리프트의 운동저항을 예측하였다. 문헌을 통해 사용한 토양의 압력-침하 변수는 $k_c = 11.42$ kN/mⁿ⁺¹, $k_\phi = 808.96$ kN/mⁿ⁺², $n = 0.7$ 이었다.

표 6에 본 연구에서 개발된 포크리프트의 주요 제원과 4지역의 주요 사과과수원에서 측정한 토양의 전단특성변수와 문헌으로부터의 토양의 압력-침하관계 변수를 이용하여 식 (2), (6) 및 (7)을 사용하여 견인성능 예측한 결과를 나타내었다.

표 6 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

다. 포크리프트의 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.

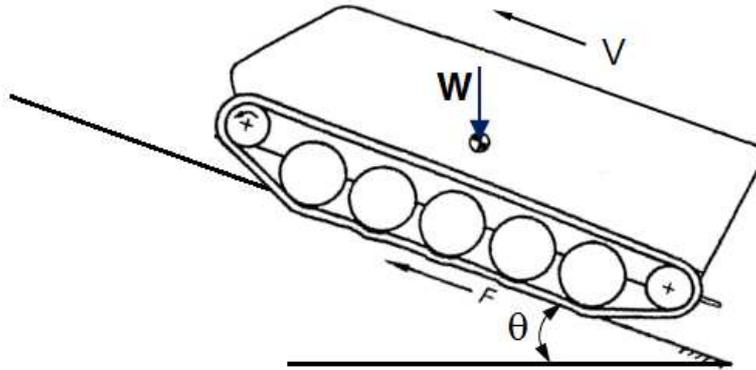


그림 24 포크리프트의 등판성능 분석

그러나 토양(off road)에서의 등판저항은 포장도로에서의 경사지 등판저항 R_θ 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_θ 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 포크리프트가 운용되고 있는 사과과수원 토양의 최대경사율을 20%(11.31°)로 하였을 경우 경사율 20%에 따른 등판저항 R_θ 와 식 (6)에 의한 토양다짐에 의한 저항 R_c 는 다음과 같다.

$$R_\theta = W\sin\theta = 1380 \sin 11.31^\circ = 270 \text{ kgf}$$

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

따라서 포크리프트의 전체 경사지 등판저항 R_g 는 R_θ 와 R_c 의 합으로 아래와 같이 결정된다.

$$R_g = R_\theta + R_c = 270 \text{ kgf} + 66 \text{ kgf} = 336 \text{ kgf}$$

한편, 포크리프트의 최고속도를 3 km/h 라고 했을 때 15° 경사지를 등판하기 위한 포크리프트의 모터 용량은 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$P = R_g V = (3296 \text{ N}) \left[(3 \text{ km/h}) \left(\frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right) \right] = 2747 \text{ Watt} = 2.7 \text{ kW}$$

따라서 포크리프트는 최소한 2.7 kW 이상의 모터를 선정해야 하는 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 본 연구에서는 포크리프트에 4,500 rpm의 1.6 kW 모터 두 개를 사용하는 것으로 결정하였다.

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

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

포크리프트의 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 포크리프트의 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 336 kgf 에 비해 크게 나타나 20% 경사각을 충분히 등판할 수 있는 구동력으로 나타났다.

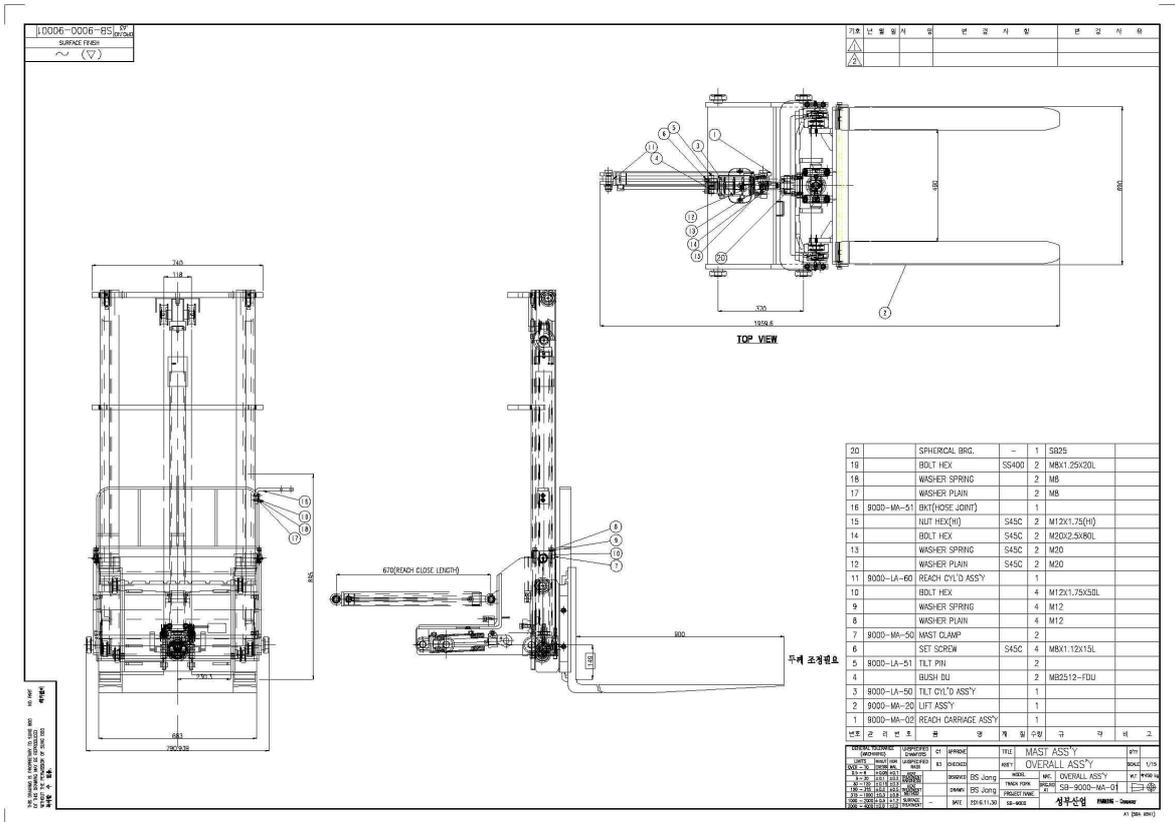
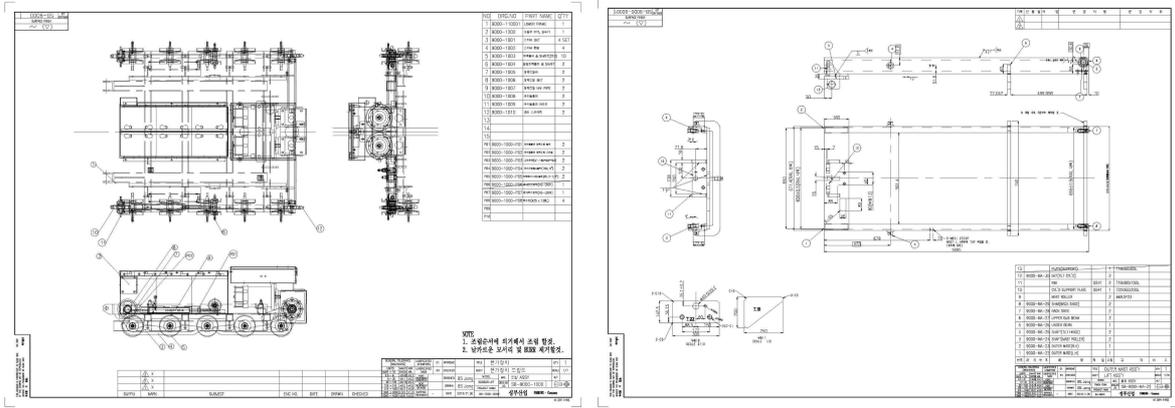


그림 26 각 파트별 조립도 (발취)

최초 설계를 토대로 여러 가지 수정 및 보완작업을 거쳤으며 현장에서 시험 운행하면서 발생하는 각종 문제점들을 파악하여 수정하고 최적설계하고자 하였다. 1차 설계에 의해 시제품을 가조립하여 체크하였으며 3D 프로그램에 의한 설계를 토대로 최종 3D 모델링 작업에 의한 검증, 구조해석을 위한 데이터 산출 등을 진행하였으며 모델링 작업 결과는 다음 그림과 같다.



그림 27 1차 시제품 가조립



그림 28 3D 모델링 작업 및 검증

최종 시작기 설계에서는 1차 시작기 시스템을 평가하면서 나타나는 문제점들을 수정 및 보완하였는데, 가변 프레임부 보강, 잦은 주행에서의 진동에 의한 궤도 벗겨짐 방지턱, 조립 간섭 방지를 위한 도면 수정, 양산 조립성 향상을 위한 어셈블리 구성 변경, 탈착형 컨트롤러 구성 등이 주요 변경 내용이다. 이외에도 현장에서 시험 운행하면서 발생하는 각종 문제점들을 파악하여 수정하고 최적 설계하고자 하였다. 다음 그림에 수정된 전체 조립도와 어셈블리면 최종 도면을 나타내었다.

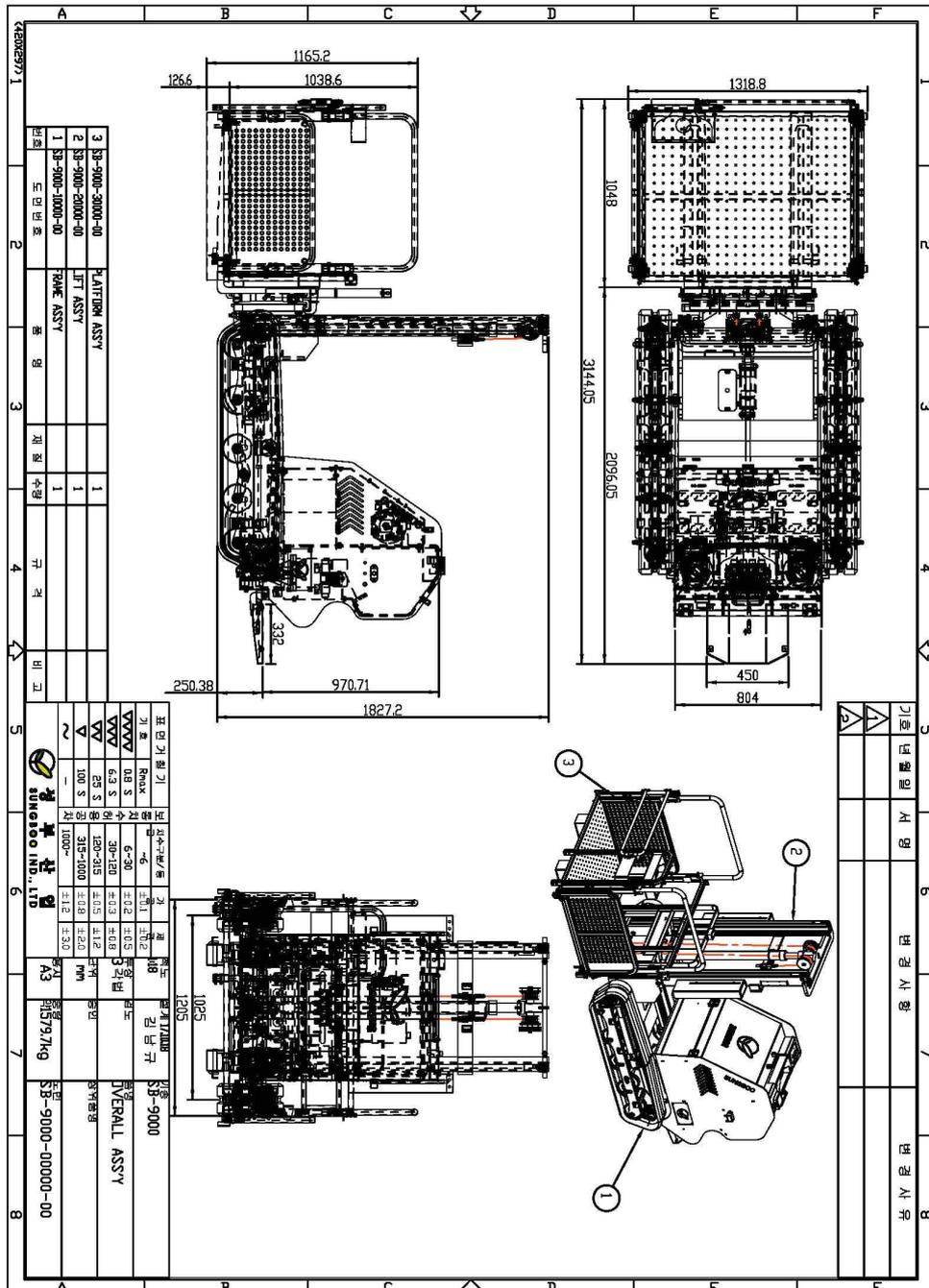


그림 29 최종시제품 설계 도면 (어태치먼트 포함)

2. 모터 선정 및 주행장치 설계, 제작

포크리프트의 모터는 앞서 용량을 선정하였으며, 당사의 기존 연구결과에 따라 경사지 힘로 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.

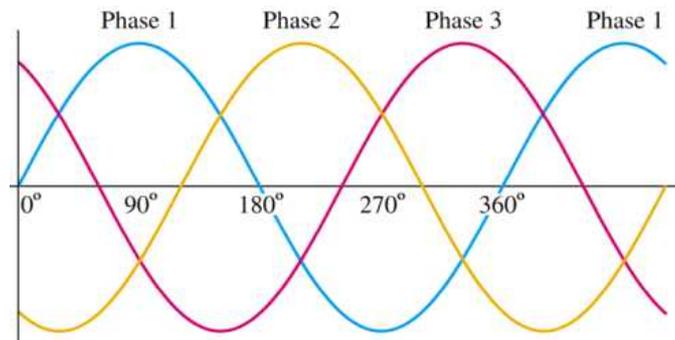


그림 33 AC 모터의 출력형태

한편, 좁은 의미의 BLDC는 구형파 형태이기 때문에 전류를 구형파 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, 농업용 포크리프트는 경사지 주행이 많고 선회반경을 좁게 함은 물론 정밀한 제어가 가능해야 하기에 AC모터를 적용하였으며, 기어박스를 제작하여 모터 드라이브를 통해 최적 연동제어가 되도록 하였다.

따라서 포크리프트는 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 외

부에 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 7 주행장치의 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 34 모터 및 감속기 조립

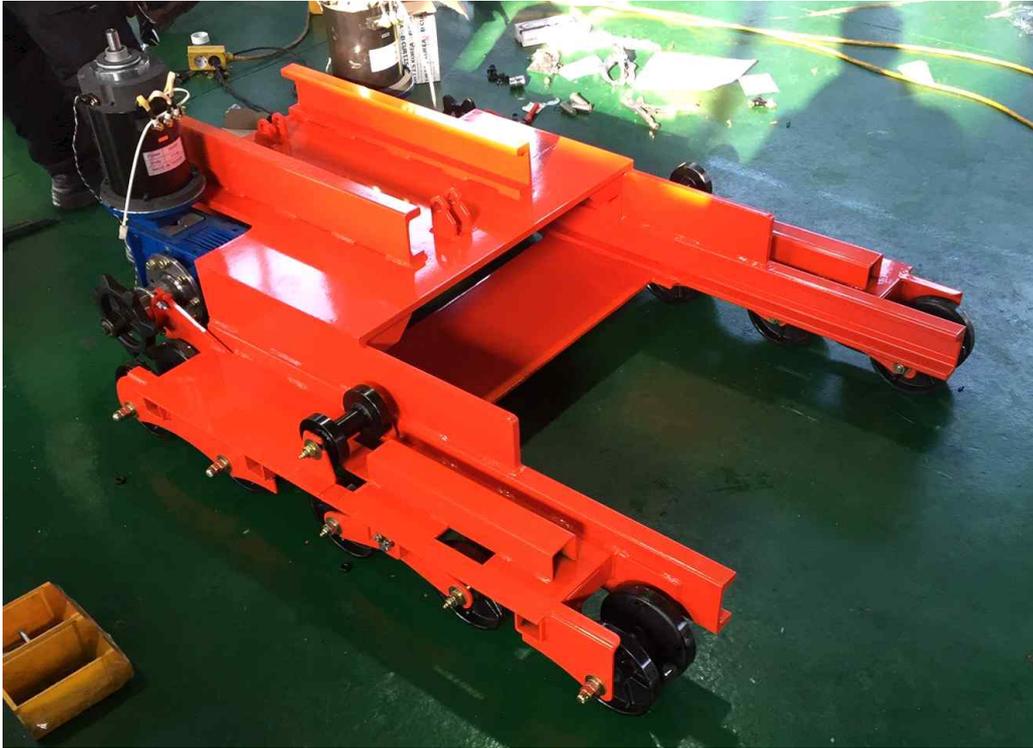


그림 35 주행 프레임부 제작

3. 포크 및 프레임 가변장치 설계, 제작

농업용 전동구동식 포크리프트는 컴팩트한 형태로 농가에서 손쉽게 사용할 목적으로 개발하였다. 따라서 구조상으로 좁은 지역에서도 충분한 주행 및 작업이 가능하여야 하기 때문에 본체의 크기가 크지 않다. 그러나 이러한 상황에서는 적재 작업 중 본체가 전도될 수도 있어 안전사고의 위험이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 무게중심에 따라 포크 및 프레임이 자동으로 전진 또는 후진하여 원활한 적재작업이 가능하도록 설계하였다.

다음 그림에서 보는 바와 같이 포크의 부하에 따라 전면의 포크부와 후면의 조작대 등의 프레임이 각각 전진 또는 후진을 함으로써 원활한 적재작업이 가능하도록 설계하여 제작하였다. 이로써 좁은 공간에서 주행이 원활하고 적재작업도 안전하게 수행할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 조절은 유압실린더와 레일을 이용하여 전후진 할 수 있도록 구성하였다.

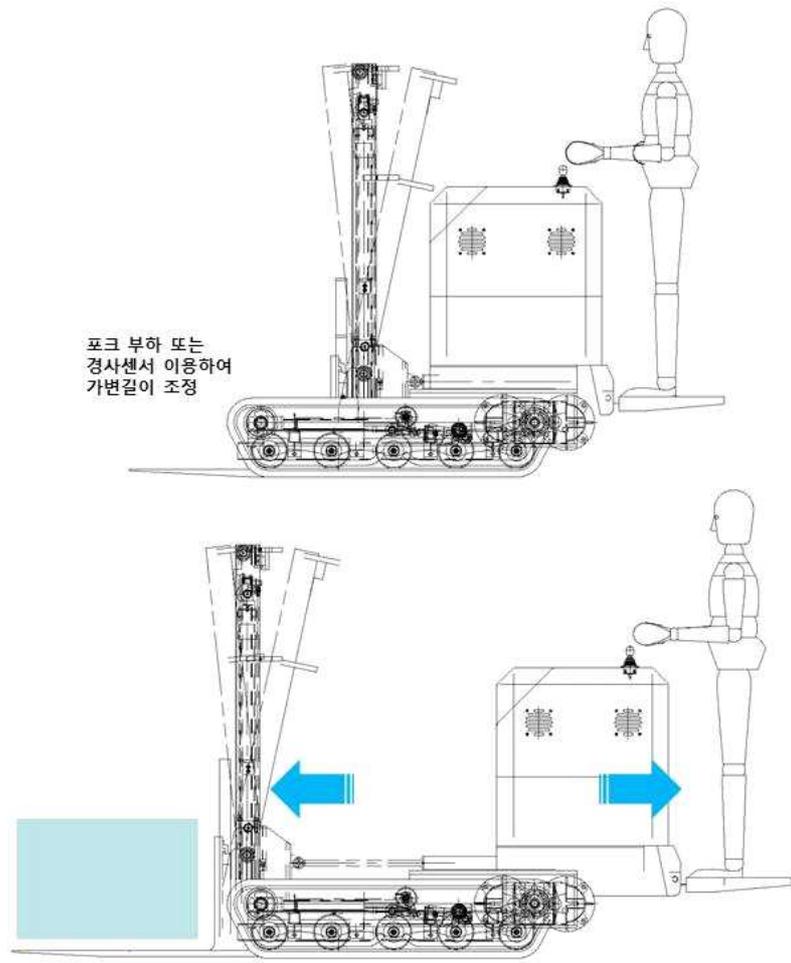


그림 36 자동 포크 및 프레임 가변장치 개념도



그림 37 포크 및 프레임 가변장치 제작

4. 포크, 마스터 레일부 설계 및 제작

전동구동형 포크리프트의 포크와 마스터 레일부 등은 현재 시판되고 있는 포크 리프트 표준품을 기본 적용하여 호환성이 있도록 설계하였다. 유압실린더 등을 이용하여 마스터 부의 각도 조절, 포크의 폭 조절이 용이하도록 구성하였으며, 표준 리프트 브라켓을 적용하여 각종 어태치먼트의 부착이 용이하도록 하였다.

다음 그림에서 보는 바와 같이 기존 규격을 따르되 폭 조절이 용이하도록 하였고 마스터 레일부는 유압실린더로 하부 프레임과 연결되어 가변 가능하도록 구성하였다.



그림 38 포크 및 마스터 레일부 제작

작업자 탑승 공간 및 배터리, 유압 파워팩 등 주요 부품이 장착되는 작업대는 마스터 레일부와 마찬가지로 유압실린더에 의해 하부 프레임과 연결되어 조절되는 구조로 제작하였다. 후면에 작업대 발판을 접이식 구조로 설치하여 원격 조작 때와 달리 탑승하여 조작할 수 있도록 하였으며 하부에 배터리 등을 장착함으로써 저중심 설계가 되도록 하였다. 또한 프레임이 가변

되는 구조이기 때문에 장착되는 배터리 관리 등이 어려우므로 후면에서 슬라이딩 방식으로 배터리 장착을 할 수 있도록 설계하여 제작하였다.



그림 39 작업대 제작



그림 40 후면 배터리 삽입구

5. 유압시스템 설계 및 제작

포크리프트에서는 마스터의 승하강 및 각도 조절, 포크 및 프레임의 가변 및 포크 간격 조절용으로 유압장치가 사용되며, 유압장치는 다음 표와 같은 사양을 가지는 H사의 파워팩을 이용하였으며 유압펌프는 DC48V 2.2kW DC모터를 적용하여 구동하도록 하였다. 다음 그림에 파워팩의 기본 구성 회로도를 나타내었으며 릴리프밸브 및 체크밸브 등 기본 유압회로를 구성하였다.

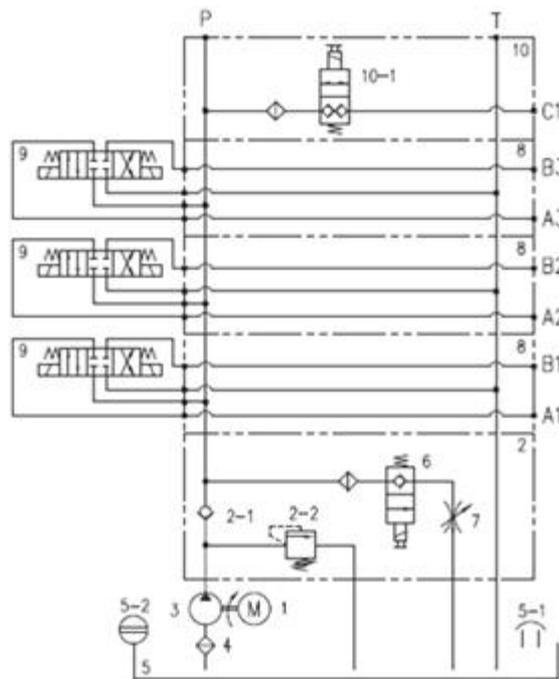


그림 41 유압회로도

표 8 유압장치 사양

항 목			특 징
작동모터	전압	V _{DC}	48
	출력	kW	2,200
유압펌프	용량	cc/rev	2.0
탱크	용량	L	8.0
성능	용량	L.P.M	5.3 (at 150bar)
유압실린더1(복동)	리프트용	행정(mm)×내경(mm)	1,240×50 (1EA)
유압실린더2(복동)	프레임 가변용	행정(mm)×내경(mm)	300×25 (1EA)
유압실린더3(복동)	포크 가변용	행정(mm)×내경(mm)	520×25 (1EA)
유압실린더4(복동)	마스터 틸트용	행정(mm)×내경(mm)	117×35 (1EA)



그림 42 유압시스템의 구성

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

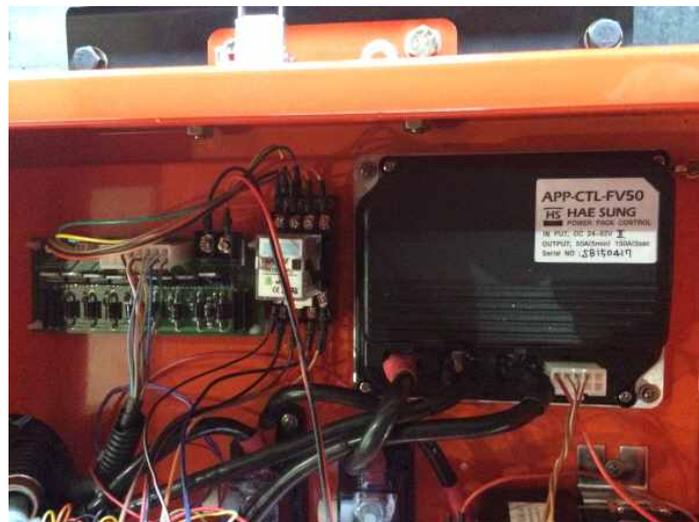


그림 43 유압장치 조절 컨트롤러 및 출력용 PCB
B/D

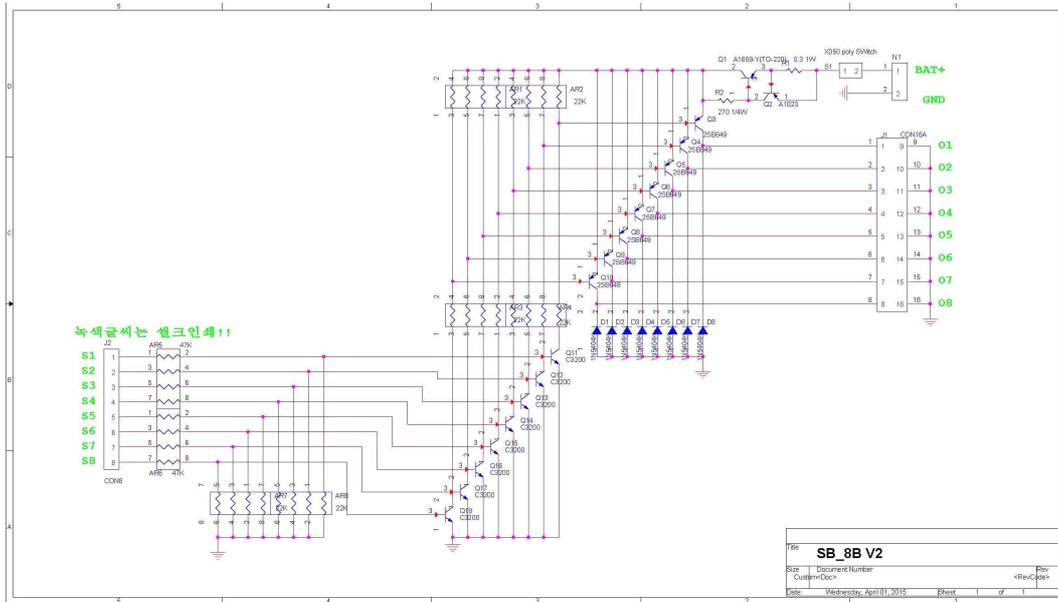


그림 44 유압 작동신호 출력용 회로



그림 45 유압장치의 제작

6. 모터 제어드라이브 및 조작 패널 설계, 제작

농업용 포크 리프트는 전동형으로 구성되었으므로 컨트롤러는 모터 드라이브와 작업자 조작 패널로 구성되어진다. 모터 드라이브는 가변이 되는 프레임 상단에 설치하였으며 부하에 따른 토크 및 속도제어 등을 담당하게 되며 제어박스 안에 파워서플라이 및 모터 드라이브, 유압 컨트롤러와 출력부와 함께 배치하도록 구성하였다.

모터 제어 드라이브는 curtis사의 AC모터 전용 드라이브인 1232E 모델을 적용하였으며 프로그래밍을 통해 두 개의 드라이버를 각각 마스터와 슬레이브로 구분지어 듀얼 구동할 수 있도록 하였다.

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

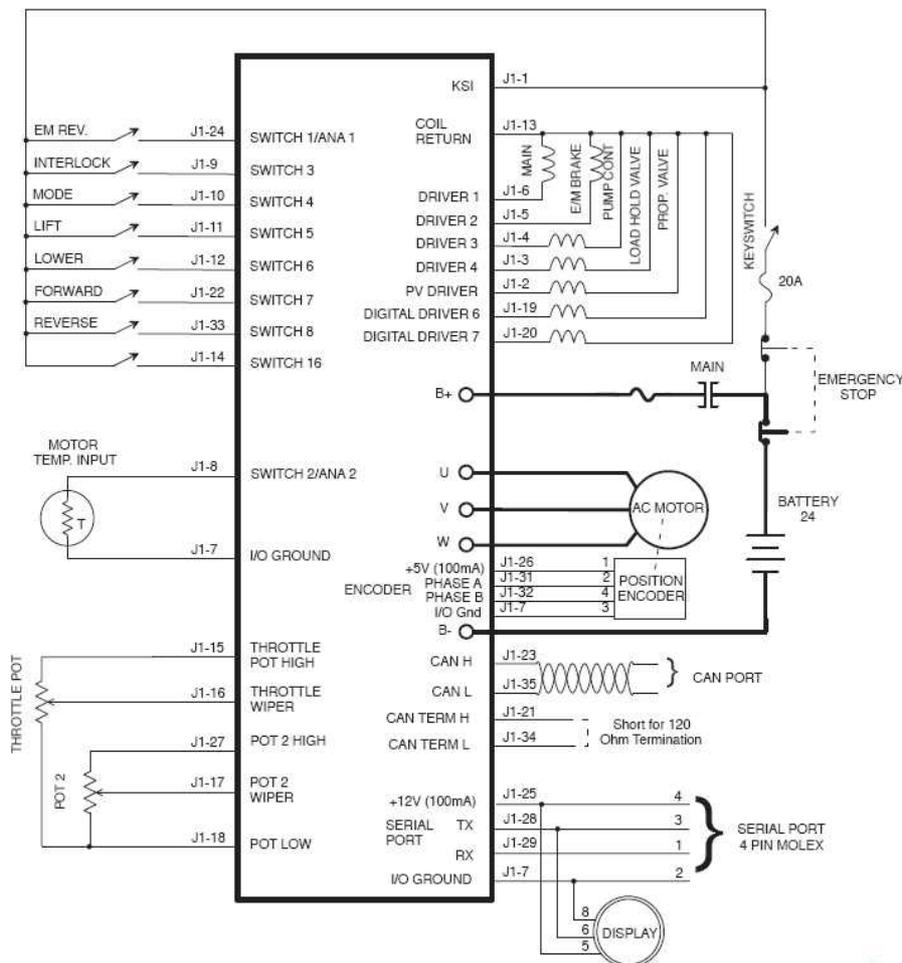


그림 46 AC모터 컨트롤러 1232E 구성도

제어시스템은 다음 그림과 같이 모터제어 드라이버, 유압제어 드라이버, 파워서플라이, 동력 퓨즈 등으로 구성되며, 모든 출력 및 제어는 Main PCB를 통해 이루어지도록 구성하였다.

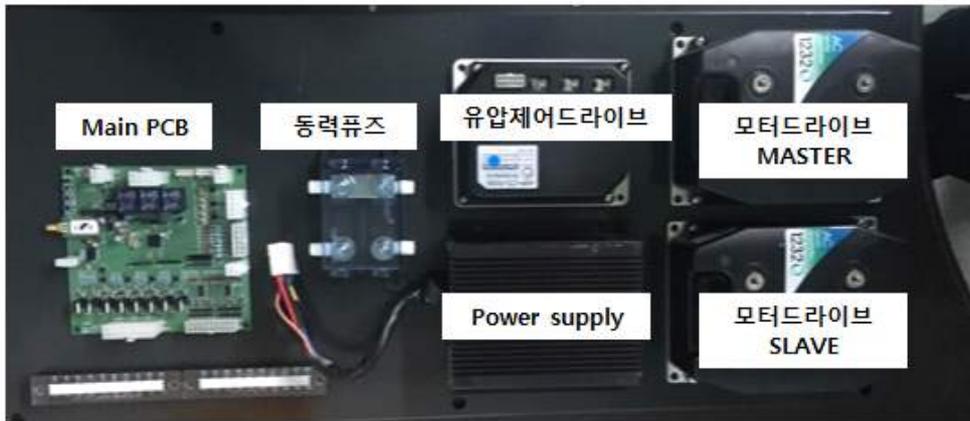


그림 47 제어시스템 배치

Main PCB에는 모터 구동, 유압구동, 블루투스 통신 모듈, 각종 출력을 제어할 수 있도록 일체로 구성하였으며 다음 그림에 메인 PCB 회로와 드라이브 구동을 위한 펌웨어 소스 일부를 발췌하여 나타내었다.

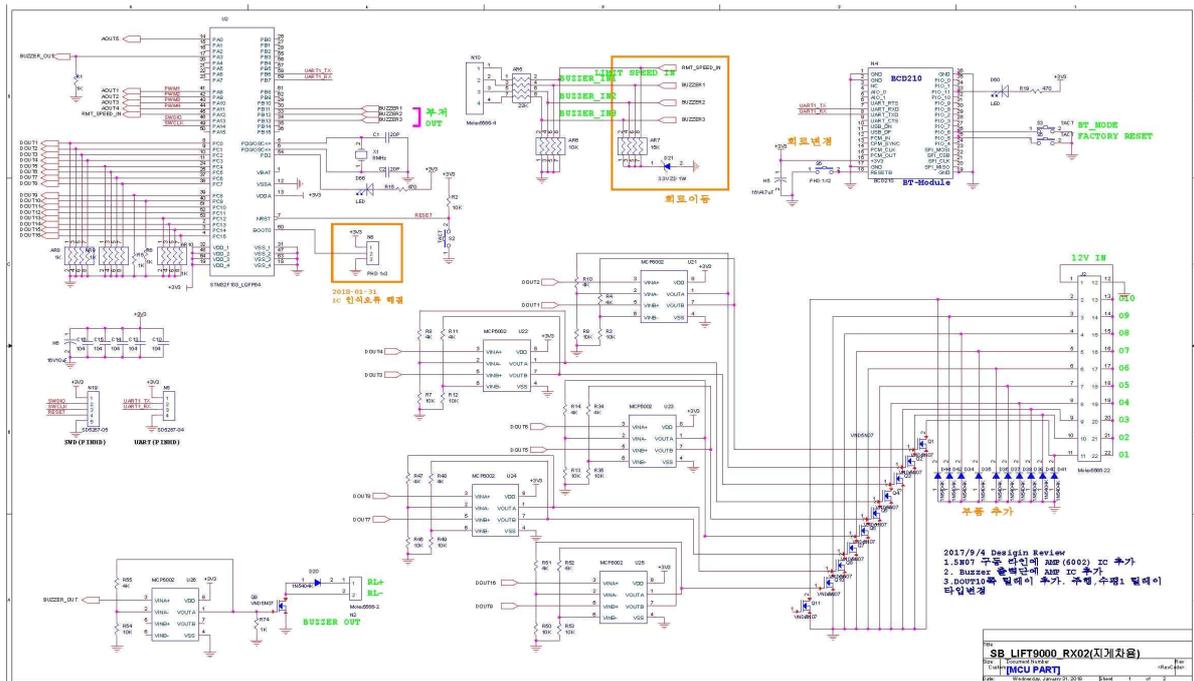


그림 48 Main PCB (MCU part) 회로도

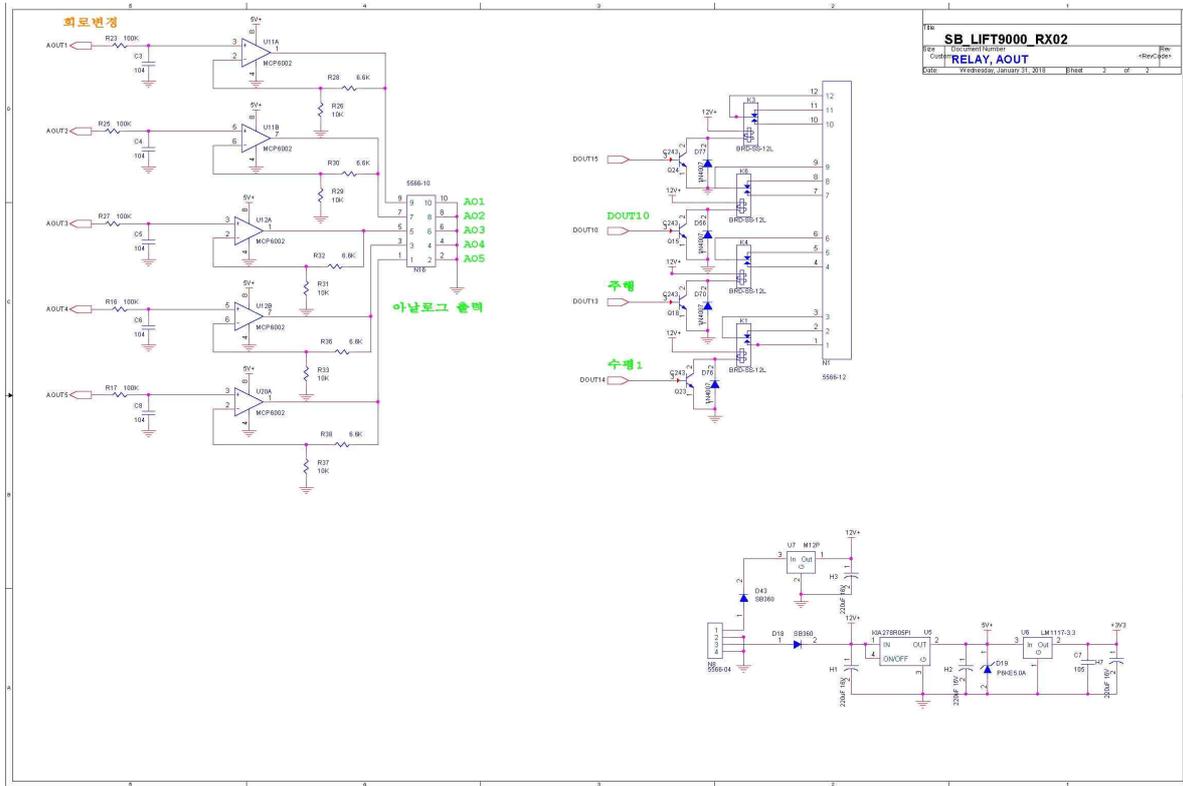


그림 49 Main PCB (Relay 등) 회로도

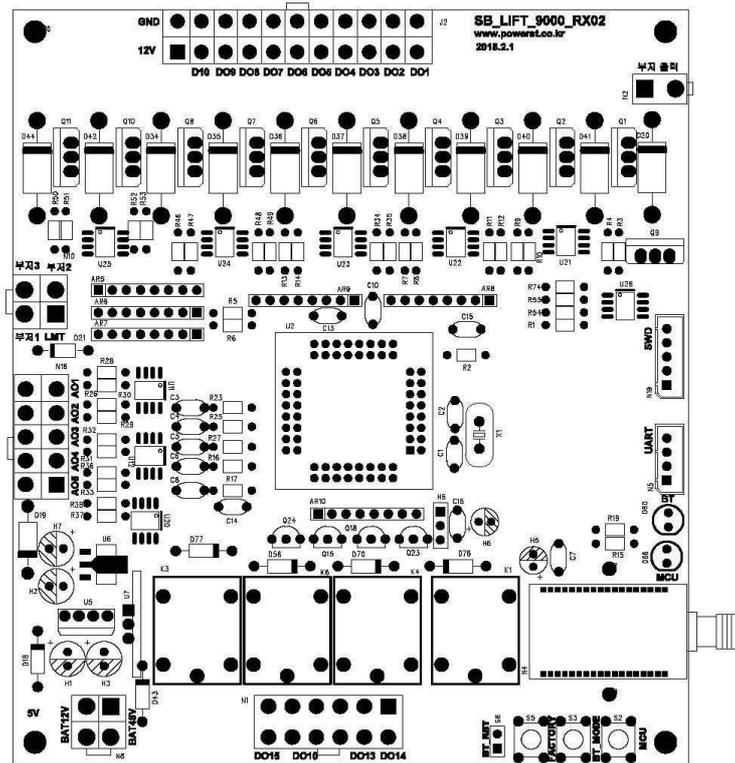


그림 50 Main PCB Artwork

```

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 51 프로그램 소스(발췌)

작업자 조작패널은 제어부 상부에 위치하며 작업자가 모든 상황을 인지하고 손쉽게 조작할 수 있도록 구성하였다. 주행조작 및 리프트 작동은 각각 1개의 조작레버를 이용해 레버의 위치에 따라 제어 드라이브로 신호를 보내 원하는 방향으로 조절할 수 있도록 하였으며, 주행속도는 레버의 조작 정도에 따라 조절될 수 있도록 하였다. 리프트의 상승 및 하강과 가변시스템은 좌측 조작레버를 이용하여 모든 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 작업자 조작 패널은 제어부 상부에 착탈이 가능하도록 하였으며, 블루투스 통신을 이용해 제어가 됨으로써 작업자가 포크 리프트에 탑승하여 조작할 수도 있고 제어 패널을 분리하여 원격 조작도 가능하도록 구성하였다. 다음 그림에 작업대 조작 패널의 회로도 등을 나타내었다.



그림 52 작업대 조작 패널 제작 (착탈 가능)

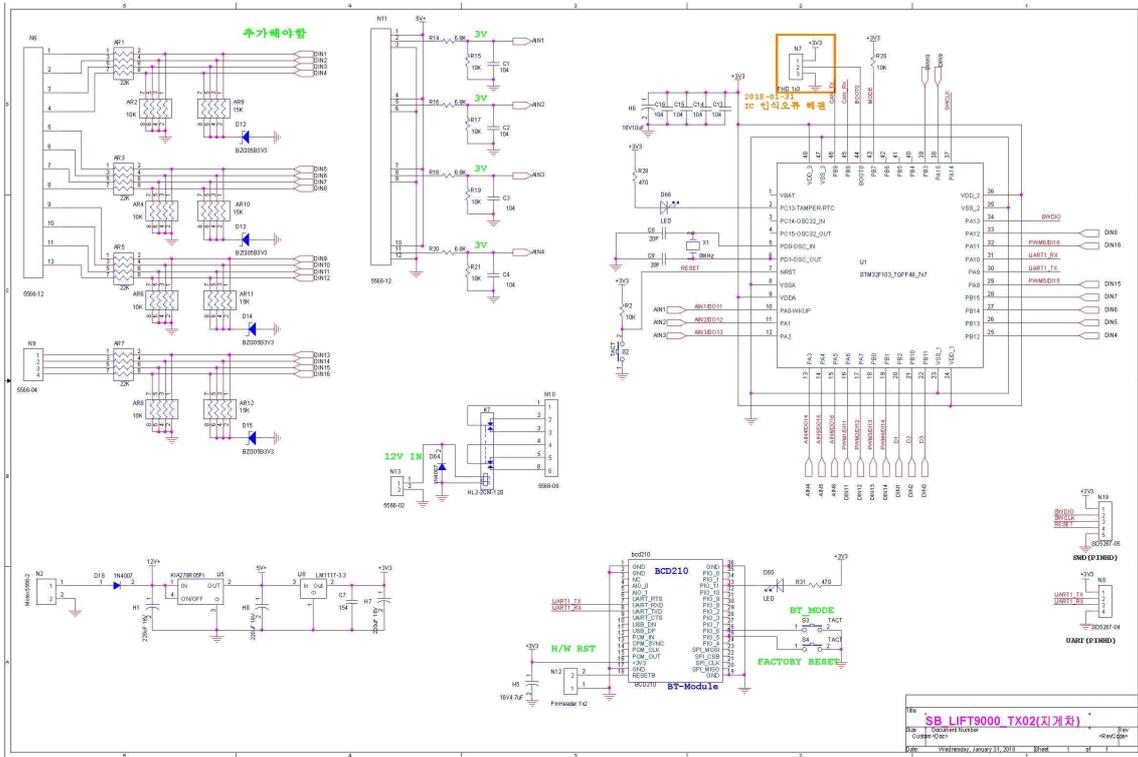


그림 53 조작 패널 회로도

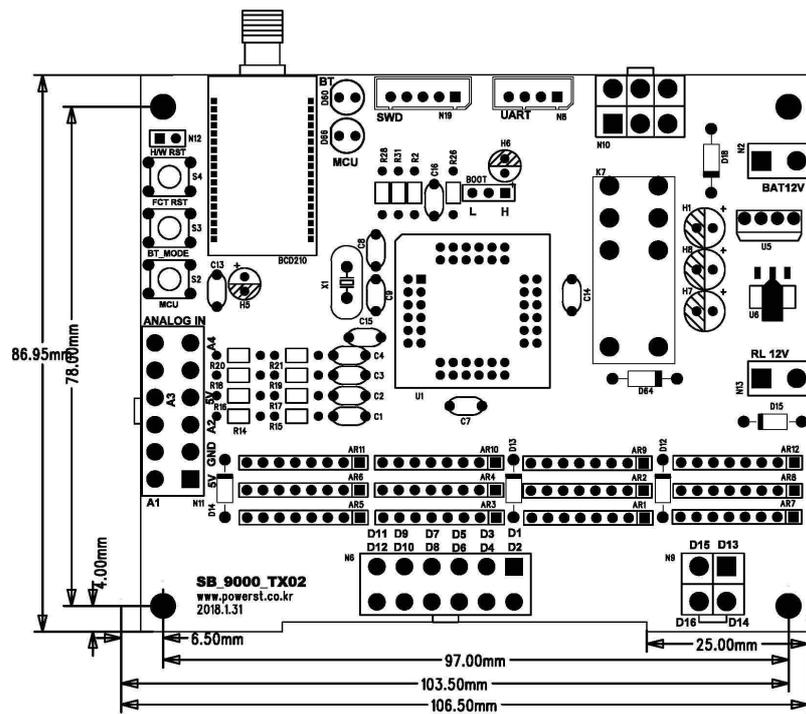


그림 54 작업대 조작 패널 PCB Artwork

7. 부가 작업대 제작

본 과제 수행 중 제품화를 위한 인증 과정에서 포크리프트 자체로는 농업용으로 검정이 이루어지지 않아 부가 작업대를 부착하여 고소작업대로 검정을 실시하였다. 포크부에 부가 작업대를 설치하여 분리 가능한 구조로 제작하였으며, 포크리프트의 원활한 작업 및 고소작업도 가능한 다목적용으로 상품화하였다.

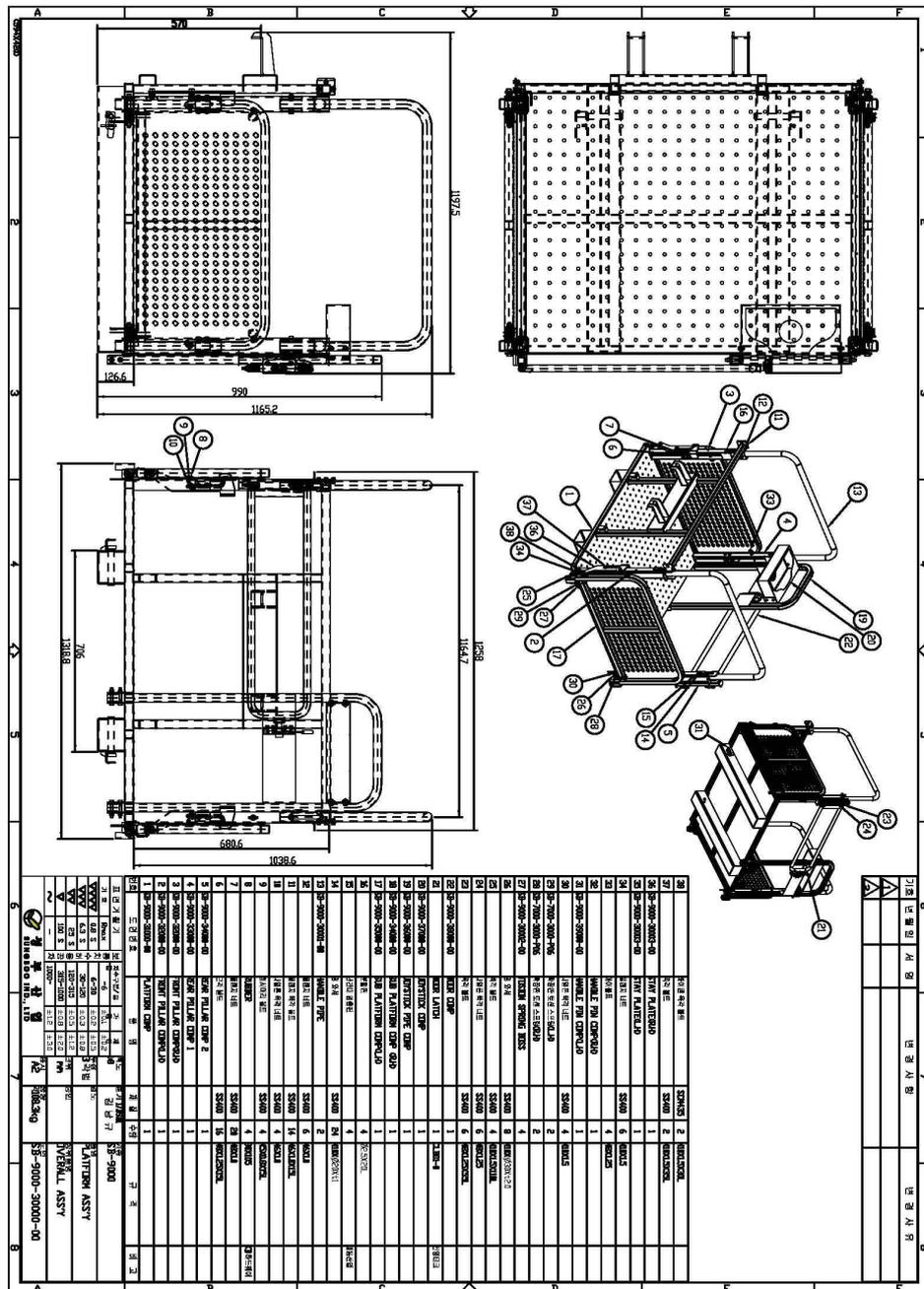


그림 55 포크리프트 어태치먼트부 도면

제 3 절 구조해석 및 안정성 평가

1. 포크리프트 포크 구조 해석

가. 기본 설계에 의한 모델링

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



그림 56 포크리프트 주요부 3D 모델링

나. 유한요소 생성 및 해석조건

포크리프트 포크 및 포크 체결부의 유한요소 생성 결과 Element는 14,124개이며, Node수는 29,378개이다.

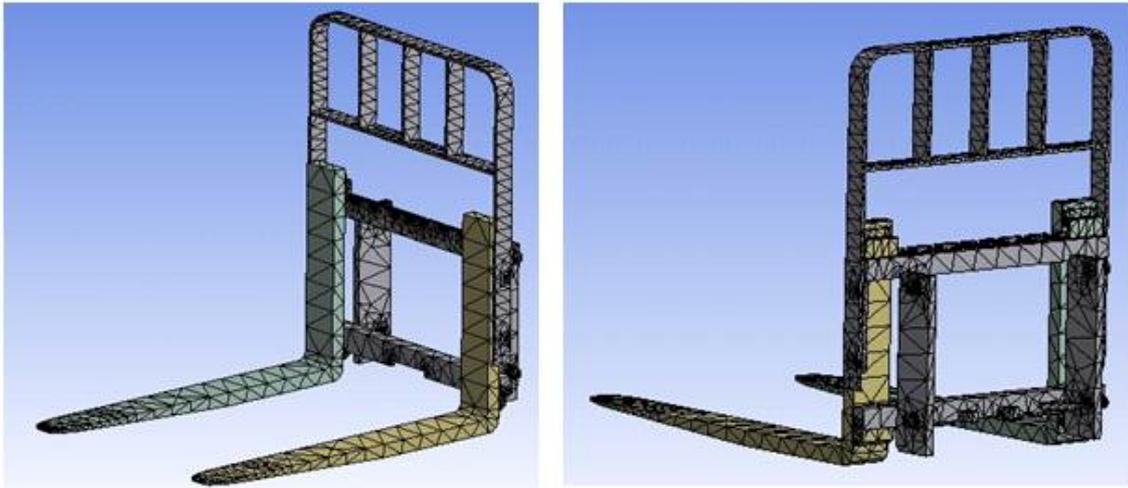


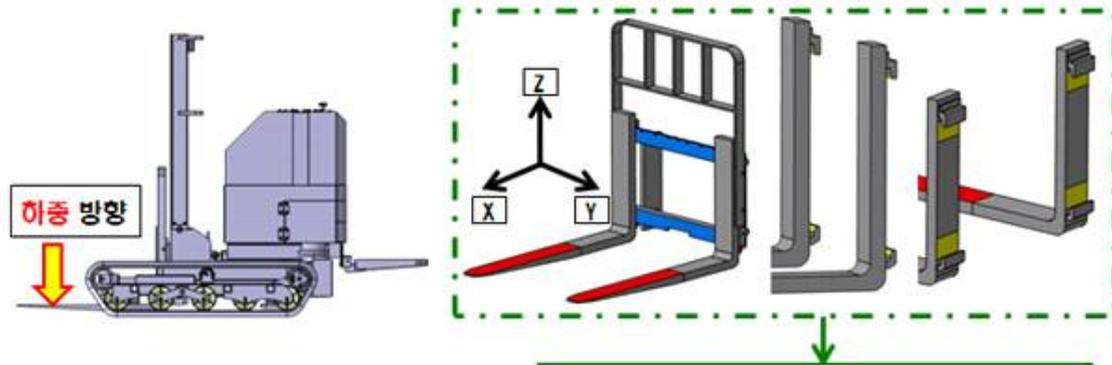
그림 57 유한요소 모델링 형상

해석에 사용된 재질은 포크와 포크 체결 구조물로 분리하여 적용하였는데 포크는 SCM440, 포크 체결 구조물은 SS400이며, 기계적 성질은 아래 표에서 보는 것과 같다.

표 9 해석대상 재료의 물성치

재질명	탄성계수 (GPa)	프아송비	항복강도 (MPa)	밀도 (kg/m ³)	비고
SCM440	205	0.3	980	7,850	-
SS400	200	0.26	410	7,800	

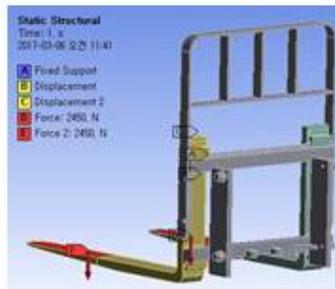
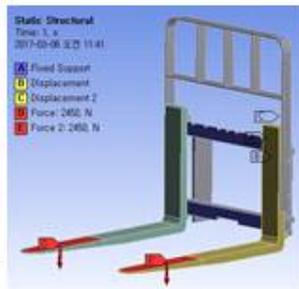
경계조건은 실제 포크리프트에서 발생하는 조건을 고려하여 적용하였다. 하중은 포크리프트의 자중과 적재 하중을 고려하였으며, 아래 그림에서 하중 방향과 경계 조건을 확인할 수 있다. 포크 구조 해석은 포크리프트가 운용될 때 하중이 포크에 접촉되는 면적 분포를 가정하여 변위와 응력에 대해 분석하였다.



Boundary condition
 노랑색 면 : X axis fixed, Y-Z axis free
 파란색 면 : contact surface fixed
 빨강색 면 : Loading surface (500kg at 50%, 70% area)

Static Structural
 Time: 1, s
 2017-03-06 오전 11:41

- A** Fixed Support
- B** Displacement
- C** Displacement 2
- D** Force: 2450, N
- E** Force 2: 2450, N



Displacement 2
 Time: 1, s
 2017-03-06 오전 11:43

- Displacement 2**
 Components: 0, Free, Free mm

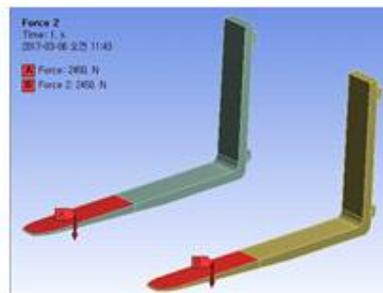
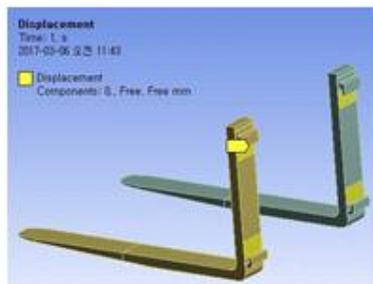


그림 58 포크리프트 포크의 경계 조건

다. 구조해석 결과

포크 면적 50%에 하중 500kgf를 적용하였을 때 최대응력과 최대변위는 다음 그림과 같으며, 이 때 최대응력은 76.1MPa이며, 최대변위는 6.9mm이다.

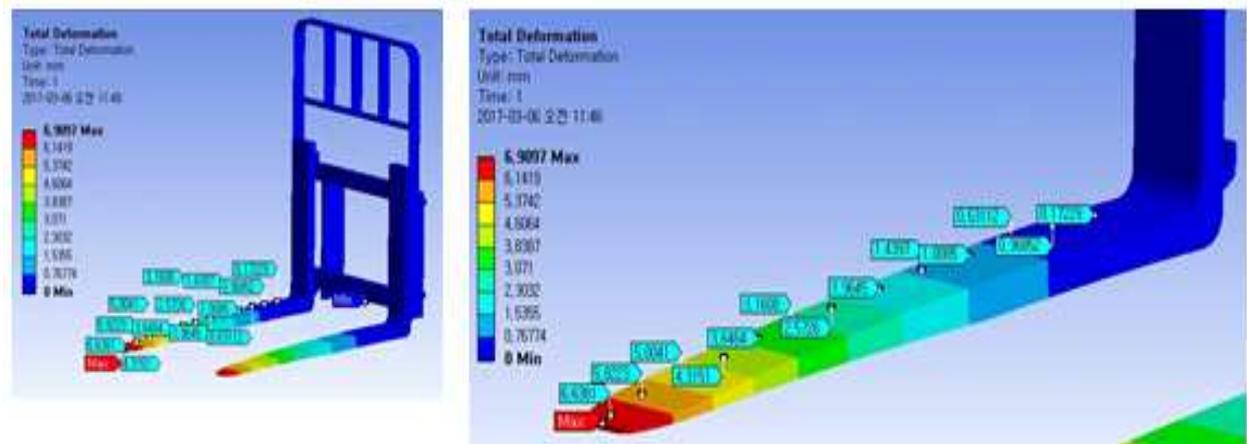


그림 59 포크면적 50%, 하중 500kgf 에서의 변위 해석 결과



그림 60 포크면적 50%, 하중 500kgf 에서의 응력 해석 결과

이 때의 최대 변형응력(MAX. Von-mises Stress)은 다음 그림과 같이 73.9MPa로 나타나 포크 재질 항복강도(70%)의 약 10.7%로 나타나 안전한 것으로 판단된다.

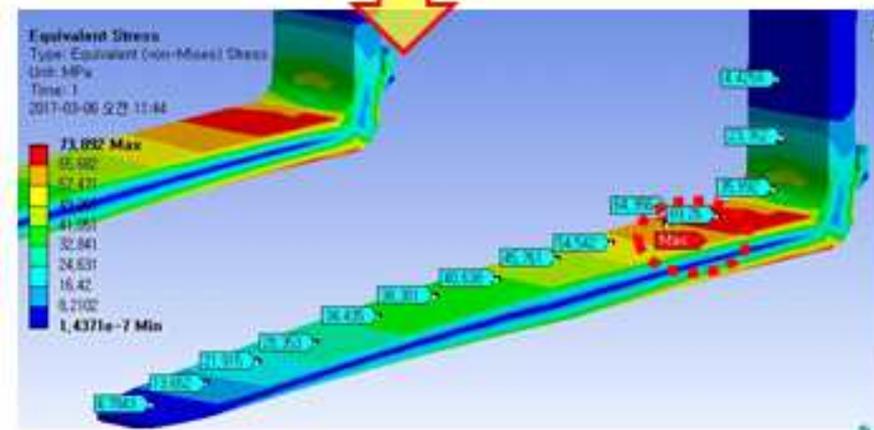
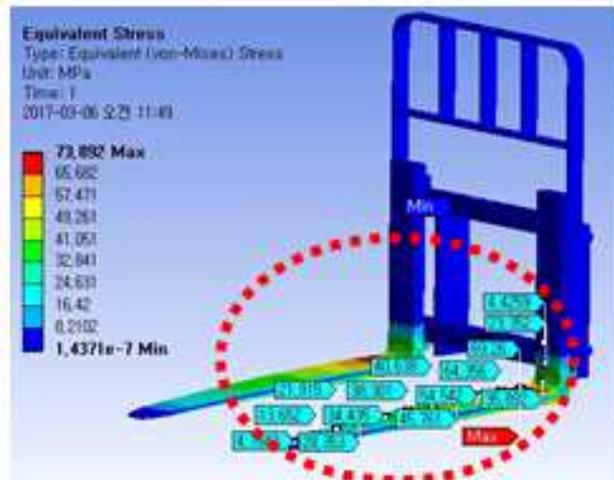


그림 61 포크면적 50%, 하중 500kgf 에서의 최대 변형응력

포크 면적 70%에 하중 500kgf를 적용하였을 때 최대응력과 최대변위는 다음 그림과 같으며, 이 때 최대응력은 63.3MPa이며, 최대변위는 5.5mm이다.

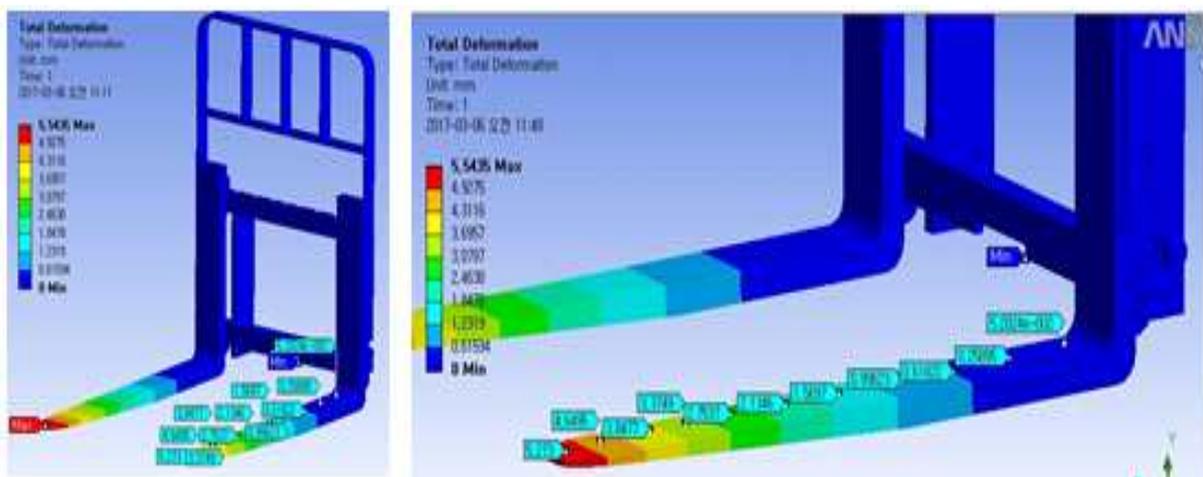


그림 62 포크면적 70%, 하중 500kgf 에서의 변위 해석 결과

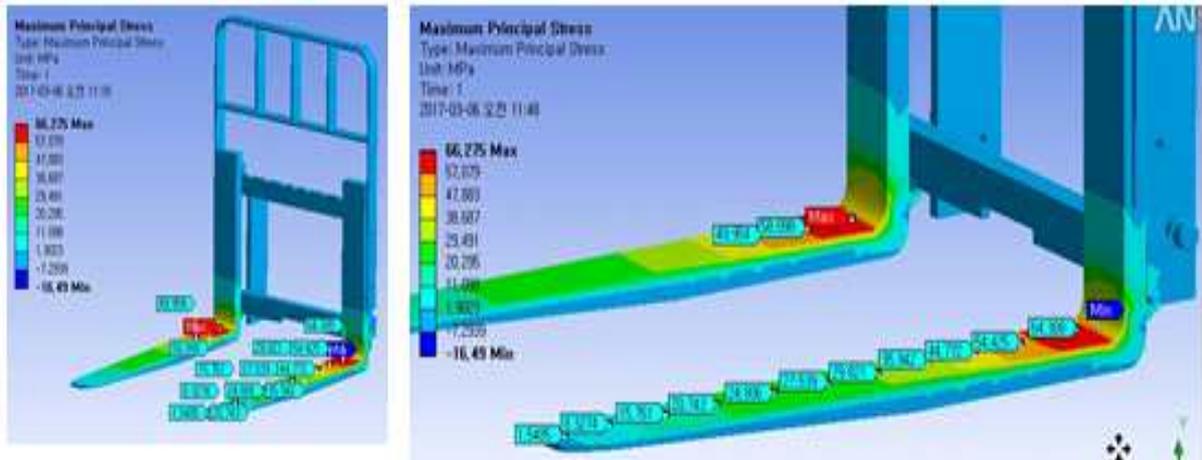


그림 63 포크면적 70%, 하중 500kgf 에서의 응력 해석 결과

이 때의 최대 변형응력(MAX. Von-mises Stress)은 다음 그림과 같이 63.5MPa로 나타나 포크 재질 항복강도(70%)의 약 9.3%로 나타나 역시 안전한 것으로 판단된다.

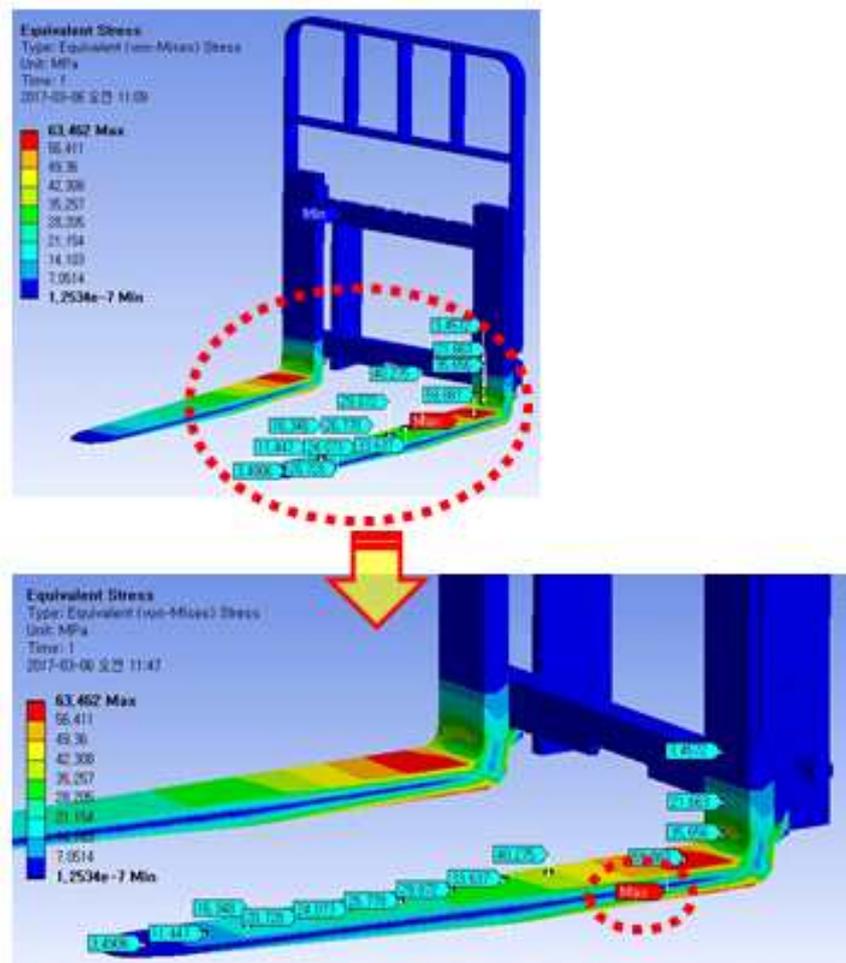


그림 64 포크면적 70%, 하중 500kgf 에서의 최대 변형응력

2. 포크리프트 무게중심 분석

가. 포크리프트 원점의 무게중심

전동 포크리프트의 가변 포크 및 프레임 조작을 위해 각 위치별 무게 중심 분석을 실시하여 설계의 기초자료로 활용하였다. 먼저 포크리프트 원점의 무게중심을 분석하였다.

먼저 포크가 최대 후진하고 운전석이 고정되었을 경우의 무게중심 위치는 다음 그림과 같이 바닥면 기준 453mm 지점, 무한궤도 측면 기준 586mm, 운전석 끝단 기준 1.294mm에 위치하는 것으로 나타났다. 이 때 포크리프트의 총 중량은 1,310kg로 적용하였다.

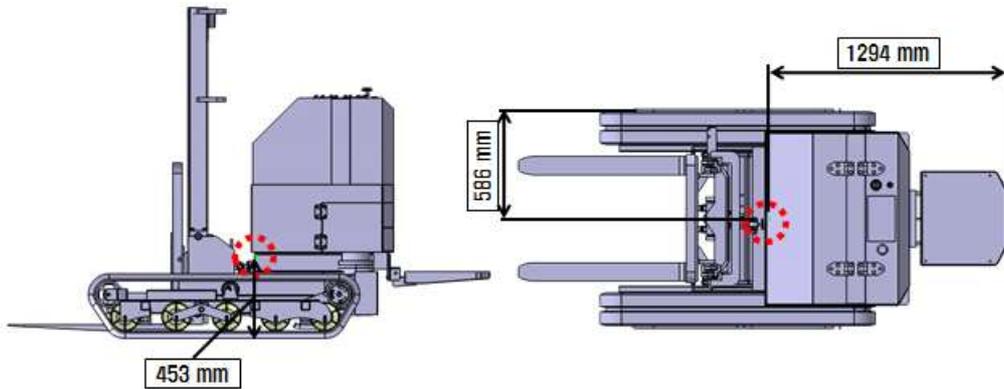


그림 65 포크 최대 후진 및 운전석 고정 시 무게중심 위치

나. 포크리프트 무게중심 분석

포크 및 프레임(운전석)의 위치, 하중 상태 등에 따른 무게 중심의 변화를 분석하였으며, 원점의 무게중심을 기준으로 다음 그림과 같은 방향을 기준으로 그 변화량을 다음 표에 요약하였다.

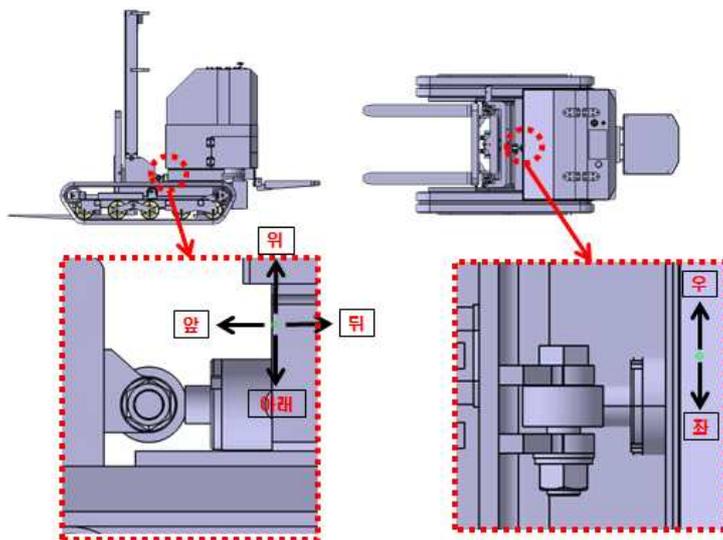


그림 66 원점의 무게중심 대비 기준 방향

표 10 포크리프트의 무게중심 변화 요약

항목		원점 무게중심 대비 이동된 무게중심 거리				
시험 조건	세부조건 (하중 500kg)	앞(mm)	뒤(mm)	위(mm)	아래(mm)	비고
운전석만 최대 후진	공차 상태	0	119	0	0	
	포크 면적 50% 하중	256	0	0	69	
	포크 면적 70% 하중	234	0	0	77	
포크 최대 전진 운전석 최대 후진	공차 상태	109	0	0	0	
	포크 면적 50% 하중	506	0	0	69	
	포크 면적 70% 하중	484	0	0	77	
포크 최대 전진/상승 운전석 최대 후진	공차 상태	109	0	303	0	
	포크 면적 50% 하중	506	0	793	0	
	포크 면적 70% 하중	484	0	785	0	
포크 최대 전진/상승/전경사 운전석 최대 후진	공차 상태	145	0	299	0	
	포크 면적 50% 하중	588	0	765	0	
	포크 면적 70% 하중	564	0	760	0	
포크 최대 전진/상승/전경사	공차 상태	195	0	300	0	
	포크 면적 50% 하중	625	0	765	0	상사점
	포크 면적 70% 하중	602	0	760	0	
포크 최대 전진/상승	공차 상태	159	0	303	0	
	포크 면적 50% 하중	543	0	793	0	
	포크 면적 70% 하중	521	0	785	0	
포크 최대 전진	공차 상태	159	0	0	0	
	포크 면적 50% 하중	543	0	0	69	
	포크 면적 70% 하중	521	0	0	77	
포크 최대 후경사 운전석 최대 후진	공차 상태	0	58	2	0	하사점
	포크 면적 50% 하중	266	0	0	21	
	포크 면적 70% 하중	246	0	0	33	

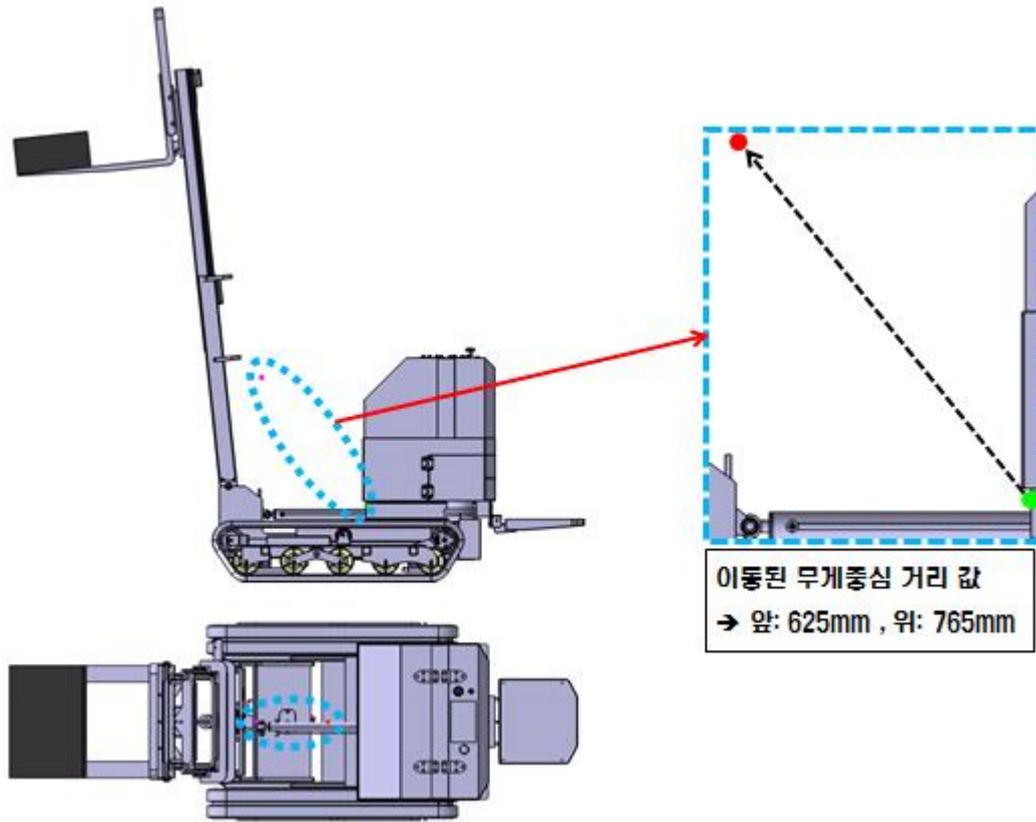


그림 67 무게중심 최대 이동 상태
(포크 최대 전진, 최대 상승, 최대 전경사, 면적 50%에 500kgf 하중)

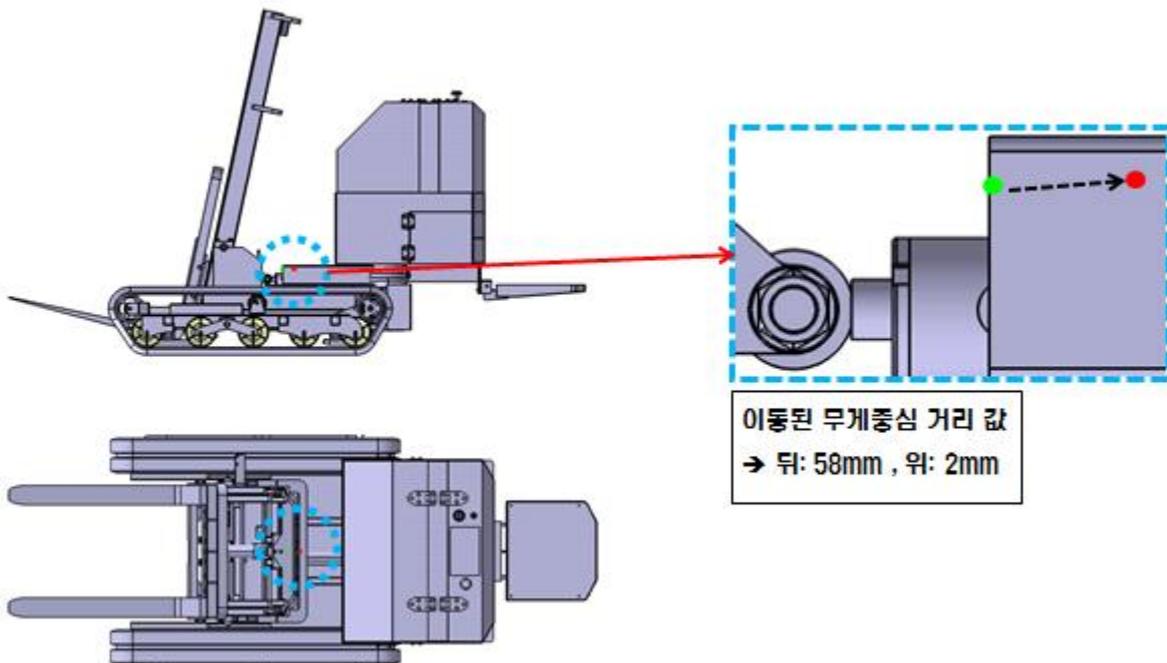


그림 68 무게중심 최소 이동 상태
(포크 최대 후경사, 운전석 최대 후진, 공차 상태)

제 4 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. 최종 시제품의 사양은 아래 표에 나타내었다.



그림 69 최종 시제품의 제작



그림 70 포크리프트 현장 시험

표 11 지게차의 최종 사양

구 분		정량적 목표 (제품사양)
구조	주행모터	AC모터 DC48V 1.6kW 2EA 독립구동
	감속기	50:1
	구동형식	무한궤도식
	기체크기(mm)	3,030×1,310×1,830
	기체중량(kg)	1,310 (작업대 포함 1,517)
	유압시스템	DC48V 2.2kW, 5.3LPM
성능	인양능력(kg)	500
	속도(km/h)	3.0 (무단변속)
	리프팅 높이(mm)	2,530
	조향 컨트롤	블루투스 원격제어 / 단일 다기능 레버
	포크 가변길이(mm)	520
	최대전도(%)	20
	연속 사용시간(hr)	3
	기타 작업	고소작업 장치 탈부착 가능

2. 시제품의 검정 및 상품화

개발된 시제품은 농업용 지게차로 등록이 불가하여 다목적 고소작업차로 다음 그림과 같이 농업기술실용화재단을 통하여 제품 검정을 실시하였다.

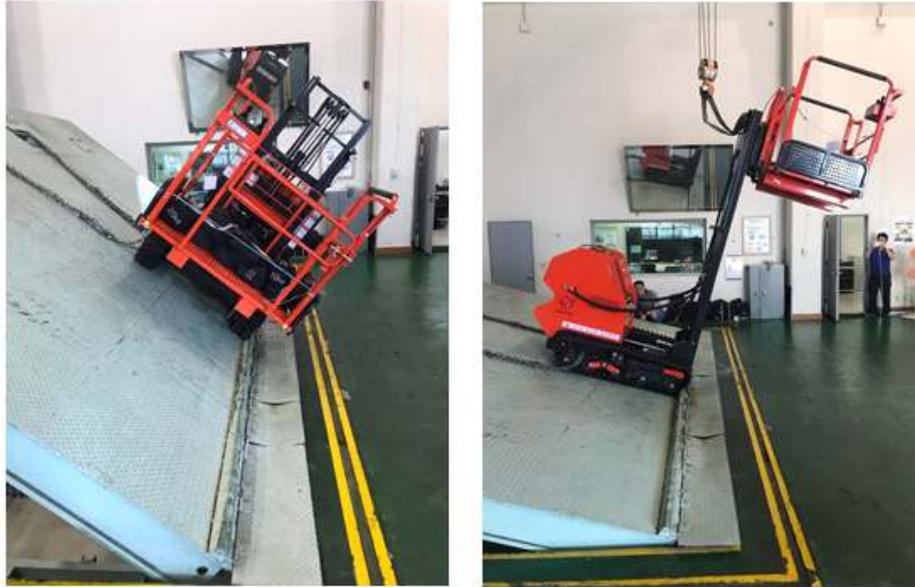


그림 71 최종 시제품의 검정

농업기술실용화재단

농업기술실용화재단

승인: 승무산업 대표 심준만 귀하 (갑부)

제목: 농업용고소작업차 안전검정 결과발령

1. 2017.8.21.자로 귀사에서 안전검정 신청한 다목적 농업기계류의 검정결과를 발령과 같이 알려드립니다.

과목명	종이번호	형식	규격 (기준규격)	원장번호	원장번호
농업용고소작업차	SB-9000	수직상하형 무한배도식	750 mm (한원차 표준)	17-425-136	확정

2. 이발령, 최종발 검정확인서 공문은 검정결과 확인일로부터 30일 이내의 대표자 명의의 인수증명 제출하고 상대거시기 바랍니다.

발령 농업기계 안전검정 확인서 1부 공.

◆ 농업기계 사후관리 안내
본 확인서 뒷면의 시 점검 사항과 동일한 경우 농업기계안전관리원 홈페이지 또는 고객센터로 문의할 수 있습니다. 사후관리 거시기 O일한 경우 "농업용기계안전관리원" 홈페이지 또는 고객센터로 문의 또는 검정을 취소할 수 있음"을 안내합니다.

농업기술실용화재단 이사장

2017년 09월 14일

제 FACT17-001 호

농업기계 안전검정 확인서

1. 신청일
가. 신청 : 불만민
나. 사업등록번호 : 2017-42-43338
다. 주소 : 경상북도 영주군 세원읍 풍산로 220
라. 상호 : 상부산업

2. 검정-유도의 제품
가. 제품명 : 농업용고소작업차
나. 모델명 : SB-9000
다. 제조사 : 수직상하형 무한배도식, 최대세속 100 mm (공칭) (인식)

3. 검정결과 : O (합격)

"농업기계류 안전검정" 제3호 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3호에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 안전검정 결과 관련 기준에 적합함을 확인합니다.

농업기술실용화재단 이사장

2017년 09월 14일

그림 72 검정확인서 (SB-9000)

지게차

최대상승 2,500mm

최대확장 520mm

작업폭

전경 6°

후경 12°

주요 특징

- ▶ 밭·부착형 작업대
- ▶ AC 모터 정학
- ▶ 무선 리모콘 (블루투스용 활용한 원격 조작)

경북 칠곡군 왜관읍 공단로 203 TEL. 054) 977 3838 FAX 054) 977 3830
 SUNGBOO IND.,LTD URL: www.isungboo.com Email: sungboo@isungboo.com

* 상기 사양은 제품 품질 향상을 위하여 예고없이 변경될 수 있습니다. 무단복제 기재시 법적 책임이 따릅니다.

SB-9000 다목적 고소작업차

SUNGBOO IND.,LTD > 지게차, 운반차, 고소작업차 기능을 한꺼번에 사용할 수 있습니다.

운반 및 고소작업차

1,320mm

1,860mm

최대상승 2,530mm

작업폭 520mm

사양 / Specification	
차량 크기(mm)	(전장 X 폭 X 높이) 2,680 X 1,320 X 1,830
차량 무게	1,300 kg
속도	3.6 Km/h
전원	48 V
적재량	700 kg

www.isungboo.com

그림 73 제품 홍보 브로슈어 제작(발취)

3. 제품 홍보

- 2017년 4월 4일~7일, 2017 상주국제농업기계 박람회 전시
- 2017년 4월 17일 농민신문 등 언론에 포크리프트 전시 기사 게재



그림 74 2017 상주 국제농업기계박람회 참가

4. 기술 실시계약 및 사업화 실적

가. 기술 실시계약 체결

- 기술료 감면 승인 및 기술료 납부 후 실시계약 체결

(전담기관 공문 : 첨단가축질병팀-1960, 2017.12.29.)

농림식품 과학기술을 선도하자



농림식품기술기획평가원



수신자 (주)성부산업대표이사
(경유)
제목 기술료 감면 승인 알림

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 기술료 감면 신청((주)성부산업 SB1211-01호(2017. 12. 11.))과 관련됩니다.

3. 귀 기관에서 요청한 기술료 감면 건에 대해 아래와 같이 승인하오니, 불임의 후속 조치사항을 참조하시어 기술실시보고서 제출 및 기술료 납부에 차질이 없도록 조치하여 주시기 바랍니다.

가. 승인내역

사업명	과제명	연구기관 /실시기업	정부출연금	당초기술료	최종 기술료
첨단	다목적 전동구동식 농용 프크리프트 개발	(주)성부산업 /성부산업	325,000천원	32,500천원	4,550천원 (연구과제 참여시 80% 감면, 일시납 추가감면 30% 적용)

그림 75 전담기관 기술료 감면 승인 공문

나. 사업화 매출 실적

본 사업 결과물을 토대로 제품화한 1개 모델에 대해 2017년 12월 11일 실시 이후 2018년 2월초까지 판매한 실적을 집계하였다.

-SB-9000 : 문경대리점 외 7대 판매 119백만원 매출

표 12 사업화 성과 (예상 목표)

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	1.1억원
			향후 3년간 매출	200억원
		관련제품	개발후 현재까지	1.1억원
			향후 3년간 매출	300억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 1%
			향후 3년간 매출	국내 : 50%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 1%
			향후 3년간 매출	국내 : 55%

5. 대표 연구실적

가. 학술발표

- 전동 구동식 궤도형 포크리프트 개발

장영윤(성부산업), 김준태(가톨릭관동대), 이상식(가톨릭관동대)

한국정보전자통신기술학회 춘계종합학술발표회 논문집 10(1) p.p. 357~359

- Center-of-gravity simulation of forklift using SolidWorks

Park Won-Yeop, Jang Yeong-Yun, Kim Jun-Tae, Lee Sang-Sik

INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION CONVERGENCE TECHNOLOGY

- Development of smart control forklift using center-of-gravity analysis of small forklift

Park Won-Yeop, Jang Yeong-Yun, Kim Jun-Tae, Lee Sang-Sik

Bio-Science and Bio-Technology (BSBT 2018)



그림 76 학술발표 논문(발췌)

나. 특허출원

- 명칭 : 무한궤도륵이 적용된 농업용 지게차 (기출원)
출원번호 : 10-2016-0100825 (2016.08.08.)
- 명칭 : 밸런스 조절이 가능한 지게차
출원번호 : 10-2016-0184224 (2016.12.30.)
- 명칭 : 저상 탑승이 가능한 고소작업차
출원번호 : 10-2017-0043059 (2017.04.03.)
등록번호 : 10-1811173 (2017.12.14.)
- 명칭 : 고소작업차
출원번호 : 30-2017-0015739 (2017.04.05.)
등록번호 : 30-0938317 (2017.12.27.)
- 명칭 : 캐터필러를 구비한 농업용 지게차
출원번호 : 10-2017-0171840 (2017.12.14.)

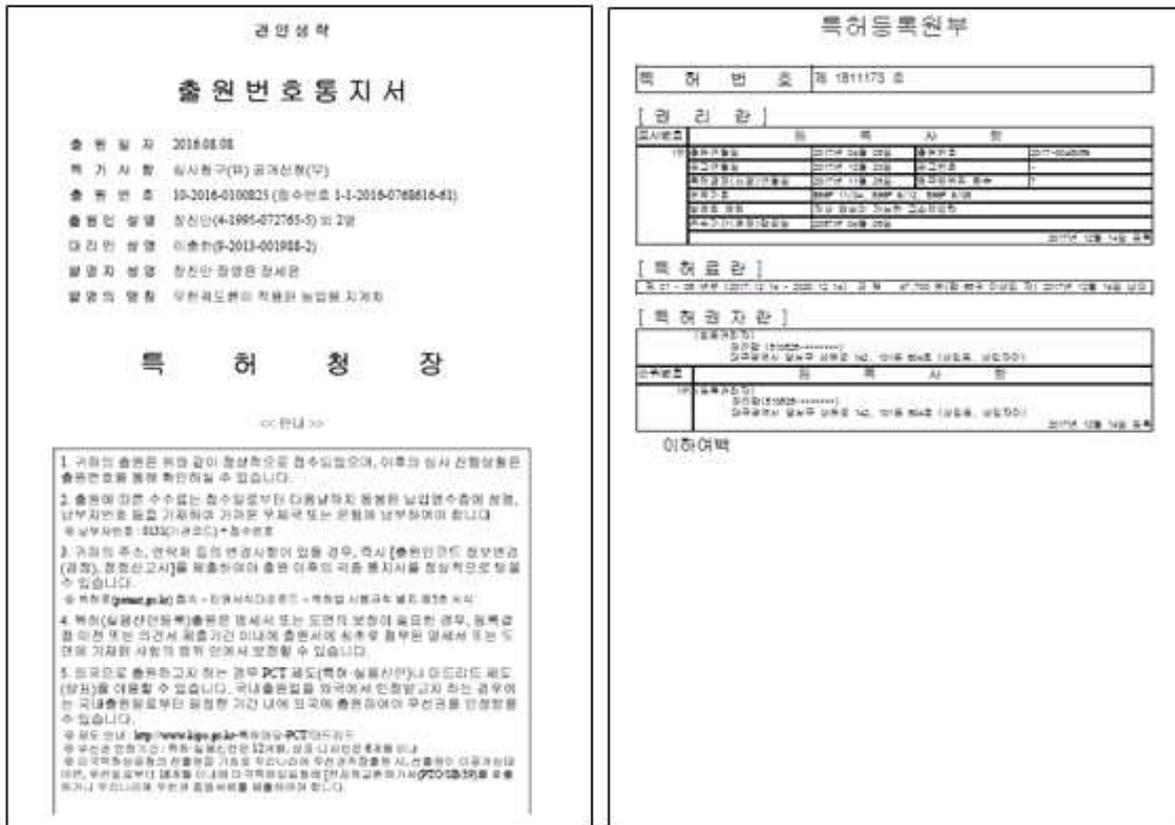


그림 77 특허출원서 및 등록원부(발취)

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
------	------

제 1 절 목표 달성도

포크리프트 개발에 대해 다음과 같은 목표를 토대로 최종 시제품을 설계 및 제작하였으며, 안전검정 및 자체 성능시험을 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 13 평가의 착안점 및 결과

항목	세부평가항목	가중치 (%)	개발목표치	개발결과
구조 및 성능	인양능력	10	500kg 이상 (안정성 확보)	500kg 이상에도 문제가 없었으나 농업용으로는 고소작업대 기준에 맞추어 상품화
	구동방식	10	독립구동 무한궤도식	듀얼모터 독립구동
	최대속도	5	4km/h 이내	0~3km/hr 변속
	리프팅 높이	10	2,300mm 내외	2,530mm
	조향 컨트롤	5	단일 다기능 레버	블루투스 다기능 레버
	동력취출장치	5	보조유압	보조유압(옵션)
	연속 사용시간	10	2hr 이상	3hr
	최대 전도각	10	20°이상	39°
조작 및 안정성	기타작업	5	어태치먼트 적용	작업대 부착
	전도시험	5	20%	적정(안전검정)
	조작난이도	1	적정	적정(안전검정)
	안전장치 및 표시의 이행	2	적정	적정(안전검정)
사업화 여부	내구성 및 신뢰성 평가	2	연속구동시험 후 이상유무	이상없음(안전검정)
	시스템의 경제성	10	-매연 없음, 소음 60dB 이하	-평균 54dB -20% 이상 절감
에너지 절감 및 친환경성	10	-기존 엔진형 포크리프트 이용 대비 약 20% 절감		

검정 성적

- 1. 기종명 : 농업용고소작업차
- 2. 검정번호 : 17-MS-134
- 3. 형식명 : SB-9000
- 4. 형식 : 수직상승형 무한궤도식
- 5. 규격 : 적재하중 150 kg (운전자 포함)
- 6. 시험 성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 3 030 mm
- 폭 1 310 mm
- 높이 1 830 mm
- 중량 1 517 kg

6.1.2 동력전달장치

- 주클러치 형식 없는 구조임
- 변속기 형식 전류량조절식
- 주행단수 (전·후진)무단
- 최고주행속도 (전·후진)2.1km/h

6.1.3 조향장치

- 조향형식 좌우궤도전류량조절식
- 조향방식 레버식(조이스틱)

6.1.4 주행장치

- 차륜의 종류 무한궤도
- 무한궤도의규격(폭×피치, 피치수) 180 mm×60 mm, 53 개
- 무한궤도 중심간 거리 1 260 mm

6.1.5 제동장치

- 정차제동장치 형식 전자브레이크식
- 작동방식 레버식(주행레버 중립)



- 시험결과 30° 경사에서 전도되지 않음
(전도각: 좌 39°, 우 38°)

6.2.8 안전표시

- 주의
적재하중 초과 금지
- 경고
적재물은 작업대 중앙에 실을 것, 공동 작업 시 경고사항, 임의 개조금지
- 위험
강풍 또는 연약지에서 작업 시 위험, 고압전선 근처에서 작업시 위험, 작업가능 경사각도 준수, 작업대에서 보조대 또는 사다리 등의 사용금지, 작업대를 상승한 상태에서 점검할 시 낙하 및 상승방지 대책

6.2.9 취급성

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

7. 검정제품 개요

- 가. 본 기대는 수직상승형 무한궤도식 농업용고소작업차로 적재하중은 150 kg(운전자 포함)이고 동력원은 축전지임
- 나. 주클러치는 없는 구조이고 변속방식은 전류량조절식이며, 주행단수는 전후진 무단, 최고주행속도는 전·후진 2.1 km/h임
- 다. 작업대 바닥의 최저높이는 395 mm이고 최고높이는 2 400 mm임

8. 검정결과

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

책임연구원 이익봉	책임연구원 김관우	선임연구원 유재철	연구원보 정진우
--------------	--------------	--------------	-------------



그림 79 검정성적서 2

· 작업대 평형유지장치	경사 가능한 구조임
· 승강부 강하방지장치	유압퇴로 조작버튼
· 원동기 정지 시 작업대 하강장치	유압퇴로 밸브개방 버튼
6.2.3 제동장치	
· 정차제동장치	제동거리 0.1 m
· 주차제동장치	20 % 구배에서 전후방향 밀림이 없음
6.2.4 운전석 및 작업장소	
· 승강용 손잡이	환봉(가드겸용)
· 작업대 가드레일 높이	1 110 mm
· 운전자 출입문 고정장치	수동라크장치
· 작업대 미끄럼 방지턱	미끄럼방지턱 설치
6.2.5 운전 · 조작장치	
· 작업대에서 조작이 가능한 조작장치 전후좌우 조이스틱, 전원스위치, 작업대 전후좌우상하 조이스틱, 비상정지 버튼 등은 통상 작업 위치에서 조작할 수 있도록 배치되어 있음	
· 전 후진 주행방향 표시	한글
6.2.6 축전지의 방호	
· 설치위치	좌우 무한궤도 중앙
· 고정방식	상부철판 고정
6.2.7 안정성	
· 시험1 시험조건 적재하중 작업대	150 kg 지상고 2 400 mm(최고위치)
· 시험결과	전 · 후 · 좌 · 우 5° 경사에서 전도되지 않음
· 시험2 시험조건 적재하중 작업대	150 kg 지상고 2 400 mm(주행가능위치)
· 시험결과	전 · 후 · 좌 · 우 15° 경사에서 전도되지 않음
· 시험3 시험조건 적재하중 작업대	적재하지 않음 지상고 395 mm(최저위치)



그림 80 검정성적서 3

· 주차제동장치	
형식	정차브레이크 겸용
작동방식	레버식(주행레버 중립)
6.1.6 작업대	
· 크기(가로×세로)	(접을시) 1 200 mm×950 mm, (펼치시) 1 800 mm×950 mm
· 적재하중 적재시 작업대 승강속도	(상승)0.09 m/s, (하강)0.09 m/s
· 작업대 바닥판의 상승높이	(최저)395 mm, (최고)2 400 mm
6.1.7 유압장치	
· 유압펌프 형식	기어펌프
· 작업대 상승장치	
작동방식	유압식
수직상승 작동거리	2 005 mm
유압실린더(내경×행정)	(상/하) Ø60 mm × 1 240 mm, (전/후) Ø50 mm × 520 mm, (좌/우) Ø40 mm × 200 mm, (수평조절) Ø90 mm × 80 mm
6.1.8 전동기(주행)	
· 형식명	AC-T160
· 제조회사	에이씨텍(한국)
· 규격	정격출력 1.6 kW
6.1.9 축전지	
· 형식명	LONGEST8240
· 규격(V, Ah)	48 V(8 V × 6 개), 240 Ah
6.2 안전성시험	
6.2.1 가동부 등의 방호	
· 커버	전동기, 유압모터
· 케이스	기어펌프
6.2.2 안전장치	
· 시동 안전장치	해당없음(전동기식)
· 원동기정지장치	전원스위치, 비상정지버튼
· 적재하중 초과방지장치	적재하중(150 kg) + 10 % 범위의 하중에서 자동경음되는 구조임



그림 81 검정성적서 4

제 2 절 관련 분야 기여도

최근 농기계의 전동화는 급속도로 성장하였으며 과수원에서 사용되는 운반차, 고소작업기계도 엔진형보다 전동형의 점유율이 더 많이 늘어났으며, 이를 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. 이와 관련하여 본 연구에서는 기존 기술을 토대로 전동형 포크리프트를 개발하고, 전시회를 통해 많은 호응을 얻었으며 최근 양산화하여 매출 실적이 발생하고 있다.

이러한 노력과 더불어 당사는 과수원 작업의 편의성 확보를 위한 제품 라인업을 순차적으로 구성하고 있으며, 향후 스마트 운반차, 전동형 스피드 스프레이어 등 관련 제품의 개발 촉진으로 농기계의 전동화에 많은 기여를 하고자 한다.

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



그림 82 당사에서 출시 준비중인 스마트 운반차

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. 박성기 외, 1992, IGBT full-bridge dc-dc 변환기를 이용한 전동지게차의 주행제어 시스템 개발, 대한전기학회 1992년도 하계학술대회논문집 B, p.p.1176~1178
2. 김상훈 외, 2006, RecurDyn과 Matlab/Simulink를 이용한 전동지게차 시스템의 Co-Simulation, 전력전자학술대회논문집 p.p 342~344
3. 김종철 외, 2006, 전동지게차의 제어회로용 SMPS, 대한전기학회 제37회 하계학술대회논문집 B, p.p 914~914
4. 김우형 외, 2009, 전동 지게차용 3상 유도 모터의 소음 진동 특성에 대한 연구, 한국소음진동공학회논문집 19(1), p.p 3~9
5. 손진우 외, 1998, TMS320F240 칩을 이용한 전동차의 펄스 주행 제어기에 대한 연구, 대한전기학회1998년도 하계학술대회논문집 G, p.p 2381~2383
6. 김상훈, 2014, DC, AC, BLDC 모터제어, 복두출판사
7. 정태욱, 2014, 전동기와 활용기술, 경남대학교 출판부
8. 농촌진흥청, 2011, 농업과학기술개발 경제성분석 기준자료집
9. 박준걸, 2008, 바이오시스템기계공학
10. 농림수산식품부, 2009, 농업용 면세유류 공급요령
11. 한국농기계공업협동조합, 2016, 농업기계가격집
12. 농림축산식품부, 국내 농업기계 보유현황, 2016,

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.