

318004-3

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003633-01

고
효
율

농
업
용

전
기
운
반

농
기
계

개
발

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

고효율 농업용 전기운반 농기계 개발

2021. 07. 28.

주관연구기관 / 성부산업
협동연구기관 / 가톨릭관동대학교산학협력단

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

최종보고서							보안등급				
							일반[√], 보안[]				
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명		첨단생산기술개발사업				
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)			-				
공고번호	-			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-		-				
				연구개발과제번호	318004-3						
기술분류	국가과학기술표준분류	LB0801	60%	ED0301	40%	-	-				
	농림식품과학기술분류	RC0101	100%	-	-	-	-				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	-									
	영문	-									
연구개발과제명	국문	고효율 농업용 전기운반 농기계 개발									
	영문	Development of high efficiency electric cart									
주관연구개발기관	기관명	성부산업		사업자등록번호		503-42-83359					
	주소	(우)39909 경북 칠곡군 왜관읍 공단로 203		법인등록번호		-					
연구책임자	성명	장영운		직위		사장					
	연락처	직장전화	054)977-3838		휴대전화		010-3802-0907				
		전자우편	chang1y@daum.net		국가연구자번호		1109 4115				
연구개발기간	전체	2018. 04. 26 - 2021. 03. 31 (2년 11개월)									
	1년차	2018. 04. 26 - 2018. 12. 31 (8개월)									
	2년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31 (1년)									
	3년차	2020. 01. 01 - 2021. 03. 31 (1년 3개월)									
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원	기관부담		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금	
	연구개발비	연구개발비	지방자치단체	기타()							
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	1,100,000	330,000	38,000	-	-	-	-	1,430,000	38,000	1,468,000	-
1단계	1년차	300,000	90,000	10,000	-	-	-	390,000	10,000	400,000	-
	2년차	400,000	120,000	14,000	-	-	-	520,000	14,000	534,000	-
	3년차	400,000	120,000	14,000	-	-	-	520,000	14,000	534,000	-
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고					
						역할	기관유형				
공동연구개발기관	가톨릭관동대학교 교산학협력단	이상식	교수	010-2371-5691	lsskyj@cku.ac.kr	공동	대학				
위탁연구개발기관	한경대학교 산학협력단	박원엽	교수	010-6242-1659	pwypark@nmail.net	위탁	대학				
연구개발담당자 실무담당자	성명	장영운		직위		사장					
	연락처	직장전화	054)977-3838		휴대전화		010-3802-0907				
		전자우편	chang1y@daum.net		국가연구자번호		1109 4115				

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 7월 28일

연구책임자: 장영운

주관연구개발기관의 장: 성부산업 대표 장진만 (직인)

협동연구개발기관의 장: 가톨릭관동대학교산학협력단장 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “고효율 농업용 전기운반 농기계 개발”(개발기간 : 2018. 04. 26
~ 2021. 03. 31) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

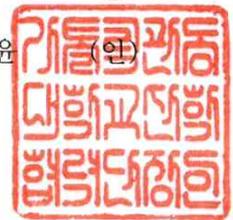
2021. 07. 28.

주관연구기관명 : 성부산업

(대표자) 장 진 만



협동연구기관명 : 가톨릭관동대학교산학협력단 (대표자) 김 병 윤



주관연구책임자 : 장 영 윤

협동연구책임자 : 이 상 식

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

사업명	첨단생산기술개발사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-			
내역사업명 (해당 시 작성)	-	연구개발과제번호		318004-3			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0801	60%	ED0301	40%	-	-
	농림식품 과학기술분류	RC0101	100 %	-	-	-	-
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	-						
연구개발과제명	고효율 농업용 전기운반 농기계 개발						
전체 연구개발기간	2018. 04. 26 - 2021. 03. 31 (2년 11개월)						
총 연구개발비	총1,468,000천원 (정부지원연구개발비: 1,100,000천원, 기관부담연구개발비 : 368,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(5) 종료시점 목표(8)		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)	-						
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	-						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	○친환경 농작업 기계 보급을 위한 전동화 기술을 기반으로 농촌 고령화에 따라 기존 경운기보다 안전하고 친환경적이며 고령 농민, 부녀자 등도 쉽게 조작이 가능한 농업용 운반차량 개발이 최종목표임.					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○기초조사 및 요인 분석에 따른 기초요인설계 ○세분화된 선행특허조사를 통한 특허회피 전략 수립 ○AC 모터를 활용한 4륜 구동 방식의 구동부 및 주행장치 개발 ○기구 및 설계 및 제작 ○주행 및 방향전환이 용이한 AC모터 적용 드라이브 개발 및 조향성 검증 ○유압회로 구성 및 유압시스템 개발 ○BMS, 원격제어를 포함한 근거리 통신 적용 컨트롤러 개발 ○시인성이 뛰어난 계기장치부 개발 ○안전 경보, 비상정지 및 주행 제한 등 사용자 편의장치 개발 ○다양한 어태치먼트 적용 시험 ○토양 특성에 따른 견인 및 경사지 등판 성능 평가 ○토양 특성에 대한 안정성 및 기계적 안정성 평가 ○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 					

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○기초자료 조사 및 토양특성에 따른 기초요인 설계 ○모터의 용량 선정 및 기초 설계에 따른 통합제어 컨트롤러 개발 ○전기운반 농기계 시제품 설계 및 제작 완료 ○시제품 설계 안정성 확보를 위한 구조 해석 ○시제품 현장적응 시험을 통해 안정성 확인, 검정 시행 ○현장 여건 등에 맞게 상품화 개발 완료 ○기술실시(자체 실시) 위해 전담기관 기술실시계약 체결 진행 ○1개의 모델로 시제품 출시(제품화) ○관련 지식재산권 출원 6건, 등록 2건 ○논문게재 2건, 학술발표 5건 ○전시 및 홍보 1건, 고용창출 2명
--------	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○활용계획 <ul style="list-style-type: none"> -모터 제어기술을 활용한 전동 구동 기술 확보로 추가 기술개발 및 응용 -지속적 매출을 통한 기업의 성장 추진 (고부가가치화 실현) -연구개발 체제 구축 보완으로 연구개발 투자의 확대 -추가개발 및 안정성 확보를 토대로 수출 전략 추진 ○기대효과 <ul style="list-style-type: none"> -모터 제어기술 및 조향시스템개발로 조향우수성 실현 -전동형 기계의 개발로 화석연료 사용의 감소 및 에너지 절약에 기여 -고령화에 대비한 편한 기기 조작으로 노동력 절감, 안전성 확보 -전도 방지, 경사 알림 등 각종 안전장치 기술로 작업 안정성 확보 -기타 농업기계의 전기모터 적용 가능성 확보 -다목적 영농작업에 의한 농작업생력화로 생산비 절감 -친환경 농기계 보급의 활성화 -농작업의 안전 및 편의성 확보 -친환경 농기계의 개발로 친환경 농업의 실현 및 수출 유망상품 보유 -타 산업분야에 활용 가능
---------------------------	---

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-
-----------------------	---

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문			연구시설·장비		소프트웨어		표준		생명자원		화합물		신품종	
	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명 정보	생물 자원	화합물	정보	실물			
	7	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호						
	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
국문핵심어 (5개 이내)	고효율		전기운반		충전		친환경		전자브레이크						
영문핵심어 (5개 이내)	high efficiency		electric cart		charging		eco-friendly		electric brake						

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	5
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	11
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	118
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도.....	122
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	124

<별첨자료>

1. 연구개발과제의 개요

1) 개발의 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. 과수, 시설원예 등 농작업은 노동집약적이며 전정, 퇴비살포, 제초, 시비, 유인, 수확 등 여러 가지 작업이 많고 기계화하기 어려운 작업이 대부분이다. 또한 대부분의 작업체계에서 항상 운반작업이 이루어지고 있으며 여러 가지 작업단계 중 운반작업에 소모되는 노동력 비율은 매우 높은 것이 사실이다. 이에 따라 많은 종류의 운반차들이 개발되어 시판되었으며, 운반차 겸용의 타 작업기계도 많이 개발되어 있으나 초기에는 대부분 화석연료를 사용하는 동력운반차가 주종을 이루고 있었다.

그러나 지구온난화의 가속화에 따른 기후변화협약 등 국제 환경규제의 강화로 인해 친환경 에너지의 이용 및 신재생 에너지의 활용도제고에 대한 압력이 날로 높아지고 있을 뿐만 아니라, 화석연료의 고갈이 곧 현실화될 것으로 예상됨에 따라 수소·연료전지 등 차세대에너지의 시장화에 주목하고 있다. 이에 따라 최근 일반작물 생산 활동과 농작물의 운송효율을 위해 전동식 운반기계의 활용이 증가하고 있다. 국내 대부분의 전동 운반기계는 효율성보다는 경제적 측면에서 칼슘축전지나 납축전지를 사용하고 있으며, 차륜의 차동기어의 액슬(Axle)에 BLDC나 AC모터를 장착하여 동력을 전달해서 사용하고 있다. 동력은 모터구동드라이브의 제어장치에 의해 정역제어 및 속도제어기능을 갖추고 모터의 액슬 축을 회전시켜 전동구동이 이루어진다.



그림 1 다양한 운반차

현재 농업용 운반차는 농업기계 가격집 기준 약 70여 개 업체에서 판매되고 있는데, 엔진 보행형이나 전동 보행형이 대부분이며, 승용형은 약 10여 개 업체에서 생산되고 있다. 최근에도 농산물 등을 운반하거나 간이 승용차 대용으로 쓰는 다목적 전동운반차량을 상용화하거나 개발하기 위해 농기계업체들이 부단한 노력을 하고 있으며, 업체의 한 관계자는 “경운기의 경우 안전사고가 빈번하게 발생하는데다, 조작마저 어려운 반면 다목적 전동운반차량은 조작이 쉽고 다용도로 사용할 수 있다”며 현재 경운기 수요를 감안할 때 다목적 전동운반차량시장은 적어도 연 5만대 규모까지 성장 가능성이 있다”고 한다. 또 다른 업체 관계자는 “미국만 해도 다목적 전동운반차량이 농업용은 물론 레저용으로 연 20만대가 판매되는 점을 감안하면 수출 주력 품목으로도 발전 가능성이 있다”고 전망하고 있다.

전기자동차, 하이브리드자동차의 개발에 따라 배터리 신기술 제품의 등장, 유도전동기 및 벡터제어 컨트롤러의 적용은, 소형구동 운반장치인 자전거, 스쿠터, 골프카, 휠체어 분야에도 많은 영향을 미쳐 이미 선진국에서는 전동구동에 의한 제품시장이 형성되기 시작하고 있다. 이러한 기술은 전기자동차 기술의 도입하므로 제품 성능개선이 상대적으로 용이하여 자동차에 비해 빠른 속도로 이루어지고 있으며 개발 및 구매에 큰 부담 없으므로 빠르게 확장되는 추세에 있다.(일본의 경우 94년도부터 98년까지 평균 신장율 10배 이상)

이러한 전기 자동차는 에너지 효율이 높고 유지비 등이 화석연료를 사용하는 동력운반차에 비해 우수하여 밀폐공간 또는 도심지의 대기오염 방지하기 위한 개념으로 등장된 것으로 농업의 환경에 적합하게 개선한다면 농업용 운반차 시장에서 가장 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 여기서 해당 모델은 일반 도로, 농로, 약간의 경사지 등에서 이용이 가능하며 1회 충전 시 약 50~70km를 주행할 수 있다. 그러나 과수원이나 험로 등 실제 많은 농작업이 이루어지는 필드에서는 이용이 제한되어 있고 가격적으로도 부담이 큰 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 안전하고 친환경적이며 고령 농민 및 부녀자도 쉽게 조작이 가능한 전동식 농업용 운반차량을 개발하고자 하며, 농업 현장 어디에서나 사용이 가능하도록 주행장치를 구성하고, 전도 방지, 경사 알림 및 비상 정지 등의 안전 기능과 다양한 부가작업을 수행할 수 있는 고효율의 제품을 개발하고자 하였다.

2) 국내의 관련 기술 현황

현재 농업용 운반차는 농업기계 가격집 기준 약 70여 개 업체에서 판매되고 있는데, 엔진 보행형이나 전동 보행형이 대부분이며, 승용형은 약 10여 개 업체에서 생산되고

있다. 다음 표에서 보듯이 전동 승용 4륜형의 경우 AC모터를 적용하고 있으며, 적재량은 300kg으로 다소 적으며 1회 충전으로 약 30~70km를 주행할 수 있다.

표 1 관련 제품의 비교

구 분	개발 스펙	국내 H사	국내 D사	
형상				
구조 및 성능	구동	AC모터(DC48V)	AC모터(DC48V)	AC모터(DC45V)
	형식	전동 차륜형(4륜 구동), 승용형	전동 차륜형, 승용형	전동 차륜형(2륜 구동), 승용형
	배터리	리튬인산철 외	DC8V×9EA	DC72V 160A(리튬인산철)
	기체크기 (mm)	3,000×1,400×1,600 이내	3,350×1,600×1,700	3,205×1,540×1,960
	기체중량	800kg 이내	750	910
	적재함크기 (mm)	1,500×1,250×300	1,500×1,250×250	1,280×1,427×293
	적재중량	500kg 이상	300kg	300kg
	최대속도	30km/h	30km/h	30km/h
	제동장치	전자브레이크	유압브레이크	유압브레이크
	주행시간	1회 충전 최대 100km 이상	1회 충전 최대 50km 이상	1회 충전 최대 70km
부가 작업	어태치먼트	농약살포, 제초기, 덤프	트레일러	스노우블레이드, 분무기
	원격조정	○	×	×
가격	약 1,500만원	약 1,100만원	약 2,200만원	

관련 지식재산권의 경우 전동 관련 기술에 대한 특허보다는 운반차의 구조와 관련한 특허가 생산 기업 위주로 많이 출원되어 있는 것으로 확인되었다.

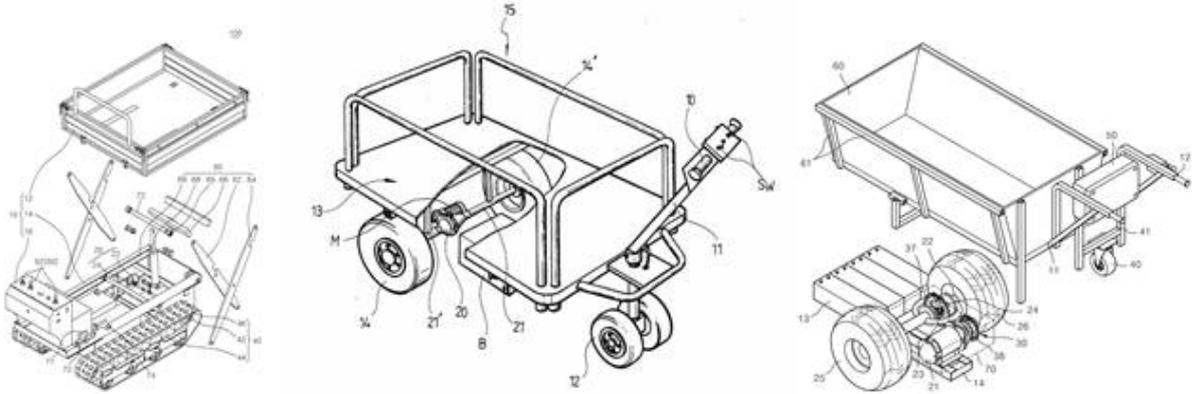


그림 2 농업용 운반차량 관련 특허

현재 개발 진행중이거나 실제 판매가 되고 있는 농업용, 산업용 전기차들은 크게 하이브리드 형태와 100% 배터리 형태로 구분이 가능할텐데 해외의 농업용, 산업용 전기차들은 다음과 같다.

이탈리아의 'alke'는 다양한 크기와 용도의 100% 순수 기능성 전기차를 생산, 판매하고 있다. 단순한 소형 이동형 차량부터 폐기물 수집차량(Waste Collection), 다목적 기능성 차량(Utility Vehicle), 스포츠 엠블런스, 소형 트럭에 최근에는 4륜 구동 차량도 생산하고 있다. 대부분이 기본이 되는 플랫폼을 바탕으로 요구되는 용도에 적합한 외장을 접목한 형태이며 앞으로 더욱 다양한 분야에 적합한 형태로 변형이 손쉽게 가능할 것이다. 이러한 순수 전기차들은 농업용, 산업용으로 사용될 때 저소음과 배기가스 제로라는 기본적인 장점들이 환경에 가장 잘 어울릴 것이다.



그림 3 이탈리아 'alke'

독일의 'poly-lab'은 14개 기업과 연구 기관의 컨소시엄을 통해 Kulan이라는 기능성 전기 트랙터를 개발하였다. 공원이나 농장에서의 사용을 목표로 개발된 Kulan은 2개의 리어-휠-허브 모터와 리튬이온 배터리 팩을 이용해 총 5마력으로 최고속 50km/h에 최장 300km 주행이 가능하며, 최고 1,000kg의 무게를 적재 가능하다. 그럼에도 차체 무게는 고작 300kg 정도로 가벼우며, 공원이나 농장에서의 사용을 목표로 개발되었기 때문에 기본적인 전기차의 특징에 최적의 플랫폼을 맞춤으로 설계하여 효율성을 높일 수 있다.



그림 4 독일 'poly-lab'

미국의 'John Deere'는 농기계 분야의 세계적인 대표 기업으로 농기계 중 트랙터가 전문 분야인데 그 중 'TE 4x2 Electric' 모델은 100% 소형 전기 트랙터이다. 일반적으로 교류 모터를 사용하는 보통의 전기차와는 달리 직류 모터를 사용하며 'John Deere'의 다양한 악세사리들을 활용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 약 6마력으로 최고속은 24km/h이며 최고 227kg의 무게를 적재 가능하다.



그림 5 미국의 'John Deere'

'Balqon Corporation'은 대형 버스나 트랙터, 트럭 등의 중장비 전기 자동차들과 전기 운전 시스템(electric drivetrain), 리튬이온 배터리 저장 기기들을 개발하는 미국의 제조 회사이다. 2006년 중장비 트럭이나 버스에서 사용 가능한 인버터 기술을 개발한 이래, 중장비용 리튬이온 배터리 BMS와 180kW급 충전기의 개발을 거쳐 디젤 엔진 대비 약 76%나 더 높은 연료 효율을 제공하는 전기 운전 시스템을 개발하였다. 현재 이 운전 시스템을 일종의 플랫폼으로 하여 다양한 형태의 중장비 전기차들을 개발, 판매하고 있다. 그 중 MX30이라는 전기 트랙터는 240kW 출력의 인버터와 320kWh의 리튬이온 배터리 팩을 통해 최고속 약 100km/h의 속도로 최장 약 200km 거리의 주행이 가능하며 25톤의 무게를 적재 가능하다.



그림 6 전기 운전 시스템

일본의 'Komatsu'는 산업 현장에서 주로 사용되는 Fortlift와 Reach Truck 등을 오래 전부터 전기차로 개발, 판매하고 있다.

특허의 경우 대부분 일본에서 출원이 이루어지고 있으며, 작업차의 주행용 전동 구조나 변속장치와 관련한 특허가 많은 것으로 조사되었다.

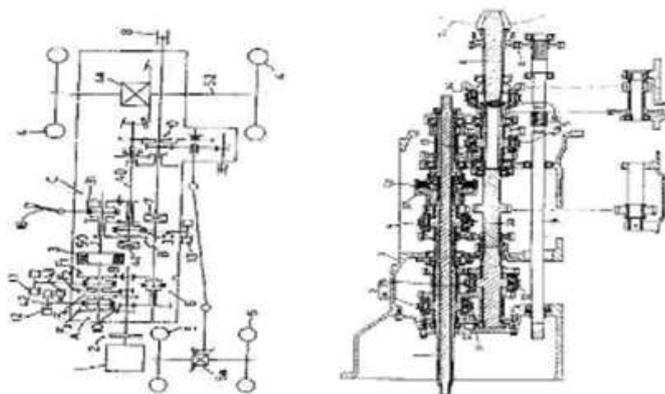


그림 7 국외 관련 특허(변속장치 및 전동구조)

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 개발을 위한 기초 자료 분석

농업용 운반기계는 과수원, 시설원예, 논 및 밭 등 농가에서 농업 등 농업생산 과정에 요구되는 각종 농기계, 농자재 및 농산물 등의 운반작업에 사용되는 농기계이다. 이러한 농업용 운반기계를 이용한 운반작업은 포장도로(on road)뿐만 아니라 과수원, 논 및 밭토양 등 강도가 다른 다양한 토양조건을 갖는 비포장노면 또는 로외(off road)에서 수행된다.

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

포장도로(on road)의 경우 운반기계의 구동력은 타이어에 작용하는 수직하중과 타이어-노면간의 마찰계수의 곱으로 결정되는 타이어-노면간의 마찰력으로 결정되고, 운동저항은 주로 타이어의 변형에 의한 타이어의 회전저항 즉, 구름저항(rolling resistance)에 의해 주로 영향을 받는다.

그러나 논, 밭 및 과수원 등 연약지 등을 포함하는 다양한 비포장 노면 또는 로외에서 작업할 경우 운반기계의 구동력은 운반기계가 운용되는 포장도로와 달리 운반기계가 운용되는 토양특성과 운반기계의 제원 및 타이어의 특성(직경, 폭 등)에 따라 구동력의 크기가 다르게 나타난다. 또한 운반기계의 운동저항은 포장도로에서 발생하는 타이어의 구름저항보다는 토양강도에 따라 다르게 나타나는 타이어의 침하에 의한 토양다짐저항(soil compaction resistance)에 의해 결정된다.

이와 같이 로외에서도 운용되는 농업용 전기운반 농기계의 주행 및 운반성능은 운반기계가 운용되는 토양조건이 제한적인 요소로 작용하기 때문에 운반기계의 운반성능은 운반기계의 동력(모터) 및 동력전달장치, 운반기계의 치수 및 중량, 타이어 등과 같은 차량 자체의 주요 제원뿐만 아니라 운반기계가 운용되는 토양 특성에 크게 영향을 받는다.

따라서 농업용 전기운반 농기계의 주행 및 운반성능을 예측 및 평가하기 위해서는 운반기계의 주요 제원뿐만 아니라 운반기계가 운용되는 토양특성을 고려한 성능 예측 및 평가가 필요하다.

(1) 농업용 전기운반 농기계의 견인성능 예측 모델

로외에서 운용되는 로외차량(off road vehicle)의 성능을 예측하기 위한 방법은 많은 연구자들에 의해 다양한 방법에 의해 많은 연구 결과가 보고되었다. 이에 로외에서 운용되는 차량의 견인성능 예측을 위해 기존에 보고된 많은 연구 결과를 조사 분석하여 본 연구에 가장 적합한 것으로 판단되는 견인성능 예측 방법을 선정하여 농업용 전기운반 농기계의 운반성능 예측 모델에 적용하였다.

본 연구에서는 농업용 전기운반 농기계의 운반성능의 예측 및 평가를 위해 Wismer and Luth(1973)가 제안한 견인성능 예측 모델을 이용하였다.

Wismer and Luth(1973)는 단일 차륜에 대한 많은 실험을 통하여 토양의 점착(cohesion)과 마찰(friction)이 동시에 존재하는 일반토양(cohesive-frictional soils)에서 식 (1)과 (2)와 같이 단일 차륜에 대한 구동력계수, 운동저항계수를 예측할 수 있는 경험적 식이다.

$$\frac{R_c}{W} = \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \quad (1)$$

$$\frac{F}{W} = 0.75 (1 - e^{-0.3 C_n S}) \quad (2)$$

여기서, F_s : 단일 차륜의 구동력 (tractive effort), (kN)

R_s : 단일 차륜의 운동저항 (motion resistance), (kN)

W_s : 단일 차륜에 작용하는 정하중(static load), (kN)

S : 슬립(slip), (decimal, 0-1)

C_n : 차륜지수 (wheel numeric), (dimensionless), $C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W_s}$

CI : 평균원추지수 (0-15cm), (kPa)

b, d : 타이어의 폭과 직경, (m)

위 식은 현재 제안된 단일차륜에 대한 견인성능 예측 모델 중 다양한 토양 조건에서 가장 많이 사용되고 있으며, 타이어의 구름반경(r_r)과 직경(d)의 비(r_r/d)가 약 0.475이고, 타이어의 폭(b)과 직경의 비(b/d)가 약 0.3, 타이어의 단면 높이(h)에 대한 타이어 변형(δ)의 비(δ/h)가 0.2인 경우에 대해 예측 성능이 우수한 것으로 알려져 있다(노, 2009).

위의 식 (1)과 (2)로부터 운반차의 운동저항 R_c 와 구동력 F_c 는 각각 식 (3)과 (4)에 의해 결정하였다.

$$R_c = \left[\frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right] W \quad (3)$$

$$F_c = \left[0.75 (1 - e^{-0.3 C_n S}) \right] W \quad (4)$$

여기서, F_c : 운반기계의 구동력 (tractive effort), (kN)

R_c : 운반기계의 운동저항 (motion resistance), (kN)

W_s : 단일 차륜에 작용하는 정하중(static load), (kN)

W : 운반기계의 무게 (weight of vehicle), (kN)

(2) 농업용 전기운반 농기계의 구동력 및 운동저항 예측

식 (1)~(4)를 이용하여 토양조건과 운반차의 기본적인 제원을 이용하여 전기운반 농기계의 운동저항과 구동력을 예측하였다.

한편, 운반기계의 성능 예측에 토양의 물리적 특성을 나타내는 입력변수로 사용하기 위해, 기존에 국내 주요 지역의 토양물리성을 측정하여 보고된 문헌 자료를 조사하여 본 연구의 목적에 적합한 지역을 선정하여 운반기계의 운동저항과 구동력을 계산하였다.

운반기계의 성능 예측에 이용한 토양조건은 박(2009) 등이 주요 논 토양 14개 지역에서 측정한 토양의 물리적 특성 자료 중 본 연구의 목적에 적당한 것으로 판단되는 지역을 선정하였다. 선정된 지역은 경남 김해시 장유면의 논 토양으로서 측정한 여러가지 토양의 물리적특성 중 운반차의 성능예측에는 토양의 원추지수(cone index, CI) 값이 토양의 입력변수로 사용되었으며, 원추지수는 1001.8 kPa 이었다(표 2).

표 2 운반차의 성능 예측에 사용된 토양의 물리적 특성

지역	점착력 (kPa)	내부마찰각 (deg.)	외부마찰각 (deg.)	부착력 (kPa)	평균원추지수 (CI) (kPa)
					0-15cm
경남 김해시 장유면	34.125	35.294	13.620	5.750	1001.8

상기 표의 2개 지역의 논토양의 원추지수 값과 농업용 전기운반 농기계의 무게 $W = 800 \text{ kgf}$, 타이어의 직경 $d = 0.45 \text{ m}$, 폭 $b = 0.21 \text{ m}$ 인 전기운반기계의 주요 제원을 이용하여 두 지역에 대한 전기운반기계의 운동저항 R_c 와 구동력 F_c 를 계산하였다.

운반기계의 운동저항 R_c 는 식 (3)으로부터 다음과 같다.

$$R_c = \left[\frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right] W = \left(\frac{1.2}{48.252} + 0.04 \right) (800 \times 9.81) \\ = 509.10 \text{ N} \approx 51.90 \text{ kgf}$$

$$\text{단, } C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W} = \frac{1001.8 \cdot 0.21 \cdot 0.45}{(800 \times 9.81)/4} = 48.252$$

운반기계의 구동력은 슬립의 함수로 나타난다. 즉, 로외에서는 차량의 주행시 토양의 파괴현상에 의해 슬립이 발생하게 되며, 슬립이 클수록 구동력도 크게 나타난다. 그러나 일반적으로 로외에서는 슬립 10~20% 구간에서 효율이 가장 높고, 또한 운반작업시 슬립이 너무 클 경우 운반효율이 떨어지므로 본 연구에서는 슬립 10%에 대한 구동력을 계산하였다. 슬립 10% 조건에서 운반기계의 구동력 F_c 는 식 (4)로부터 다음과 같이 결정된다.

$$F_c = \left[0.75 (1 - e^{-0.3 C_n S}) \right] W = 0.75 \left[1 - e^{-(0.3)(48.252)(0.1)} \right] (800 \times 9.81) \\ = 4501.95 \text{ N} \approx 458.91 \text{ kgf}$$

한편, 포장도로(on road)에서 전기운반 농기계의 운동저항은 타이어의 변형에 따른 타이어의 회전저항 즉, 구름저항으로서 구름저항 R_r 은 차량의 하중 W 와 구름저항계수 f_r 의 곱으로 나타난다. 한편 포장도로의 구름저항계수 f_r 은 일반적으로 0.02이하이다. 따라서 포장도로에서 전기운반 농기계의 운동저항 R_r 은 아래 식 (5)와 같고, 이것은 로외에서의 도양다짐에 의한 운동저항 $R_c = 51.9 \text{ kgf}$ 보다 매우 작은 것을 알 수 있다.

$$R_r = W f_r = 800 \times 0.02 = 16 \text{ kgf} \quad (5)$$

(3) 등판성능

일반적으로 포장도로(on road)에서 차량이 일정 속도로 경사각 θ 인 경사노면을 올라갈 경우 차량 총중량 W 의 진행방향 분력인 $W\sin\theta$ 가 등판저항(climbing resistance or grade resistance, R_θ)으로 작용한다.

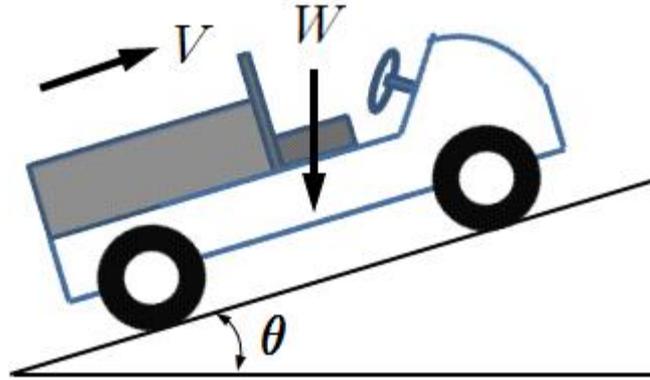


그림 8 전기운반차의 등판 성능 분석

그러나 로외(off road)에서의 등판저항은 포장도로에서의 경사지 등판저항 R_θ 에 전술한 식 (3)에 제시한 토양다짐에 의한 저항 R_c 를 추가로 고려해야 한다. 따라서 차량의 전체 경사지 등판저항 R_g 는 식 (6)과 같이 수평노면에서의 운반기계의 운동저항 R_c 와 차량하중의 진행방향 분력인 등판저항 R_θ 의 합으로 결정된다.

$$R_g = R_\theta + R_c \quad (6)$$

로외(토양)에서의 등판저항은 포장도로에서보다 크게 나타나고, 등판저항에 의해 결정되는 등판시 소요동력도 포장도로에 비해 크게 나타나므로 구동부 모터 선정 및 차량의 설계시 토양특성을 고려해야 한다.

한편, 일반적으로 운반기계가 운용되는 토양의 경사율을 10%로 하였을 경우 경사율 10%에 따른 등판저항 R_θ 와 식 (6)에 의한 토양다짐에 의한 저항 R_c 는 다음과 같다.

$$R_\theta = W\sin\theta = 800 \sin 5.71^\circ = 79.46 \text{ kgf}$$

$$R_c = 51.90 \text{ kgf}$$

따라서 농업용 전기운반기계의 경사지에서의 전체저항 R_g 는 R_θ 와 R_c 의 합으로 아래

와 같이 결정된다.

$$R_g = R_\theta + R_c = 79.46 \text{ kgf} + 51.90 \text{ kgf} = 131.36 \text{ kgf}$$

한편, 전기운반 농기계의 최고속도를 30 km/h 라고 했을 때 10° 경사지를 등판하기 위한 운반기계의 모터 용량은 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$P = R_g V = (131.36 \times 9.8 \text{ N}) \left[(30 \text{ km/h}) \left(\frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right) \right] = 10727 \text{ Watt} \approx 10.73 \text{ kW}$$

따라서 농업용 전기운반 농기계는 최소한 12 kW 이상의 모터를 선정해야 하는 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 본 연구에서는 최초로 운반기계에 3,000 rpm의 6 kW 모터 두 개를 사용하는 것으로 결정하였다.

한편 본 연구에서는 고소작업기계의 모터에서 구동스프로켓까지의 총감속비를 8.3:1로 하였고, 타이어의 직경을 450 mm로 하였다. 이 때 전기운반 농기계의 최고속도는 다음과 같다.

$$V = \frac{N_m}{i} \frac{2\pi r_s (3600)}{60} = \frac{3000}{8.31} \frac{2\pi (0.225)(3600)}{60} = 30622 \text{ m/h} = 30.62 \text{ km/h} \approx 30 \text{ km/h}$$

전기운반 농기계의 모터동력 $P = 6 \text{ kW}$, 모터의 회전수 $N = 3000 \text{ rpm}$, 타이어의 반경 $r_s = 0.225 \text{ m}$, 총감속비 $i = 8.31$ 으로 했을 때 운반기계의 총 구동력 F 는 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$F = T_m \frac{i}{r_s} = \frac{60P}{2\pi N} \frac{i}{r_s} = \frac{60(6000 \times 2)}{2\pi(3000)} \frac{8.31}{0.225} = 1410.75 \text{ N} = 143.81 \text{ kgf}$$

위 식으로부터 결정된 총구동력 $F = 143.81 \text{ kgf}$ 로서 이것은 전술한 10% 경사율에서의 등판저항 131.36 kgf에 비해 크므로 10% 경사각을 충분히 등판할 수 있는 구동력으로 나타났다.

상기 내용을 토대로 최초 시작품을 제작하는 기초자료로 활용하였으며, 관련 내용을 토대로 감속기, 변속장치 등의 추가 및 조정으로 효율적인 주행이 가능하도록 하였다.

2) 선행기술조사 및 분석

(1) 분석 배경 및 목적

본 특허분석은 농업용 전기 운반차 기술을 대상으로 하였으며, 현재 농업용 전기 운반차 기술에 대해, 한국, 일본, 미국 및 유럽을 대상으로 한 특허 동향을 살펴보고 농업용 전기 운반차 분야에서의 주된 기술 분야와 역점 분야를 선정하여 우리나라의 농업용 전기 운반차 분야를 나갈 바를 선정하는 데 있어 객관적인 데이터인 특허정보로서 이를 뒷받침 할 수 있도록 한다.

기존의 특허분석과는 다르게 회피설계, 요지분석 및 기술흐름분석 등은 지양하고, 전체적인 국가별, 출원인별 특허 활동도를 분석하고 연구개발 진입 가능성, 선시장개발 가능성, 특허 회피가능성 등을 고려하여 핵심기술분야를 선정하고, 핵심 기술 분야에서의 객관적인 특허정보를 제공하고자 하였으며, 분석 지표는 다음과 같다.

표 3 특허 분석의 지표

구분	지표	의미	정 의
양적 측면	특허건수	특허활동	-
	특허활동지수(AI, Activity Index)	상대적 특허활동	$AI = \frac{\frac{\text{해당기술분야 특정국가(기업) 출원건수}}{\text{해당기술분야 전체출원건수}}}{\frac{\text{특정국가(기업) 전체출원건수}}{\text{전체출원건수}}}$
질적 측면	인용도4) 지수(CPP, Cites Per Patent)	인용도지수 영향력	$\text{인용도지수} = \frac{\text{피인용수}}{\text{특허건수}}$
	특허영향지수(PII, Patent Impact Index)	상대적 영향력	$PII = \frac{\text{특정 인용도지수}}{\text{전체 인용도지수}}$
	기술력지수(TS, Technology Strength)	기술력	$TS = \text{특허건수} * \text{특허영향지수}$
	시장확보지수(PFS, Patent Family Size)	시장의 크기	$PFS = \frac{\text{해당출원인 평균 특허Family수}}{\text{전체평균 특허Family수}}$
	과학연계 지수(SL: Science Linkage, NPR: Non-Patent Reference)	기초과학과의 연계성	$SL(NPR) = \frac{\text{비특허문헌 인용횟수}}{\text{특허건수}}$

본 대상기술의 기술 분류에 따른 검색식은 아래 표에 나타내었다.

표 4 기술분류에 의한 검색식

기술분류	분류	대표 검색식
플랫폼 (구조)	A	(농작물 or 농사 or 농업 or 농작업 or 발농사 or 발작물) * (전기차* or 전기자동차* or (전기* adj 자동차*) or (하이브리드* adj 자동차) or (하이브리드* adj 차량) or (electr* adjautomobil*) or (electr* adj vehicle*) or (electr* adj car*) or (hybrid* adj motor*) or (hybrid* adj automobil*) or (hybrid* adj vehicle*) or (hybrid* adjcar*)) and (플랫폼* or 차체* or 바디* or platform* or body*).KEY.
지능형 농작업 기계 (스마트)	B	(농작물 or 농사 or 농업 or 농작업 or 발농사 or 발작물) ((전기차* or 전기자동차* or (전기* adj 자동차*) or (하이브리드* adj 자동차) or (하이브리드* adj 차량) or (electr* adjautomobil*) or (electr* adj vehicle*) or (electr* adj car*) or (hybrid* adjmotor*) or (hybrid* adj automobil*) or(hybrid* adj vehicle*) or (hybrid* adjcar*)).KEY.) and ((모터* or motor*electromotor*).TI.)
부품소재 (배터리, 모터 등)	C	(농작물 or 농사 or 농업 or 농작업 or 발농사 or 발작물) and (전기차* or 전기자동차* or (전기* adj 자동차*) or (하이브리드* adj 자동차) or (하이브리드* adj 차량) or (electr* adjautomobil*) or (electr* adj vehicle*) or(electr* adj car*) or (hybrid* adjmotor*) or (hybrid* adj automobil*) or(hybrid* adj vehicle*) or (hybrid* adjcar*)) and ((배터리 adj 관리) or (battery* adj management*) orBMS).KEY.
원격제어	D	(농작물 or 농사 or 농업 or 농작업 or 발농사 or 발작물) and (전기차* or 전기자동차* or (전기* adj 자동차*) or (하이브리드* adj 자동차) or (하이브리드* adj 차량) or (electr* adjautomobil*) or (electr* adj vehicle*) or(electr* adj car*) or (hybrid* adjmotor*) or (hybrid* adj automobil*) or(hybrid* adj vehicle*) or (hybrid* adjcar*)) and ((배터리 adj 관리) or (battery* adj management*) orBMS).KEY.

(2) 특허 동향 분석

가) 분석 대상 선정

분석 대상 특허(유효 특허)는 2018년 6월까지 공개된 특허 데이터를 기준으로 하여 한국, 미국, 일본, 유럽을 대상으로 하여 선정되었으며, 분석 대상 특허는 총 3861건의 검색데이터로부터 특허 제목/요약서를 보고 판단하여 최종 530건의 유효 특허가 선정되었다.

표 5 관련 분석대상 특허

자료구분	국가	전체분석구간	검색특허결과	분석대상특허
공개특허	한국	~ 2018.06	474	92
	미국	~ 2018.06	845	158
	일본	~ 2018.06	2133	154
	유럽	~ 2018.06	406	126
합계			3861	530

나) 기술 특허 동향

유효 특허 530건에 대한 국가별 출원 현황을 살펴보면, 한국 92건, 미국 158건, 일본 154건, 유럽 126건으로 조사되어 농업용 전기 운반차와 관련해서 미국에서의 특허 활동이 가장 활발한 것으로 나타났고, 일본, 유럽, 한국의 순으로 조사되어 한국에서의 농업용 전기 운반차가 선진국에 비해 뒤쳐져 있는 것으로 조사되었다.



그림 9 국가별 전체 출원 분석

연도별 분포를 살펴보면 1990년대부터 꾸준히 증가하고 있는 추세를 나타내고 있으며 2010년 47건으로 가장 많은 특허 출원이 된 것으로 조사되고 있으며 2010년 이후부터 출원수가 급증하고 있음을 알 수 있다.

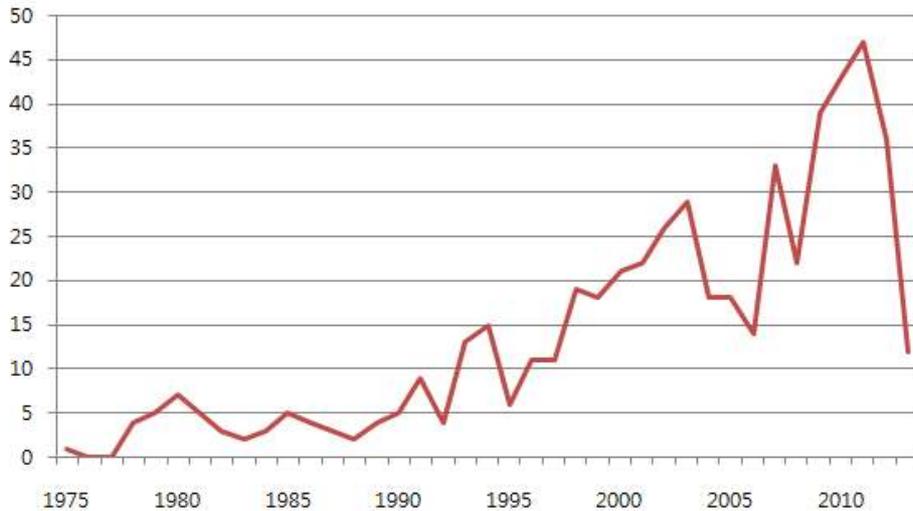


그림 10 연도별 특허 출원 분석

농업용 전기 운반 농기계의 연도별 출원동향을 살펴본 결과는 다음과 같다.

한국의 경우 1997년을 기점으로 현재까지 출원 빈도가 꾸준히 증가하고 있는 추세에 있으며 최근 5년간 출원수를 보면 2008년 7건, 2009년 7건, 2010년 16건, 2011년 12건, 2012년 14건의 출원이 발견되어 최근 5년간의 출원수는 56건으로 조사되었다.

미국의 경우에 2000년대 후반부터 출원이 증가하고 있는 추세에 있는데, 최근 5년간 출원수를 살펴보면 2008년 5건, 2009년 10건, 2010년 6건, 2011년 15건, 2012년 8건의 출원이 있는 것으로 조사되었고 최근 5년간의 출원은 44건으로 나타났다.

일본의 경우에 2000년대 초반부터 출원이 증가하고 있는 추세에 있으며, 최근 5년간 출원수를 살펴보면 2008년 6건, 2009년 16건, 2010년 13건, 2011년 10건, 2012년 10건의 출원이 발견되어 최근 5년간의 출원은 55건으로 조사되었다.

유럽의 경우 2000년대 초반인 2003년 까지 출원이 증가하다가 현재까지 출원의 증가세가 보여지지 않지만 년 평균 4건의 출원이 유지되고 있는 것으로 조사되었으며, 최근 5년간 출원수를 살펴보면 2008년 1건, 2009년 2건, 2010년 3건, 2011년 4건, 2012년 4건의 출원이 발견되어 최근 5년간의 출원은 14건으로 조사되었다.

최근 5년간의 출원수 동향을 살펴보면, 한국이 56건으로 가장 많았고, 그 다음으로 일본이 55건, 미국이 44건, 유럽이 14건으로 가장 낮은 출원수를 나타내고 있다.

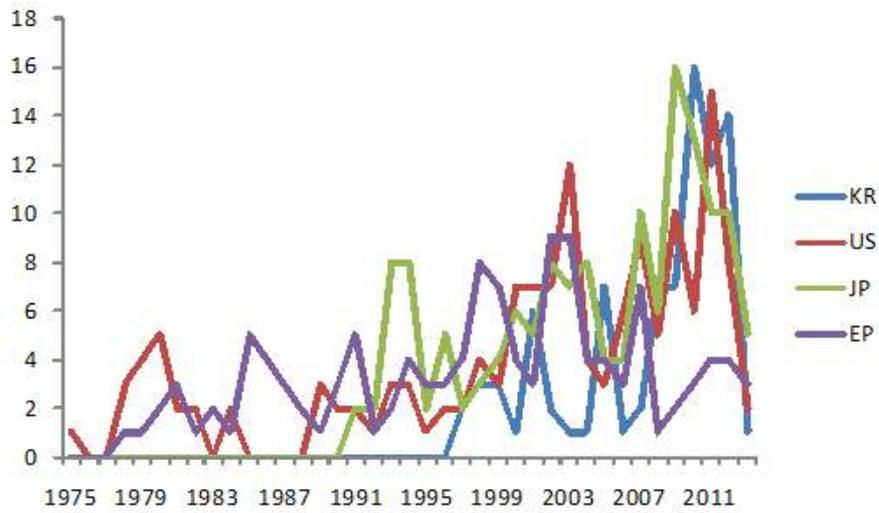
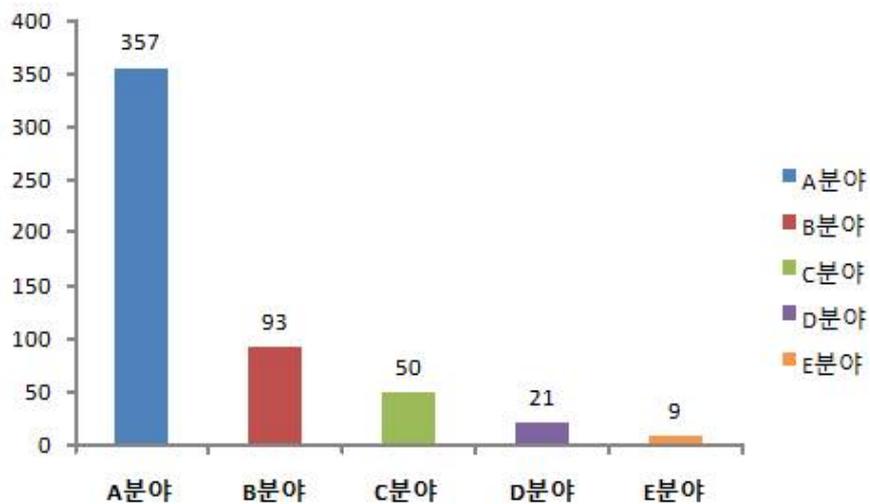


그림 11 연도별/국가별 특허 동향

세부 기술 분야별 출원 건수를 살펴보면, A. 전기차 구조와 관련된 출원이 357건, 67%의 점유율을 보였고, B. 부품 소재 기술과 관련된 출원이 93건, 18%의 점유율을 나타냈으며, C. 스마트 기술 관련된 출원이 50건, 9%의 점유율을 보였으며, D. 원격제어에 대한 출원이 21건, 4%의 점유율을 나타냈으며, E. 기타 출원이 9건, 2%의 점유율 분포가 이루어져 전기차 구조(프레임)와 관련된 기술이 67%의 점유율로 압도적으로 높게 나타났음.



국가별-기술분야별 특허 건수를 살펴보면 다음과 같다.

A. 농업용 전기 운반차 분야의 플랫폼 기술 분야에서 일본, 미국, 유럽, 한국의 순으로 높은 출원율이 조사되어 일본이 플랫폼 기술 분야에서 강점을 가지고 있다.

B. 부품 소재 분야에서는 미국, 일본, 유럽, 한국의 순으로 높은 출원율이 조사되어 미국이 부품 소재 분야에서 강점을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

C. 스마트 농업 분야에서도 미국, 일본, 유럽, 한국의 순으로 높은 출원율이 조사되어 미국이 스마트 농업 분야에서 강점을 가지고 있는 것으로 나타났다.

D. 원격 제어 분야에서 미국, 일본/유럽, 한국의 순으로 높은 출원율이 조사되어 이 분야에서도 미국이 강점을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

이에 따라 미국은 농업용 전기 운반차와 관련된 전체 4개 소분야에서 어느 한 분야에 치우치지 않고 고른 기술 강점이 있는 것으로 판단된다.

한편 한국은 A. 플랫폼 분야에서 67건, B 부품 소재 분야에서 14건, C 스마트 농업 분야 5건, D 원격 제어 기술 4건, E 기타 2건의 출원이 있는 것으로 조사되었다. 한국은 A. 플랫폼 분야에서 특허 활동이 가장 활발히 진행되는 것으로 조사되었고, D 원격 제어 기술에서 전체적으로 2위를 기록하였지만 대상 출원수가 미미하여 이 분야에서 선도적 입장에 있다고 판단하기 어렵다.

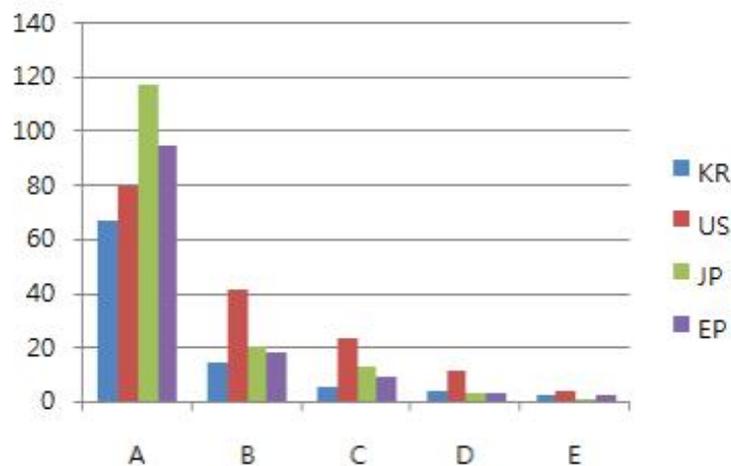


그림 13 국가별/기술분류별 특허 동향

다) 정성 분석

동향 분석 대상인 530개의 유효특허를 대상으로 하여 영향력 지수(PII =특정 인용도/전체 인용도지수) 및 시장확보지수(PFS = 해당출원의 페밀리수/평균 페밀리수)를 계산하고 PII 지수와 PFS 지수에 각각 가중치를 적용 및 계산하여 530개 특허 문헌 중 가중결과치가 높은 10개 특허문헌을 중요특허로서 선정하였다.

PII(영향력 지수)와 PFS(시장확보지수)는 특허활동지수(AD), 인용도 지수(CPP), 기술력 지수(TS), 및 연구개발방향(NPR) 등의 지표와 함께 특허정보분석에 일반적으로 사용되는 지표로서 미 상무성 기술정책, OECD 등에서 발간하는 다수의 기술정책 관련 보고서에서 활용되고 있다.

PII 지수는 특정 국가 또는 기업이 보유한 특허의 질적수준을 상대적으로 평가하기 위한 지표로서, 평균적인 기술 수준과 대비하여 분석대상의 기술 수준을 측정하며 PII가 1이면 해당 국가 또는 기업의 질적 수준이 평균적인 수준이고 1 이상일 경우는 질적 수준이 평균보다 높음을 의미한다.

한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭하며, 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용한다.

이에 따라 선정한 주요 특허 리스트는 다음과 같다.

표 6 주요 특허 리스트

NO	분류코드	국가코드	출원번호	청구항수	인용문헌	PII	패밀리수	패밀리지수	지수합
1	1c	US	1997-861077	21	184	33.27306	3	1.973684	25.78588
2	1d	US	1998-116312	40	131	23.68897	3	1.973684	20.97702
3	1c	US	1995-436870	47	124	22.42315	3	1.973684	20.79094
4	1c	US	1997-892789	59	107	19.34901	2	1.315789	19.70746
5	1c	US	2000-611510	9	135	24.4123	1	0.657895	18.12019
6	1c	US	1994-276002	53	58	10.48825	31	20.39474	16.72072
7	1e	US	1997-941863	27	102	18.44485	1	0.657895	15.74297
8	2c	US	2003-644553	43	85	15.37071	5	3.289474	15.71739
9	1e	US	1999-337162	36	92	16.63653	1	0.657895	15.37715
10	1c	US	2000-595286	18	106	19.16817	1	0.657895	15.3493

3) 1차 시작기 설계 및 제작

(1) 기본 설계

본 연구에서는 안전하고 친환경적이며 고령 농민 및 부녀자도 쉽게 조작이 가능한 전동식 농업용 운반차량을 개발하는 것이 최종목표이며, 최초 전기운반 농기계의 기본 설계 및 간이 시험용 제어부 제작을 목표로 하여 차륜형 주행 및 프레임부, 조향시스템, 유압시스템 및 제어장치로 구성하여 각 부분별 상세 내용과 설계 검토 사항을 정리하였다. 하단의 그림은 설계된 1차 시작기의 주행부 도면을 나타낸 것이다.

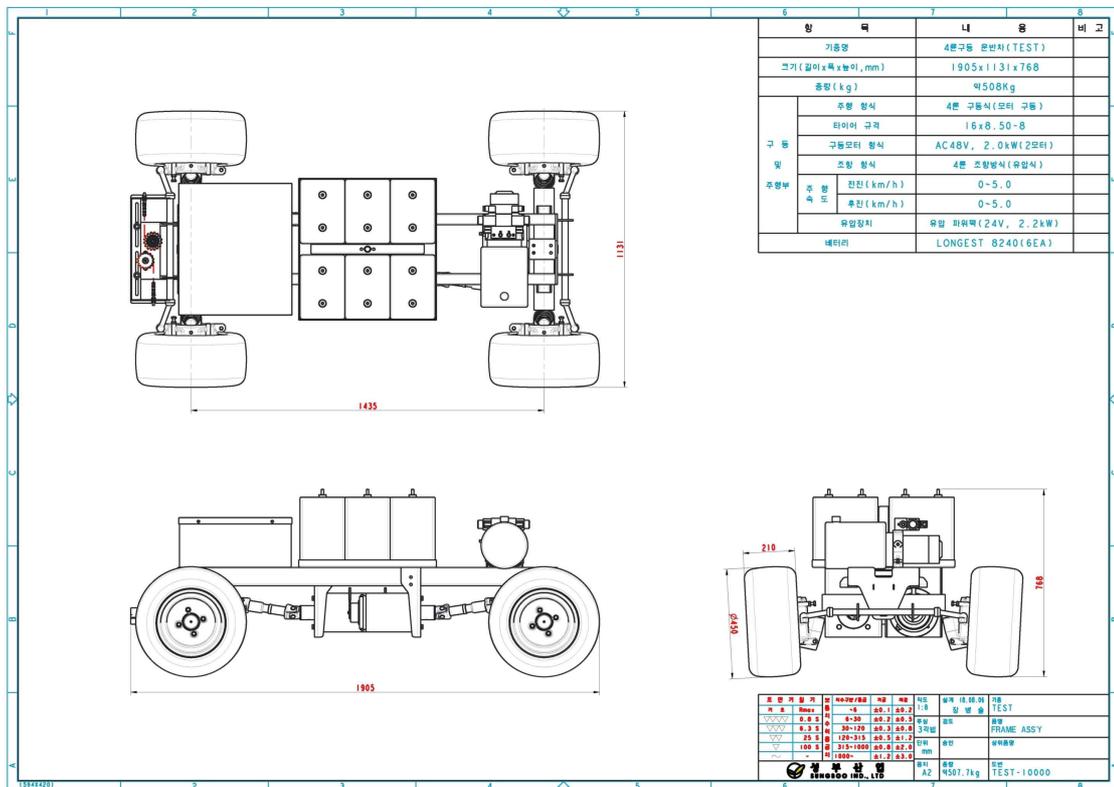


그림 14 전기 운반 농기계의 차량 및 프레임 도면

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 진행하였다.

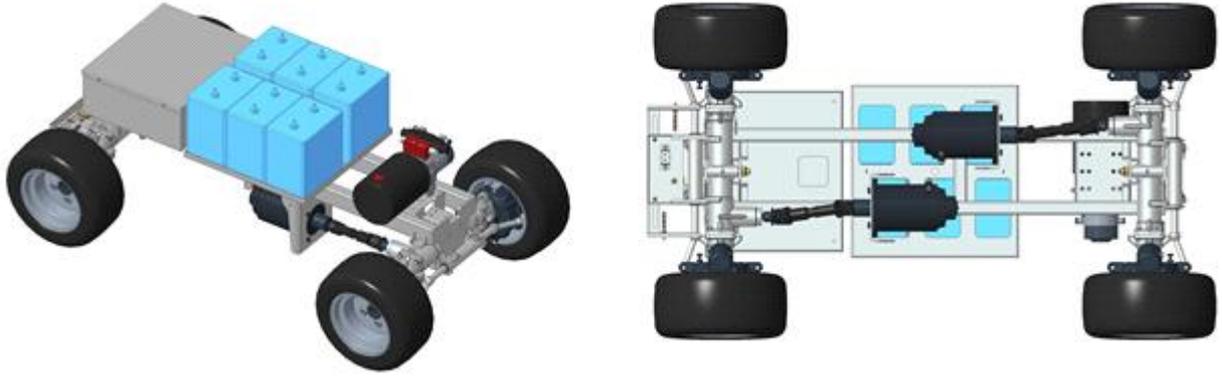


그림 15 1차 시작기 주행부 3D 모델링

(2) 모터 선정 및 주행장치 설계, 제작

전기 운반 농기계 모터는 앞서 용량을 가선평하였으며, 당사의 기존 연구결과에 따라 경사지 험로 주행 등을 원활하게 하기 위해 직권모터, BLDC 모터 등의 단점을 보완하여 용량에 맞게 개발된 AC 모터를 독립적으로 적용하였다.

일반적으로 모터가 회전하면 역기전력이 발생하는데, 이 역기전력의 형태에 따라 구형파 및 정현파 모터가 있다. 일반적으로 많이 사용되는 BLDC (BrushLess Dc Motor)는 브러쉬가 없는 모터를 표현하는 것인데, 브러쉬가 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.

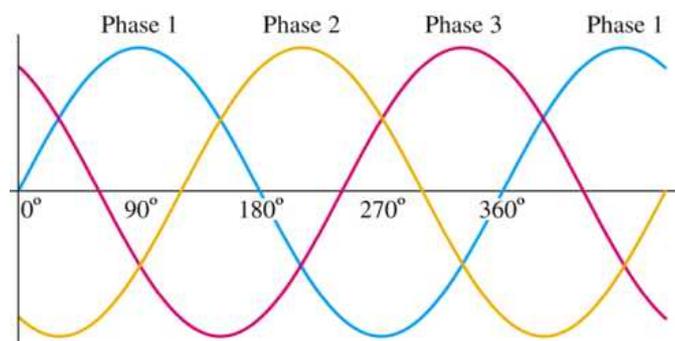


그림 16 AC 모터의 출력형태

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

원활한 구동 및 제어를 위해 DC48V, 6kW AC모터 2대를 양쪽에 독립적으로 적용하였으며, 차축을 통해 동력전달 하도록 하였다. 다음에 주행장치부의 주요 구조와 사양과 주행부 조립상태를 나타내었다.

표 7 1차 시작기 주행장치의 주요 사양

항 목		특 징	
AC모터	전압	V_{DC}	48
	출력	W	6,000
	회전속도	rpm	3,000
타이어	형식	-	16×8.50-8
	직경	mm	450



그림 17 1차 시작기 주행부 제작

전기 운반 농기계 1차 시작기의 조향 시스템은 아래 그림과 같이 유압실린더를 이용하여 조정이 가능하도록 하였으며, 각 바퀴는 체인으로 연결되어 작동하도록 구성되어 있다. 향후 원활한 원격조작 등 스마트 기능을 추가하기 위해 정밀 조정이 가능하도록 하였다.



그림 18 전기 운반 농기계의 조향시스템

(3) 유압시스템 설계 및 제작

전기운반 농기계에서는 조향시스템, 향후 작업동력 취출 등에 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.

표 8 1차 시작기 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)

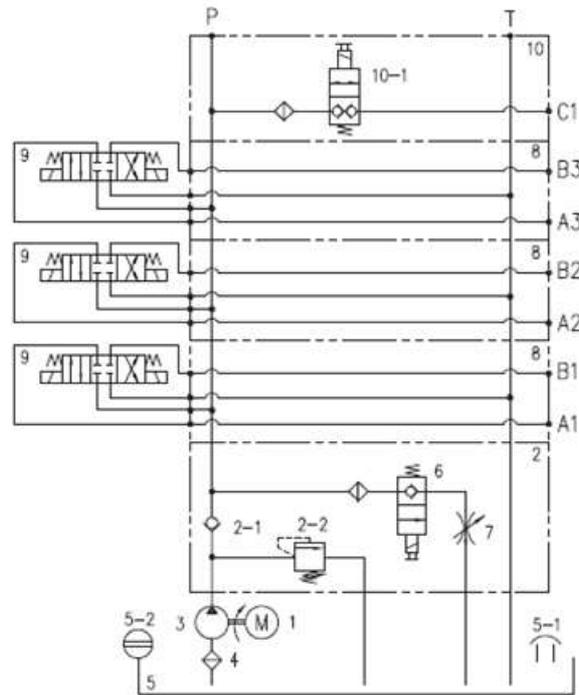


그림 19 유압 파워팩 회로도



그림 20 유압시스템의 구성

(4) 모터 제어드라이브 및 컨트롤러 설계, 제작

전기운반 농기계는 전동형으로 구성되었으므로 컨트롤러는 모터 드라이브와 작업자 조작 패널로 구성되어진다. 제어컨트롤러는 차체 전면 상단부에 박스를 구성하여 설치하였으며, 제어박스 안에 통합 컨트롤 PCB와 파워서플라이 및 부하에 따른 토크 및 속도 제어 등을 담당하는 모터 드라이브, 유압 컨트롤러, 출력부를 함께 배치하였다.

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

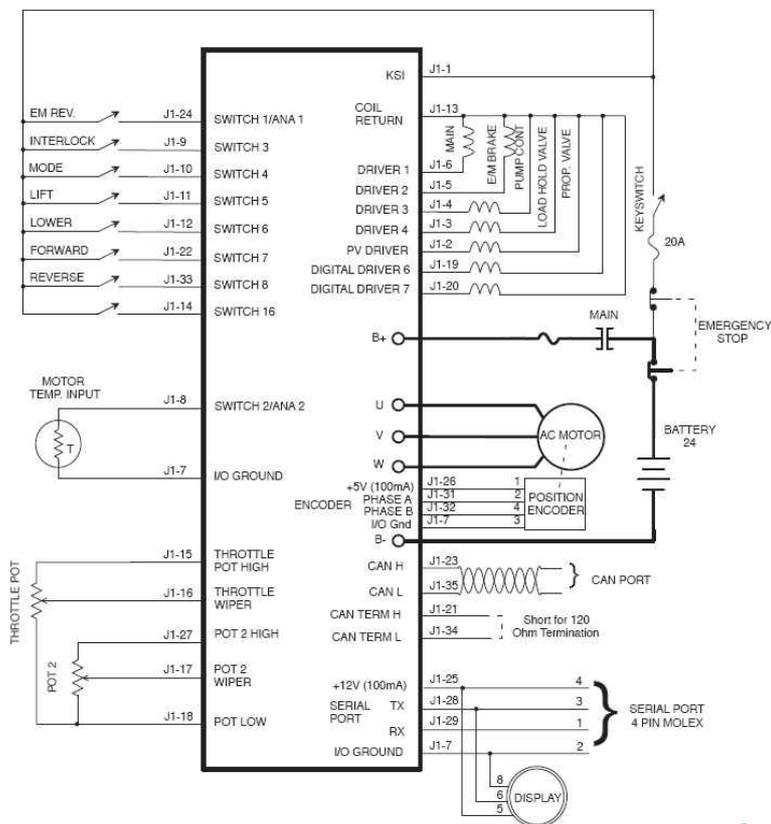


그림 21 AC모터 컨트롤러 1232E 구성도

메인 PCB에는 모터 구동, 유압구동, 각종 출력을 제어할 수 있도록 일체로 구성하였으며, 다음에 제어 구성도, 메인 PCB 회로 및 제작 결과와 드라이브 구동을 위한 펌웨어 소스 일부를 발췌하여 나타내었다.

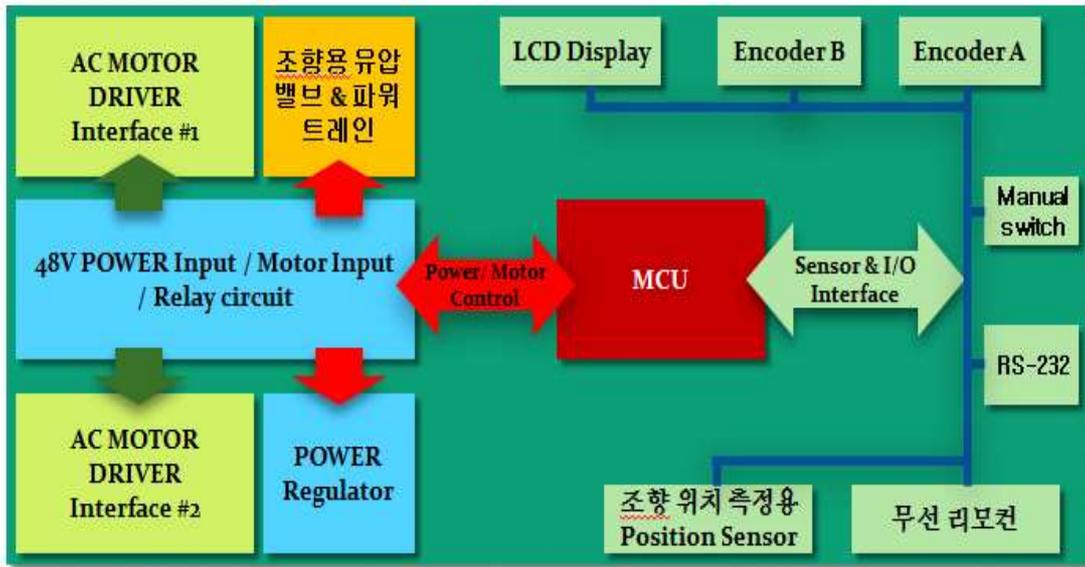


그림 22 제어 구성도

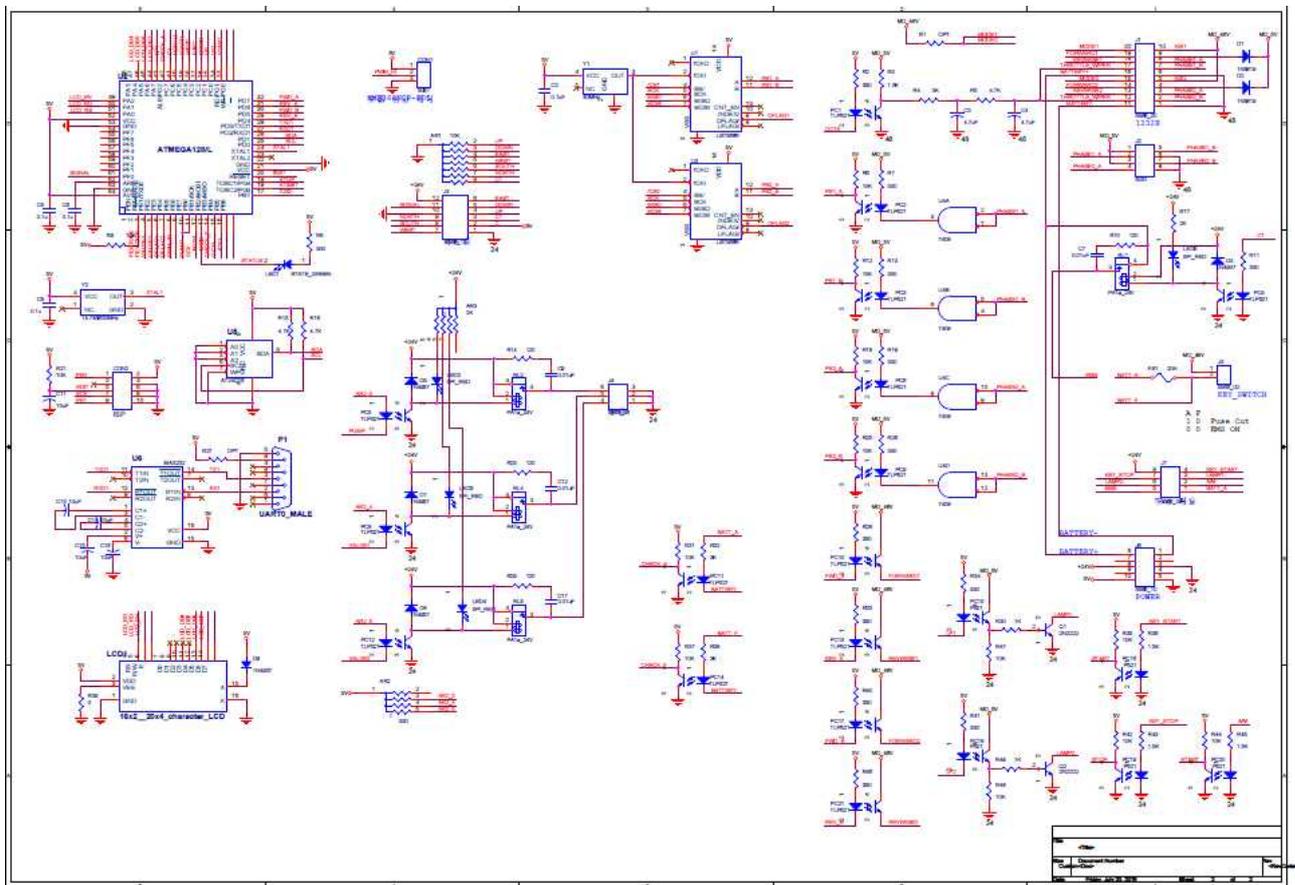


그림 23 1차 시작기 메인 PCB 회로도

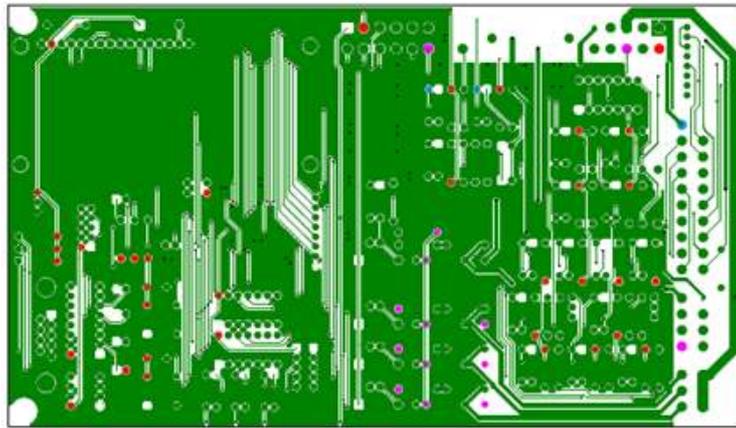
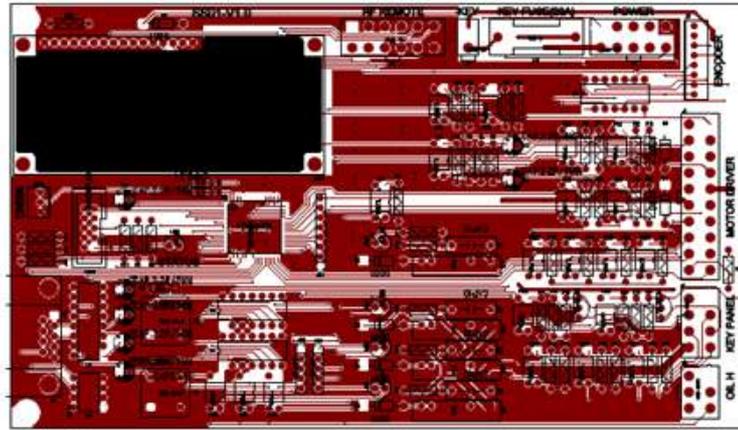


그림 24 1차 시작기 메인 PCB 아트웍



그림 25 1차 시작기 메인 컨트롤러 내부

(5) 1차 시작기 제작 및 간이시험

상기 결과에 의거하여 1차로 제작된 시작품은 다음 그림과 같으며 원격 리모트 컨트롤을 이용하여 주행 테스트를 실시하였고, 추가 성능 시험 및 구조적 문제 등을 분석하여 개선점 파악 및 추가 시작기 제작의 기초 자료로 활용하였다.



그림 26 1차 시작기 제작 및 구동시험

4) 1차 시작기의 기구학적 설계 및 구조 안정성 검토

전기 운반 농기계의 경우 농업의 목적으로 개발된 장비로써 하중과 진동에 의한 프레임의 강성 확보를 위한 구조가 우선이 되어야 한다. 전동차의 구조적 안전성 분석 및 검토를 위해 ANSYS를 이용하여 유한요소 해석을 실시하였으며, 주요 검토 항목으로는 사람이 탑승하는 인원수 및 적재중량에 따른 하중에 의한 프레임 변형 및 취약부 분석, 진동 해석을 수행하였다.

(1) 해석 모델링

먼저 제품을 제작하기 위한 3D Assembly Modeling을 바탕으로 유한요소해석의 원활한 진행을 위해 주요 검토 부분을 기반으로 단순화 작업을 실시하였으며, Main Frame 등 주요 검토 대상이 될 Unit은 최대한 기존 형상으로 구축하였다. 바퀴부는 구동축 끝에 바퀴를 대신하여 구속조건을 부여하기 때문에 도면에서는 삭제를 하였다. 3D 모델링 작업 및 Assembly 간 Unit의 간섭 및 치수오차 보정을 실시하였으며, Contact 조건을 고려하여 일부 구간의 추가 Modeling 개선을 하였다.

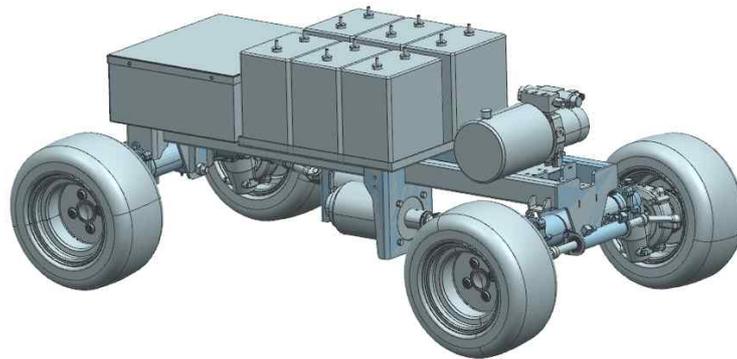


그림 27 전기운반 농기계 3D 조립도

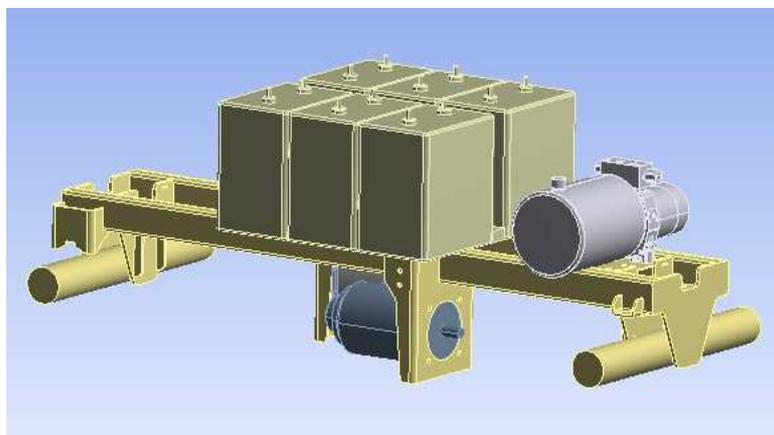


그림 28 해석 단순화 Modeling

Main Frame을 비롯한 부품은 구조강의 소재를 적용하였다. 구조강의 주요물성치는 아래의 표와 같다.

표 9 구조강의 물성치

	구조강 (S45C)
밀도 (g/cm^3)	2.7
탄성계수 (GPa)	205
항복강도 (MPa)	343
프아송비	0.29

(2) 유한요소의 생성

전동차의 유한요소 해석을 실시하기 위해 Mesh 설정을 하였다. 해석 Data의 신뢰성 확보를 위해 균등한 Mesh 분할을 위해 Automatic Mesh Based Defeaturing 설정을 하였으며 Minimum Edge Length는 7.091e-002mm로 설정하였다. 생성된 Mesh는 아래 표와 같다.

표 10 Nodes & Elements

Nodes	Elements
15,9616	89,789

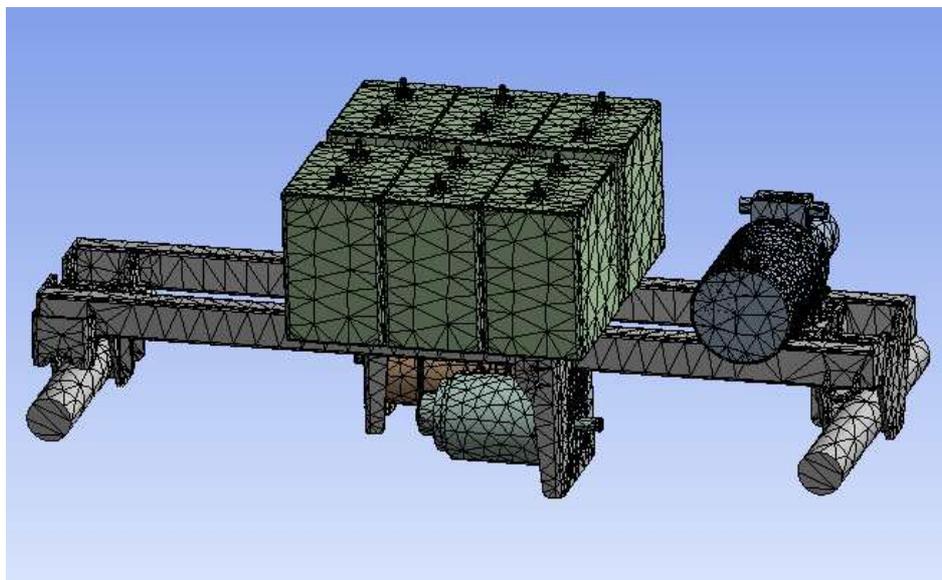


그림 29 Mesh 생성

(3) 생성하중 및 자중에 따른 Frame 변형 분석 (구조해석)

가) 구조해석 1 : 자중 (9806.6 mm/s²)

전기운반 농기계의 경우 바퀴가 있지만, 해석을 통하여 확인하고자 하는 대상은 지면 지지부가 아닌 장비의 Main Frame에 대한 부분이므로 바퀴부는 삭제하고, 바퀴가 체결되는 부위를 Fixed Support 지정하였다. 1차로 장비의 자중에 의한 안정성 문제를 파악하기 위해 중력조건만을 고려하였다.

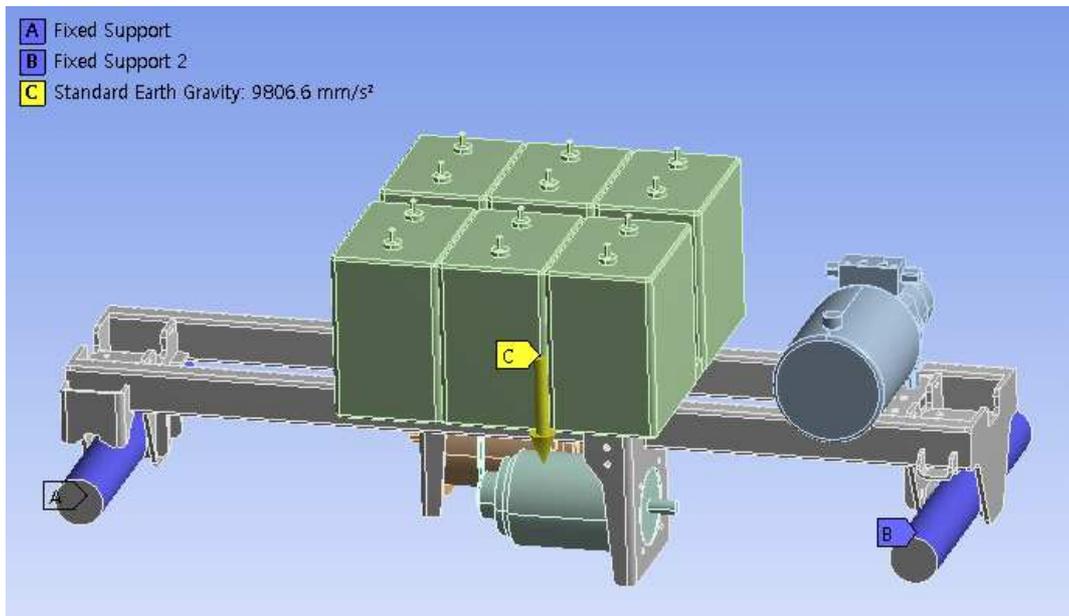


그림 30 자중 및 경계조건 설정

표 11 자중 해석 결과

최대 응력 지점	Main Frame 전면 Power Pack 하단부
최대 응력	69.58 MPa
최대 변형 지점	Main Frame 중앙 Drive Motor 체결부
최대 변형량	0.23474 mm

해석 결과값은 장비의 전반적인 크기, 제원 대비 전체 변형량 중 가장 큰 위치를 드러낸 값으로 실제 장비 구축 시에는 영향이 매우 미비하거나 없을 것이라 판단된다. 따라서 자중만 고려하였을 때 구조적 안정성은 확보된 것으로 판단되며, 추가로 인원의 탑승 및 적재중량을 적용하였을 경우를 고려해 보아야 할 것으로 판단되어 추가 해석을 진행하였다.

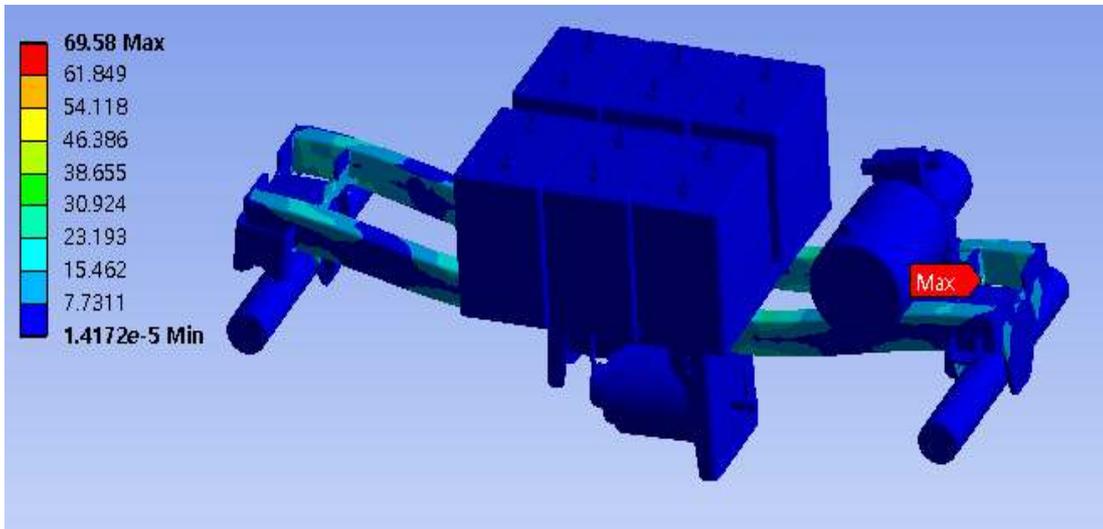


그림 31 자중 해석 결과 - 응력 (Max Point)

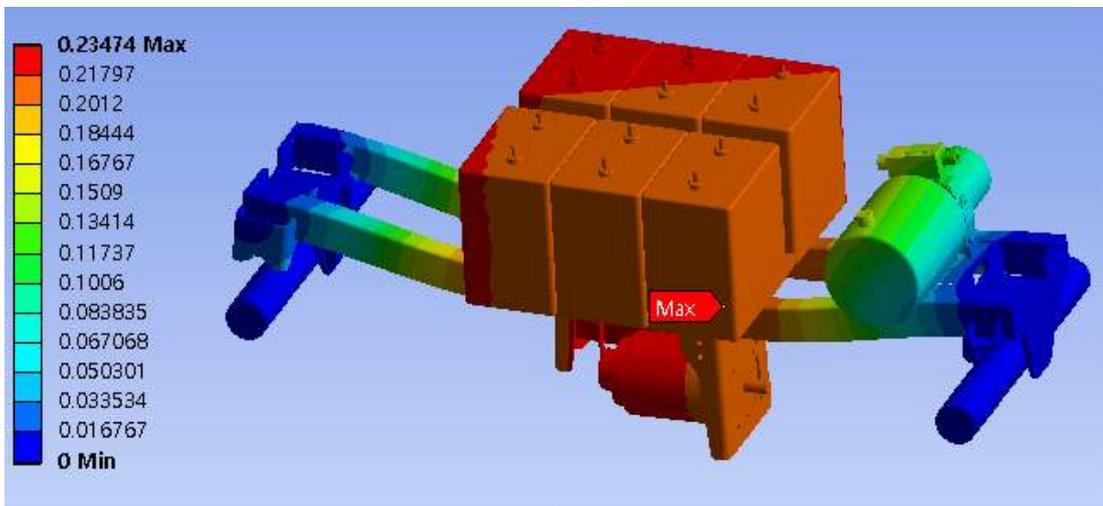


그림 32 자중 해석 결과 - 변형량 (Max Point)

나) 구조해석 2 : 하중 +1,000N

전기운반 농기계에 사람이 1명 탑승하였을 경우를 고려하여, 중앙부에 1,000N의 하중을 적용하였다. 경계조건 및 자중의 조건은 기존과 같다.

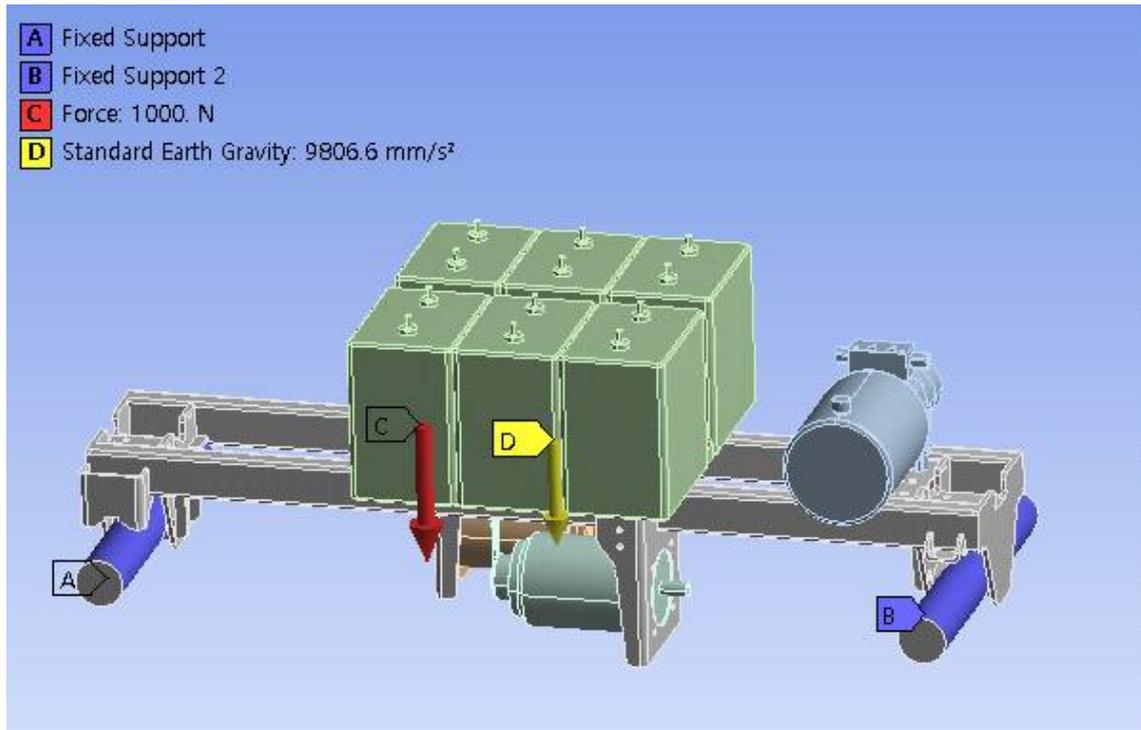


그림 33 하중, 자중 및 경계조건 설정

표 12 하중 해석 결과 1 (+1,000N)

최대 응력 지점	Main Frame 전면 Power Pack 하단부
최대 응력	78.487 MPa
최대 변형 지점	Main Frame 중앙 Drive Motor 끝단
최대 변형량	0.26233 mm

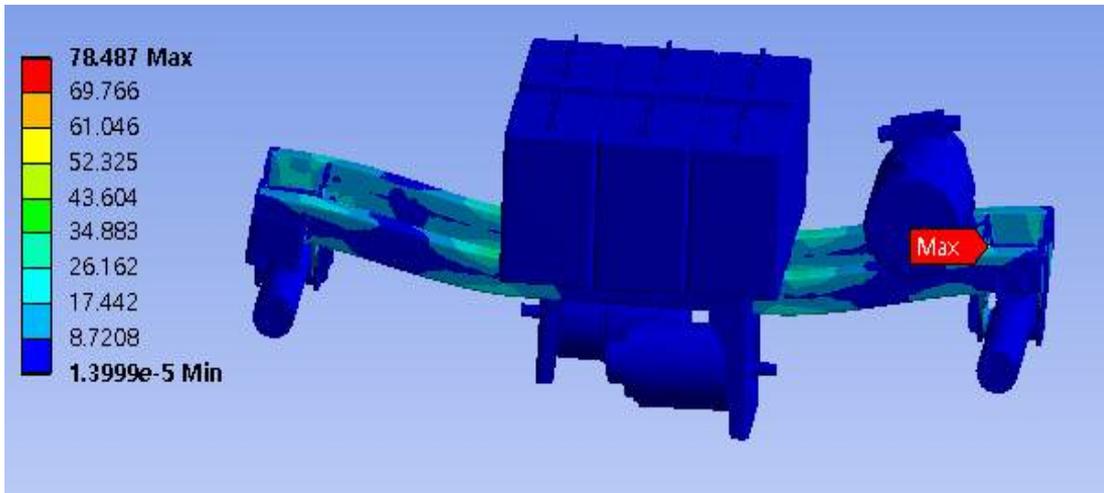


그림 34 하중 해석 결과1 - 응력 (Max Point)

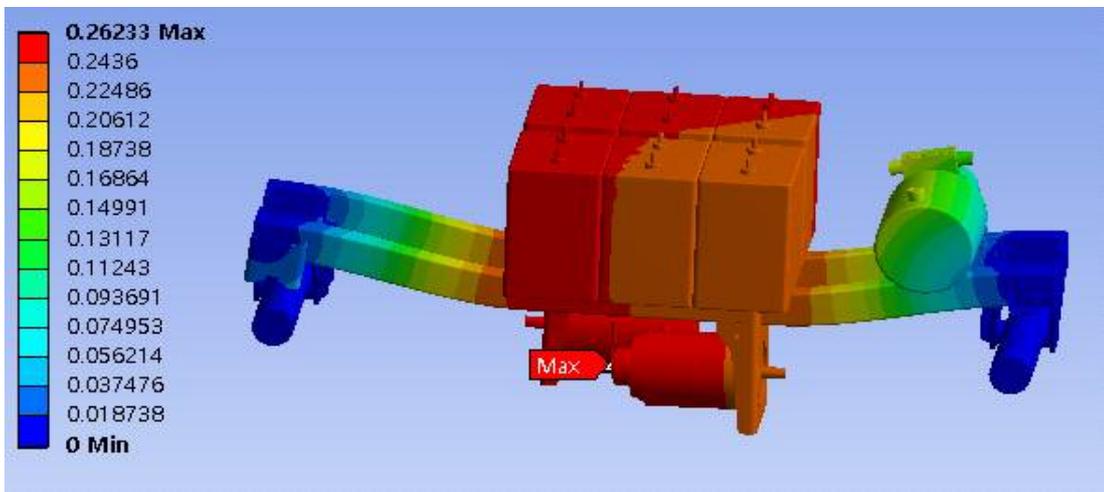


그림 35 하중 해석 결과1 - 변형량 (Max Point)

추가로 사람 1명이 탑승하는 조건을 하중 1,000N을 추가로 Frame의 중앙에 부여하였다. 최대 응력 값은 동일 위치에 8.9 Mpa 증가하였는데, 취약부에 응력이 추가로 집중된 것으로 확인하였다. 최대 변형량은 0.02759mm 증가하였고, 위치는 모터 고정부에서 모터 끝단으로 이동하였다.

다) 구조해석 3 : 하중 +2,000N

전기운반 농기계에 사람이 2명 탑승하였을 경우를 고려하여, 중앙부에 2,000N의 하중을 적용하였다. 경계조건 및 자중의 조건은 기존과 같다.

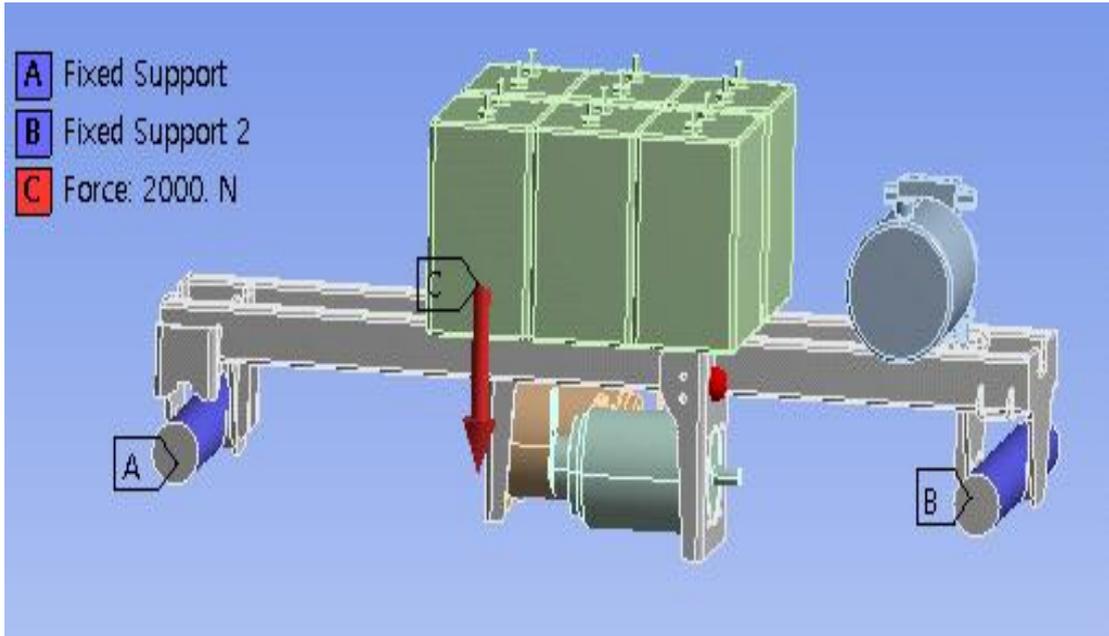


그림 36 하중, 자중 및 경계조건 설정

표 13 하중 해석 결과 2 (+2,000N)

최대 응력 지점	Main Frame 전면 Power Pack 하단부
최대 응력	87.395 MPa
최대 변형 지점	Main Frame 중앙 Drive Motor 끝단
최대 변형량	0.29025 mm

추가로 사람 2명이 탑승하는 조건을 하중 2,000N을 추가로 Frame의 중앙에 부여하였다. 최대 응력 값은 동일 위치에 8.9 Mpa 증가하였고, 최대 변형량은 0.02792mm 증가하였으며 위치는 모터 끝단에 있었다.

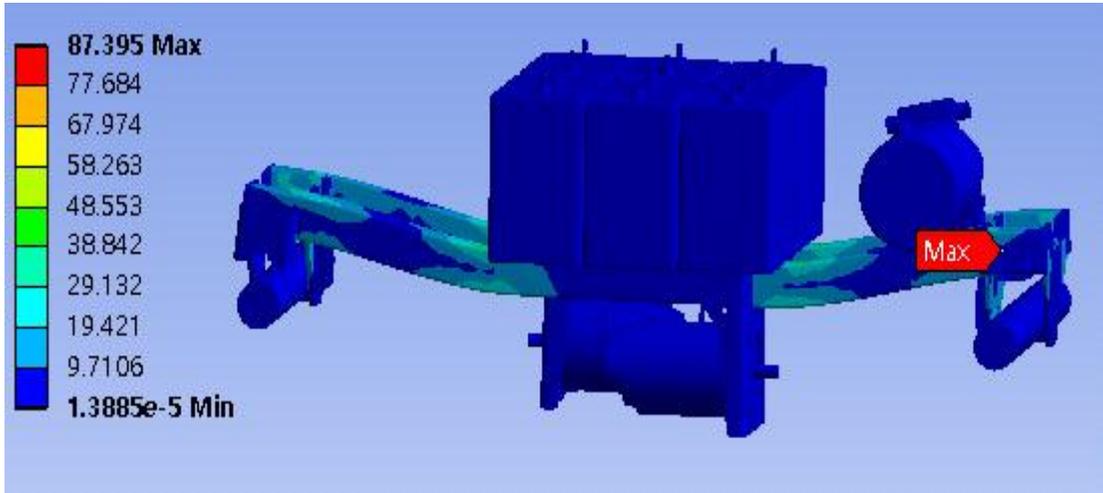


그림 37 하중 해석 결과2 - 변형량 (Max Point)

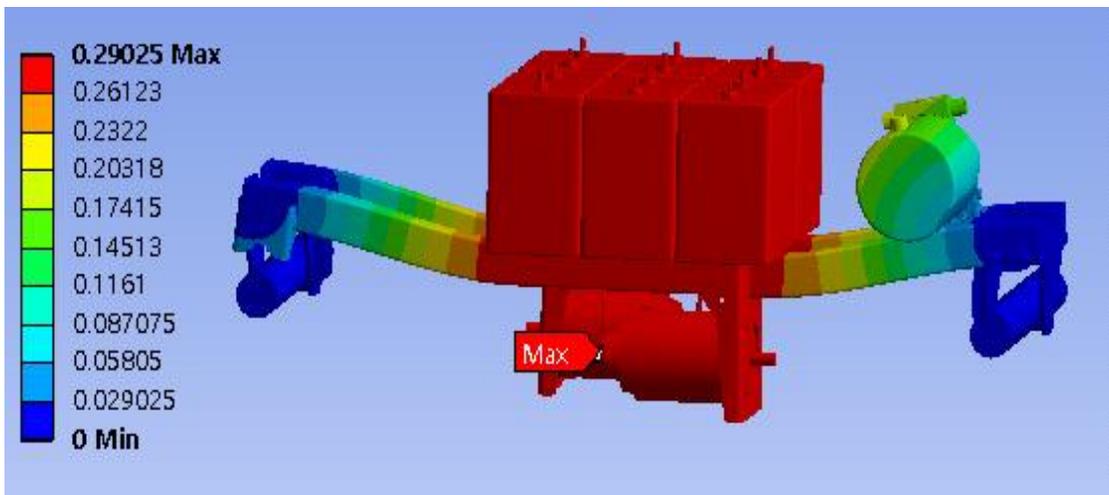


그림 38 하중 해석 결과2 - 변형량 (Max Point)

상기의 결과로 아래 표에서의 정리한 것을 보면 최대 응력 값은 동일 위치에 약 8.9 Mpa 증가, 최대 변형량은 약 0.027 mm 증가하여, 결과적으로 추가된 하중에도 응력과 변형량의 차이는 거의 없다고 무방할 정도로 적은 것으로 보아 강건설계 되었다고 판단된다.

표 14 하중 해석 결과 고찰

하중	최대 응력 (MPa)	최대 변형량
자중	69.58	0.23474
+ 1,000N	78.487	0.26233
+ 2,000N	87.395	0.29025

(4) 진동해석

전기운반 농기계는 특성상 구동축에서 고속회전운동이 발생하며, 작업환경이 비포장 농로이므로, 진동에 의한 프레임의 변형이 고려되어야 하기 때문에, 진동해석을 추가로 진행하였다. Mesh와 구속조건은 정적 구조해석과 동일하게 반영을 하였고, 아래 표의 6Mode 자유진동을 부여하였다. 최대변형은 1.7877mm로 상부 구조물 끝단에 발생하였다. 가장 중요한 부위인 Main Frame은 0.7494mm로 나타났다. 장비의 특성상 프레임의 변형량은 아주 미비하여 변형이 없는 것으로 보이며, 특이사항이 없을 경우 본 설계로 제품을 설계하여도 무방할 것으로 판단된다.

표 15 자유진동 부여 조건

Mode	frequency of vibration (Hz)
1	20.321
2	30.285
3	41.451
4	42.865
5	74.954
6	90.603

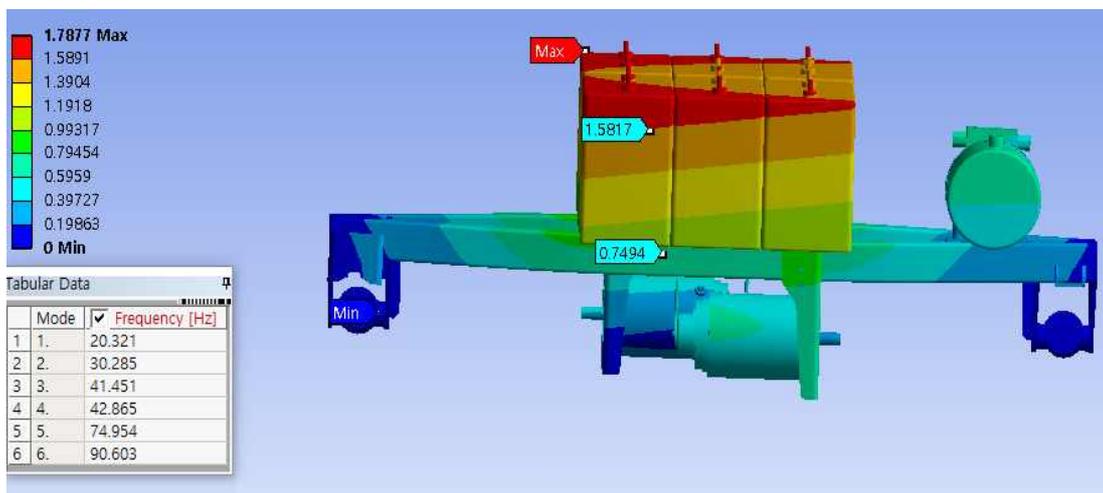


그림 39 진동 해석 결과

5) 최종시작기 설계 및 제작

(1) 기본 설계

1차 시작기를 제작함으로써 전기운반 농기계의 기본 설계 및 간이 시험용 제어부 제작을 통해 기본 성능을 확인하였다. 최종 시작기 제작에서는 광범위한 차속 조절 및 안정성 확보에 초점을 두고 설계하였으며, 성능 및 디자인을 고려하여 프레임, 주행부, 조향부, 컨트롤러 시스템 등으로 구성하였다. 하단의 그림은 설계된 최종 시작기의 주행부 도면 및 세부도면을 발췌하여 나타낸 것이다.

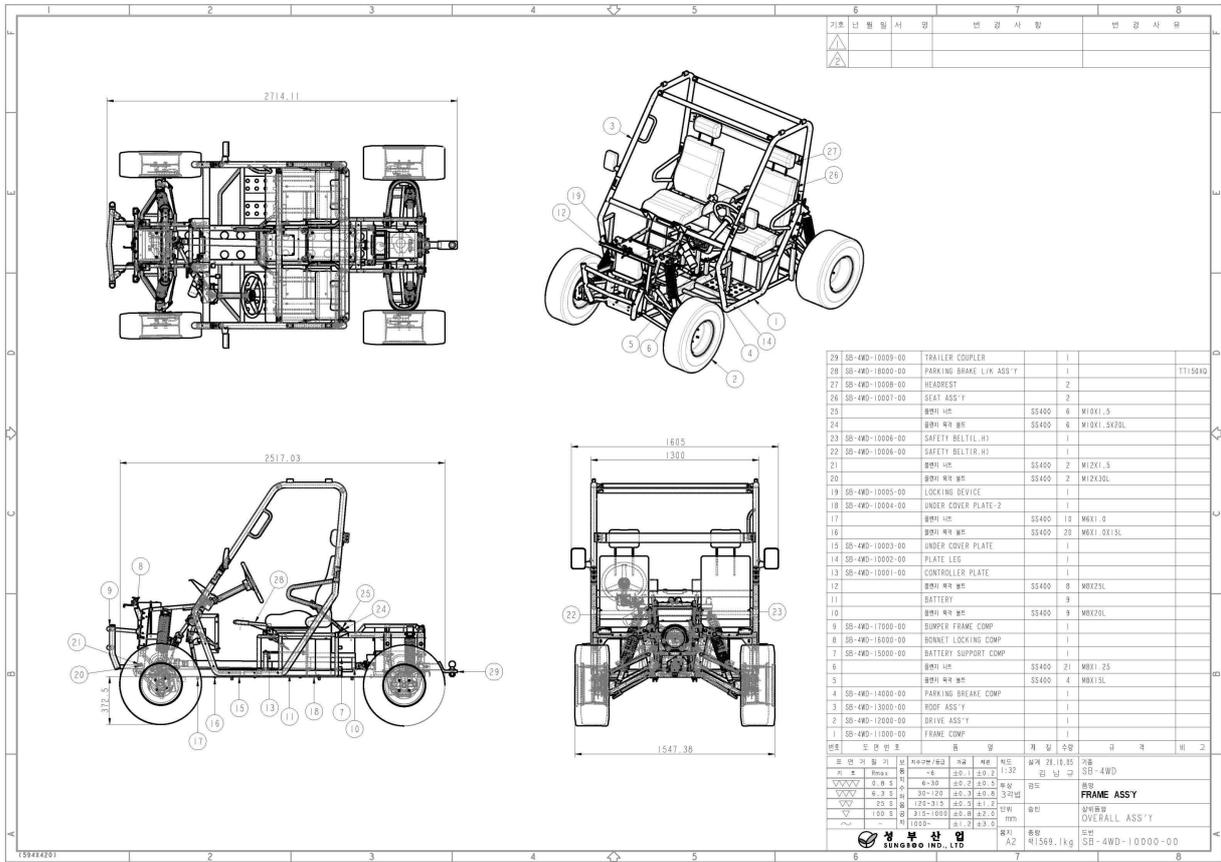


그림 40 전기 운반 농기계의 설계 도면

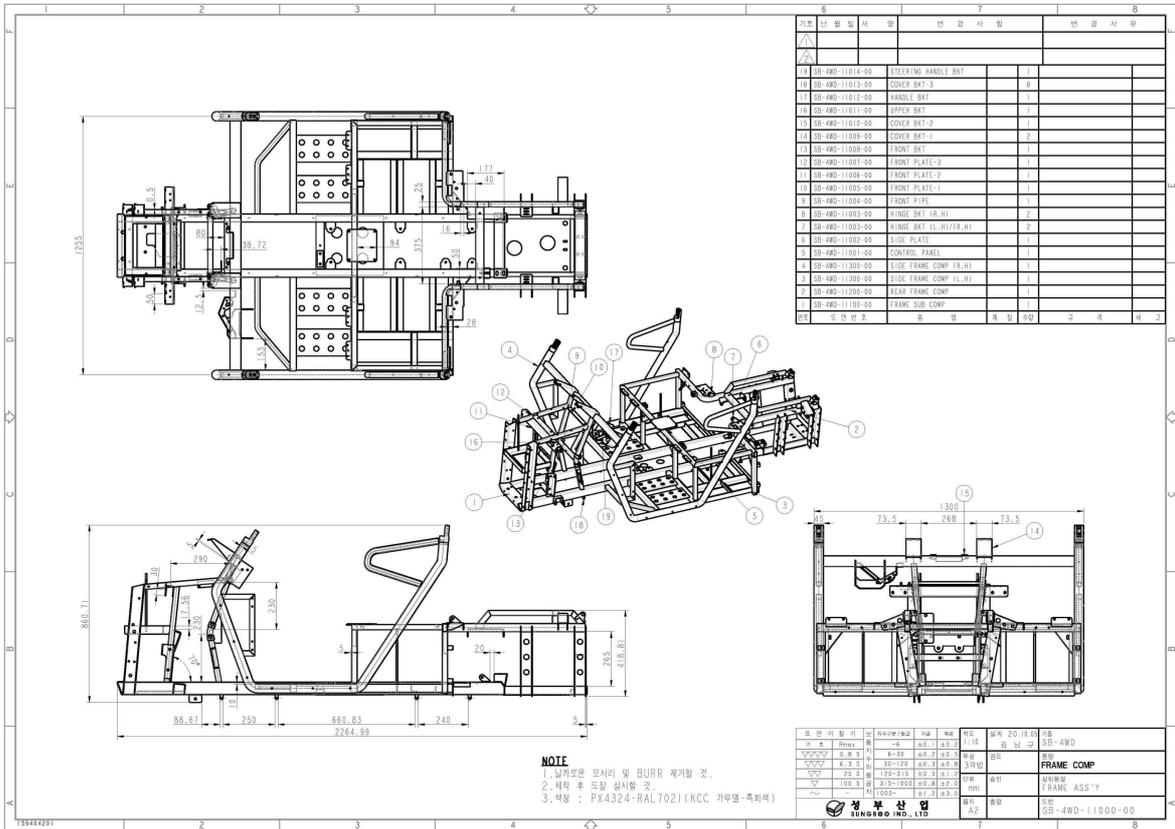


그림 41 프레임 도면

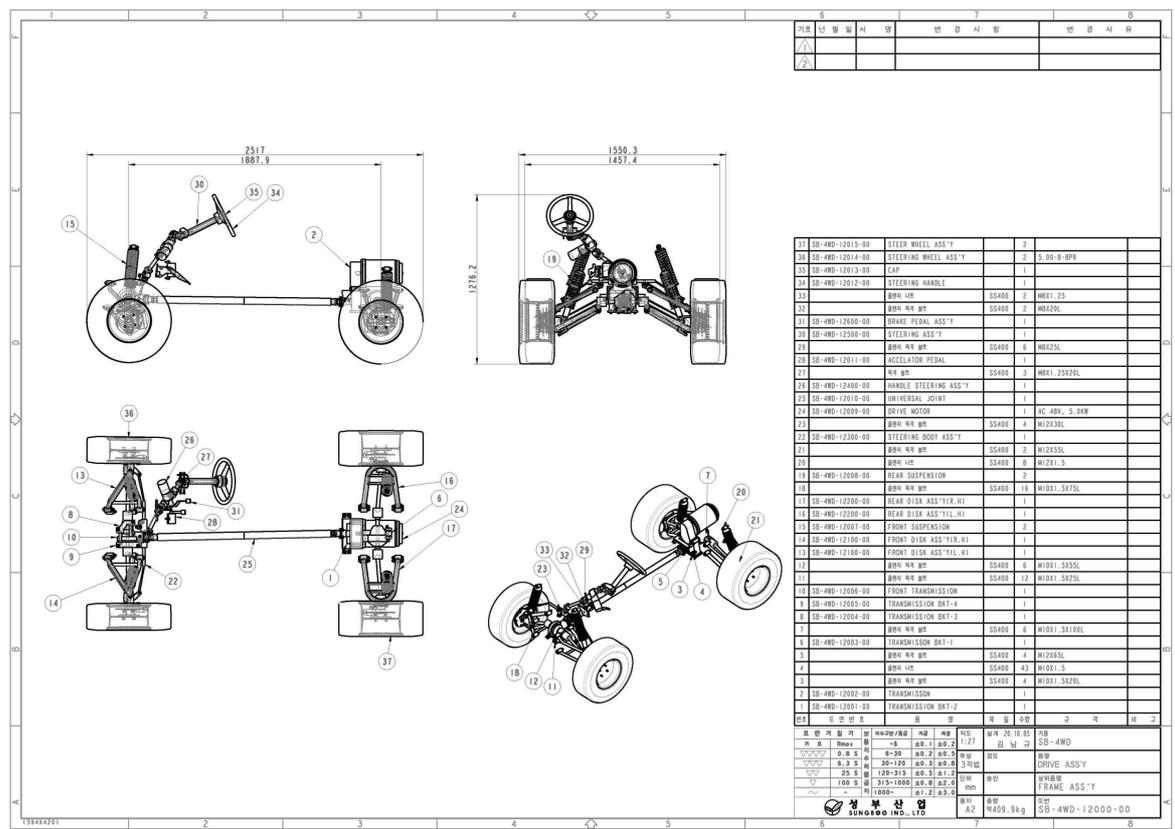


그림 42 동력전달부 도면

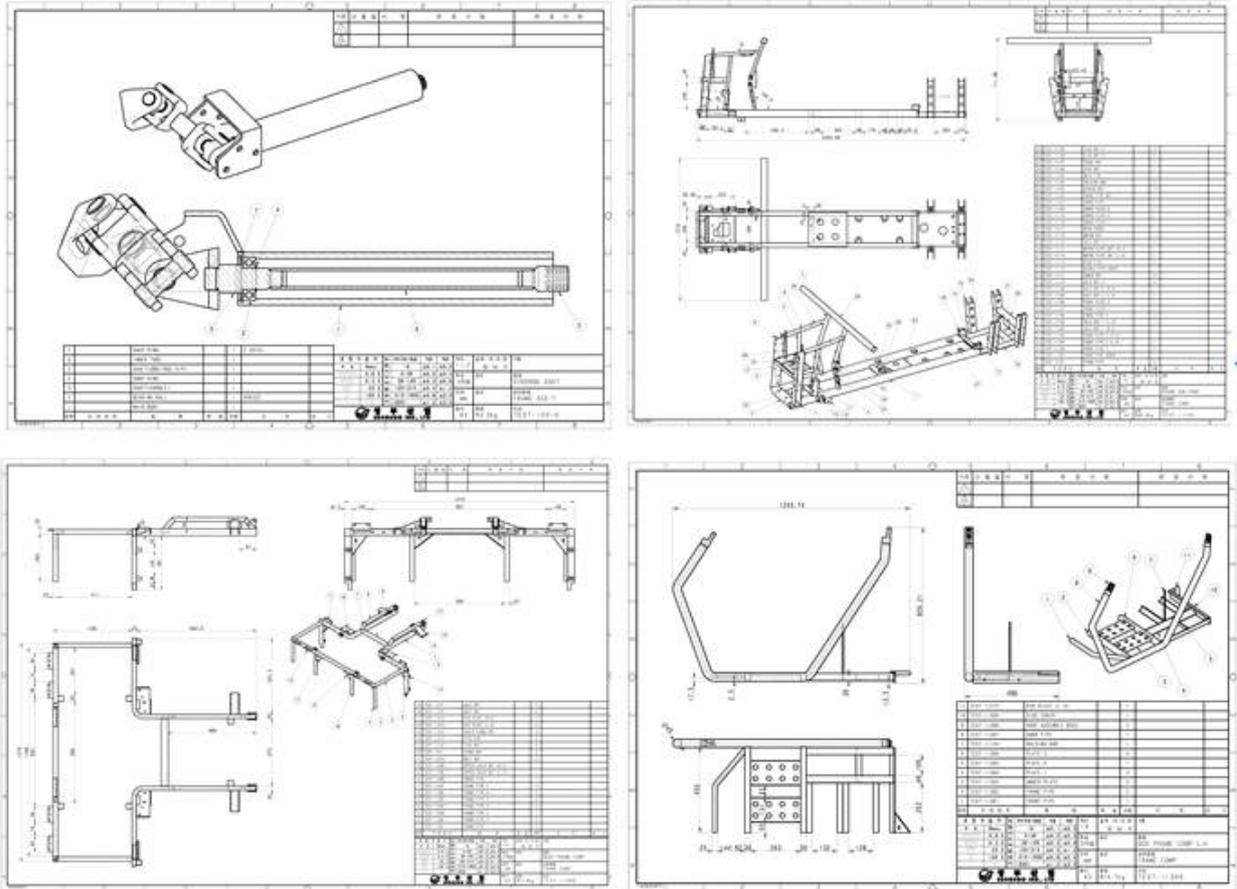


그림 43 세부 도면(발취)

이전 연구결과를 토대로 여러 가지 수정 및 보완작업을 거쳤으며 설계 내용에 따라 시제품을 조립하여 체크하였으며 3D 프로그램에 의한 설계를 토대로 최종 3D 모델링 작업에 의한 검증, 구조해석을 진행하였다.

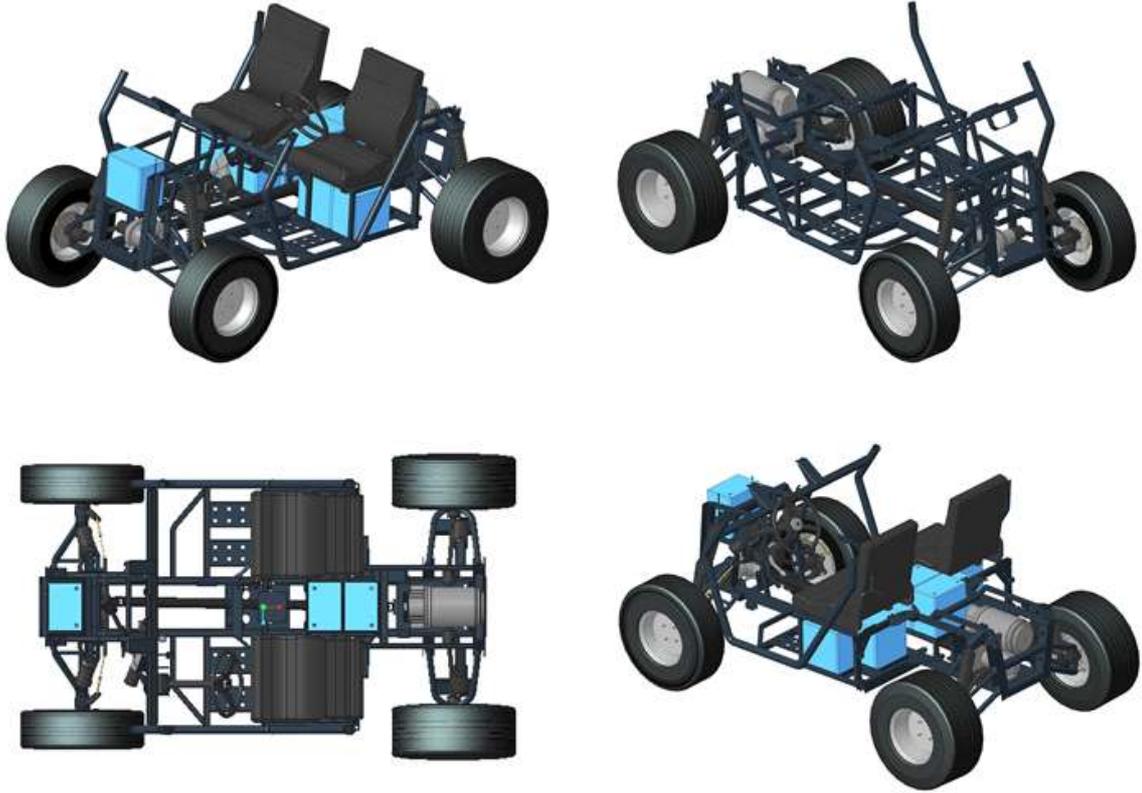


그림 44 3D 모델링 (기초 설계)

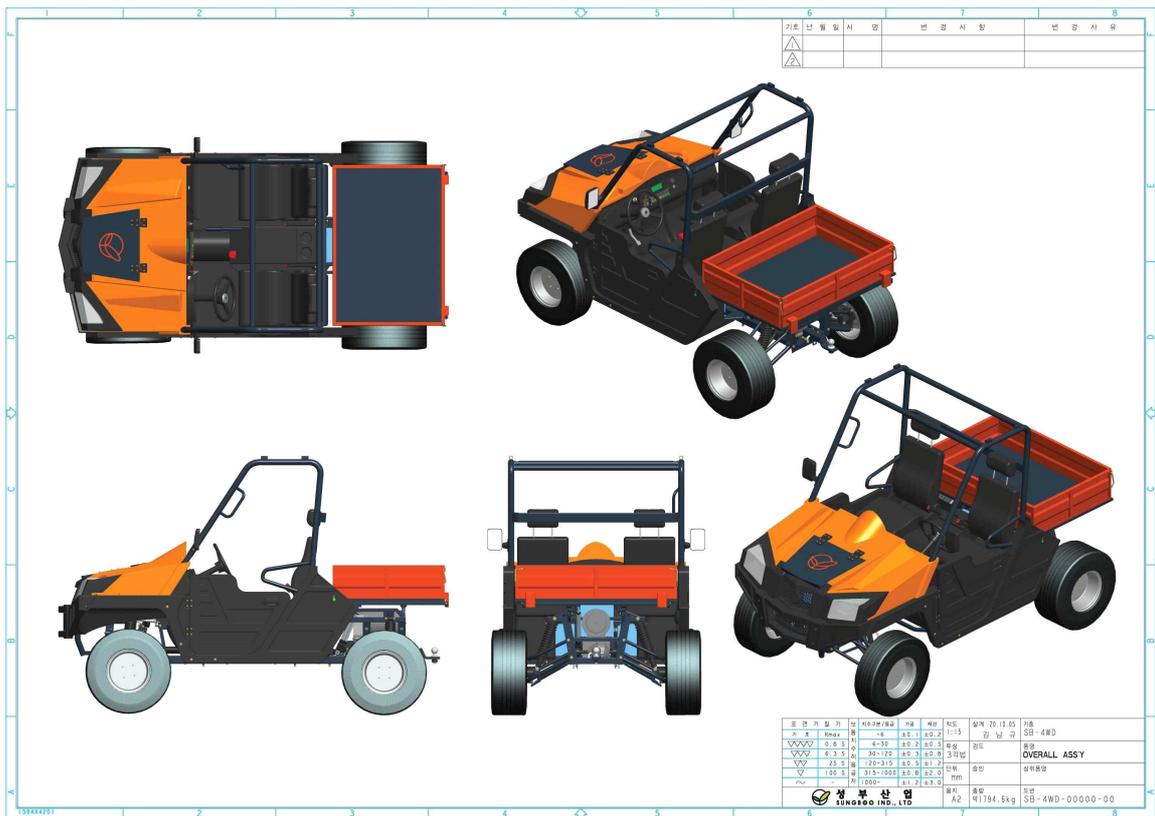


그림 45 3D 모델링 (최종 설계)

(2) 모터 선정 및 주행장치 설계, 제작

전기 운반 농기계 모터는 1차 시작기를 토대로 당사의 기존 연구결과에 따라 효율적인 주행을 위해 용량에 맞게 개발된 AC 모터를 적용하였다.

전기운반 농기계는 경사지 등 험로 주행이 많고 선회반경을 좁게 함은 물론 정밀한 제어가 가능해야 하기에 AC모터를 적용하였으며, 모터 드라이브를 통해 최적 연동제어가 되도록 하였다.

원활한 구동 및 제어를 위해 최종 시작기에서는 DC72V, 5kW AC모터를 단독으로 적용하고 트랜스미션을 통해 속도를 조절할 수 있도록 하였다. 다음에 주행장치부의 주요 구조와 사양과 주행부 조립상태를 나타내었다.

표 16 주행장치의 주요 사양

항 목		특 징	
AC모터	전압	V_{DC}	72
	출력	W	5,000
	최대회전속도	rpm	4,800
타이어	형식	-	25×8-12 (전륜) 25×10-12 (후륜)
하부프레임	크기	mm	1,380×900×350
구동방식	형식	-	4륜구동
현가장치	형식	-	독립현가시스템
배터리	규격	-	8V240AH × 9EA



그림 46 프레임 제작



그림 47 조향 및 제어부 조립



그림 48 동력전달부 및 현가장치 조립



그림 49 바퀴 및 배터리 조립



그림 50 사이드 프레임 등 부속 조립

(3) 모터 제어드라이브 및 컨트롤러 설계, 제작

전기운반 농기계는 전동형으로 구성되었으므로 컨트롤러는 모터 드라이브와 작업자 조작 패널로 구성되어진다. 1차 시작기와 마찬가지로 모터 특성 및 조작 등에 맞추어 제어박스 안에 통합 컨트롤 PCB와 파워서플라이 및 부하에 따른 토크 및 속도제어 등을 담당하는 모터 드라이브, 출력부를 함께 배치하였다. 모터 제어 드라이브는 Zapi사의 AC모터 전용 드라이브를 적용하였다.

메인 PCB에는 모터 구동, 각종 출력을 제어할 수 있도록 일체로 구성하였으며, 다음에 메인 PCB 회로 및 제작 결과와 드라이브 구동을 위한 펌웨어 소스 일부를 발췌하여 나타내었다.

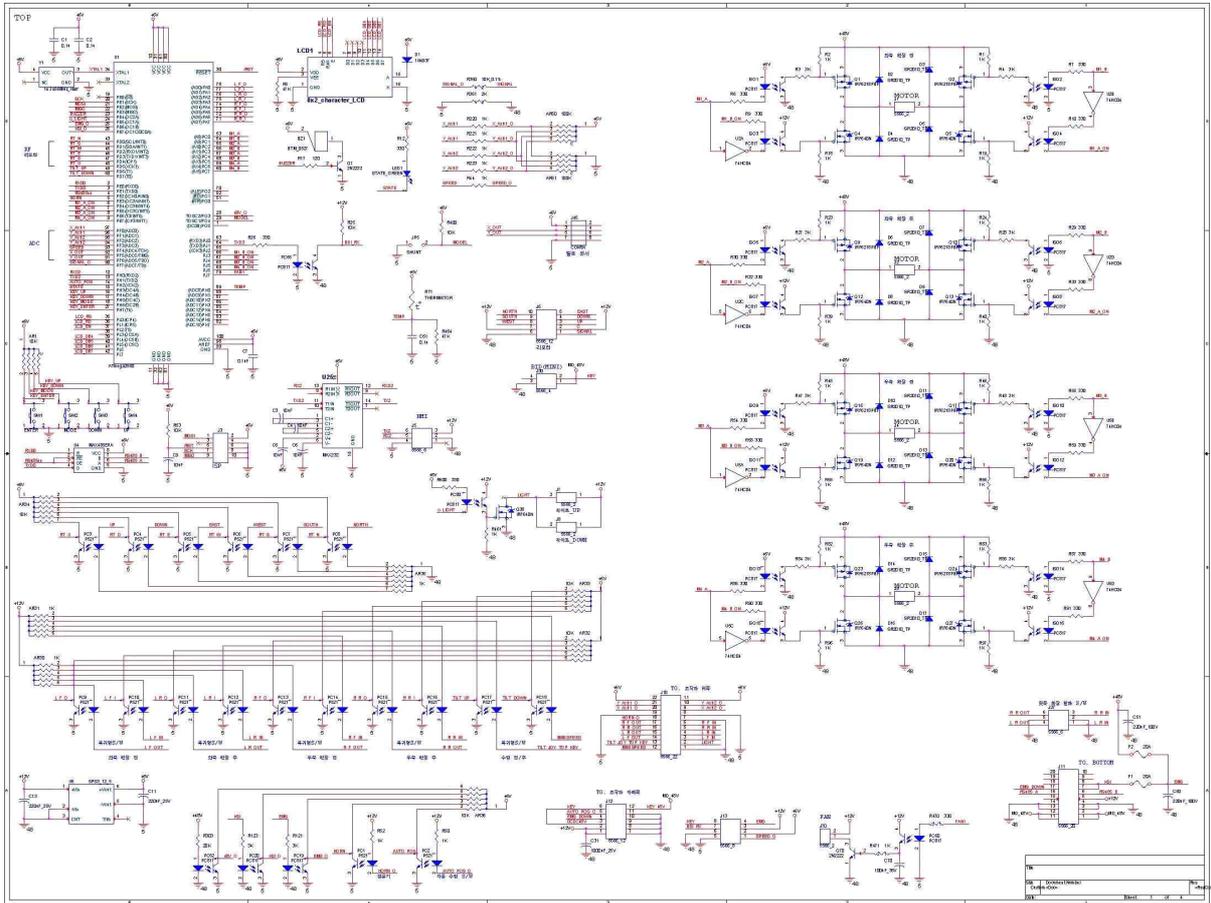


그림 51 메인 PCB TOP 회로도

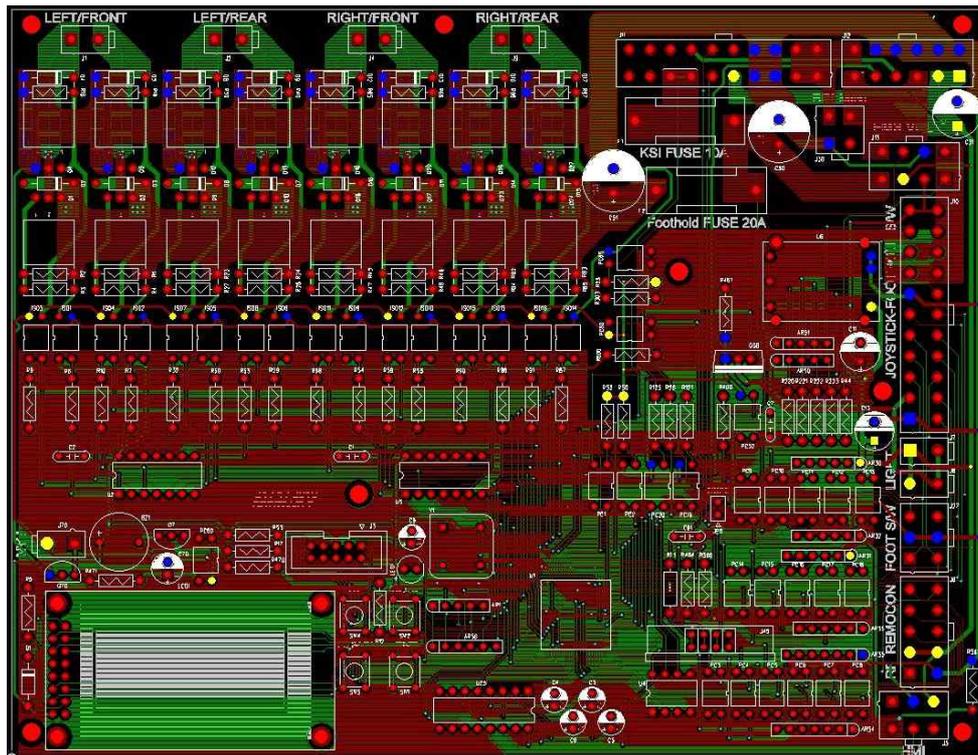


그림 52 메인 PCB TOP Artwork 1

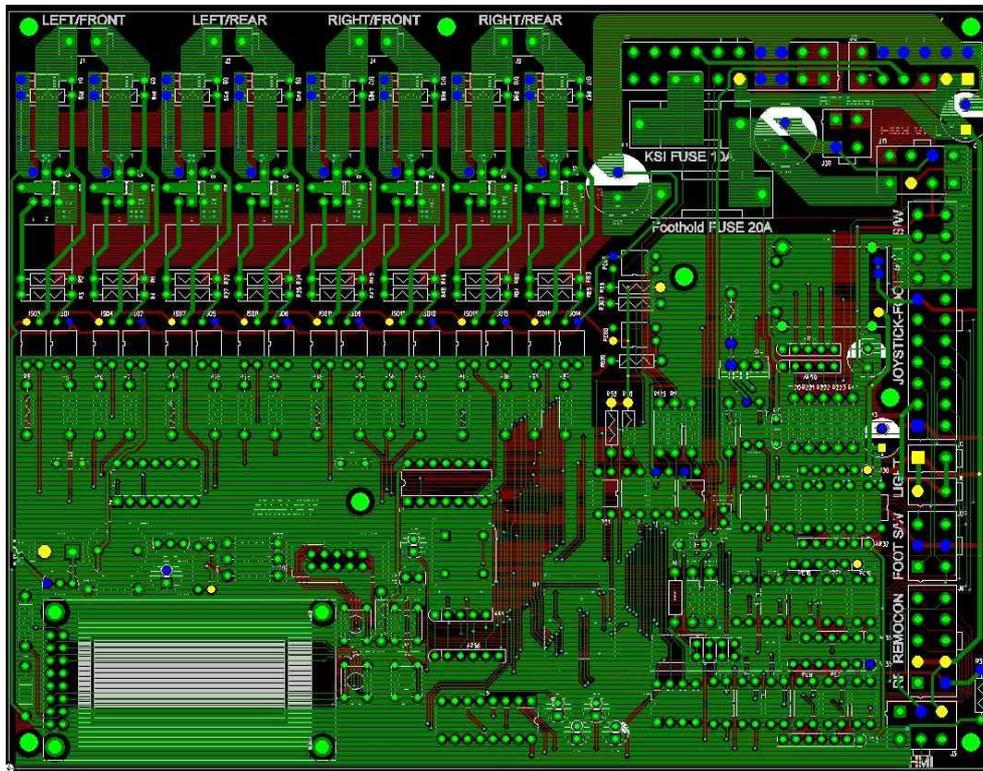


그림 53 메인 PCB TOP Artwork 2

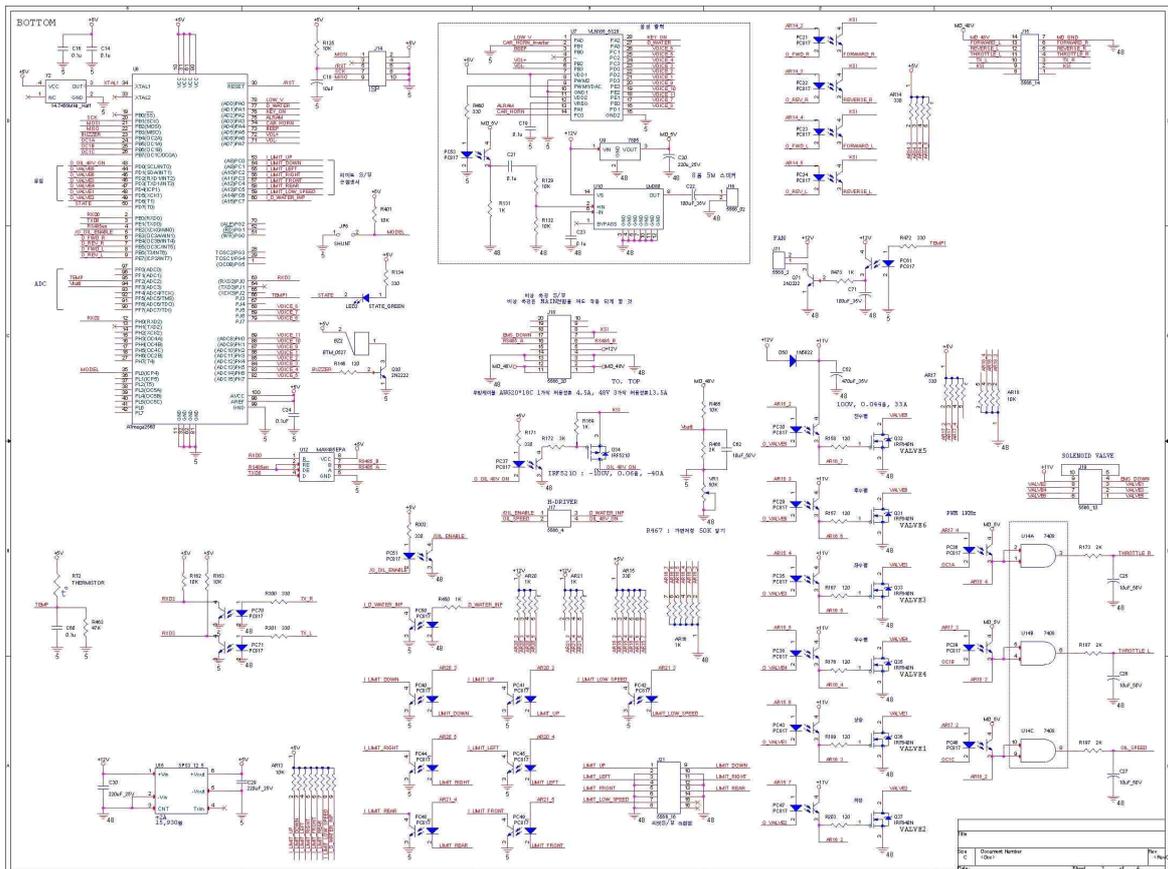


그림 54 메인 PCB BOTTOM 회로도

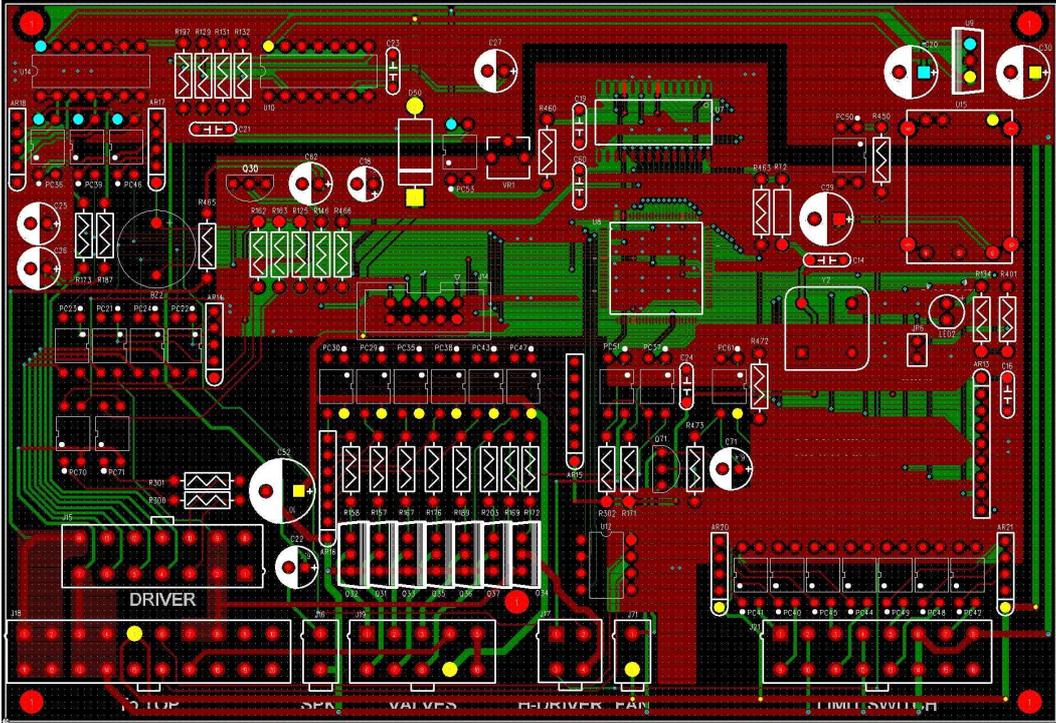


그림 55 메인 PCB BOTTOM Artwork 1

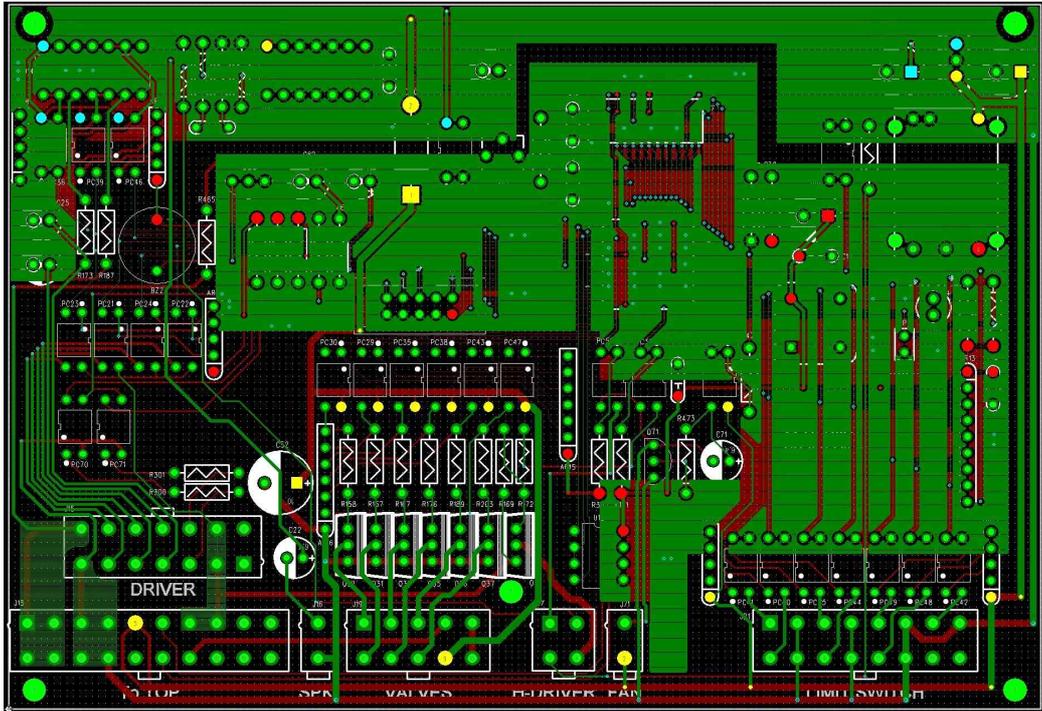


그림 56 메인 PCB BOTTOM Artwork 2

```

#include <mega2560.h>
#include <delay.h>
#include "global.h"
#include "init.h"
// #include "VariAdj.h"
// #include "character_lcd.h"
#include "serial.h"
// #include "menu.h"
#include "port.h"

// USART0 관련 변수 //////////////////////////////////////
u08 RxBuffer0[TXRX_BUFFER_SIZE];
u08 TxBuffer0[TXRX_BUFFER_SIZE];
u08 TxBufferTemp0[TXRX_BUFFER_SIZE];
u08 RxBufferCopy0[TXRX_BUFFER_SIZE];
u08 RxBufferIndex0;
u08 RxPacketLength0;
u08 PacketReady0;
u08 Crc_Sum0;
u08 Cnt_Crc_Error; // CRC Error 카운터.
////////////////////////////////////

// ADC 관련 변수 //////////////////////////////////////
u08 Flag_ADC_Start;

```

그림 57 프로그램 소스 (발췌)

분류	Unit Number	품명	Q'TY	TYPE	체크사항	
IC	U2	ATmega128A	1	TQFP64		
	U1_8	LS7366R	2	DIP 14pin		
	U6	AT24016	1	DIP 8pin		
	U4	74HC08	1	DIP 14pin		
	U8	MAX232	1	DIP 18pin		
TR	Q1_2	2N2222A	2	TO-18		
	R99	0	1	LEAD 1/4W		
Resistor	R10,14,29,29	120	4	LEAD 1/4W		
	R2,8,7,11,15,19,20,28,33,34,40,41,48	330	18	LEAD 1/4W		
	R80,49	1K	2	LEAD 1/4W		
	R9,36,43,45	1.6K	4	LEAD 1/4W		
	R17	2K	1	LEAD 1/4W		
	R4,32,38	8K	3	LEAD 1/4W		
	R5,15,18	4.7K	3	LEAD 1/4W		
	R6,9,12,16,21,26,31,35,37,42,44,47,48	10K	18	LEAD 1/4W		
	R1_27	용선	2	LEAD 1/4W		
	AR2	5x331J(330Q) 5pin 8pin type	1	Array(5P)		
	AR3	5x20J(20K) 5pin 8pin type	1	Array(5P)		
	AR1	5x103J(10KQ) 8pin 8pin type	1	Array(5P)		
	Capacitor	C2,5,8,8	0.1uF60VDD	4	DIP 5pin(세방향)	
		C3,4	E/O 60V 4.7uF (86°)	2	DIP 2pin(직방)	
		C11,13,14,15,16	E/O 60V 10uF (86°)	5	DIP 5pin(직방)	
		C7,9,12,17	BMV103J,5V-10	4	DIP / 830V	
	DIODE	D1,2	1N5819	2	TO-41	
D3,5,7,8,9		1N4937	5	TO-41		
부품인용번호	P01-8,8-21	P0817	20	DIP4		
필터이	RL1,2,4,5	PA18-24V	4	DIP 4pin		
필터이 소켓	RL1,2,4,5	PA18-25	4	DIP 4pin		
OSC	Y2	14.746800MHz	1	HALF		
	Y1	40.000000MHz	1	HALF		
LCD	LCD1	AR0018002E57-BW-R	1	16x2 character		
	LED2,3,4,5	60° 광각	4	60° 광각 DIP		
LED	LED1	60° 녹색	1	60° 녹색 DIP		
	Z1	D51037-09M	1	D-SUB 9 MALE ANGLE		
Connector	CON2	일반비스피커 Dual 2x6pin	1	8pin(2,64mm)	AVR ISP	
	CON1	LW0840-08	1	대차 5046-08		
	J2	LW0840-08	1	대차 5046-08		
	J6	6508-02A(무색)	1			
	J4	6508-08A(무색)	1			
	J7	6508-08A(무색)	1			
J8	6508-10A(무색)	1				
	6508-12A(무색)	1				
	6508-20A(무색)	1				
	F-520	F-520	1			
ETC.	PA1	필터 5x20-20A	1			

그림 58 메인 PCB의 BOM

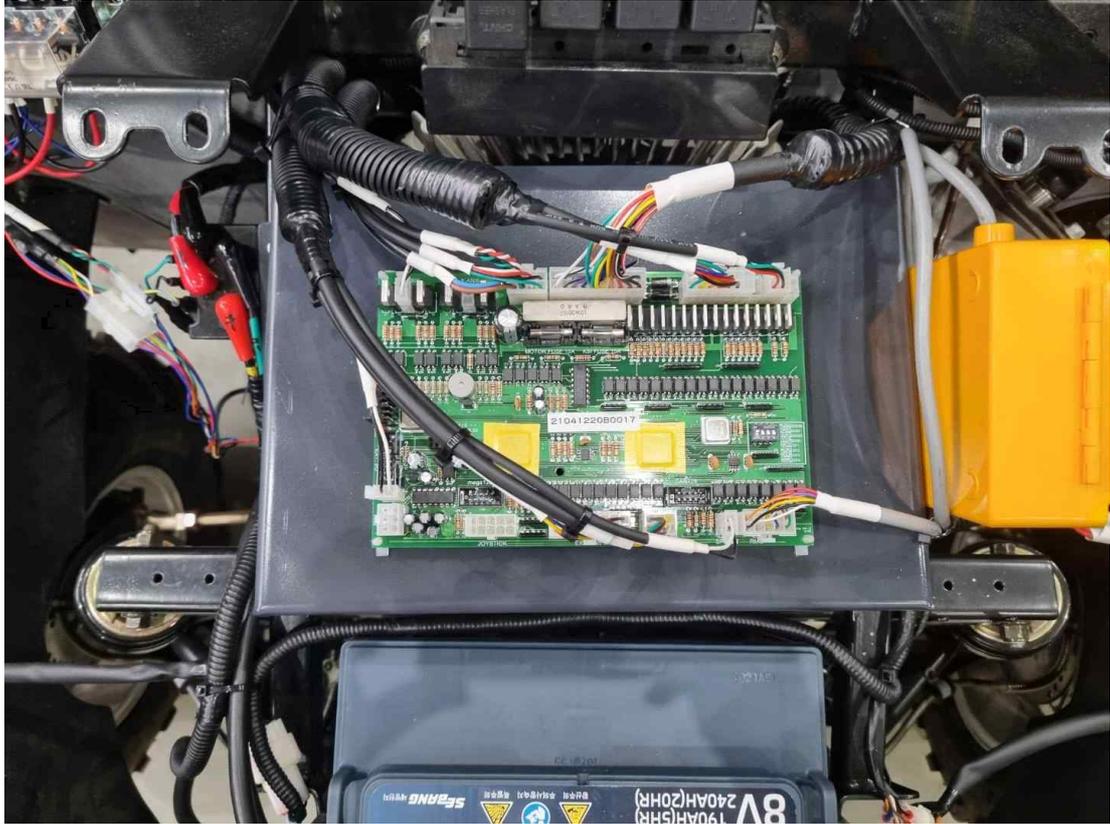


그림 59 메인 PCB 장착

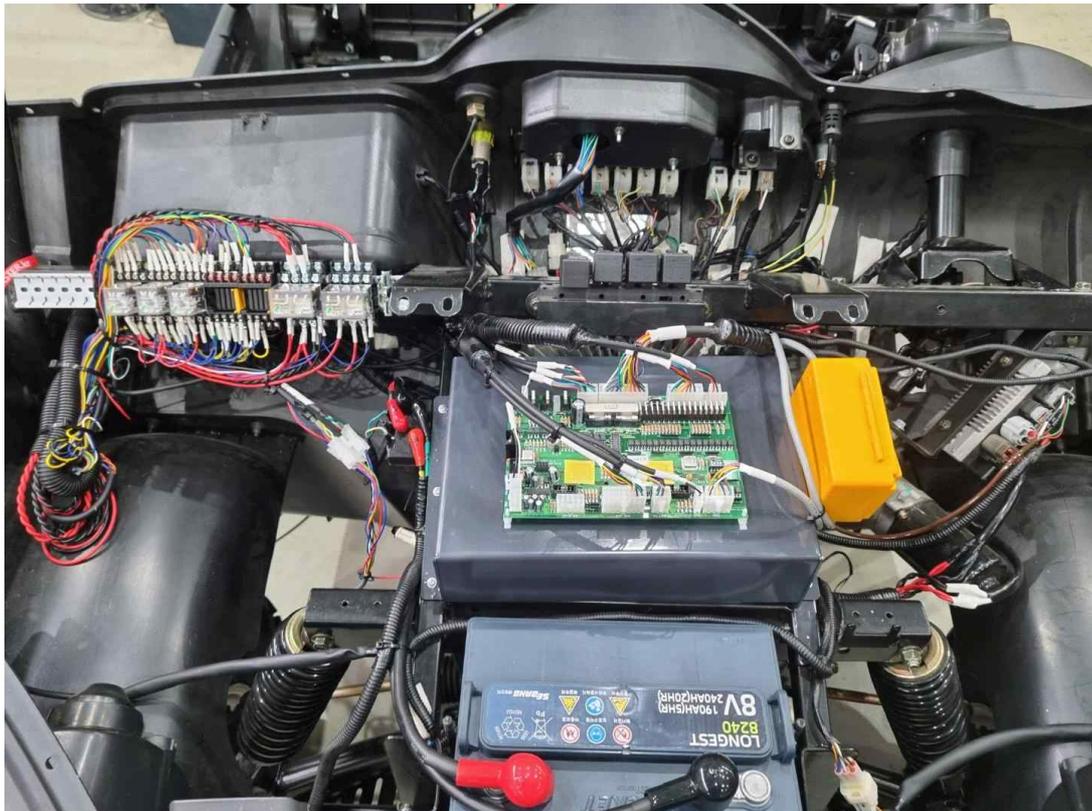


그림 60 메인 PCB 및 출력부 구성

(4) 시작기 제작

상기 결과에 의거하여 제작된 최종 시작기는 다음 그림과 같으며 제작된 시작기를 토대로 주행, 내구성 등 시험을 실시하였다.



그림 61 최종 조립된 시제품

표 17 최종 시작기의 주요 사양

항 목			특 징
형식	-	-	승용 4륜 구동형(전동)
제원	크기(L×W×H)	mm	3,080x1,470x2,086
	중량	kg	868
	축간거리	mm	1,900
	적재정량	kg	500
적재함	크기(L×W×H)	mm	775x1,200x290
	덤프방식	-	전동식
변속장치	변속단수	-	전진3단, 후진1단
	변속방식	-	전류량 제어식
조향방식	-	-	조향핸들 및 리모컨식
차륜	전륜	-	조향, 구동, 바퀴, 차동장치
	후륜	-	구동, 바퀴, 차동장치
제동장치	-	-	원판마찰식
전동기	-	-	AC72V, 5kW
축전지	-	-	8V, 240AH (9개)

6) 최종 시작기의 기구학적 설계 및 구조, 전도 안정성 검토

전술한 것과 같이 전기 운반 농기계의 경우 농업의 목적으로 개발된 장비로써 하중과 진동에 의한 프레임의 강성 확보를 위한 구조가 우선이 되어야 한다. 최종 시작기 설계에 따라 구조적 안전성 분석 및 검토를 위해 ANSYS를 이용하여 유한요소 해석을 실시하였으며, 주요 검토 항목으로는 사람이 탑승하는 인원수 및 적재중량에 따른 하중에 의한 프레임 변형 및 취약부 분석, 진동 해석을 수행하였다.

(1) 해석 모델링

먼저 제품을 제작하기 위한 3D Assembly Modeling을 바탕으로 유한요소해석의 원활한 진행을 위해 주요 검토 부분을 기반으로 단순화 작업을 실시하였으며, Main Frame 등 주요 검토 대상이 될 Unit은 최대한 기존 형상으로 구축하였다. 바퀴부는 구동축 끝에 바퀴를 대신하여 구속조건을 부여하기 때문에 도면에서는 삭제를 하였다. 3D 모델링 작업 및 Assembly 간 Unit의 간섭 및 치수오차 보정을 실시하였으며, Contact 조건을 고려하여 일부 구간의 추가 Modeling 개선을 하였다.

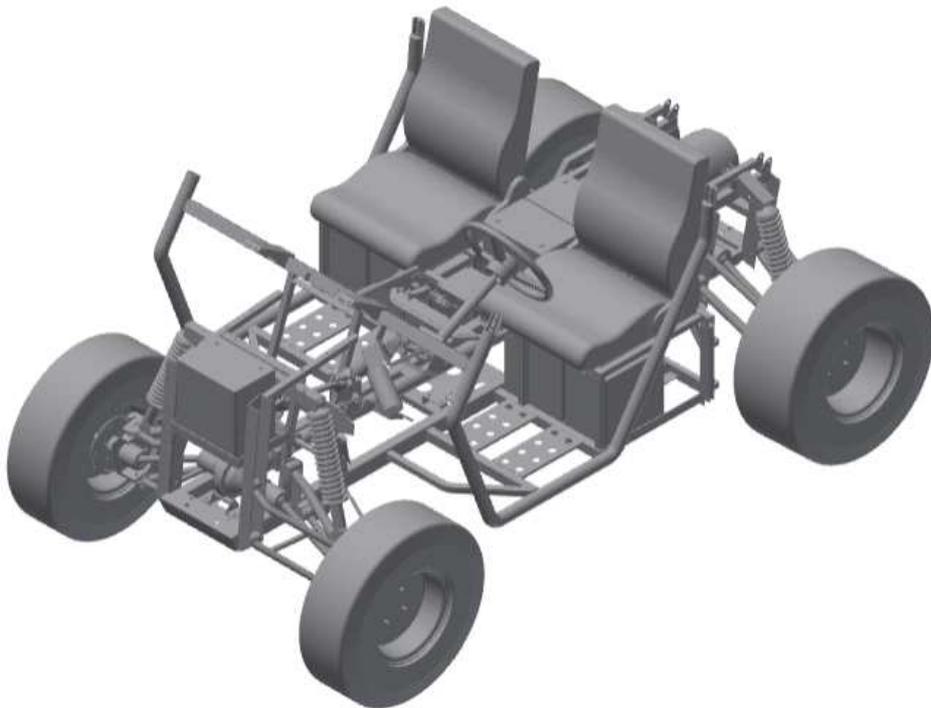


그림 62 전동차 3D 조립도

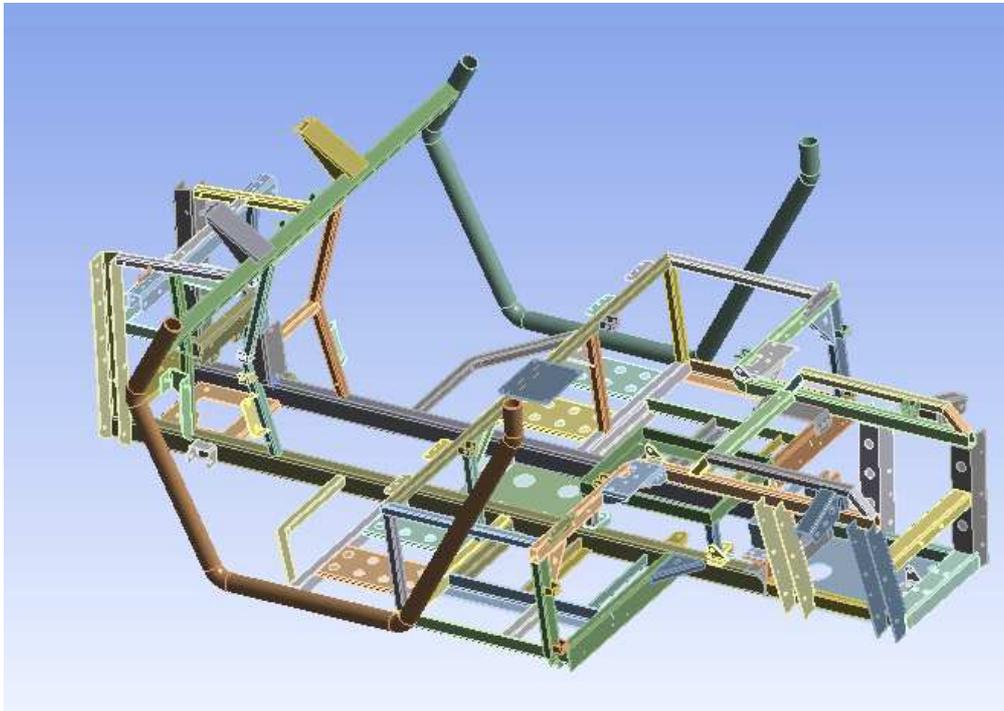


그림 63 모델링 단순화

Main Frame을 비롯한 부품은 구조강의 소재를 적용하였다. 구조강의 주요물성치는 아래의 표와 같다.

표 18 구조강의 물성치

	구조강 (S45C)
밀도 (g/cm^3)	2.7
탄성계수 (GPa)	205
항복강도 (MPa)	343
프아송비	0.29

(2) 유한요소의 생성

전동차의 유한요소 해석을 실시하기 위해 Mesh 설정을 하였다. 해석 Data의 신뢰성 확보를 위해 균등한 Mesh 분할을 위해 Automatic Mesh Based Defeaturing 설정을 하였으며 생성된 Mesh는 아래 표와 같다.

표 19 Nodes & Elements

Nodes	Elements
355,854	130,499

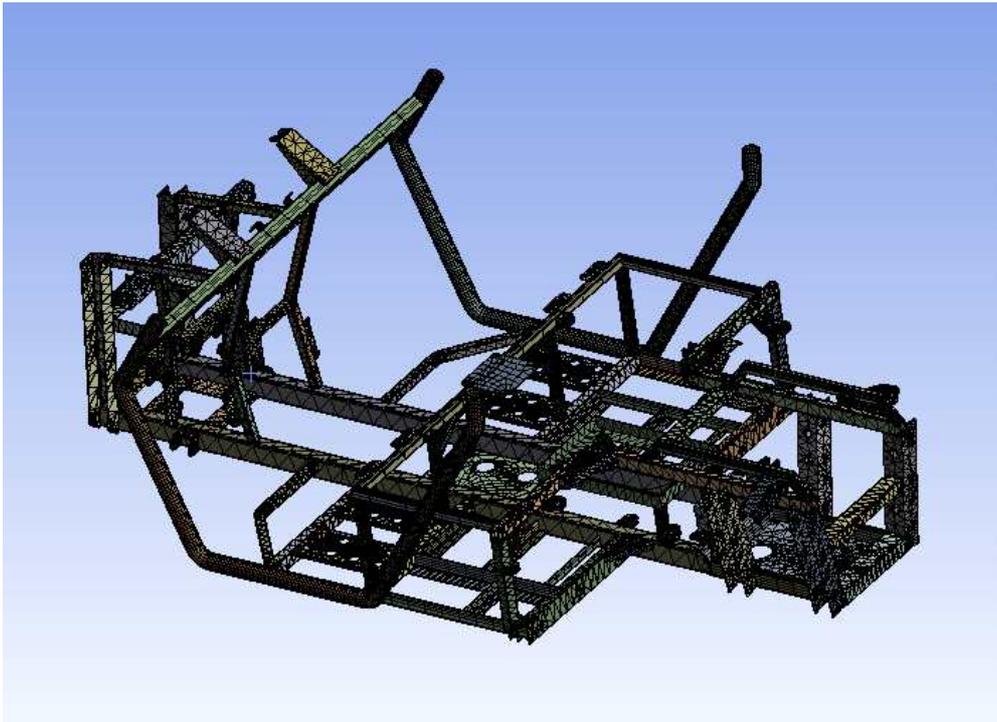


그림 64 Mesh 생성

(3) 하중 및 자중에 따른 Frame 변형 분석 (구조해석)

가) 구조해석 1 : 자중 (9806.6 mm/s²)

전기운반 농기계의 경우 바퀴가 있지만, 해석을 통하여 확인하고자 하는 대상은 지면 지지부가 아닌 장비의 Main Frame에 대한 부분이므로 바퀴부는 삭제하고, 바퀴가 체결되는 부위를 Fixed Support 지정하였다. 1차로 장비의 자중에 의한 안정성 문제를 파악하기 위해 중력조건만을 고려하였다.

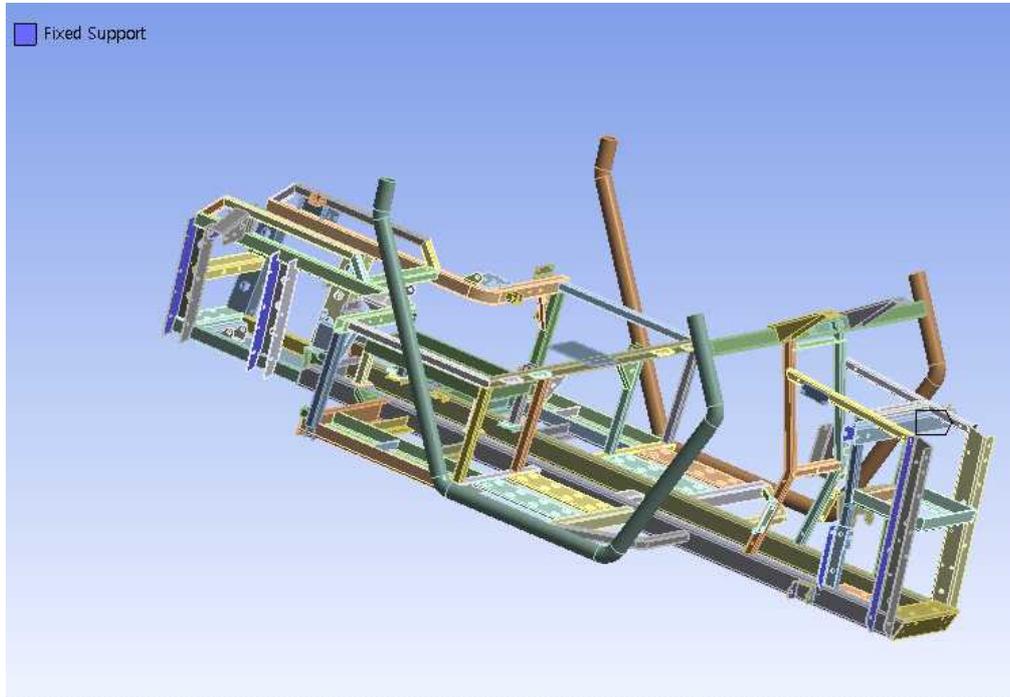


그림 65 경계조건 설정

표 20 자중 해석 결과

최대 응력 지점	Main Frame 중앙 모서리부 상단
최대 응력	29.311 MPa
최대 변형 지점	Main Frame 중앙 모서리부 하단
최대 변형량	0.090528 mm

해석 결과값은 장비의 전반적인 크기, 제원 대비 전체 변형량 중 가장 큰 위치를 드러낸 값으로 실제 장비 구축 시에는 영향이 매우 미비하거나 없을 것이라 판단된다. 따라서 자중만 고려하였을 때 구조적 안정성은 확보된 것으로 판단된다.

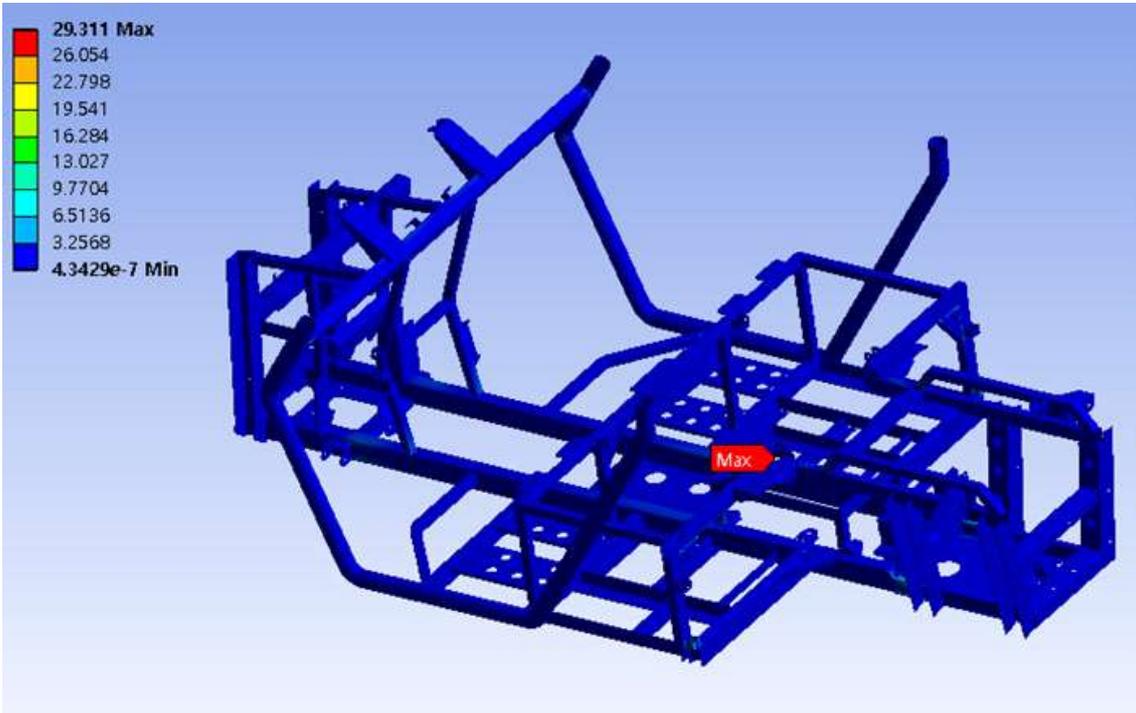


그림 66 자중 해석 결과 - 응력 (Max Point)

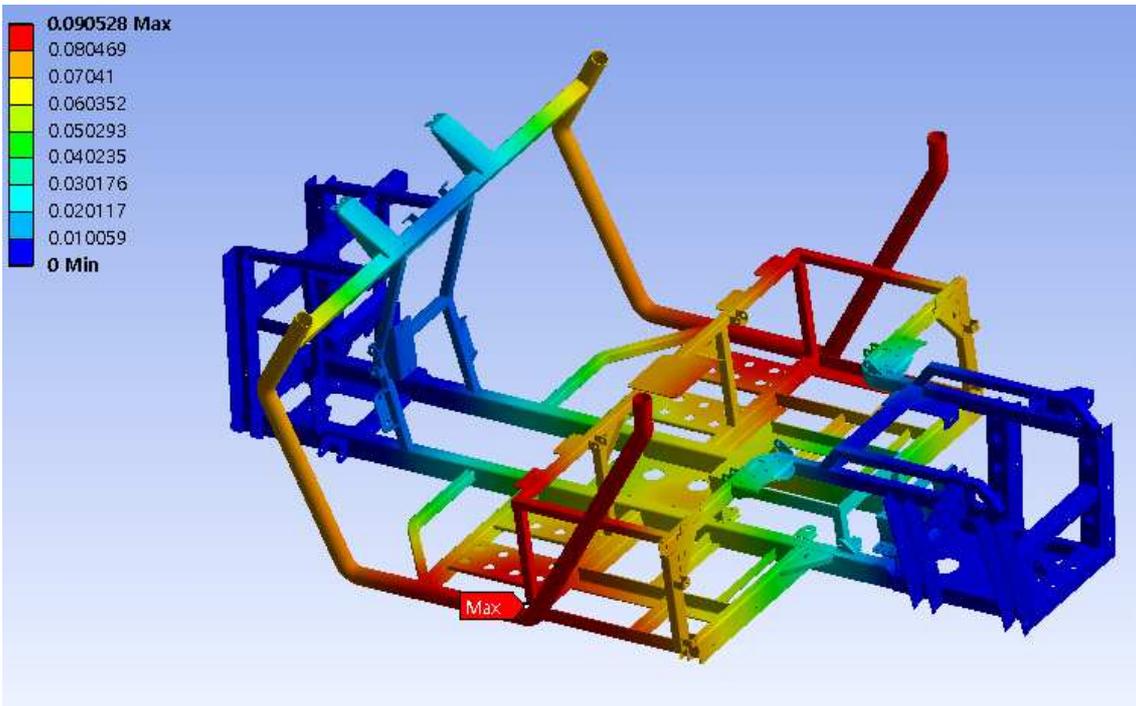


그림 67 자중 해석 결과 - 변형량 (Max Point)

나) 구조해석 2 : 배터리 무게를 고려한 하중 조건 부여

전동차의 배터리 체결시 배터리 무게에 따른 전동차 안정성을 확인하기 위해 배터리 개당 무게를 50kg으로 산정하고 배터리 위치에 따라 무게를 부여하였으며, 각각의 배터리를 하단을 2곳에서 지지하기 때문에 각각 250N 씩 적용하였다. 경계조건은 기존의 자중 해석과 동일하다.

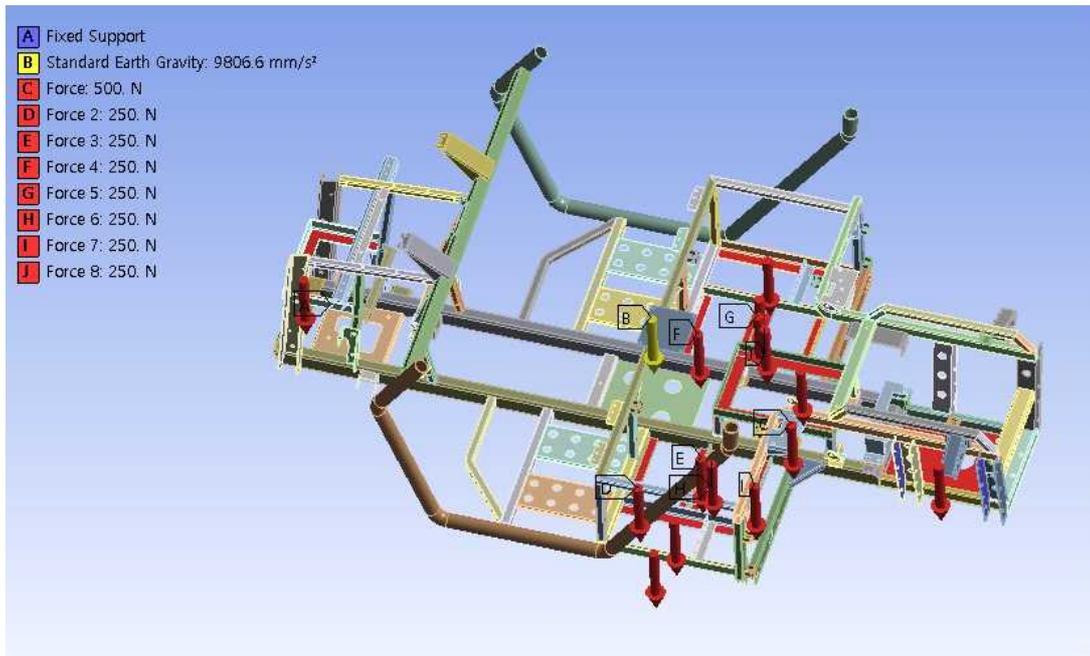


그림 68 하중, 자중 및 경계조건 설정 1

표 21 하중 해석 결과 1 (배터리 무게를 고려 하중 조건 부여)

최대 응력 지점	Main Frame 중앙 모서리부 상단
최대 응력	237.11 MPa
최대 변형 지점	Main Frame 중앙 모서리부 하단
최대 변형량	0.73558 mm

최대 응력 값은 237.11MPa로 동일 위치에 약 10배 가량 증가하였는데, 배터리 무게에 따라 취약부에 응력이 추가로 집중된 것으로 확인하였다. 최대 변형량은 0.73558mm로 동일한 위치에서 확인되었다. 자중해석과 비교하였을 때 결과값의 차이는 크지만 구조강의 항복 강도와 최대 변형량 수준을 비교하였을 때 배터리 무게를 고려하여도 안정적인 구조를 갖는 것을 확인하였다.

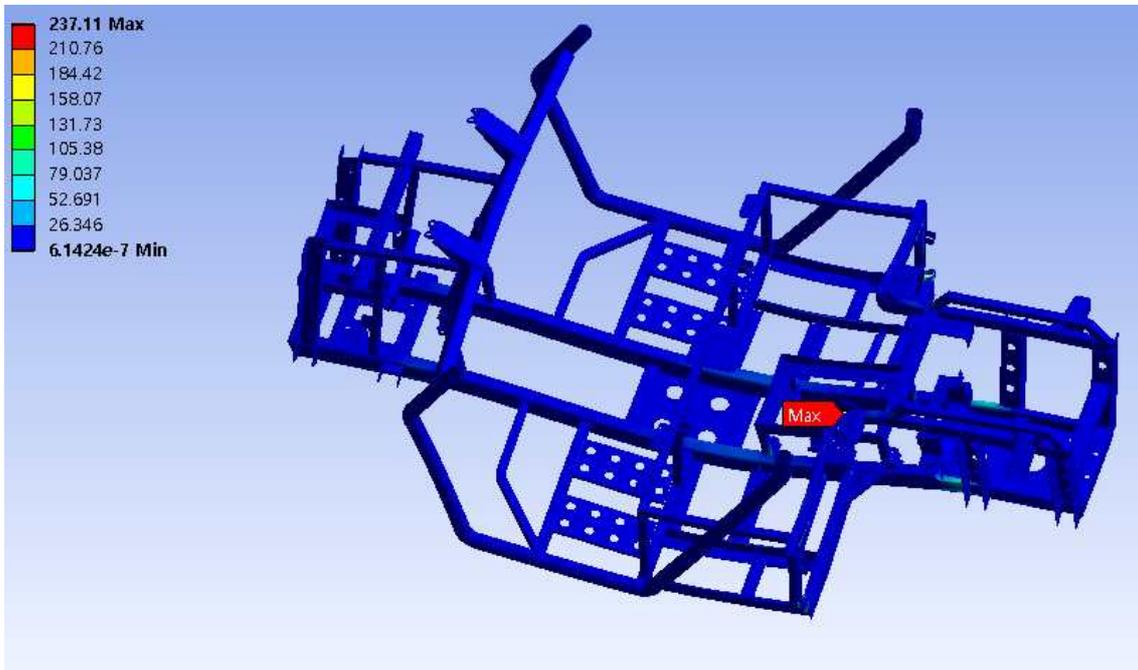


그림 69 하중 해석 결과1 - 응력 (Max Point)

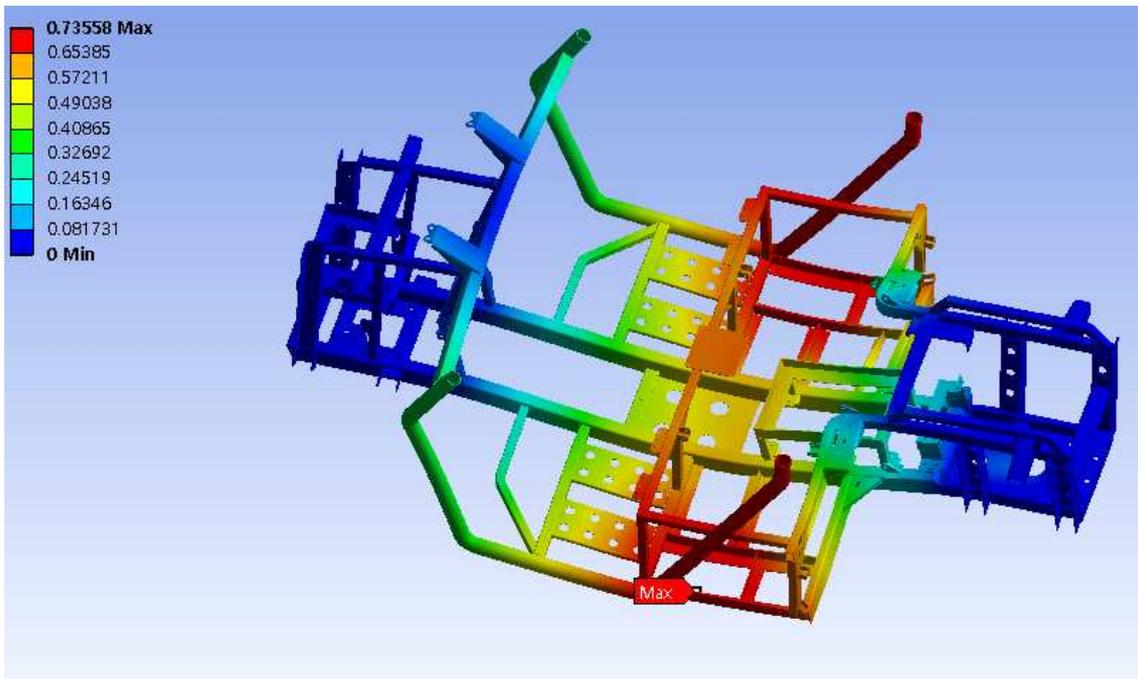


그림 70 하중 해석 결과1 - 변형량 (Max Point)

다) 구조해석 3 : 배터리 무게 + 사람 무게

전기운반 농기계에 사람이 2명 탑승하였을 경우를 고려하여, 추가로 좌석 부근에 총 2,000N의 추가 하중을 적용하였다. 경계조건 및 자중의 조건은 기존과 같다.

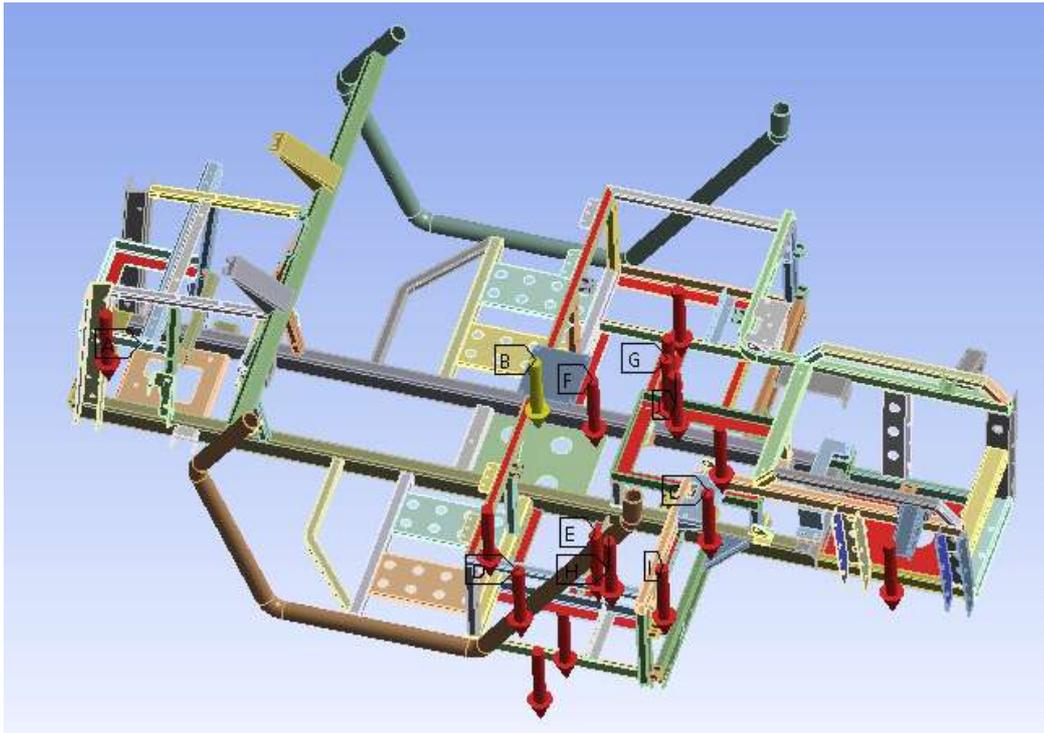


그림 71 하중, 자중 및 경계조건 설정 2

표 22 하중 해석 결과 2 (배터리 무게 + 사람 무게)

최대 응력 지점	Main Frame 중앙 모서리부 상단
최대 응력	290.72 MPa
최대 변형 지점	Main Frame 중앙 모서리부 하단
최대 변형량	0.94416 mm

사람이 탑승하는 조건으로 추가 하중 2000N을 부여하여 해석한 결과 최대 응력 값은 동일 위치에 290.72 Mpa, 최대 변형량은 0.94416 mm 증가하였다. 결과적으로, 인원 탑승 조건에도 응력과 변형량의 차이는 거의 없다고 해도 무방할 정도로 적은 것으로 보여 강건 설계되었다고 확인된다.

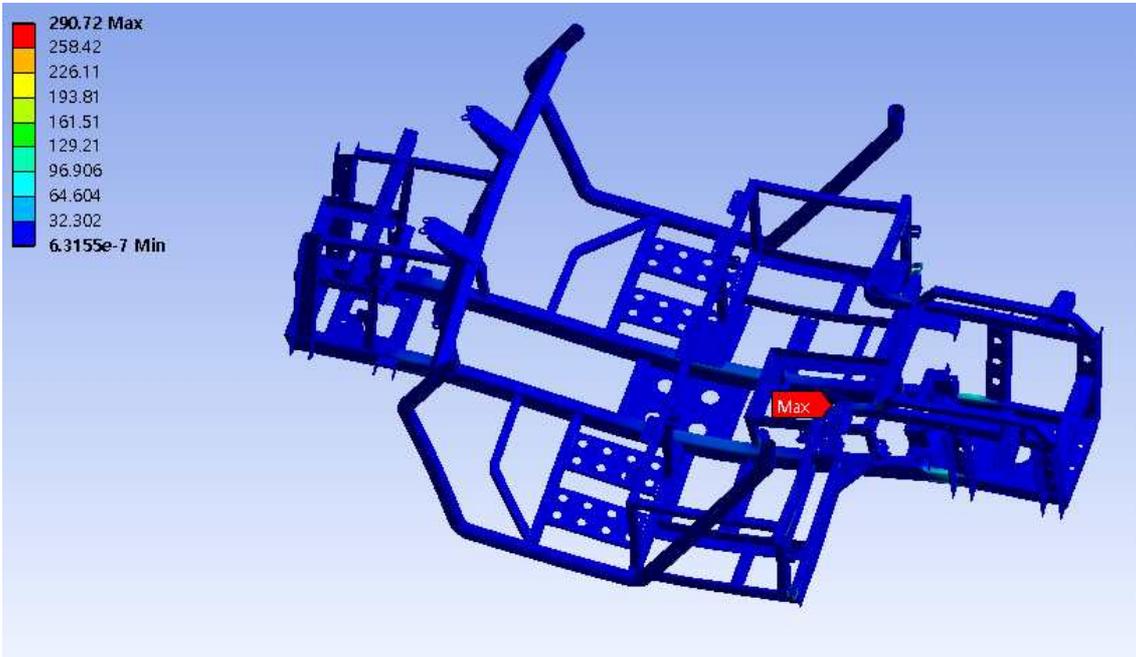


그림 72 하중 해석 결과2 - 응력 (Max Point)

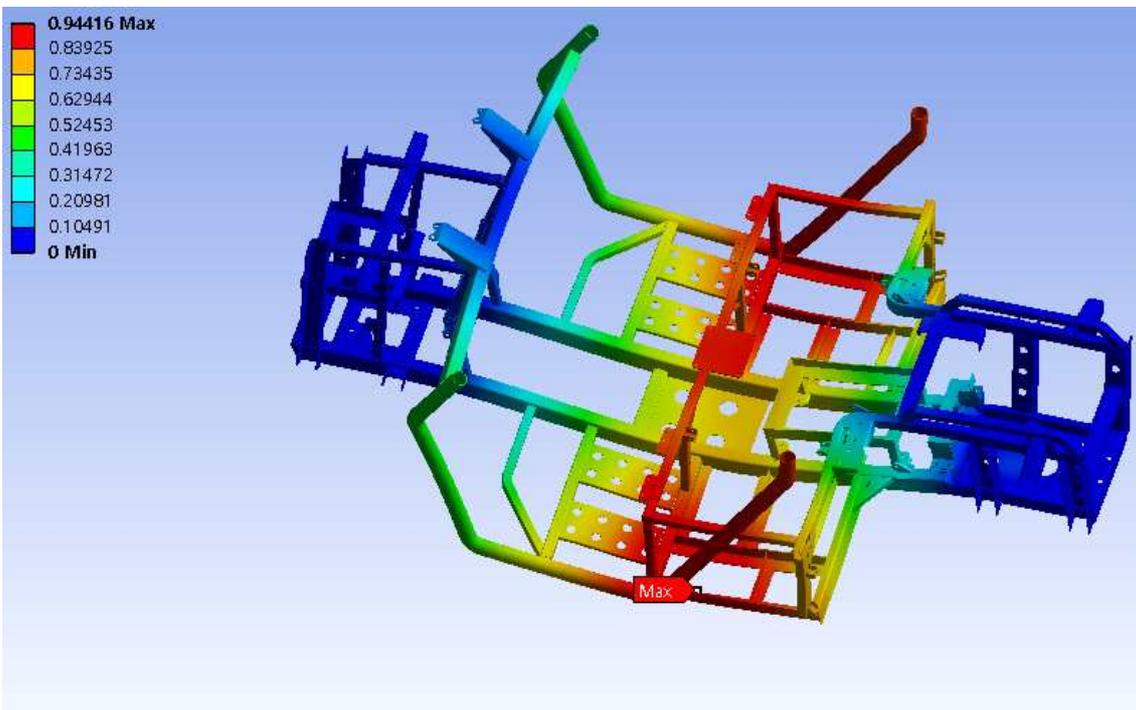


그림 73 하중 해석 결과2 - 변형량 (Max Point)

전기운반 농기계의 특성상 전도의 위험으로부터 안전한 설계가 되어야 하는데 본 해석 결과를 살펴볼 때 사람이 탑승하는 조건으로 하중을 주어 해석했을 때 변형량이 미미한 것으로 확인되어 전도 위험성은 극히 적을 것으로 판단된다.

상기의 결과로 아래 표에서의 정리한 것을 보면 추가된 하중에도 응력과 변형량의 차이는 거의 없다고 해도 무방할 정도로 적은 것으로 보여 강건설계 되었다고 판단되며, 전도의 위험성도 없는 것으로 나타났다.

표 23 하중 해석 결과 고찰

하중	최대 응력 (MPa)	최대 변형량
자중	29.311 MPa	0.090528 mm
배터리	237.11 MPa	0.73558 mm
배터리+사람	290.72 MPa	0.94416 mm

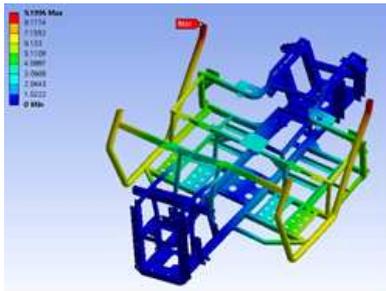
라) 진동해석

전기운반 농기계는 특성상 구동축에서 고속회전운동이 발생하며, 작업환경이 비포장 농로이므로, 진동에 의한 프레임의 변형이 고려되어야 하기 때문에, 진동해석을 추가로 진행하였다. Mesh와 구속조건은 정적 구조해석과 동일하게 반영을 하였고, 아래 표의 6Mode 자유진동을 부여하였다.

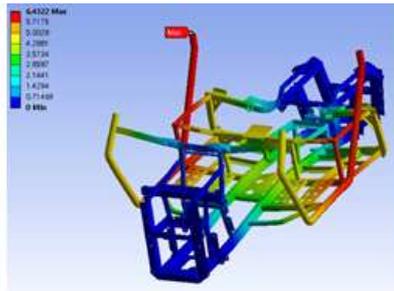
표 24 자유진동 부여 조건

Mode	frequency of vibration (Hz)
1	52.653
2	59.505
3	69.692
4	72.41
5	78.19
6	87.632

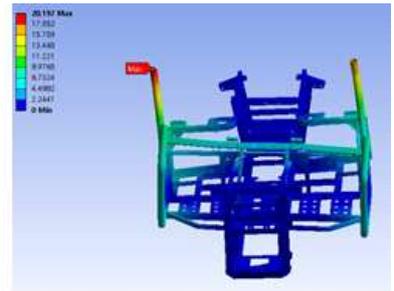
모드별 변형 형상은 주로 중앙의 Body의 변형으로 확인되었으며, 상부 끝단에서 최대 변형을 보이는 것을 확인하였다. 전동차의 저속 구동 특성으로 보아 고유진동수를 충분히 회피 가능할 것으로 판단되어, 특이사항이 없을 경우 본 설계로 제품을 설계하여도 무방할 것으로 판단된다.



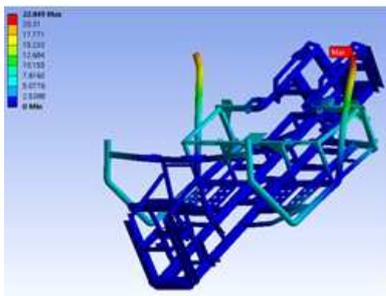
Body 좌우 변형



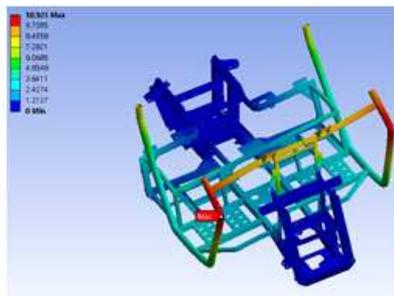
Body 상하 변형



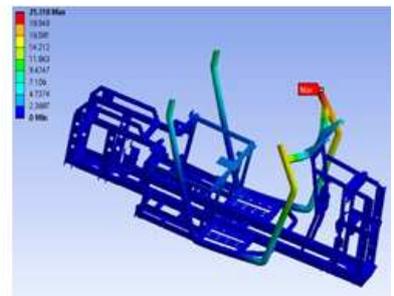
Body 좌우 비틀림 변형



Body 앞뒤 비틀림 변형



Body 좌우 비틀림 변형2



Body 앞뒤 비틀림 변형2

그림 74 진동해석 결과

7) 개발제품의 시험 및 성능인증

(1) 기본 시험

제작된 최종 시작기를 토대로 평로 및 험지 주행, 적재, 등판, 전도 시험 등 문제점 보완을 위해 다양하고 지속적인 시험을 다음과 같이 실시하였다. 본사 공장 및 평지, 험로를 대상으로 기본적인 구동시험을 지속적으로 실시하였으며, 적재정량 적재 후 주행 및 등판시험도 병행하여 실시하였다.

시험은 운전자가 직접 탑승한 상황에서의 다양한 시험과 원격조작 리모트 컨트롤을 이용한 경우로 나누어 각각 실시하였으며, 시험 주행에서는 원활한 작동을 하여 큰 문제점은 없는 것으로 판단되었다.



그림 75 주행 시험 (평지)



그림 76 등판주행 시험



그림 77 선회 주행 시험



그림 78 적재 및 등판시험



그림 79 원격주행 시험



그림 80 덤프 작동 시험



그림 81 험로 주행시험

(2) 공인기관 성능 시험

최종 시작기의 성능 확인을 위해 공인시험기관인 한국생산기술연구원에서 정량적 목표 항목에 대한 성능시험을 별도로 실시하였다.

제품화를 위한 전기운반 농기계의 평가 기준은 다음과 같이 선정하였다.

표 25 고효율 농업용 전기운반 농기계 평가 기준

항목	세부 평가 항목	개발 목표치	평가 방법
구조 및 성능	적재 능력	500kg 이상	농업기계 시험방법
	주행 시험	직진성, 선회성 양호	
	구동 방식	전기 4륜 구동	
	최대 속도	30km/h 이내	
	브레이크 시험	조작 용이 및 작동상태 양호	
	덤프 시험	200회 연속	
	1회 충전 시 사용	100km 이상	
	최대 전도각	30° 이상	
	기타 작업	어태치먼트 적용	
조작 및 안정성	조작난이도, 원격제어	적정, 착탈형 원격제어 적용	
	안전장치 및 표시의 이행	적정	
	내구성 및 신뢰도 평가	연속구동시험 후 이상유무	

가) 적재 능력

매달림 저울을 이용하여 중량물의 무게를 측정하고 적재함에 적재 후 일정 구간을 주행하여 적재 능력을 확인하였으며, 확인 결과 적재 정량 이상을 적재하고 정상적으로 주행함을 확인하였다.



그림 82 중량물 무게 확인 (503kg)



그림 83 중량물의 적재



그림 84 적재 후 정상주행 확인

나) 주행 시험

전기운반 농기계의 후방에 paint-droper 설치 후 운전자의 조작없이 전기운반 농기계를 구동하여 직진성능을 확인하고, 조향장치를 최대 조향각으로 고정 후 전기운반 농기계를 구동하여 선회성능을 확인하였으며, 그 결과 양호하였다.



그림 85 직진 성능 확인



그림 86 선회 성능 확인

다) 최대 속도 시험

스피드건을 사용하여 전기운반 농기계의 속도를 측정하였으며, 최대속도는 30km/h 을 만족하였다.

1회 측정	2회 측정	3회 측정
		
<측정 결과 : 30km/h>	<측정 결과 : 30km/h>	<측정 결과 : 29km/h>

그림 87 최대 속도 측정

라) 브레이크 시험

차속 20km/h로 주행 중 브레이크를 조작하여 전기운반 농기계가 완전히 정지함을 확인하였으며, 제동거리 4.2m로 양호함을 확인하였다.

		
주행속도 : 20km/h	제동거리 : 4.2m	

그림 88 브레이크 성능 확인

마) 덤프 시험

덤프 능력 확인을 위해 약 200회 시험한 결과 이상없이 작동됨을 확인하였다.

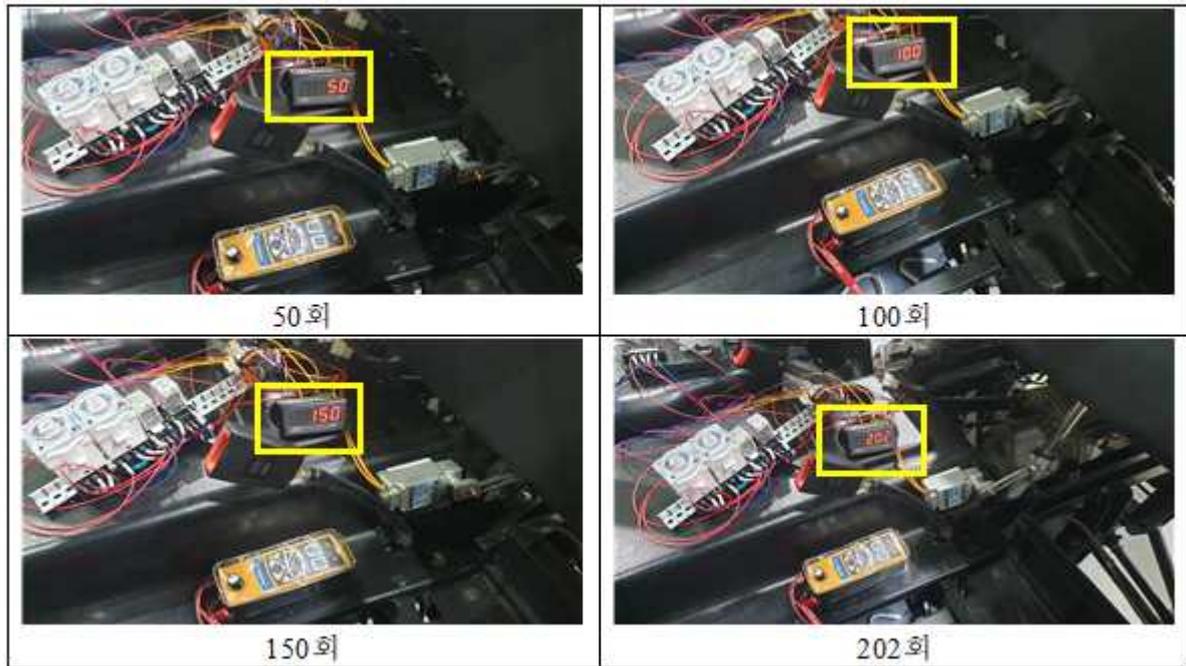


그림 89 덤프시험 장치

바) 최대 주행거리 확인 시험

전기운반 농기계의 배터리를 100% 충전 후 100km 주행거리를 확인하였다. 시험은 연속주행을 진행하여 10km마다 주행시간 및 누적주행거리 기록하는 방식으로 진행하였으며, 100km 이상 주행이 가능한 것을 확인하였다.



그림 90 누적주행 확인

사) 최대 전도각

전기운반 농기계를 전도 시험장비에 상차하여 30° 까지 상승시켜 전기운반 농기계가 전도되지 않음을 확인하였다.



그림 91 최대 전도 시험

아) 기타 작업

전기운반 농기계의 부속작업이 가능한 어태치먼트 확인을 위해 견인용 윈치, 트레일러 견인고리 등 2개의 부속작업 어태치먼트 작동을 확인하였다.



그림 92 어태치먼트 확인

자) 조작난이도 및 원격제어 시험

리모트 컨트롤을 사용한 원격제어의 난이도가 평이함을 확인하였으며, 작동 시 사용자가 원하는 방향으로의 작동이 적합함을 확인하였다.

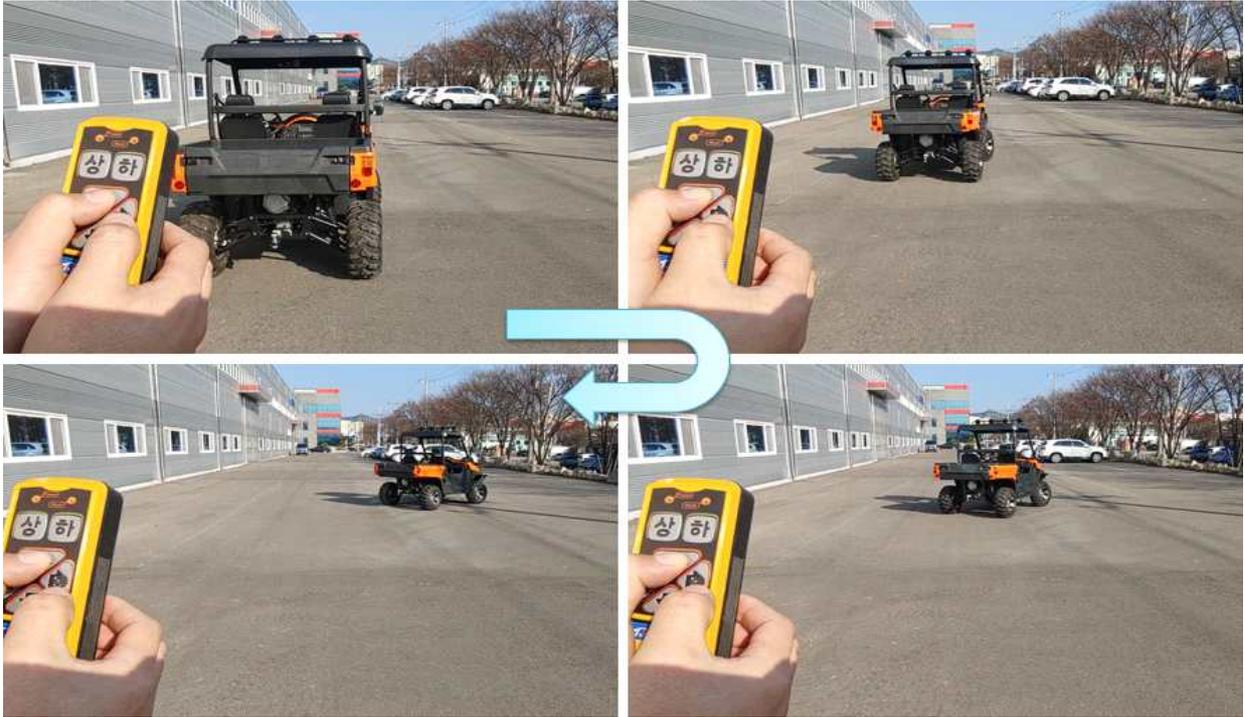


그림 93 원격제어 확인 시험

차) 내구성 및 신뢰도 평가

1회 충전 시 사용 시험(100km 주행) 완료 후 10km 추가 주행을 통해 전기운반 농기계의 정상운행을 확인하고, 덤프 시험 완료 후 덤프의 정상 작동 확인을 통해 내구성을 검증하였다.

카) 성능시험 성적서 발급

상기 시험내용에 대한 결과를 확인하고 다음 그림과 같이 시험성적서를 획득하였으며, 최종 보안을 거쳐 제품 판매를 시행할 계획이다.



시험성적서 (Test Report)

- 1. 성적서 번호 : C20N920035-01-01-(00-00)
- 2. 의뢰자 : 성부산업
경북 칠곡군 왜관읍 공단로 203 (금산리)
- 3. 시험기간 : 2020-12-10 ~ 2020-12-11
- 4. 용도 : 시험분석
- 5. 품목/시료명 : 고효율 농업용 전기윤반 농기계
* 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
- 6. 시험방법 :
- 7. 시험결과 : 다음 페이지 참조
- 8. 시험장소 : 경상북도 칠곡군 왜관읍 공단로 203, 성부산업

시험자	기술책임자
확인 성명 : 박진선 연락처 : jspark00@kitech.re.kr	(인) 성명 : 김태영 연락처 : kty@kitech.re.kr

2020년 12월 29일

한국생산기술연구원 

- 비고 : 1. 본 성적서는 고객이 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과에 한하며, 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
- 2. 본 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금지합니다.
- 3. 본 성적서의 진위 확인은 QR코드로 확인가능합니다.



그림 94 시험성적서 (표지)



시 험 결 과 (Test Result)

1. 시험조건

- 시험 대상 : 고효율 농업용 전기운반 농기계
- 시험 장소 : 경상북도 칠곡군 왜관읍 공단로 203, 성부산업

1.1 평가기준

표 1. 고효율 농업용 전기운반 농기계 평가 기준

항목	세부 평가 항목	개발 목표치	평가 방법
구조 및 성능	적재 능력	500kg 이상	농업기계 시험방법
	주행 시험	직진성, 선회성 양호	
	구동 방식	전기 4륜 구동	
	최대 속도	30km/h 이내	
	브레이크 시험	조작 용이 및 작동상태 양호	
	덤프 시험	200회 연속	
	1회 충전 시 사용	100km 이상	
	최대 전도각	30° 이상	
조작 및 안정성	기타 작업	어태치먼트 적용	
	조작난이도, 원격제어	적정, 착탈형 원격제어 적용	
	안전장치 및 표시의 이행	적정	
	내구성 및 신뢰도 평가	연속구동시험 후 이상유무	





1.2 시험체 사양

- 1) 형식명 : SB-4WD
- 2) 형식 : 승용 4륜구동형
- 3) 기체의 크기
 - ① 길이 : 3080mm
 - ② 폭 : 1470mm
 - ③ 높이 : 2086mm
 - ④ 축간거리 : 1900mm
 - ⑤ 중량 : 868kg
- 4) 적재함
 - ① 적재정량 : 500kg
 - ② 길이 : 775mm
 - ③ 폭 : 1200mm
 - ④ 높이 : 290mm
- 5) 동력전달장치
 - ① 변속방식 : 전류량제어식
 - ② 변속단수
 - 전진 : 3단
 - 후진 : 1단
- 6) 조향방식 : 조향핸들 및 리모컨식
- 7) 차륜

구분	전륜	후륜
용도(조향/구동)	조향/구동	구동
차륜의 종류	바퀴형	바퀴형
차동장치 유무	유	유
차동잠금장치 유무	유	무
타이어 규격	25 × 8 - 12	25 × 10 - 12

- 8) 적재함 덤프방식 : 전동식
- 9) 제동장치 : 원판마찰식
- 10) 전동기 및 축전지
 - 전동기 출력 : AC 72V, 5kW
 - 축전지 용량 : 8V, 150Ah(9개)



그림 96 시험성적서 (주요 사양)



2. 시험 내용

2.1 적재 능력

1) 시험 방법 및 조건

- 500kg의 중량물을 전기운반 농기계의 적재함에 적재
- 전기운반 농기계가 정상운행이 가능함을 확인

2.2 주행 시험

1) 시험 방법 및 조건

- 주행 경로를 확인하기 위한 방법으로 전기운반 농기계 후방에 paint-droper를 설치하여 주행경로 생성
- 페인트가 떨어지면서 경로 생성 중, 비산을 방지하기 위해 지면에 최대한 가깝게 paint-droper를 설치
- 수성페인트 투입 후 적당량의 물을 섞어 페인트가 떨어지도록 희석
- 운전자가 조향장치를 조작하지 않고 직진주행하여 직진성 확인
- 운전자가 조향장치를 최대각으로 조향 후 주행하여 선회성 확인

2.3 구동 방식

1) 시험 방법 및 조건

- 전기운반 농기계를 인양하여 구동방식 확인
- 인양된 전기운반 농기계를 리모트컨트롤을 조작하여 구동방식 확인

2.4 최대 속도

1) 시험 방법 및 조건

- Speed-gun를 사용하여 전기운반 농기계의 최대속도 측정

2.5 브레이크 시험

1) 시험 방법 및 조건

- 전기운반 농기계를 일정속도에서 주행 중 브레이크를 조작하여 제동거리 측정
- 브레이크 조작 시 제동등 정상작동 확인

2.6 덤프 시험

1) 시험 방법 및 조건





- 덤프작동을 자동으로 진행할 수 있는 모듈을 이용하여 200회 진행
- 리미트스위치를 적재함 하단에 부착하여 덤프 횟수 측정

2.7 1회 충전 시 사용

1) 시험 방법 및 조건

- 전기운반 농기계의 배터리를 100%로 충전
- 전기운반 농기계의 운행 초기 주행거리 기록
- 일정시간을 주기로 배터리소모량과 운행시간 기록하여 100km 주행

2.8 최대 전도각

1) 시험 방법 및 조건

- 전도 시험장비에 전기운반 농기계 상차 후 전도를 방지하기 위해 고정장치로 전기운반 농기계 고정
- 전도 시험장비를 서서히 상승시켜 30°에 도달하여 전도유무 확인

2.9 기타작업

1) 시험 방법 및 조건

- 전기운반 농기계에 부속작업이 가능한 어태치먼트 적용 개수 확인

2.10 조작난이도, 원격제어

1) 시험 방법 및 조건

- 리모트컨트롤의 사용 난이도 확인
- 리모트컨트롤을 사용하여 전기운반 농기계를 사용자가 원하는 방향으로 조작하여 이동가능한지 확인

2.11 안전장치 및 표시의 이행

1) 시험 방법 및 조건

- 전기운반 농기계의 안전장치 적용 유무 확인

2.12 내구성 및 신뢰도 평가

1) 시험 방법 및 조건

- 1회 충전 시 사용(100km) 및 덤프 시험(덤프 200회) 완료 후 전기운반 농기계를 추가로 주행 및 덤프를 작동하여 정상작동 확인





3. 시험 결과

3.1 적재 능력

1) 시험 결과

- 메달립저울을 이용하여 중량물 무게 측정 : 503kg



<메달립저울 영점조정>



<중량물 무게 확인 : 503kg>

- 중량물을 적재함에 적재 후 일정구간을 주행하여 적재 능력을 확인함



<중량물 적재>





<중량물 적재 후 정상주행 확인>

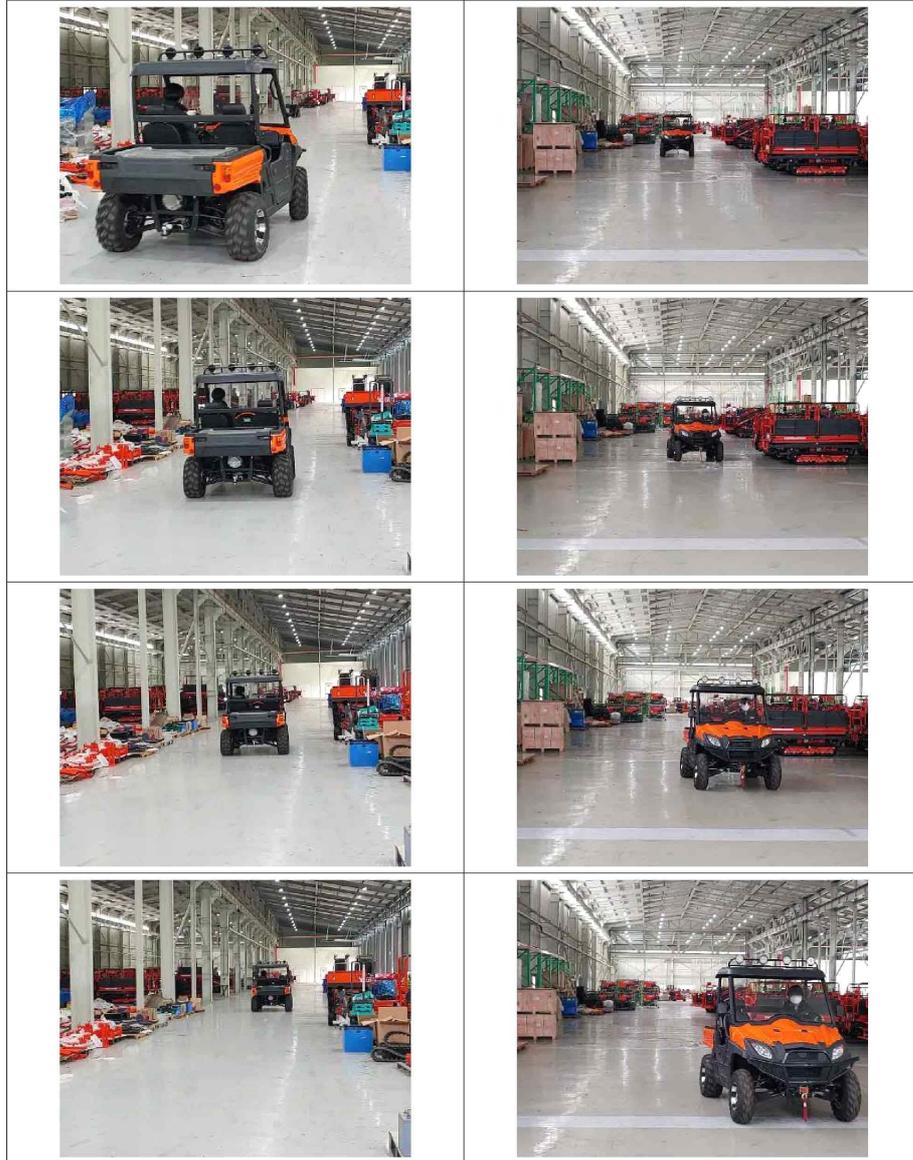


그림 100 시험성적서 (시험 결과 3)



3.2 주행 시험

- 전기운반 농기계의 후방에 paint-droper 설치(PET병으로 대체)
- 운전자의 조작없이 전기운반 농기계를 구동하여 직진성능을 확인함
- 조향장치를 최대 조향각으로 고정 후 전기운반 농기계를 구동하여 선회성능을 확인함



<경로 생성용 Paint-droper 설치(PET병 대체)>





<전기운반 농기계 직진성능 확인>



그림 102 시험성적서 (시험 결과 5)



<전기운반 농기계 선회성능 확인>



그림 103 시험성적서 (시험 결과 6)



3.3 구동 방식

- 지게차를 이용하여 전기운반 농기계를 인양
- 전기운반 농기계의 하부에서 4륜 구동계를 확인함.
- 리모트컨트롤을 조작하여 4륜이 정상 구동됨을 확인함.



<후륜 : 메인 전동기>



<전륜 : 동력전달장치>



그림 104 시험성적서 (시험 결과 7)



<4륜 정상 구동 확인>

3.4 최대속도

- 스피드건을 사용하여 전기운반 농기계의 속도를 측정함
- 총 3회를 측정하여 최대속도 평균값을 산출
- 최대속도 평균 : 29.7km/h

1회 측정	2회 측정	3회 측정
		
<측정 결과 : 30km/h>	<측정 결과 : 30km/h>	<측정 결과 : 29km/h>



그림 105 시험성적서 (시험 결과 8)



3.5 브레이크 시험

- 브레이크 페달을 조작하여 브레이크등의 정상 작동을 확인 함
- 20km/h 주행 중 브레이크를 조작하여 전기운반 농기계가 완전히 정지함을 확인함

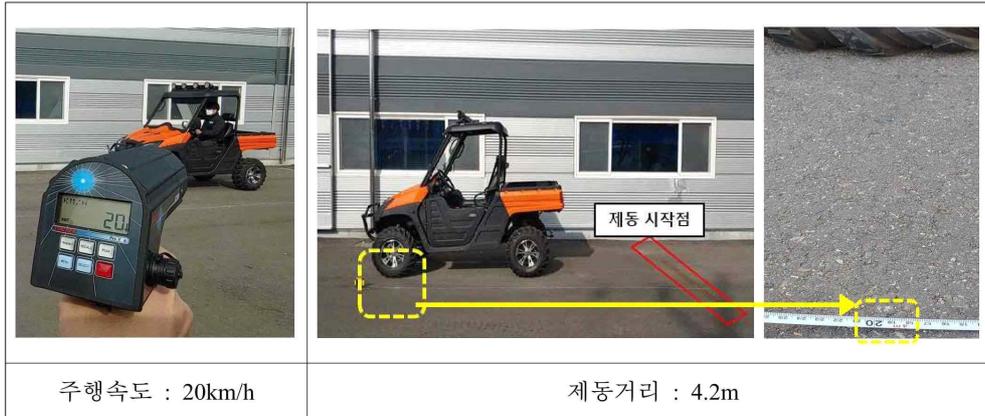
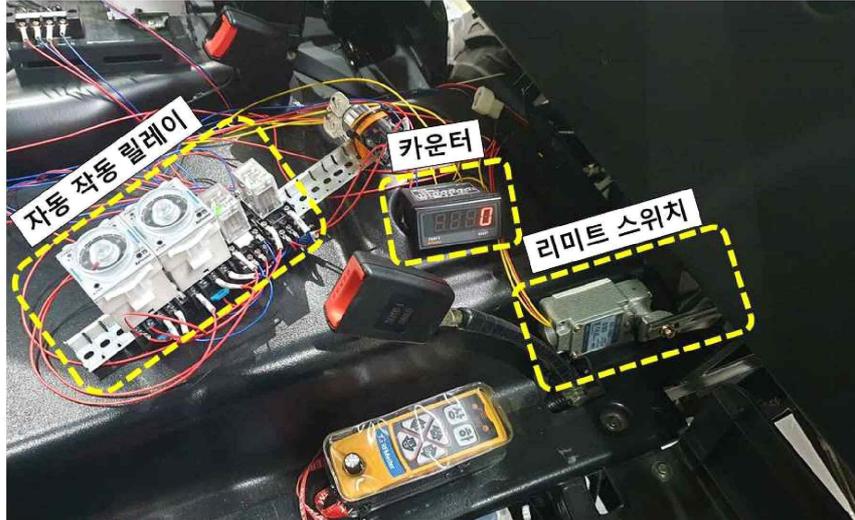


그림 106 시험성적서 (시험 결과 9)



3.6 덤프시험

- 덤프작동을 자동으로 진행하여 200회 진행을 확인함



<덤프작동 자동진행 모듈>

<덤프시험 : 202회 진행>

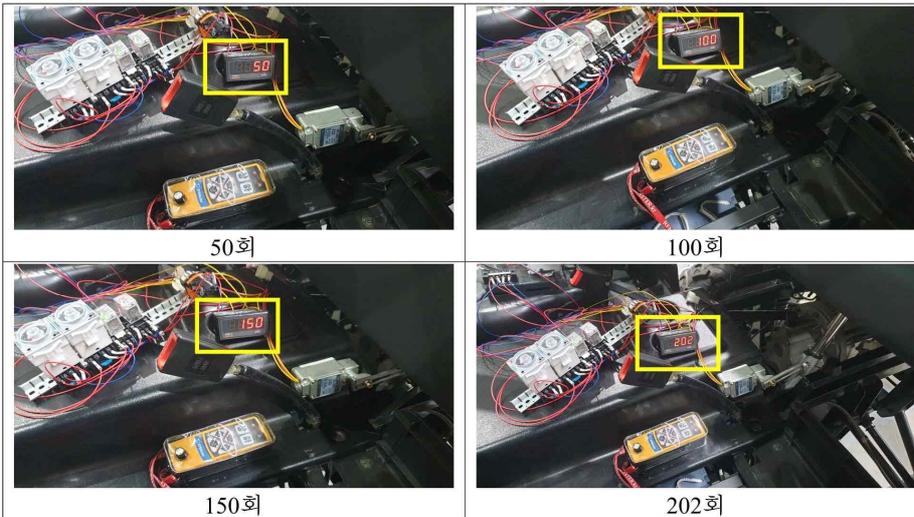


그림 107 시험성적서 (시험 결과 10)



3.7 1회 충전 시 사용

- 전기운반 농기계의 배터리를 100% 충전 후 100km 주행거리를 확인 함
- 연속주행을 진행하여 10km마다 주행시간 및 누적주행거리 기록



<1회 충전 시 사용 연속 주행>



그림 108 시험성적서 (시험 결과 11)



<1회 충전 시 사용 일지>

			
<p>운행시간 : 00:00:00 누적주행거리 : 0km</p>	<p>운행시간 : 00:30:23 누적주행거리 : 11.4km</p>	<p>운행시간 : 00:59:26 누적주행거리 : 21.1km</p>	<p>운행시간 : 01:29:49 누적주행거리 : 30.2km</p>
			
<p>운행시간 : 02:00:37 누적주행거리 : 41.0km</p>	<p>운행시간 : 02:29:39 누적주행거리 : 50.7km</p>	<p>운행시간 : 03:00:07 누적주행거리 : 61.0km</p>	<p>운행시간 : 03:31:27 누적주행거리 : 71.6km</p>
			
<p>운행시간 : 03:59:56 누적주행거리 : 81.1km</p>	<p>운행시간 : 04:29:59 누적주행거리 : 91.2km</p>	<p>운행시간 : 05:01:26 누적주행거리 : 100.8km</p>	





3.8 최대 전도각

- 전기운반 농기계를 전도 시험장비에 상차
- 시험장비를 30°까지 상승시켜 전기운반 농기계가 전도되지 않음을 확인함



<전도각 시험장비 상차>



<전도각 시험장비 상승>



<전도각 : 30.1°>



그림 110 시험성적서 (시험 결과 13)



3.9 기타 작업

- 전기운반 농기계의 부속작업이 가능한 어태치먼트 확인
- 견인용 윈치, 트레일러 견인고리 등 2개의 부속작업 어태치먼트 확인



견인용 윈치



트레일러 견인고리



그림 111 시험성적서 (시험 결과 14)



3.10 조작난이도, 원격제어

- 리모트컨트롤러를 사용한 원격제어의 난이도가 평이함을 확인함
- 원격제어 작동 시 사용자가 원하는 방향으로의 작동이 적합함을 확인함



<원격제어용 리모트 컨트롤러>



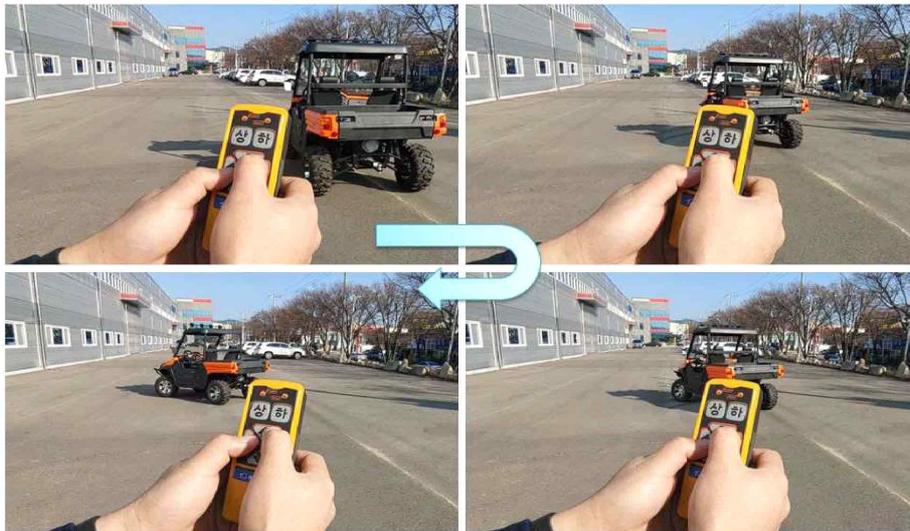
<원격제어 - 전진>



그림 112 시험성적서 (시험 결과 15)



<원격제어 - 후진>



<원격제어 - 좌향>



그림 113 시험성적서 (시험 결과 16)



<원격제어 - 우향>

3.11 안전장치 및 표시의 이행

- 전기운반 농기계 안전장치 확인



<안전장치 - 안전벨트 착용>



그림 114 시험성적서 (시험 결과 17)



<안전장치 - 롤케이지>



<안전장치 - 비상등, 풋 브레이크, 비상정지, 주차브레이크>





3.12 내구성 및 신뢰도 평가

- 1회 충전 시 사용 시험(100km 주행) 완료 후 10km 추가 주행을 통해 전기운반 농기계의 정상운행 확인
- 덤프 시험 완료 후 덤프의 정상 작동확인



<1회 충전 시 사용 시험 완료>



<추가 주행 : 10km>



덤프 200회 완료 후 덤프의 정상작동 확인



(3) 추가 성능 시험

정량적 목표에 대한 공인 시험 외에 최대 적재량(500kg) 적재 상태에서 주행 거리 및 전도각 안정성에 대한 시험을 추가로 실시하였다. 최대 적재량 적재 상태에서도 공인 시험과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



그림 117 최대 적재량 적재 후 주행시험



그림 118 전도각 시험 (전방 30도)



그림 119 전도각 시험 (후방 30도)

8) 주요 개발 실적

(1) 특허출원 및 등록

- 명칭 : 농업용 운반차량의 조향장치
출원번호 : 10-2018-0128148 (2018.10.25.)
등록번호 : 등록번호 : 10-2151223 (2020.08.27)
- 명칭 : 자동 정렬기능을 갖는 농업용 운반차량의 조향장치
출원번호 : 10-2018-0128162 (2018.10.25.)
등록번호 : 10-2101189 (2020.04.09)
- 명칭 : 농업용 운반차량
출원번호 : 10-2019-0137753 (2019.10.31.)
- 명칭 : 농업용 운반차량의 조향장치
출원번호 : 10-2019-0137764 (2019.10.31.)
- 명칭 : 원격조작 가능한 전동식 농업용 운반 차량
출원번호 : 10-2021-0040500 (2021.03.29)
- 명칭 : 실시간 차량 정보 확인이 가능한 전동식 농업용 운반 차량
출원번호 : 10-2021-0040536 (2021.03.29.)



그림 120 특허출원 및 등록 (출원 6건, 등록 2건)

(2) 기술실시 (자체 실시)

- 기술료 감면 승인 및 기술실시보고서 제출, 기술료 납부 완료



농림식품기술기획평가원



수신자 성부산업 대표
(경유)

제목 **첨단생산기술개발사업 기술료 감면 승인 알림(주관연구책임자 장영윤)**

1. 농림축산식품 연구개발사업 운영규정 제32조(기술료의 납부), 농림축산식품 연구개발사업 관리기준 제36조(기술료의 산정 및 보고서식 등) 및 성부산업 SB0527-01호(2021.05.27.)와 관련됩니다.

2. 귀 기관의 기술료 감면 신청을 아래와 같이 승인하오니 실시기업에서는 **2021.06.30.(수) 까지 기술료를 납입**하고 기술실시보고서를 제출해주시기 바랍니다.

○ 승인내역

사업명 (과제번호)	과제명	주관연구기관	정부출연금*	최종 기술료
	기술이전분류 / 성과활용명	실시기업	당초기술료**	
첨단생산기술 개발사업 318004-03	고효율 농업용 전기운반 농기계 개발	성부산업	900,000,000원	12,600,000원 (과제 참여 중소기업 80% 감면, 일시납 30% 추가 감면)
	전기운반차 지식재산권의 자체 사업화	성부산업	90,000,000원	

실시기업 의견서

실 시 기 업	성부산업	대표자	장진만
사업자등록번호	503-42-83359	국가연구자번호	-
기 업 유 형	<input type="checkbox"/> 대기업 <input type="checkbox"/> 농업인(단체) <input type="checkbox"/> 기타()	<input checked="" type="checkbox"/> 중소기업	업 태
			종 목
창 업 일 시	1990. 05. 14.	조직 및 인원	총무/영업/생산/품질/연구소 등 27명
사업장주소	경북 칠곡군 왜관읍 공단로 203	담당자	장 영 윤
		연락처/팩스	054-977-3838/ 054-977-3830
자 본 금	4,821백만원	연간매출액	10,600백만원
주생산제품	전동 고소작업차, 운반차, 콩탈곡기, 오토체인저, 곡물적재함		
이전희망기술	전기운반 농기계 기술 일체		
기 술 료 감 면 사 유	"농림축산식품부 연구개발사업 운영규정" 제32조 "농림축산식품과학기술 육성법 시행령" 제 14조 -실시기업 유형(중소기업)에 따른 감면 (80%) -일시납에 따른 감면 (30%)		
이 전 기 술 활 용 계 획	-해당 기술의 자체 사업화로 양산 및 제품화		

그림 121 기술 실시 관련 서류

(3) 제품화

- 시제품 제작을 완료하고 제품출시확인서 발행 (제품 출시 예정)

<양식>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	고효율 농업용 전기운반 농기계 개발			
주관연구기관	성부산업	참여기관	가톨릭관동대학교/한경대학교	
연구책임자	장 영 윤	연구기간	18년 04월 ~ 21년 03월(총3년)	
총 정부출연금	1,100,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	(○)	기존 제품 공정개선	()	
신제품(제품출시 완료)	()	기 타	()	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
농용 승용운반차		농업용 운반 및 부가작업	2021. 03.	100
<p>* 첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수</p> <p style="text-align: center;">상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.</p>				

2021년 03월 31일

연구책임자 : 장 영 윤 (인)

그림 122 제품 출시확인서

(4) 고용창출

- 사업기간 내 정규직 2명 신규채용

(5) 기술인증

- 세부 사양에 대한 공인기관 시험성적서 발급


KITECH 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89
 한국생산기술연구원 Tel: 041-589-8114 | Fax : 041-589-8120 | www.kitech.re.kr

시험성적서 (Test Report)

1. 성적서 번호 : C20N920035-01-01-(00-00)

2. 의뢰자 : 성부산업
경북 칠곡군 왜관읍 공단로 203 (금산리)

3. 시험기간 : 2020-12-10 ~ 2020-12-11

4. 용도 : 시험분석

5. 품목/시료명 : 고효율 농업용 전기운반 농기계
* 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.

6. 시험방법 :

7. 시험결과 : 다음 페이지 참조

8. 시험장소 : 경상북도 칠곡군 왜관읍 공단로 203, 성부산업

시험자 확인 성명 : 박진선  연락처 : jspark00@kitech.re.kr	기술책임자 성명 : 김태영  연락처 : kty@kitech.re.kr
---	---

2020년 12월 29일



한국생산기술연구원

비고 : 1. 본 성적서는 고객이 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과에 한하며, 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
 2. 본 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금지합니다.
 3. 본 성적서의 진위 확인은 QR코드로 확인가능합니다.



page: 1 of 23

[QP-17-03A]



C20N920035-01-01-(00-00)

그림 123 시험성적서 발행

(6) 논문 게재 및 학술발표

- 농업용 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측을 위한 모델링 기법 개발
조재현, 김준태, 정진형(가톨릭관동대), 장영운(성부산업), 박원엽(한경대)
한국정보전자통신기술학회논문지 12(3), p.p. 299~305

한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect) 19-6 Vol.12 No.3
http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2019.12.3.299

논문 19-12-03-299

농업용 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측을 위한 모델링 기법 개발

조재현*, 김준태*, 정진형*, 장영운**, 박원엽***, 이상식*

Development of Modeling Technique for Prediction of Driving Force and Kinetic Resistance of Agricultural Forklift

Jae-hyun Jo*, Jun-tae Kim*, Jin-hyoung Jeong*, Young-yoon Chang**,
Won-yeop, Park***, Sang-sik Lee*

요약 본 연구는 고령화와 젊은층의 이탈로 인한 농경사회에서 고령 및 여성 인력의 예로사항을 해결해주기 위해 시작되었다. 기존에 나와있는 농업용 고소리프트의 경우 전문 자격증 및 조작의 어려움과 평지가 아닌 불규칙적인 도로 혹은 작업환경에 노출된 위험성과 여성들도 쉽고 효율적으로 생산적 농업을 할 수 있도록 하기 위하여 선행연구를 바탕으로 진행하였다. 먼저 농업용 포크리프트의 목적인 물체를 이용한 견인 성능 예측 모델을 통하여 시뮬레이션을 진행하고, 견인 성능 모델 수식을 이용하여 실험이 진행되고 있는 경남 김해시의 토양(점착력 34.125kPa, 내부마찰각 35.294deg, 외부마찰각 13.620deg, 부착력 5.750kPa, 평균 원추지수 0-15cm cl, 1001.8kPa)에 맞추었다. 시뮬레이션용 포크리프트의 경우 농업용 전동식 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측 모델링을 수식화하고 이를 바탕으로 모터 제어 드라이브는 AC모터 전용 드라이브인 1232E 모델을 적용, 프로그래밍을 통해 두 개의 드라이버를 각각 마스터와 슬레이브로 구분지어 구동할 수 있도록 하였고 메인 PCB에는 모터 구동, 유압구동, 각종 출력을 제어할 수 있도록 시뮬레이션용 모델을 제작하였다. 제작된 시뮬레이션용 모델은 현재 지속적인 시뮬레이션과 수정 및 보완을 진행하고 있으며, 추후 본 연구를 바탕으로 보다 안전하고 효율성이 뛰어난 농업용 전동식 포크리프트의 개발을 위하여 연구를 지속할 예정이다.

Abstract This study was initiated to solve the difficulties of aged and female workers in agriculture society due to aging and demise of young people. In the case of the conventional elevated lift, the risk of exposure to uneven road or work environment, not the difficulty of professional qualification and operation, and the risk of exposure to the uneven road or working environment, were also studied based on previous researches so that women could easily and efficiently perform productive agriculture. First, the simulation was carried out through the prediction model of traction performance using the object of agricultural forklift, and the soil of the Kimhae city in Gyeongnam (34.125kPa, internal friction angle 35.294deg, external friction angle 13.620deg, Adhesion force 5.750 kPa, average cone index 0-15 cm cl, 1001.8 kPa). In the case of the forklift for simulation, the driving force and the kinetic resistance prediction modeling of the agricultural electric forklift are modeled. Based on this model, the motor control drive adopts the 1232E model, which is a drive dedicated to AC motor, and divides the two drivers into master and slave. And the model for the simulation was designed to control motor drive, hydraulic drive, and various outputs on the main PCB. The simulation model is undergoing continuous simulation, modification and supplementation. Based on this research, we will continue research for development of safer and more efficient agricultural electric forklift.

Key Words : driving force, electric forklift, kinetic resistance, prediction model, traction performance

This study was supported by the Agency for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Planning and Evaluation(818024011HD020), (318004032HD020). This paper was supported by KCI Research Support Project of Catholic Kwandong University(201901240001)

*Corresponding Author : Dept. of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University
**Sungbo Ind. Ltd.
***Dept. of Mechanical Engineering, Hankyong National University
Received April 07, 2019 Revised June 23, 2019 Accepted June 23, 2019

그림 124 논문 게재 1

- 농업용 전기운반차의 주행성능 향상을 위한 구조해석에 관한 연구
조재현, 이상식(가톨릭관동대)

한국정보전자통신기술학회논문지 13(6), p.p. 564~569

농업용 전기운반차의 주행성능 향상을 위한 구조해석에 관한 연구

조재현, 이상식*

A Study on Structural Analysis for Improving Driving Performance of Agricultural Electric Car

Jae-Hyun Jo, Sang-Sik Lee*

요약 현대 사회의 농업 인구의 고령화 및 감소로 농업 환경 개선이 필요한 실정이고 대표적인 문제 중 하나이다. 그리고 대부분의 작업체계에서 항상 운반 작업이 필요하기 때문에 운반 작업에 사용되는 시간과 노동력의 비율이 매우 높다. 이에 따라 많은 종류의 운반차들이 개발되고 판매되고 있으며, 초기에는 대부분 화석연료를 사용하는 동력운반차가 주종을 이루고 있다. 그러나 최근에는 지구온난화와 기후변화협약 등 국제 환경규제의 강화 및 화석연료의 고갈로 인한 수소, 연료전지, 태양광, 바이오 등 차세대 친환경에너지를 주목하고 있다. 그래서 본 연구에서는 화석연료를 대체하는 친환경적이며 누구나 쉽게 조작이 가능하고 안전한 농업용 전기운반차를 개발하는 것을 최종목표로 한다. 농업용 전기운반차의 광범위한 차속 조절 및 안정성 확보에 초점을 두고 설계하였으며, 성능 및 디자인을 고려하여 프레임, 주행부, 조향부, 컨트롤러 시스템 등으로 구성되어 각 부분별 검토하였다. 본 연구의 농업용 전기운반차가 젊은 인력이 부족한 농경사회에서 고령 노동자나 여성들이 쉽고 편하게 작업을 할 수 있고 높은 효율성을 통해서 농경사회에 도움이 될 수 있을 것이다.

Abstract The aging and declining agricultural population in the modern society requires improvement of the agricultural environment and is one of the representative problems. And since most of the work systems always require a transport work, the ratio of labor consumed in the transport work is very high. Accordingly, many types of transport vehicles are being developed and sold, and in the early days, most of them are powered transport vehicles using fossil fuels. However, it is paying attention to next-generation eco-friendly energy such as hydrogen, fuel cells, solar power, and bio due to the strengthening of international environmental regulations such as global warming and the Convention on Climate Change and the depletion of fossil fuels. Therefore, in this study, the ultimate goal is to develop an eco-friendly, easy-to-operate, safe agricultural electric vehicle that replaces fossil fuels. It was designed with a focus on controlling a wide range of vehicle speeds and securing stability of electric agricultural vehicles. Considering the performance and design, it is composed of a frame, a driving part, a steering part, and a controller system, and we are going to review and manufacture each part. It is believed that the manufactured electric vehicle for agriculture can be easily and conveniently operated in an agricultural society where young manpower is scarce, and can be helpful to the agricultural society through high efficiency.

Key Words : transport work, eco-friendly, easy-to-operate, high efficiency, safe agricultural car

1. 서론

현대 사회의 농업 인구의 고령화 및 감소로

농업 환경 개선이 필요한 실정이고 대표적인 문제 중 하나이다. 농업을 할 때의 작업은 퇴비 살

This study was supported by the Agency for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Planning and Evaluation(318004032HDO20).

*Corresponding Author : Department of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University

Received October 10, 2020

Revised October 21, 2020

Accepted December 14, 2020

- 농업용 전기 전동차의 하부 설계 및 진동 해석

정진형, 조재현, 김주희, 김수환, 이상식(가톨릭관동대), 장영윤(성부산업)

한국정보전자통신기술학회 2018 추계종합학술발표회 논문집 p.p. 138~141

농업용 전기 전동차의 하부 설계 및 진동 해석

정진형*, 조재현*, 김주희*, 김수환*, 장영윤**, 이상식*

Load frame design and vibration analysis of agricultural electric train

Jin-Hyoung Jeong, Jae-Hyun Jo, Ju-Hee Kim, Su-Hwan Kim, Yeong-yun Jang, Sang-Sik Lee*

요 약

본 연구는 선행 연구를 통하여 진행된 구조해석을 바탕으로 전기전동차의 농업용 도로인 농로에서의 운반시 하중 프레임의 진동 및 변형에 대한 해석을 위하여 진행되었다. 먼저 3D Assembly Modeling을 바탕으로 원활한 해석을 위하여 설계 작업을 진행하였고 Assembly 간 Unit의 간섭 및 치수오차 보정을 실시하였다. Contact 조건을 고려하여 Modeling을 개선한 뒤 Mesh를 설정하여 유한요소를 생성하였다. Nodes는 15,9616으로 설정하였으며, Elements는 89,789로 설정 하였다. 이를 바탕으로 하중 프레임에 대한 진동 해석을 실시 하였으며 6Mode 자유 진동을 부여하여 최대변형 1.7877mm, Main Frame은 0.7494mm의 변형이 나타났으나 이는 프레임의 변화가 미비한 것을 뒷받침 해주었고 본 설계를 바탕으로 전동차를 제작하여도 문제가 없는 것으로 나타났다.

keywords : Electric Vehicle, Structural Analysis, 3D Assembly Modeling, Finite Element

I. 서 론

현재 농업은 농업인구의 감소 및 고령화, 농업 경영비 상승 등으로 농업여건 개선이 시급한 실정이며 이는 과수원뿐 아니라 수도작 등 모든 농작업에서 대표적인 문제로 대두되고 있다. 과수, 시설원에 등 농작업은 노동집약적이며, 전정, 퇴비살포, 제초, 시비, 유인, 수확 등 여러 가지 작업이 많고 기계화하기 어려운 작업이 대부분이다. 또한 대부분의 작업체계에서 항상 운반작업이 이루어지고 있으며 여러 가지 작업단계 중 운반작업에 소모되는 노동력 비율은 매우 높은 것이 사실이다. 이러한 운반 수단으로는 운반차 및 트랙터 등을 사용하고 있으며, 이에 소모되는 기름 값 및 인건비를 생각해보면 농업이 축소되고 있는 현 시점에서 부담이 가는 것은 당연하다. 최근 전기자동차, 하이브리드 자동차의 개발에 따라 배터리 신기술 제품의 등장, 유도전동기 및 백터제어 컨트롤러의 적용은 소형구동 운반장치

인 자전거, 스쿠터, 골프카, 휠체어 분야에도 많은 영향을 미쳐 이미 선진국에서는 전동구동에 의한 제품시장이 형성되기 시작하고 있다. 이러한 관점으로 미루어 봤을 때 본 연구에서는 전기를 이용한 농업용 전동운반차의 개발에 앞서 3D 설계와 시뮬레이션으로 운반차로서의 역할을 할 수 있는지에 연구를 하였다.

II. 연구 방법

본 연구를 진행하기 위하여 선행 연구를 진행 하였으며, 선행 연구된 결과를 바탕으로 하중 및 진동에 의한 프레임의 강성 확보를 위한 구조가 우선이 되어야 한다. 전기전동차의 구조적 안전성 분석 및 검토를 위해 ANSYS를 이용하여 사람이 탑승하는 인원수 및 적재중량에 따른 하중에 의한 진동 해석을 수행하였다.

이 논문은 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임.(318004031HD020)

*Corresponding Author : Department of Bio-medical, Catholic Kwandong University (lsskyj@cku.ac.kr)

**SUNGBOO IND., LTD

- 농업용 전기 운반농기계의 생성하중 및 자중에 따른 Frame 변형 분석
장영윤(성부산업), 박원엽(한경대), 이상식(가톨릭관동대)
한국농업기계학회 2019 추계공동학술대회 초록집 p. 77, 포스터 발표

한국농업기계학회/2019년 추계공동학술대회

농업용 전기 운반농기계의 생성하중 및 자중에 따른 Frame 변형 분석
Analysis of Frame Deformation According to Generating Load and Self-weight of Agricultural Carrying Agricultural Machinery

장영윤¹ 박원엽² 이상식^{3*}
 Young-yoon Chang¹ Won-yeop Park² Sang-sik Lee^{3*}

¹(주)성부산업
¹SUNGBOO IND., LTD, 991-3, Geumsan-ri, Sangdong-myeoun, Miryang-si, Gyeongsangnam-do, Korea

²한경대학교 기계공학과
²Department of Mechanical Engineering, Hankyong National University, Ansung, Korea

³가톨릭관동대학교 의료공학과
³Department of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University, Gangneung, Korea

초록(Abstract)

최근, 지구 환경 문제로 인한 수소차 및 전기 자동차등 친환경 전기자동차들이 개발됨에 따라 농업용 운반 및 작업을 해야하는 원유를 이용한 자동차들도 점차 전기 혹은 수소 차량으로 개발이 되어 보급이 되고 있다. 하지만 이러한 전기 운반차의 경우 적재 하중의 증가와 외부 환경적 요인들로 인하여 실제적으로 움직일 수 있는 부분의 제약이 걸리고 안전성에 대한 문제에 의구심이 드는 상황이다. 본 연구는 최근 설계 및 제작된 전기 운반차의 생성하중 및 자중에 따른 Frame 변형 분석에 Solidworks를 이용하여 구조해석을 하여 안전성 및 외부 요인을 표기하고 운반차의 제약을 최대한 맞추기 위하여 실험을 하였다. 1차로 장비의 자중에 의한 안전성을 파악하기 위하여 중력조건만을 고려하였을때 최대 응력 69.58MPa, 최대 변형량 0.23474mm로 나타났으며 하중 + 1000N을 하였을 때, 최대 응력 78.487MPa, 최대 변형량 0.26233mm, 하중 +2000N을 하였을 때, 최대 응력 87.395MPa, 최대 변형량 0.29025mm으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 현재 설계된 전기 운반농기계의 Frame의 경우 추가된 하중에도 응력과 변형량의 차이는 거의 없다고 보여지며 이로 인하여 강건설계 되었다고 판단된다. 따라서, 이와 같은 설계의 전기 운반농기계의 설계는 이러한 구조 해석 및 실험을 바탕으로 안전성을 검토하여 보다 나은 농기계 발전에 이바지 하여야 한다.

키워드(Keywords)

전기 운반농기계, 구조해석, 응력, Frame, Solidworks

사사(Acknowledgement)

본 연구는 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원 첨단생산기술개발사업을 통한 결과물입니다. (318004032HD020)

*교신저자: 이상식(lsskyj@cku.ac.kr)

77

그림 127 학술발표 2

- 농업용 전기운반차의 제작을 위한 소형 전기운반차의 설계 및 제작
장영윤(성부산업), 박원엽(한경대), 이상식(가톨릭관동대)
한국농업기계학회 2019 추계공동학술대회 초록집 p. 78, 포스터 발표

한국농업기계학회/2019년 추계공동학술대회

농업용 전기운반차의 제작을 위한 소형 전기운반차의 설계 및 제작
Design and Fabrication of Small Electric Carrier for Production of
Agricultural Electric Carrier

장영윤¹ 박원엽² 이상식^{3*}
Young-yoon Chang¹ Won-yeop Park² Sang-sik Lee^{3*}

¹(주)성부산업
¹SUNGBOO IND., LTD, 991-3, Geumsan-ri, Sangdong-myeoun, Miryang-si, Gyeongsangnam-do, Korea
²한경대학교 기계공학과
²Department of Mechanical Engineering, Hankyong National University, Ansung, Korea
³가톨릭관동대학교 의료공학과
³Department of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University, Gangneung, Korea

초록(Abstract)

농업용 전기 운반차는 고령화된 농업환경에서 경제적인 부담을 줄여주고 보다 쉬운 조작으로 미래의 농업 및 기타 작업환경에서 최고의 효율을 발휘 할 수 있을것으로 기대하고 있다. 본 연구는 이러한 전기 운반차의 제작을 위하여 설계 및 제작하고자하는 모델의 축소 모델을 통하여 설계 및 제작에 관하여 문제가 없는지에 대한 검토 및 확인을 하고자 진행하였다. 전기 자동차 축소모델의 설계의 경우 Wismer and Luth가 제안한 전인 성능 예측 모델을 이용 하였으며, 이를 바탕으로 토양의 접착과 마찰이 동시에 존재하는 일반토양에서 구동력계수, 운동저항계수등을 예측하여 Solidworks, CAD 등 설계 프로그램을 통하여 Frame의 설계를 진행하였다. 차륜형 주행 및 Frame, 조향시스템, 유압시스템 및 제어장치로 구성되어 있으며, 모터의 경우 VDC 48, 출력 6000W의 AC모터를 사용하였으며, 유압장치의 경우 출력 2,200kW의 모터를 사용하였다. 유압 펌프의 용량은 2.0cc/rev, 탱크는 8.0L, 성능용량은 L.P.M 5.3으로 나타났다. 본 연구에서 설계된 축소된 전기 운반차의 모델을 통하여 물건의 추가를 통한 프레임의 변형, 프레임의 변형을 통한 안전성 및 강성 확보 등에 관한 추가 실험을 진행할 예정이다.

키워드(Keywords)

전기 운반농기계, 모터, 유압 펌프, Solidworks

사사(Acknowledgement)

본 연구는 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원 첨단생산기술개발사업을 통한 결과물입니다. (318004032HD020)

*교신저자: 이상식(lsskyj@cku.ac.kr)

78

그림 128 학술발표 3

- 고효율 농업용 전기 운반 농기계 시작기의 기구학적 설계 및 구조 안정성 검토
이상식(가톨릭관동대), 박원엽(한경대), 이기영(가톨릭관동대)
한국정보전자통신기술학회 2020 하계종합학술발표회 초록집 p. 281

고효율 농업용 전기 운반 농기계 시작기의 기구학적 설계 및 구조 안정성 검토

A Study on the Mechanical Design and Structural Stability of High-Efficiency Powered Carrying Agricultural Machinery Launcher

이상식*, 박원엽**, 이기영*

가톨릭관동대학교, 국립한경대학교

요약

전기 운반 농기계의 경우 농업의 목적으로 개발된 장비로써 하중과 진동에 의한 프레임의 강성 확보를 위한 구조가 수반되어야 한다. 전동차의 구조적 안전성 분석 및 검토를 위해 ANSYS를 이용하여 유한요소 해석을 실시하였으며, 주요 검토 항목으로는 사람이 탑승하는 인원수 및 적재량에 따른 하중에 의한 프레임 변형 및 취약부 분석, 진동 해석을 수행하였다.

Keywords : ANSYS, 구조해석, 전기운반,

I. 서론

현재 농업은 농업인구의 감소 및 고령화, 농업 경영비 상승 등으로 농업여건 개선이 시급한 실정이며 이는 과수원뿐 아니라 수도작 등 모든 농작업에서 대표적인 문제로 대두되고 있다. 과수, 시설원에 등 농작업은 노동집약적이며 걷장, 퇴비 살포, 개초, 시비, 유인, 수확 등 여러 가지 작업이 많고 기계화하기 어려운 작업이 대부분이다. 또한 대부분의 작업체계에서 항상 운반작업이 이루어지고 있으며 여러 가지 작업단계 중 운반작업에 소모되는 노동력 비율은 매우 높은 것이 사실이다. 이에 따라 많은 종류의 운반차들이 개발되어 시판되었으며, 운반차 견용의 타 작업기계도 많이 개발되어 있으나 초기에는 대부분 화석연료를 사용하는 동력운반차가 주종을 이루고 있었다. 안전하고 친환경적이며 고효율 농민 및 부녀자도 쉽게 조작이 가능한 전동식 농업용 운반차량을 개발하는 것이 최종목표이며, 전기운반 농기계의 기본 설계 및 간이 시험용 제어부 제작을 목표로 하였으며 차륜형 주행 및 프레임부, 조향시스템, 유압시스템 및 제어장치로 구성되어 각 부분별

상세 내용과 설계 검토 사항을 정리하였다. 최종 설계를 토대로 여러 가지 수정 및 보완작업을 거쳤으며 현장에서 시험 운행하면서 발생하는 각종 문제점들을 파악하여 수정하고 최적 설계하고자 한다. 3D 프로그램에 의한 설계를 토대로 최종 3D 모델링 작업에 의한 검증, 구조해석을 진행하였다.

II. 본론

제품을 제작하기 위한 3D Assembly Modeling을 바탕으로 유한요소해석의 원활한 진행을 위해 주요 검토 부분을 기반으로 단순화 작업을 실시하였으며, Main Frame 등 주요 검토 대상이 될 Unit은 최대한 기존 형상으로 구축하였다. 바퀴부는 구동축 끝단에 바퀴를 대신하여 구속조건을 부여하기 때문에 도면에서는 삭제하였다. 3D 모델링 작업 및 Assembly 간 Unit의 간섭 및 치수오차 보정을 실시하였으며, Contact 조건을 고려하여 일부 구간의 추가 Modeling 개선을 하였다.

그림 129 학술발표 4

- 전기운반차의 유압시스템 및 모터 제어에 관한 연구
조재현(가톨릭관동대), 장영윤(성부산업), 박원엽(한경대), 이상식(가톨릭관동대)
대한전기학회 정보 및 제어 학술대회(CICS' 20) p. 321, 포스터 발표



전기운반차의 유압시스템 및 모터 제어에 관한 연구

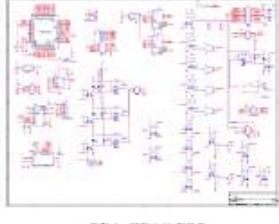
조재현*, 장영윤**, 박원엽***, 이상식*
*가톨릭관동대학교 정보공학과
**성부산업
***국립한경대학교

Abstract

현재 농업은 농업연구의 감소 및 고령화, 농업경쟁력 상승 등으로 농업에겐 개선이 시급한 실정이며 이는 과수원뿐 아니라 수도작 등 모든 농작업에서 대표적인 문제로 대두되고 있다. 그래서 본 연구에서는 안전하고 친환경적이며 고효율 농작 및 부대작도 쉽게 조작이 가능한 전동식 농업용 운반차량을 개발하고자 하며, 농업 현장 어디에서나 사용이 가능하도록 수형장치를 구성하고, 전도 방지, 경사 및 비상 정지 등의 안전 기능과 다양한 부가작업을 수행할 수 있는 고효율의 재봉을 개발하고자 한다.



<그림 2> 유압시스템의 구성



<그림 5> 메인 PCB 회로도

1. 서론

현재 농업은 농업연구의 감소 및 고령화, 농업경쟁력 상승 등으로 농업에겐 개선이 시급한 실정이며 이는 과수원뿐 아니라 수도작 등 모든 농작업에서 대표적인 문제로 대두되고 있다. 과수, 시설재배 등 농작업은 노동집약적이며 전정, 퇴비살포, 재조, 시비, 유인, 수확 등 여러 가지 작업이 있고 기계화하기 어려운 작업이 대부분이다. 또한 대부분의 작업재계에서 항상 운전작업이 이루어지고 있으며 여러 가지 작업단계 중 운전작업에 소모되는 노동력 비율은 매우 높은 것이 사실이다. 이에 따라 일손 부족의 운반차량이 개발되어 시판되었으며, 일반적 질투의 미 작업기에도 많이 개발되어 있으나 초기에는 대부분 엔진연료를 사용하는 트랙터와 유사한 수송용 이륜차로 있었다. 따라서 본 연구에서는 안전하고 친환경적이며 고효율 농작 및 부대작도 쉽게 조작이 가능한 전동식 농업용 운반차량을 개발하고자 하며, 농업 현장 어디에서나 사용이 가능하도록 수형장치를 구성하고, 전도 방지, 경사 및 비상 정지 등의 안전 기능과 다양한 부가작업을 수행할 수 있는 고효율의 재봉을 개발하고자 하였다.

2.2 모터 제어드라이브와 컨트롤러 설계 및 제작

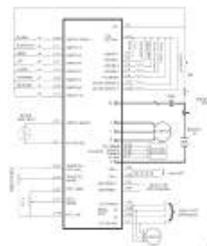
전기운반 농기구는 전동원으로 구성되었으며 컨트롤러는 모터 드라이브와 작업차 조작 패널로 구성되어 있다. 제어컨트롤러는 자체 전원 상단부 배선을 구성하여 설치하였으며, 제어박스 안에 통합 컨트롤 PCB와 피워셔솔라미 및 부하에 따른 토크 및 속도제어 등을 담당하는 모터 드라이브, 유압 컨트롤러, 솔리부를 함께 배치하였다. 모터 제어 드라이브는 curisa사의 AC모터 전용 드라이브인 1252F 모델을 적용하였으며, 프로그램명을 통해 두 개의 드라이브를 각각 마스터와 슬레이브로 구성하여 구동할 수 있도록 하였다. 메인 PCB에는 모터 구동, 유압구동, 각종 솔레노이드 제어할 수 있도록 일체로 구성하였으며, 다음에 제어 구성도, 메인 PCB 회로 및 제작 결과의 드라이브 구동용 회로에 구성도 및 부분을 설명하여 나타내었다.

3. 결론

본 연구에서는 안전하고 친환경적이며 고효율 농작도 쉽게 조작이 가능한 전기운반차를 개발하는 것이 최종목표이며, 전기운반차의 간이 시범용 제어부 제작을 목표로 조항시스템, 유압시스템 및 제어장치로 구성되어 각 부분을 완료 및 제작을 하였다. 최초 설계 및 기존 전동식구동용 모듈로 여러 가지 수정 및 보완작업을 거쳤으며 현장에서 제작된 전기운반차를 통하여 시뮬레이션과 하면서 발생하는 각종 문제점들을 파악하여 수정하고 최적의 설계를 하고자 하였다. 현재 시뮬레이션용 모듈을 통하여 농업용 전기운반차의 문헌시 안전성과 효율성을 높이기 위해 연구하고 있다. 미려한 연구들은 농경사회에서 젊은층이 사라진 지금 나아가 있는 작업자 및 대성들도 쉽고 간편하게 작업을 할 수 있고 효율성을 얻을 수 있는 농업용 전기운반차로 인하여 농경사회에 이바지하고자 한다.

2.1 유압시스템 설계 및 제작

전기운반 농기에서는 조항시스템, 향후 작업동력 전환 등에 유압장치가 사용되며, 유압장치는 다음 표와 같은 사양을 가지는 H사의 파워팩을 적용하였으며 유압회로는 DC48V 2.2kW DC모터를 적용하여 구동하도록 하였다. 다음 그림에 파워팩의 기본 구성 회로도를 나타내었으며 릴리프밸브 및 체크밸브 등 기본 유압회로를 구성하였다.



<그림 5> AC모터 컨트롤러 1252F 구성도

감사의 글

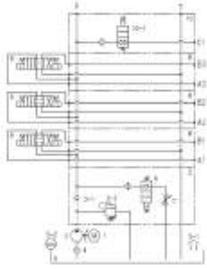
본 연구는 농림식품기술기획평가원 첨단생산기술개발사업의 지원을 받았습니(318004033H000).

참고문헌

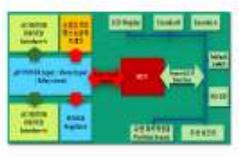
[1] Y. Y. Jang, "Development of electromotive forklift for multipurpose operator", Research report on research and development project for agriculture, forestry and animal husbandry conducted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Livestock, 2018

[2] Sang-ik Lee, Jun-tae Kim, Won-yeop Park "Structural analysis for the development of a vertically raise type aerial work machinery" In Korea Institute of Information & Electronic Communication Technology, Vol. 10, No. 3, pp.225-231, 2017

[3] Y. Y. Jang, "Development of eco-friendly electric cultivator using HBSK dual motor", Research report on research and development project for agriculture, forestry and animal husbandry conducted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Livestock, 2014



<그림 1> 유압 파워팩 회로도



<그림 6> 제어 구성도

그림 130 학술발표 5

(7) 홍보전시

3차년도 시제품 출시하였으나, 코로나 여파로 인해 대부분 관련 전시회가 취소됨으로 인해 오프라인 전시회는 참석하지 못하고 관련 온라인 전시회에 기존 제품과 더불어 시제품에 대한 간단한 홍보를 실시하였다.

제주감귤박람회(온라인 전시) 참가

2020.11.27(금) ~ 12.11(금) 온라인 전시관 운영

성부산업페이지: <http://www.jicexpo.com/business/2020online/machinery.htm?act=view&seq=56>



기업명	성부산업
위치	경북 칠곡군 왜관읍 공안로 203 성부산업
대표자	장찬만
연락처	054-977-3838
FAX	054-977-3830
이메일	sungboo@sungboo.com

그림 131 온라인 전시

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 모터 제어기술 및 조향시스템개발로 조향우수성 실현
- 전동형 기계의 개발로 화석연료 사용의 감소 및 에너지 절약에 기여
- 고령화에 대비한 편한 기기 조작으로 노동력 절감, 안전성 확보
- 전도 방지, 경사 알림 등 각종 안전장치 기술로 작업 안정성 확보
- 기타 농업기계의 전기모터 적용 가능성 확보
- 다목적 영농작업에 의한 농작업생력화로 생산비 절감
- 친환경 농기계 보급의 활성화
- 농작업의 안전 및 편의성 확보
- 친환경 농기계의 개발로 친환경 농업의 실현 및 수출 유망상품 보유
- 타 산업분야에 활용 가능

(2) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	농업용 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측을 위한 모델링 기법 개발	한국정보통신기술학회 논문지	조재현	12(3)	대한민국	한국정보통신기술학회	비SCIE	2019.06.23	10.17661	100
2	농업용 전기운반차의 주행성능 향상을 위한 구조 해석에 관한 연구	한국정보통신기술학회 논문지	조재현	13(6)	대한민국	한국정보통신기술학회	비SCIE	2020.12.14	10.17661	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국정보전자통신기술학회 2018 추계종합학술발표회	정진형 외	2018.10.26.	가톨릭관동대	대한민국
2	한국농업기계학회 2019 추계공동학술대회	장영운 외	2019.10.17	엘리시안 강촌	대한민국
3	한국농업기계학회 2019 추계공동학술대회	장영운 외	2019.10.17	엘리시안 강촌	대한민국
4	한국정보전자통신기술학회 2020 하계종합학술발표회	이상식 외	2020.07.23	조선대학교	대한민국
5	대한전기학회 정보 및 제어 학 술대회(CICS'20)	조재현 외	2020.10.22	제주 소노캄	대한민국

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	농업용 운반차량의 조향 장치	대한민국	장진만	2018.10 .25.	10-2018 -012814 8	-	장진만	2020.08. 27	10-2151 223	100	활용
2	자동 정렬기능을 갖는 농업용 운반차량의 조향 장치	대한민국	장진만	2018.10 .25.	10-2018 -012816 2	-	장진만	2020.04. 09	10-2101 189	100	활용
3	농업용 운반차량	대한민국	장진만	2019.11 .04.	10-2019 -013775 3	-	-	-	-	100	활용
4	농업용 운반차량의 조향 장치	대한민국	장진만	2019.11 .04.	10-2019 -013776 4	-	-	-	-	100	활용
5	원격조작 가능한 전동식 농업용 운반 차량	대한민국	장진만	2021.03 .29	10-2021 -004050 0	-	-	-	-	100	활용
6	실시간 차량 정보 확인 이 가능한 전동식 농업 용 운반 차량	대한민국	장진만	2021.03 .29	10-2021 -004053 6	-	-	-	-	100	활용

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	자체실시
1	√	√								√

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	전기운반농기계 시험인증	한국생산기술연구원	시험성적	C20N920035-01-01	2020.12.29.	대한민국

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	전기운반 농기계	2021.03.31.	성부산업	성부산업	제품화	1년	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	자체실시	전기운반차 지식재산권의 자체사업화	성부산업	2021.05.27	-	-

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	국내	전기운반농기계 제품화	전기운반농기계의 제품화	성부산업	-	-	2021	10

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		전기운반 농기계 사업화			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(천원)	200,000			
	예상 매출규모(억원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		-	50	100	
		단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	국내	-	10	20
		국외	-	1	2
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		전동형 농업용 차량 (무인 차량 등)			

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년		
1	전기운반농기계 사업화	성부산업	2		2
합계			2		2

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	온라인전시	제주감귤박람회	온라인 전시	2020.11.27.~12.11

2) 목표 달성 수준

추진목표	가중치 (%)	개발목표치	개발결과 (시험성적서)	달성도(%)
적재능력	10	500kg 이상	500kg 이상 적재 가능	100
주행시험	5	직진성, 선회성 양호	직진 및 선회 시험 완료	100
구동방식	5	전기 4륜 구동	4륜 구동 확인	100
최대속도	5	30km/h 이내	최대속도 30km/h	100
브레이크 시험	10	전자브레이크 제동 조작 용이 및 작동상태 양호	전자브레이크 작동 확인	100
유압덤프 시험	10	200회 연속	200회 연속 시험 양호	100
1회 충전 시 사용	10	100km 이상	100km 이상 주행 확인	100
최대 전도각	10	30°이상	30°에서 전도되지 않음	100
기타작업	5	어태치먼트 적용	어태치먼트 적용 확인	100
조작난이도, 원격제어	2	적정, 착탈형 원격제어 적용	조작, 원격제어 확인	100
안전장치 및 표시의 이행	3	적정	안전장치 표시 및 적용	100
내구성 및 신뢰성 평가	5	연속구동시험 후 이상유무	구동시험 완료	100
시스템의 경제성	10	-매연 없음, 소음 60dB 이하	평균소음 약 54dB, 엔진형 대비 20% 이상 절감	100
에너지 절감 및 친환경성	10	-기존 엔진형 이용 대비 약 20% 절감		100

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

최근 농기계의 전동화는 급속도로 성장하였으며 각종 농업용 차량은 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 전기운반 농기계를 개발하여 시제품을 출시하였고, 양산화를 통해 매출을 실현할 계획이다.

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

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

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 대응체제 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.

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

당사는 본 연구개발 성과를 토대로 다양한 제품군을 확보하여 농기계 발전에 이바지할 계획이며, 주요 활용계획은 다음과 같다.

- 모터 제어기술을 활용한 전동 구동 기술 확보로 추가 기술개발 및 응용
- 지속적 매출을 통한 기업의 성장 추진 (고부가가치화 실현)
- 연구개발 체제 구축 보완으로 연구개발 투자의 확대
- 추가개발 및 안정성 확보를 토대로 수출 전략 추진

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국내논문	SCIE	-
	비SCIE	1
	계	1
특허출원	국내	1
	국외	-
	계	1
특허등록	국내	4
	국외	-
	계	4
인력양성	학사	1
	석사	-
	박사	-
	계	1
사업화	상품출시	1
	기술이전	1
	공정개발	-
제품개발	시제품개발	1

○인증 및 사업화 계획

- 농업기술실용화재단을 통한 운반차 종합기계검정 실시
- 한국농업기계공업협동조합을 통해 농기계 모델 등록
- 2021 하반기 최종 양산화 모델 출시 예정이며, 보조사업 등을 통해 매출 실현 예정
- 각종 전시회 등을 통해 제품 홍보 및 기존 수출 루트를 통한 해외진출 방안 모색
- 시범보조사업 및 정부지원대상 품목 지원 적극 활용
- 당사 전국 150여 개 총판 및 대리점을 통한 판로 확대

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 고효율 농업용 전기운반 농기계 개발				
	(영문) Development of high efficiency electric cart				
주관연구기관	성부산업		주 관 연 구	(소속) 기업부설연구소	
참 여 기 업	성부산업		책 임 자	(성명) 장 영 운	
총연구개발비 (1,468,000천원)	계	1,468,000	총 연 구 기 간	2018. 04. 26. - 2021. 03. 31 (2년 8개월)	
	정부출연 연구개발비	1,100,000	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	13
	기업부담금	368,000		내부인원	13
	연구기관부담금	-		외부인원	-

○ 연구개발 목표 및 성과

친환경 농작업 기계 보급을 위한 전동화 기술을 기반으로 농촌 고령화에 따라 기존 경운기보다 안전하고 친환경적이며 고령 농민, 부녀자 등도 쉽게 조작이 가능한 농업용 운반차량 개발이 최종목표임.

○ 연구내용 및 결과

- 기초자료 조사 및 토양특성에 따른 기초요인 설계
- 모터의 용량 선정 및 기초 설계에 따른 통합제어 컨트롤러 개발
- 전기운반 농기계 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
- 기술실시(자체 실시) 위해 전담기관 기술실시계약 체결 진행
- 1개의 모델로 시제품 출시(제품화)
- 관련 지식재산권 출원 6건, 등록 2건
- 논문게재 2건, 학술발표 5건
- 전시 및 홍보 1건, 고용창출 2명

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 모터 제어기술을 활용한 전동 구동 기술 확보로 추가 기술개발 및 응용
- 지속적 매출을 통한 기업의 성장 추진 (고부가가치화 실현)
- 연구개발 체제 구축 보완으로 연구개발 투자의 확대
- 추가개발 및 안정성 확보를 토대로 수출 전략 추진

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		318004-3	
사업구분	농림축산식품연구개발사업				
연구분야	첨단생산			과제구분	단위
사업명	첨단생산기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	고효율 농업용 전기운반 농기계 개발			과제유형	개발
연구개발기관	성부산업			연구책임자	장영윤
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	'18.04~'18.12	300,000	100,000	400,000
	2차년도	'19.01~'19.12	400,000	134,000	534,000
	3차년도	'20.01~'21.03	400,000	134,000	534,000
	계	'18.04~'21.03	1,100,000	368,000	1,468,000
참여기업	성부산업				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 05. 31

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
성부산업	사장	장영윤

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	장영윤
----	-----

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (우수), 보통, 미흡, 극히불량)

-사업화 성과를 목표로 현장 요구에 맞게 실용적인 기술의 개발이 우수함

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (우수), 보통, 미흡, 극히불량)

-관련 시장의 성장으로 경쟁업체가 늘어나면서 전동 농기계 관련 기술의 비약적으로 발전함

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (우수), 보통, 미흡, 극히불량)

-타 전동 차량에 적용이 가능하며 여러 가지 응용제품이 나올 수 있으므로 활용성이 큼

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (우수), 보통, 미흡, 극히불량)

-이론적인 분야에서 실제 농업현장에 대한 조사까지 수행하여 성실도가 높음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (우수), 보통, 미흡, 극히불량)

-지적소유권 확보 노력이 큼.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
기초조사 분석 및 설계	20	100	- 설계요인 분석 및 선행기술 조사 등을 수행함
구동부 및 주행장치 개발	20	100	- 설계 및 구조해석 등을 통해 시제품을 제작함
통합 컨트롤러 개발	20	100	- 구동방식에 맞게 모터 드라이브, 원격제어장치 등 통합 컨트롤러 개발을 완료함
기계적 안정성 확보	20	100	- 구조해석 및 안정성 확보 실험을 통해 제품 안정성을 확보함
현장시험 및 성능 시험	20	100	- 다양한 현장성능시험 및 공인기관의 시험을 실시 완료함.
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

-사업화 매출 진행을 위한 추가적 노력 필요하며, 각종 규제 등 사업화 지원을 위한 정책도 필요함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

-연구 개발 시작시부터 현장에 바로 접목하기 위해 진행하였으므로 사업화 가능성 확인

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

-지속적인 제품 개선 노력으로 매출 증대 및 농기계 전동화 기술 적용에 기여

IV. 보안성 검토

-해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

-해당사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

-해당사항 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	첨단생산기술개발사업	
연구과제명	고효율 농업용 전기운반 농기계 개발			
주관연구개발기관	성부산업		주관연구책임자	장영윤
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	1,100,000,000	368,000,000	-	1,468,000,000
연구개발기간	2018.04.26. ~ 2021.03.31			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①기초조사 분석 및 설계	- 설계요인 분석 및 선행기술 조사 등을 수행함
②구동부 및 주행장치 개발	- 설계 및 구조해석 등을 통해 시제품을 제작함
③통합 컨트롤러 개발	- 구동방식에 맞게 모터 드라이브, 원격제어장치 등 통합 컨트롤러 개발을 완료함
④기계적 안정성 확보	- 구조해석 및 안정성 확보 실험을 통해 제품 안정성을 확보함
⑤현장시험 및 성능 시험	- 다양한 현장성능시험 및 공인기관의 시험을 실시 완료함.

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인 력 양 성	정책 활용· 홍보		기 타 (타연구 활용액)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											SCI		비 SCI	논 문 평 균 I F					
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	10	10			10		20	10		10	10			10				10	
최종 목표	5	5			1		2	9,100		2	1		2	5				1	
연구 기간 내	목표	5	1		1		1	100		2	1		2	5				1	
	실적	6	2		1		1	-		2	1		2	5				1	
달성률 (%)	120	200			100		100	-		100	100		100	100				100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	모터 제어기술
②	농기계 전동화 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 결 해	정책 자료	기타
①의 기술					✓	✓	✓			
②의 기술					✓		✓		✓	

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	지적재산권 추가 확보 및 타 기계 전동화 기여
②의 기술	타 농기계의 전동화 추진

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인 력 양 성	정 책 활 용 홍 보		기 타 (타연구활용액) (명)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											SCI		비 SCI	논 문 평 균 I F					
단위	건	건	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건		
가중치	10	10			10		20	10		10	10			10				10	
최종목표	5	5			1		2	9,100		2	1		2	5				2	
연구기간내 달성실적	6	2			1		1	-		2	1		2	5				1	
연구종료후 성과창출 계획		4					1	9,000										1	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

- 자체 실시를 통한 사업화

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단 생산기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.