

316018-3

자주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화 최종보고서

2018

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

일반 과제 / 공개
첨단생산기술개발사업 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-002527-01

자주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화 최종보고서

2018. 12. 31.

주관연구기관 / 오페(주)
협동연구기관 / 충남대학교
협동연구기관 / 전남대학교

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

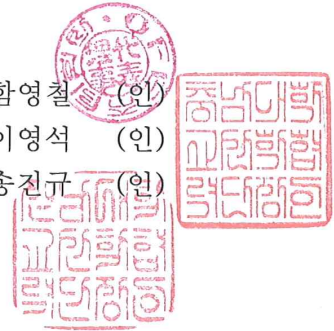
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “자주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화”(개발기간 : 2016. 5. 19 ~ 2018. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 31.

주관연구기관명 : 오피주식회사 (대표자) 함영철 (인)
협동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 이영석 (인)
협동연구기관명 : 전남대학교 산학협력단 (대표자) 송진규 (인)



주관연구책임자 : 이범섭
협동연구책임자 : 정선옥
협동연구책임자 : 최영수

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라
보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	316018-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.05.19 ~ 2018.12.31	단 계 구 분	(3)/(3)
연구 사업 명	단 위 사 업	농 식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	자주식 소형 배추수확기 개발 및 산업화			
연구 책임자	이 범 섭	해 당 단 계 참여연구원 수	총: 22명 내부: 22명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 민간: 100,000천원 계: 400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 66명 내부: 66명 외부: 명	총연구 개발비	정부: 820,000천원 민간: 273,340천원 계: 1,093,340천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	오페주식회사			참여기업명	오페주식회사
협 동 연 구	연구기관명: 충남대학교 산학협력단			연구책임자: 정선옥	
협 동 연 구	연구기관명: 전남대학교 산학협력단			연구책임자: 최영수	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	해당사항 없음
----------------------	---------

9대 성과 등록 · 기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시 설·장 비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	√	√	√								

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설 · 장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

본 연구는 밭작물 농업기계 공동 이용 활성화 정책을 고려한 임대사업소 활용도가 높은 자주식 배추수확기 개발을 위해 수행하였으며, 개발은 배추 주산단지, 재배양식 조사 및 분석, 배추수확기의 주요 작업부 개발, 농작업자편이 및 안전장치 개발, 배추수확기 주행부 개발 및 주산지에서의 현장 실증 시험으로 목표사양인 작업능력 10a/3시간, 손상을 5%를 달성하였음. 연구개발 과정 중에 27건의 대표성과를 창출하였음. 대표적으로 기술실시(IPET 기술료 납부), 사업화(시범판매), 특허등록(10-1802405, 10-1838697, 10-1802401), 농기검정(18-FACTMS-007), 논문투고(자주식 배추수확기 주요부 유압 제어장치 등), 정책제안 2건(정부지원 대상기종, 영농활용), 고용창출(5명), 인력양성(2명), 홍보전시(4건) 등을 달성함. 농가 시범공급 등을 통해 인력에 의존하는 배추 수확작업의 노동력절감 기여함. 향후 임대사업소 등 공동이용 정책에 부합하게 농가활용성 극대화 및 보급 확대를 도모하여 농가 노동력절감, 인건비 절감, 소득증대에 기여하고, 배추재배의 성력화 및 내수시장 방어 및 전략적 수출을 도모함

보고서 면수
202쪽

〈 요약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 목적】 밭작물 농업기계 공동 이용 활성화 정책을 고려한 임대사업소 활용도가 높은 자주식 배추수확기 개발 ❖ 내용】 자주식 배추수확기의 개발은 배추 주산단지, 재배양식 조사 및 분석, 배추수확기의 주요 작업부 개발, 농작업자 편이 및 안전장치 개발, 배추수확기 주행부 개발 및 주산지에서의 현장 실증시험으로 진행하는데, 주요 개발사양은 작업능률 10a/3시간, 손상을 5% 이내 임 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 기술실시·사업화 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 기술실시】 자주식 배추수확기(IPET 기술료 납부) ◆ 사업화】 자주식 배추수확기(시범판매) ❖ 핵심성과: 특허등록/기술인증/제품화/KCI논문 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 특허등록】 ①배추수확기(10-1802405, 주관연구기관) ◆ 특허등록】 ②배추수확기(10-1838697, 주관연구기관) ◆ 특허등록】 ③배추수확기(10-1802401, 주관연구기관) ◆ 기술인증】 자주식 배추수확기(18-FACTMS-007) ◆ 논문투고】 ①자주식 배추수확기 주요부 유압제어장치(정밀농업기술) ◆ 논문투고】 ②자주식 배추수확기 설계 및 기초성능시험(정밀농업기술) ❖ 전략성과: 정책제안/고용창출/인력양성 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 정책제안】 ①한국농기계공업협동조합(정부지원 대상기종) ◆ 정책제안】 ②농촌진흥청(영농활용) ◆ 고용창출】 5명(주관연구기관 김○진 외 4명) ◆ 인력양성】 4명(충남대 2, 전남대 2) ❖ 기계화가 되지 않은 배추 수확작업의 기계화 달성 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 홍보전시】 4건(중앙전문지 3, 국제박람회 1) ❖ 자주식 소형 배추수확기 핵심기술 확보 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 개발된 자주식 배추수확기를 농가현장에 보급하여 인력에 의존하는 배추수확작업 노동력절감 및 기계화율 향상 ❖ 임대사업소 등 농업기계 공동활용 정책에 부합하는 수확기 보급으로 농가 활용성 극대화 ❖ 관련 지식재산권 등록을 통한 기술보호, 제품에 대한 인증, 보급확대를 위한 정책제안을 통한 효과적 시장진입 ❖ 농가 노동력 절감, 인건비 절감, 소득증대 ❖ 김치재료인 배추 재배를 위한 기계화 작업체계 완성 ❖ 외국산 농업기계 국내잠식 대응 				
국문핵심어 (5개 이내)	배추	수확기	예취부	이송부	배출부

< Summary >

Purpose & Contents	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Purpose】 Developed self-contained cabbage harvester with high utilization rate in lease business considering policy for promoting joint use of agricultural products ❖ Contents】 Development of self-supporting Chinese cabbage harvester is proceeded by researching and analyzing cultivation style of cabbage, development of main working part of Chinese cabbage harvesting machine, development of safety worker for farmer, development of cabbage harvester driving part and field demonstration test in mainland. Specification is 10A / 3 hours of operation, damage is less than 5%
Results	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Technology implementation and commercialization <ul style="list-style-type: none"> ◆ Technology implementation】 IPET technology payment ◆ Commercialization】 pilot sale ❖ Key achievements: Patent registration / Technical certification / Productization / KCI dissertation <ul style="list-style-type: none"> ◆ Patent registration】 ①10-1802405, Main research institute ◆ Patent registration】 ②10-1838697, Main research institute ◆ Patent registration】 ③10-1802401, Main research institute ◆ Technical certification】 18-FACTMS-007 ◆ Thesis Submission】 ①Self-propelled cabbage harvester Main parts Hydraulic control device (precision agricultural technology) ◆ Thesis Submission】 ②Self-propelled cabbage harvester design and basic performance test (precision agricultural technology) ❖ Strategic outcome: policy proposal / job creation / human resource training <ul style="list-style-type: none"> ◆ Policy proposal】 ①Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative (Government Supported Model) ◆ Policy proposal】 ②Rural Development Administration(Farming utilization) ◆ Job creation】 5 persons (main research institute Kim○Jin and 4 others) ◆ Human resource training】 4 persons (Chungnam University 2, Chonnam University 2) ❖ Achieve mechanization of un-mechanized Chinese cabbage harvesting <ul style="list-style-type: none"> ◆ Publicity Exhibition】 4 cases (Central Journal 3, International Exhibition 1) ❖ Securing core technology of self-contained small cabbage harvester

<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Reducing the labor of Chinese cabbage harvesting labor and improving the mechanization rate by supplying the developed self-contained Chinese cabbage harvester to the farm site ❖ Maximizing the utilization of farm households by distributing harvesters in accordance with the common utilization policy of agricultural machinery such as rental offices ❖ Effective market entry through policy proposals for technology protection, product certification, and expansion through related intellectual property registration ❖ Reduce labor costs, reduce labor costs, increase income ❖ Completion of mechanization work system for cabbage cultivation as a kimchi ingredient ❖ Domestic agriculture countermeasures against foreign agriculture 				
<p>Keywords</p>	<p>cabbage</p>	<p>harvester</p>	<p>cutting part</p>	<p>conveying part</p>	<p>discharging part</p>

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	8
1-1. 연구개발 목적	8
1-2. 연구개발의 필요성	8
1-3. 연구개발 범위	13
2. 연구수행 내용 및 결과	14
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	177
3-1. 목표	177
3-2. 목표 달성여부	177
3-3. 목표 미달성시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성) ·	179
4. 연구결과의 활용 계획 등	180
5. 기타사항(연구실적 증빙서류)	181
붙임. 참고 문헌	201

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

**“임대사업소 활용도가 높고, 수확작업 노동력을 절감할 수 있고,
작업능률이 높은 자주식 소형 배추수확기 개발 및 산업화”**

1-2. 연구개발의 필요성

- ◇ 최근 국민 삶의 질 향상, 건강한 먹거리 인식 및 국내 여건 변화 등으로 벼농사에 비해 상대적으로 소득수준이 높은 밭작물 생산에 대한 수요가 증가하고 있으나, 관련 농업 기계 개발이 미흡하여 밭농업 기계화가 절실한 실정임
- ◇ 밭작물의 경우 기계화율이 '15년 56.3%이며, 특히 파종, 이식작업이 5%, 수확작업이 13.3% 수준으로 열악한 실정임. 경운정지 기계화율은 99%를 넘으며, 방제 작업도 기계화율이 85~99% 수준으로 다른 작업에 비해 높은 실정으로, 파종, 이식, 수확작업의 기계화는 밭농업 일관기계를 위하여 반드시 필요함

표 1. 밭작물의 작업공정별 기계화율(%)

구분	경운·정지	비닐피복	파종·이식	제초	방제	수확
배추	98.0	84.7	-	60.2	97.2	-
고추	97.8	61.7	-	33.5	93.2	-
마늘	99.7	44.8	39.7	40.2	99.4	35.6
양파	100.0	77.3	-	35.6	99.8	2.1
무	100.0	98.2	-	54.2	100.0	-
콩	98.5	77.0	5.4	46.9	96.3	11.2
감자	99.8	85.1	2.0	65.2	99.1	90.4
고구마	99.0	40.0	-	-	90.0	60.0
잡곡	99.7	30.0	10.0	-	100.0	20.0

- ◇ 최근 배추의 소비 형태는 외식소비와 여성의 사회활동 증가, 가공원료용 수요 및 김치수출 증가 등으로 신선배추수요가 연중 평준화되어 안정적이고 지속적인 공급을 필요로 하고 있음. 하지만 경운, 정지, 방제 작업을 제외하고는 대부분의 작업이 인력에 의존하고 있으며, 특히 수확작업 기계화는 연구 개발 초기단계에 있어 개발 및 보급이 시급함

◇ 배추의 1인당 소비량을 근거로 한 배추의 총 소비량은 지속적으로 증가하는 추세이며, 전체적인 공급량은 최근 들어 급격히 증가하는 것으로 추정됨

표 2. 배추 재배작업의 기계화 수준

구 분	노동시간 (h/10a)	노동비율 (%)	기계화율 (12, %)	개발 기계류	
계	73.1	100			
본답준비	2.9	4.0	●	트랙터+로터베이터 두둑성형+피복기	
이식	14.3	19.6	○	-	
재배 관리	피복·복토	3.8	5.2	●	관리기용 비닐 피복기
	방제	4.8	6.6	●	동력분무기, 붐 방제기
	제초	4.0	5.5	●	관리기·승용관리기용 중경제초기
수확	15.9	21.8	☆	-	
운반적재	2.8	3.8	☆	-	
포장	2.9	4.0	☆	-	
기타(시비 등)	21.7	29.7		-	

주) ● 보급활발 ● 보급초기 □ 실용화 단계 ○ 연구 중 ☆ 연구 필요 × 기계화 곤란

표 3. 주요 밭작물의 1인당 소비량, 자급률 추이

작물	구분	년도			
		'00	'05	'10	'12
배추	1인당 소비량(kg)	39.7	30.2	41.7	51.6
	배추 추정 소비량(천t)	1,866	1,454	2,060	2,580
	배추 추정 생산량/소비량(%)	169	160	87	70
고추	1인당 소비량(kg)	2.5	2.2	2.6	6.0
	자급률(%)	95	71	51	52
마늘	1인당 소비량(kg)	7.2	6.2	6.8	7.9
	자급률(%)	96	91	77	87
양파	1인당 소비량(kg)	14.8	17.1	28.6	25.0
	자급률(%)	99	96	97	93
무	1인당 소비량(kg)	24.4	17.2	20.9	23.3
	무 추정 소비량(천t)	1,147	828	1,033	1,165
	무 추정 생산량/소비량(%)	153	154	101	73
콩	1인당 소비량(kg)	8.5	9.0	8.3	8.8
	식량자급률(%)	28.2	30.9	32.4	30.7
서류	1인당 소비량(kg)	4.2	4.2	3.5	3.5
	서류 식량자급률(%)	110.8	109.2	109.4	105.8
	감자 식량자급률(%)	93.1	89.6	88.5	83.8
기타	1인당 소비량(kg)	3.5	4.0	3.8	3.7
양곡	식량자급률(%)	18.9	12.8	10.9	11.1
합계	1인당 소비량(kg)	110.7	95.0	120.1	133.5
	평균자급률(%)	87.4	81.8	65.8	61.0

◇ 배추의 지역별 재배양식을 보면 이랑규격(cm)과 식부규격(cm)이 전국적으로 60~90cm로 크게는 30cm나 차이가 나는 것을 알 수 있음. 전국적인 재배양식에 맞추어 이랑, 식부 규격을 고려한 수확기의 개발이 필수적임

표 4. 배추의 지역별 재배양식

지역	이랑 규격(cm)			식부규격(cm)			비닐피복 여부	비 고
	두둑형상	두둑폭	두둑높이	고랑폭	식부줄수	조간		
해남	평	90	20	20	2	50	50	피복 (해남 조사지역)
서산	평	50-60	30	30	1	80-90	37	피복
고창	평	60-65	10-15	20	2	25	25	피복(유공) 지그재그
강릉1	둥근	62	20	62	1	62	38	
강릉2	둥근	63	25	63	1		38-40	
정선	둥근	60	20	40	1	60	35-40	

◇ 배추의 주산지는 생산시기에 따라 다르게 나타남

- ✓ 봄재배: 남부지방의 나주, 경남 하동, 산청, 김해 등과 중부지방의 평택, 김포, 예산, 서산, 홍성 등 전국적으로 분포됨
- ✓ 여름재배: 강원도 태백, 정선, 평창, 전북 장수, 경북의 일부 지역
- ✓ 가을배추: 충주, 아산, 서산, 당진, 나주, 영암 등
- ✓ 겨울배추: 전남 해안지역

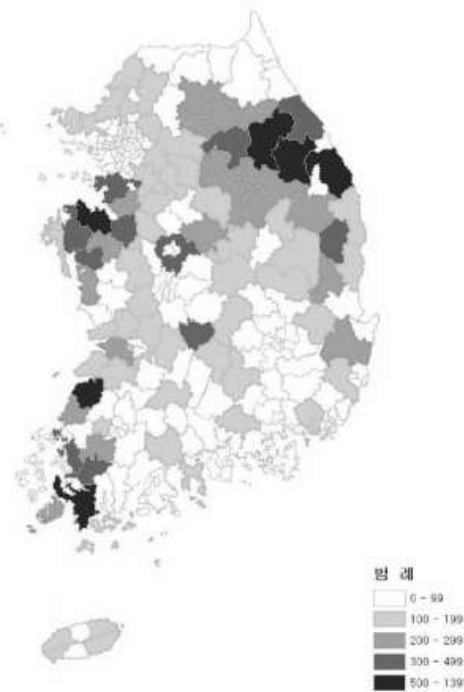


그림 1. 배추의 주요 생산 분포도(원예특작과학원, 2007)

◇ 배추의 수확기에 관련된 제작 회사가 없으며, 개발의사를 가진 제작회사도 1개인 것으로 보고되고 있어, 필요성에 비해 현저히 적은 인프라를 가지고 있어 배추수확기의 제작 및 관련 작업의 사업 인프라의 확대가 필요함. 또한, 잠재적인 배추수확기 수요는 2,800대에 이르는 것으로 추정됨

표 5. 작물별, 작업별 농기계 제작사수(농림축산식품부, '14)

작물	작업단계																	계			
	중 자 분 리	경 운	파 종	멀 칭	이 식	관 수	제 초	시 비	방 제	비 닐 제 거	줄 기 제 거	수 확	탈 곡	수 집	운 반	줄 기 절 단	세 척 정 선		건 조	선 별	포 장
고추	-	20	3	4	2	2	9	4	9	3	-	0	-	-	9	-	7	9	-	-	81
마늘	4	19	5	5	-	1	6	4	8	3	-	8	-	0	10	5	-	-	5	1	84
양파	-	19	9	6	2	2	8	2	8	2	-	2	-	9	10	2	-	-	5	3	89
무	-	15	8	7	-	2	2	8	4	2	-	4	-	-	9	1	2	-	-	2	66
배추	-	17	6	5	5	2	7	3	11	2	-	0	-	-	10	-	-	-	-	1	69
콩	-	16	9	3	2	2	12	4	10	-	-	5	9	-	-	-	5	4	4	1	86
감자	1	14	8	5	-	2	11	4	10	2	5	7	-	1	9	-	-	-	6	3	88
고구마	-	10	-	4	3	2	11	4	11	2	5	8	-	0	9	-	4	-	2	2	77
잡곡	-	15	6	3	-	1	8	4	8	-	-	3	3	-	-	1	-	2	1	1	56

표 6. 작물별, 작업별 농기계 개발의사를 가진 제작사수(농림축산식품부, '14)

작물	작업 단계																	계			
	중 자 분 리	경 운	파 종	멀 칭	이 식	관 수	제 초	시 비	방 제	비 닐 제 거	줄 기 제 거	수 확	탈 곡	수 집	운 반	줄 기 절 단	세 척 정 선		건 조	선 별	포 장
고추	-	0	1	1	1	0	3	0	1	0	-	2	-	-	2	-	0	3	-	-	14
마늘	13	0	4	3	-	0	1	1	3	5	-	4	-	3	3	3	-	-	2	1	46
양파	-	1	9	3	4	-	2	2	2	6	-	4	-	5	8	1	-	-	1	-	48
무	-	0	8	7	-	2	1	2	2	4	-	2	-	-	1	0	0	-	-	0	29
배추	-	0	4	3	1	0	1	2	1	5	-	1	-	-	0	-	-	-	-	0	18
콩	-	6	4	2	0	0	2	3	2	-	-	4	0	-	-	-	0	0	1	1	25
감자	12	1	4	1	-	0	0	3	2	4	2	3	-	3	2	-	-	-	2	0	39
고구마	-	12	-	0	2	0	2	1	1	5	4	4	-	3	1	-	0	-	0	0	35
잡곡	-	0	0	1	-	0	1	2	1	-	-	1	1	-	-	0	-	1	0	0	8

표 7. 배추 재배용 농기계의 수요 추정

작물	작업	개발 여부	농기계	부담 면적 (ha/yr)	기계화 가능면적 (ha)	잠재 수요 (대)	보급비율별 대수		
							25%	50%	75%
배추	시비	○	퇴비살포기(트)	7	14,477	2,068	517	1,034	1,551
			비료살포기(트)	14	14,477	1,034	259	517	776
	이식	×	채소이식기	3.3	8,252	2,501	625	1,250	1,875
			배추이식기2조	4.4	6,225	1,415	354	707	1,061
	제초	○	중경제초(관)	2.5	8,252	3,301	825	1,650	2,476
			중경제초(승관)	5.0	6,225	1,245	311	623	934
	수확	×	배추콤바인1조	4.8	8,252	1,719	430	860	1,289
			배추콤바인2조	5.8	6,225	1,073	268	537	805

주) ○: 판매됨. △: 일부에 한정하여 판매됨, × 개발되지 않음

표 8. 배추 재배용 농기계

작업공정	농기계	특 징
두둑성형 비닐피복		<ul style="list-style-type: none"> - 고추, 배추, 참깨 등 발작물용 - 둥근두둑, 평두둑 성형 및 비닐피복 - 성능: 1.2 h/10a
방 제		<ul style="list-style-type: none"> - 승용관리기 부착형 - 최대살포폭: 12~16m - 소량의 농약 정밀살포 가능 - 성능: 5~10 ha/d
중경제초 (승용관리기용)		<ul style="list-style-type: none"> - 승용관리기 부착형, 3조 - 작업깊이: 5~15cm - 제초폭 조절범위: 180cm - 성능: 0.5 h/10a
중경제초 (보행관리기용)		<ul style="list-style-type: none"> - 보행 소형관리기 부착형 - 제초방식 : 로타리식 - 제초폭 : 25~35cm
수확		<ul style="list-style-type: none"> - 수작업으로 진행

◇ 우리나라 농업인구 감소와 고령화가 심화되고 있어 농업 기계화가 시급함. 총인구 대비 농업인구 비율이 5.7%, 이 중 60세 이상이 48%(13년 기준)로 10년 후 농업은 기계 없이는 지탱하기 어려운 실정임. 이에 따라 농작업성 질환이나 사고의 심각성이 증가되고 있어 농가의 작업효율성을 증진시키고 불필요한 부상위험을 줄이는 고령 및 여성 농업인을 고려한 안전장치 개발이 중요함

◇ 농기계 공동이용 활성화 정책에 맞는 농업기계 개발이 시급함

◇ 농기계 임대사업소는 '15년까지 379개소가 설치되었고, '17년까지 468개소, '25년까지 820개소로 대폭 확대할 계획이며, 소규모 농가에 적합한 저가·소형 농업기계 개발이 시급함

❖ 전국 50 ha이상 들녘경영체('20년까지 500개소 육성), 발작물 주산지 중심의 공동 경영체('25년까지 500개소 육성) 대상으로 농작업 기계 공동활용이 요구됨

❖ 여성, 고령자 등 사용자 친화형 농기계 확대보급이 요구됨

1-3. 연구개발 범위

◇ **개발내용】** 자주식 소형 배추수확기

- ✓ 작업성능: 10a당 3시간, 인력대비 수확 손상률 5% 이내
- ✓ 1조식이며 15kW급으로, 수확 전 예비작업을 최소화 시킬 수 있도록 구성
- ✓ 배추를 수확하고 이송된 배추는 작업자에 의해 적재하는 구조
- ✓ 적재함에 배추가 가득차면 적재함을 운반차 혹은 트럭에 이송
- ✓ 운전자 포함 총 2~3명의 인력으로 수확

◇ **개발목표】** 목표 제원은 다음과 같음

구 분		목 표 제 원
엔진	형식	공랭 2기통 가솔린
	출력	15kW급
주행부	주변속	HST(유압무단변속)
	부변속	2단(주행, 작업)
	바퀴	무한궤도
뿌리절단 장치	구동방식	유압모터구동
	칼날 형식	툽니형 원판날
	칼날 직경	305mm
	예취날 전후각도 조절	0~14°
	예취날 좌우각도 조절	0~12°
	지면 요철대응	지면 추종륜에 의한 높이조절(전동유압실린더)
협지이송 장치	구동방식	차속비례형 PTO
	클러치 방식	전자 클러치
	이송장치 형식	표면이 연질층으로 구성된 컨베이어벨트
	이송장치의 간격	250~300mm
수집 횡이송장치	구동방식	협지이송장치와 연계 구동
	이송장치 형식	컨베이어 벨트
수집/배출 장치	형식	접철식 메시팔레트
	적용 팔레트	1050×880×930mm
	하역방식	유압구동으로 미끄럼 반출
탑승자	운전자	1명
	보조 작업자	1~2명
안전장치	시동안전장치	운전자 탑승/주행장치 중립/예취날 정지/협지이송장치 정지상태에서 시동
	도로(농로) 주행 시	자동(절단장치 정지/횡이송장치 정지/협지이송장치 상승)
	후진 시	자동(절단장치 정지/횡이송장치 정지/협지이송장치 상승/경보음 발생)
	협지이송장치 상승 시	자동(절단장치 정지/횡이송장치 정지)
	긴급정지 보턴작동 시	엔진정지
적용 조건거리	60cm 이상(조정가능)	

2. 연구수행 내용 및 결과

□ 연구과제명: “자주식 소형 배추수확기 개발 및 산업화”

□ 과제구성

○ 주관기관】 “배추수확기 주요부 및 통합시작품 설계, 제작, 산업화”

◇ 1년차: 주요부 설계 및 제작

- 배추 주산단지, 재배양식 조사 및 분석을 통한 설계요인 도출
- 주요 작업부 설계 및 제작: 굴취, 이송, 배출, 수집부

◇ 2년차: 통합시스템 제작 및 성능평가

- 주행부 설계 및 제작
- 통합시스템 제작 및 작동성, 내구성, 내환경성에 대한 기초 성능평가

◇ 3년차: 현장 실증시험 및 보완

- 주산지 현장 실증시험: 작업능률, 손상률
- 문제점도출 및 수정 보완
- 경제성 평가

○ 1협동기관】 “주요 작업부 및 통합시스템 구조해석 및 최적설계”

◇ 1년차: 주요 작업부 구조해석

- 주요 작업부 구조해석: 굴취, 이송, 배출, 수집부
- 제작된 주요 작업부에 대한 평가: 작동상태, 진동

◇ 2년차: 동력전달부 이론분석 및 최적설계

- 동력 전달 시스템 이론분석 및 최적 설계
- 제작된 동력 전달 시스템에 대한 평가: 작동상태, 진동

◇ 3년차: 통합시스템 구조해석 및 보완점 제시

- 통합시스템에 대한 구조해석 평가 및 보완점 제시
- 통합시스템에 대한 주행안전성 평가: 경사지 적응성 포함

○ 2협동기관】 “작업부 제어 및 농작업자 편이·안전성 향상 기술개발”

◇ 1년차: 유압제어장치, 안전장치 최적설계

- 각 작업부 유압제어장치 시뮬레이션을 통한 최적설계
- 농작업 안전사고 방지를 위한 안전장치 설계 및 기초 성능평가

◇ 2년차: 운전시스템 최적설계, 유압시스템 평가

- 여성·고령 작업자가 편리하게 운전할 수 있는 운전시스템 최적설계
- 제작된 각 작업부 유압시스템에 대한 평가 및 보완설계

◇ 3년차: 유압시스템 종합 성능시험, 안전장치 및 운전시스템 편이성 평가

- 각 작업부 유압시스템에 대한 종합 성능시험
- 안전장치 및 운전시스템에 대한 편이성 및 안정성 평가

1차년도/주관연구기관) 주요부 설계 및 제작 CH1) 배추 주산단지, 재배양식 조사 및 분석을 통한 설계요인 도출



◇ 배추 주산단지, 재배양식 조사

✓ 우리나라 배추의 생산현황

- ❖ 배추는 충청북, 전남북, 강원 지역이 주요 재배지역이며, 고랭지재배 등 경사지 재배가 많아 생산기계화에 어려움이 많을 것으로 예상됨
- ❖ 노동력의 양적 질적 감소로 인하여 재배면적과 생산량은 '00년대에 들어와 감소하고 있으나 1인당 소비량은 증가하고 있어 배추의 총 생산량/소비량 비율은 지속적으로 감소하는 추세로 최근 들어 자급률이 크게 떨어지는 경향이므로 안정적 수급을 위한 대책이 필요함

표 9. 배추 재배면적, 생산량, 생산액 추이(농림축산식품부, 2013)

구 분	연 도			
	'00	'05	'10	'12
재배면적(천ha)	51.8	37.2	28.3	25.6
생산량(천t)	3,149	2,325	1,783	1,816
생산액(억원)		('08)6,287	7.392	9,798

◇ 배추 재배기술 현황

- ✓ 배추는 4계절 내내 생산이 가능한 작물로서 작형이 다양함
- ✓ 봄재배: 봄에 재배하여 생산되는 봄배추는 하우스/터널/노지 재배로 구분됨
- ✓ 여름재배: 고랭지에서 재배되어 고랭지 배추라고도 불림

- ✓ 가을재배: 8월 중순에 파종하여 김장철에 출하되는 김장용 배추
- ✓ 겨울배추: 9월 중순에 파종하여 12월부터 이듬해 2월까지 수확하는 배추
- ✓ 배추는 이식하는 것이 일반적
- ✓ 이식할 모의 크기는 하우스, 터널 등 시설재배는 본엽이 6~7매, 봄재배, 고령지재배는 5~6매, 가을재배는 본엽이 3~4매 정도가 적당
- ✓ 배추의 재식거리는 조생종 60x35cm, 중생종 60x45cm, 만생종은 65x45cm 정도

표 10. 배추의 관행 재배 양식

두둑	줄 수	이랑폭(cm)	두둑높이(cm)	조간x주간(cm)
둥근두둑	1줄 재배	60~80	15~20	60~80x37~40
	2줄 재배	100~120	12~15	42~60x40
평 두둑	2줄 재배	90~120	20	36~3x32~40

표 11. 배추의 기계화 재배 양식

형식	두둑형상	이랑간격(cm)	조간(cm)	주간(cm)	재식본수(ea/10a)
1줄 재배	둥근	60	-	30~40	4,167~5,556
2줄 재배	평	120	50~60	30~40	4,167~5,556

◇ 선진 기술 조사

- ✓ 대상 모델: 일본 안마 HC1400
- ✓ 조사 방법: 일본 현지 출장('16.9.2~9.6), 양배추 수확 장면 관찰
- ✓ 양배추수확기 사양

표 12. HC1400 사양(1조식)

형식명	HC1400
D*W*H(mm)	5510*2160*2750
중량/최대적재량(kg)	2590/800
엔진(kw)(PS)	29.3(39.8)
크롤러(폭x접지장)(mm)	500x1726
크롤러 중심거리(mm)	1075
평균접지압(kgf/cm ²)	14.7
작업능률(h/10a)	2.0~4.0
주행속도	저속: 0~0.78/표준: 0~1.44/주행: 0~2.7
적응조간(mm)	600이상
적재함	메쉬파레트(2개)
하역방법	포크리프트(트랙터 부착식)

◇ 조사 내용(일본 생연센터)

- ✓ 양배추 자세를 제어하기 위한 롤러 장착: 뽑아 올린 양배추를 일정한 자세로 교정하는 역할을 함



그림 2. 롤러 장착 후 수확 모습

- ✓ 굴취날을 굴취부 선단 좌우에 장착하여 좌우로 누운 양배추를 중앙으로 세우면서 뿌리를 잡고 양배추를 뽑아 올리는 역할을 함



그림 3. 굴취부(좌), 굴취날(우)

- ✓ 협지벨트는 양배추의 반송자세에 맞춰서 속도를 바꿀 수 있기 때문에 뿌리의 절단 각도를 조절할 수 있게 함



그림 4. 협지벨트를 통한 절단각도 조절

- ✓ 하부 반송벨트는 보조작업자의 작업에 맞춰서, 차속과는 독립적으로 속도 조절을 할 수 있음



그림 5. 하부 반송벨트(좌), 롤러(우)

- ✓ 뿌리를 절단하는 칼날은 반송부中间的의 뿌리가 지나가는 위치에 설치되어 있고, 고정식 칼날이면서 반송되는 과정에서 뿌리가 절단됨. 이 칼날은 전동실린더와 링크 구조를 통하여 연결되어 있고, 상하 높이 조절(뿌리 절단 위치)을 할 수 있음



그림 6. 뿌리 절단칼날(좌), 전동실린더 및 링크 구조(우)

- ✓ 배출부는 평행 컨베이어 벨트로 되어 있고, 보조작업자 2명이 평행이송 중에 있는 배추의 2차 손질(수작업) 후 메쉬 파레트에 적재



그림 7. 보조작업자(좌), 메쉬파레트 적재(우)

- ✓ 양배추 적재함은 메쉬파레트를 양배추수확기 후반부 오른쪽에 2개를 탑재하고, 보조작업자가 2차 손질한 배추를 수작업으로 적재함



그림 8. 적재된 양배추

- ✓ 파레트 2개에 양배추가 가득 차게 되면, 포크리프트가 장착된 트랙터가 빈 파레트 2개를 가지고 배추수확기가 있는 곳까지 와서 만충된 파레트 2개와 교환



그림 9. 만충된 파레트(좌), 빈 파레트(우)

- ✓ 하역된 양배추 파레트는 대기하고 있는 운반트럭까지 트랙터가 이송하여 상차하게 되고, 트럭은 출하장으로 이동함



그림 10. 운반중인 양배추

✓ 양배추 수확을 하고 있는 양배추수확기의 전체 모습은 아래 사진과 같음



그림 11. 양배추 수확 모습

◇ 설계 요인 도출

✓ 배추 수확 예취 부착기를 부착하여 “유인 휠에서 인발하여 협지벨트로 전달될 때 발생하는 배추의 전도 문제를 해결” 할 수 있음

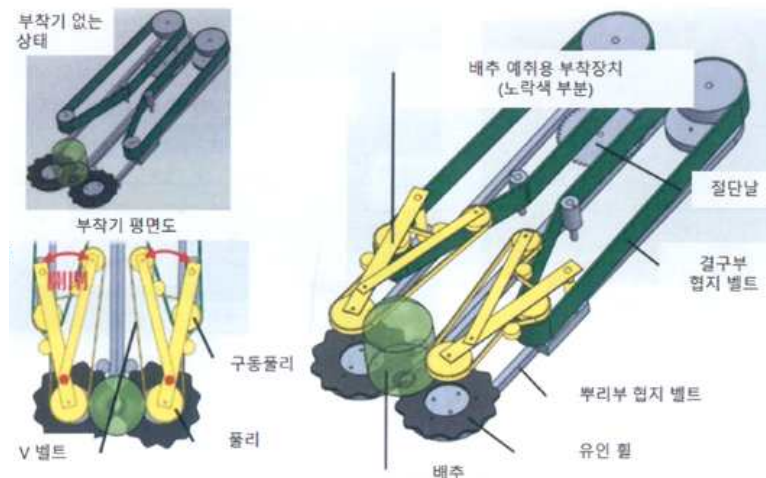


그림 12. 배추 예취 부착기 개념도

✓ 배추수확기의 성능시험 결과 미반송율이 91%에서 1%로 감소하였음을 알 수 있음

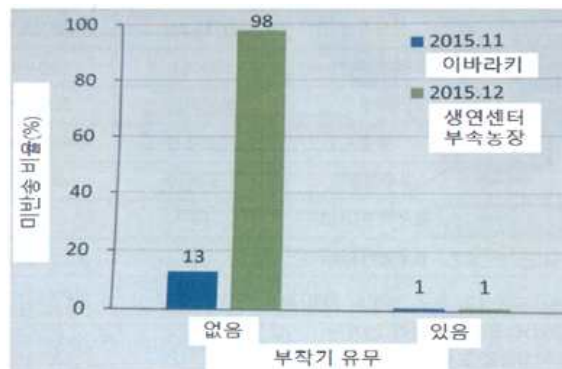
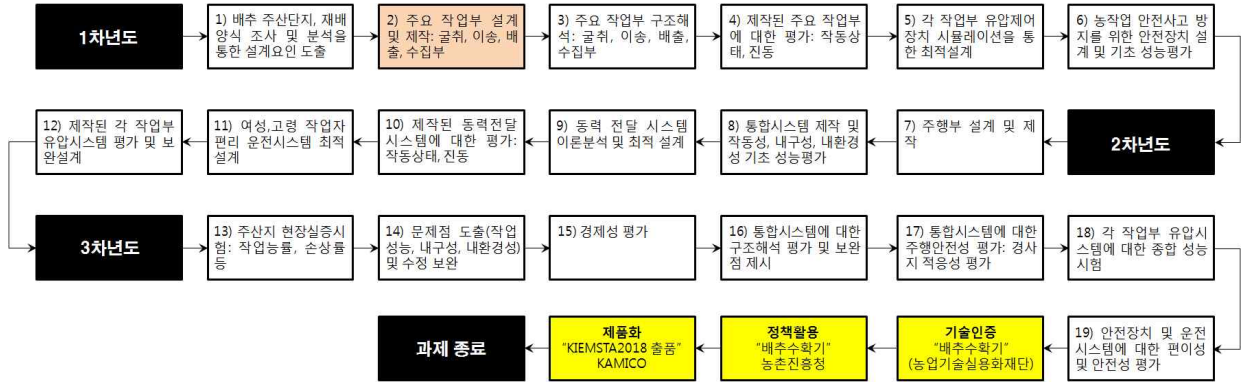


그림 13. 배추 예취 부착기 개념도

1차년도/주관연구기관) 주요부 설계 및 제작
CH2) 주요 작업부 설계 및 제작:
굴취, 이송, 배출, 수집부



◇ 주요부 설계 사양

✓ **주행부**

- ❖ HST 부착식 미션 장착
- ❖ 차대의 크기는 1톤 트럭에 상차가 가능한 크기
- ❖ 궤도는 고무 무환궤도식(콤바인용과 동일방식)
- ❖ 적재용 파렛트 탑재부는 일반 메쉬파렛트 1개 넓이
- ❖ 파렛트 하부는 파렛트 낙하 방지를 위해 가장자리를 50mm 높게 조정(유압식)
- ❖ 보조작업자의 안전을 위한 안전가이드 설치
- ❖ 보조작업자의 작업 편의를 위한 선바이저 설치

✓ **운전조작부**

- ❖ 주변속레버: 차속 무단 제어, 굴취높이 조절
- ❖ 부변속레버: 저속, 표준, 주행 속도 선택
- ❖ 모노레버: 좌우 조향, 굴취/반송부 승하강, 좌우 조향 미세 조정
- ❖ 뿌리 절단 높이 조절 레버
- ❖ 뿌리 절단 경사 조절 컨트롤러
- ❖ 굴취반송부 속도조절 컨트롤러
- ❖ 조속레버(엔진 회전속도 조절)
- ❖ 콤비스위치: 혼, 방향지시, 작업등 점등
- ❖ 보조작업자가 반송부 이송속도 조절이 가능한 스위치 별도 설치

✓ **굴취부**

- ❖ 재질: 엔지니어링 프라스틱
- ❖ 형상: 8각 별 모양
- ❖ 동력원: 하단 벨트 구동부와 체인으로 연결

✓ **이송부**

- ❖ 협지벨트는 폭 100mm
- ❖ 협지벨트 배추 파지부는 부드러운 돌기 부착
- ❖ 협지벨트 안쪽은 처짐을 방지하기 위해 구동 및 텐션롤러 홈에 안착 구조
- ❖ 협지벨트의 텐션암 수는 7개(좌우 각각 7개로, 서로 대칭)
- ❖ 하단벨트는 돌기형 고무벨트
- ❖ 하단벨트 좌우에 각각 1개씩 장착
- ❖ 하단벨트 좌우 벨트가 서로 맞물려서 구동됨
- ❖ 하단벨트 동력원은 유압모터
- ❖ 좌우 동력 전달은 스피기어를 이용하여 서로 반대방향으로 돌게 함

✓ **절단부**

- ❖ 칼날의 각도 120°
- ❖ 반송부 하단에 고정
- ❖ 칼날의 높이를 임의로 조절할 수 있도록 상하 이동식 구조
- ❖ 상하 이동 동력은 전동실린더
- ❖ 링크 구조가 전동실린더의 직선운동을 칼날 상하 운동으로 연결함
- ❖ 흙에 의한 내구성 확보를 위해 탄소강(내마모성)을 사용하고 열처리 함

✓ **배출부**

- ❖ 수평식 벨트 컨베이어
- ❖ 동력은 유압모터

✓ **부위별 설계 개념도**

- ❖ 굴취부
- ❖ 이송부
- ❖ 뿌리 절단부
- ❖ 주행부
- ❖ 운전 조작부
- ❖ 배출부

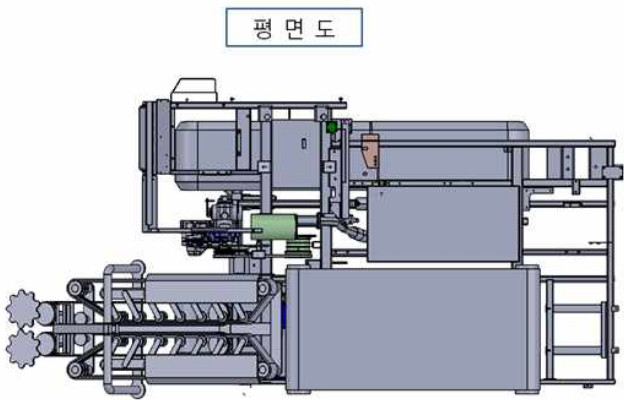
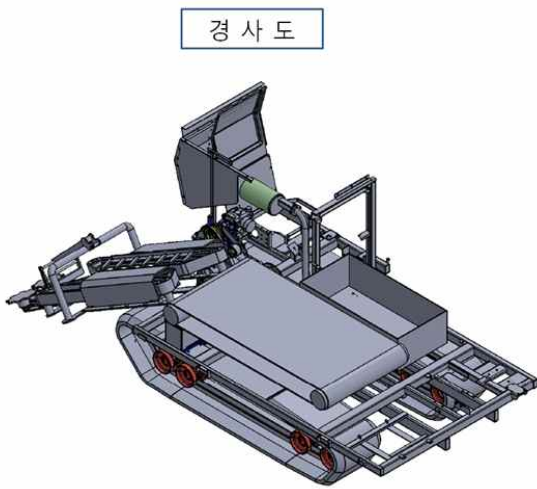
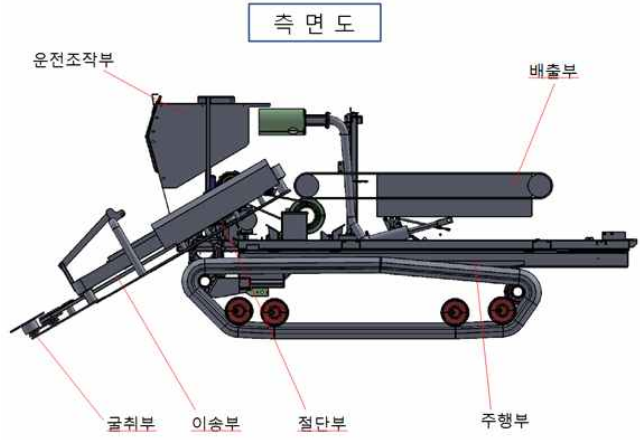
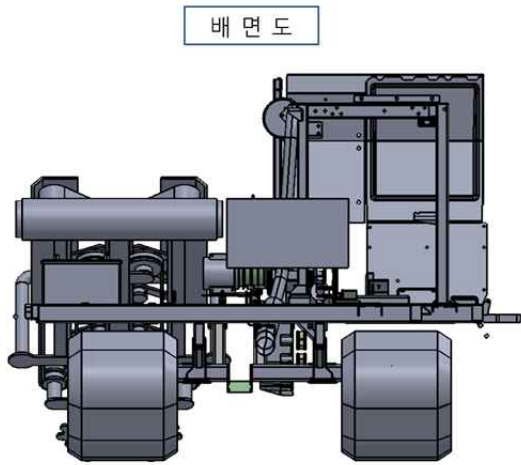
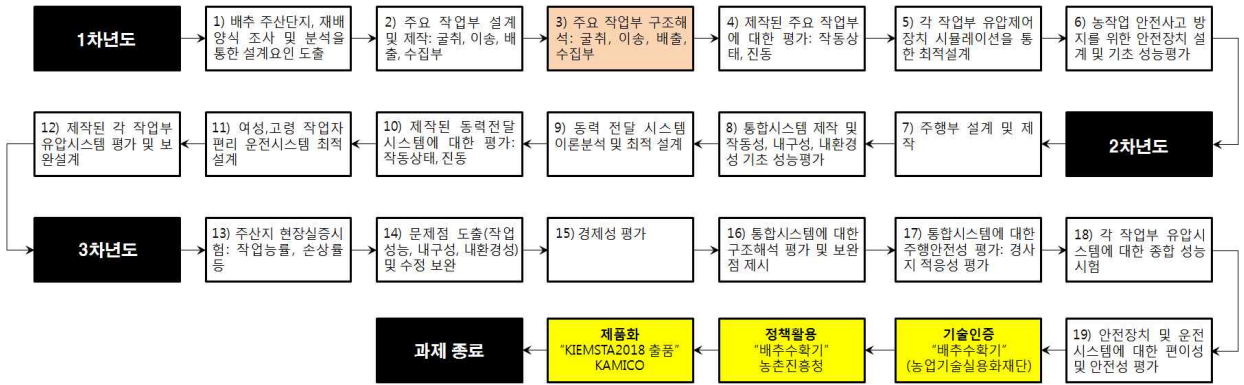


그림 14. 배추수확기 측면도, 배면도, 평면도, 경사도

1차년도/1협동연구기관) 주요 작업부 구조해석 CH3) 주요 작업부 구조해석: 굴취, 이송, 배출, 수집부



◇ 자주식 소형 배추수확기 구조해석

✓ 형식 및 사양 : 자주식 소형 발농업기계

✓ 구조해석

- ❖ 정 의 : 기계요소나 기계요소들을 조합한 기계 등의 구조물이 외력을 받았을 때, 구조물의 강성, 응력분포, 변형량이 어떻게 되는가에 관해서 수치계산을 하여 그 근사값을 알아내는 과정
- ❖ 목 적 : 구조물의 사용 기간 중에 작용할 수 있는 모든 하중에 대한 구조물의 응답을 정확히 계산하여 경제적이고 안전한 구조물을 설계할 수 있도록 함

✓ 구조해석이 필요한 배추수확기 주요 부분 (제작된 배추수확기 각 부 3D 모델링)

- ❖ 굴취부
- ❖ 이송부, 이송벨트 및 롤러
- ❖ 수집·적재부

◇ 시뮬레이션 및 구조해석 프로그램을 사용한 구조해석

✓ CATIA V5 Analysis & Simulation을 이용한 구조해석은 MSC/NASTRAN과 ANSYS와 같은 해석 소프트웨어보다 사용이 간편하고 해석 시간이 단축되며, CATIA상에서의 형상을 쉽게 변경할 수 있는 장점이 있으며, Von Mises 등가 응력 식에 따른 각 부품에 대한 안전 여유, 복합응력 및 허용응력의 값을 획득할 수 있기에 이번 배추수확기 구조해석 프로그램으로 선택함

표 13. 구조해석 프로그램 기능 조사

Program	Funtion	비 고
CATIA V5 Analysis	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 각 부에 대한 Linear stress 해석, hybrid assemblies(solid, surface, and wireframe) ❖ Transient and harmonic 유동해석 ❖ 접촉, 좌굴, 가공열처리, Modal 해석 	열, 비선형, 열응력 해석
MARC	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 정/동적 영역의 응력에 대한 선형 및 비선형(대변형, 경계 조건, 재료성질)해석과 열전달 해석 	자동차, 항공우주
DYNAK 3D	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 접촉, 마찰 등 여러 현상 및 재료 모델을 포함하는 비탄성 구조의 대변형 동적응답 해석 	건축
SAP	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 선형 3차원계(트러스/빔/판/셸/파이프)의 대한 정적, 동적 응답해석 	건축
SURFES	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 정상 열전도 해석, 탄성 응력해석, 파괴역학 해석 ❖ 접촉문제 해석, 비축대칭 하중해석, 무한 영역해석 	자동차
ANSYS	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Linear, Nonlinear-static, dynamics, buckling, heat-transfer 해석 가능, Pre-Processing, Solution, Post-Processing, Design-Optimization 	건축
RM	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 토목, 건축설비 및 시설 구조(3차원 구조해석) ❖ Static, Dynamic 해석 가능 ❖ Pre-stressed Concrete 	토목, 건축
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 열전달/열응력해석(Steady-State Heat Transfer/Stress Analysis) <ul style="list-style-type: none"> - 선형/비선형(Linear/Nonlinear) ❖ 과도열전달/열응력해석(Transient Heat Transfer/Stress Analysis) <ul style="list-style-type: none"> - 선형/비선형(Linear/Nonlinear) - 온도 의존성 재료/경계조건(Temperature-dependent Material / BC 's) ❖ 피로해석(Fatigue Analysis) <ul style="list-style-type: none"> - 변형율법 ($\epsilon - N$) 	
Midas	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 비선형정적해석(Nonlinear Static Analysis) <ul style="list-style-type: none"> - 재료비선형(Nonlinear Material Analysis) - 탄소성, 비압축성/압축성 고무 - 기하비선형(Nonlinear Geometry Analysis) ❖ 비선형 <ul style="list-style-type: none"> - 대변위, 대회전 - 접촉비선형(Nonlinear Contact Analysis) - 일반접촉, 마찰 ❖ 피로해석(Fatigue Analysis) <ul style="list-style-type: none"> - 변형율법 ($\epsilon - N$) 	구조 · 열 · 유동 해석
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 과도응답해석(Transient Response Analysis) ❖ 선형 동해석 <ul style="list-style-type: none"> - 응답스펙트럼해석(Response Spectrum Analysis) - 주파수응답해석(Frequency Response Analysis) - 랜덤해석(Random Analysis) 	

◇ 4절점 사면체 유한요소법

- ✓ 유한요소법은 기계설계나 구조 해석 등의 공학적 문제 해석에 일반적으로 널리 사용되고 있으며, 유한요소모델에 사용되는 기본 요소들은 대략 두가지로 분류됨
 - ❖ 직접요소: 2차원 요소나 3차원 요소를 말하며 이들은 사용한 모델을 사용한 모델의 형상은 대상물체의 형상과 일치하게 됨
 - ❖ 간접요소로서 구조요소나 특수요소(스프링, 접촉, 질량, 점성요소)등을 말하며, 이들을 사용한 모델의 형상은 대상물체의 형상과 일치하지 않게 됨
 - ❖ 유한요소망의 자동적 구성이란 직접요소를 사용하는 경우가 대부분이며 간접요소 중 판요소를 사용하는 경우도 포함
- ✓ 4절점 사면체 요소는 고체역학 문제의 해석에 사용되는 3차원 요소 중 가장 간단한 한 요소
 - ❖ 4개의 절점을 가지며, 각 절점에서는 X, Y, Z 방향의 3개 병진 자유도를 가짐
 - ❖ 4절점 사면체 요소의 형상함수는 2차원 문제를 위한 삼각형 요소의 형상함수 구하는 방법과 유사하며 사면체 요소의 변위장은 다음 방정식 같음

$$\begin{aligned}
 u &= C_{11} + C_{12}X + C_{13}Y + C_{14}Z && \text{식(1)} \\
 v &= C_{21} + C_{22}X + C_{23}Y + C_{24}Z \\
 w &= C_{31} + C_{32}X + C_{33}Y + C_{34}Z
 \end{aligned}$$

- ❖ 절점 범위 u는 다음의 조건을 만족하여야 함

$$\begin{aligned}
 X = X_I, Y = Y_I, Z = Z_I \text{ 에서 } u = u_I &&& \text{식(2)} \\
 X = X_J, Y = Y_J, Z = Z_J \text{ 에서 } u = u_J \\
 X = X_K, Y = Y_K, Z = Z_K \text{ 에서 } u = u_K \\
 X = X_L, Y = Y_L, Z = Z_L \text{ 에서 } u = u_L
 \end{aligned}$$

- ❖ 이와 유사하게 절점 변위 v와 w도 다음의 조건을 만족하여야 함

$$\begin{aligned}
 X = X_I, Y = Y_I, Z = Z_I \text{ 에서 } u = u_I &&& \text{식(3)} \\
 \vdots &&& \vdots \\
 X = X_L, Y = Y_L, Z = Z_L \text{ 에서 } u = u_L
 \end{aligned}$$

- ❖ 따라서 형상 함수는 다음과 같이 주어짐

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 1/6 V(a_I + b_I X + c_I Y + d_I Z) && \text{식(4)} \\
 S_2 &= 1/6 V(a_J + b_J X + c_J Y + d_J Z) \\
 S_3 &= 1/6 V(a_K + b_K X + c_K Y + d_K Z) \\
 S_4 &= 1/6 V(a_L + b_L X + c_L Y + d_L Z)
 \end{aligned}$$

- ❖ 여기서 V는 사면체 요소의 체적이과 다음과 같이 계산됨

$$6V = \det \begin{vmatrix} 1 & X_I & Y_I & Z_I \\ 1 & X_J & Y_J & Z_J \\ 1 & X_K & Y_K & Z_K \\ 1 & X_L & Y_L & Z_L \end{vmatrix} \quad \text{식(5)}$$

- ❖ 물체의 한 점에서 일반적인 응력 상태를 결정하기 위해서 6개의 응력성분이 필요함. σ 는 수직응력이고, τ 는 전단응력 성분인데 응력 성분은 다음과 같음

$$[\sigma]^T = [\sigma_{xx} \ \sigma_{yy} \ \sigma_{zz} \ \tau_{xy} \ \tau_{yz} \ \tau_{zx}] \quad \text{식(6)}$$

- ❖ 물체가 하중을 받을 때, 그 물체 내의 한 점에서 발생하는 위치 변화의 척도인 변위벡터는 직교 좌표계로 다음과 같이 표현할 수 있음

$$\vec{\delta} = u(x,y,z)\vec{i} + v(x,y,z)\vec{j} + w(x,y,z)\vec{k} \quad \text{식(7)}$$

- ❖ 한 점에서의 변형률 상태는 다음과 같은 성분으로 결정됨. 여기서 ε 은 수직변형률이고, τ 는 전단 변형률 성분임

$$[\varepsilon]^T = [\varepsilon_{xx} \ \varepsilon_{yy} \ \varepsilon_{zz} \ \tau_{xy} \ \tau_{yz} \ \tau_{zx}] \quad \text{식(8)}$$

- ❖ 식은 다음과 같이 행렬 형태로 표현할 수 있음(L: 선형 미분 연산자)

$$\{\varepsilon\} = LU, \quad LU = \begin{pmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{pmatrix} \quad \text{식(9)}$$

- ❖ 4차원 사면체 요소의 하중벡터는 12x1 행렬임. 집중하중의 경우에는 하중이 가해진 절점에서 하중의 크기와 하중 방향을 고려하여 하중벡터를 구성할 수 있음. 분포하중의 경우에는 하중벡터를 다음의 방정식으로부터 얻을 수 있음

$$\{F\}^{(e)} = \int_A [S]^T \{\vec{p}\} dA \quad \text{식(10)}$$

◇ 최대 비틀림에너지 이론

- ✓ 금속과 같은 연성재료의 항복에 의한 파괴를 예측하는 이론으로서 최대 전단응력 이론과 더불어 가장 보편적으로 사용되고 있음
- ✓ 물체 내에서 등가응력이라 불리는 Von Mises Stress의 최대값이 물체의 항복응력에 도달하였을 때 파괴가 시작된다고 예측하는 이론임
- ✓ 이 이론은 물체 내부에 축적된 비틀림 에너지로 파괴를 예측하는 것이라는 관점에서 최대 전단응력 이론과 차이가 있음. 그리고 실용적인 측면에서 최대 전단응력 이론보다 파괴를 판단하는 응력값은 다소 높음

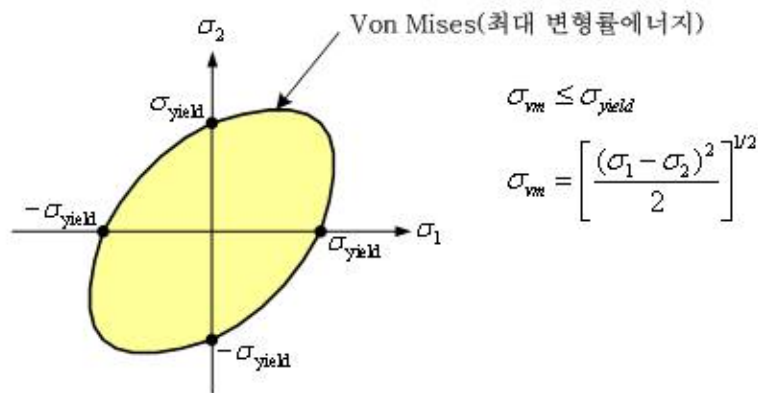
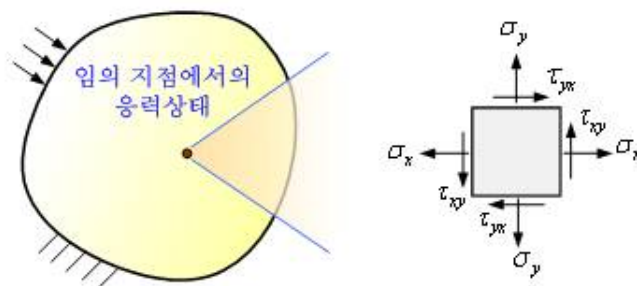


그림 15. Von Mises(최대 변형률에너지)

- ✓ Von Mises Stress란 Von Mises 항복조건에 사용되는 응력으로 하중을 받고 있는 물체 각 지점에서의 비틀림에너지를 나타내는 값으로서 가장 정확하게 물체의 파괴를 예측하는 기준임. 식은 아래와 같이 나타낼 수 있음



$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_x + \sigma_z \sigma_x + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

그림 16. Von Mises Stress(비틀림에너지)

◇ 자주식 소형 배추수확기 기구학적 해석

- ✓ 기구학적 해석: 기구학적 해석과 역 기구학적 해석으로 나눌 수 있으며 구동 조인트의 조인트 변위 상태가 주어지는 경우 말단 조작자의 위치를 결정하는 것을 순 기구학적 해석, 이와 반대로 말단 조작자의 위치가 주어지는 경우 구동 조인트의 조인트 상태를 스하는 것을 역 기구학적 해석이라 함
- ✓ 기구학적 해석이 필요한 배추수확기 이송부, 이송벨트 및 롤러 부분

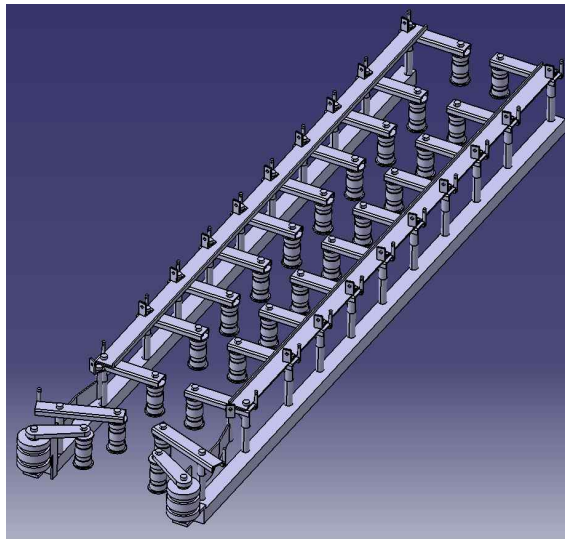


그림 17. 배추수확기 이송부의 3D 모델링

◇ 위치, 속도, 가속도 벡터

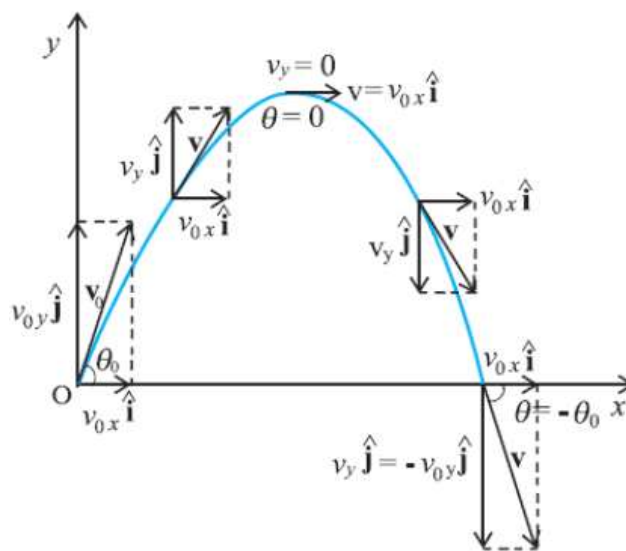


그림 18. 평면좌표에서의 위치, 속도, 가속도

- ✓ 작용하는 힘은 중력 이외에 없다고 가정하면 가속도 벡터는 다음과 같음. 이때 g 는 중력가속도

$$a(t)=[0,-g] \quad \text{식(11)}$$

- ✓ 이 가속도 벡터를 적분하고, $t=0$ 일 때 초기속도가 v_0 가 나와야 함을 고려하면 속도는 다음과 같음

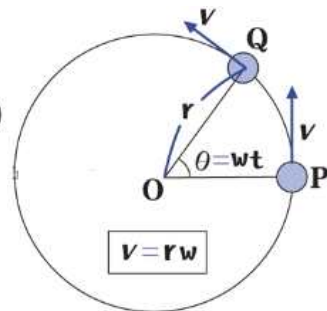
$$\begin{aligned} v(t) &= \int a(t)dt = [c1, -gt+c2] \\ v(0) &= [c1, c2] = [v_0 \cos\theta, v_0 \sin\theta] \\ v(t) &= [v_0 \cos\theta, v_0 \sin\theta - gt] \end{aligned} \quad \text{식(12)}$$

- ✓ 한 번 더 시간으로 적분하여 위치벡터를 구하고, $t=0$ 일 때 초기위치가 나오도록 하면 다음과 같이 위치벡터를 구할 수 있음

$$\begin{aligned} x(t) &= \int v(t) dt = [v_0 \cos\theta t + c3, v_0 \sin\theta t - \frac{1}{2}gt^2 + c4] \\ x(0) &= [c3, c4] = [x_0, y_0] \\ x(t) &= [x_0 + v_0 \cos\theta t, y_0 + v_0 \sin\theta t - \frac{1}{2}gt^2] \end{aligned} \quad \text{식(13)}$$

- ✓ 이것을 원운동에 대입하면, 각속도를 ω 로 두고, 반지름을 R 로 두면 위치, 속도, 가속도, 가속도의 크기, 힘 차례대로의 식이 다음과 같음

$$\begin{aligned} x(t) &= R[\cos\omega t, \sin\omega t] \\ V(t) &= R\omega[-\sin\omega t, \cos\omega t] \\ a(t) &= -R\omega^2[\cos\omega t, \sin\omega t] = -R\omega^2 x(t) \\ |a| &= R\omega^2 = \frac{|V|^2}{R} \\ |F| &= m|a| = \frac{m|V|^2}{R} \end{aligned} \quad \text{식(14)}$$



◇ 가속도의 접선벡터와 법선벡터

- ✓ 가속도는 접선벡터와 법선벡터의 합으로 나눌 수 있음. 법선가속도는 속도의 방향 변화를 나타내는 가속도이며, 접선가속도는 속도의 크기를 변화시키는 가속도임. 곡선의 길이 L 을 이용하여 구할 수 있음
- ✓ 곡선의 길이 공식에서 양변을 미분하고, 연쇄율을 이용하면 다음과 같은 식을 구할 수 있음

$$l = \int_a^b \sqrt{[f'(t)]^2 + [g'(t)]^2} dt = \int_a^b |r'(t)| dt$$

$$\frac{dl}{dt} = \left| \frac{dr(t)}{dt} \right|$$

$$\left| \frac{dr(l)}{dt} \right| = \left| \frac{dr(t)}{dt} \right| \frac{dt}{dl} = \frac{dl}{dt} \frac{dt}{dl} = 1 \quad \text{식(15)}$$

- ✓ 즉, $r'(l)$ 값은 단순히 접선벡터만을 의미하는 $r(t)$ 와 달리 단위접선벡터를 의미하는 벡터임. 이를 이용하여 속도와 가속도에 적용시키면 다음의 식을 구할 수 있음

$$V(t) = \frac{dr(t)}{dt} = \frac{dr(l)}{dl} \frac{dl}{dt} = r'(l) \frac{dl}{dt} = u(l) \frac{dl}{dt}$$

$$a(t) = \frac{dV(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left[u(l) \frac{dl}{dt} \right] = \frac{du(l)}{dt} \frac{dl}{dt} + u(l) \frac{d^2l}{dt^2}$$

$$= \frac{du(l)}{dt} |V|^2 + u(l) \frac{d|V|}{dt}$$

$$= a_N + a_T \quad \text{식(16)}$$

- ✓ 여기서 a_N 은 법선벡터이고, a_T 는 접선벡터임. $r'(l)$ 은 $u(l)$ 로 따로 정의함. $u(l)$ 은 접선벡터이므로 이것을 시간으로 미분한 것은 단위법선벡터를 의미함. 가속도벡터와 접선가속도벡터 사이의 각을 θ 라 두었을 경우 다음과 같이 구할 수 있음

$$|a_T| = |a| \cos\theta = \frac{|a| |V| \cos\theta}{|V|} = \frac{a \cdot V}{|V|}$$

$$a_T = |a_T| u(l) = \frac{a \cdot V}{|V|} u(l) = \frac{a \cdot V}{|V|} \frac{V}{|V|} = \frac{a \cdot V}{V \cdot V} V$$

$$a_N = a - a_T \quad \text{식(17)}$$

◇ 이송부 기구학적 해석

- ✓ 자주식 소형 배추수확기는 크게 이송부, 뿌리 절단부, 배출부 총 3개의 작업부와 동력전달부로 구성되어있음
- ✓ 굴취된 배추는 이송벨트에 의해 배출부로 이송되며, 이송되고 있는 배추가 벨트에서 이탈되지 않도록 인장스프링에 의해 이송벨트의 텐션을 유지함

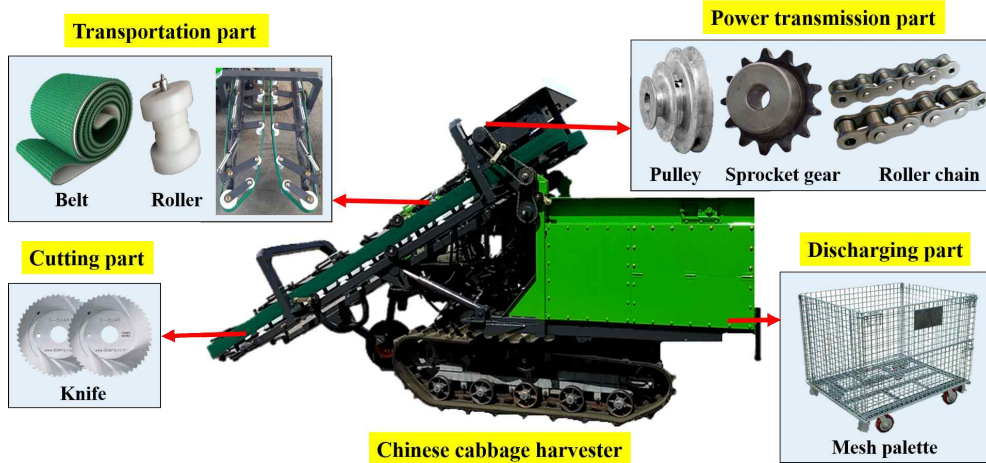


그림 19. 배추수확기 주요 작업부

표 14. 배추수확기 제원표

		Specification		
Dimensions	Length(mm)	4,200		
	Width(mm)	1,660		
	Height(mm)	2,320		
	Weight(kg)	1,300		
Engine	Type	Water-cooling three-cylinder diesel engine		
	Model	A1100T2-KTR_4		
	Displacement(cc)	1,175		
	Max power(kW(ps)/rpm)	20(30)/2,850		
	Engine oil capacity(L)	45		
	Combustion type	Electric starting		
Driving part	Crawler(mm)	275×1,100(Width×Grounding length)		
	Center distance(mm)	775		
	Driving speed (km/h)	Forward	Medium	1.5
			High	2.0
		Backward	Medium	1.5
High			2.0	

표 15. 스프링 제원

Wire diameter	Inside Diameter	Outside Diameter	Length of body	Spring constant
1.5mm	20mm	23mm	85mm	0.2N/mm

- ✓ 배추수확기의 동력은 엔진에서 분기되어 두개의 파트로 입력된다. 첫 번째 파트는 엔진 동력이 변속기(T/M)를 통해 유압 펌프로 입력되고 밸브를 통해 조향 및 승·하강 실린더를 제어함
- ✓ 두 번째 파트는 엔진 동력이 Power pack으로 입력되어 유량 제어밸브를 통과하여 유압 모터에 동력을 입력하고, 모터 출력을 이용하여 배추수확기 이송부를 작동시킴
- ✓ 이송부에 동력을 공급하는 주요 동력전달시스템은 엔진, 유압펌프, 유압모터임

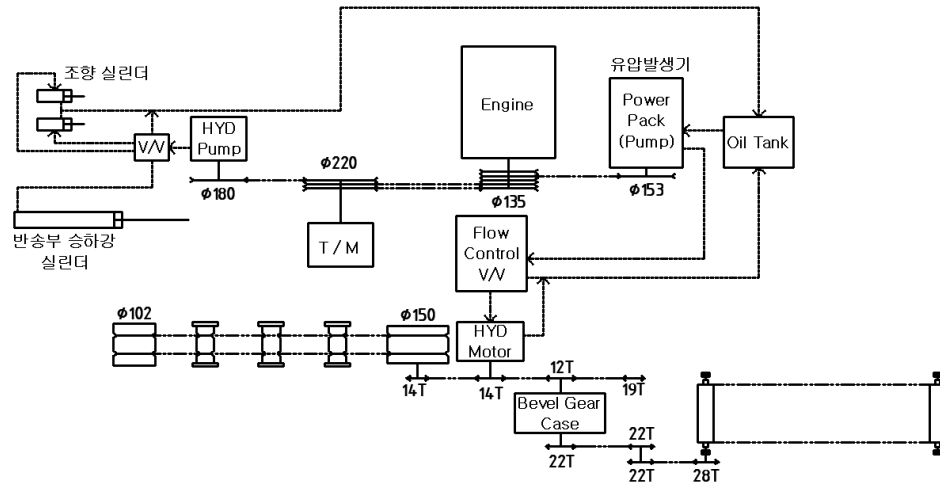


그림 20. 동력전달회로도

- ✓ 이송벨트의 속도는 작업속도에 비례하여 조정이 가능해야함. 배추 이송속도가 주행 속도보다 느리면 이송부에 배추가 적체되며, 너무 빠르면 배출부에 배추가 적체되며 떨어지는 충격이 커짐. 기계적인 움직임과 진동이 커져 배추의 손상 가능성이 증가함
- ❖ 주행속도와 배추 이송속도의 속도비를 1:1.5~1:2정도의 범위로 함으로서 배추가 작업부에 적체되는 것을 방지할 수 있음(홍종태 등, '00).
- ❖ 개발 배추수확기의 주행속도가 0.4m/s이므로 배추의 이송속도는 0.6m/s가 적절할 것으로 예상됨
- ❖ 원활한 배추이송을 위한 이송부의 주요부 링크의 치수 및 이송속도의 결정 필요함
- ❖ 따라서 본 연구에서 이송부 폭, 링크 길이, 배추 구폭, 배추 이송속도가 변화할 때, 각 링크의 각변위, 각속도, 각가속도를 해석하였음
- ❖ 이송부의 링크는 1자유도 회전운동으로 함

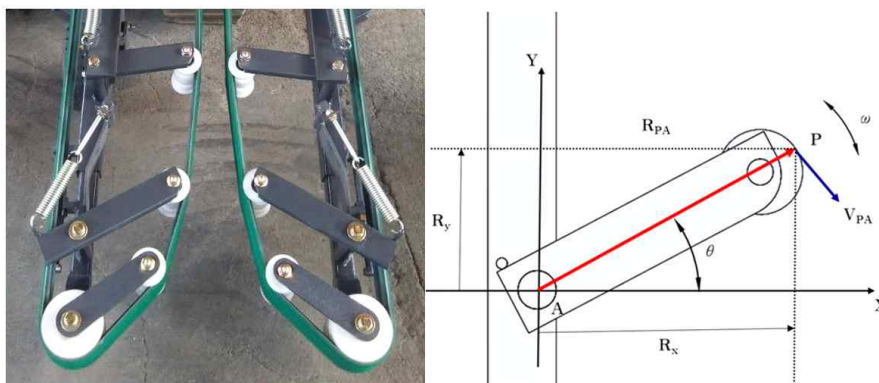


그림 21. 배추수확기 이송부 링크

- ✓ 우리나라 배추 재배양식을 고려하여 기구학적 해석의 변수인 이송부의 폭, 링크의 길이의 범위를 결정하였음
- ❖ 자주식 소형 배추수확기는 1조식이므로 식부 줄 수가 1조인 지역의 재배양식을 살펴보면 조간은 60~90cm이며, 주간은 35~40cm임

❖ 배추의 품종 별 구폭의 범위가 $20.25 \pm 1.04 \sim 24.38 \pm 1.19 \text{cm}$ 이므로 배추 구폭의 범위는 200~260mm까지 20mm간격으로 설정함(Lee at al., '13)

표 16. 배추의 지역별 재배양식

지역	이랑 규격(cm)				식부규격(cm)		
	두둑형상	두둑폭	두둑높이	고랑폭	식부줄수	조건	주간
해남	평	90	20	20	2	50	50
서산	평	50~60	30	30	1	80~90	37
고창	평	60~65	10~15	20	2	25	25
강릉 1	등근	62	20	62	1	62	38
강릉 2	등근	63	25	63	1		38~40
정선	등근	60	20	40	1	60	35~40

표 17. 배추품종별 생육특성

품종	구분				Midrib thickness (mm)
	중량(g)	높이(cm)	폭(cm)	Formation index	
노랑	3.58 ± 0.34^a	31.38 ± 2.00^a	23.00 ± 0.76^b	13.17 ± 0.91^a	8.26 ± 0.33^a
춘광	3.00 ± 0.35^b	28.19 ± 1.46^b	21.50 ± 1.31^{cd}	12.07 ± 1.12^{ab}	8.97 ± 0.17^a
K-power	2.82 ± 0.36^b	28.29 ± 1.60^b	20.25 ± 1.04^c	11.63 ± 1.41^b	8.06 ± 0.98^a
정상	3.77 ± 0.30^a	32.13 ± 1.9^a	24.38 ± 1.19^a	13.35 ± 0.94^a	8.01 ± 0.35^a
매엽	3.43 ± 0.48^a	30.38 ± 2.88^a	22.00 ± 1.77^{bc}	13.11 ± 1.84^a	8.67 ± 0.37^a

✓ 배추 구폭의 30%이상 압축변형이 일어나면 배추의 손상이 발생하기 시작함(홍종태 등, '00). 배추 구폭의 범위가 20~25cm이므로 벨트 폭은 6~7.5cm 보다 커야 함.

✓ 벨트 폭의 범위와 재배양식을 고려하여 이송부의 폭은 500~700mm까지 50mm 간격으로 하였고, 링크a 190~280mm, 링크b 240~330mm, 링크c 170~260mm까지 30mm의 간격으로 링크의 길이를 변화시켰음. 링크의 길이 별 총 4개의 링크조합으로 해석을 진행함

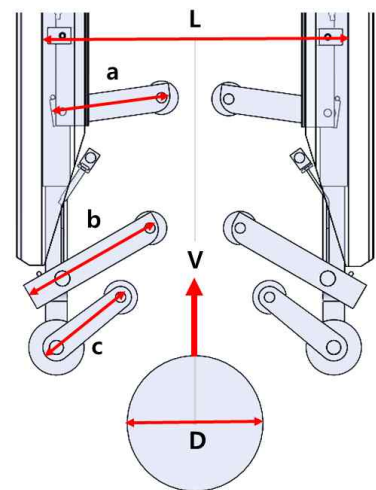


그림 22. 이송부 기구학적해석 모델링

표 18. 기구학적 해석 변수

링크조합	1	2	3	4
a 링크길이[mm]	190	220	250	280
b 링크길이[mm]	240	270	300	330
c 링크길이[mm]	170	200	230	260

매개변수	변수				
이송부 폭 L[mm]	500	550	600	650	700
배추 구폭 D[mm]	200	220	240	260	
배추 이송속도 V[m/s]	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

- ✓ 배추수확기 이송부의 링크길이, 이송부의 폭, 배추 구폭, 배추 이송속도를 변화하면서 이송부 링크의 각변위, 각속도, 각가속도를 분석하였음
- ❖ 링크길이에 따라 총 4개의 조합으로 나누어 기구학적 해석을 진행하였음
- ❖ 링크조합 1의 경우 이송부의 폭이 700mm일 때 배추 구폭 전체 범위에서 링크의 길이가 너무 짧아 배추를 이송하지 못하였으며, 링크조합 3의 경우 이송부의 폭이 550mm이하일 경우 링크사이의 간섭이 발생하였음

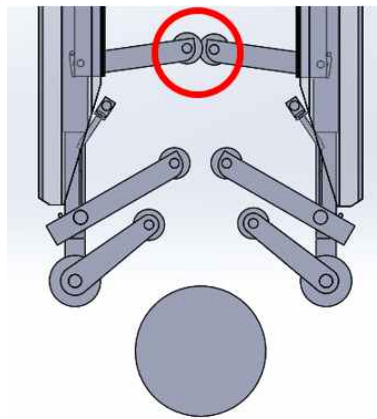


그림 23. 링크 조합3의 간섭

- ✓ 링크 c의 경우 이송부에서 배추와 가장 먼저 만나는 링크로 배추를 굴취하는 역할을 한다. 따라서 배추 구폭 전체 범위 200~260mm에서 링크 c의 각변위 변화가 없는 링크조합과 이송부 폭의 경우 적합하지 않은 조합으로 판단됨

표 19. 링크조합 1의 각변위[°]

이송부 폭[mm]	링크	배추 구폭[mm]			
		200	220	240	260
500	a	48.42	52.98	56.91	61.29
	b	26.87	31.58	35.22	39.32
	c	3.37	10.39	15.48	21.13
550	a	37.03	41.45	46.55	50.87
	b	15.26	20.07	25.18	29.29
	c	-	-	-	6.67
600	a	21.95	28.25	34.06	39.3
	b	-	7.46	12.94	17.98
	c	-	-	-	-
650	a	-	7.48	22.37	25
	b	-	-	-	4.45
	c	-	-	-	-

표 20. 링크조합 2의 각변위[°]

이송부 폭[mm]	링크	배추 구폭[mm]			
		200	220	240	260
500	a	54.58	58.16	61.59	64.8
	b	32.91	36.4	39.85	42.98
	c	14.31	18.84	23.1	26.89
550	a	43.58	47.31	51.01	54.83
	b	22.17	25.76	29.39	33.09
	c	-	4.39	10.24	14.24
600	a	35.25	39.37	43.8	47.3
	b	14.21	18	22.27	25.75
	c	-	-	-	4.27
650	a	23.06	27.77	32.88	37.25
	b	3.11	6.83	12.04	15.93
	c	-	-	-	-
700	a	-	11.36	18.58	25.38
	b	-	-	-	4.17
	c	-	-	-	-

표 21. 링크조합 3의 각변위[°]

이송부 폭[mm]	링크	배추 구폭[mm]			
		200	220	240	260
600	a	42.94	46.6	49.52	52.66
	b	21.18	24.84	27.83	31.03
	c	-	3.25	7.6	13.18
650	a	33.74	37.96	41.26	44.63
	b	12.39	16.44	19.99	23.02
	c	-	-	-	3.86
700	a	22.57	27.33	32.14	35.69
	b	2.44	6.29	10.74	14.27
	c	-	-	-	-

표 22. 링크조합 4의 각변위[°]

이송부 폭[mm]	링크	배추 구폭[mm]			
		200	220	240	260
650	a	41.36	44.12	47.15	49.85
	b	19.76	22.49	25.62	28.19
	c	4.16	5.2	9.22	12.56
700	a	32.86	36.64	39.55	42.93
	b	11.45	15.02	18.15	21.39
	c	-	-	-	5.83

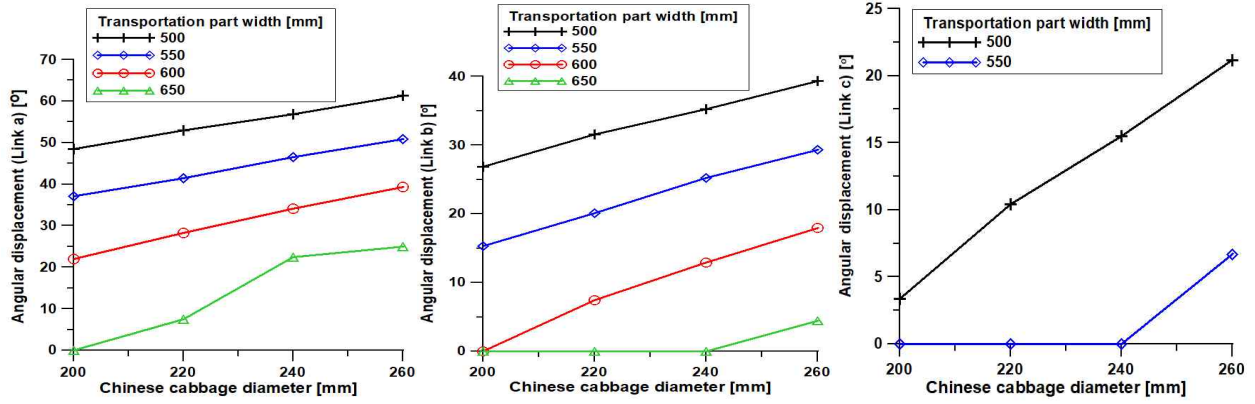


그림 24. 링크조합 1 각변위 (Link a(좌), Link b(중), Link c(우))

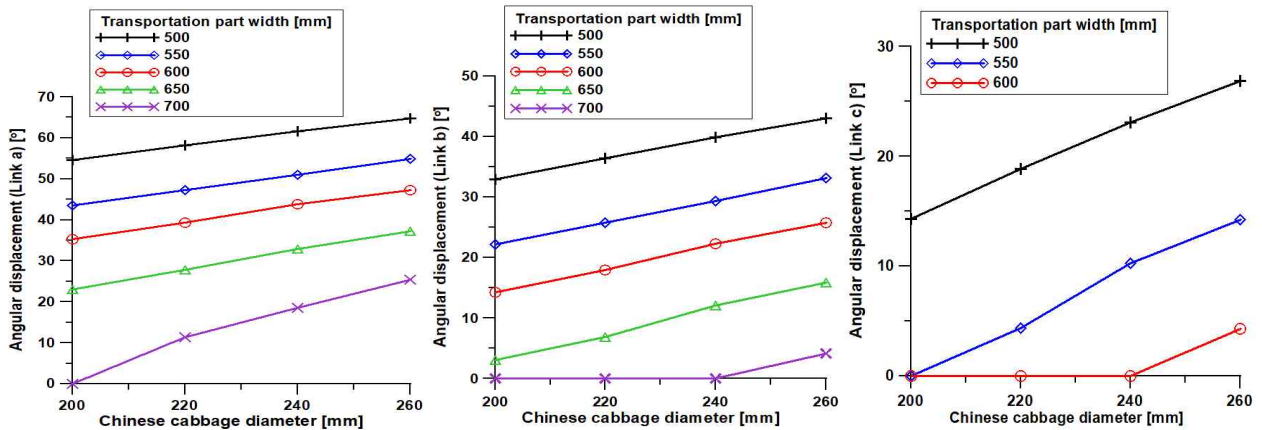


그림 25. 링크조합 2 각변위 (Link a(좌), Link b(중), Link c(우))

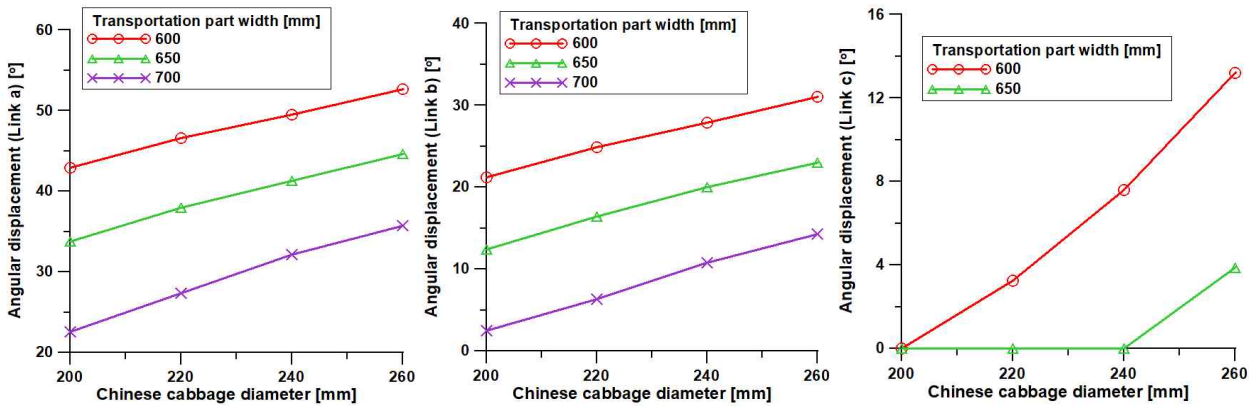


그림 26. 링크조합 3 각변위 (Link a(좌), Link b(중), Link c(우))

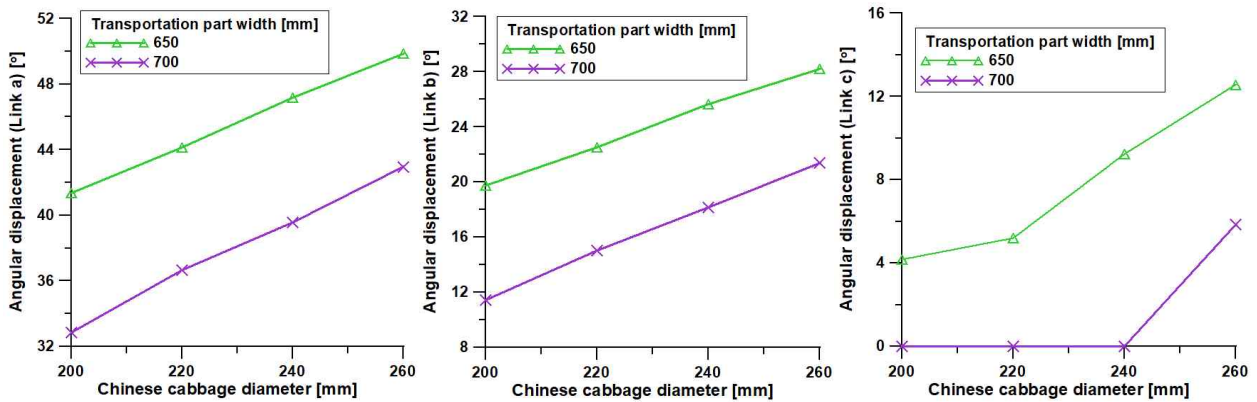


그림 27. 링크조합 4 각변위 (Link a(좌), Link b(중), Link c(우))

- ✓ 배추의 이송속도가 빠를 경우 배출되는 속도가 증가하여 배출부에 떨어지는 충격이 커지므로 배추의 손상이 발생함. 또한 이송속도는 주행속도의 1.5~2배인 경우 이송 상태가 양호하게 나타나므로 배추수확기의 주행속도인 0.4m/s를 고려하여 적절한 배추 이송속도를 선정함. 링크의 각속도는 이송속도가 증가할수록 증가하였으며 링크 a, b는 이송부의 폭의 영향을 적게 받았음. 링크의 각속도는 이송속도가 0.4 m/s일 때 대체로 낮게 나타났음

표 23. 링크조합 1 각속도[degree/s]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
500	200	a	68.88	140.11	207.71	274.94	341.67
		b	55.94	114.11	168.47	225.26	277.88
		c	32.21	58.34	89.32	119.92	148.1
	260	a	79.46	140.08	210.71	279.43	347.72
		b	63.79	127.99	187.6	242.99	301.1
		c	59.47	110.15	178.62	235.27	298.7
550	200	a	65.45	134.15	197.67	264.32	329.01
		b	44.9	91.83	133.98	177.63	221.59
		c	-	-	-	-	-
	260	a	68.06	137.22	199.48	268.79	339.67
		b	55.68	112.33	168.01	222.81	277.94
		c	34.8	67.34	105.52	140.09	170.33
600	200	a	59.67	122.43	182.22	240.2	258.54
		b	16.31	15.64	33.31	26.42	22.05
		c	-	-	-	-	-
	260	a	64.01	131.62	198.13	264.51	331.65
		b	44.46	89.71	133.96	182.75	221.67
		c	-	-	-	-	-
650	260	a	61.87	123.2	183.84	243.57	305.14
		b	27.8	57.42	64.97	109.47	139.79
		c	-	-	-	-	-

표 24. 링크조합 2 각속도[degree/s]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
500	200	a	131.02	154.78	191.2	245.95	292.74
		b	95.05	127.53	172.84	223.71	274.61
		c	70.29	104.08	142.92	188.34	233.8
	260	a	171.04	179.47	205.79	247.9	293.44
		b	122.78	146.02	189.85	239.35	290.41
		c	93.67	124.79	172.14	222.43	277.51
550	200	a	130.56	130.63	175.02	220.76	274.05
		b	68.48	100.14	141.85	182.22	246.68
		c	-	-	-	-	-
	260	a	26.33	26.33	26.34	26.34	26.32
		b	132.37	148.15	173.97	213.7	255.84
		c	86.8	108.87	140.95	174.99	212.64
600	200	a	55.31	108.45	168.15	223.01	277.17

		b	38.11	78.4	116.28	151.84	200.94
		c	-	-	-	-	-
	260	a	68.05	115.4	174.31	228	286.2
		b	46.89	94.32	141.84	187.14	233.73
		c	27.61	55.82	84.28	114.46	142.16
	200	a	51.45	102.96	154.76	205.02	255
		b	17.34	35.54	53.96	70.76	75.01
		c	-	-	-	-	-
650		a	54.29	110.86	117.7	222.15	260.48
	260	b	39.1	74.68	167.38	150.15	186.94
		c	-	-	-	-	-
	260	a	25.03	97.05	153.58	203.64	253.79
		b	50.89	49.48	49.12	101.19	127.09
		c	-	-	-	-	-

표 25. 링크조합 3 각속도[degree/s]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
600	200	a	50.53	100.76	150.4	200.38	249.56
		b	43.07	86.55	126.65	167.08	210.52
		c	-	-	-	-	-
	260	a	52.18	102.7	155.11	204.62	252.48
		b	45.98	93.31	139.23	181.35	231.37
		c	35.87	71.21	107.93	144.07	180.21
650	200	a	48.56	97.71	147.28	194.34	26.4
		b	35.41	70.06	102.3	133.03	163.41
		c	-	-	-	-	-
	260	a	49.68	101.46	150.66	200.03	250.51
		b	40.17	80.87	121.42	162.87	201.31
		c	23.76	47.97	71	95.58	119.28
700	200	a	45.42	91.78	137.91	180.21	223.49
		b	14.98	30.5	44.83	62.2	76.64
		c	-	-	-	-	-
	260	a	46.83	95.09	141.89	182.86	235.63
		b	33.65	63.97	100.02	134	160.91
		c	-	-	-	-	-

표 26. 링크조합 4 각속도[degree/s]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
650	200	a	44.63	90.46	136.78	180.6	215.86
		b	38.03	76.42	115.03	154.71	182.47
		c	13.81	25.11	36.26	54.58	58.94
	260	a	46.95	90.47	136.38	183.1	225.08
		b	40.52	82.29	123.01	162.88	199.29
		c	31.59	64.66	96.67	130.09	161.6
700	200	a	42.95	63.32	129.5	174.14	214.74
		b	30.89	63.32	93.5	122.7	154.41
		c	-	-	-	-	-
	260	a	43.88	88.81	132.55	176.24	221.48

	b	35.53	71.24	106.62	141.84	177.21
	c	20.71	41.63	54.04	82.94	100.04

표 27. 링크조합 1 각가속도[degree/s²]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
500	200	a	2,639.51	213.03	267.04	59,386.80	663,286.44
		b	89.17	29,844.81	2,299.44	361,934.93	45,912.01
		c	19,103.73	22,818.31	1,890.26	2,748.29	958.59
	260	a	467.44	345,467.57	389443.22	185580.12	873,283.46
		b	2,961.31	14,172.21	99,435.49	1,616.46	1,332.33
		c	3,097.10	11,054.18	68,924.92	52,876.96	41,401.45
550	200	a	20,814.59	554.15	792.66	931.64	1,561.11
		b	51,907.92	382.11	643.2	436.78	10,556.85
		c	-	-	-	-	-
	260	a	44,813.73	292.34	295.75	787.55	1,269.15
		b	9,201.51	65,945.05	58,862.17	88,308.68	266,237.49
		c	10,950.41	973.77	7,674.78	1,932.24	32,995.01
600	200	a	38,427.62	546.35	825.45	2,274.23	6,161.88
		b	303.65	2,384.42	4,711.70	6,744.18	4,088.52
		c	-	-	-	-	-
	260	a	60,835.57	31,005.18	783.78	2,165.19	18,185.52
		b	31,490.63	37,102.54	47,254.20	40,995.29	25,212.95
		c	-	-	-	-	-
650	260	a	1,600.90	1,458.53	5,676.34	2,700.15	3,897.60
		b	7,054.43	4,151.14	8,853.60	2,347.27	7,704.58
		c	-	-	-	-	-

표 28. 링크조합 2 각가속도[degree/s²]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
500	200	a	2726.67	298.12	160.73	338.94	278.7
		b	70734.04	3636.04	261984.98	28531	1308.79
		c	47747.33	3326.47	13025.49	253846.06	85290.11
	260	a	506.03	23841.46	179.92	327.01	292.13
		b	1445.15	174230.87	1169.75	327387.56	25976.87
		c	575.67	17165.57	238	2411.05	449.15
550	200	a	70861.68	1624.05	237.47	483.9	847.86
		b	14549.05	17747.26	702.4	128110.68	15735.51
		c	-	-	-	-	-
	260	a	3498.69	260.98	20313.68	187.65	1999.28
		b	38586.33	2761.68	137594.7	119165.54	14714.12
		c	315.98	1184.05	6472.94	5948.26	4358.36
600	200	a	9413.91	227.91	407.67	889.54	2059.42
		b	39523.66	3046.88	110932	993.81	23879.96
		c	-	-	-	-	-
	260	a	1467.18	126.28	395.03	453787.76	620.28
		b	104.27	39044.56	189.76	7119.52	90695.07
		c	12924.29	7578.91	912.48	25278.8	30729.46
650	200	a	188.14	244.12	255.39	2443.71	3329.23
		b	4936.9	1352.09	15016.36	1917.43	29148.52

		c	-	-	-	-	-
	260	a	40578.81	178.51	11308.74	861.91	4122.78
		b	3928.67	398.36	274.88	156211.7	5569.97
		c	-	-	-	-	-
700	260	a	147777.69	32814.44	535.69	64713.14	1808.98
		b	61.2	47566.81	15870.92	97227.29	12070.09
		c	-	-	-	-	-

표 29. 링크조합 3 각가속도[degree/s²]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
600	200	a	1127.6	97019.88	3138.25	5726.29	195453.67
		b	52	205.19	431.66	729.54	1222.97
		c	-	-	-	-	-
	260	a	1561.16	182948.03	36022.67	260.49	317.18
		b	74.63	2296.18	401.1	717.02	1224.6
		c	12572.35	96182.83	1234.06	1783.38	2405.35
650	200	a	3143.24	102.56	273.98	423.71	207.09
		b	38249.76	53835.71	20654.93	101684.72	2631.15
		c	-	-	-	-	-
	260	a	33939.8	267.94	328.41	6417.02	500.55
		b	63.82	355.57	157.73	440.35	2281.47
		c	763.24	2360.54	22015.43	9809.11	10545.44
700	200	a	17093.26	348.19	731.63	799.78	1178.51
		b	208.5	123982.67	22441.97	44926.57	642.39
		c	-	-	-	-	-
	260	a	413.64	147052.69	20708.97	656.43	697.54
		b	75.53	708.53	544.11	60306.85	127044.29
		c	-	-	-	-	-

표 30. 링크조합 4 각가속도[degree/s²]

이송부 폭 [mm]	배추구폭 [mm]	링크	배추 이송속도[m/s]				
			0.2	0.4	0.6	0.8	1
650	200	a	47562.5	203.62	249.74	302.68	647.52
		b	1686.22	4590.76	18297.76	791.39	14492.38
		c	182.27	459.97	666.98	928.05	144.01
	260	a	171.86	36.44	246.01	284.9	164.79
		b	19196.09	1507.21	229474.2	673.74	159654.1
		c	147.51	100056.49	125655.39	140641.07	186332.91
700	200	a	48585.18	4823.06	235.09	390.23	1740.59
		b	31426.47	4823.06	188940.05	38318.95	277832.6
		c	-	-	-	-	-
	260	a	19563.24	201.61	121.76	279.77	336.43
		b	5155.95	107.74	151.36	303.02	63945.1
		c	11261.12	8151.91	6275.92	25730.6	73369.25

1차년도/1 협동연구기관 주요 작업부 구조해석
CH4) 제작된 주요 작업부에 대한 평가:
작동상태, 진동



◇ 굴취부 구조해석 및 평가

- ✓ 설계된 시험장치 도면에 따라 굴취 부분을 아래 그림과 같이 3D 모델링 작업을 수행하였음. 재료는 광범위한 온도와 기계적 응력 및 까다로운 화학적/물리적 조건에서 장시간 구조물로 사용할 수 있는 엔지니어링 플라스틱를 사용함

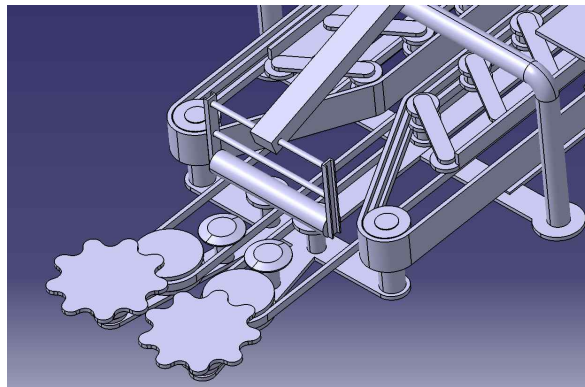


그림 28. 굴취부 모델링

표 31. 굴취부 물성치(엔지니어링 플라스틱)

Items	Unit	Specification
Specific gravity	-	7.87
Tensile strength	kg/cm ²	2,400
Tensile elongation	%	20
Tensile modulus	kg/cm ³	2,150,000

- ✓ 유한요소생성 작업은 Body Sizing 10mm를 적용하고 Auto Mesh를 이용하였으며, 총 96,503개의 노드와 51,864개의 요소 생성

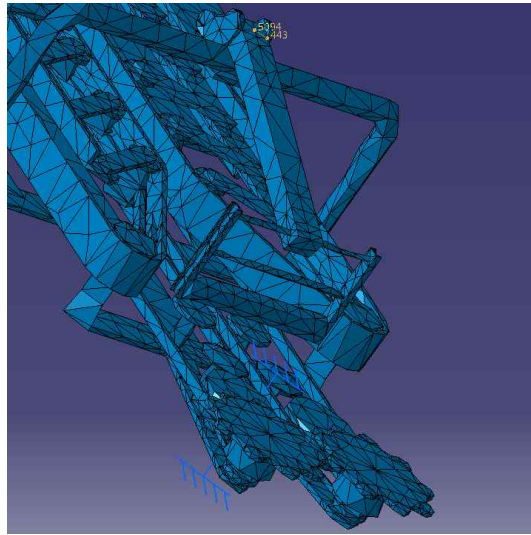


그림 29. 굴취부 유한요소생성

- ✓ 굴취 시 흙을 파쇄하는 굴취날의 절단력을 10~200N 까지 40N 간격으로 측정함. 굴취날과 벨트를 이어주는 구조물을 구속함

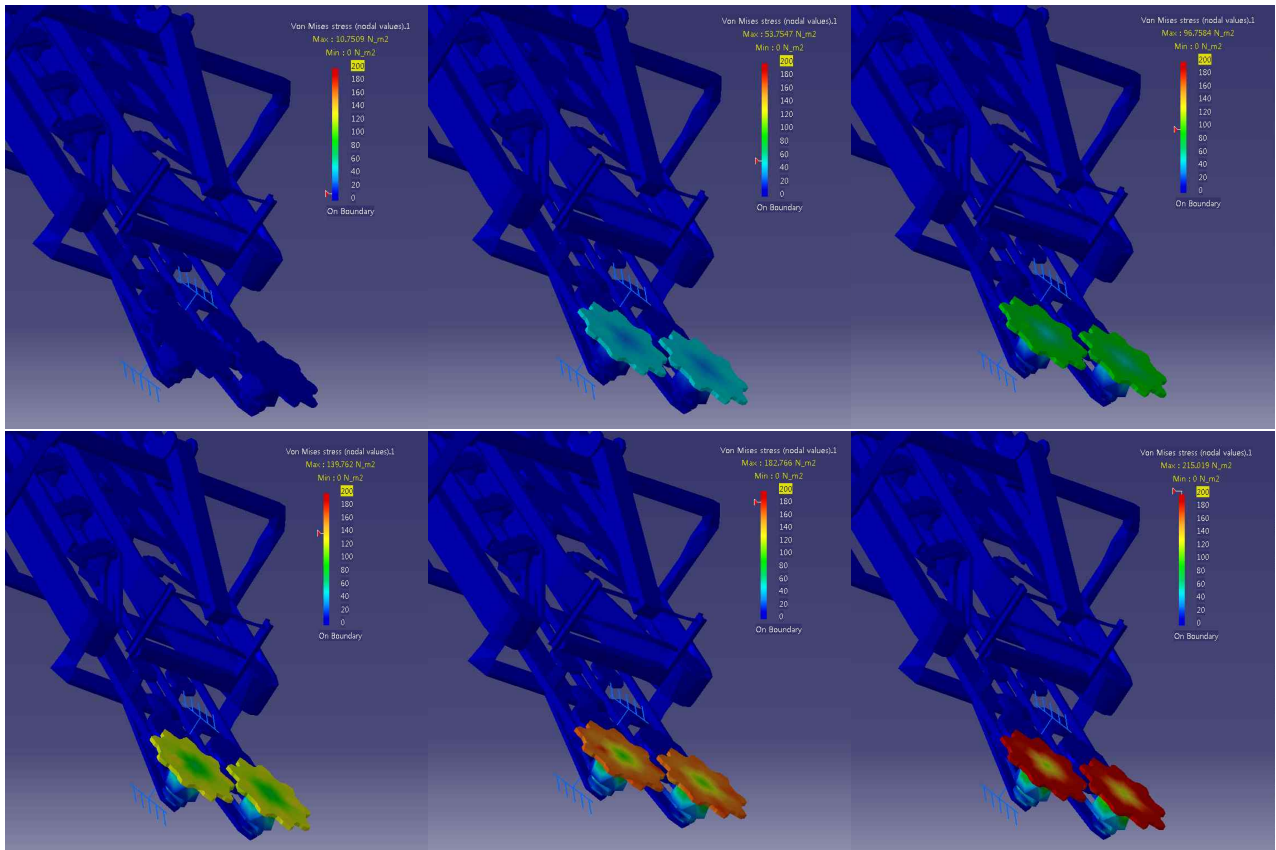


그림 30. 굴취부 모델링 구조해석 결과(굴취력 10/50/90/130/170/200N)

- ✓ 위 그림은 굴취부 3D모델링 구조의 선형정적해석을 실행한 결과임. 개발한 굴취부 구조의 기하학적인 형상에서 발생하는 굴취력에 의한 응력집중을 분석하여 변형을 예측함
- ✓ 굴취날에 10/50/90/130/170/200N의 굴취력을 가하였을 때 굴취날 및 굴취날 회전부에서 Von Mises Stress가 발생함. 각 굴취력에 대한 최대 Von Mises Stress는 굴취날 가장자리에 10.75/53.75/96.75/139.76/182.77/215.022Pa로 측정됨. 굴취날에 10~200N의 굴취력 발생 시 변형이 발생하지 않았음

◇ 이송부 구조해석 및 평가

- ✓ 설계된 시험장치 도면에 따라 이송 부분을 아래 그림과 같이 3D 모델링 작업 수행함. 벨트는 돌기형 고무벨트를 사용하였고, 텐션 롤러 재료는 강성이 높은 소재인 표 3의 물성치를 가지는 SM45C를 사용함

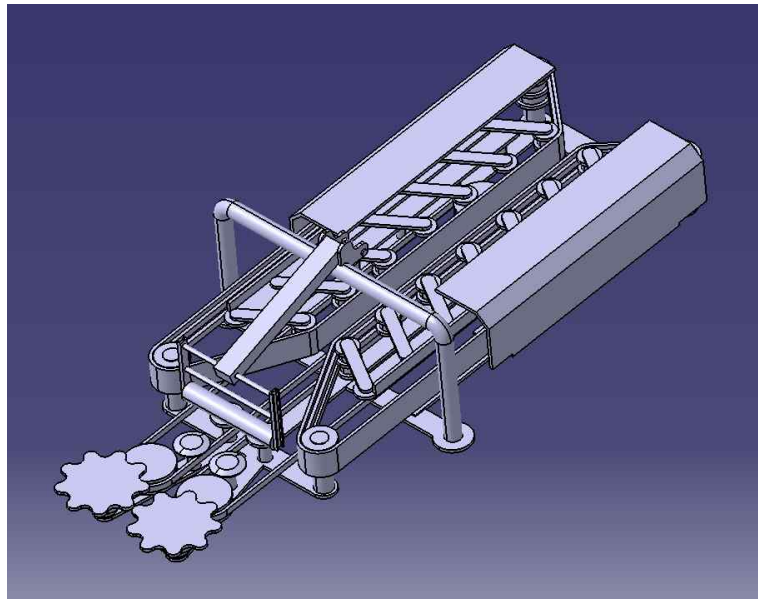


그림 31. 이송부 모델링

표 32. 이송부 텐션 롤러의 물성치(SM45C)

Items	Unit	Specification
Young's Modulus	GPa	200
Density	kg/m ³	7,870
Poisson ratio	-	0.29
Yield Stress	MPa	585

- ✓ 유한요소생성 작업은 Body Sizing 10mm를 적용하고 Auto Mesh를 이용하였으며, 총 96,503개의 노드와 51,864개의 요소 생성

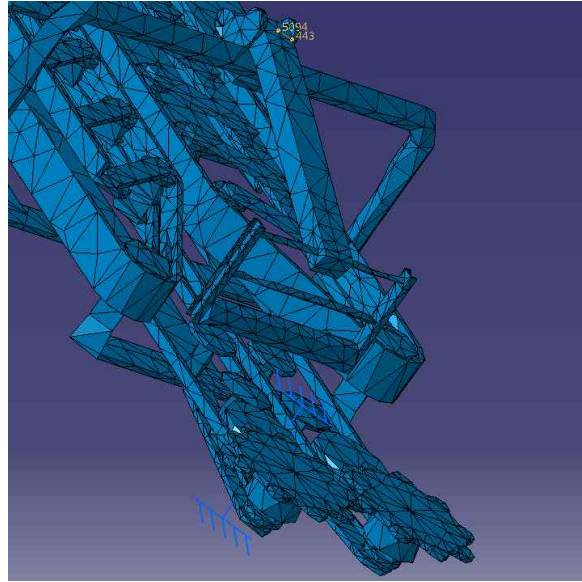


그림 32. 이송부 유한요소생성

- ✓ 이송부에서 배추를 파지하는 힘이 이송벨트에서 롤러 부분으로 전달됨. 각 롤러가 배추 한 포기를 파지하는 힘을 10~100N 으로 가정함. 배추 10포기가 이송부를 따라 분포하였을 때, 각 18개의 롤러에 각각 작용하는 힘을 6~60N 까지 12N 간격으로 측정함. 측면 롤러 고정부를 구속함

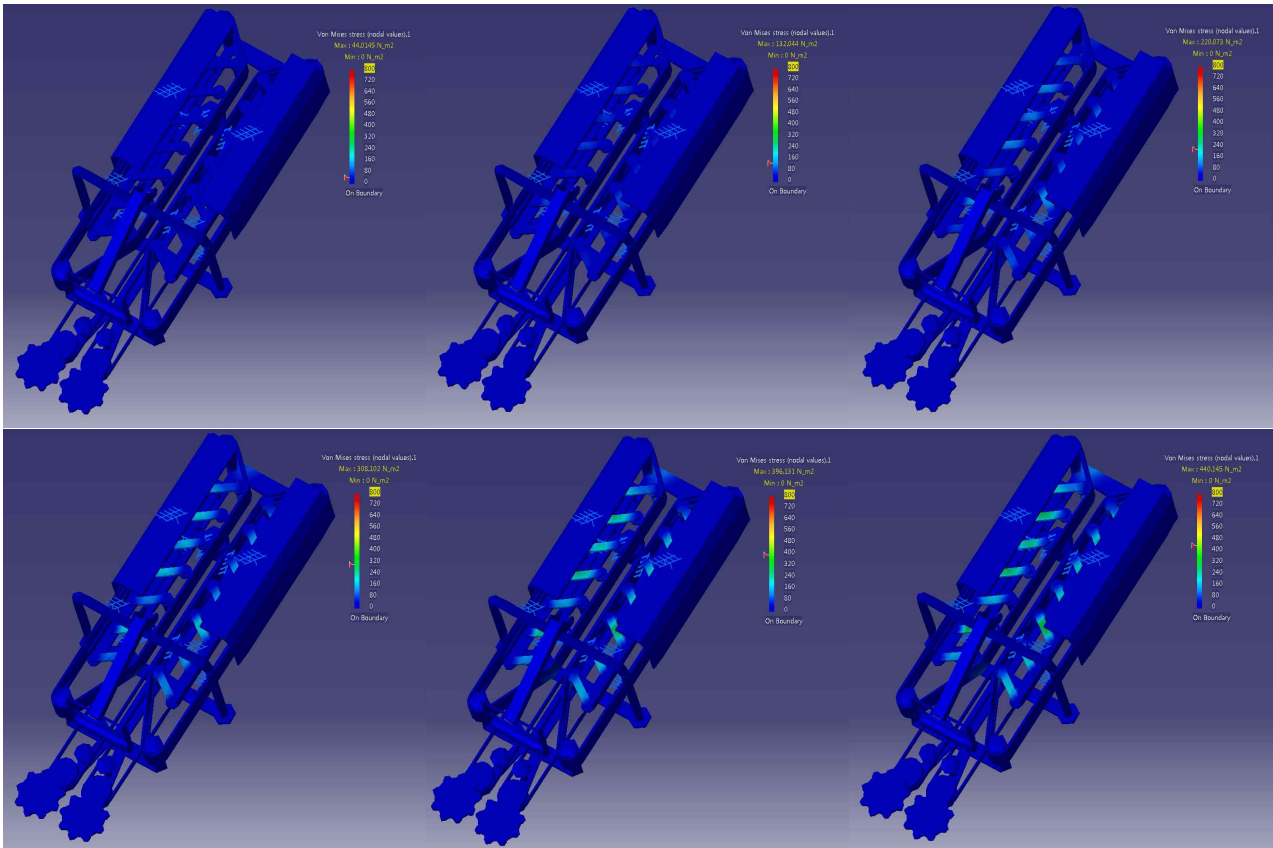


그림 33. 이송부 모델링 구조해석 결과(하중 6/18/30/42/54/60N)

- ✓ 위 그림은 이송부 3D모델링 구조의 선형정적해석을 실행한 결과임. 개발한 이송부 구조의 기하학적인 형상에서 발생하는 배추 파지에 의한 응력집중을 분석하여 변형을 예측함
- ✓ 이송부 롤러에 6/18/30/42/54/60N의 힘을 가하였을 때 롤러 및 벨트에서 Von Mises Stress가 발생함. 각 힘에 대한 최대 Von Mises Stress는 롤러 접합 구조물에 44.01/132.04/220.07/308.1/396.13/440.15Pa로 측정됨. 이송부 롤러에 6~60 N의 힘 발생 시 변형이 발생하지 않았음

◇ 수집·적재부 구조해석 및 평가

- ✓ 설계된 시험장치 도면에 따라 수집·적재 부분을 아래 그림과 같이 3D 모델링 작업 수행함. 접철식 메쉬팔레트 재료는 강성이 높은 소재인 표 4의 물성치를 가지는 SM45C를 사용함

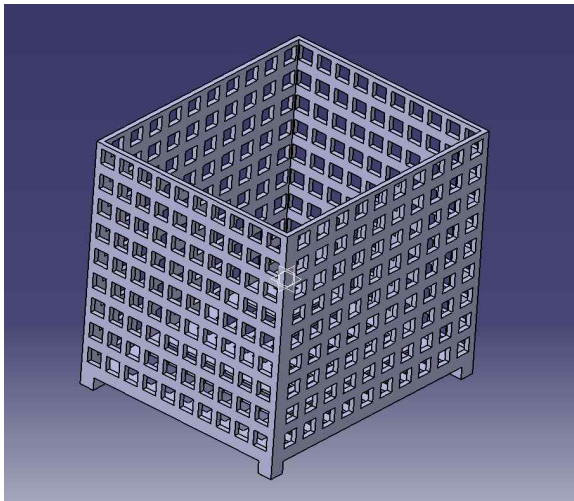


그림 34. 이송부 모델링

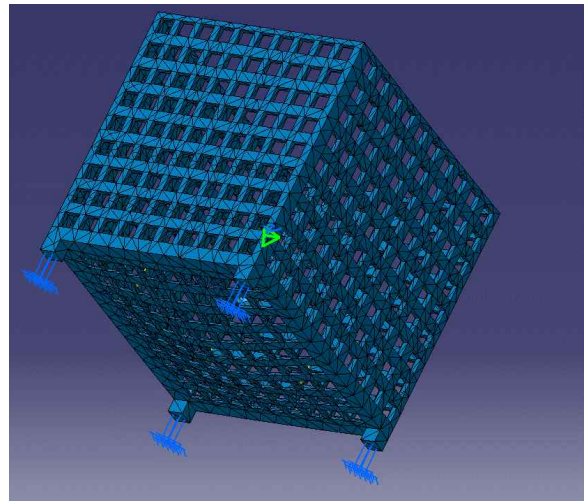


그림 35. 이송부 유한요소생성

표 33. 수집·적재 메쉬 팔레트의 물성치(SM45C)

Items	Unit	Specification
Young's Modulus	GPa	200
Density	kg/m ³	7,870
Poisson ratio	-	0.29
Yield Stress	MPa	585

- ✓ 유한요소생성 작업은 Body Sizing 10mm를 적용하고 Auto Mesh를 이용하였으며, 총 39,267개의 노드와 20,251개의 요소 생성

- ✓ 배추 높이 26~28cm, 폭 18~20cm, 무게 3~5kg, 팔레트 1050x880x930mm 의 조건을 고려하였을 때, 대략 100개의 배추 적재 가능. 이에 따라 메쉬 팔레트에 걸리는 하중을 200~1,000kg 까지 200kg 간격으로 측정함. 메쉬 팔레트 지지대를 구속함

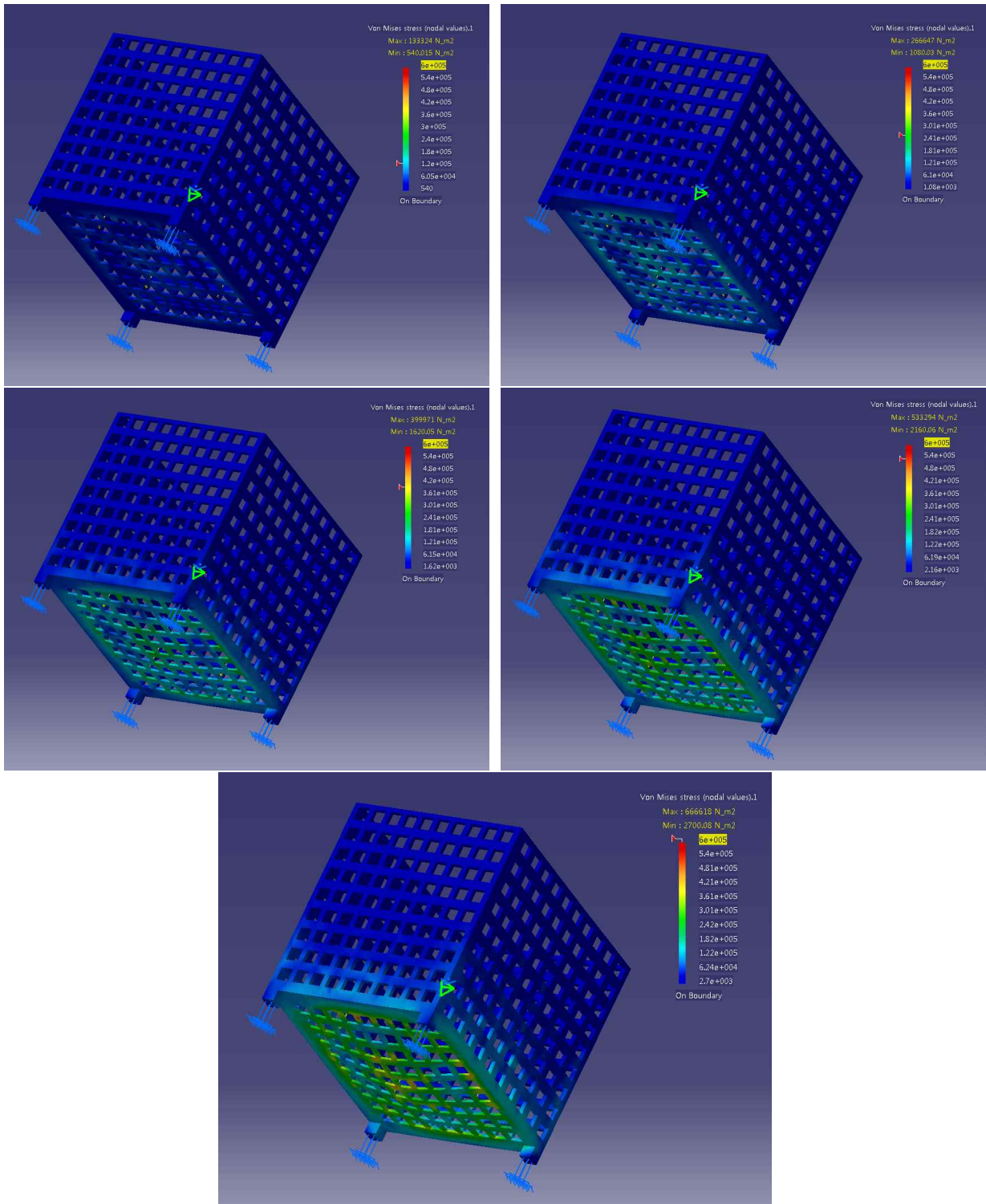


그림 36. 수집 · 적재부 모델링 구조해석 결과(하중 200/400/600/800/1,000kg)

- ✓ 위 그림은 수집·적재부 3D모델링 구조의 선형정적해석을 실행한 결과임. 개발한 수집·적재부 구조의 기하학적인 형상에서 발생하는 배추에 의한 하중을 분석하여 변형을 예측함
- ✓ 수집·적재부에 200/400/600/800/1,000kg 의 하중을 가하였을 때 메쉬 팔레트 바닥에서 Von Mises Stress가 발생함.
- ✓ 각 힘에 대한 최대 Von Mises Stress는 메쉬 팔레트 바닥에 133.32/266.65/399.97/533.29/666.61KPa 로 측정됨.
- ✓ 수집·적재부에 200~600kg의 하중 발생 시 변형이 발생하지 않았으나 800kg 이상에서 변형이 발생함.
- ✓ 이에 따라 “메쉬 팔레트에 강성이 높은 재료를 사용 및 바닥에 보강판을 덧대는 것이 필요” 함

1차년도/2협동연구기관 유압제어장치, 안전장치 최적설계 CH5) 각 작업부 유압제어장치 시뮬레이션을 통한 최적설계



◇ 작업부 유압제어장치 설계

✓ 유압 전달 시스템 구성

- ❖ 주관 기업의 기존 개발된 수집형 자주식 두류 콤바인의 주행부 HST 구동, 기체의 수평제어, 곡물탱크의 배출구 높이 조절 등을 위한 콤바인의 유압회로도(그림 1)를 기준으로 자주식 소형 배추수확기의 유압 전달 시스템을 그림 2와 같이 구성함

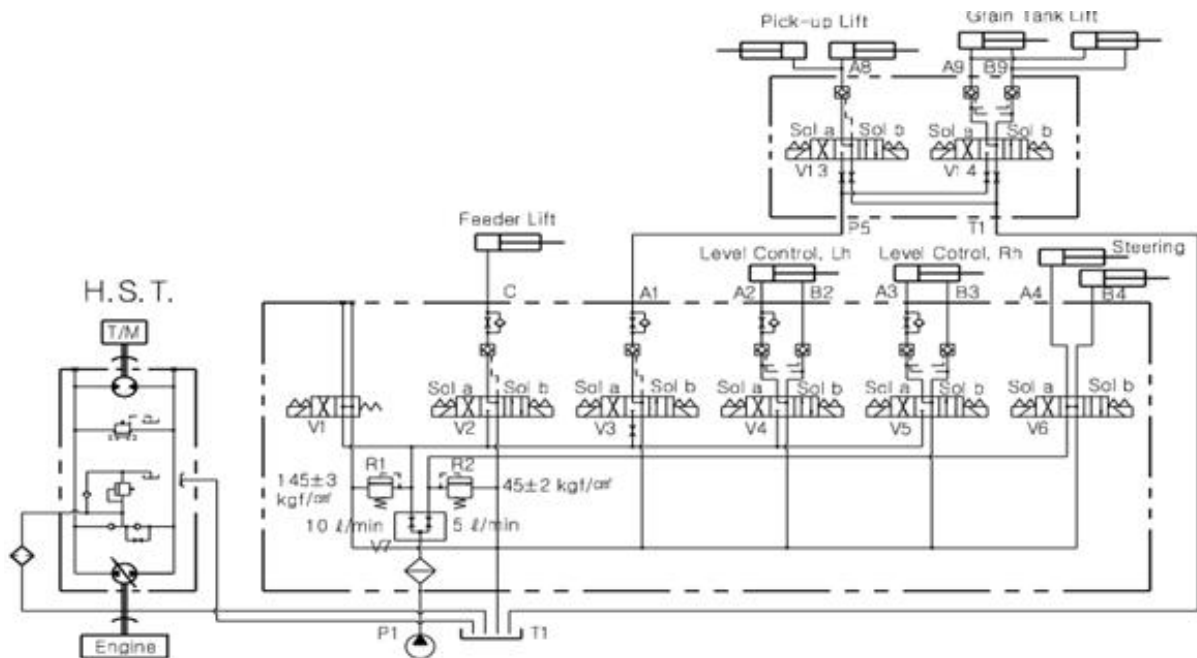


그림 37. 유압회로도



그림 2 자주식 소형 배추수확기의 유압 전달 시스템 구성도

◇ 유압 전달 시스템 설계

- ✓ 엔진에서 출력된 동력이 HST를 통하여 유압 동력을 취출하여 그림 3과 같은 주요 작업부를 구동하게 됨
 - ❖ 수집장치 승강실린더
 - ❖ 협지이송장치 승강실린더
 - ❖ 뿌리 절단 모터

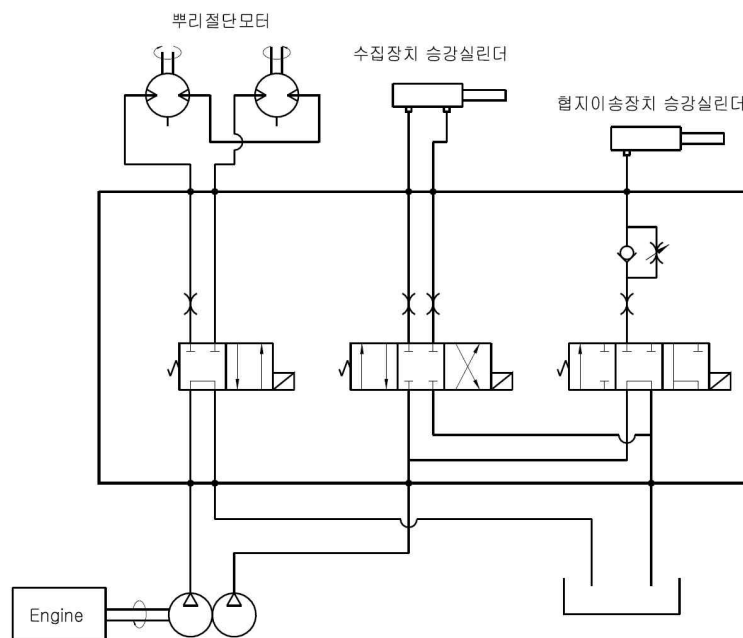


그림 38. 유압 전달 시스템

- ✓ 각 주요 작업부의 구동은 HST를 통하여 엔진에서 출력된 동력이 회로 구성 요소를 통해 전달되어 구동됨. 회로 구성 요소는 다음과 같음
 - ❖ 정유압 변속기(HST): 유압펌프와 유압모터로써 구성되며, 유압 펌프가 유체를 가압하여 유압모터를 구동하고 유압 모터가 직접 또는 간접적으로 차륜을 구동하는 형식의 변속기. 그림 3에 정유압 변속기의 원리를 나타냄
 - ❖ 정유압 변속기에서 힘과 속도의 관계는 유압과 유량의 관계로써 나타냄

$$\text{동력[W]} = \text{유압[Pa]} * \text{유량[m}^3/\text{s]} \quad \text{식(11)}$$

- ❖ 동력이 일정한 상태에서 정유압 변속기는 유압을 크게 하고 유량을 적게 하여 큰 힘을 저속에서 얻을 수 있으며, 유압을 작게 하고 유량을 크게 하여 작은 힘으로 큰 속도를 얻을 수 있음

- ❖ 정유압 변속기에서는 유체를 일정 한계 이상으로 가압할 수 없기 때문에 압력 조절밸브로써 유체의 압력을 제한함
- ❖ 유체의 압력이 최대 압력에 도달하면 정유압 변속기는 최대 구동력을 전달할 수 있으며. 유체의 압력이 최대 압력에 도달하면 정유압 변속기는 최대 구동력을 전달할 수 있음
- ❖ 또한 유압 모터의 속도도 용적에 의하여 유량이 제한되므로 정유압 변속기의 속도는 최대 용적에서 얻을 수 있는 속도로 제한됨. 따라서 유압 펌프와 모터는 필요한 최대 견인력과 최대 속도를 각각 최대 유압과 유량에서 전달할 수 있도록 그 크기가 결정되어야 함
- ❖ 다음 식들은 유정압 변속기의 입력과 출력의 관계를 다룸

$$N_m = (\eta_{mv}\eta_{pv}) \frac{D_p}{D_m} N_p \text{ (속도관계)} \quad \text{식(12)}$$

$$T_m = (\eta_{pt}\eta_{mt}) \frac{D_m}{D_p} T_p \text{ (토크관계)} \quad \text{식(13)}$$

$$T_m = \frac{\eta_{mt} D_m \Delta p}{2\pi} \text{ (토크관계)} \quad \text{식(14)}$$

여기서, N_p : 펌프의 속도[rpm], N_m : 모터의 속도[rpm]

η_{pv} : 펌프의 체적효율, 소수, η_{mv} : 모터의 체적효율, 소수

η_{pt} : 펌프의 토크효율, 소수, η_{mt} : 모터의 토크효율, 소수

D_p : 펌프의 행정체적[cm³/rev],

D_m : 모터의 행정체적[cm³/rev]

Δp : 펌프 또는 모터를 지나는 압력차[MPa]

T_p : 펌프(입력)토크[N · m], T_m : 모터(출력)토크[N · m]

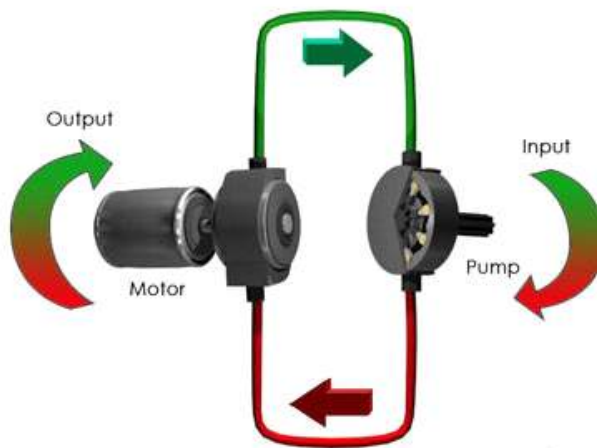


그림 39. 정유압 변속기의 원리

- ❖ 유압펌프: 펌프는 기계적 에너지를 유압 에너지로 변환시킴. 기계적 에너지는 전기모터와 같은 원동기에 의해 펌프로 전달됨

- ❖ 유압실린더: 동력 피스톤 작동으로 푸시로드가 실린더 내의 피스톤을 작동시켜서 유압 발생시키는 장치임. 작동부의 동력원으로 사용됨
- ❖ 유압제어밸브: 유압 장치에 있어서 기름의 압력·유량·흐름 방향을 제어하는 밸브. 제어장치의 선택에는 형태뿐만 아니라 크기, 작동기술, 그리고 원격-제어 능력이 포함됨. 제어장치의 세 가지 기본 형태로서 방향제어밸브, 압력제어밸브, 유량제어밸브가 있음

✓ 정유압 변속기(HST)의 조합

- ❖ 고정용적펌프와 고정용적모터(fixed displacement motor): 이 조합에서는 펌프와 모터의 출력 속도와 토크가 모두 일정하므로 기관의 속도에 관계없이 항상 일정한 속도비와 출력을 낼 수 있으므로 멀리 떨어진 팬, 컨베이어 등을 일정한 속도로 구동하는데 사용할 수 있음
- ❖ 고정용적펌프(fixed displacement pump)와 가변용적모터: 방식 2의 정유압 변속기는 기관의 속도에 관계없이 펌프는 항상 일정한 동력을 모터로 전달하며, 모터는 용적을 조정함으로써 출력 토크와 속도를 변화시킬 수 있다. 즉, 펌프에서 출력되는 유량과 압력은 일정하나 모터의 출력 토크는 속도에 반비례함
- ❖ 가변용적펌프(variable displacement pump)와 고정용적모터: 방식 3의 정유압 변속기는 속도 및 방향을 제어하는데 탁월하다, 모터의 속도는 펌프의 배출 유량에 따라 증가하며, 펌프의 배출 용적을 변화시킴으로써 모터의 속도와 회전 방향을 변화시킬 수 있다. 일정한 압력 상태에서는 펌프의 용적이 증가하면 출력이 증가하여 일정한 토크를 유지할 수 있다. 정원용 트랙터, 자주식 농업 기계 등 광범위한 농업 기계에 적용되고 있음

- ❖ 가변용적펌프와 가변용적모터(variable displacement motor): 이 조합은 가장 복잡한 조합으로서 기본적으로는 위의 세 가지 형식의 특성을 모두 나타낼 수 있는 변속기 형식이다. 주로 일정한 출력 또는 토크를 전달할 수 있다. 펌프와 모터의 용적을 변화시킴으로써 다양한 출력을 전달할 수 있으나, 용적을 적절하게 변화시키기 위해서는 복잡한 제어 장치가 요구됨

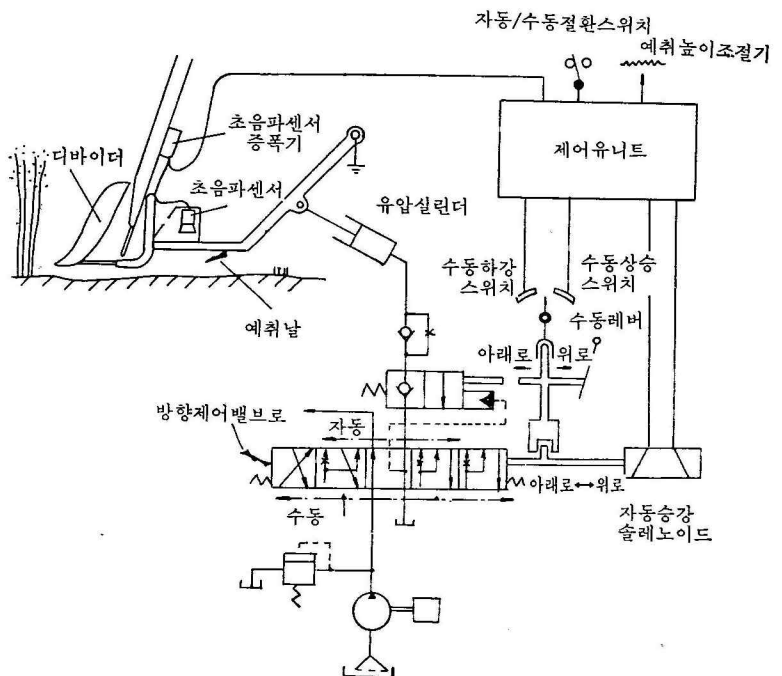


그림 40. 예취 높이가 조절 유압장치

◇ 작업부 유압제어장치 시뮬레이션

✓ Simulation X

- ❖ 복합 기술 시스템의 모델링 및 시뮬레이션을 최적화하며, 소프트웨어는 여러 도메인의 요소들의 상호작용을 모델로 나타냄
- ❖ 기술 시스템의 모든 요소들의 상호 작용을 평가하기 위한 소프트웨어의 표준이며, 물리적인 효과를 모델화, 시뮬레이션 및 분석하기 위한 범용 CAE(Computer Aided Engineering) 툴임
- ❖ 연구에서는 소형 자주식 배추수확기의 시뮬레이션 모델을 이용한 해석을 위해 독일 ITI GmbH에서 개발한 Multi-Domain 시뮬레이션 프로그램을 이용

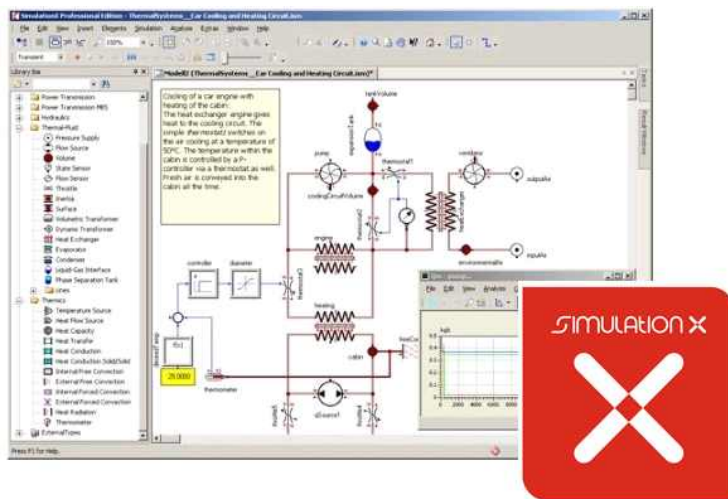


그림 41. Simulation Modeling Software(Simulation X)

✓ 자주식 배추수확기의 HST 모델링

- ❖ HST 모델링은 아래 그림과 같이 나타내며, HST는 사용될 제원에 맞는 가변용적 펌프와 고정용적펌프를 이용하여 모델링하였으며, 실험시 사용될 변속 단속을 설정하고 변속기 축 후방에 로드되는 외부 부하를 입력할 수 있도록 구성함

✓ HST 모델링 결과 분석

- ❖ 유정압 변속기(HST)는 사용할 실제 HST 제원에 맞는 가변용량 펌프와 정용량모터의 설정값을 입력한 후 엔진과 구동축에 연결하여 분석을 실시함
- ❖ Variable Displacement Pump/Motor에 연결시킨 신호를 -1(전진)~1(후진)사이의 범위를 넣어보며 Variable Displacement Pump/Motor에서의 회전속도와 구동축 펌프에서의 회전속도의 변화를 분석함
- ❖ 아래 그림은 Signal Blocks f(x)에 -0.5값을 주었을 시 펌프의 회전속도를 나타냄
- ❖ 기존 유정압 변속기 설정 값들은 고정하고 엔진의 속도를 낮췄을 시 구동축의 회전속도를 확인하여 Variable Displacement Pump/Motor 용량의 상호작용을 확인함. 회전속도는 2500rpm에서 500rpm으로 낮추어 입력하여 다음 그림과 같은 결과를 얻었음

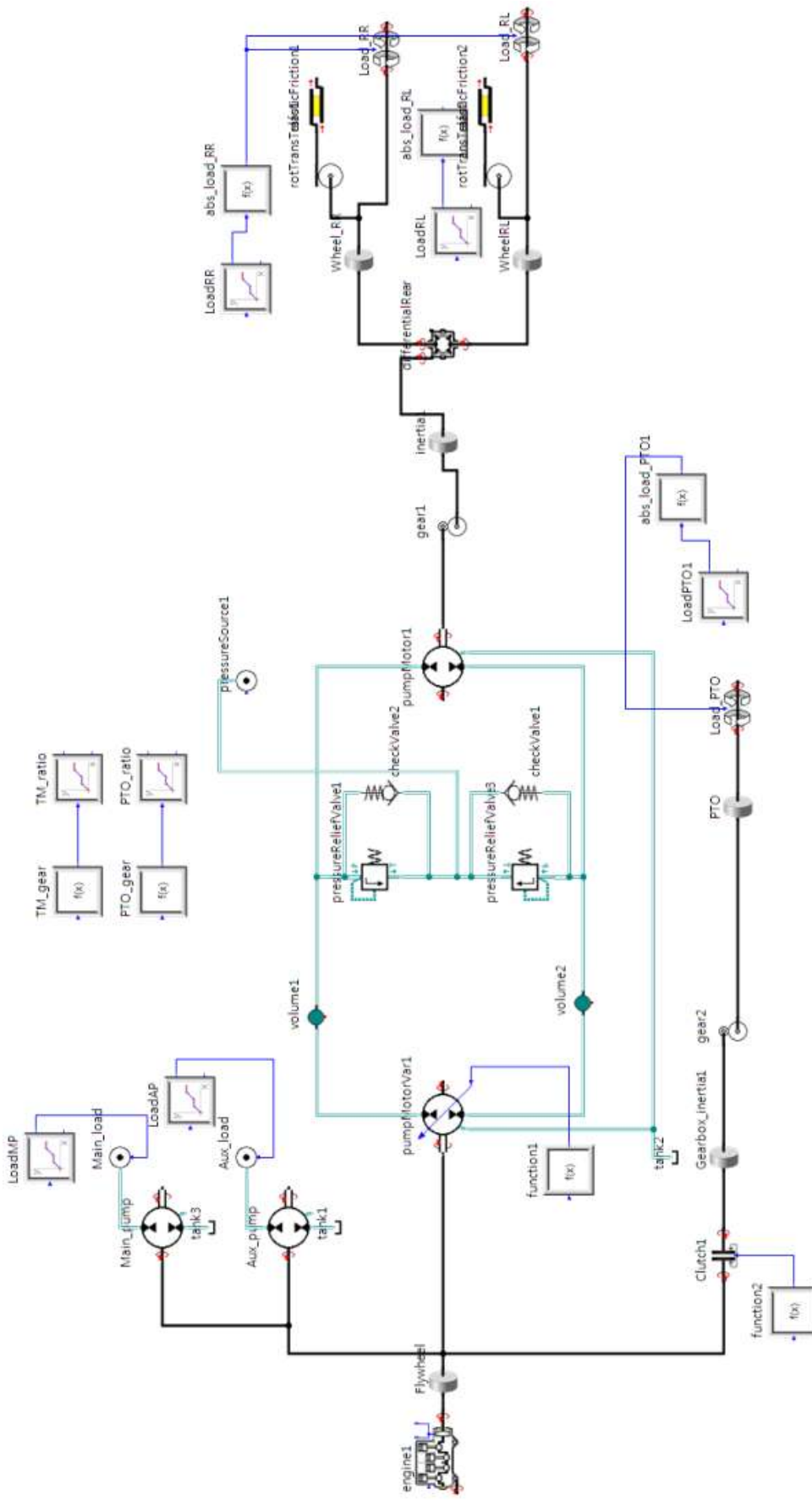


그림 42. S/W를 통한 모델링

- ❖ 분석결과 엔진 회전속도가 줄어든 만큼 유량의 공급도 원활하지 않다는 것을 확인 할 수 있음. 이럴 경우 “Variable Displacement Pump/Motor의 용량을 28 cm^3 에서 100 cm^3 증대” 하여 아래 그림과 같은 결과를 확인 할 수 있음.
- ❖ HST 유압제어장치 모델링 분석 결과 실제 작업부 유압제어장치 시뮬레이션은 이 모델을 이용하여 “시뮬레이션이 가능” 할 것으로 판단됨

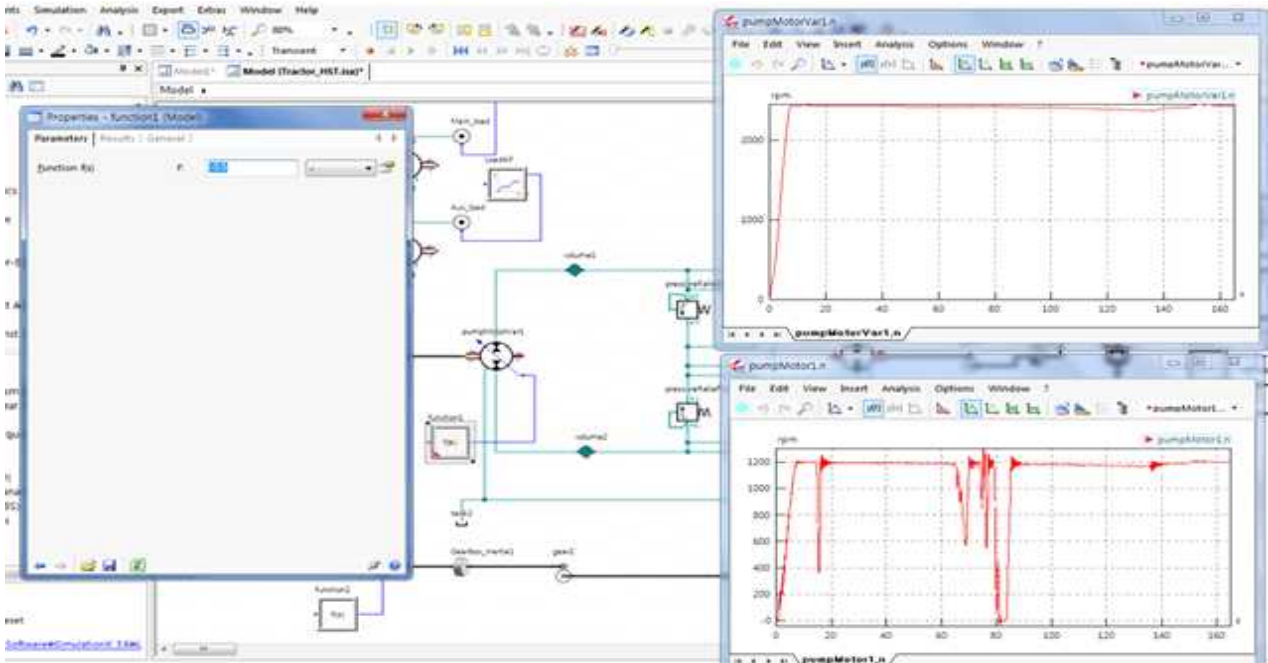


그림 43. 유압펌프 회전속도($f(x)=-0.5$)

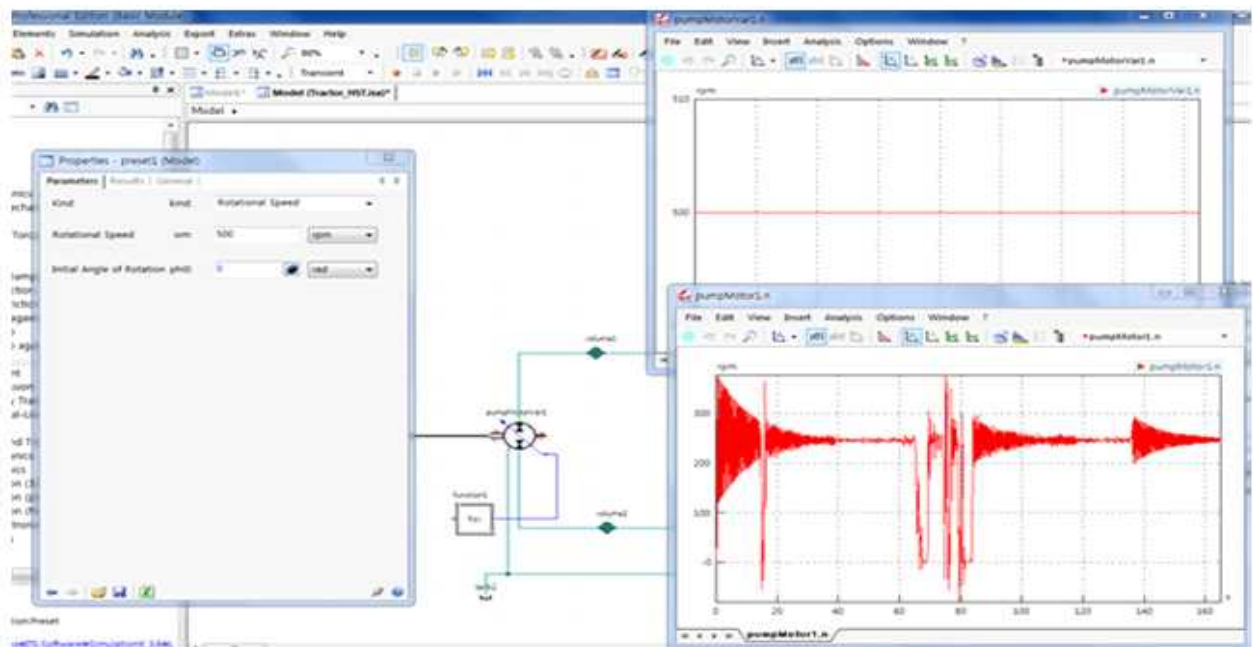


그림 44. 유압펌프 회전속도(500rpm)

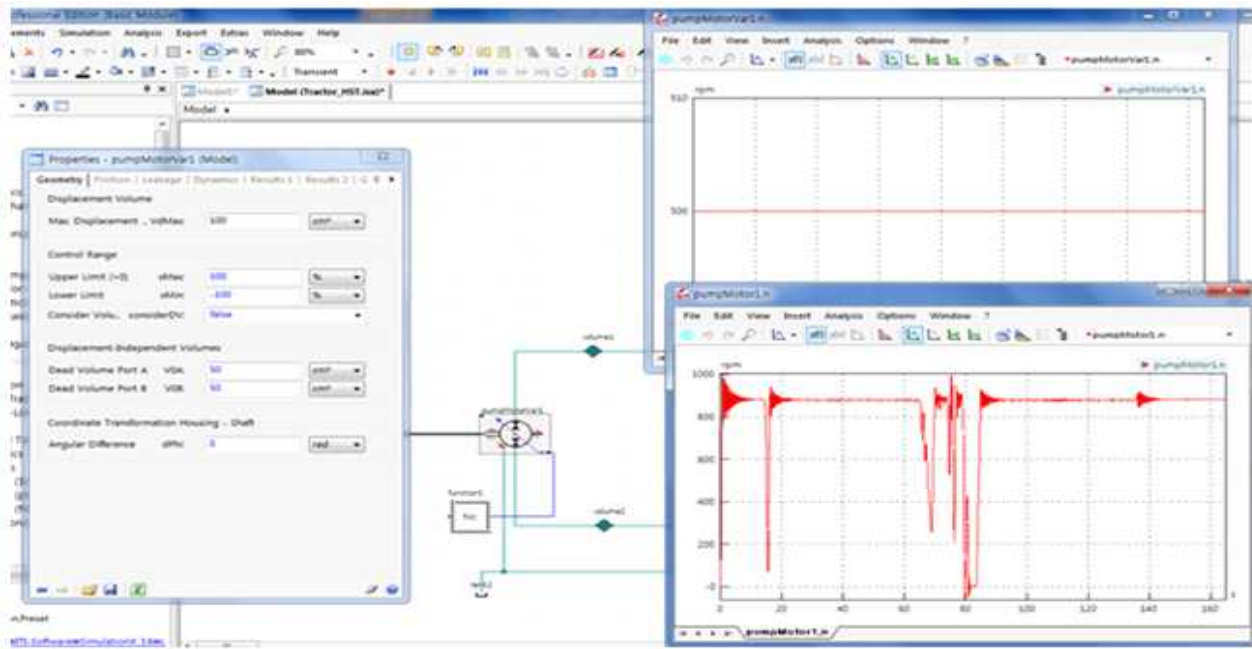


그림 45. Variable Displacement Pump/Motor 용량(100cm³)

1차년도/2협동연구기관 유압제어장치, 안전장치 최적설계 CH6) 농작업 안전사고 방지를 위한 안전장치 설계 및 기초 성능평가



◇ 농작업 안전사고 분석(농촌진흥청, '12)

✓ 농업기계 농작업사고 유형

- ❖ 농업기계 농작업사고 유형은 전도가 36.8%로 가장 많이 나타났으며, 다음으로 추락 23.2%, 타격 17.9%, 끼임 5.3%의 순으로 나타났음. 전도나 추락 그리고 타격 사고 등은 이동이나 운반작업과 관련이 많은 사고 유형임

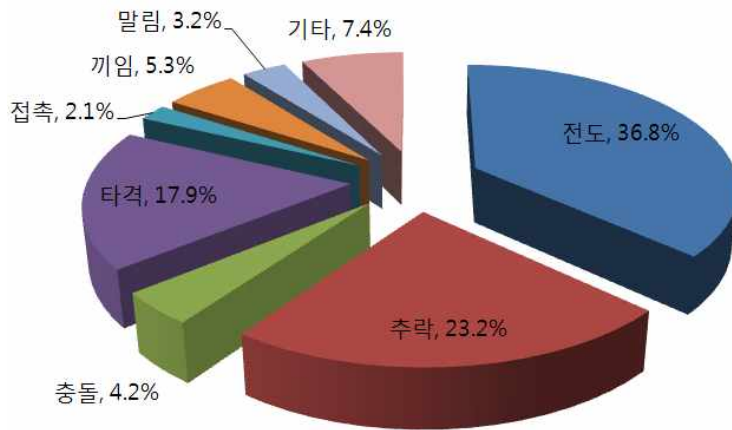


그림 46. 농업기계 농작업사고 유형

✓ 농업기계 농작업사고 당시 작동상태

- ❖ 농작업사고 당시 농업기계의 작동상태는 운반이동이 50.5%로 가장 많았으며, 그 다음으로 농작업이 32.6%, 주정차 7.4%, 정비점검 6.3% 등의 순으로 나타남
- ❖ 운반이동은 이전 조사에서도 가장 많은 작동상태를 점유하고 있어 운반 이동시 안전사고 발생에 주의해야 함

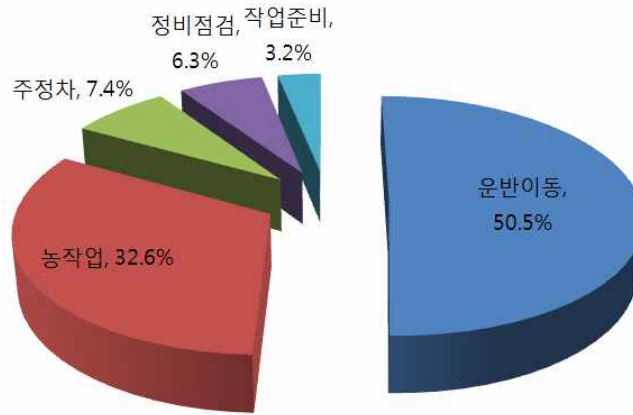


그림 47. 농업기계 농작업사고 당시 작동상태

✓ 농업기계 농작업사고 원인

- ❖ 농업기계 안전사고는 인적/환경적/기계적 요인이 단독 또는 복합적으로 작용하는데, 전체 농작업사고 95건 중에서 인적/환경적/기계적 요인이 단독작용하여 발생한 사고는 각각 27.4/9.5/3.2%로 전체 농업기계 농작업사고의 40.1%로 나타났음
- ❖ 또한 2가지 이상의 요인이 복합적으로 작용하여 발생한 사고는 전체 사고의 60.0%로 인적+환경적+기계적 요인이 36.8%, 인적+환경적요인 16.8%, 인적+기계적요인 5.3%, 환경적+기계적요인 1.1%로 나타났음
- ❖ 농업기계 농작업사고의 86.3%가 인적요인과 관련이 있는 사고이며, 농작업사고의 64.2%는 환경적요인과, 46.4%는 기계적요인과 관련이 있는 것으로 나타났음
- ❖ 인적요인에 의해 발생한 농작업사고의 세부내용은 운전자 부주의가 87.8%, 운전미숙이 4.9%로 인적원인의 92.7%를 차지하였으며, 그 외 피로누적과 안전장비미흡이 각각 1.2%의 순으로 나타났음

표 34. 농업기계 농작업사고의 인적원인(중복응답)

(단위 : %)

운전자부주의	운전미숙	피로누적	안전장비 미흡	기타	계
87.8	4.9	1.2	1.2	4.9	100

- ❖ 기계적 요인의 세부내용은 대부분 농기계 고장이었으며, 환경적 요인의 세부내용은 급경사가 32.7%으로 가장 많고, 그 다음으로 좁은 도로 30.6%, 급커브 4.1%, 요철 심함 및 악천후가 각각 2.0%의 순으로 나타났음

표 35. 농업기계 농작업사고의 환경적원인(중복응답)

(단위 : %)

좁은 도로	급경사	급커브	눈/비/안개 등 악천후	요철심함	기타	계
30.6	32.7	4.1	2.0	2.0	28.6	100

- ✓ 농업기계 안전장치 부착실태
 - ❖ 농업기계 안전장치 부착실태는 농작업사고 실태조사 대상 표본 300개 마을에서 사고를 경험한 농가와 각 마을별로 5농가를 통계 추출하여 총 1,546농가를 대상으로 조사하였음
 - ❖ 조사내용은 트랙터와 경운기를 대상으로 안전프레임, 등화장치 등의 부착실태와 작동여부 등이었음

- ✓ 트랙터 안전 프레임
 - ❖ 트랙터의 안전 프레임 부착율은 평균 80.4%로 소형트랙터는 65.3%, 중형트랙터 81.7%, 대형트랙터는 98.5%로 나타나 대형일수록 안전 프레임 부착비율이 높은 것으로 나타남
 - ❖ 안전프레임의 형태는 2주식이 10.4%, 4주식이 14.6%, 캡형인 경우가 55.4%로 나타나 대형일수록 캡형의 비율이 높은 것으로 나타남

표 36. 트랙터 안전 프레임 형태별 부착실태 (단위 : 대, %)

구 분	형태별 부착대수				미부착	계
	2주	4주	캡형	소계		
소형	34 (18.2)	36 (19.3)	52 (27.8)	122 (65.3)	65 (34.7)	187 (100)
중형	32 (9.1)	51 (14.6)	203 (58.0)	286 (81.7)	64 (18.3)	350 (100)
대형	3 (2.3)	10 (7.8)	114 (88.4)	127 (98.5)	2 (1.5)	129 (100)
계	69 (10.4)	97 (14.6)	369 (55.4)	535 (80.4)	131 (19.6)	666 (100)

- ❖ 트랙터의 안전 프레임은 구입당시부터 부착되어 있지 않은 경우가 56.5%이었고, 구입할 때에는 부착이 되어 있었던 비율이 43.5%로 나타났음
- ❖ 구입시 부착되어 있었으나 현재 미부착인 경우 미부착 사유를 조사한 결과, 91.2%가 작업에 지장이 있어서라고 응답했으며 8.8%는 필요 없다 응답

표 37. 트랙터 안전 프레임 미부착 사유 (단위 : 대, %)

구 분	계	구입당시 미부착	구입당시 부착	구입시 부착되었으나 미부착한 사유	
				필요없음	작업지장
소형	65 (100)	36 (55.4)	29 (44.6)	-	29 (100)
중형	64 (100)	37 (57.8)	27 (42.2)	5 (18.5)	22 (81.5)
대형	2 (100)	1 (50.0)	1 (50.0)	-	1 (100)
계	131 (100)	74 (56.5)	57 (43.5)	5 (8.8)	52 (91.2)

✓ 트랙터의 안전벨트 부착 및 착용 현황

- ❖ 안전벨트가 부착되어 있는 트랙터는 전체 666대 중 371대(55.7%), 미부착되어 있는 트랙터는 286대(42.9%)로 나타났으며, 무응답이 9대(1.4%)로 나타났음
- ❖ 안전벨트가 부착된 371대 트랙터 운전자 중에서 반드시 착용하는 경우는 72대(19.4%)에 불과하였으며, 가끔 착용하는 경우가 134대(36.1%), 착용 하지 않는 경우가 165대(44.5%)로 나타났음
- ❖ 안전벨트를 착용하지 않는 이유는 작업불편이 32.7%로 가장 높고, 승하차 불편이 27.3%로 나타났음. 규격별로는 대형일수록 부착비율과 착용율이 높음

표 38. 트랙터 안전벨트 부착 및 착용현황

(단위 : 대, %)

구 분		소형	중형	대형	계
부착 여부	부착	70 (37.4)	196 (56.0)	105 (81.4)	371 (55.7)
	미부착	112 (59.9)	150 (42.9)	24 (18.6)	286 (42.9)
	무응답	5 (2.7)	4 (1.1)	-	9 (1.4)
	계	187 (100)	350 (100)	129 (100)	666 (100)
착용 여부	반드시	10 (14.3)	32 (16.3)	30 (28.6)	72 (19.4)
	가끔	21 (30)	81 (41.3)	32 (30.5)	134 (36.1)
	착용안함	39 (55.7)	83 (42.4)	43 (40.9)	165 (44.5)
	계	70 (100)	196 (100)	105 (100)	371 (100)
미착용 이유	착용불편(수동)	15 (38.5)	23 (27.7)	16 (37.2)	54 (32.7)
	작업불편 (후방관찰 등)	8 (20.5)	18 (21.7)	2 (4.6)	28 (17)
	승하차(빈번) 불편	11 (28.2)	23 (27.7)	11 (25.6)	45 (27.3)
	필요성 없음	5 (12.8)	17 (20.5)	11 (25.6)	33 (20)
	기타	-	-	1 (2.3)	1 (0.6)
	무응답	-	2 (2.4)	2 (4.7)	4 (2.4)
	계	39 (100)	83 (100)	43 (100)	165 (100)

✓ 트랙터 등화장치 고장여부

- ❖ 트랙터의 등화장치는 대부분 고장 나 있지 않은 상태인 것으로 나타났음. 전조등, 후미등, 제동등, 방향지시등 등은 모두 96% 이상 고장이 없는 것으로 나타났으며, 저속차량표시등은 절반 정도인 49.8%만이 부착된 것으로 파악되었음 전조등 고장은 2.7%, 후미등과 제동등은 각각 3.0%, 방향지시등은 3.9%, 저속차량표시등 고장은 1.7%로 나타났음

표 39. 트랙터 등화장치 고장여부

(단위 : 대, %)

구 분	전조등	후미등	제동등	방향지시등	저속차량 표시등	
등화장치 고장여부	고장 없음	648 (97.3)	646 (97.0)	646 (97.0)	640 (96.1)	332 (49.8)
	고장	18 (2.7)	20 (3.0)	20 (3.0)	26 (3.9)	11 (1.7)
	미부착	-	-	-	-	323 (48.5)
	계	666 (100)	666 (100)	666 (100)	666 (100)	666 (100)

- ❖ 트랙터 등화장치의 고장 이유로는 파손이 모든 등화장치에서 50% 이상으로 가장 많은 것으로 나타났는데, 저속차량표시등의 파손 비율이 가장 63.6%로 가장 높은 것으로 나타났음. 파손 다음으로는 전선 단락이 30% 내외로 두 번째로 많은 고장 원인을 차지하였음
- ❖ 교차로를 지나가거나 선회시 방향지시등을 반드시 조작한다는 응답자는 86.2%였으며, 가끔 조작은 8.9%, 미 조작은 1.0%, 고장은 3.9%로 나타났음
- ❖ 야간도로 주행시 후미등이나 비상등을 점등하고 다니는 경우는 89.2%였고, 가끔 조작은 6.9%, 미 조작은 0.9%, 고장은 3.0%로 나타났으며 야간도로 정차시 후미등이나 비상등을 반드시 켜는 경우는 89.0%이었고 가끔 조작 6.6%, 미 조작은 1.4%, 고장은 3.0%로 나타났음

◇ 농업기계 안전장치 개발 현황

- ✓ 농촌진흥청에서는 안전사고를 예방 또는 사고피해를 줄일 수 있는 안전장치 개발 연구도 수행하고 있음
- ✓ 경운기는 전복되더라도 구조적으로 엔진이 정지하지 않아 화재나 구동벨트에 의한 2차사고가 발생할 가능성이 높기 때문에 경운기 전복시 신속히 엔진을 정지시킬 필요가 있음. 농촌진흥청에서는 경사각 센서와 가속도 센서를 이용하여 경운기의 전복 여부를 판단하고, 경운기가 전복되었을 때에는 엔진에 공급되는 연료와 공기를 차단함과 동시에 플라이휠을 제동함으로써 경운기 엔진을 8초 내에 신속히 제거시키는 장치를 개발하였음
- ✓ 최근에 자동차에 장착이 보편화되고 있는 블랙박스를 트랙터에 적용시키는 기술도 개발하였음 농촌진흥청에서 개발한 트랙터용 블랙박스는 주행정보 저장 기능뿐만 아니라 도난방지 기능, 응급신호 전송 기능을 겸비하였음. 도난 방지 기능은 트랙터가 자동차보다 잠금장치의 해제가 상대적으로 더 쉽고 별도의 등록을 하고 있지 않아 도난의 위험성이 더 크기 때문에 추가되었음

- ✓ 트랙터를 이용한 농작업은 논이나 밭 등에서 혼자서 하는 경우가 많기 때문에 사고 등이 발생하더라도 바로 알지 못하고 상당한 시간이 지난 후에 발견되어 인명 피해가 커지는 경우가 많음. 트랙터용 블랙박스는 이러한 경우에 신속한 조치가 취해질 수 있도록 응급신호 전송기능도 추가되었음



그림 48. 경운기 엔진 긴급정지장치(좌), 트랙터용 블랙박스(우)

- ✓ 2013년에는 트랙터의 안전운전 기술교육용 시뮬레이터를 개발하였음. 농촌진흥청에서 개발한 시뮬레이터는 현재 영농현장에서 가장 많이 사용되고 있는 트랙터를 대상으로 한 것으로 실제 트랙터를 개조해 트랙터 운전석과 동일한 운전조작 장치를 갖추고 있음. 운전자가 시동을 걸고, 핸들이나 변속레버, 브레이크 등을 조작하면 전후좌우 4개의 가상화면이 실제 운전할 때처럼 움직임
- ✓ 플랫폼 기술을 적용해서 운전자가 실제 트랙터를 운전할 때 느끼는 기울어짐이나 충격도 똑같이 느낄 수 있도록 개발되었음. 운전교육은 트랙터 운전자 수준에 따라 S코스, T코스, 굴절코스 등의 코스연습과 가상의 농촌마을에서의 교통신호 준수 등 도로주행, 논·밭에서 농작업 등을 연습할 수 있고 가상 운전 후에는 운전 내용에 대한 결과보고서도 출력할 수 있음
- ✓ 이번 트랙터 안전운전교육용 시뮬레이터 개발에 따라 앞으로 강의식 교육을 체험식 교육으로 바꿔 보다 효율적인 안전교육을 실시할 수 있고, 실제 트랙터를 이용해 교육할 때 들어가는 시간과 비용, 위험요인 등도 크게 줄일 수 있을 것으로 기대됨. 특히 경사로 주행 등과 같이 실제 트랙터로는 연습이 불가능한 상황에서의 연습이 가능하여 위험상황을 미리 예측하고 대처할 수 있는 능력도 키워 사고예방에 기여할 수 있을 것임

◇ 배추수확기 안전장치 설계 요인

- ✓ 설계에 있어 고려되어야 하는 주요 설계 인자
 - ❖ 변속기어 및 각종 레버의 조작 안정성 확보
 - ❖ 후진시 안전 운전 보조장치
 - ❖ 화재예방을 위하여 체인, 베어링 등의 검불 제거 용이성

- ❖ 각종 안전커버 장착
- ❖ 인기러그와 디바이더 조작 용이성 확보
- ❖ 인간공학적 운전부 설계
- ❖ 배추 과공급 감지 및 조절 장치



그림 49. 트랙터 시뮬레이터(좌), 주행모드 화면(우상), 가상마을(우하)

- ✓ 안전장치의 대상으로 안전 덮개, 시동안전장치, 주행시 안전장치, 협지이송장치 상승시 안전장치, 긴급 작업정지 장치 등을 선택하였으며, 시작기 개발 과정에서 추가 안전장치가 검토될 것임
- ✓ 안전 덮개 설계
 - ❖ 구조를 고려하여 케이싱, 5면 덮개, 안전판을 적절히 선택
 - ❖ 개폐장치가 필요한 경우에는 힌지, 슬라이드, 링크 등 적절한 방법으로 열 수 있는 문을 부착하며, 공구 없이는 분리가 불가능 하도록 설계. 문을 열 때는 가동 부위가 자동으로 정지하거나 위험 부위가 정지할 때까지 열리지 않도록 설계 (ASABE S493.1)
 - ❖ 내후성, 내열성, 내부식성이 높고 충분한 강도를 가진 재질로 제작
 - ❖ 배기관, 소음기 등과 같이 가열되는 부분으로서 정상적인 운전, 정비작업 중 접촉 가능성이 있는 곳에는 표면온도에 따라 안전 덮개 설치. (130℃ 이상인 부분)
- ✓ 시동 안전장치(ISO 15077): 연구계획서상 주행장치 중립, 예취날 정지, 협지이송장치 정지 상태에서 시동이 가능하도록 계획했으나, 최종적으로 각 부의 기능 및 구조가 결정되면 종합적으로 검토하여 안정적이고 효율적인 시동안전장치를 개발
- ✓ 작업부 조작, 전반 작업기 또는 수거 장치용 클러치(ISO 15077): 후방 또는 하방으로 조작할 때 클러치가 해제되어야 함. 부주의로 클러치가 연결되는 것을 방지하기 위하여 안전장치를 갖추도록 설계. 조작 장치는 운전석에서만 조작하도록 설계

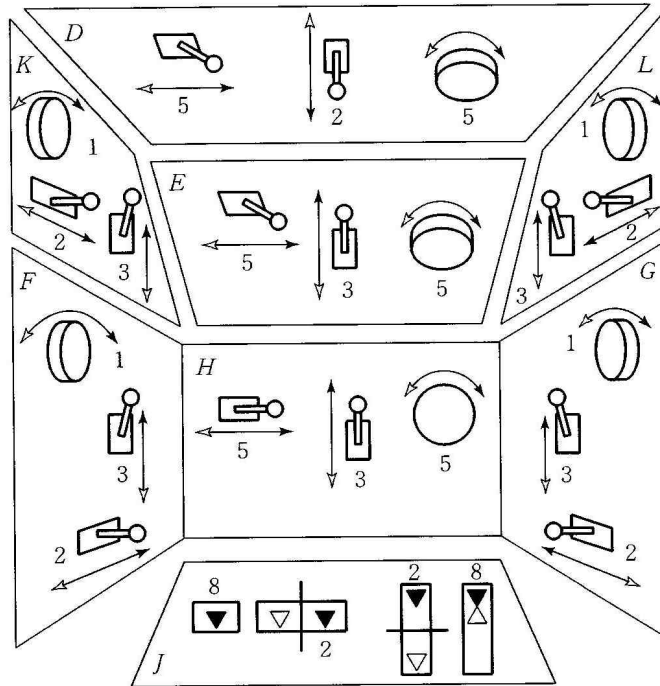
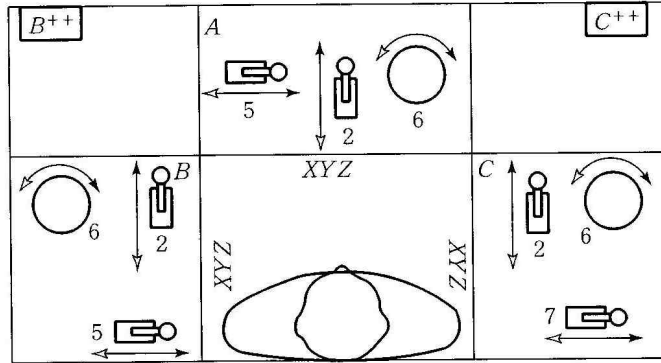
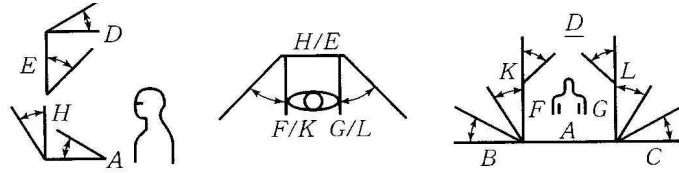


그림 50. 조작 장치의 위치와 조작 방향(ISO 15077)

2차년도/주관연구기관 통합시스템 제작 및 성능평가 CH7) 주행부 설계 및 제작



◇ 주행부 설계

✓ 주행 속도

- ❖ 포장까지의 이동, 또는 포장에서 다른 포장으로 이동 시간을 절약하기 위하여 주행 속도는 벼, 보리 수확용 콤바인의 수준(최고 2.5m/s)으로 함
- ❖ 변속 단수는, 부변속 2단(저속/고속), 주변속 3단(1/2/3단), 후진 변속으로 함

표 40. 단수별 주행 속도(정격회전수 2,500rpm)

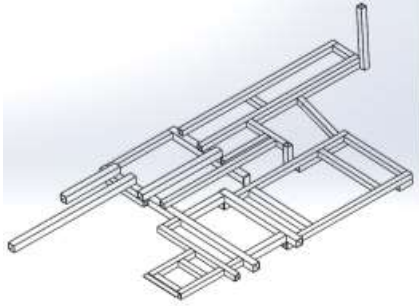
단 수		속도(m/s)
부변속	주변속	
저속	1단	0.5
	2단	0.8
	3단	1.2
	후진	0.4
고속	1단	0.8
	2단	1.6
	3단	2.4
	후진	0.8

✓ 작업 속도

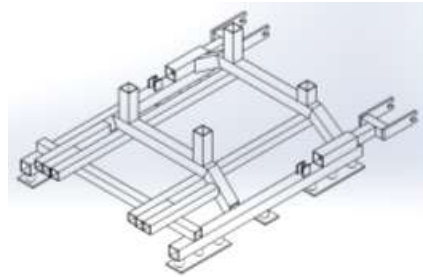
- ❖ 배추는 굴취 시 배추의 손상을 방지하기 위해서 굴취 자세가 중요함
- ❖ 굴취 자세는 좌우 조향이 미세하게 조정되어야 하고, 이송부의 승하강이 미세하게 조정되어야 함
- ❖ 동시에 작업도 초저속(0.5m/s 이하)으로 조작이 가능해야 함

✓ 주행프레임 크기

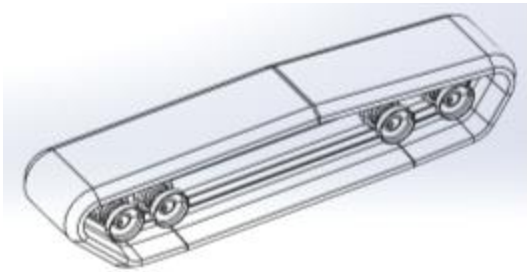
- ❖ 1톤 트럭에 적재가 가능한 주행프레임의 크기로 설계함
- ❖ 일반적으로 우리나라 1톤 트럭의 적재함 크기는 2,860 x 1,630mm임



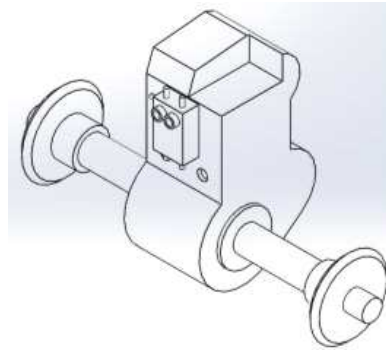
주행프레임



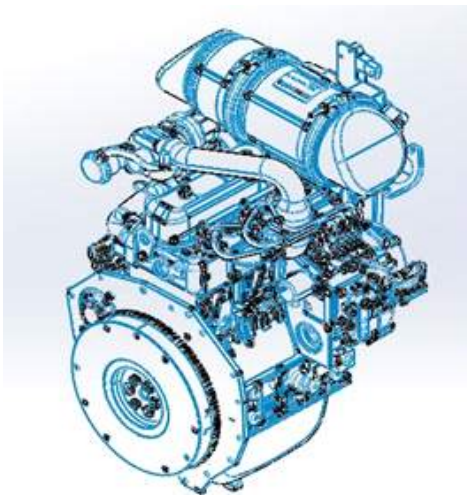
트럭프레임



바퀴



밧션



엔진



1톤 트럭 적재함

그림 51. 주행부 주요 구성요소

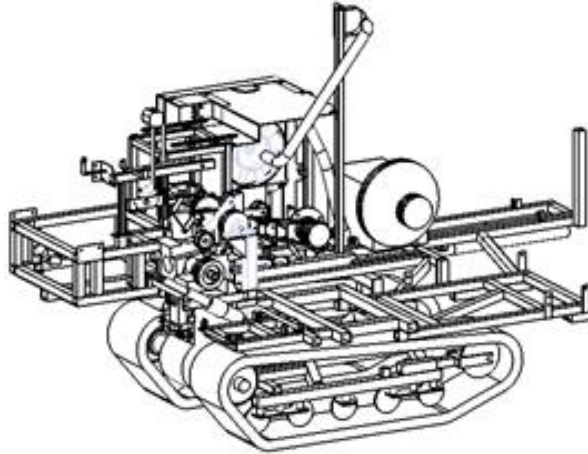


그림 52. 주행부 전체

- ✓ 무한궤도 크롤러 바퀴
 - ❖ 포장에 안정적으로 진입하기에 유리한 궤도식을 채용함
 - ❖ 궤도식 바퀴는 접지압이 낮기 때문에 빠지는 포장에서도 작업이 가능함
 - ❖ 궤도식 바퀴는 벼, 보리용 콤바인의 대부분에 채용되고 있음



그림 53. 무한궤도 크롤러 고무바퀴

- ✓ 조향 방식
 - ❖ 좌우 궤도를 구동하는 축에 동력을 차단하는 방법으로 선회하는 도그기어 방식을 채택함
 - ❖ 이 방식은 벼, 보리용 콤바인에 일반적으로 채용되어 있는 방식인데, 직진할 때는 도그기어가 물려 있어서 궤도를 구동하는 축에 동력이 전달되는데, 조향 조작을 하게 되면 유압이 좌우 조향용 실린더에 들어가고, 실린더는 도그 기어에 연결되어 있는 포크를 회전시키게 되고, 이 회전력은 도그 기어를 빼게 됨
 - ❖ 도그 기어가 빠짐으로써 동력은 차단되는데, 동력이 차단된 궤도는 구름 저항에 의해 동력을 잃게 되고, 서행 또는 정지하게 됨
 - ❖ 조향은 동력이 차단된 궤도의 방향으로 이루어짐
 - ❖ 도그 기어를 빼는 방식은 좌우 조향 레버를 별도로 두는 링크 식이 있고, 유압을 이용하는 방식이 있는데, 본 배추수확기는 유압을 이용하되 좌우 조향 레버를 별도로 두는 방식을 채택함

✓ 이송부 승강 방식

- ❖ 이송부는 도로 주행이나 포장 진출입 할 때 상승 시키고, 배추 수확 작업을 할 때는 내리는 조작이 필요함
- ❖ 일반적으로 이송부 승강은 유압실린더를 이용하는데, 본 배추수확기의 이송부 승강에도 유압실린더를 채택함

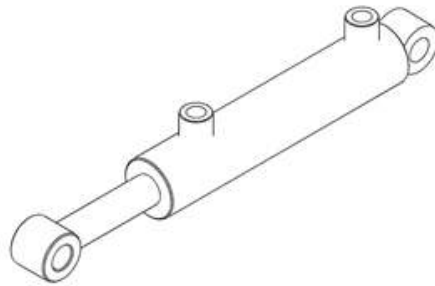


그림 54. 유압실린더

✓ 이송부 승강 미세조정 방식

- ❖ 배추수확기의 굴취부가 배추를 붙잡을 때 배추의 중하단을 정확하게 잡기 위해서는 이송부 승강을 미세하게 조정할 필요가 있음
- ❖ 이를 위해서 굴취부 인근에 이송부를 승강 시킬 수 있는 별도의 장치가 필요함
- ❖ 이 장치에는 전자식 실린더를 사용하고, 승강 위치의 기준점은 지면으로 하기 위해서 지면 접촉식 보조바퀴를 설치함
- ❖ 보조바퀴는 작업할 때 항상 지면에 접촉되어 있고, 전자식 실린더는 보조바퀴에 연결되며, 보조바퀴를 내리거나 올림으로써 이송부의 승강작동 구조로 설계함

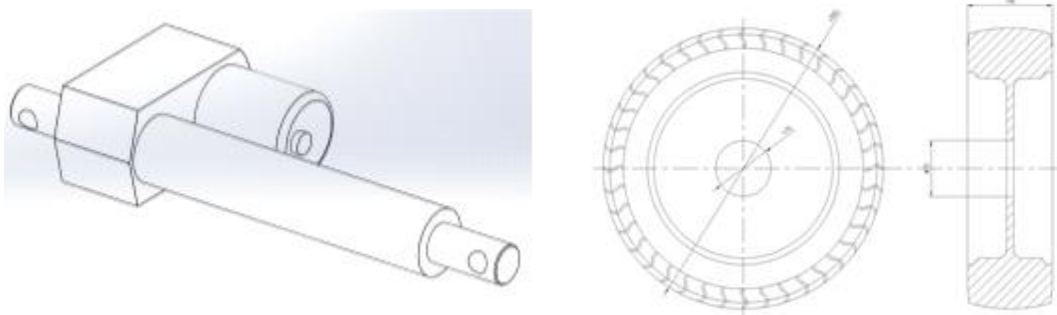


그림 55. 전자실린더(좌), 보조바퀴(우)

✓ 이송부 벨트 속도 조정 방식

- ❖ 이송부 벨트의 속도는 작업 속도에 비례하여 조정할 필요가 있음
- ❖ 이송부의 벨트가 작업 속도보다 느리게 되면 이송부가 배추가 적체될 것이고, 너무 빠르게 되면 배출부에 배추가 적체될 가능성이 있음
- ❖ 이송부의 벨트 속도는 작업속도보다 10~20% 정도 빠르게 함으로서 이송부에 배추가 적체되는 것을 예방할 수 있고, 또한 배출부에 배추가 적체되는 것을 방지할 수 있음

- ❖ 이송부에서 배추의 이송 속도는 뿌리 절단과도 관계가 있음
- ❖ 배추의 이송 속도가 너무 빠르게 되면 뿌리의 절단 각도가 달라질 수 있고, 너무 느리면 뿌리 절단이 안 될 수도 있음
- ❖ 이 부분은 실제 수확 작업 시험을 통해서 적절한 이송 속도를 결정해야 함

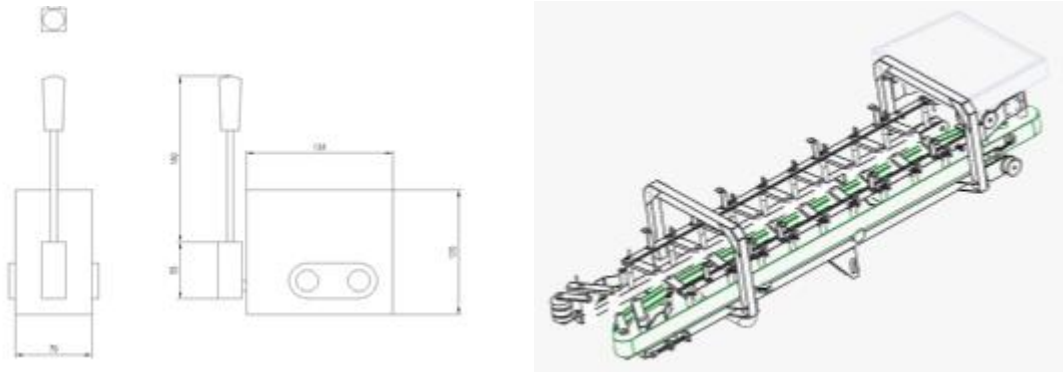


그림 56. 이송벨트 속도조절 밸브(좌), 이송부(우)

✓ 브레이크 방식

- ❖ 브레이크는 밧션 내부에 설치되는 좌우 조향용 브레이크 판을 사용함
- ❖ 조향용 브레이크 판은 좌우 조향할 때 사용하게 되는데, 회전반경을 작게 할 경우 이 브레이크 판이 작동함
- ❖ 브레이크는 좌우 브레이크 판을 동시에 작동시킴으로써 작동하게 됨. 브레이크 페달과 좌우 도그 기어 작동용 포크 암이 서로 링크로 연결되고, 페달을 밟으면 링크를 통해 좌우 도그기어를 빼면서 동시에 좌우 브레이크를 작동 구조가 됨
- ❖ 일반적으로 벼, 보리용 콤바인에 사용되고 있음

✓ 주행 클러치 방식

- ❖ 주행 클러치는 주행 속도 변속을 할 때 필요한데, 주행 클러치 페달을 별도로 설치하고, 밧션으로 동력이 전달되는 곳에 기계식 클러치를 설치하며, 클러치 페달과 기계식 클러치를 링크로 연결함
- ❖ 클러치 페달을 밟으면 동력이 차단되고, 페달에서 발을 떼게 되면 동력이 다시 전달되는 구조임

✓ 주차 방식

- ❖ 주차는 브레이크가 작동된 상태를 유지하는 방식임
- ❖ 브레이크 페달을 밟은 상태에서 페달이 고정될 수 있는 레버를 페달 옆에 설치하여 페달을 고정하는 방식임
- ❖ 일반적으로 벼, 보리용 콤바인에 사용하고 있음

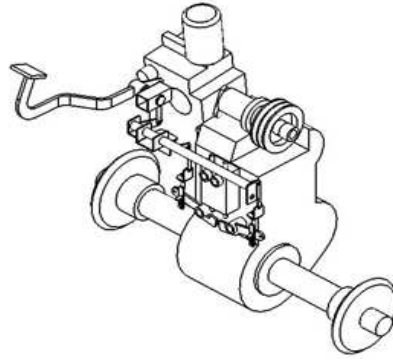


그림 57. 브레이크 링크 구조

✓ 계기판 표시 내용

- ❖ 계기판은 엔진 회전수, 엔진 오일 온도, 엔진 오일 압력, 연료량, 배터리 용량 이 표시됨

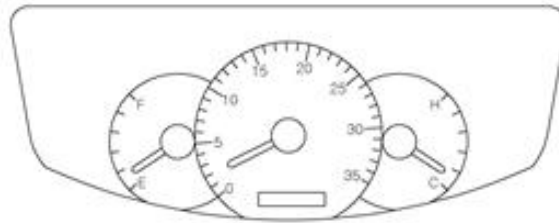


그림 58. 계기판 일반

✓ 유압 공급 장치

- ❖ 유압은 이송부 승강, 좌우 조향, 그리고 이송벨트 구동에 사용됨
- ❖ 이송부 승강과 좌우 조향에 필요한 유압은 기어펌프를 사용하고, 이송부 벨트 구동에 필요한 유압은 파워팩을 사용함
- ❖ 기어 펌프와 파워팩을 구동하는 동력은 엔진에서 직접 벨트를 통해 공급받음

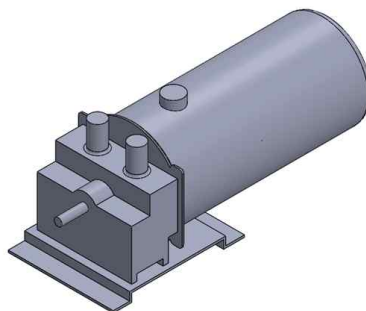


그림 59. 유압펌프

✓ 엔진 회전수 조정

- ❖ 엔진의 회전수는 와이어를 이용하여 조정하게 되고, 이 와이어를 조작하기 위해 조작부에 레버를 설치한다.
- ❖ 이 방식은 일반적으로 벌, 보리용 콤바인에 주로 사용하고 있다.

◇ 주요작업부 설계 사양

- ✓ 굴취부: 굴취 작업의 진행 순서: 깔대기 형의 굴취부에 진입한 배추는 좌우측의 반송벨트가 배추의 중하단 부분을 감싸게 되고, 기체가 앞으로 이동하면서 전면 경사를 이루고 있는 송부가 배추를 지면에서 뽑아 올림

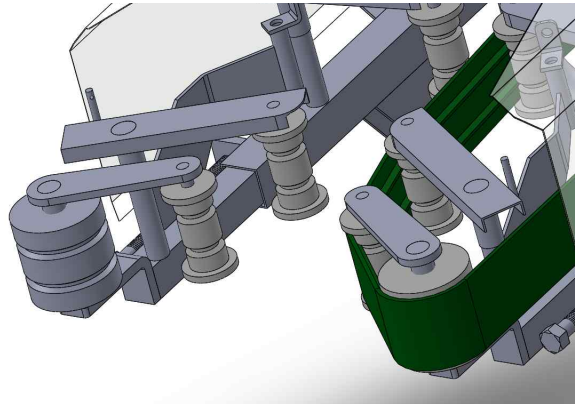


그림 60. 굴취부

- ✓ 이송부: 이송 작업의 진행 순서: 굴취된 배추는 2개의 이송벨트에 의해 배출부로 이송됨. 이송되고 있는 배추가 이송벨트에서 이탈되지 않도록 2개의 이송벨트가 서로 배추를 누르면서 붙들게 되는데, 이 때 배추를 누르고 있는 힘은 이송벨트의 텐션을 유지시켜 주는 텐션 스프링에 의해 발생함

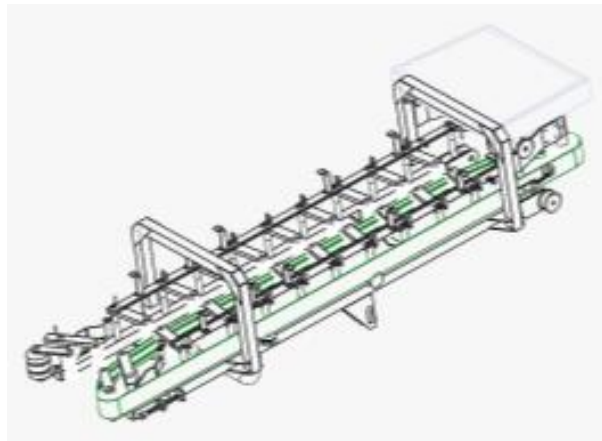


그림 61. 이송부

- ✓ 절단부
 - ❖ 배추 뿌리 절단 방법: 배추가 수확기에 의해 포장에서 굴취된 후 2개의 이송벨트는 배추의 중하단을 감싼 채로 배추를 배출부로 이송함
 - ❖ 배추 뿌리 절단부는 이송부에 설치되어 있으면서 이송벨트에 의해 이송되는 배추의 뿌리를 이송되는 힘에 의해 절단하게 됨

- ❖ 배추 뿌리를 절단하는 힘은 배추 이송벨트의 이송 속도에 의해 발생함. 이 때 배추 뿌리 절단 칼날은 이송부 하단에 고정되어 있음
- ❖ 절단 칼날은 내마모성을 높이기 위해서 재질을 SK5로 선정했음
- ❖ 칼날의 형상은 150°의 'V'자 형으로 함으로써 뿌리의 절단효과를 높였음
- ❖ 칼날을 상하로 조절할 수 있도록 함으로써 뿌리의 위치에 따라 조정이 가능한 구조로 설정하였음

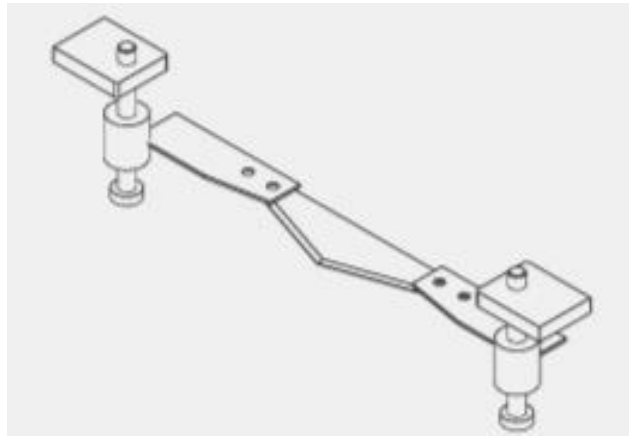


그림 62. 절단부

✓ 배출부

- ❖ 배출부의 내부 구조: 배출부는 이송부의 끝부분에 연결되어 있음
- ❖ 이송벨트는 배추를 이송벨트 끝부분까지 이송을 하고, 이송벨트가 끝나는 부분에서 배추는 벨트를 벗어나게 됨
- ❖ 이송벨트를 벗어난 배추는 자중에 의해 배출부 컨베이어 위로 떨어짐. 배추가 이송벨트에서 배출부 컨베이어로 떨어지는 높이는 10cm 이내이기 때문에 낙하에 의한 배추의 손상은 없음

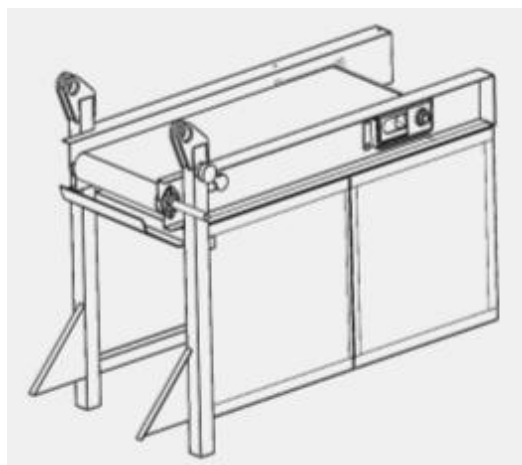


그림 63. 배출부

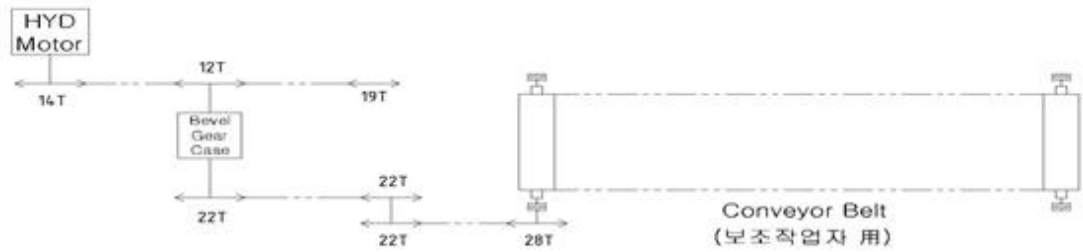


그림 64. 배출부 동력전달 계통

- ✓ 적재부: 배출부의 배추를 담은 메쉬파렛트를 올려 놓는 곳임, 접을 수 있는 구조로 되어 있어서 배추수확기가 이동을 할 때 또는 보관을 할 때 적재부를 접을 수 있도록 되어 있음, 올려 놓은 메쉬 파렛트에 배추가 가득 차게 되면, 포크리프트가 장착된 트랙터가 이 파렛트를 배추 수집 장소로 이동시키게 됨

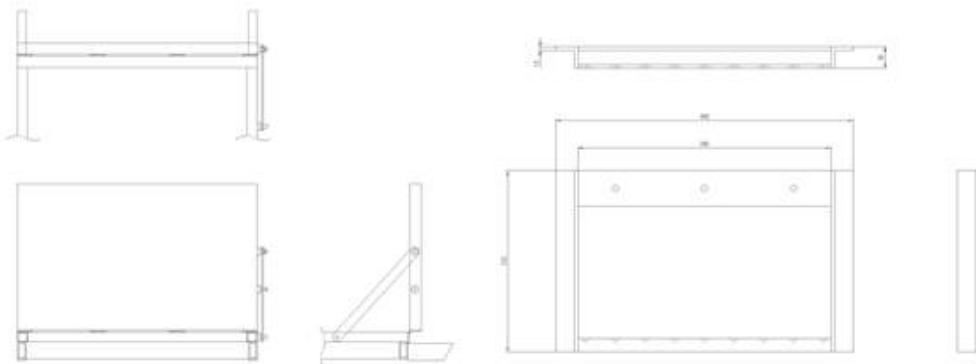


그림 65. 적재부(좌), 적재부 승차용 계단

◇ 통합시스템의 설계

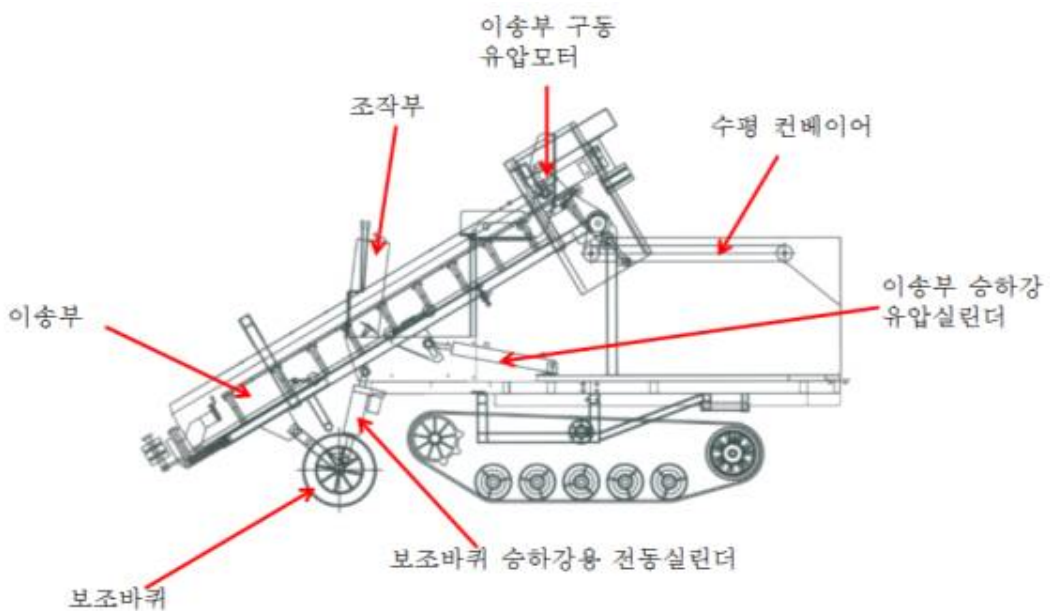


그림 66. 통합시스템의 구성

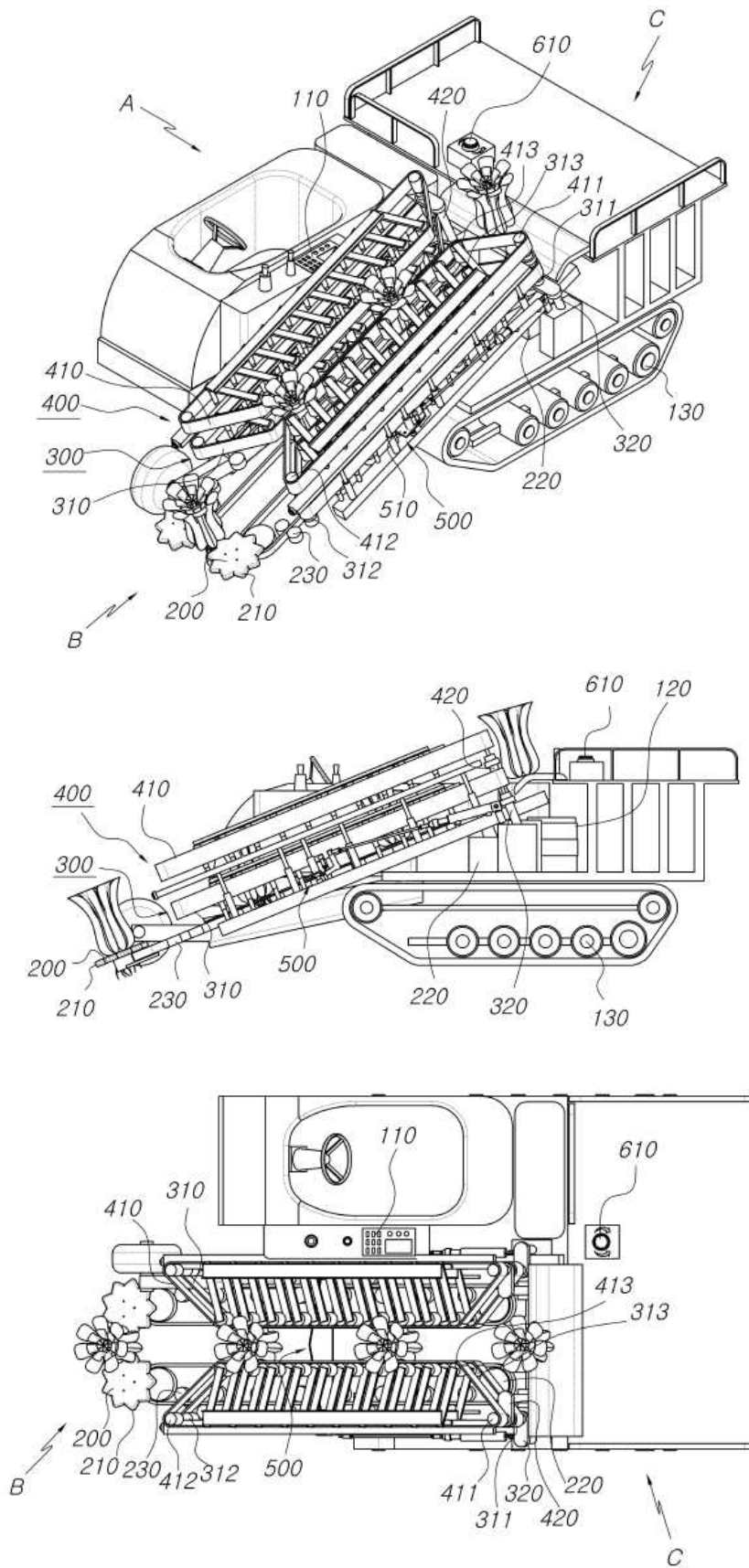


그림 67. 통합시스템의 구성(등록특허 10-1802405 대표도)

◇ 주행부 및 운전 조작장치 시작품 제작

- ✓ 배추수확기의 작업 순서는 굴취, 이송, 배출, 적재 작업으로 진행됨
- ✓ 굴취부와 이송부는 전방으로 돌출되어 있기 때문에, 앞쪽으로 무게 중심이 이동하게 됨
- ✓ 무게 중심을 배추수확기의 중심으로 이동시키기 위해서 배출부를 후방으로 돌출시켜서 전후 무게 균형을 이루도록 설계하였음
- ✓ 배추수확기 전체 중량의 20%를 차지하는 “엔진을 배추수확기의 중심에 배치함으로써 전후 무게 발란스가 맞도록 제작” 하였음



그림 68. 주행부



그림 69. 운전조작장치



그림 70. 절단부



그림 71. 이송부



그림 72. 배출부



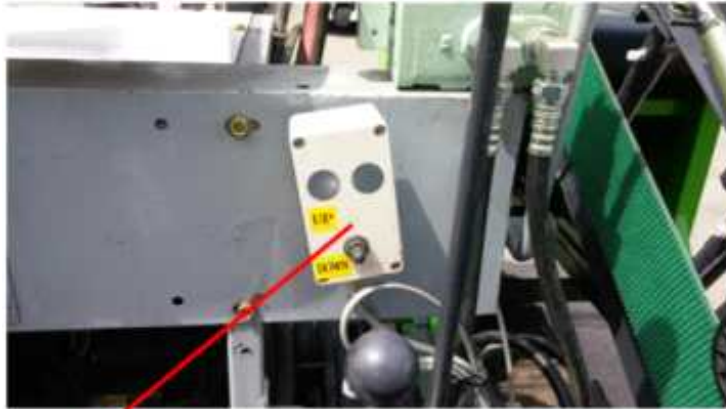
그림 73. 적재부

✓ 주요작업부와 주행부 및 운전조작부 통합



그림 74. 조립된 배추수확기 전체 모습

✓ 운전조작부의 기능



이송부 보조바퀴 승강 조절 스위치



- 이송부 승하강 레버
- 좌우 조향 레버
- 주변속 레버
- 엔진 조속 레버
- 키 스위치
- 방향지시등 스위치
- 부변속 레버
- 클러치 페달



이송벨트 속도 조절 레버

그림 75. 조립된 배추수확기 운전조작부

✓ 통합시스템의 전체적인 구조

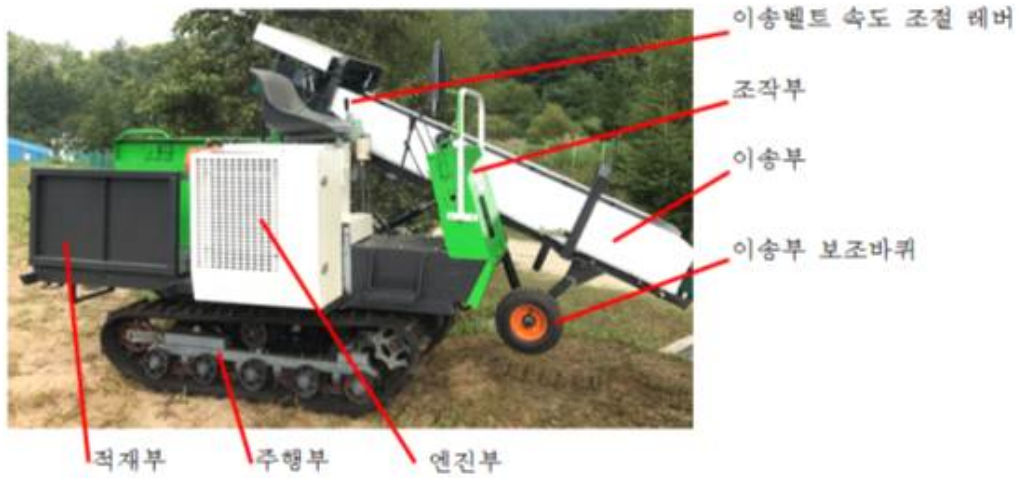


그림 76. 조립된 배추수확기 주요장치

2차년도/주관연구기관) 통합시스템 제작 및 성능평가 CH8) 통합시스템 제작 및 작동성, 내구성, 내환경성에 대한 기초 성능평가



◇ 기초성능평가를 위한 주요 요소인자

✓ 작동성

- ❖ 주행 속도 조절-부변속 2단, 주변속 3단
- ❖ 절단부 성능-절단날의 형상과 장착 위치, 장착 높이에 따라서 절단 성능의 차이 확인
- ❖ 이송부 속도 조절-유압모터로 압송되는 유압유의 량을 조절함으로써 이송 벨트의 속도가 조절됨
- ❖ 배출부 성능-이송부의 회전부에서 동력을 취출하여 배출부를 회전시킴
- ❖ 적재부 구조-일반 적재용 파렛트를 활용함으로써 별도의 적재함 제작이 불필요함

✓ 내구성

- ❖ 주행부 내구성-고품질의 오일 씰 채용으로 이물질 혼입 방지
- ❖ 절단부 내구성-뿌리 절단날의 재질과 열처리
- ❖ 이송부 벨트 및 벨트 텐션의 내구성-내마모성 벨트 재질, 내마모성 텐션폴리, 장수명용 텐션스프링
- ❖ 배출부 내구성-내마모성 컨베이어 벨트

✓ 내환경성

- ❖ 내마모성 이송벨트-토양과의 마찰에 따른 마모 줄임
- ❖ 낮은 접지압-궤도형 바퀴 채용으로 포장지 이동 용이
- ❖ 조작 편의성-유압시스템 채용으로 조향, 이송부 승강 조작 용이
- ❖ 수확 배추 운반성-트랙터를 이용하여 적재함 운반

◇ 통합시스템의 수확 작업에 대한 성능평가

✓ 굴취부

- ❖ 굴취 작업의 진행 순서: 깔대기 형의 굴취부에 진입한 배추는 좌우측의 반송벨트가 배추의 중하단 부분을 감싸게 되고, 기체가 앞으로 이동하면서 전면 경사를 이루고 있는 송부가 배추를 지면에서 뽑아 올림
- ❖ 굴취 작업의 성능은 굴취 작업은 결주 없이 원활하게 진행되었음

✓ 이송부

- ❖ 이송 작업의 진행 순서: 굴취된 배추는 2개의 이송벨트에 의해 배출부로 이송됨
- ❖ 이송되고 있는 배추가 이송벨트에서 이탈되지 않도록 2개의 이송벨트가 서로 배추를 누르면서 붙들게 되는데, 이 때 배추를 누르고 있는 힘은 이송벨트의 텐션을 유지시켜 주는 텐션 스프링에 의해 발생함
- ❖ 이송 작업의 성능은 실제 배추 수확 작업을 했을 때 배추는 이송벨트에서 이탈되지 않고 원활하게 이송되었음



그림 77. 굴취부 및 이송부

✓ 절단부

- ❖ 뿌리 절단 방법: 배추가 수확기에 의해 포장에서 굴취된 후 2개의 이송벨트는 배추의 중하단을 감싼 채로 배추를 배출부로 이송함
- ❖ 뿌리 절단부는 이송부에 설치되어 있으면서 이송벨트에 의해 이송되는 배추의 뿌리를 절단하게 됨
- ❖ 뿌리를 절단하는 힘은 배추 이송벨트의 이송 속도에 의해 발생함. 이 때 배추 뿌리 절단 칼날은 이송부 하단에 고정되어 있음
- ❖ 절단 칼날에 의해 배추 뿌리가 절단되었음. 그러나 절단되는 뿌리의 위치가 일정하지 않고, 절단 각도 또한 일정하지 않은 문제점이 발견되었음



그림 78. 절단부

✓ 배출부

- ❖ 배출부는 이송부의 끝부분에 연결되어 있음
- ❖ 이송벨트는 배추를 이송벨트 끝부분까지 이송을 하고, 이송벨트가 끝나는 부분에서 배추는 벨트를 벗어나게 됨
- ❖ 이송벨트를 벗어난 배추는 자중에 의해 배출부 컨베이어 위로 떨어짐. 배추가 이송벨트에서 배출부 컨베이어로 떨어지는 높이는 10cm 이내이기 때문에 낙하에 의한 배추의 손상은 없음
- ❖ 성능은 실제 배추가 이송부에서 배출부로 이동하는데 문제는 없었음



그림 79. 배출부

✓ 적재부

- ❖ 적재부의 구조: 적재부는 배출부의 배추를 담는 메쉬파렛트를 올려 놓는 곳임
- ❖ 적재부는 접을 수 있는 구조로 되어 있어서 배추수확기가 이동을 할 때 또는 보관을 할 때 적재부를 접을 수 있도록 되어 있음
- ❖ 적재부에 올려 놓은 메쉬 파렛트에 배추가 가득 차게 되면, 포크리프트가 장착된 트랙터가 이 파렛트를 배추 수집 장소로 이동시키게 됨



그림 80. 적재부

✓ 조작부

- ❖ 조작부는 좌우 조향 레버, 이송부 승강 레버, 이송부 승강 미세조정 스위치, 작업 속도 조절을 위한 주변속과 부변속 레버, 엔진을 회전수 조절을 위한 조속레버, 좌우 방향 지시등 스위치, 계기판, 키스위치, 브레이크 페달, 주차 레버로 구성됨

- ❖ 조작 성능: 좌우 조향, 이송부 승하강, 이송부 승하강 미세조정, 부변속, 주변속, 엔진 회전수 조절, 브레이크, 주차레버, 좌우 방향지시등이 원활하게 작동됨



그림 81. 조작부

◇ 통합시스템 전체 모습

- ✓ 통합시스템의 전체적인 구성은 주행부, 엔진, 이송부, 조작부, 배출부, 적재부, 유압부, 전기부 및 동력전달부로 구성되어 있음, 조작성은 “통합시스템의 배추수확작업이 가능한 수준으로 조작이 가능” 했음



그림 82. 통합시스템 전체 모습

- ✓ 배추의 작황 상태: 배추 포장지는 조간 75cm, 주간 30cm로 배추가 재배되어 있고, 가뭄의 영향으로 작황이 평년보다 좋지 않은 상황에서 수확시험을 진행하였음



그림 83. 시험지의 배추 작황상태

- ✓ 시험 주행속도 측정 결과

표 41. 시험 주행속도 측정 결과

단 수		속도(m/s)
부변속	주변속	
저속	1단	0.57
	2단	0.81
	3단	1.19
	후진	0.41
고속	1단	0.81
	2단	1.58
	3단	2.31
	후진	0.75

2차년도/1협동연구기관) 동력 전달부 이론분석 및 최적설계
CH9) 동력 전달시스템 이론분석 및 최적설계



◇ 동력 전달 시스템 선행 연구

- ✓ AMESim을 활용한 차량용 유압회로 최적 설계에 대한 연구가 진행되었으며, 동력 전달 회로 주요 부품 Parameter study를 통한 스플 직경, 스프링 인자, 유압 입/출력 직경 등을 최적화하여 피스톤 반응시간, 과압 방지, 공기 배출 등의 성능을 확보하였음
- ✓ 지게차 전용 동력전달시스템의 설계 및 개발에 관한 연구가 진행되었으며, 2.0~3.5톤의 리프트 트럭에 특화된 동력전달시스템을 개발하였음

◇ 동력 전달 장치 : 기계가 일을 할 수 있도록 외부에서 들어온 동력을 전달하는 것을 말하며 대부분의 기계는 전동용 기계요소로 이루어진 동력 전달 장치를 이용하여 동력을 효과적으로 전달함. 동력 전달 장치에는 마찰차 전동, 기어전동, 체인과 스프로킷 전동, 벨트와 벨트 풀리 전동, 캠 전동, 링크 전동 등이 있음.

◇ 배추수확기 동력전달시스템

- ✓ 조향제어부, 반송부 승하강제어부, 반송부 속도제어부로 구성
- ✓ 사용된 기계부품: 엔진, 유압펌프, 유압모터, 유압밸브, flow control v/v

표 42. 동력전달 시스템 기계부품 재원

구 분	재 원
엔진	: 국제종합기계 A1100T : 직립 수냉식 4사이클 디젤엔진

	<ul style="list-style-type: none"> · 실린더수: 3개, 실린더 내경×행정: 78×82 mm · 엔진 배기량: 1175cc, 최대출력: 22 kW/2600 rpm
유량조절밸브	<ul style="list-style-type: none"> · DYTROL MRV PC-03E · 레버 조작력: 69 N 이하, 레버 조작 각도: ± 32°, 질량: 약 8 kg · 최고압력 20.6MPa, 정격용량: 40L/min
유압펌프	<ul style="list-style-type: none"> · MARZOCCHI ALP2A-D-6 · 용적 용량 15cc/rev, 최고압력 290bar
유압모터	<ul style="list-style-type: none"> · 용적용량 15cc/rev
유압밸브	<ul style="list-style-type: none"> · 릴리프 밸브(압력 300 bar), 체크밸브(크래킹 압력 0.5bar)

- ❖ 엔진에 의해 전체 동력전달원이 구동
- ❖ 유압펌프가 조향제어부, 반송부 승하강제어부에 동력 전달
- ❖ Power pack의 유압이 반송부 속도제어부에 동력 전달

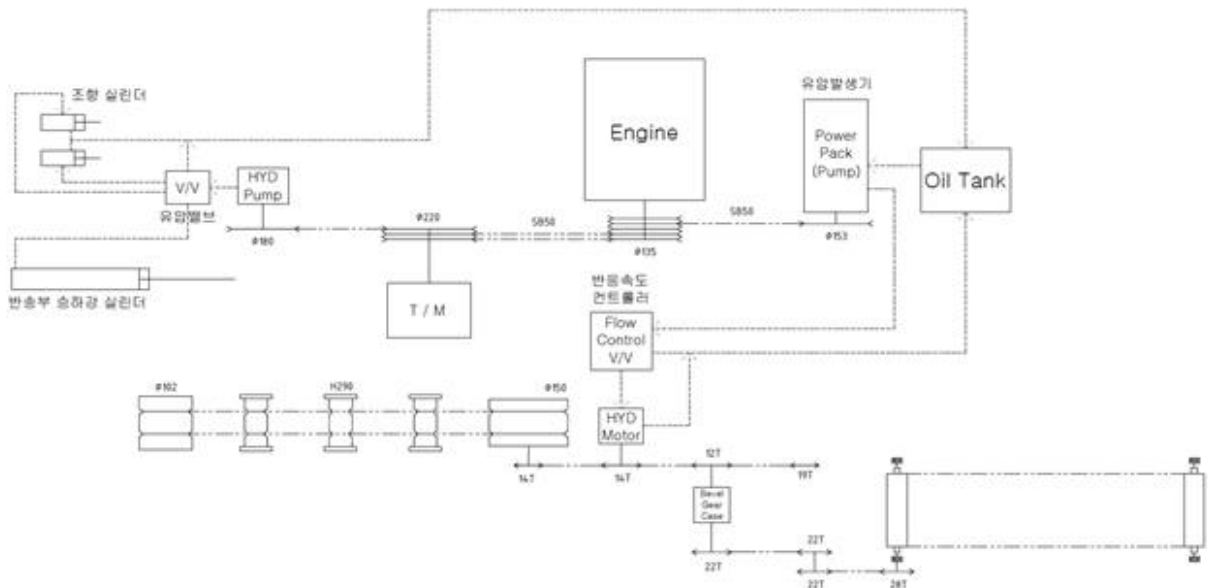


그림 84. 자주식 배추수확기의 동력전달 시스템 구상도

- ✓ 동력전달 방식: 정유압 변속기(HST): 유압 펌프가 유체를 가압하여 유압모터를 구동하고 유압 모터가 직접 또는 간접적으로 차륜을 구동하는 형식의 변속기
 - ❖ 엔진에서 동력이 발생하여 유압 펌프와 Power pack으로 전달
 - ❖ 엔진 동력이 변속기를 통해 유압펌프로 전달되고 전달된 동력이 밸브를 통해 조향부 및 승하강부를 제어
 - ❖ 엔진 동력이 Power pack으로 전달되어 유량 제어 밸브를 통과하여 유압 모터에 동력을 전달하고 모터의 출력을 활용하여 작업부의 작동을 위한 동력을 전달



그림 85. 자주식 배추수확기의 동력전달 체계도

◇ AMESim을 활용한 동력 전달 시스템 최적 설계

✓ 시뮬레이션 프로그램

- ❖ 비용 절감 및 개발 기간의 단축이라는 점에서 매우 유용한 CAE(Computer Aided Engineering) 기술을 활용하였음. 동력전달시스템 분석을 위하여 독일 SIEMENS 회사의 시뮬레이션 프로그램인 LMS를 활용하였음. LMS은 인텔리전트 시스템의 다분야적 성능을 정확하게 예측할 수 있는 통합 시뮬레이션 플랫폼을 제공한다. 또한 멀티 도메인 제어 시스템을 모델링, 시뮬레이션, 해석하는 기능을 제공하며, 제어 설계를 연결하는 플랜트 모델링 기능을 통해 제어 전략을 평가 및 검증할 수 있도록 지원함

✓ 회로 구성

- ❖ 엔진 구성: 엔진 배기량 1175cc, 최대출력 22 kW/2600 rpm

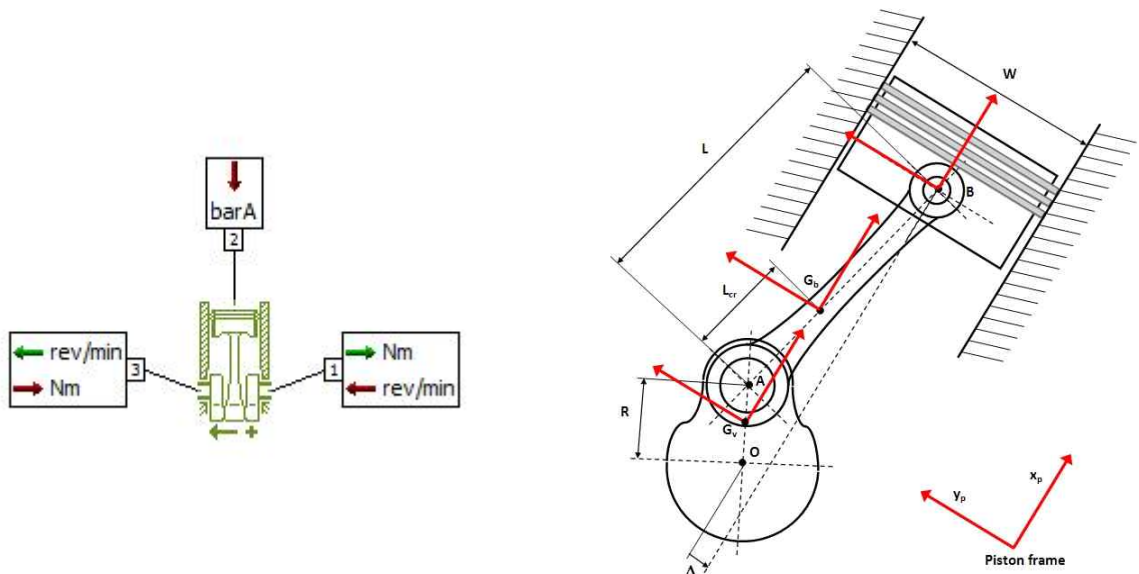


그림 86. 엔진 구성 및 작동 개념도

- ❖ 유압 펌프 및 유압 모터 구성: 펌프(용적 용량 15cc/rev, 최고압력 290bar), 모터 (용적용량 15cc/rev)

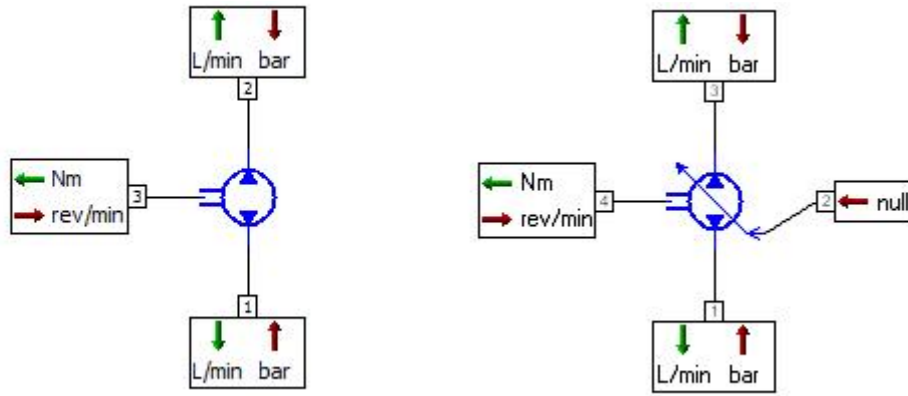


그림 87. 유압 모터 및 유압펌프

- ❖ 유압 밸브 구성: 릴리프 밸브(압력 300 bar), 체크밸브(크래킹 압력 0.5bar)
- ❖ 유량조절밸브 구성: 최고압력 20.6MPa, 용량 40L/min

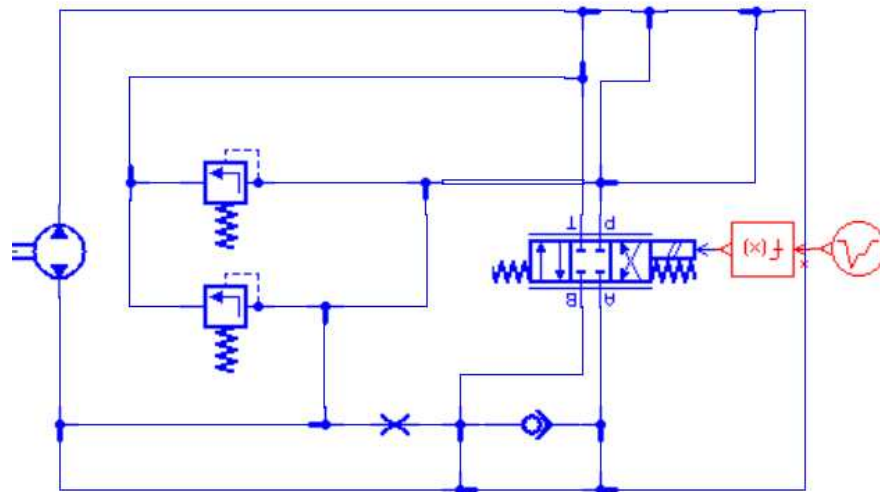


그림 88. 유량조절밸브 회로

- ❖ 자주식 배추수확기 동력 전달 시스템 구상도를 바탕으로 AMESim을 활용하여 시뮬레이션 모델을 아래 그림과 같이 구성함. 동력은 엔진에서 시작하여 유압펌프, 유압 밸브, 유압 모터, 유량조절밸브로 입력되는 회로로 구성됨. 추후에 개발한 모델을 활용하여 동력전달시스템의 작동상태 평가가 필요함

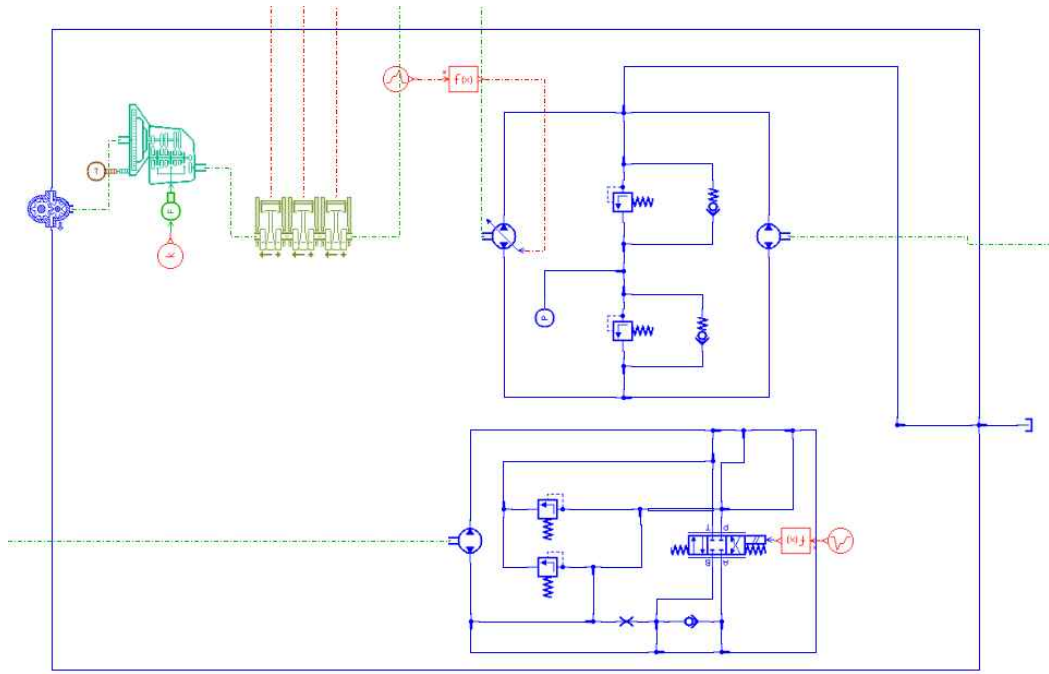


그림 89. 전체 회로 구성도

2차년도/1협동연구기관) 동력 전달부 이론분석 및 최적설계
CH10) 제작된 동력 전달시스템에 대한 평가:
작동상태, 진동



◇ 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform; FFT)

- ✓ 이산푸리에 변환공식에서 반복되는 계산의 제거를 통해 빠르게 변환 함
- ✓ 이산푸리에 변환에서의 중복항

- ❖ 이산푸리에 변환: 지수함수의 주기적 특성으로 인하여 일부 혹은 전체 계산과정이 한번 또는 그 이상 중복 계산됨

$$X_m = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi mn/N}, \quad m = 0, 1, \dots, N-1 \quad \text{식(15)}$$

- ❖ 여기서 m 은 주파수를 나타내는 상수 지수로서 $\omega = 2\pi m/NT[\text{rad/sec}]$ 를 나타내는데 사용되며 x_n 은 $x(t)$ 의 n 번째 표본이고, N은 표본의 개수를 나타냄
- ✓ 지수항의 변하지 않는 항목을 표현한 이산푸리에 변환
 - ❖ 지수항의 변하지 않는 항목: 주기적인 특성을 나타냄

$$W_N = e^{-j2\pi/N} \quad \text{식(16)}$$

- ❖ 이산푸리에 변환

$$X_m = \sum_{n=0}^{N-1} x_n W_N^{mn}, \quad m = 0, 1, \dots, N-1 \quad \text{식(17)}$$

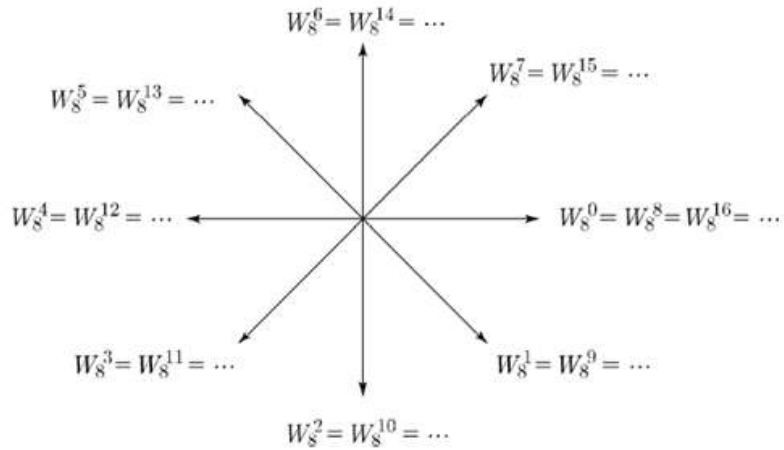


그림 00. N=8인 경우 W_N 의 주기적 특성

- ✓ N=8의 예제를 통한 고속 푸리에 변환

$$\begin{aligned} X_m &= \sum_{n=0}^7 x_n W_8^{mn}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, 7 \\ &= x_0 W_8^{0m} + x_1 W_8^{1m} + x_2 W_8^{2m} + x_3 W_8^{3m} + x_4 W_8^{4m} + x_5 W_8^{5m} + x_6 W_8^{6m} + x_7 W_8^{7m} \end{aligned} \quad \text{식(18)}$$

- ❖ 짝수항과 홀수항의 분해

$$x_m = x_0 W_8^{0m} + x_2 W_8^{2m} + x_4 W_8^{4m} + x_6 W_8^{6m} + W_8^m (x_1 + x_3 W_8^{2m} + x_5 W_8^{4m} + x_7 W_8^{6m}), \quad X_m = X_m^e + W_8^m X_m^o \quad \text{식(19)}$$

$$X_m^e = x_0 + x_2 W_8^{2m} + x_4 W_8^{4m} + x_6 W_8^{6m} \quad \text{식(20)}$$

$$X_m^o = x_1 + x_3 W_8^{2m} + x_5 W_8^{4m} + x_7 W_8^{6m} \quad \text{식(21)}$$

❖ 짝수항 X_m^e 에 대한 짝수항과 홀수항의 분리

$$X_m^e = x_0 + x_4 W_8^{4m} + W_8^{2m} (x_2 + x_6 W_8^{4m}) \quad \text{식(22)}$$

$$X_m^e = X_m^{ee} + W_8^{2m} X_m^{eo} \quad \text{식(23)}$$

$$X_m^{ee} = x_0 + W_8^{4m} x_4 \quad \text{식(24)}$$

$$X_m^{eo} = x_2 + W_8^{4m} x_6 \quad \text{식(25)}$$

❖ 최대 분해 항인 X_m^{ee} 에 대한 특성

$$\left. \begin{aligned} X_0^{ee} &= x_0 + x_4 \\ X_1^{ee} &= x_0 + W_8^4 x_4 \end{aligned} \right\} \text{주기성}$$

$$X_2^{ee} = x_0 + W_8^8 x_4 = x_0 + x_4 = X_0^{ee}$$

$$X_3^{ee} = x_0 + W_8^{12} x_4 = x_0 + W_8^4 x_4 = X_1^{ee}$$

$$X_4^{ee} = x_0 + W_8^{16} x_4 = x_0 + x_4 = X_0^{ee}$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
식(26)

❖ 최대 분해 항인 X_m^{eo} 에 대한 특성

$$\left. \begin{aligned} X_0^{eo} &= x_2 + x_6 \\ X_1^{eo} &= x_2 + W_8^4 x_6 \end{aligned} \right\} \text{주기성}$$

$$X_2^{eo} = X_0^{eo}$$

$$X_3^{eo} = X_1^{eo}$$

$$\vdots \quad \vdots$$
식(27)

❖ 짝수항 X_m^e 에 대한 특성: X_m^{ee} 와 X_m^{eo} 의 주기성을 이용

$$\left. \begin{aligned}
X_0^e &= X_0^{ee} + X_0^{eo} \\
X_1^e &= X_1^{ee} + W_8^2 X_1^{eo} \\
X_2^e &= X_2^{ee} + W_8^4 X_2^{eo} = X_0^{ee} + W_8^4 X_0^{eo} \\
X_3^e &= X_3^{ee} + W_8^6 X_3^{eo} = X_1^{ee} + W_8^6 X_1^{eo} \\
X_4^e &= X_4^{ee} + W_8^8 X_4^{eo} = X_0^{ee} + X_0^{eo} = X_0^e \\
X_5^e &= X_5^{ee} + W_8^{10} X_5^{eo} = X_1^{ee} + W_8^2 X_1^{eo} = X_1^e \\
&\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots
\end{aligned} \right\} \text{주기성}$$

식(28)

❖ 홀수항 X_m^o 에 대한 특성

$$\left. \begin{aligned}
X_0^o &= X_0^{oe} + X_0^{oo} \\
X_1^o &= X_1^{oe} + W_8^2 X_1^{oo} \\
X_2^o &= X_2^{oe} + W_8^4 X_2^{oo} = X_0^{oe} + W_8^4 X_0^{oo} \\
X_3^o &= X_3^{oe} + W_8^6 X_3^{oo} = X_1^{oe} + W_8^6 X_1^{oo} \\
X_4^o &= X_0^o \\
X_5^o &= X_1^o \\
&\vdots \quad \quad \quad \vdots
\end{aligned} \right\} \text{주기성}$$

식(29)

❖ 홀수항의 짝수항(X_m^{oe})과 홀수항(X_m^{oo})에 대한 특성

$$\left. \begin{aligned}
X_0^{oe} &= x_1 + x_5 \\
X_1^{oe} &= x_1 + W_8^4 x_5 \\
X_2^{oe} &= X_0^{oe} \\
X_3^{oe} &= X_1^{oe} \\
&\vdots \quad \quad \quad \vdots
\end{aligned} \right\} \text{주기성} \qquad
\left. \begin{aligned}
X_0^{oo} &= x_3 + x_7 \\
X_1^{oo} &= x_3 + W_8^4 x_7 \\
X_2^{oo} &= X_0^{oo} \\
X_3^{oo} &= X_1^{oo} \\
&\vdots \quad \quad \quad \vdots
\end{aligned} \right\} \text{주기성}$$

식(30)

✓ N=8에 대한 신호 흐름도(signal-flow graph)

- ❖ 신호통로를 추적하여 이산푸리에 변환 합 증명
- ❖ 입력표본들에 대하여 홀수항과 짝수항으로 마지막 2개의 짝이 남을 때 까지 완전 분해(decomposition): 정수 값들은 기호를 간략화하기 위한 표본의 위치

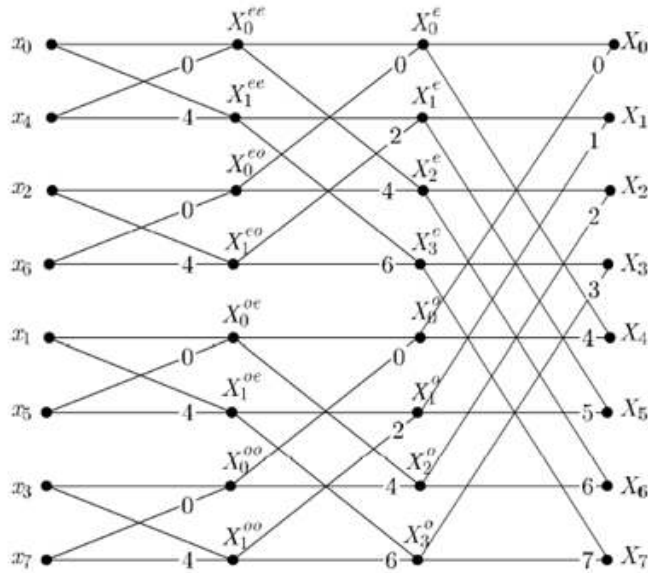


그림 90. 입력 비트 역전의 시간영역분해를 사용한 고속푸리에 변환(N=8)

❖ N=8에 대한 완전 분해(decomposition)

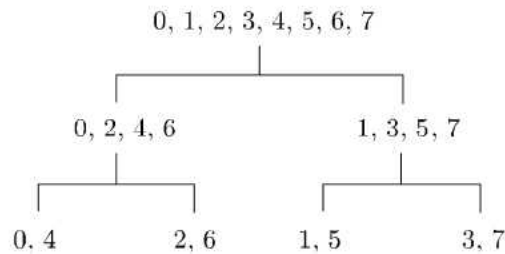


그림 91. 표본들의 분해

◇ 동력전달시스템 진동센서 선정

- ✓ 가속도계는 진동 또는 구조물의 운동 가속을 측정하는 장치. 진동 또는 운동의 변화에 의한 힘은 질량이 가해지는 힘에 비례하는 전하를 생성하는 압전재료에 압력을 가함. 전하는 힘에 비례하고 질량은 일정하기 때문에 전하 또한 가속에 비례함
- ✓ 진동센서는 National Instruments사의 초소형 3축 가속도계로 NI PXIe-4464, NI PXIe-4499, NI 9234 및 USB-4431 디바이스에 사용할 수 있으며, NI 9234를 선택하였음. 센서는 IEPE 전류 구동 사용하며, 5~100mV/g 범위의 3축 가속도계 민감도를 가짐

◇ 진동센서 실험

- ✓ NI 9234와 진동센서를 활용하여 실험을 진행함. 진동센서는 동력전달부와 협지이송부에 부착하였고 실험은 크게 시동만 걸었을 경우, 벨트를 가동시킬 경우, 주행을 하였을 경우 총 3가지로 나뉨

- ✓ 엔진의 회전수는 1200rpm, 2000rpm, 2600rpm 총 3단계로 실험을 진행함. 측정된 데이터는 x, y, z축의 값을 calibration하였으며, MATLAB을 활용하여 고속 푸리에 변환(FFT)을 함

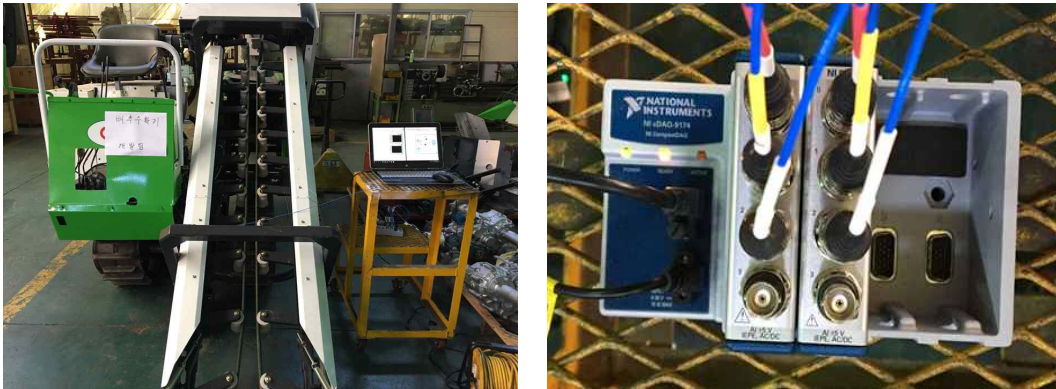
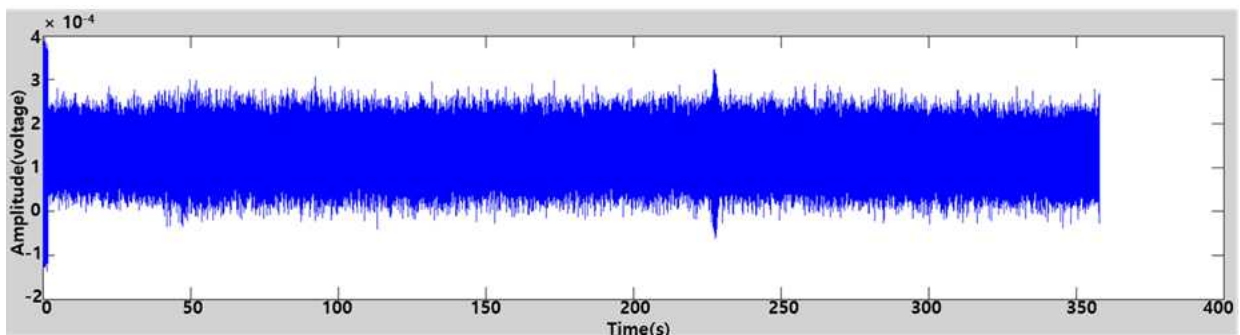


그림 92. 진동센서 설치(좌), 데이터 수집장치(우)



그림 93. 진동센서 부착위치(동력전달부(좌), 협지이송부(우))

- ✓ 정지(시동) 및 주행 진동데이터 비교(동력전달부)
 - ❖ 정지(시동) 시 시간에 따른 진폭은 최대 4×10^{-4} 까지 증가하고 비교적 규칙적인 반면에 주행 시 진폭은 최대 13×10^{-3} 까지 증가하고 불규칙적인 결과를 나타냄
 - ❖ Magnitude plot에서 주파수는 정지 시와 주행시 둘 다 15Hz정도로 나타났으며, 정지(시동)시 진폭보다 주행 시 진폭이 더 큼



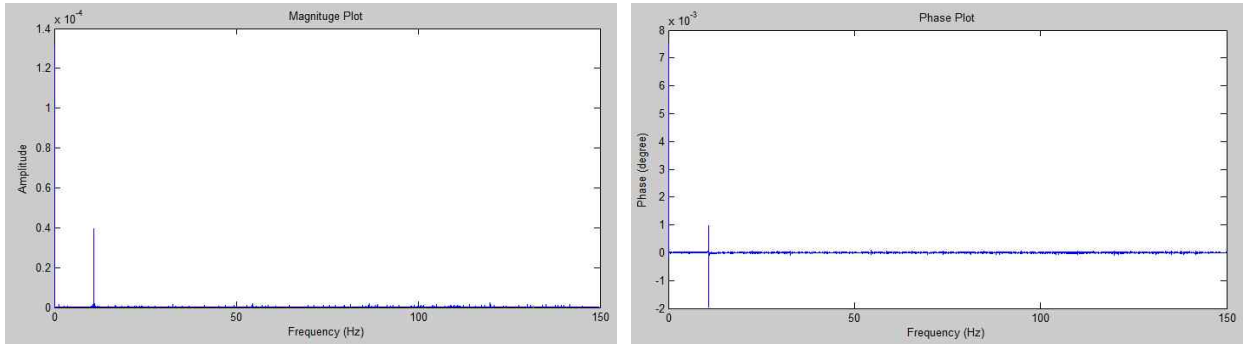


그림 94. 시동만 걸었을 때 동력전달부 진동데이터

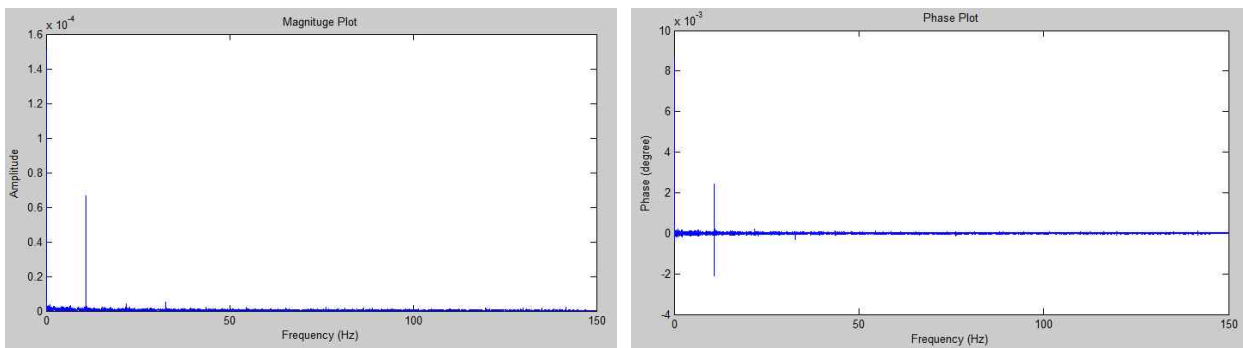
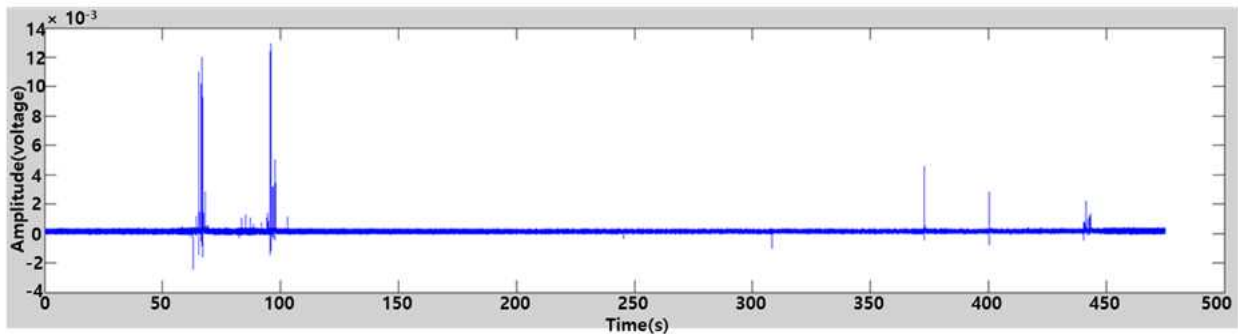
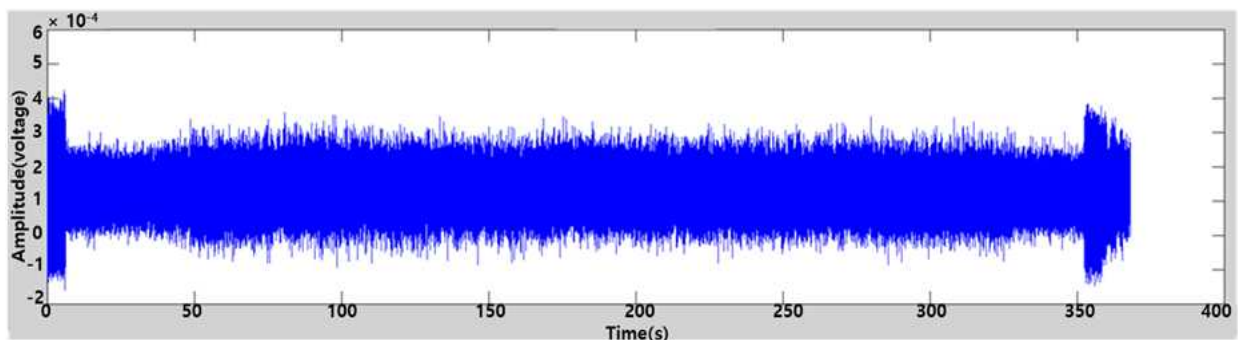


그림 95. 주행 시 동력전달부 진동데이터

✓ 벨트 구동 시 회전수 별 진동데이터 비교(동력전달부)

- ❖ 시간에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 4×10^{-4} , 2,000rpm에서 1.2×10^{-3} , 2,600rpm에서 1.1×10^{-3} 으로 나타남
- ❖ 주파수에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 0.75×10^{-4} , 2,000rpm에서 0.6×10^{-4} , 2,600rpm에서 0.8×10^{-4} 으로 나타남



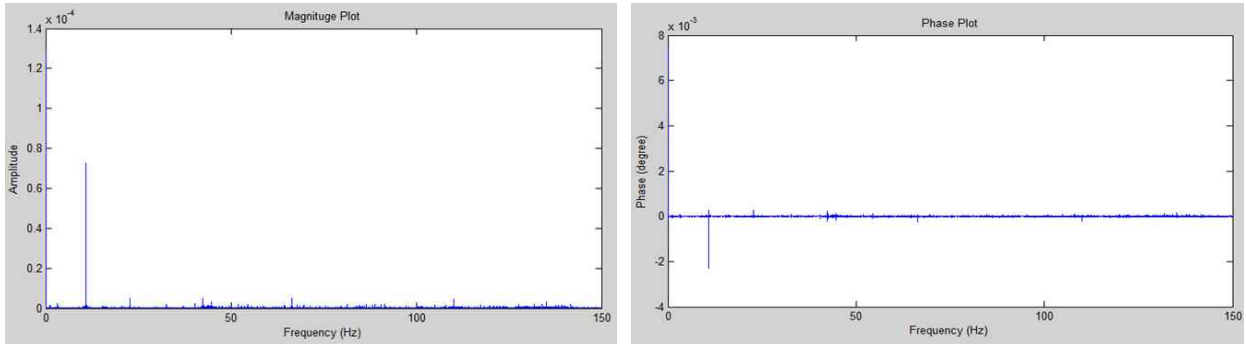


그림 96. 1200rpm, 벨트 구동시 동력전달부 진동데이터

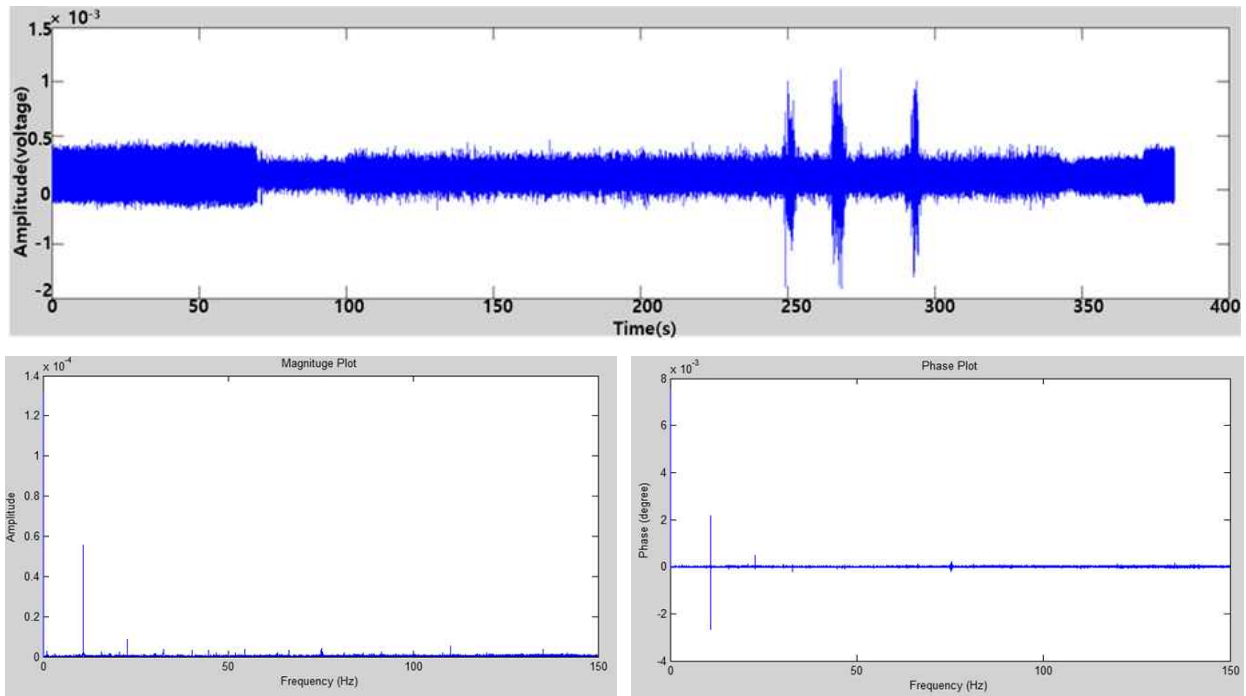
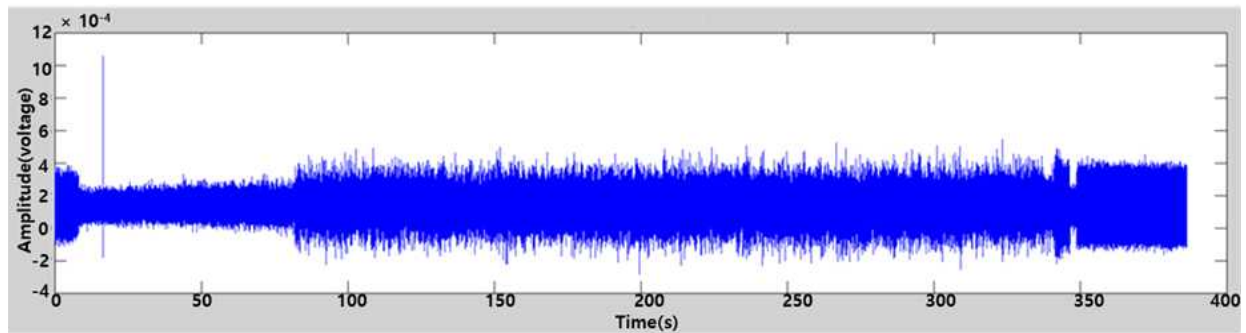


그림 97. 2000rpm, 벨트 구동시 동력전달부 진동데이터



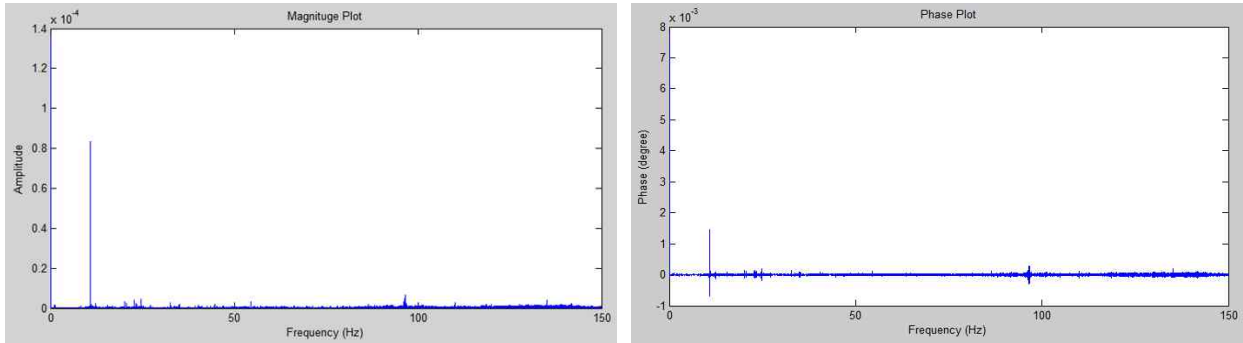


그림 98. 2600rpm, 벨트 구동시 동력전달부 진동데이터

- ✓ 벨트 구동, 주행시 회전수 별 진동데이터 비교(동력전달부)
 - ❖ 시간에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 5.5×10^{-4} , 2,000rpm에서 5.5×10^{-3} , 2,600 rpm에서 0.18로 나타남
 - ❖ 주파수에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 1.6×10^{-4} , 2,000rpm에서 1.2×10^{-4} , 2,600 rpm에서 1.3×10^{-3} 으로 나타남

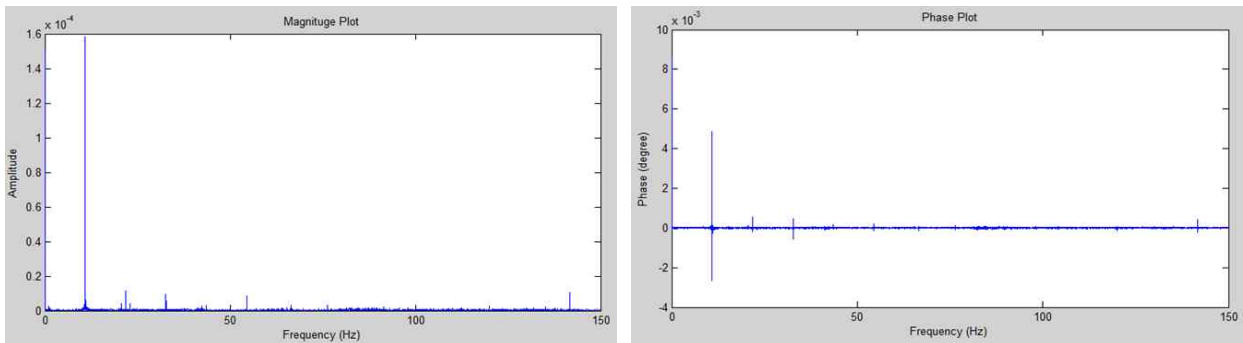
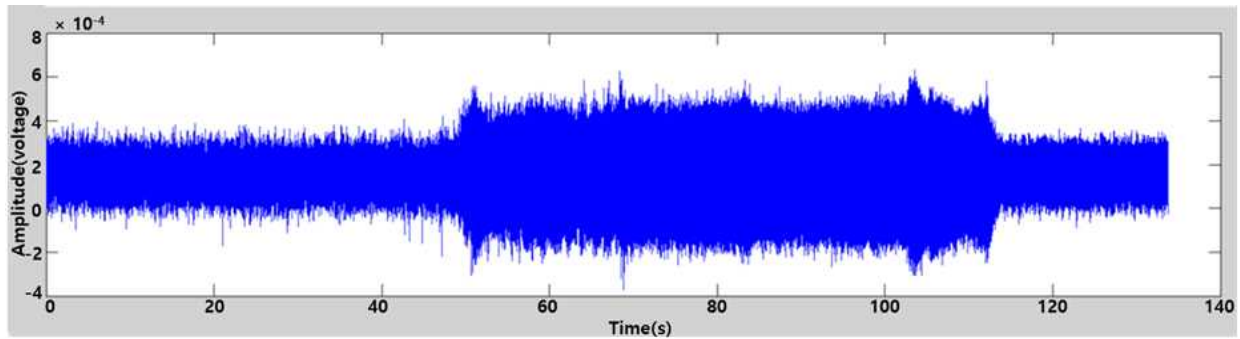
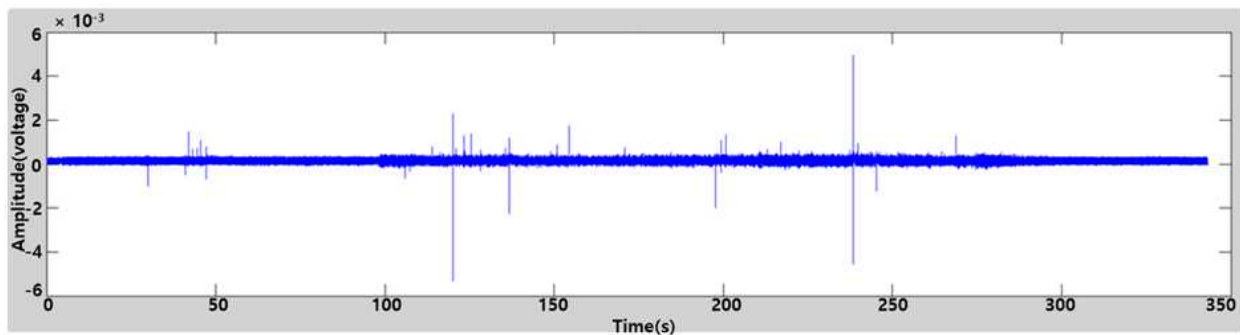


그림 99. 1200rpm, 벨트 구동, 주행시 동력전달부 진동데이터



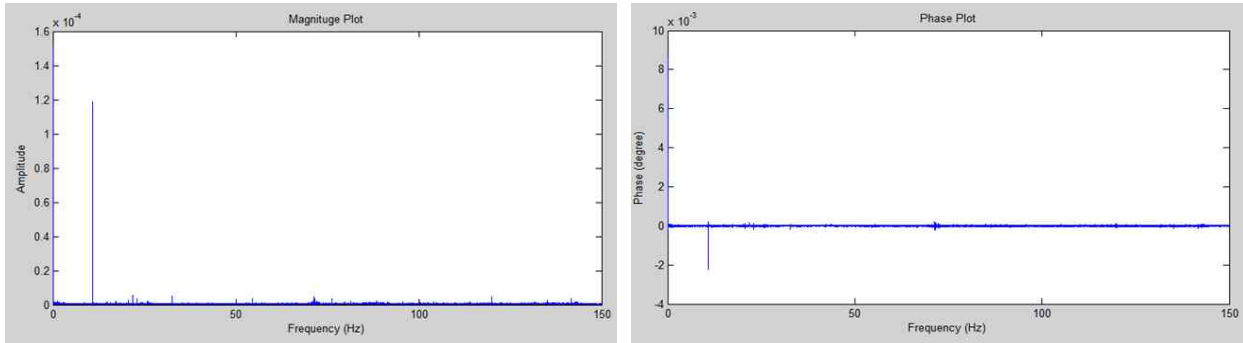


그림 100. 2000rpm, 벨트 구동, 주행시 동력전달부 진동데이터

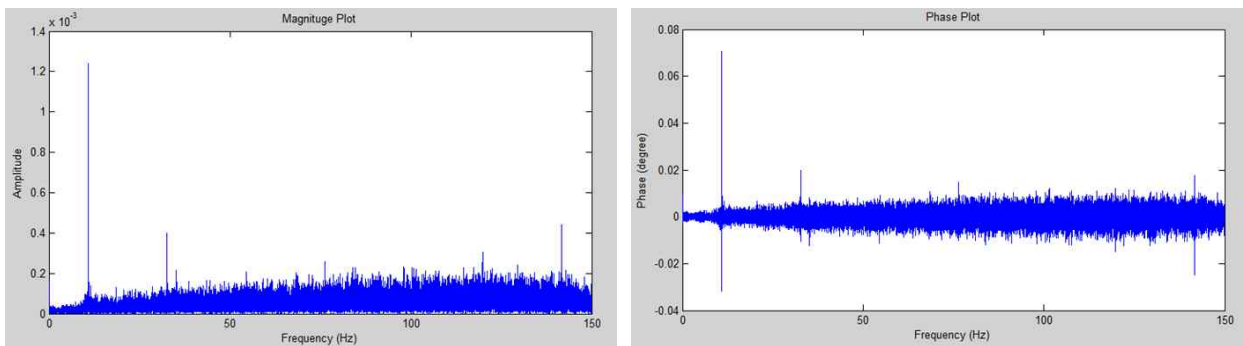
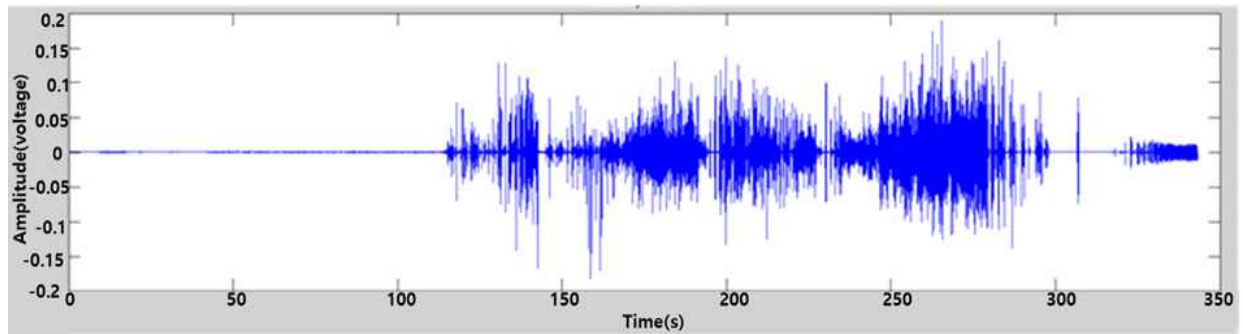
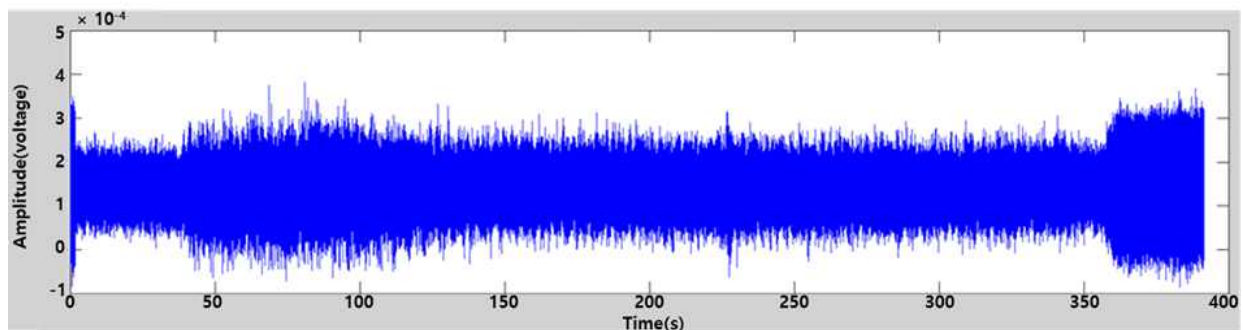


그림 101. 2600rpm, 벨트 구동, 주행시 동력전달부 진동데이터

- ✓ 정지(시동) 및 주행 진동데이터 비교(협지이송부)
 - ❖ 정지(시동) 시 시간에 따른 진폭은 최대 3.5×10^{-4} 까지 증가하고 비교적 규칙적인 반면에 주행 시 진폭은 최대 0.05까지 증가하고 불규칙적인 결과를 나타냄
 - ❖ Magnitude plot에서 주파수는 정지 시와 주행 시 둘 다 10Hz정도로 나타났으며, 정지(시동)시 진폭보다 주행 시 진폭이 더 큼



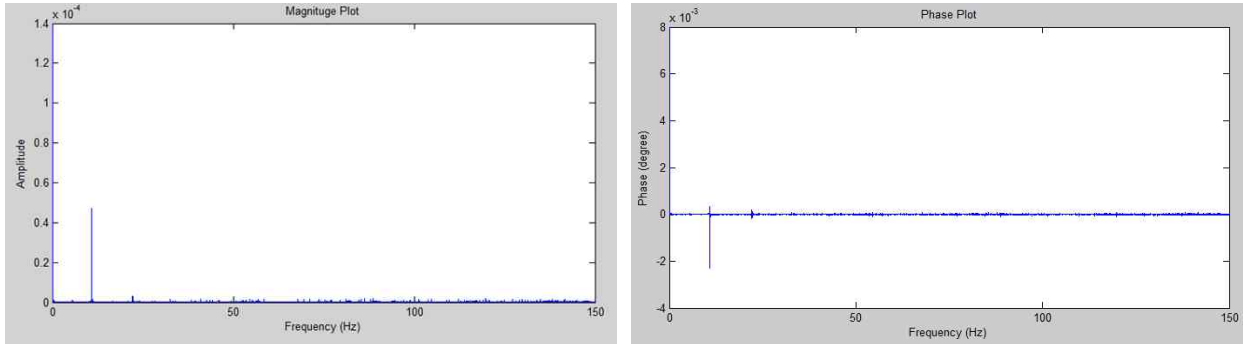


그림 102. 시동만 걸었을 때 협지이송부 진동데이터

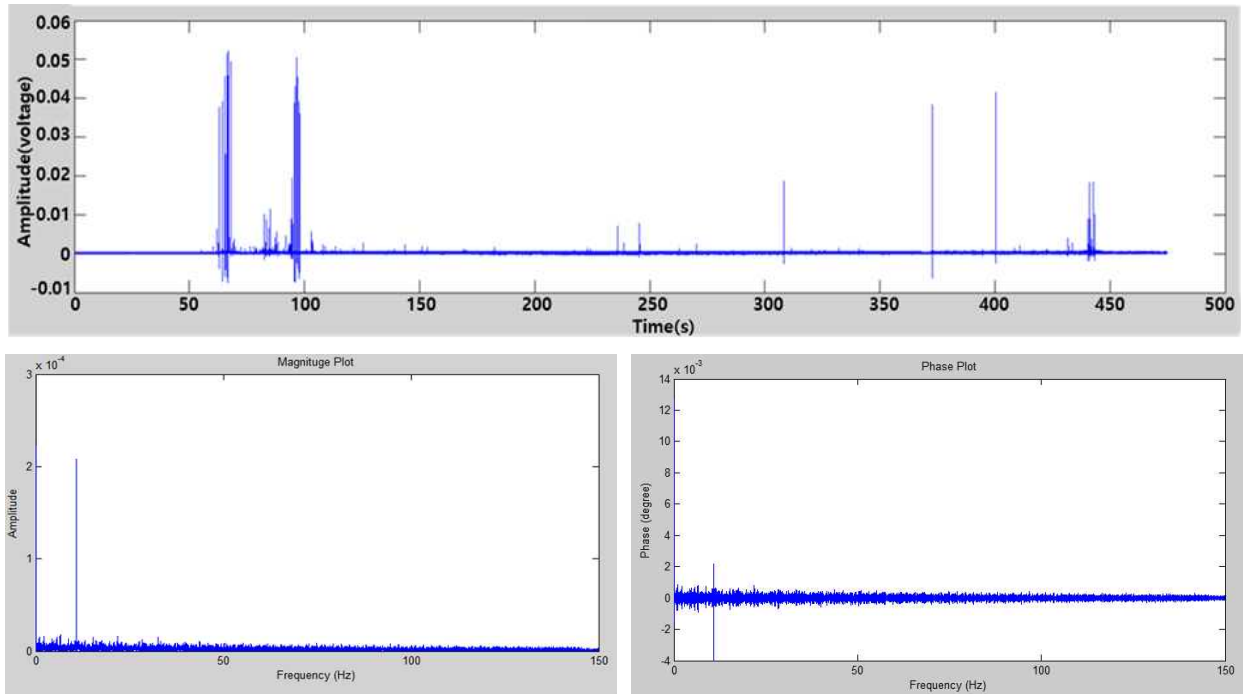
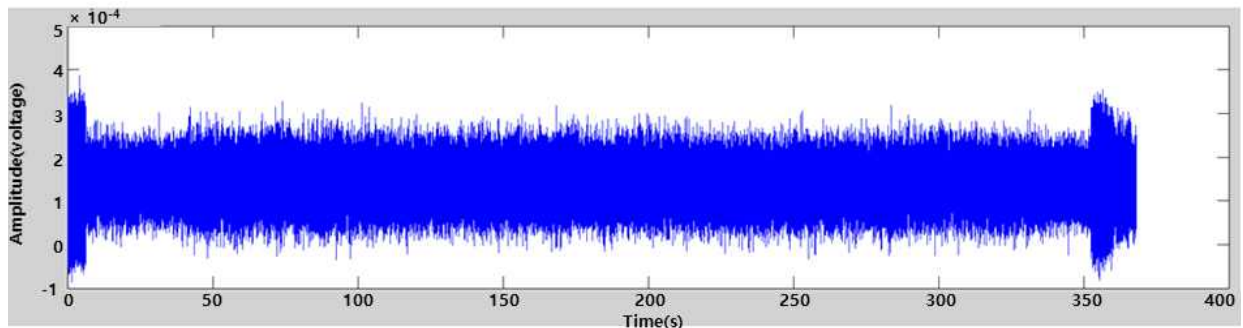


그림 103. 주행시 협지이송부 진동데이터

- ✓ 벨트 구동 시 회전수 별 진동데이터 비교(협지이송부)
 - ❖ 시간에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 3.9×10^{-4} , 2,000rpm에서 8×10^{-4} , 2,600rpm에서 4×10^{-3} 로 나타났음
 - ❖ 주파수에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 0.6×10^{-4} , 2,000rpm에서 0.4×10^{-4} , 2,600rpm에서 0.7×10^{-4} 으로 나타났음



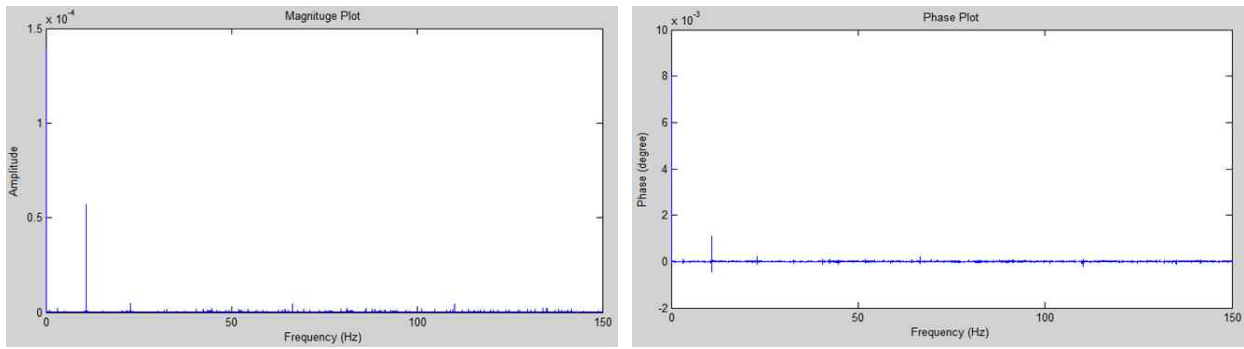


그림 104. 1200rpm, 벨트 구동시 헵지이송부 진동데이터

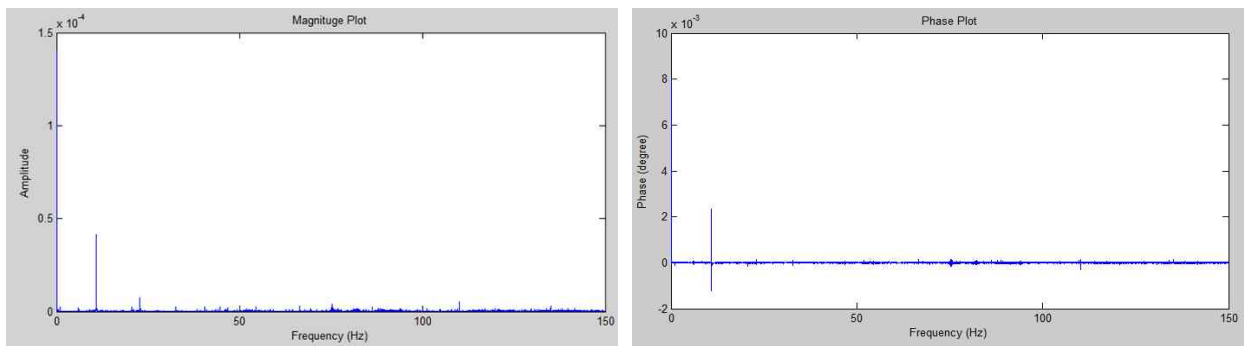
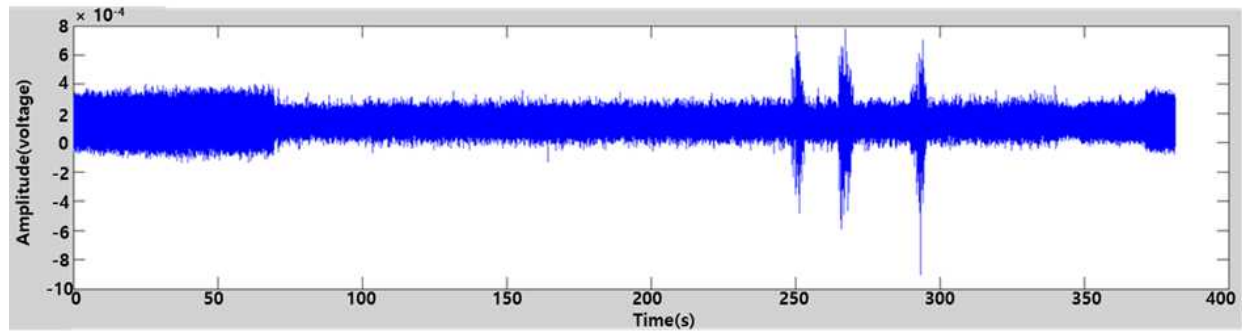
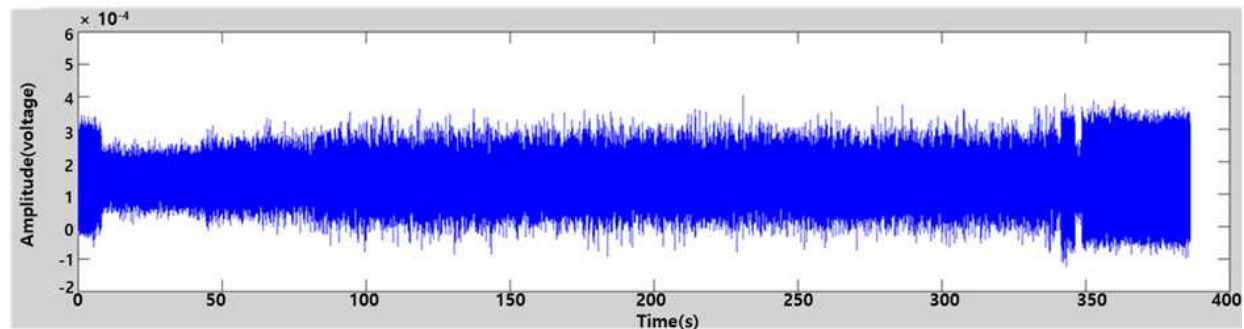


그림 105. 2000rpm, 벨트 구동시 헵지이송부 진동데이터



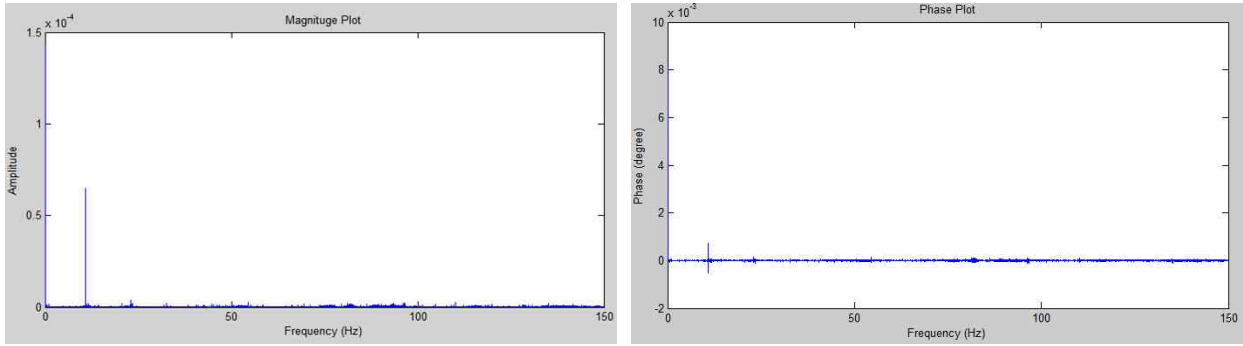


그림 106. 2600rpm, 벨트 구동시 협지이송부 진동데이터

- ✓ 벨트 구동, 주행 시 회전수 별 진동데이터 비교(협지이송부)
 - ❖ 시간에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 9×10^{-4} , 2,000rpm에서 0.025, 2,600rpm에서 0.06으로 나타났음
 - ❖ 주파수에 따른 최대 진폭: 1,200rpm에서 1.9×10^{-4} , 2,000rpm에서 2.5×10^{-4} , 2,600rpm에서 2.5×10^{-4} 으로 나타났음

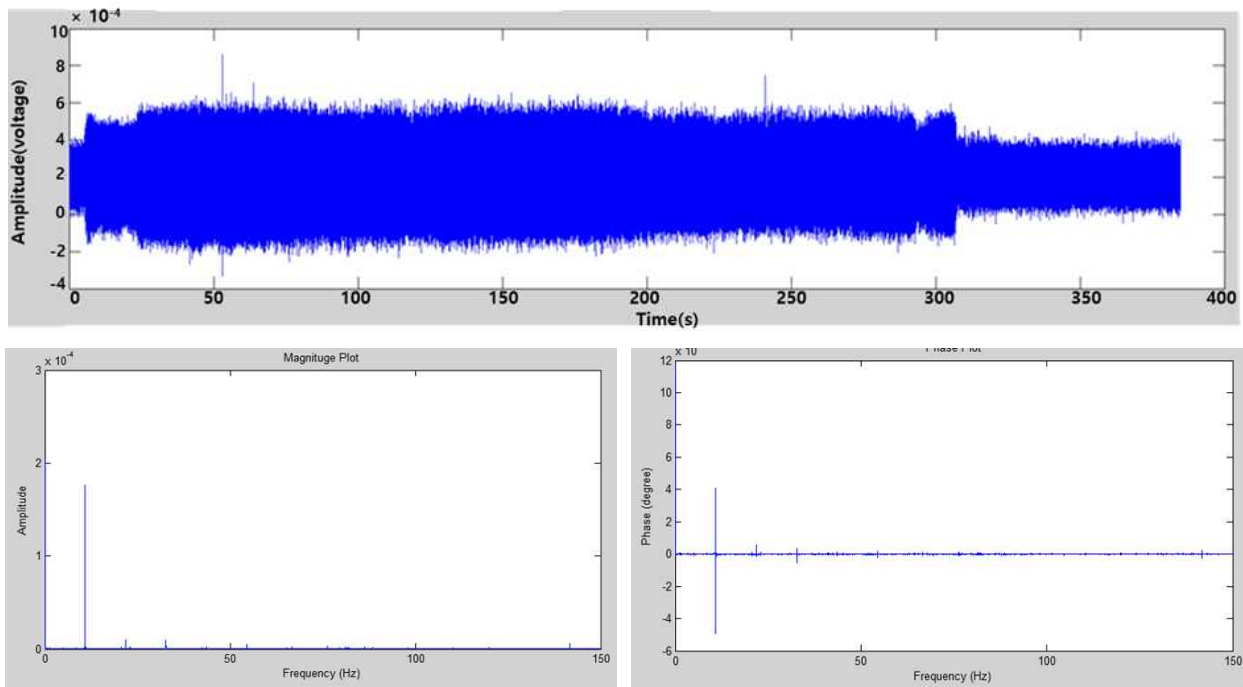
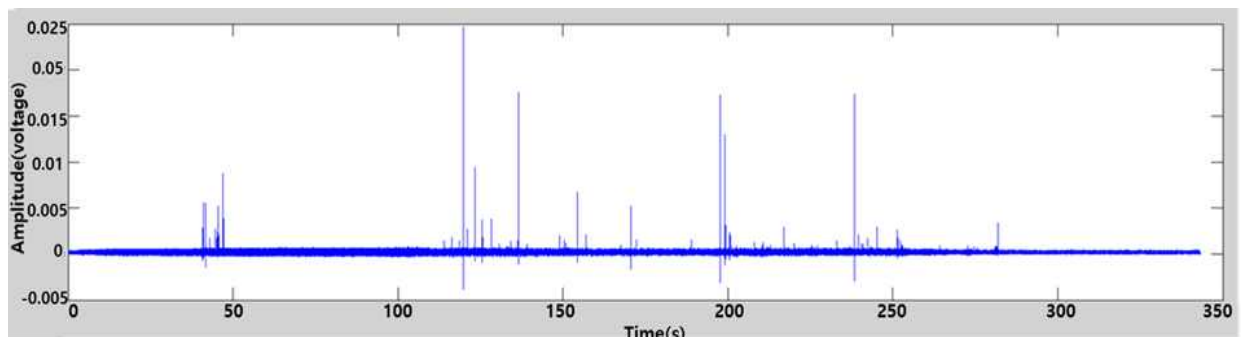


그림 107. 1200rpm, 벨트 구동, 주행시 협지이송부 진동데이터



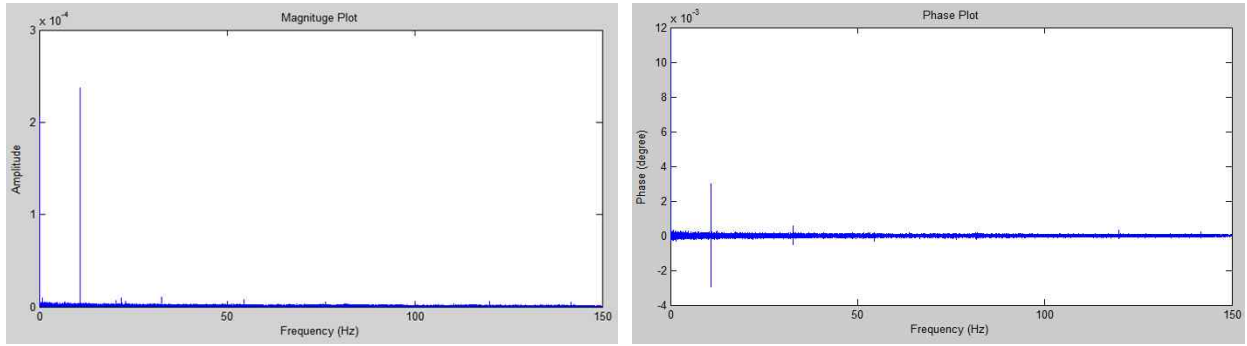


그림 108. 2000rpm, 벨트 구동, 주행시 헵지이송부 진동데이터

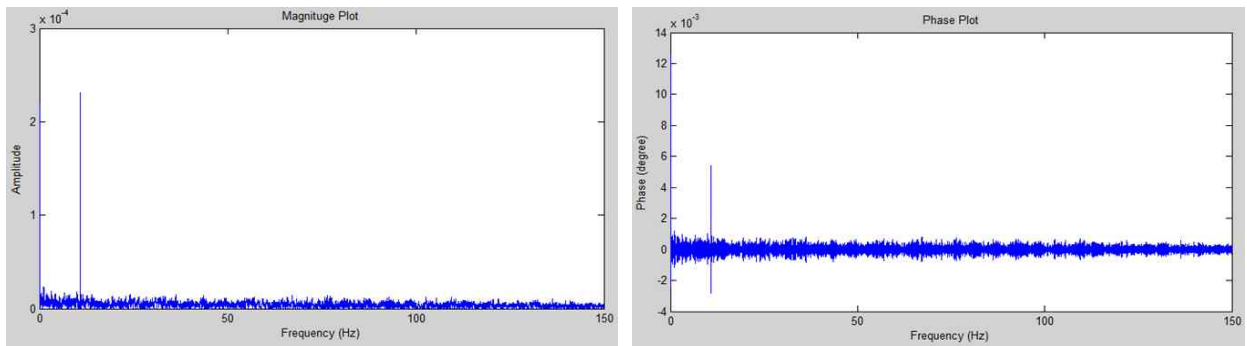
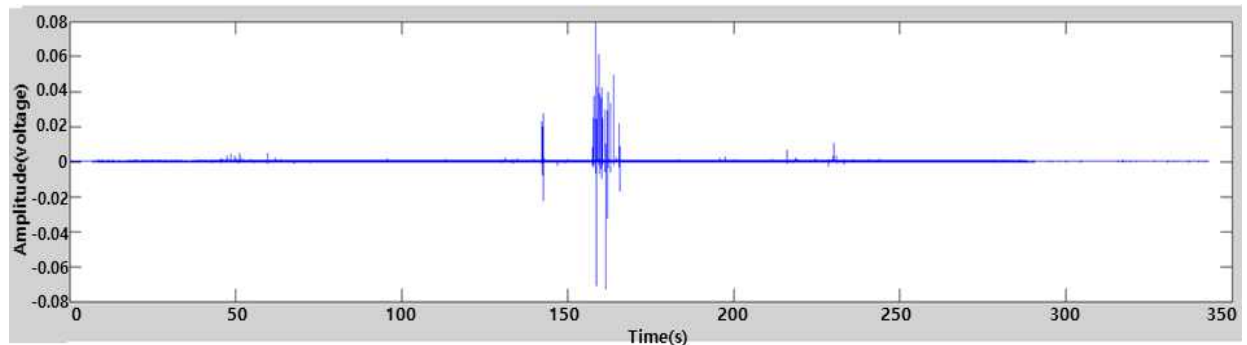


그림 109. 2600rpm, 벨트 구동, 주행시 동력전달부 진동데이터

※ 분석 결과 동력전달부에 비해 헵지이송부에서 각 회전수 별 진폭이 더 크고 정확하게 나타남을 확인 할 수 있었음. “동력전달부와 헵지이송부 모두 이상 주파수가 발견되지 않음”. 주행 시 최대 진폭이 매우 크게 나타나 작업 시 운전자와 작업자의 안전장치가 필요성을 느낌

2차년도/2협동연구기관) 운전시스템 최적설계, 유압시스템 평가 CH11) 여성·고령 작업자가 편리하게 운전할 수 있는 운전시스템 최적설계



◇ 여성·고령 작업자 농작업 현황

- ✓ 국내 농업분야는 농기계 구입자금 융자지원 등의 정부 사업에 의해 농업기계화가 활발히 이루어짐에 따라 '98년 이후 95% 이상의 기계화율을 나타냄
- ✓ 벼농사의 농업 기계화로 인하여 농가의 생산성은 크게 향상되었으나, 농기계에 의한 사고 예방 대책의 부족으로 경제적 손실을 초래하고 있음

◇ '04년 이후 3년간 농업인 안전공제 보상자료를 분석한 결과 농기계 재해 발생률은 3.47%로, 타산업 재해율 0.7%에 비해 약 5배 높게 나타났음(소비자 안전본부 생활안전팀, '09).

- ✓ '03년 노동부 산업재해 통계에 따르면, 국내 농업인구 중 20~40%는 농부증을 앓고 있으며 이 중 요통, 어깨 결림, 수족감각둔화 등의 근골격계 질환을 호소하는 농민은 81.9%이상의 비율을 차지하고 있음(노동부, '03)
- ✓ 근골격계 질환은 협소한 작업공간으로 인해 발생하는 어색한 작업 자세, 무리한 힘의 사용, 반복적인 작업 동작 등에서 기인하는데, 콤팩트의 경우 작업 공간이 매우 협소하며 각종 레버의 조작 시 큰 힘을 요구하여 근골격계 질환의 발생 가능성이 높아 작업자에게 불편요소로 작용할 수 있음
- ✓ 이러한 작업 동작의 위험성을 예측하기 위하여 산업안전 보건법에는 작업 평가 도구를 이용하여 평가하기를 권장하고 있음

- ✓ 하지만 이러한 평가 방법들은 정성적 평가 방법이라는 한계점을 가지고 있어 인체 모델링 및 디지털 인체 모델과 같은 상용 평가 모델을 이용하여 정량적 결과의 도출이 필요함
- ✓ 농업인의 편의성 및 안전성 향상을 위한 수확기 운전석의 개발을 위하여 현재 농민들이 사용하는 캐빈형 콤바인의 운전석의 위치 및 사이즈를 인간공학적으로 분석·설계하여 국내 농업인의 인체 정보를 활용하여 운전석 개발 방향을 설정함

◇ 인간 공학적 설계

- ✓ 인간 공학적 설계란 인간 요인, 즉 인체의 특징을 설계에 반영하여 가장 안전하고 편리한 제품을 설계하는 것임
- ✓ 기계에 대한 인간의 반응은 인체의 구조, 생리적, 심리적인 행동 습관 등 인체의 특징에 따라 다르기 때문에 인간-기계 인터페이스를 설계에 반영해야 함
- ✓ 이러한 인간 공학적 설계는 인간의 작업 능력을 최대화하고, 오조작, 실수 등에 의한 사고를 방지할 수 있음
- ✓ 인간 공학적 설계의 또 다른 측면은 기계를 사용할 때 발생하는 진동, 소음, 냄새, 먼지 등 유해한 작업 환경으로부터 인체를 보호하는 것임
- ✓ 인체의 특징을 고려해 쾌적한 운전 환경을 조성하는 것임
- ✓ 이러한 측면의 인간 공학적 설계는 운전자의 피로를 최소화하고 장기간 사용으로 인한 건강 악화, 신체 이상 등을 방지할 수 있음
- ✓ 최근 다양한 분야에서 인간공학 중심의 안전하고 편리한 제품 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있음
- ✓ 특히 작업 환경이 열악한 농업 분야에서는 인간공학 중심의 농업기계 개발이 요구되고 있어 본 설계에 적용하고자 함

◇ 인체의 치수(Size Korea, 2018)

- ✓ 인체의 치수에는 구조적인 치수와 기능적인 치수가 있음
- ✓ 구조적인 치수는 표준 자세에서 신체의 각 부위를 측정된 치수이고, 기능적인 치수는 고정된 위치에서 몸을 움직여 신체의 각 부위가 도달할 수 있는 범위를 포함한 치수임
- ✓ 인체의 치수를 적용할 때, 모든 사람에게 적합한 치수로 설계하기는 힘들 것으로 판단되어 적절한 최대 수준과 최소 수준의 치수를 결정하였음
- ✓ 일반적으로 최대 치수는 95퍼센타일(percentile), 최소 치수는 5퍼센타일에 해당되는 치수, 즉 전체의 90%에 해당되는 사람들의 치수를 기준으로 하였음(이때 퍼센타일이란 어떤 치수 이하에 해당되는 사람들의 %)
- ✓ 아래 표는 50~80세 국내 성인의 주요 신체 부위의 치수를 나타낸 것이며, 아래 그림은 국내 남녀 인체치수를 비교한 것임

표 43. 국내 50~80세 남성의 주요 신체 부위 치수

(단위: mm)

항목	평균	표준편차	최솟값	최댓값	5%	95%
앞은 어깨 높이(A)	595.4	28.1	416.0	698.0	546.5	637.5
앞은 오금 높이(B)	392.0	18.9	340.0	481.0	360.5	423.5
앞은 엉덩이 오금 길이(C)	460.8	23.5	392.0	548.0	424.0	500.0
앞은 엉덩이너비(D)	343.2	20.3	287.0	456.0	310.5	374.5

[인체 치수 출처: Size Korea]

표 44. 국내 50~80세 여성의 주요 신체 부위 치수

(단위: mm)

항목	평균	표준편차	최솟값	최댓값	5%	95%
앞은 어깨 높이(A)	552.4	25.6	470.0	641.0	511.5	591.5
앞은 오금 높이(B)	378.6	16.4	335.0	432.0	352.5	406.5
앞은 엉덩이 오금 길이(C)	459.6	21.0	395.0	521.0	425.0	493.5
앞은 엉덩이너비(D)	350.4	23.4	297.0	483.0	314.5	389.5

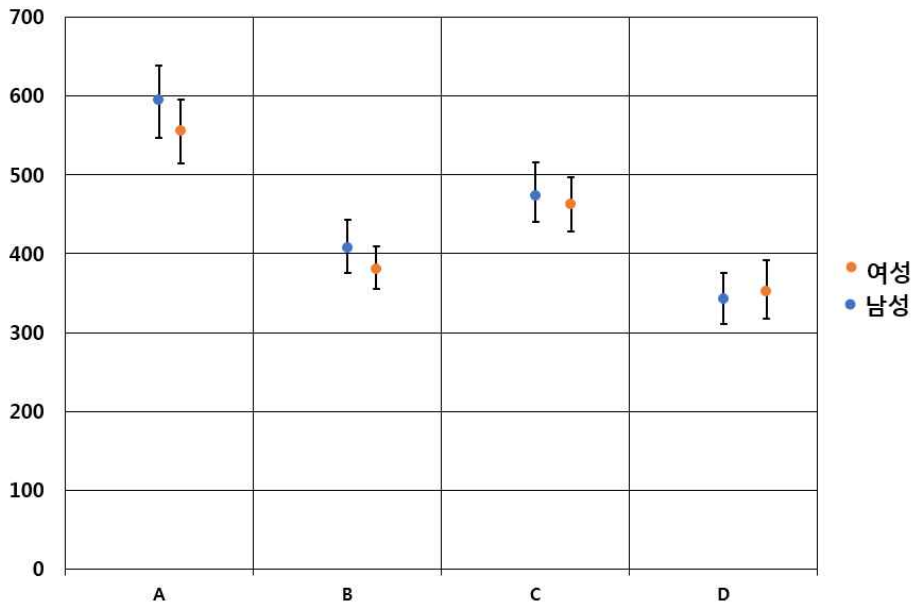


그림 110. 국내 남녀 인체지수 비교

◇ 운전석 최적 설계

✓ 전자 작업 공간

- ❖ 운전석의 위치는 국제 규격 ISO 6682에 의해 넓은 시계를 확보할 수 있고, 조향 핸들, 클러치 페달, 브레이크 페달 등 각종 조작 장치를 조작하는 데 편리한 곳으로 설정하였음

- ❖ 운전자의 체격은 사람에 다르기 때문에 운전석의 위치를 운전자의 체격에 따라 전후 수평 및 수직 방향으로 조정할 수 있도록 하였음
- ❖ 운전석의 의자는 정상적인 작업과 운전 상태에서 운전자를 적절히 지지할 수 있고 운전자의 미끄럼을 방지할 수 있는 것이며, 전후 상하로 위치 조정이 가능하게 하였음

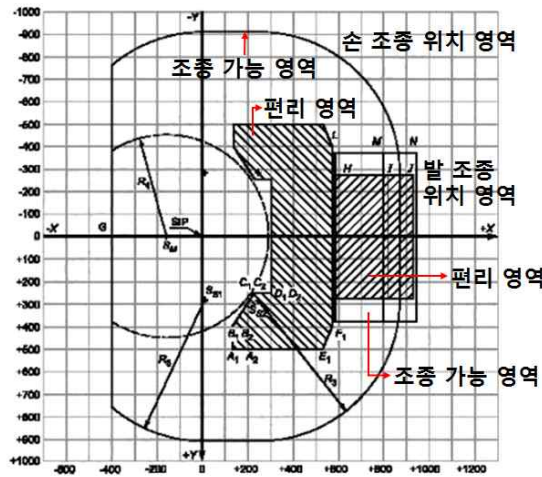


그림 111. ISO 6682

표 45. ISO 6682에 의한 손 조종 위치 영역 - 가능 영역 좌표

(단위: mm)

지점	좌표(X, Y, Z)	반지름
S_{S1} (곡률 중심)	(6, 283, 368)	$R_3 = 625$
S_{S2} (곡률 중심)	(245, 283, 368)	$R_3 = 625$
S_M (곡률 중심)	(-160, 0, 400)	$R_4 = 450$
G	(-400, 0, 0)	

표 46. ISO 6682에 의한 손 조종 위치 영역 - 편리 영역 좌표

(단위: mm)

지점	좌표(X, Y, Z)	반지름
S_L (곡률 중심)	(-159, 188, 476)	$R_1 = 734, R_2 = 691$
A_1	(132, 500, 425)	
A_1	(132, 400, -100)	
B_1	(132, 400, 425)	
B_1	(132, 400, -100)	
C_1	(230, 250, 425)	
C_2	(230, 250, -100)	
D_1	(296, 250, 425)	
D_1	(296, 250, -100)	

E_1	(530, 500, 425)
E_1	(221, 500, -100)
F_1	(573, 400, 425)
F_1	(296, 400, -100)

표 47. ISO 6682에 의한 발 조종 위치 영역 - 가능 영역 좌표 (단위: mm)

지점	좌표(X, Y, Z)	반지름
K_{S2} (곡률 중심)	(441, -75, -65)	$R_6 = 500$
L	(581, -375, -470)	
M	(796, -375, -75)	
N	(941, -375, -75)	
O	(734, -375, -470)	

표 48. ISO 6682에 의한 발 조종 위치 영역 - 편리 영역 좌표 (단위: mm)

지점	좌표(X, Y, Z)	반지름
K_{S1} (곡률 중심)	(446, -75, -32)	$R_5 = 500$
H	(581, -275, -470)	
I	(820, -275, -150)	
J	(932, -275, -150)	
K	(687, -275, -470)	

- ✓ 운전석 위치 설계
 - ❖ 작업자의 편의성과 안정성을 고려한 운전석 위치를 결정하기 위하여 ISO 6682을 이용하여 최적 위치 범위를 도출하였으며 그 값은 다음과 같음
 - ❖ 기준점은 ISO 5353 기준에 따라 SIP(Seat Index Point, 좌석기준점)로 잡았음

표 49. 최적 운전석 위치 범위 (단위: mm)

항목	ISO 6682	
	편리 영역	조종 가능 영역
운전석과 조작부(정면) 사이 거리(A)	132~573	0~870
운전석과 조작부(측면) 사이 거리(B)	250~500	0~900
운전석과 페달 사이 거리(C)	581~932	581~941

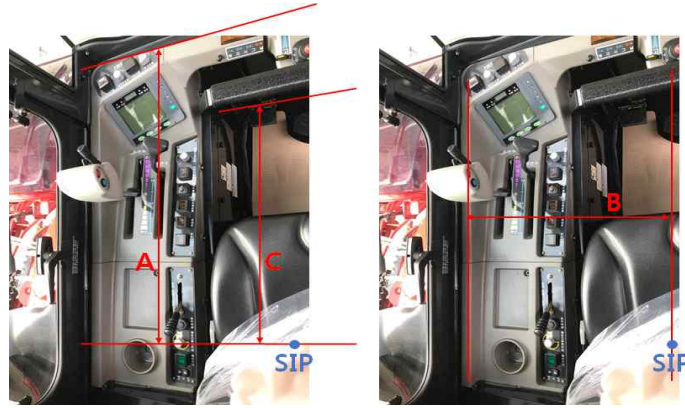


그림 112. 운전석의 위치

✓ 수확기 운전석의 기능 고려

- ❖ 작업자는 반송부의 성능을 실시간 확인해야하기 때문에 서서 작업하는 상황임
- ❖ 따라서 이를 개선하기 위해서는 성능을 확인할 수 있는 위치에서의 작업시야확보와 몸을 지탱하여 주는 지지형태의 의자가 필요함
- ❖ ISO 14738에서는 그림 4과 같이 지지대가 있는 입식, 즉 서서 작업을 하지만 엉덩이를 걸치는 형태의 운전석을 권장하고 있음
- ❖ 이를 고려하여 신체에 부담을 최소화할 수 있도록 수확기 운전석의 기능을 고려

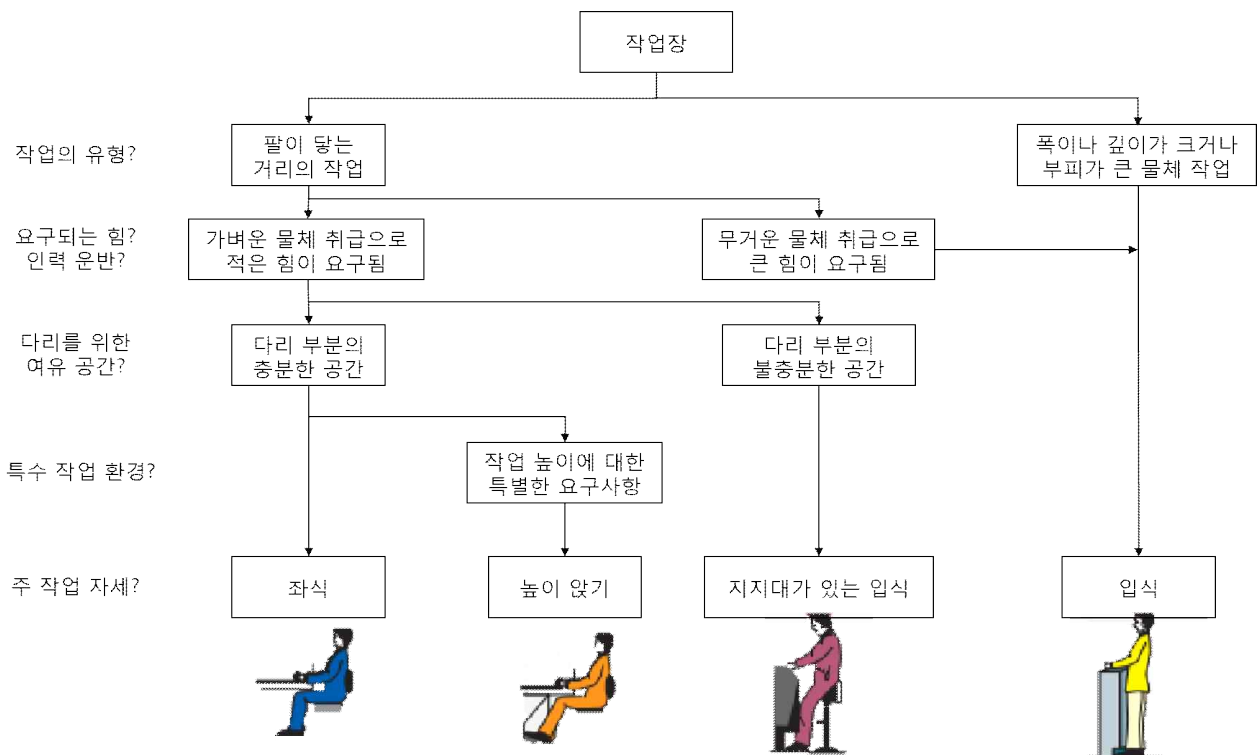


그림 113. ISO 14738

✓ 운전석 설계

- ❖ 농업인의 체형에 맞는 콤팩트 운전석의 사이즈를 결정하기 위하여 표 8의 수식을 이용하여 최적 사이즈를 도출하였음

- ❖ 이때 필요한 앉은 오금 높이와 앉은 엉덩이 오금 길이, 앉은 엉덩이 너비, 앉은 어깨 높이는 국내 50~80세 성인의 체형을 입력하였음
- ❖ 국내 50~80세 성인의 체형에 알맞은 운전석 사이즈를 도출하였음
- ❖ Seat Height(SH)의 경우 345.2mm에서 397.1mm가 적당하며 95%가 포함된 범위 내에서는 369.4mm에서 424.9mm 범위에 속하면 편안하다고 볼 수 있음



그림 114. 운전석 사이즈 위치

표 50. 운전석 사이즈 결정

항목	계산식	주석
Seat Height(SH)	$(P+20)\cos30 \leq SH \leq (P+20)\cos5$	P: 앉은 오금 높이
Seat Depth(SD)	$0.8PB \leq SD \leq 0.99PB$	PB: 앉은 엉덩이 오금 길이
Seat Width(SW)	$1.1H \leq SW \leq 1.3H$	H: 앉은 엉덩이 너비
Backrest Height(BH)	$0.6S \leq BH \leq 0.8S$	S: 앉은 어깨 높이

표 51. 국내 50~80세 남성의 체형

(단위: mm)

항목	평균	최솟값	최댓값	95%
앉은 오금 높이	392.0	340.0	481.0	423.5
앉은 엉덩이 오금 길이	460.8	392.0	548.0	500.0
앉은 엉덩이너비	343.2	287.0	456.0	374.5
앉은 어깨 높이	595.4	416.0	698.0	637.5

표 52. 국내 50~80세 여성의 체형

(단위: mm)

항목	평균	최솟값	최댓값	95%
앉은 오금 높이	378.6	335.0	432.0	406.5
앉은 엉덩이 오금 길이	459.6	395.0	521.0	493.5
앉은 엉덩이너비	350.4	297.0	483.0	389.5
앉은 어깨 높이	552.4	470.0	641.0	591.5

표 53. 최적 운전석 사이즈 범위

(단위: mm)

항목		평균	최솟값	최댓값	95%				
Seat Height(SH)	남	356.8	410.4	311.8	358.6	433.9	499.1	384.1	441.8
	여	345.2	397.1	307.4	353.6	391.4	450.3	369.4	424.9
Seat Depth(SD)	남	368.6	456.2	313.6	388.1	438.4	542.5	400.0	495.0
	여	367.7	455.0	316	391.1	416.8	515.8	394.8	488.6
Seat Width(SW)	남	377.5	446.2	315.7	373.1	501.6	592.8	412.0	486.9
	여	385.4	455.5	326.7	386.1	531.3	627.9	428.5	506.4
Backrest Height(BH)	남	357.2	476.3	249.6	332.8	418.8	558.4	382.5	510.0
	여	331.4	441.9	282.0	376.0	384.6	512.8	354.9	473.2

◇ 운전석 제작 및 개선 방향

✓ 운전석 위치

- ❖ 아래 그림은 배추수확기, 표 11은 ISO 6682에 의한 운전석 최적 위치와 SIP를 기준으로 본 수확기의 운전석과 조작부 및 페달 사이의 거리를 측정한 내용임
- ❖ 최적 범위와 수확기의 측정 거리를 비교해 볼 때 운전석과 페달 사이의 거리는 편리 영역에 포함되지만 운전석과 정·측면 조작부 사이의 거리는 조종 가능 영역에 포함되는 것을 알 수 있었음

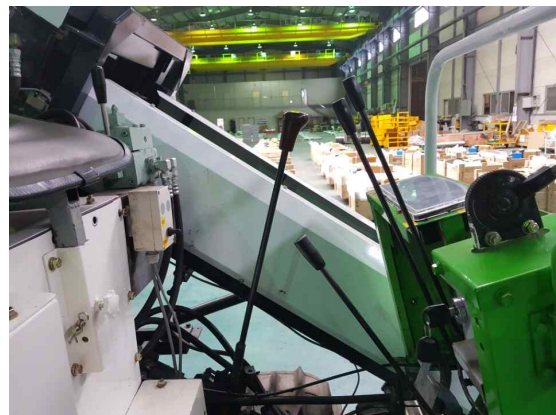
표 54. 운전석 위치

(단위: mm)

항목	ISO 6682		배추수확기
	편리	조종 가능	
운전석과 조작부(정면) 사이 거리(A)	132~573	0~870	845
운전석과 조작부(측면) 사이 거리(B)	250~500	0~900	680
운전석과 페달 사이 거리(C)	581~932	581~941	925



정면 조작부



측면 조작부



페달

의자

그림 115. 배추수확기 운전석 내부

- ✓ 운전석 사이즈: 최적 운전석 사이즈를 토대로 측정된 본 수확기 운전석 사이즈를 비교한 내용임. SD, SW의 값은 최적 범위 내에 있으나 SH, BH의 값은 범위 내에 포함되지 않는 것을 알 수 있었음

표 55. 운전석 사이즈

(단위: mm)

항목		평균	95%	배추수확기	
Seat Height(SH)	남	356.8	410.4	384.1	540
	여	345.2	397.1	369.4	
Seat Depth(SD)	남	368.6	456.2	400.0	470
	여	367.7	455.0	394.8	
Seat Width(SW)	남	377.5	446.2	412.0	450
	여	385.4	455.5	428.5	
Backrest Height(BH)	남	357.2	476.3	382.5	320
	여	331.4	441.9	354.9	

✓ 개선 방향

- ❖ 여성·고령 농업인의 편의성 및 안전성 향상을 위해 국내 농업인의 인체 치수에 적합하도록 수확기 운전석 위치 및 사이즈의 치수를 최적화하였으나 최적값에 비하여 크게 설계된 한계점이 있음
- ❖ 개발된 운전석의 기능으로 사용된 상/하, 전/후, 좌판 상/하 높이 조절 기능이 모두 기계식으로 되어 운전자의 편의에 맞게 조절하는 데 있어 불편함이 발생할 것으로 판단됨
- ❖ 이에 추후에는 수확기 운전석 크기를 지금의 5% 내로 좁혀 남성뿐만 아니라 여성농업인의 인체 치수에 가장 최적화된 운전석을 적용하며 운전석의 각종 기능을 전자식 제어로 개발하여 편의성 및 안정성을 증대할 수 있을 것으로 기대됨

2차년도/2협동연구기관) 운전시스템 최적설계, 유압시스템 평가 CH12) 제작된 각 작업부 유압시스템에 대한 평가 및 보완설계



- ✓ 배추수확기 유압시스템 : 그림1은 자주식 소형 배추수확기의 유압시스템을 나타낸 것으로서 기체의 주행과 수확작업시 조향제어부, 두둑높이에 따른 작업시 반송부 승하강제어부, 반송부의 벨트 속도제어를 위한 반송부 속도제어부로 구성하였음. 이때 사용된 엔진, 유압밸브, 유압펌프, 유압모터, flow control v/v 등 유압시스템의 주요 제원은 표1과 같음. 전체 유압원의 구동은 국제종합기계 A1100T모델의 엔진에 의해 구동되며, 조향부, 승하강부의 유압은 유압펌프에 의해 공급되고, 반송부의 유압은 Power pack의 유압에 의해 공급됨

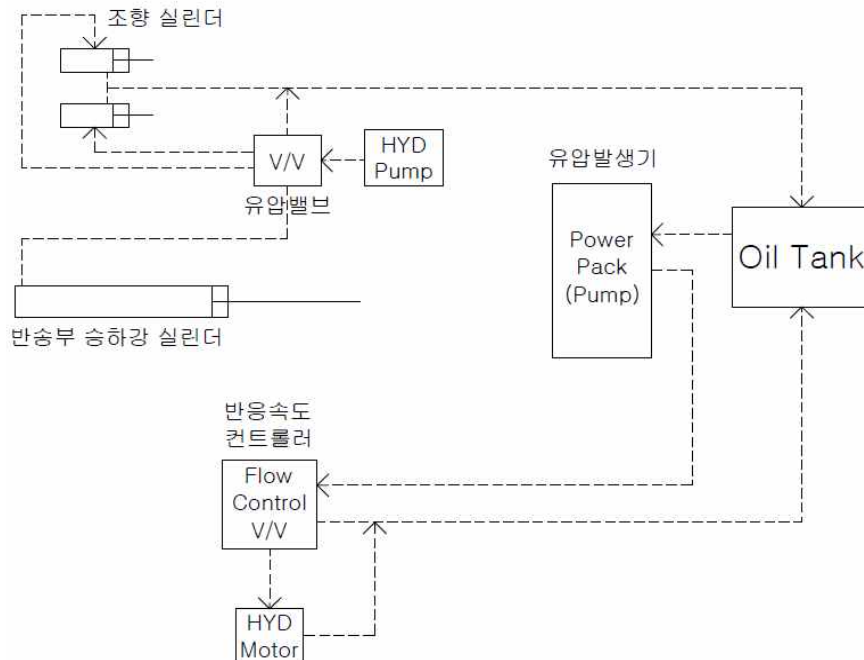


그림 116. 자주식 배추수확기 유압시스템

표 56. 자주식 배추수확기의 유압시스템 주요 제원

구 분	사 양	비 고
엔진	국제종합기계 A1100T (엔진 배기량 1175cc, 최대출력 22 W/2600rpm)	
유압펌프	MARZOCCHI ALP2A-D-6 (용적 용량 15cc/rev, 최고압력 290bar)	
유압모터	용적용량 15cc/rev	
유압밸브	릴리프 밸브(압력 300 bar), 체크밸브(크래킹 압력 0.5bar)	
flow control v/v	DYTROL MRV PC-03E (최고압력 20.6MPa, 용량 40L/MIN)	

✓ 조향 제어부

- ❖ 배추수확기의 작업 조향 제어는 양쪽 주행 구동부에 조향실린더를 설치하여 유압 펌프에 의해 발생된 유압을 통해 유압밸브를 조정하여 제어하도록 설계하였음
- ❖ 기체의 주행은 엔진을 통해 전후진이 가능하며, 조향 제어는 양쪽의 주행부에 조향실린더를 설치하여 일종의 클러치형식으로 주행 구동 기어를 단속함으로써 조향제어가 가능함

✓ 반송부 승하강제어부

- ❖ 배추수확기에서 반송부 승하강은 배추두둑의 높낮이와 배추 인발을 위한 파지점의 위치, 기체 선회시의 작업상황에 따라 독립적으로 레버의 조절을 통해 상하운동의 반송높이를 조정하도록 제작하였음
- ❖ 반송부 승하강제어를 위한 유압은 유압펌프로 발생되며, 레버를 통한 유압밸브 조절을 통해 반송부 승하강을 제어하도록 하였음
- ❖ 배추재배환경에 따른 두둑높이와 배추의 물리적 특성에 따른 배추높이를 고려하여 시험한 반송부 높이제어의 범위는 0~100mm로 제어되었음
- ❖ 이는 평지시험 결과이며, 최저 기준은 평지를 기준으로 하였음



그림 117. 반송부 승하강 실린더

✓ 반송부 속도제어부

- ❖ 반송부의 벨트 속도제어는 배추수확기 자체 유압장치를 설치하여 flow control v/v와 유압모터를 이용하여 속도를 제어하도록 설계하였음
- ❖ 배추수확기에 적용된 반송부 속도제어를 위한 유압은 power pack을 구동하여 유압을 발생시키고 시스템의 라인에 유량조절밸브를 제어하면서 유압모터의 속도를 제어하도록 하였음
- ❖ 유량조절밸브의 제어는 조작부의 레버를 통하여 가능하며, 배추 수확을 위한 최적의 반송부 속도를 얻기 위한 시험결과 레버의 최대치 변위에서 반송부 속도 0.93m/s를 얻었음



그림 118. 반송부 유량 조절 밸브와 조작부

표 57. 유압시스템 제어부의 주요 특징

반송부승하강 제어 높이	최저 0mm~최고 100mm
반송부 제어 속도	최고 0.93m/s

◇ 유압시스템 분석

✓ 시뮬레이션

- ❖ 배추수확기의 유압시스템 동력은 엔진에서 분기되어 두 가지 파트로 입력됨
- ❖ 첫 번째 파트는 엔진 동력기 T/M(변속기)을 통해 유압 펌프로 입력되고 밸브를 통해 조향 및 승하강 실린더를 제어함
- ❖ 두 번째 파트는 엔진 동력이 Power pack (pump)로 입력되어 Flow Control Valve (유량 제어 밸브)를 통과하여 유압 모터에 동력을 입력하고, 모터의 출력을 이용하여 배추수확기 작업부의 작동을 위한 동력을 전달함
- ❖ 본 연구에서는 작업부 유압 시스템을 평가·해석하기 위해 위에서 언급한 두가지 파트를 대상으로 시뮬레이션 모델을 개발하고 이에 대한 분석을 진행하였음

✓ 시뮬레이션 프로그램

- ❖ 최근 다양한 산업분야에서 제품 개발 시 CAE(Computer Aided Engineering) 기술을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있음

- ❖ 이러한 CAE 기술은 비용 절감 및 개발 기간의 단축이라는 점에서 매우 유용함
- ❖ 배추수확기의 유압 시뮬레이션을 위하여 독일 ITI GmbH에서 개발한 Multi-Domain 시뮬레이션 프로그램인 Simulation X를 이용하였음
- ❖ Simulation X는 1D mechanics, 3D Multi-body systems, Hydraulucs, Controls, Electronics, Power transmission 등을 포함한 복합적인 시스템의 물리적 작용을 모델링, 해석 및 분석을 할 수 있는 종합적인 CAE Tool임

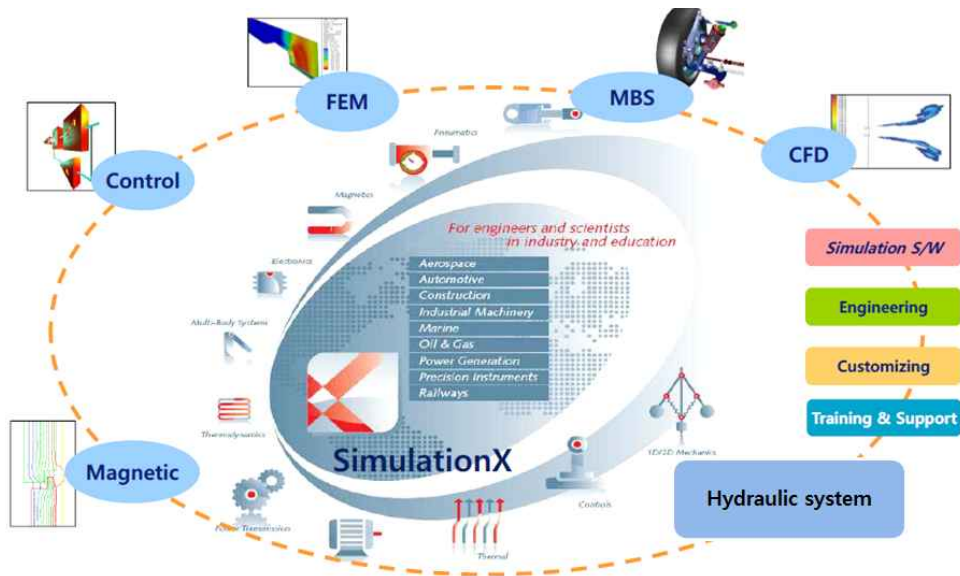


그림 119. Simulation X

◇ 주요 단품 모델 개발

✓ 엔진 모델

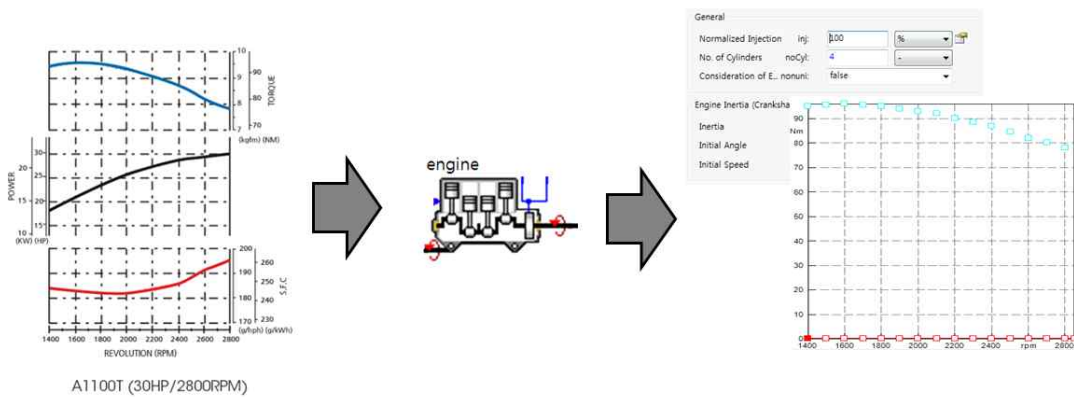


그림 120. 엔진 모델

- ❖ 엔진은 유압 시스템의 입력동력원으로 시뮬레이션을 위한 단품 모델 개발시 엔진 모델의 상세 설계는 매우 중요함
- ❖ 본 연구에서 사용되는 시뮬레이션 모델은 국제 종합기계의 A1100T 모델을 기반으로 주요 제원을 이용하여 구성하였음

- ❖ 입력 파라미터는 엔진 배기량 1175cc, 최대 출력 22kW(@2600rpm), 디젤엔진으로 주요 제원과 회전속도 (-) 토크(Torque) 맵을 입력하였음

✓ Power pack(유압 펌프) 및 유압 모터 모델

- ❖ 본 연구에서 사용된 유압 펌프는 용적용량 15cc/rev임
- ❖ 유압 펌프의 사판각은 -1로 고정으로 입력하였고, 유압 모터의 배제 용적은 유압 펌프와 동일하게 15cc/rec로 구성하였으며, 나머지는 기본값으로 입력하였음

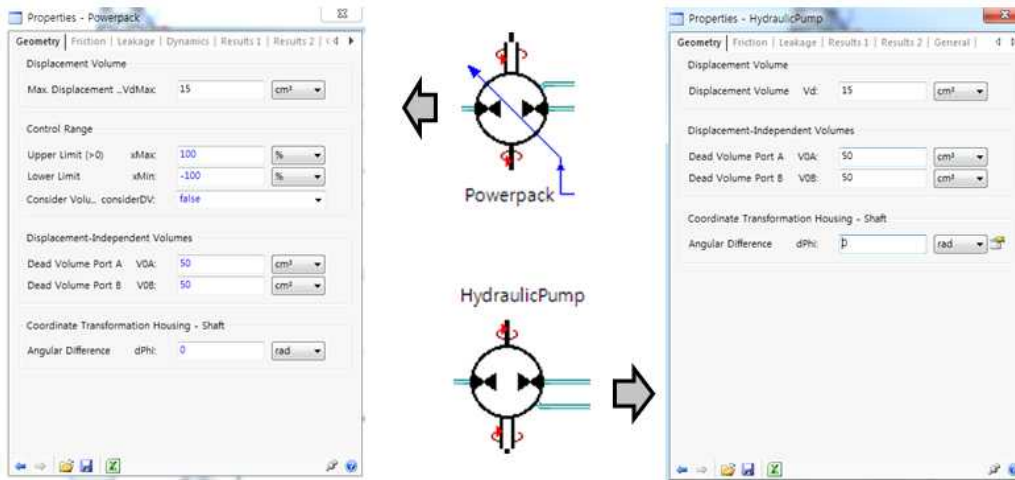


그림 121. Power pack(유압 펌프)과 유압모터 모델

✓ 유압 밸브 및 기타 유압 모델

- ❖ 유압 밸브는 릴리프 밸브와 체크밸브로 구성하였음
- ❖ 릴리프 밸브의 압력은 300bar, 체크밸브의 크래킹 압력은 0.5bar로 설정하였음

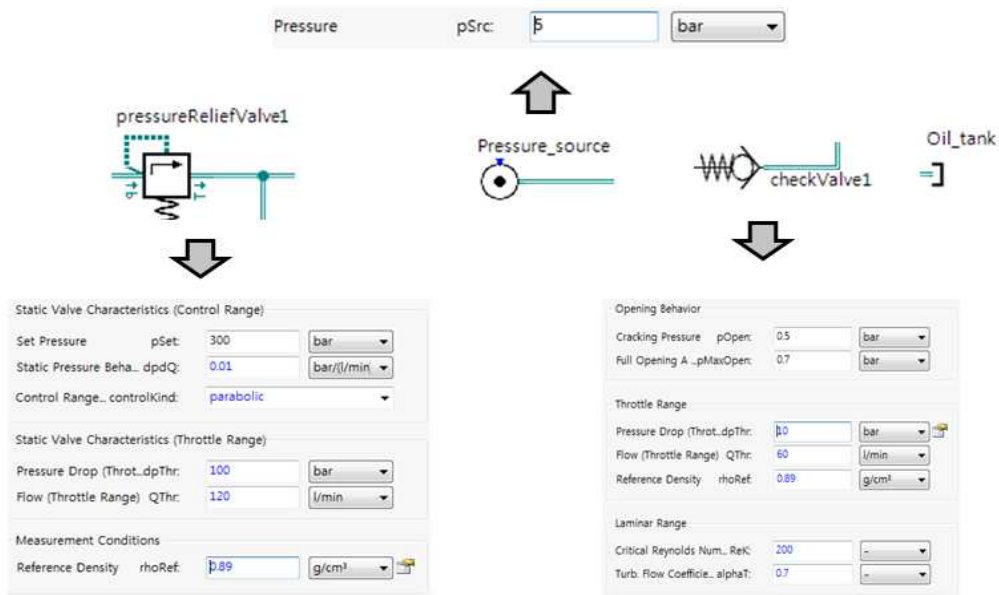


그림 122. 유압밸브 및 기타 유압 모델

✓ 부하 및 마찰 모델

- ❖ 시뮬레이션 구동 시 단순 동력전달구조 모델의 개발만으로 시뮬레이션을 수행할 수 없기 때문에, 본 연구에서는 유압 시스템의 성능평가를 위해 주요 시뮬레이션 모델 후단에 부하 및 마찰 모델을 추가하여 전체 배추수확기 구동 시 지면과의 마찰 및 토양에 의한 부하 모델을 반영하였음

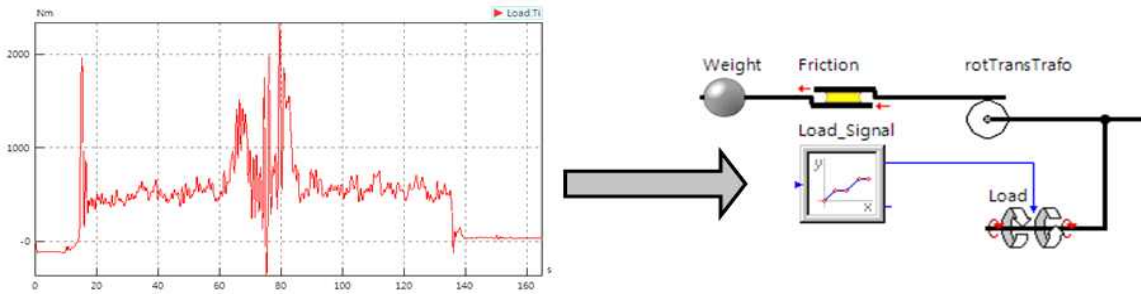


그림 123. 작업부하 모델

✓ 전체 시뮬레이션 모델 개발

- ❖ 전체 시뮬레이션 모델은 개발된 단품 모델의 SI(System Integration)을 통해 개발되었으며, 주요 구성은 아래 그림과 같음
- ❖ 시뮬레이션 모델은 배추수확기의 동력전달구조도를 기반으로 구성되었으며, 동력은 순차적으로 엔진 모델, Power pack 모델, 유압 밸브 모델, 유압 펌프 모델, 부하 및 마찰 모델(작업부)로 입력되는 구조로 구성하였음

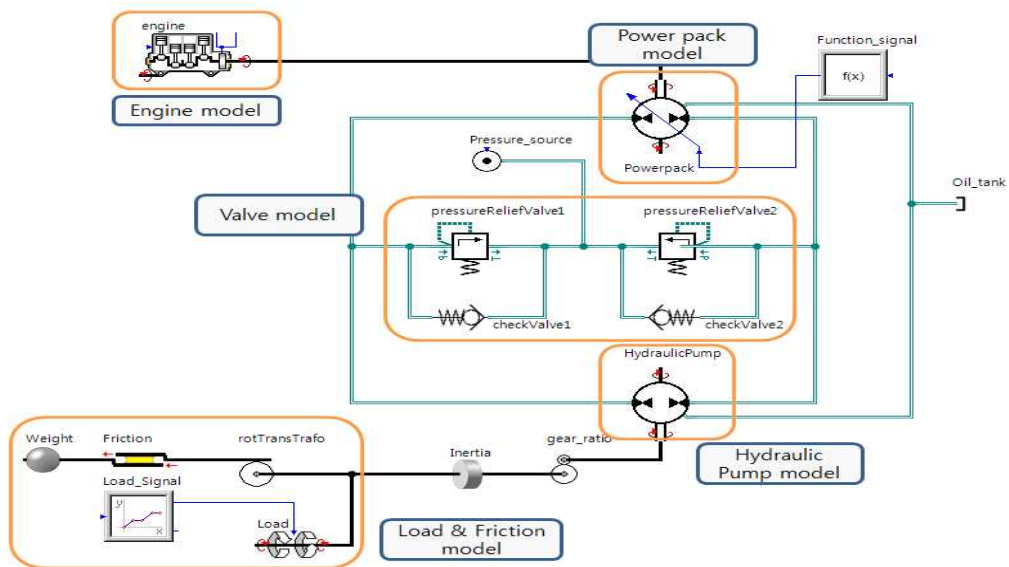


그림 124. 배추수확기의 작업부 유압시스템 시뮬레이션 모델 개발

- ✓ 시뮬레이션 분석은 개발된 시뮬레이션 모델의 각 구성요소의 결과를 기반으로 시뮬레이션 모델을 검증하고, 설계 사양인 작업부 속도 0.9m/s를 만족하는지 검증하고자 수행되었음

✓ 엔진 토크 및 회전속도

- ❖ 엔진 회전속도는 엔진 구동 후 rpm이 급격히 증가하여 약 3sec에서 2800rpm으로 나타났고 이후 시뮬레이션 구간인 165sec까지 계속해서 유지하는 것으로 나타났음

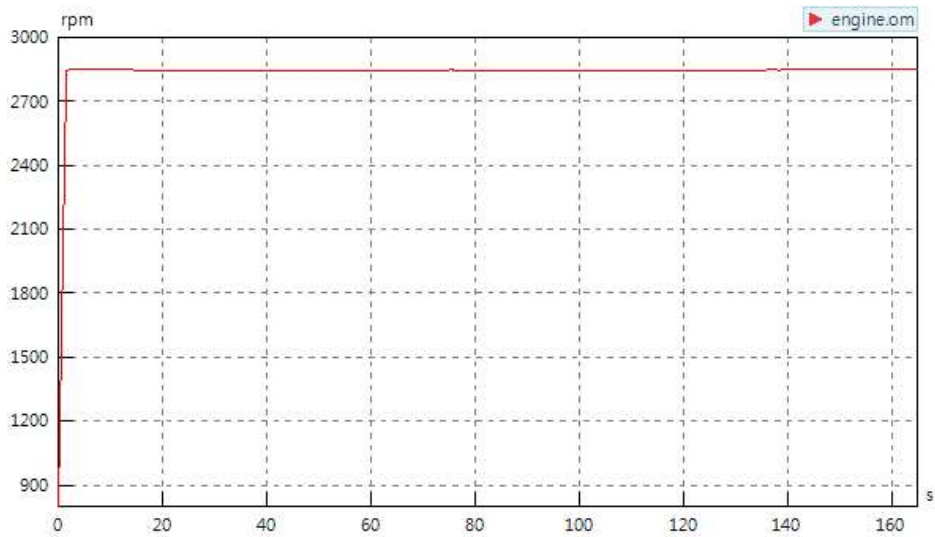


그림 125. 엔진 회전속도

- ❖ 엔진 토크는 작업부의 입력 부하에 따라 작업구간에서 불규칙한 변동부하를 나타내며, 작업구간에서는 평균 Nm로 나타남
- ❖ 엔진 토크는 약 “80sec에서 12Nm로 가장 높은 토크” 가 나타남

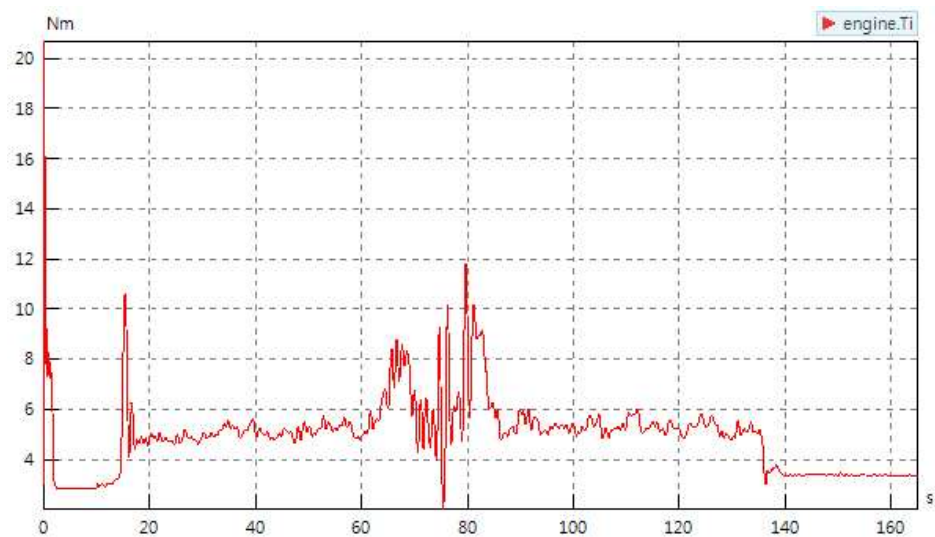


그림 126. 엔진 토크

✓ Power pack 유량 및 유속

- ❖ 유압 Power pack의 유속은 엔진 구동 후 엔진으로부터 입력 받은 동력에 따라 급격히 증가하여 3sec에 약 18.5L/min으로 나타났으며, 이 후 지속적으로 유지하는 것으로 나타남

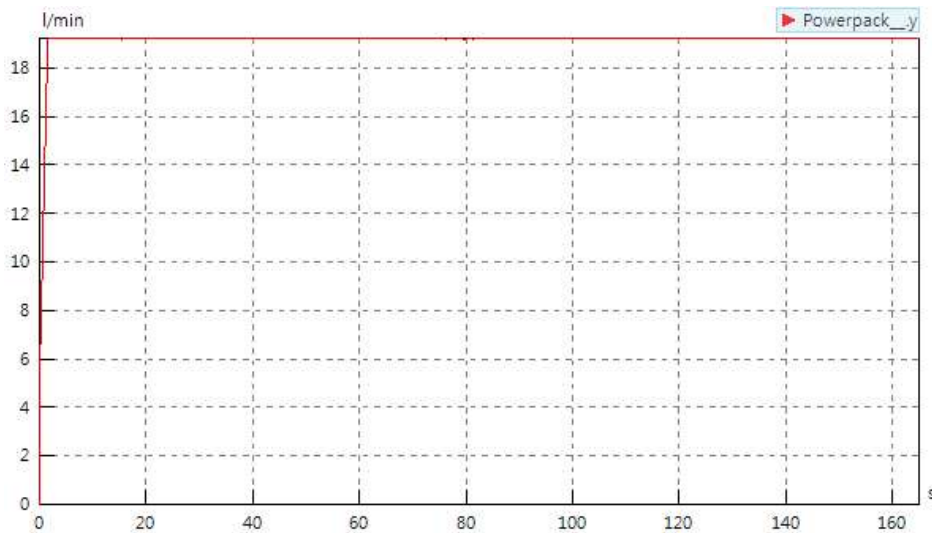


그림 127. Powerpack 유속

- ❖ 유압 공급원인 유압 Power pack의 압력은 부하 모델 및 엔진 부하와 유사한 개형을 나타내었으며, 부하 모델의 부하값이 가장 높은 약 “80sec에서 약 80bar로 가장 높은 압력”을 나타내었음

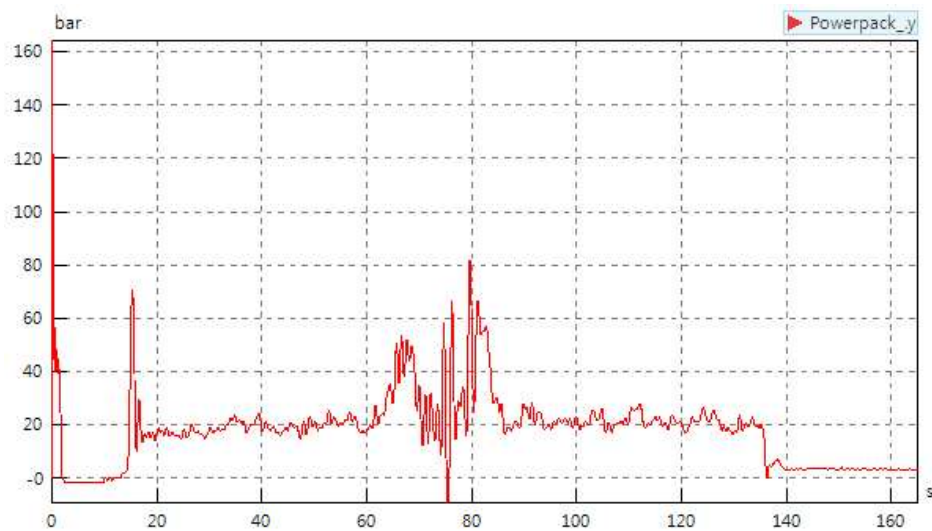


그림 128. Powerpack 유압

✓ 작업부 속도

- ❖ 작업부 속도는 평균 1.08m/s로 측정되며, 작업부 부하 모델의 부하 값이 급격히 증가하는 약 60~80sec 구간에서는 작업부 속도의 변동이 크게 발생하며, 일시적으로 작업부 속도가 약 0.95m/s까지 하락하는 결과를 보임
- ❖ 작업부 속도는 배추수확기의 작업 시 토양 환경 등 작업 부하의 영향을 크게 받는 것으로 판단되며, 설계 사양의 “작업부 속도 기준 0.9m/s에 만족하는 결과”를 얻었음

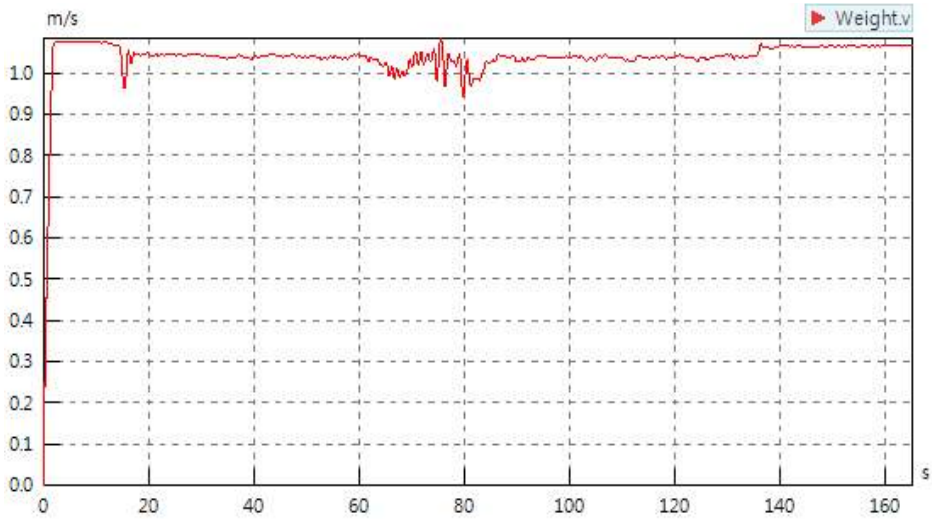


그림 129. 작업부 속도

◇ 변속기 보완설계

- ✓ 현재 배추수확기의 변속기는 기계식 변속기를 채택하고 있음
- ✓ 주행 시험결과 표2와 같은 결과를 얻었음. 배추 수확 시험 결과에 따르면 주행 단수 최저단인 1단에서 작업을 할 경우에도 배추 수확에 있어서 주행 작업 속도가 너무 빠르다 판단되었음
- ✓ 따라서 배추 수확의 특성에 따라 기계식 변속기의 최저단 속도보다 저속주행이 가능한 무단변속기 HST의 적용이 필요함

표 58. 배추수확기 시작기의 주행 속도

주행속도			
1단	0.57m/s	3단	1.19m/s
2단	0.8m/s	후진	0.4m/s

✓ 유정압 변속기(HST)

- ❖ 유정압 변속기는 원동축에 따라 왕복펌프 또는 회전펌프를 구동하여 고압유를 발생시킨 후 왕복시 또는 회전식 유압모터로 유도하여 파동축을 회전시켜 무단 변속이 이루어지는 동력전동장치를 말함
- ❖ 유압식 변속기에 속하는 유정압변속기(HST)는 기관에서 발생하는 기계적 에너지를 유압에너지로 바꾸는 가변용량형 유압펌프와 유압에너지를 다시 기계적 에너지로 바꾸는 유압모터로 구성됨



그림 130. 유정압 변속기

- ❖ 가변용량형 유압펌프는 그림에서와 같이 회전형 실린더에 수 개의 피스톤을 설치하여 실린더가 회전함에 따라 회전사판(swash plate)의 기울기에 의하여 피스톤이 펌프작용을 하도록 한 것임
- ❖ 회전사판의 기울기에 따라 피스톤의 행정이 변화되어 유압펌프로부터 배출되는 유량이 변화되고, 이것이 차륜을 구동하는 유압모터의 속도를 변화시켜 변속하는 것임

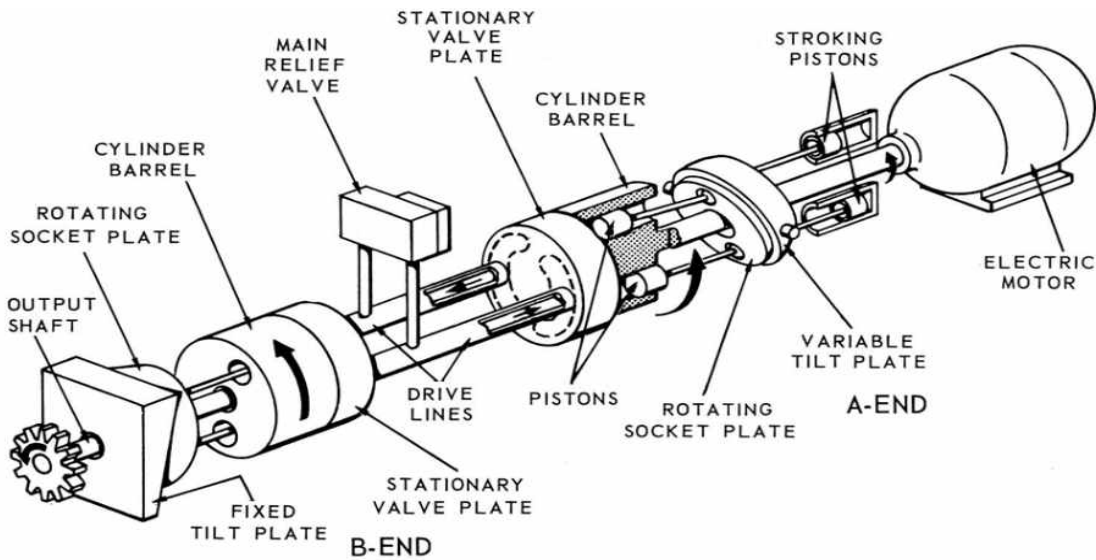


그림 131. 유압식 변속기의 구조

- ✓ 유정압 변속기의 원리
 - ❖ 유정압 변속기의 작동원리는 크게 전진, 중립, 후진으로 나뉘게 됨
 - ❖ 전진: 전진레버를 넣게 되면 사판이 피스톤을 밀어 유압이 모터를 작동 시키고 출력축을 전진방향으로 회전시킴
 - ❖ 중립: 회전사판의 기울기가 없기 때문에 피스톤이 펌프 작용을 하지 않음
 - ❖ 후진: 전진레버를 넣었을 때와 작동원리는 같지만 유압의 흐름이 역전하여 유압 모터 출력축 방향이 바뀌게 됨
- ✓ 배추수확기 시작기의 HST
 - ❖ 배추 수확 시험 결과에 따르면 최저단인 1단에서 주행 작업속도가 너무 빠르다 판단되어 보다 저속 주행을 위해 보완 적용되어야 할 “HST의 기본 설계 사양은 22cc/rev” 임
 - ❖ 전·후진 무단 변속, 저속/고속 미세 조정, 추가 동력 인출 기능이 가능한 농업용 HST는 현재 배추수확기 시작기의 유압시스템에 맞게 적용할 예정임

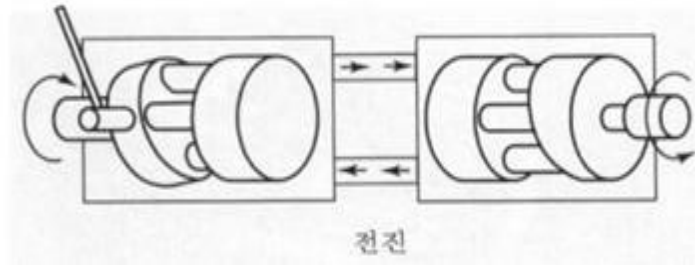


그림 132. 유정압 변속기의 작동원리

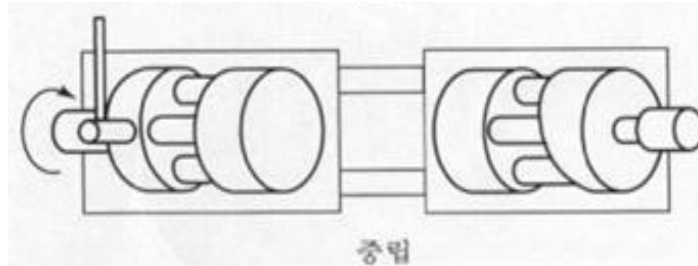


그림 133. 유정압 변속기의 작동원리(중립)

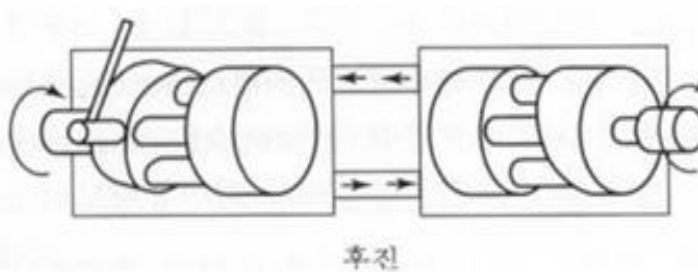


그림 134. 유정압 변속기의 작동원리(후진)

표 59. 배추수확기 시작기 HST

Model	펌프용적 (cc/rev)	모터용량 (cc/rev)	최고입력회 전수(rpm)	최고출력회 전수(rpm)	최대압력 (Kgf/cm)	최대토크 (kgf*m)
HPVMF	0~23.3	23.3	3000	0~3000	280	10.4

3차년도/주관연구기관 현장 실증시험 및 보완 CH13) 주산지 현장 실증시험: 작업능률, 손상을



◇ 자주식 배추수확기 기초 및 포장 성능시험

- ✓ 배추수확기의 포장 기초성능시험: 자주식 배추수확기의 영향을 미치는 주요 요인인 주행속도와 인발벨트속도의 속도비와 인발각도의 최적의 값을 얻기 위하여 포장 예비 기초 성능을 시험하였음
- ✓ 배추 수확시험장치의 성능시험은 '18.10. 강원도 평창군 소재 고랭지 농업연구소 시험포장에서 수행하였음
- ✓ 재배작형은 고랭지배추이고, 배추기계화를 위한 조건 75cm, 주간 30cm의 재배양식으로 재배한 포장이었음



그림 135. 시험포장(좌) 및 수확작업(우)

표 60. 시험포장의 제원

시험포장	지역	강원도 평창군 고령지 농업연구소
	구성면적	0.5ha
	두둑형식	둥근두둑, 1열재배
	주간거리	30cm
배추재배양식	조간거리	75cm
	두둑폭	30cm
	고랑폭	35cm

- ❖ 적정 수확 운전조건을 파악하기 위한 시험을 수행하였음
- ❖ 인발각도는 기존 보고된 인발식 근채류수확기의 인발 각도를 고려하여 30/35/40° 범위의 3수준, 작업기 주행속도를 저속/중속/고속의 3수준, 주행속도와 인발벨트의 속도비를 1 : 1~1.5의 범위에서 조절하여 수확시 인발 각도와 주행속도, 주행속도와 인발벨트의 속도비에 따른 인발율과 손상율을 측정하였음
- ❖ 인발률은 배추를 인발벨트로 협지하여 배추의 뿌리가 지면에서 완전히 뽑힐때까지의 배추의 개수이고, 이송률은 인발 후 배추가 인발벨트에서 떨어지지 않고 적재함 이송벨트까지 이송된 배추의 개수임
- ❖ 손상률은 찍힘이나 인발벨트의 협지력에 의한 무름 등 상품성을 잃었다고 판단되는 배추를 판별하여 결정하였음

$$\text{인발률(\%)} = \frac{\text{인발된 배추의 개수}}{\text{전체 배추의 개수}} \times 100 \quad \text{식(31)}$$

$$\text{이송율(\%)} = \frac{\text{벨트에 협지된 배추의 개수} - \text{이송중 떨어진 개수}}{\text{벨트에 협지된 개수}} \times 100 \quad \text{식(32)}$$

$$\text{손상률(\%)} = \frac{\text{손상된 배추의 개수}}{\text{전체 배추의 개수}} \times 100 \quad \text{식(33)}$$

- ❖ 작업능률 시험은 그림과 같은 시험포장에서 연접법으로 연속으로 작업하여 그에 따른 평균작업속도(m/s), 회행시간(s) 등을 측정하였으며, 포장 작업성능은 식(34)과 같이 농작업기계 포장 성능 분석법으로 산출하였음
- ❖ 자주식 배추수확기의 시험요인별 포장 성능시험 계획을 나타낸 것으로 시험요인 및 수준은 다음의 표와 같음

$$\text{포장작업성능(시간/10a)} = \left(\frac{50}{v} + t\right) \times \left(\frac{20}{360 \times b}\right) \quad \text{식(34)}$$

여기서, v : 평균작업속도(m/s)

t : 평균회행시간(s)

b : 평균작업폭(m)

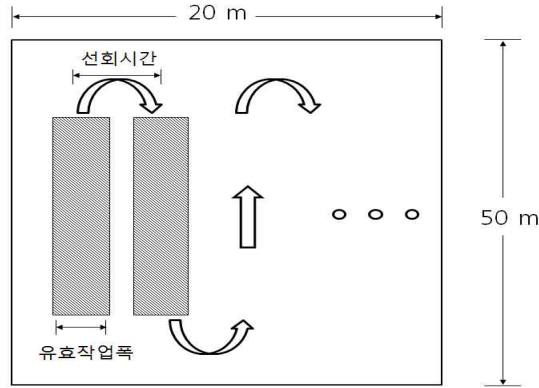
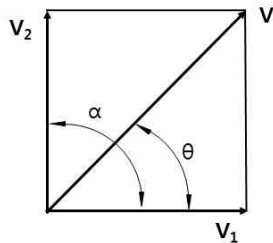


그림 136. 작업능력 시험 작업방법(연접법)

표 61. 자주식 배추수확기 포장 기초성능시험 설계

시험요인	분석항목	시험방법
- 인발각도: 30°, 35°, 40°	- 인발율(gathering ratio)	- 1조/작업구간 20m 설정
- 주행속도: 저속, 중속, 고속	- 손상율(damaged ratio)	- 작업구간내 배추수량 기록함.
- 속도비: 1 : 1~1.5	- 이송율(transferred ratio)	- 인발율, 손상율, 이송율 조사분석

- ✓ 주행속도와 인발벨트 속도와의 관계: 주행속도와 인발벨트 속도와의 적정 속도비를 규명하기 위해 이론 재분석을 수행하였음



V : speed of pulling belt
V₁ : Vehicle speed
V₂ : Vertical speed
θ : Angle of pulling belt
α : Gripping height

그림 137. 적정속도비 결정 도식도

- ❖ 인발벨트의 속도 V의 수평방향 속도 V₁, 수직방향의 속도 V₂는 각각 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있음

$$V_1 \sin \alpha = V \sin(\alpha - \theta) \quad \text{식(35)}$$

$$V_2 \sin \alpha = V \sin \theta \quad \text{식(36)}$$

- ❖ 여기서, 배추가 지면에서 수직으로 뽑힌다고 가정한다면 α=90°가 되고 θ는 인발각도가 된다. α=90°의 값을 식(35), 식(36)에 대입하면 수평방향의 속도 V₁과 수직방향의 속도 V₂는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있음

$$V_1 = V \cos \theta \quad \text{식(37)}$$

$$V_2 = V \sin \theta \quad \text{식(38)}$$

- ❖ 여기서 인발벨트와 배추 사이에 슬립현상이 발생하지 않는다면, 이론 인발벨트의 속도는 다음으로 표현됨

$$V = \frac{V_1}{\cos\theta} \quad \text{식(39)}$$

- ❖ 인발각도가 35°인 경우, 식 (9)에서 주행 수평속도가 저속 0.94m/s일 때 인발벨트 속도는 1.15m/s가 되고 주행속도가 중속 1.26m/s일 때 인발벨트 속도는 1.54m/s가 되어 주행속도와 인발벨트의 이론속도비는 1 : 1.22가 되었음
- ❖ 인발각도가 40°인 경우, 주행 수평속도가 저속 0.94m/s일 때 인발벨트 속도는 1.23m/s가 되고 주행속도가 중속 1.26m/s일 때 인발벨트 속도는 1.64m/s가 되어 주행속도와 인발벨트의 이론속도비 1 : 1.31로 나타남
- ❖ 주행속도와 인발벨트 속도가 같은 1:1의 속도비에서 벨트가 배추를 헐지하나 인발하는 힘이 부족하여 인발되지 못하고 통과되는 현상이 발생되었고 속도비가 클 경우 배추가 벨트의 마찰에 의해 인발되면서 손상이 발생하였음.
- ❖ 결국 인발벨트와 주행속도의 최적 속도비 1 : 1.2로 나타남

표 62. 인발벨트와 주행속도의 속도비에 따른 인발율과 손상을 비교

인발벨트와 주행속도의 속도비	인발율(%)	손상율(%)
1 : 1.0	84	9
1 : 1.1	87	6
1 : 1.2	92	3
1 : 1.3	90	5
1 : 1.4	86	6

✓ 인발각도가 배추의 인발에 미치는 영향

- ❖ 적정 인발 각도를 규명하기 위하여 배추수확기의 주행속도 중속 1.26m/s, 인발벨트 속도 1.54m/s의 적정 속도비 1 : 1.2로 작업속도를 고정하여 수확기의 인발각도를 30/35/40°로 조절하여 시험한 결과, 표와 같이 인발각도 35°에서 인발율 93%, 손상율 2%로 가장 우수하게 나타남

표 63. 인발각도에 따른 인발율과 손상을 비교

인발각도(°)	인발율(%)	손상율(%)
30	89	4
35	92	2
40	90	3

- ❖ 자주식 배추수확기의 영향을 미치는 요인으로 주행속도와 인발벨트속도의 속도비와 인발각도의 최적의 값을 얻기 위한 포장 예비 기초 성능 결과 인발벨트와 주행속도의 속도비는 1 : 1.2, 인발각도는 35°에서 가장 우수한 수확 성능을 보임
- ✓ 자주식 배추수확기의 작업성능
 - ❖ 배추수확기의 작업성능 시험은 경남 창원시 의창구 소재 농가를 대상으로 수행함
 - ❖ 시험포장은 비포장로이고 지표면상태는 평탄한 상태이며 운전조건은 엔진회전수 2600rpm에서 시험하였음
 - ❖ 10a(50×20m) 기준 작업시간은 다음과 같음. 작업성능 분석결과, 작업속도 1.2 m/s 일 때 작업성능은 약 1.25h/10a으로 나타남

표 64. 자주식 배추수확기 작업성능시험

작물	작업속도(m/s)	작업폭(m)	평균선회시간(s)	작업능률(시간/10a)
고랭지배추	1.2	1.1	30	1.25

- ✓ 자주식 배추수확기 현장 포장 성능시험
 - ❖ 수확기의 현장 적응시험은 수확 성능에 영향을 미치는 요인은 인발벨트속도, 주행속도, 인발각도, 토양수분함량, 토양경도, 배추의 품종 등이 있지만 이중 가장 수확성능에 영향을 미치는 요인은 주행속도와 인발벨트의 속도비, 인발각도이므로 고령지농업연구소 포장에서 선행연구 실험결과를 통하여 얻어진 속도비 1 : 1.2, 인발각도 35°의 값이 가장 우수한 것으로 조사되어, 이 값을 고정하여 재배 작형별 수확성능을 조사하기 위하여 수확시험을 실시하였음
 - ❖ 작형은 가을배추와 월동배추의 포장 농가를 대상으로 인발율과 손상율을 조사함
 - ❖ 수확기의 현장 적응시험은 '18.10. 경상남도/창원시 소재 포장 농가와 '18.12. 전라남도/해남군 소재 포장 농가 두 곳에서 수행하였음
 - ❖ 수확성능 시험 전 배추 물성분석을 위해 각각 포장별로 배추포장에서 각부치수 및 무게, 인발력, 토양수분함량을 조사하였음
 - ❖ 표본의 선출은 각 포장 내에서 20개를 임의 선택하여 측정하였음. 인발력은 배추가 심겨진 상태에서 디지털 하중계(Digital force guage, 측정범위 0~300N)로 측정하였고 배추의 직경, 길이, 무게를 측정하였음
- ✓ 가을배추 포장 수확성능 시험결과
 - ❖ 자주식 배추수확기의 작형별 수확성능 작업능력을 파악하기 위하여 경상남도 창원시 소재 농가 시험포장에서 '18.10. 노랑배추 품종을 대상으로 실시하였음
 - ❖ 다음의 가을배추의 재배양식을 나타낸 것이며, 공시재료 배추의 물성 및 토양함수율을 나타낸 것임
 - ❖ 인발률은 배추를 인발벨트로 협지하여 뿌리가 완전히 뽑힐 때까지의 배추 개수이고, 손상률은 찍힘이나 인발벨트의 협지력에 의해 상품성을 잃었다고 판단되는 배추를 조사하여 판별하였음
 - ❖ 수확성능 시험결과 가을배추의 경우 인발율은 96%, 손실률은 2% 이내로 나타남

표 65. 가을배추(노랑배추)의 시험포장의 제원

시험포장	지역	창원시
재배양식	품종	노랑배추
	두둑형식	등근두둑, 1열재배
	주간거리	50cm
	조간거리	100cm
	두둑폭	50cm
	고랑폭	45cm



그림 138. 시험포장(좌) 및 시작기 수확작업(우)

표 66. 가을배추(노랑배추)의 물성 및 토양함수율

항목	직경(cm)	길이(cm)	무게(kg)	인발력(N)	토양함수율(%)
평균	22.7	29.9	3.1	159.5	24.9
표준편차	3.1	2.7	0.86	35.3	2.8

✓ 월동배추 포장 수확성능 시험결과

- ❖ 자주식 배추수확기의 재배작형별 수확성능 작업능력을 추정하기 위하여 전라남도 해남군 소재 농가 시험포장에서 '18.12. 겨울왕국 품종을 대상으로 수확성능시험을 실시하였음
- ❖ 지역 농가에서는 재배방식으로 1줄 재배와 2줄 재배를 채택하고 있었음
- ❖ 많은 농민들이 선호하는 2줄 재배의 경우 개발된 배추수확기의 설계 특성상 작업에 어려움이 있으므로 수확성능 시험은 1줄 재배로 진행하였음
- ❖ 다음의 표는 월동배추의 재배양식을 나타낸 것임

- ❖ 인발률은 배추를 인발벨트로 협지하여 뿌리가 완전히 뽑힐 때까지의 배추 개수이고, 손상률은 찍힘이나 인발벨트의 협지력에 의해 상품성을 잃었다고 판단되는 배추를 조사하여 판별하였음
- ❖ 시험결과 인발율은 97%, 손실률은 2% 이내로 나타남

표 67. 월동배추(겨울왕국)의 시험포장의 제원

시험포장	지역	창원시
재배양식	품종	겨울왕국
	두둑형식	등근두둑, 1열재배
	주간거리	45cm
	조간거리	65cm

표 68. 성능 평가 시험에 사용된 월동배추의 물성 및 토양함수율

항목	직경(cm)	길이(cm)	무게(kg)	인발력(N)	토양함수율(%)
평균	30.6	33.8	5.18	90.8	25.3
표준편차	2.6	0.9	0.8	19.5	2.4



그림 139. 월동배추 포장전경 및 인발력 측정(1줄 재배(좌), 2줄 재배(중), 인발력 측정(우))

※ 가을배추와 월동배추를 대상으로 시험한 배추수확기의 재배 작형별 수확성능 결과, 선행연구결과를 바탕으로 수확기의 설정요인을 인발속도와 주행속도의 속도비 1:1.2, 인발각도 35°로 설정하여 성능실험을 실시하여 나타난 수확성능은 인발율 96% 이상, 손상률 2% 이내로 자주식 배추수확기의 수확성능은 우수한 것으로 나타남(다만, 월동배추의 경우 주산지인 해남에서는 2줄 재배를 선호하고 있어 이에 대한 적응성 검토가 필요한 것으로 판단됨)

3차년도/주관연구기관 현장 실증시험 및 보완 CH14) 문제점 도출 및 수정보완: 작업성능, 내구성, 내환경성



◇ 2/3차년 현장실증시험 과정에서 도출된 문제점을 적용하여 수정보완하고 시범판매를 수행하였음. 개선 내용은 교체(뿌리 절단 칼날) 및 추가(인발 가이드, 적재함 바퀴 및 바퀴 고정대, HST)로 진행되었음. 수정 내용 및 위치는 다음과 같음



그림 140. 현장시험으로 문제점 도출 및 수정보완

◇ 뿌리 절단 칼날의 수정보완

- ✓ 문제점 : ①예취 절단력 부족
②인발 후 뿌리 절단 안됨
③수확 배추 손실 발생
- ✓ 대상부품 : 고정식 칼날
- ✓ 수정보완 : 회전식 칼날(뿌리 절단기능)로 교체
- ✓ 제품적용 : '18년 시범판매기에 적용

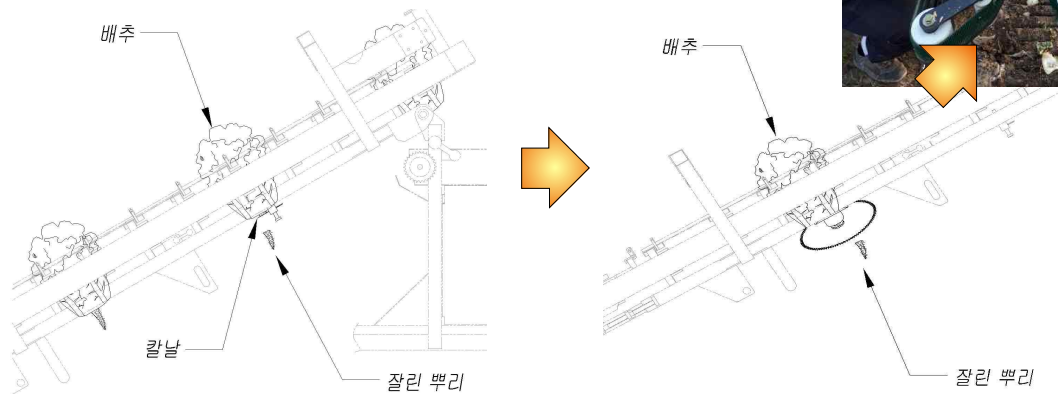


그림 141. 뿌리 절단 칼날 수정보완 전후 개념도

◇ 배추 인발 가이드의 수정보완

- ✓ 문제점 : ①인발 후 측면으로 탈락
②수확 배추 손실 발생
- ✓ 대상부품 : 인발 본체
- ✓ 수정보완 : 본체에 조립식 가이드를 이송부까지 설치
- ✓ 제품적용 : '18년 시범판매기에 적용

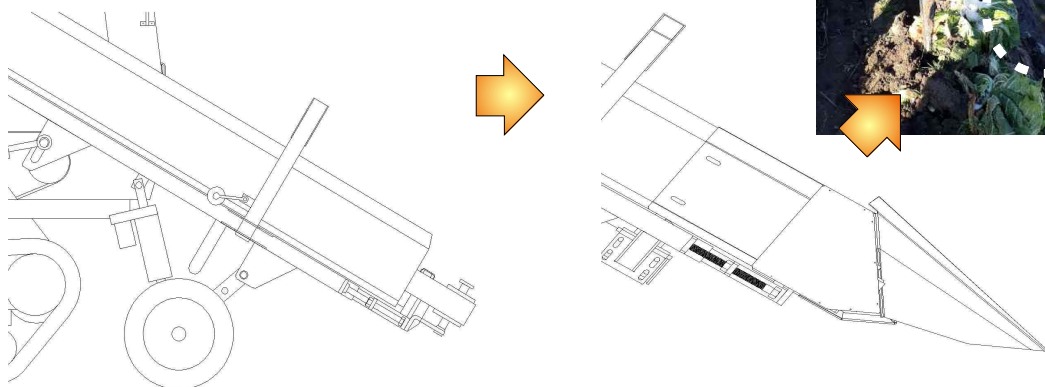
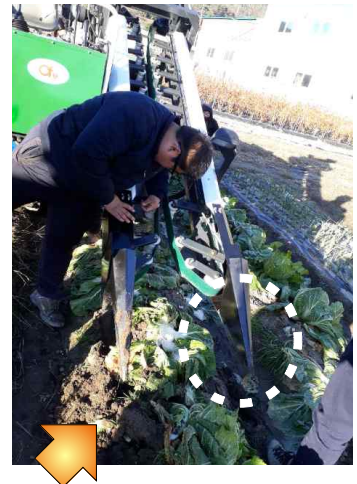


그림 142. 가이드 수정보완 전후 개념도

◇ 적재함 바퀴 및 바퀴 고정대의 수정보완

- ✓ 문 제 점 : 적재 후 하중으로 짧은 거리이동도 어려움
- ✓ 대상부품 : 적재 팔레트
- ✓ 수정보완 : 프레임 수정 및 적재 팔레트에 바퀴 추가
- ✓ 제품적용 : '18년 시범판매기에 적용

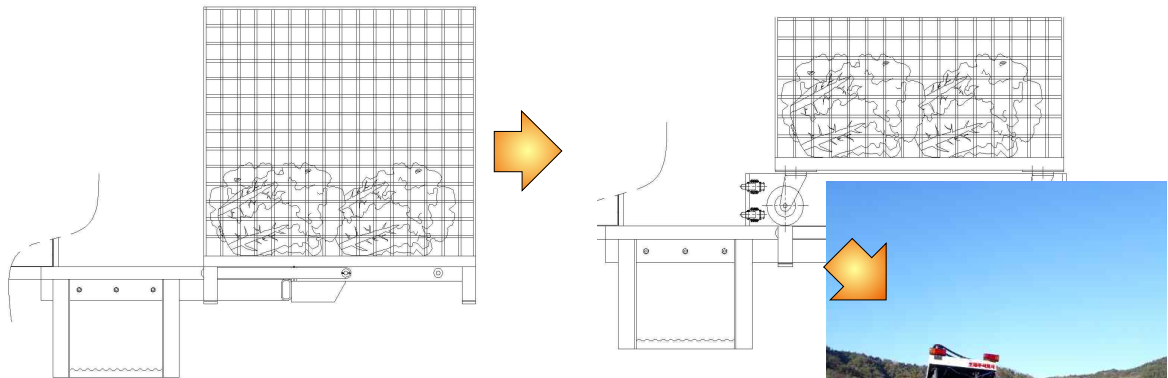


그림 143. 적재함 바퀴 및 고정대 수정보완 전후

◇ HST¹⁾ 추가로 수정보완

- ✓ 문 제 점 : ①정회전/역회전 불가
②작업속도 선택 한계로 작업 편의성 부족
- ✓ 대상부품 : HST
- ✓ 수정보완 : 전진/후진의 저속/중속/고속 기능 부여
- ✓ 제품적용 : '18년 시범판매기에 적용

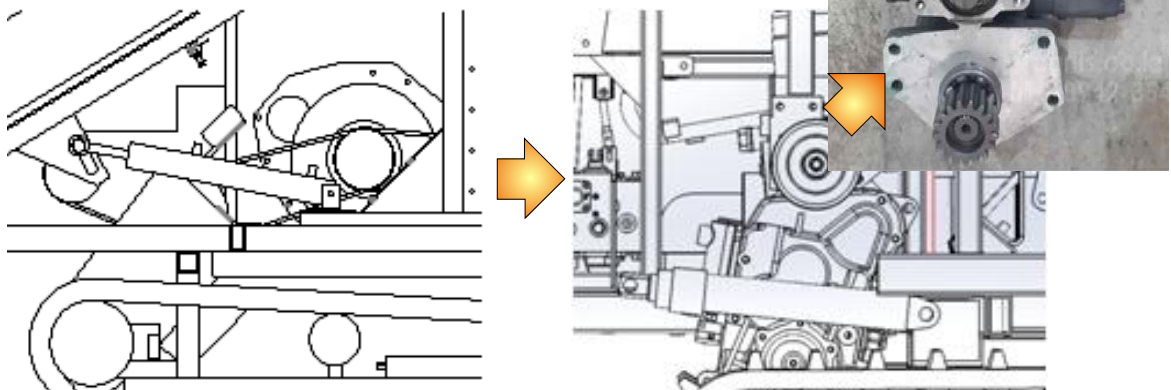


그림 144. HST 추가 수정보완 전후 개념도

1) Hydrostatic Transmission: HST는 유압펌프와 모터를 일체형으로 구성한 유압식 동력 전달 장치임. 펌프는 사판각도를 조작하여 용적을 변화시킬 수 있는 가변 용적형 사판식 피스톤 펌프이며, 모터는 고정용적형 사판식 피스톤형임. 피스톤 펌프의 사판각도 변화에 의해서 모터회전을 정지에서 최대 회전수까지 변화시킬 수 있으며 정회전, 역회전이 가능함. HST장치를 구성할 시 간단한 레버 조작으로 전진, 후진, 정지가 가능하며 레버 조작범위에 비례하 속도를 얻을 수 있으므로, 농기계 주행장치에 간편하게 사용할 수 있음

3차년도/주관연구기관) 현장 실증시험 및 보완 CH15) 경제성 평가



✓ 수확기의 연간소요비용은 기계장치의 구입가격 40,000천원, 작업 성능 1.25시간/10a(8a/시간), 내용연수 5년, 잔존가 0%, 연이율 5%, 농업노동임금 등을 적용하여 분석함

✓ 작업성능이 증가할수록(단위면적을 작업소요시간의 증가) 비용이 증가하며, 연간사용시간이 증가할수록(연간이용면적의 증가) 비용이 감소하며, 적용된 산출근거 및 분석조건은 다음과 같음

- ❖ 내용연수 : 5년
- ❖ 공통) 감가상각비 : 직선법=(구입가-잔존가)/내용연수
- ❖ 공통) 잔존가 0%, 연이율 5%
- ❖ 작업성능 : 0.08ha/시간 (12.5시간/ha) ←최저사양으로 분석
- ❖ 연간사용시간 : 400시간 ← 이용면적 320 ha 기준으로 산정
- ❖ 공통) 수리비계수 (1년차 : 2.6%, 2년차 : 3.4%, 3년차 : 5.3%, 4년차 : 6.8%, 5년차 : 8.2%)
- ❖ 공통) 연료비 : 면세경유 850원/L+윤활유비(연료비의 30%) ← '18.12 함안지역 최고가
- ❖ 공통) 연료 소모량 : 10L/시간
- ❖ 공통) 인건비 : 남성 112,145원/일, 여성 75,048원/일, '18 1/4분기 농업노동임금(통계청)
- ❖ 공통) 기계운전자 인건비 : 남성/여성 인건비의 1.4배
- ❖ 인건비 계산) 배추수확기 : 남성 운전자 1인

- ✓ 수확기는 작업성능 12.5시간/ha과 연간이용면적 320ha(이용시간 400시간)에서 분석 3차년 기준으로 1ha 기준으로 연간소요비용은 911,513원이 소요되며, 5년 합계 4,556,601원이 소요됨. 그러나 연간이용면적이 작아지면 연간소요비용은 급증하게 됨. 그리고 5년간 시간당 고정비는 32,850원에서 25,450원으로 감소하며, 시간당 유동비는 43,808원으로 고정됨.
- ✓ 수확기(구입가격 40,000천원, 작업성능 12.5시간/ha(0.08ha/시간))은 이용면적이 증가할수록 연간소요비용이 감소함. 이용면적이 감소하면 연간소요비용이 급격하게 증가하여 경제성이 심각하게 떨어지는 것을 알 수 있음. 또한, 배추수확기의 이용에 따른 연간소요비용의 산출은 고정비와 유동비를 고려하였으며 설정된 조건에서 임작업 등을 고려하여 분석하였는데 산출결과는 다음과 같음.
- ✓ 여기에서 1/2차년도 현장실험결과, ASABE(American Society of Agricultural and Biological Engineers(미국농공학회) Standards D497.4)의 표준식에 준한 배추수확기의 성능평가(산출근거: 일반작업효율 65%, 주행속도 1.2m/s, 작업 폭 1.1m를 적용하였음.)에서 작업성능은 산출근거로 시간당 0.08ha를 적용하였음

표 69. 배추수확기의 1ha 기준 수확작업 연간소요비용 분석(단위 : 원)

구 분		자주식 배추수확기					
구입가격 (원)		40,000,000					
내용연수(년)		5					
연간사용시간(시간/년)		400					
	년차	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	
연 간 고정비 (원/년)	감가상각비	8,000,000	8,000,000	8,000,000	8,000,000	8,000,000	
	수리비	390,000	510,000	795,000	1,020,000	1,230,000	
	자본이자	4,750,000	3,800,000	2,850,000	1,900,000	950,000	
	소계	13,140,000	12,310,000	11,645,000	10,920,000	10,180,000	
시간당고정비(원/시간)		32,850	30,775	29,113	27,300	25,450	
시간당 유동비 (원/시간)	인건비	남성	19,625	19,625	19,625	19,625	19,625
		여성	13,133	13,133	13,133	13,133	13,133
	유류비	11,050	11,050	11,050	11,050	11,050	
	소계	43,808	43,808	43,808	43,808	43,808	
시간당비용(원/시간)		76,658	74,583	72,921	71,108	69,258	
작업성능(시간/ha)		12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
연간소요비용(원/ha)		958,225	932,288	911,513	888,850	865,725	
		5년 합계 4,556,601원					

- ✓ 수확기를 이용한 수확작업은 연간사용시간이 연간소요비용을 크게 변화시키는데 500시간 기준으로 839천원, 400시간 기준으로 912천원, 300시간 기준으로 1,033천원, 200시간 기준으로 1,275천원, 100시간 기준으로 2,003천원, 50시간 기준으로 3,459천원으로 분석됨
- ✓ 이는 연간사용시간이 500시간 기준으로 400시간, 300시간, 200시간, 100시간, 50시간으로 감소할 때 1ha에 대한 연간소요비용은 각각 108.7%, 123.1%, 152.1%, 238.8%, 412.4% 증가하는데 연간사용시간이 줄면 연간소요비용이 급격하게 증가하는 것을 의미함
- ✓ 개발된 수확기는 고정비 중에서 감가상각비, 수리비, 자본이자와 유동비 중에서 시간당 부담되는 인건비, 유류비 등이 고정된 상태에서 연간사용시간(연간이용면적)이 경제성을 좌우하는 것으로 나타남
- ✓ 따라서 이용면적을 확보하기 위해 임작업 형태로 이용하거나 공동사용 등으로 경제성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단됨. 그리고 수확농가에서는 실질적으로 수확기를 7~10년 이용하나 법정 내용연수 5년을 적용하여 분석한 결과임

표 70. 배추수확기 작업성능 및 이용면적 변화에 따른 연간소요비용 분석(단위: 천원/ha)

이용면적 (ha/년)	사용시간 (hr/년)	작업성능 (시간/ha)										
		12	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35
0.8	10	14,500	15,104	18,125	21,145	24,166	27,187	30,208	33,228	36,249	39,270	42,291
1.6	20	7,513	7,826	9,391	10,956	12,521	14,086	15,651	17,217	18,782	20,347	21,912
2.4	30	5,184	5,400	6,480	7,560	8,639	9,719	10,799	11,879	12,959	14,039	15,119
3.2	40	4,019	4,187	5,024	5,861	6,699	7,536	8,373	9,211	10,048	10,885	11,723
4.0	50	3,320	3,459	4,151	4,842	5,534	6,226	6,918	7,609	8,301	8,993	9,685
4.8	60	2,855	2,974	3,568	4,163	4,758	5,353	5,947	6,542	7,137	7,731	8,326
5.6	70	2,522	2,627	3,152	3,678	4,203	4,729	5,254	5,780	6,305	6,830	7,356
6.4	80	2,272	2,367	2,841	3,314	3,787	4,261	4,734	5,208	5,681	6,155	6,628
7.2	90	2,078	2,165	2,598	3,031	3,464	3,897	4,330	4,763	5,196	5,629	6,062
8.0	100	1,923	2,003	2,404	2,805	3,205	3,606	4,006	4,407	4,808	5,208	5,609
12.0	150	1,457	1,518	1,822	2,125	2,429	2,732	3,036	3,340	3,643	3,947	4,250
16.0	200	1,224	1,275	1,530	1,786	2,041	2,296	2,551	2,806	3,061	3,316	3,571
20.0	250	1,085	1,130	1,356	1,582	1,808	2,034	2,260	2,486	2,712	2,938	3,164
24.0	300	991	1,033	1,239	1,446	1,652	1,859	2,066	2,272	2,479	2,685	2,892
28.0	350	925	963	1,156	1,349	1,542	1,734	1,927	2,120	2,312	2,505	2,698
32.0	400	875	912	1,094	1,276	1,458	1,641	1,823	2,005	2,188	2,370	2,552
36.0	450	836	871	1,045	1,220	1,394	1,568	1,742	1,916	2,091	2,265	2,439
40.0	500	805	839	1,006	1,174	1,342	1,510	1,677	1,845	2,013	2,181	2,348

※ 작업성능이 일정할 때 연간사용시간이 감소하면 연간소요비용이 증가하며, 작업성능이 향상되면 고정비 증가로 연간소요비용은 증가하나 경제성은 좋아짐

- ✓ 개발된 수확기에 대한 연간사용시간에 대한 연간소요비용은 작업성능이 12.5시간/ha일 때 $C_{12.5}=17020x^{-1.02}(R^2=0.9829)$ 의 상관관계를 지니며, “연간사용시간 100시간부터는 5백만 원 이상으로 경제성이 급격하게 떨어지는 것으로 분석” 됨
- ❖ 작업성능이 12.5 시간/ha일 때 연간사용시간이 100시간에서 500시간으로 증가하면 연간소요비용(천원/ha)은 2,003천원에서 839천원으로 239% 감소하였음
- ❖ 연간사용시간이 400시간에서 작업성능이 12.5시간/ha에서 12시간/ha으로 증가하면 연간소요비용(천원/ha)은 고정비·유동비의 증가로 912천원에서 875천원 96%로 4% 감소하였음

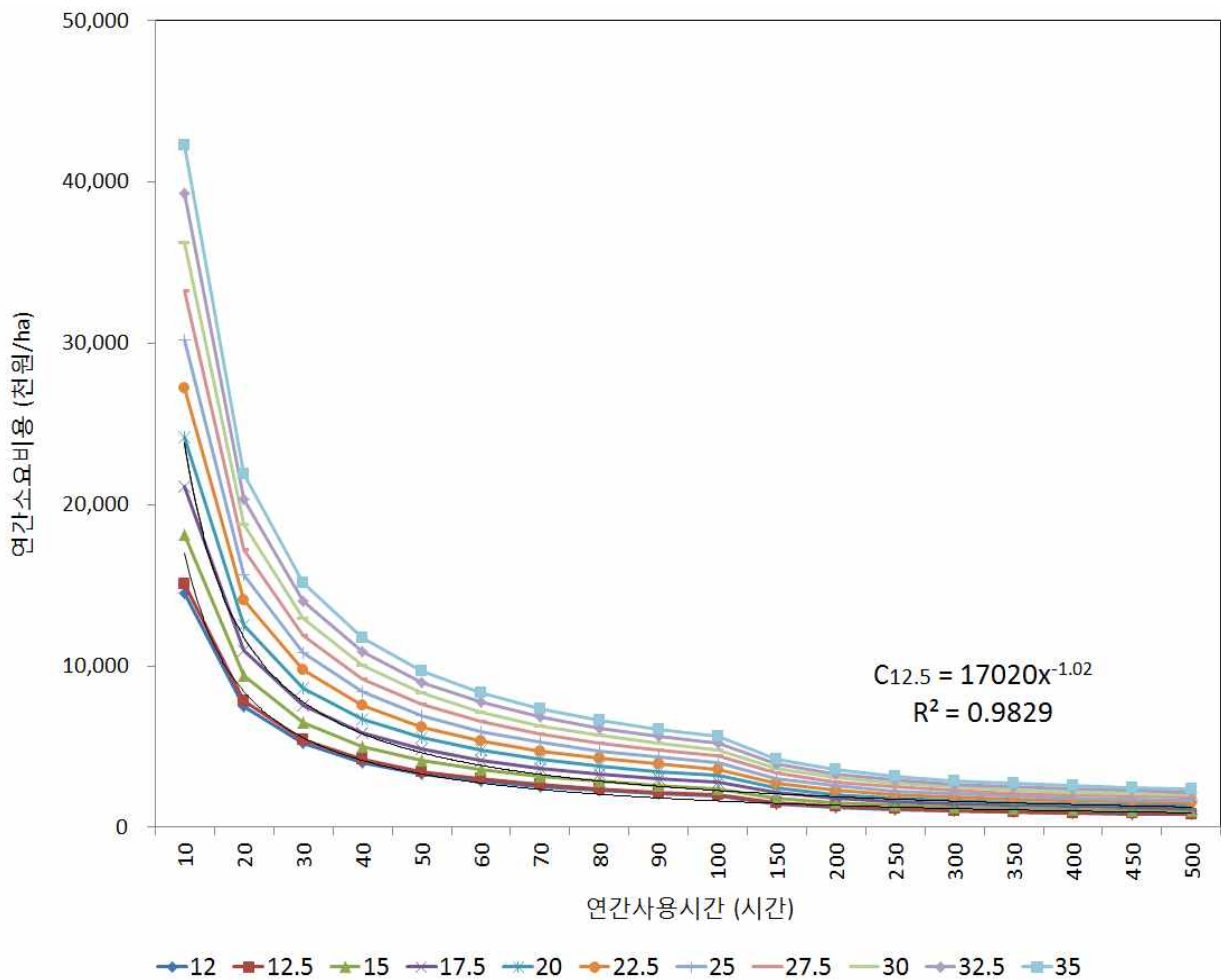


그림 145. 연간사용시간(연간작업면적) 변화에 따른 작업성능별 연간소요비용(천원/ha)

3차년도/1협동연구기관) 통합시스템 구조해석 및 보완점 제시 CH16) 통합시스템에 대한 구조해석 평가 및 보완점 제시(내구성, 내환경성 확보방안)



◇ 수확 이송부 동력전달장치 스포로킷기어 응력 및 피로해석

- ✓ 피로해석을 위해 부하 스펙트럼 작성은 정확한 피로 수명을 예측하기 위한 중요한 단계이며 정확한 부하 스펙트럼이 작성되어야 피로해석을 통한 신뢰할 수 있는 피로 수명을 예측함
- ✓ 부하 스펙트럼 작성을 위해 이송부의 토크를 측정함. 토크센서는 유압모터에 의해 이송부에 동력이 입력되는 기어와 이송부로 동력이 출력되는 기어 사이에 장착시켜 실험을 진행함. 토크측정은 정지, 주행(평지), 수확 총 3가지의 상태에서 진행되었으며, 엔진 회전수는 1500/2000/2600rpm으로 변경하여 각 3반복하였음. 주행거리는 10 m, 측정시간은 3분으로 하였음

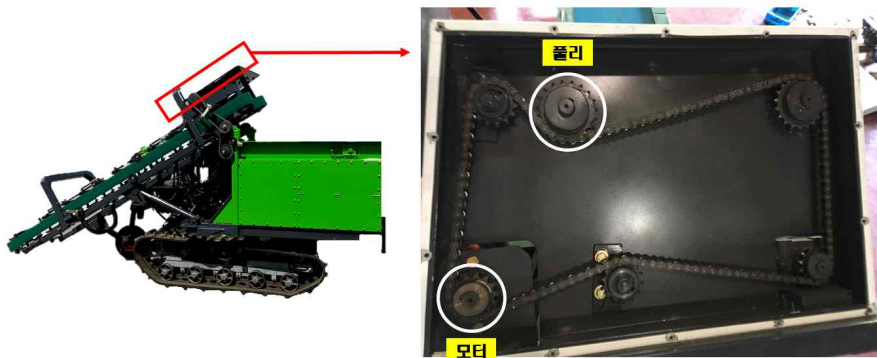


그림 146. 토크센서 위치

- ✓ 기어의 굽힘 응력은 기어를 일단지지보로 가정하여 이뿌리에 작용하는 굽힘 응력을 계산하는 루이스 식이 있다. 식(1)은 루이스 식을 나타냄

$$\sigma_b = \frac{P_t}{m \times b \times Y} \quad \text{식(40)}$$

여기서, P_t = tangential component of load
 m = module of gear
 b = width of gear tooth
 Y = lewis form factor

- ✓ 루이스 식에 비하여 기어 굽힘 응력에 영향을 주는 동적계수, 크기계수, 하중분포 계수 등 다양한 인자를 포함하고 AGMA 규격의 이론식이 보편적으로 사용(Lee et al., '12)되며, 식(41)은 AGMA2001-B88 규격의 굽힘 응력 계산식임

$$\sigma_F = \frac{F_t K_0 K_s}{K_v} \frac{1}{bm} \frac{K_H K_B}{J} \quad \text{식(41)}$$

여기서, F_t =tangential component of load
 K_0 =over load factor, K_v =dynamic factor
 K_s = size factor, b = width of gear tooth
 m = module of gear, K_H =load distribution factor
 K_B =reem thickness factor, J = geometry factor of bending stress

- ✓ 유압모터로부터 동력을 받아 이송부에 전달하는 핵심부품인 스프로킷 기어의 설계 검증을 위하여 기어의 재질, 압력각, 크기에 대한 검토가 필요함. 설계된 스프로킷 기어의 검증을 위하여 midas NFX를 활용하여 응력 및 피로해석을 진행하였다. 기어 해석 모델은 CATIA V5를 활용하여 모델링하였음

표 71. 기어의 치수표

잇 수	피치원 지름 [mm]	이뿌리원 지름 [mm]	이끝원 지름 [mm]
12	49.069	41.299	55.017
14	57.073	49.303	63.262
19	77.159	69.389	83.727

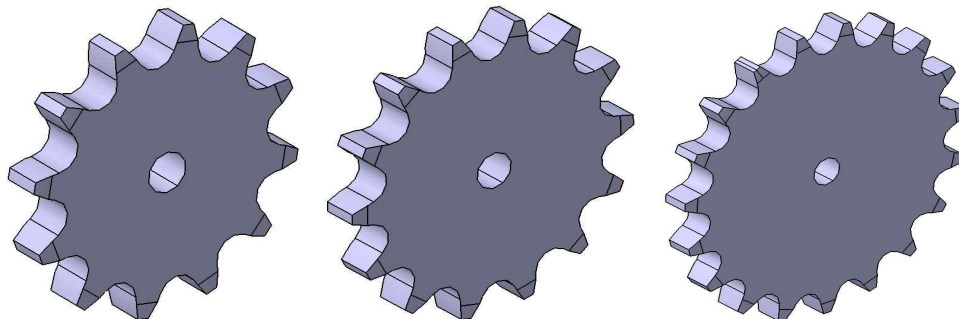


그림 147. 스프로킷기어 모델링, 12T(좌), 14T(중), 19T(우)

- ✓ 스프로킷 기어에 적용한 재질은 기어의 재질로 주로 사용되는 구조용크롬강(SCR420 H)와 기계구조용탄소강(SM45C)를 사용하였으며, 16~24° 까지 2°의 간격으로 기어 압력 각을 변화시켜 해석을 진행함

표 72. 스프로킷 기어 재질 물성치

물성치	SCR420H	SM45C
탄성계수, E [GPa]	200	207
프와송비, ν	0.29	0.3
밀도, ρ [kg/m ³]	7.865	7.600
항복강도 [MPa]	1,034	370
인장강도 [Mpa]	1,158	640

- ✓ 유한요소법에서 가장 중요한 핵심은 적절한 요소 선택과 사용임
 - ❖ 모델의 차원과 요구되는 역학적 거동에 따라 다양한 요소의 종류가 존재하며, 해석 대상 구조물의 특징과 해석의 목적, 원하는 결과의 종류에 따라 적절한 요소를 선택하여 사용함
 - ❖ 실제 해석에서 가장 많이 사용되는 대표적인 요소의 종류에는 솔리드요소, 셸요소, 보요소가 있음
 - ❖ 솔리드요소는 부피가 있는 구조물의 모델링에 주로 적용되며, 가장 많이 사용되는 요소임
 - ❖ 육면체, 쉐기, 피라미드, 사면체 등의 형상을 갖는 솔리드요소가 있음
 - ❖ 셸 요소는 두께가 얇은 구조물이 굽힘변형을 받을 때 주로 이용되며, 2차원 응력상태, 굽힘 및 전단변형 등을 해석할 때 사용되는 요소임
 - ❖ 사각형과 삼각형 형상의 셸 요소가 있다. 마지막으로 보 요소는 2개의 양 끝 절점으로 정의되는 1차원 선 요소이며, 단면의 치수에 비하여 길이가 긴 구조물이 굽힘변형을 받을 때 주로 사용함
- ✓ 솔리드요소는 저차 육면체요소 또는 고차 사면체요소를 사용하고, 셸요소는 저차 사각형요소를 사용함
 - ❖ 저차 사면체/삼각형요소는 상대적으로 변위/응력이 작게 계산되므로 가급적 사용을 하지 않는 것이 좋음
 - ❖ 요소망의 크기가 조밀해질수록 해석결과의 정확도는 향상되지만, 해석시간이 증가하므로 적절한 요소의 크기를 설정하는 것이 중요함. 기하형상의 변화가 심한 부분, 응력집중이 예상되는 부분과 재질 및 하중이 변하는 부분에는 조밀한 요소망을 작성하는 것이 좋음
 - ❖ 따라서 본 연구에서 스프로킷 기어의 요소망은 입체 모델에 주로 적용되는 요소인 솔리드요소를 적용하였으며, 해석의 정확도와 해석시간을 고려하여 응력집중이 예상되는 부분인 기어 이뿌리에는 0.7mm의 조밀한 요소망을 적용하였음

- ❖ 12T기어의 요소와 노드의 개수는 34,685개, 69,440개이며, 14T기어는 44,691개, 75,821개, 19T기어는 68,436개, 115,226개임. 기어 이에 걸리는 힘은 스프로킷 기어의 피치원 접선방향으로 치면에 적용하였고, 기어의 축 구멍을 고정 구속하였음

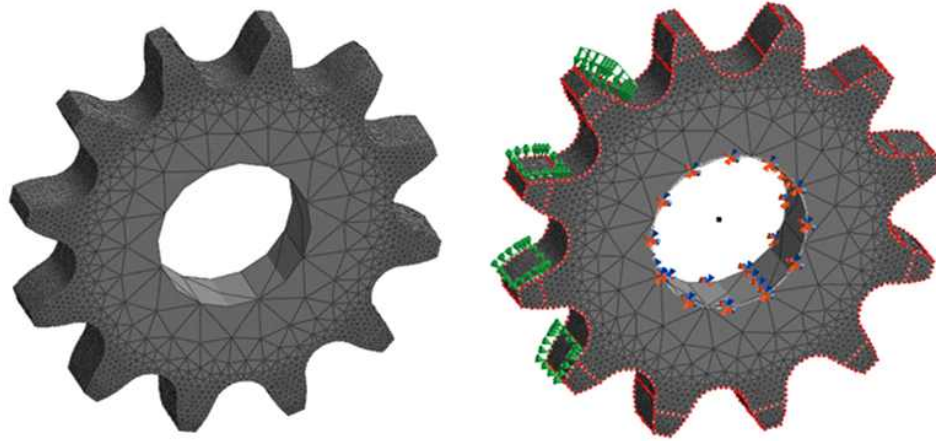


그림 148. 절점과 요소망(좌) 및 구속조건(우)

- ✓ 해석은 유압 모터가 최대 출력 상태일 때 수행되었음
 - ❖ 유압 모터의 최대 출력은 23Nm, 이 때 체인 회전속도는 60m/min, 체인 장력은 1690.84N임
 - ❖ 일반적으로 체인 허용 장력의 1/3.5을 백 장력으로 사용함
 - ❖ 최대 체인 장력은 첫 번째 톱니에 작용한 다음 단계적으로 감소함
 - ❖ 방정식을 통해 톱니에 걸리는 힘을 계산한 결과 및 스프로킷 기어의 톱니에 걸리는 힘을 계산하는 방정식은 다음과 같음

$$T_k = T_0 \times \sin(\theta) \div \sin(\theta + 2\beta)^{k-1} \quad \text{식(42)}$$

여기서, T_k = back tension at tooth k

T_0 = chain tension

θ = sprocket minimum pressure angle, $17 - 64/N(^{\circ})$

N = number of teeth

2β = sprocket tooth angle (360/N)

k = the number of engaged teeth (angle of wrap \times N/360)

표 73. 기어 이에 걸리는 힘

Gear	T1[N]	T2[N]	T3[N]	T4[N]	T5[N]	T6[N]	T7[N]
12T	146.63	44.6	13.57	4.13	-	-	-
14T	167.99	58.54	20.4	7.11	2.48	-	-
19T	211	92.35	40.42	17.69	7.74	3.39	1.48

- ✓ 토크측정은 정지, 주행, 수확상태일 때 실시하였으며, 주행단수에 따라 1단(1500 rpm), 2단(2000 rpm), 3단(2600 rpm)으로 각 3반복 수행함. 각 단수별 주행속도는 1단 0.25m/s, 2단 0.45m/s, 3단 0.63m/s임. 주행단수에 따라 일정한 주행 거리에 대해 속도가 빨려져 주행시간이 1단 40초, 2단 22초, 3단 16초로 빨라짐. 실제 배추 수확 조건에 맞는 스프로킷 기어의 응력 및 피로해석을 위해 주행속도 0.45m/s인 2단의 토크 데이터를 기어해석에 이용함

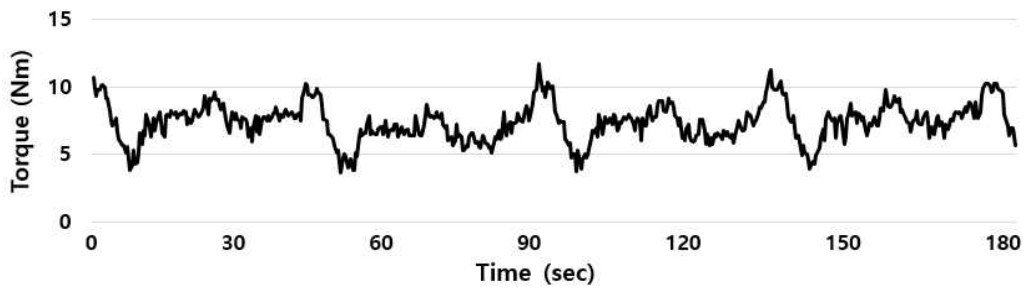


그림 149. 1500rpm일 때 토크 값(정지 상태)

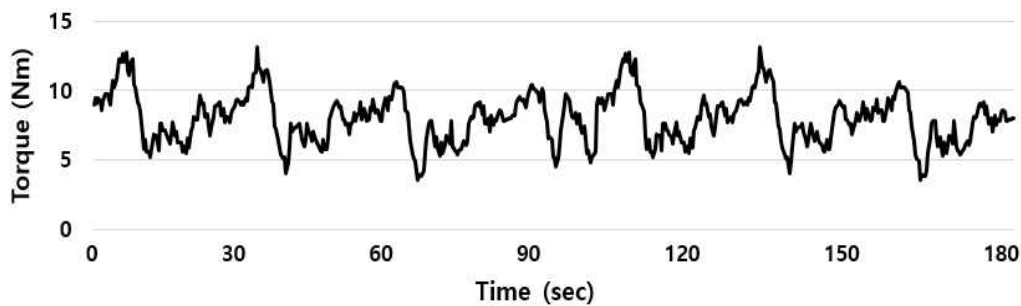


그림 150. 2000rpm일 때 토크 값(정지 상태)

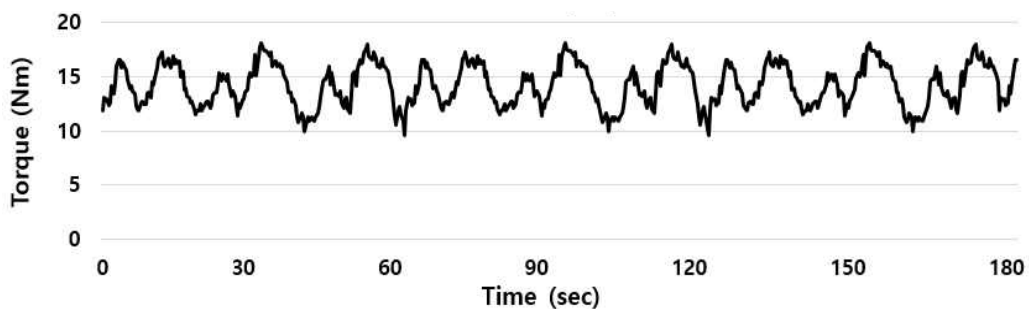


그림 151. 2600rpm일 때 토크 값(정지 상태)

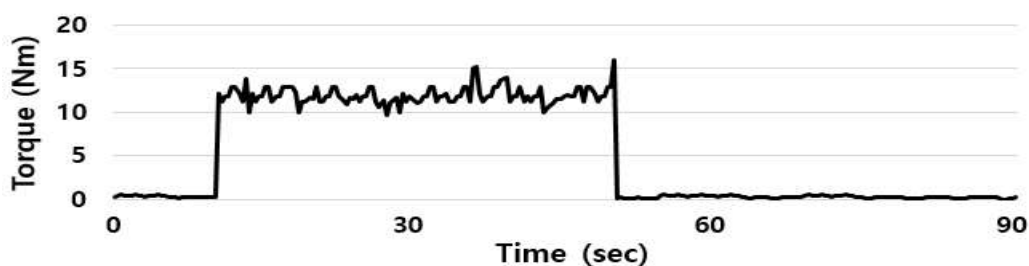


그림 152. 1500rpm일 때 토크 값(주행 상태)

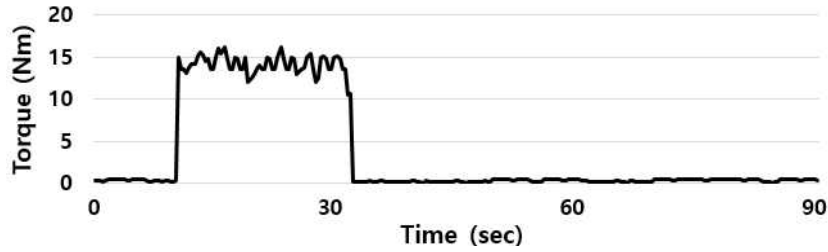


그림 153. 2000rpm일 때 토크 값(정지 상태)

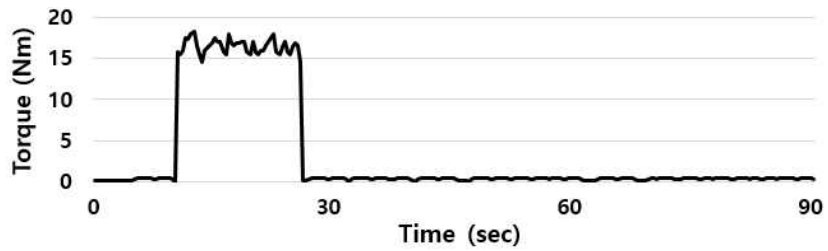


그림 154. 2600rpm일 때 토크 값(정지 상태)

- ✓ 스포로킷 기어의 최대 변위의 경우 압력각이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 기어 14T와 19T에서 재질 두 가지 모두 압력각 22°에서 제일 적은 변화량이 나타남. 두 가지의 재질을 비교해 보았을 때 재질 SCR420H가 더 큰 변화량을 보임

표 74. 기어 재질 및 압력각에 따른 최대 변위[mm]

Gear	Material	16°	18°	20°	22°	24°
12T	SCR420H	0.0389	0.0381	0.0376	0.0373	0.0372
	SM45C	0.0376	0.0369	0.0364	0.0361	0.0361
14T	SCR420H	0.0506	0.05	0.0494	0.0491	0.0492
	SM45C	0.049	0.0485	0.0478	0.0476	0.0477
19T	SCR420H	-	0.0847	0.0843	0.0841	0.0845
	SM45C	-	0.082	0.0817	0.0815	0.0819

- ✓ 기어의 압력각과 재질에 따른 최대응력의 경우 압력각이 증가할수록 최대응력이 증가하는 경향을 보임
 - ❖ 기어 12T일 때 두 가지 재질 모두 압력각이 16°일 때 최대 응력이 가장 낮았으며, 기어 14T, 19T는 압력각이 20°일 때 최대 응력이 대체로 낮았음
 - ❖ 기어 14T, 19T에서 재질 SCR420H의 경우 압력각 20° 이후 최대응력이 급작스럽게 증가하는 경향을 보였음
 - ❖ 모든 기어와 압력각 범위에서 재질 SCR420H의 최대응력은 항복강도인 1,034 MPa보다 낮은 값으로 나타났으며, 안전계수가 1.22로 나타남. 재질 SM45C의 경우 최대응력은 항복강도인 370MPa보다 크게 나타났으며, 안전계수는 0.47로 나타남

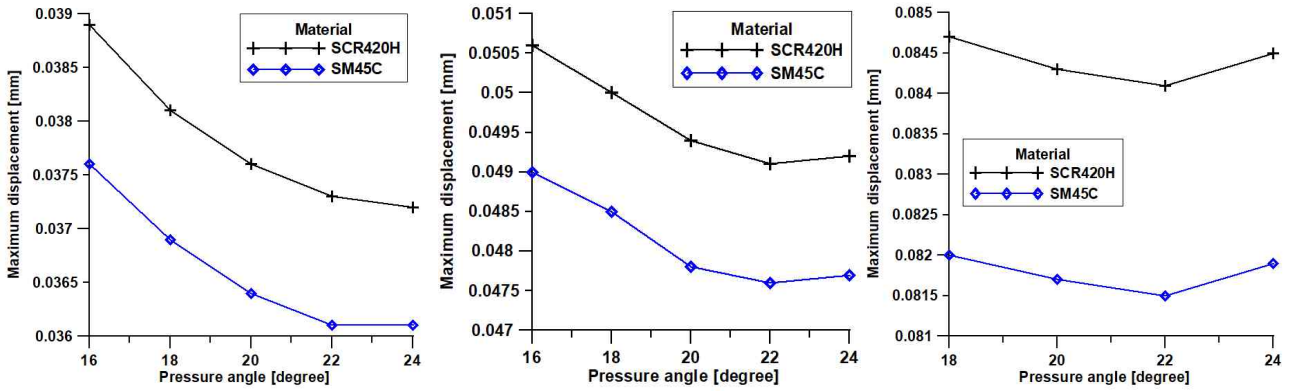


그림 155. 최대변위 (12T(좌), 14T(중), 19T(우))

표 75. 기어의 재질 및 압력각에 따른 최대응력[MPa]

Gear	Material	16°	18°	20°	22°	24°
12T	SCR420H	513.44	515.44	521.97	514.82	528.85
	SM45C	509.65	509.77	516.14	519.26	527.86
14T	SCR420H	598.43	599.02	599.46	609.66	613.83
	SM45C	604.56	602.13	599.39	607.9	608.37
19T	SCR420H	-	776.02	766.77	840.64	844.99
	SM45C	-	775.91	770.53	778.52	787.57

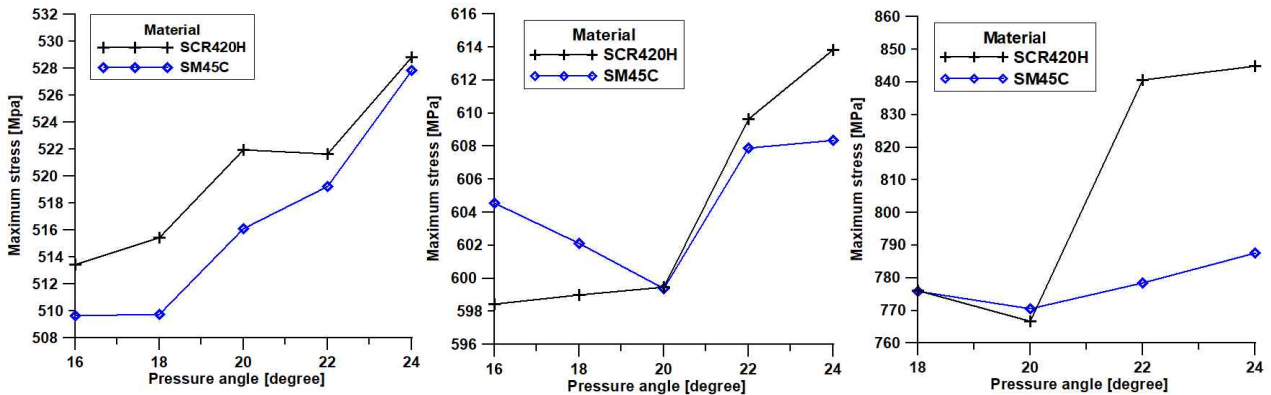


그림 156. 최대응력 (12T(좌), 14T(중), 19T(우))

✓ 피로해석은 스프로킷 기어의 피로 수명을 계산하기 위해 수행하였음. 압력각이 증가할수록 피로수명이 증가하는 경향을 보였으며, 재질에 따른 유의한 차이는 없었음

표 76. 기어의 재질 및 압력각에 따른 피로수명(8.33×10^7 의 비율)[%]

Gear	Material	16°	18°	20°	22°	24°
12T	SCR420H	17.3	17.4	17.7	17.9	18.2
	SM45C	17.3	17.3	17.7	17.9	18.4
14T	SCR420H	19	19.1	19.4	19.7	20.1
	SM45C	19.4	19.4	19.4	19.3	20.1
19T	SCR420H	-	22.3	23.1	23.5	23.7
	SM45C	-	23.4	23.3	23.3	23.7

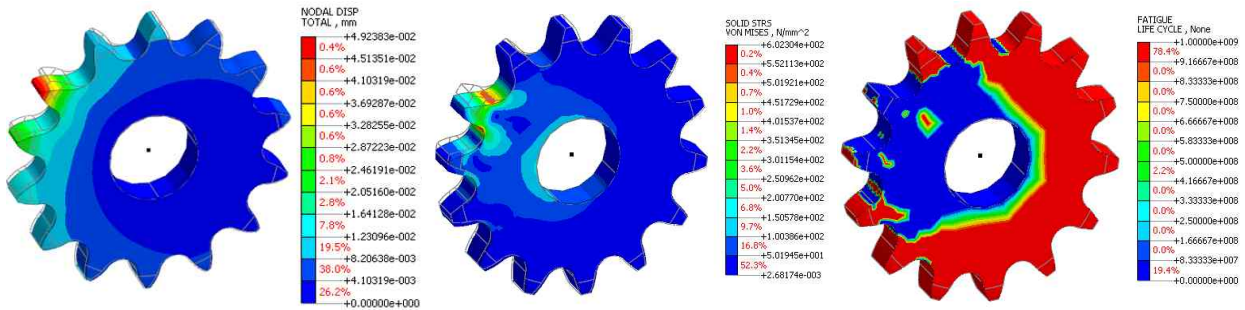


그림 157. 최대변위(좌), 최대응력(중), 피로수명(우)

◇ 통합시스템에 대한 구조해석 평가 및 보완점 제시

✓ 수확 이송부 링크 기구학적 해석 결과 평가

- ❖ 링크조합 1의 경우 이송부의 폭이 700mm일 때 배추 구폭 전체 범위에서 링크의 길이가 너무 짧아 배추를 이송치 못하였고, 링크조합 3 이송부의 폭이 550mm이하 일 때, 링크조합 4 이송부의 폭이 600mm 이하일 때 링크사이의 간섭이 발생함
- ❖ 링크 a는 이송부 폭에 따른 각속도의 변화가 거의 없었지만 링크 b, c의 경우 이송부의 폭이 작아질수록 각속도가 감소하는 경향을 보였음
- ❖ 각속도는 대체적으로 이송속도가 0.4m/s일 때 가장 작은 값으로 나타났음
- ❖ 따라서 이송부의 폭은 600mm, 링크의 길이는 링크조합 2, 배추 이송속도는 0.4m/s로 하는 것이 적합하다고 판단함

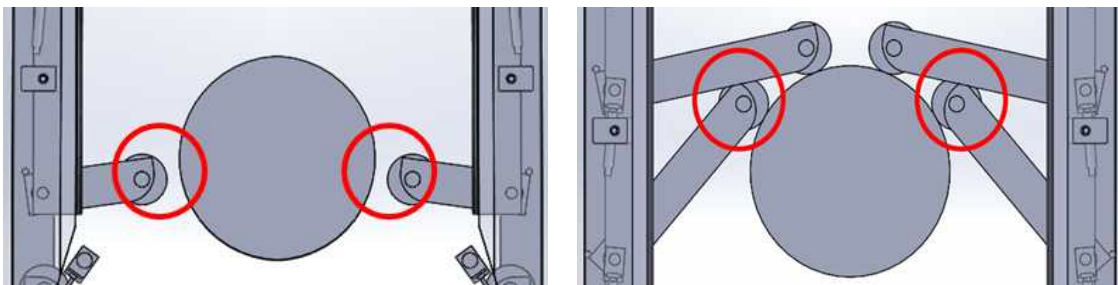


그림 158. 수확 이송부 링크의 간섭

✓ 동력전달 스프로킷기어 응력 및 피로해석 결과 평가

- ❖ 최대 변위는 스프로킷 기어의 압력각이 증가할수록 감소하는 경향을 보였음
- ❖ 기어 14T, 19T에서 두 가지 재질 모두 압력각 22°에서 가장 적은 변화량 나타남
- ❖ 최대응력은 스프로킷 기어의 압력각이 증가할수록 증가하였으며, 기어 12T의 경우 두 재질 모두 압력각이 16°일 때 가장 낮은 값이 나타났고 기어 14T, 19T는 압력각이 20°일 때 가장 낮은 값으로 나타남
- ❖ 재질 SCR420H의 안전계수는 1.22, SM45C는 0.47로 SCR420H가 더 안전함
- ❖ 스프로킷 기어의 재질은 SCR420H, 압력각은 20°가 적합한 것으로 판단됨

3차년도/1협동연구기관 통합시스템 구조해석 및 보완점 제시 CH17) 통합시스템에 대한 주행안전성 평가: 경사지 적응성 포함



◇ 배추수확기 주행 안정성 시뮬레이션

- ✓ SolidWorks를 사용하여 자주식 소형 배추수확기의 3D모델링 하였으며, 배추수확기의 주행 안정성 분석을 위하여 3D모델은 RecurDyn을 활용하여 횡전도 분석, 등판능력분석, 장애물 통과시의 주행 시뮬레이션 분석을 진행하였음
- ✓ RecurDyn은 다중 동역학 시뮬레이션(Flexible Multi Body Dynamic Simulation)으로서 유연한 성질을 가진 토양과 차량 사이의 동역학 분석에 적합한 시뮬레이션 프로그램임

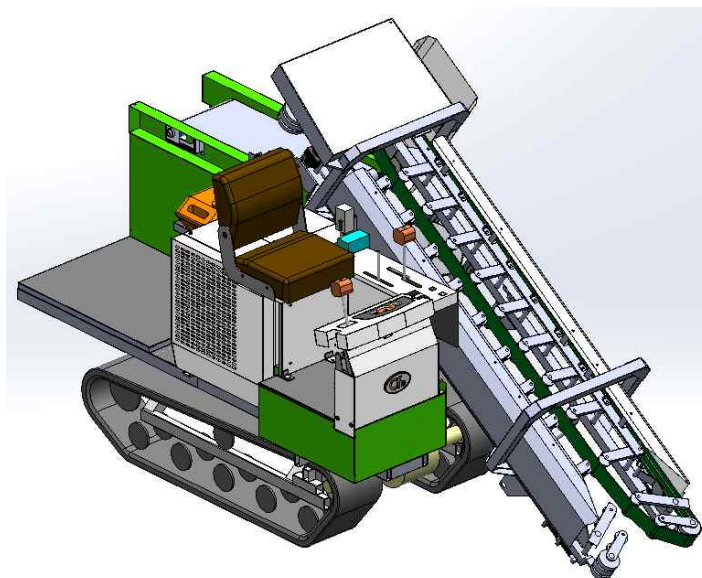


그림 159. 배추수확기 모델링

- ✓ 적재 무게에 따른 기체의 횡전도 분석을 위해 적재하중이 0kg인 경우(case 1), 최대 적재하중인 500 kg 경우(case 2)로 분류하여 실험을 수행함. 또한, 기체주행방향을 15° 씩 24번 총 360° 회전시키면서 기체가 전복되는 순간 지면의 경사각을 측정함. 최대적재하중은 적재부의 메쉬팔레트 크기가 105x88x93cm이고, 배추 높이 26~28 cm, 폭 18~20cm, 무게 3~5kg의 조건을 고려하여 500kg으로 하였음
- ✓ 등판능력분석에서 배추수확기의 주행속도는 0.4m/s로 설정하고, case 1과 case 2 배추수확기의 기울기별(0/5/15/25°)속도 변화를 측정하여 경사지 주행시의 안정성을 예측하였음
- ✓ 발농사의 경우 구릉지, 경사지 등에서 깊게 경운을 하는 등 지면이 울퉁불퉁하여 작업 환경이 다양하고 어려워 장애물 통과시의 주행 시뮬레이션 분석을 실시함. 장애물은 그림과 같이 높이 10cm, 접근각 135° 마름모꼴 강체의 형태로 모델링 하였으며, 주행속도는 0.4/0.5/0.6m/s로 구분하여 배추수확기가 장애물을 통과할 때 궤도축의 운동궤적을 예측하였음

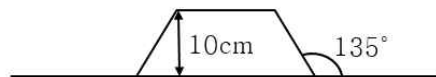


그림 160. 장애물의 높이와 각도

- ✓ 지면이 이루는 각도를 Ground slope angle, 기체의 주행방향 각도를 Direction angle이라 칭함. 기체의 무게중심은 각 부품별로 재질을 입력 한 후 각 부품들을 하나의 강체로 가정함. 요소별 동력학적 구속조건은 다음과 같이 설정하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 각 요소별 마찰력은 없는 것으로 간주함

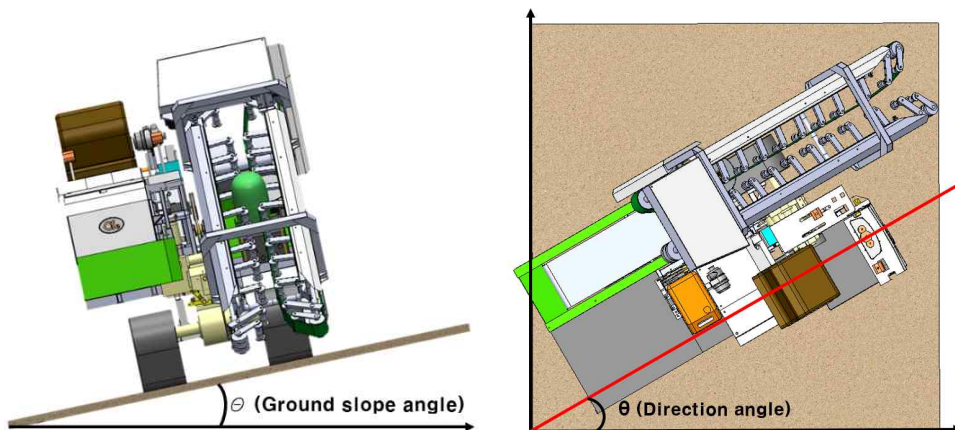


그림 161. 지면 경사각 및 방향 각도

- ✓ RecurDyn에서 연성궤도와 토양 사이의 접촉 방정식은 Beker의 이론을 사용하였다. p는 지면에 작용하는 수직 압력(접지압), b는 접촉하는 지면의 폭, z는 토양침하량을 나타냄. 여기서, n은 토양의 특성을 나타내는 토양 변형지수를 의미하며, kc와 k ϕ 은 각각 토양에 대한 특성 계수임

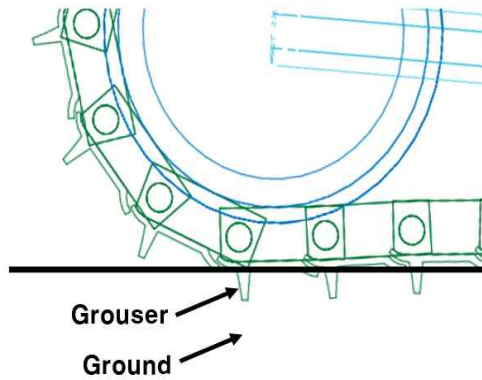


그림 162. 궤도와 지면사이의 상호작용

$$p = k * z^n = \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi\right) z^n \quad \text{식(43)}$$

여기서, Terrain parameter (k_c) = 0.26859 (N/mm¹⁺ⁿ)

Terrain parameter (k_ϕ) = 1.5954e-002 (N/mm²⁺ⁿ)

Exponential number (n) = 0.73

- ✓ 소성 토양의 전단 응력과 전단 변위의 관계는 Janosi-Hanamoto가 제시한 모델을 사용함. 여기서, τ 는 전단응력, j 는 전단 변위, c 는 토양의 점성계수, ϕ 는 토양의 내부 마찰각, K 는 토양의 전단변형계수임

$$\tau = (c + p \tan \theta) \left(1 - e^{-\frac{j}{K}}\right) \quad \text{식(44)}$$

여기서, Soil cohesion (c) = 6.1e-003 (N/mm²)

Internal friction angle = 26.6 (°)

Exponential number (n) = 0.73

- ✓ 토양의 종류는 Clayey loam으로 설정 후 해석을 수행(배추밭 토양의 특성 고려)

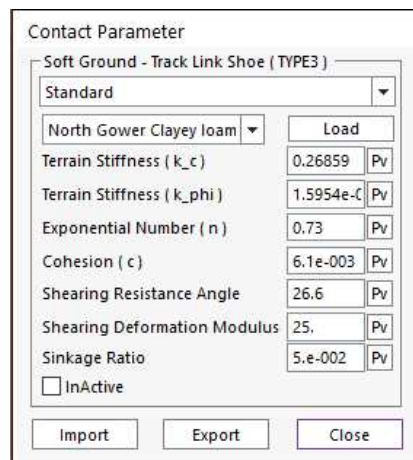


그림 163. 지면 특성

- ✓ 적재함에 적재하중이 없는 0kg인 경우와 적재하중이 최대인 500kg일 때 자주식 소형 배추수확기의 전복각을 측정하기 위하여 기체의 주행방향 각도를 0~360° 까지 15° 씩 회전시켜 시뮬레이션을 수행.
- ✓ 지면의 각도를 1° 씩 증가 시키면서 기체의 전복이 발생하는 순간의 지면의 경사각을 측정. Direction은 기체의 주행방향 각도를 나타낸 것이며, Ground는 지면의 경사각을 나타냄

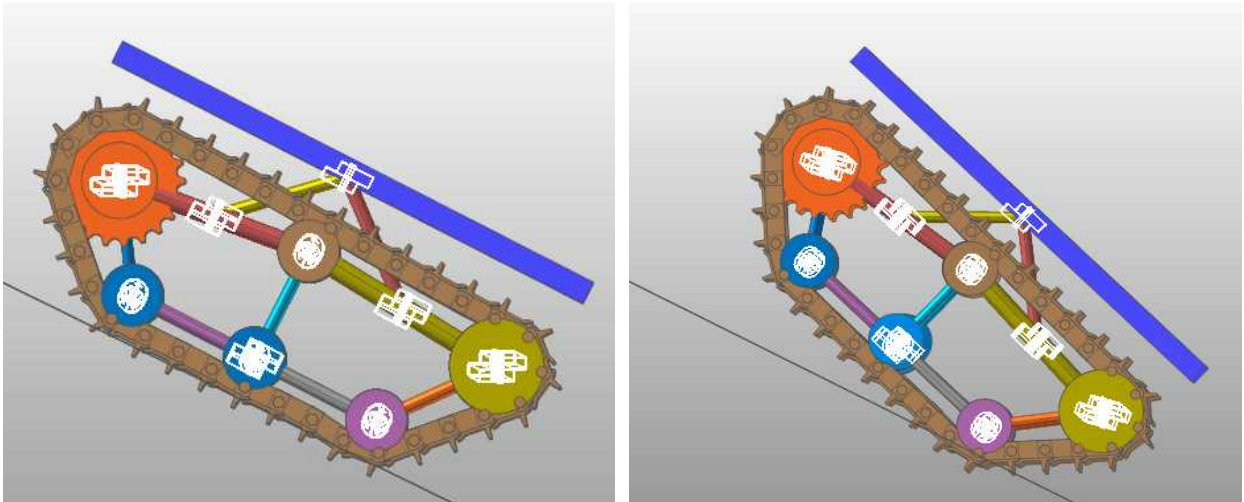


그림 164. Direction: 0°, Ground: 27°

- ✓ 주행 안정성 분석시험 결과,
 - ❖ 적재하중이 0kg인 경우
 - 최대 전복각은 32°로 기체의 주행방향 각도가 150°일 때 측정되었고,
 - 최소 전복각은 19°로 기체의 주행방향 각도가 270°일 때 측정됨
 - ❖ 적재하중이 500kg인 경우
 - 최대 전복각은 30°로 기체의 주행방향 각도가 150°일 때 측정되었고,
 - 최소 전복각은 17°로 기체의 주행방향 각도가 270°일 때 측정됨
- ✓ 기체의 주행방향 각도를 0~360°까지 15°씩 회전시켜 시뮬레이션을 수행한 결과, 각 형태의 방사형 구조의 그래프로 나타남
 - ❖ 적재하중이 0kg인 경우
 - 30/150/195/210/330/345°에서 가장 큰 안정성을 나타냈으며,
 - ❖ 적재하중이 500kg인 경우
 - 150° 와 210°에서 가장 큰 안정성을 나타냄.
 - 주행방향 각도가 345°일 때 적재하중에 따른 전도각의 차이가 약 4°로 가장 큼

표 77. 횡전도각 분석결과

Degree	0 kg	500 kg
0°	27°	27°
15°	28°	27°
30°	31°	28°
45°	26°	24°
60°	22°	21°
75°	20°	19°
90°	20°	19°

105°	21°	19°
120°	23°	21°
135°	27°	25°
150°	32°	30°
165°	29°	28°
180°	29°	28°

195°	30°	28°
210°	31°	29°
225°	26°	24°
240°	22°	20°
255°	20°	19°
270°	19°	17°

285°	20°	19°
300°	22°	20°
315°	26°	24°
330°	30°	28°
345°	31°	27°
360°	27°	27°

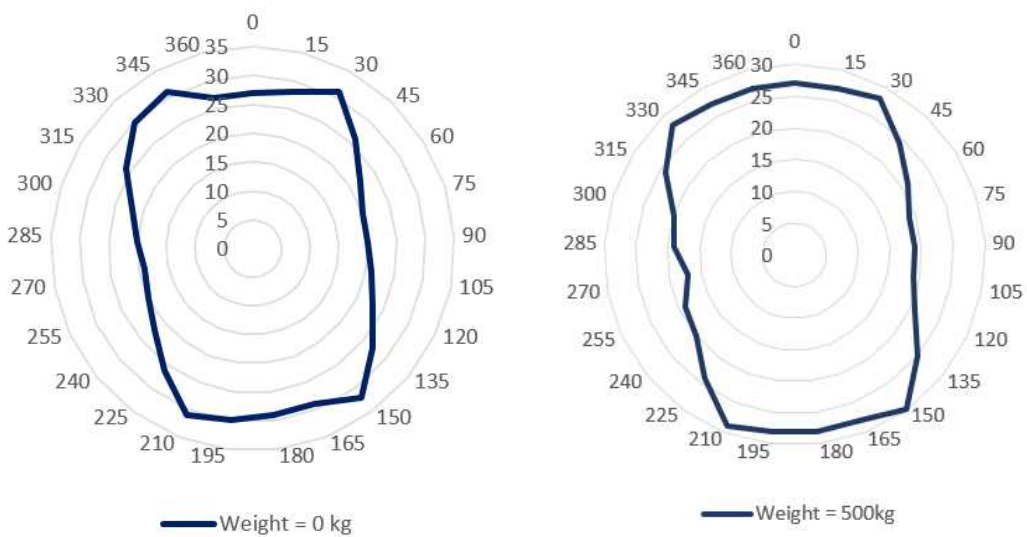


그림 165. 배추수확기 안전영역

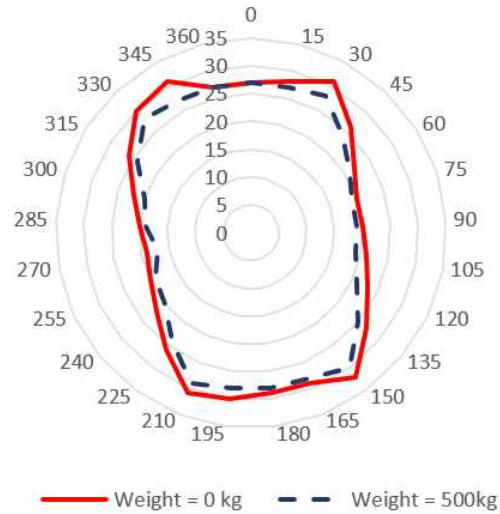


그림 166. 배추수확기 안전영역 비교

- ✓ 종단기울기 0/5/15/25°에서 속도 변화를 살펴보면 기울기가 커질수록 속도가 감소하는 경향을 보이며, 종단기울기 25°에서는 속도 변화가 불안정하고 최고속도까지 도달하는 시간이 길어지는 것을 확인할 수 있음
- ✓ 한계 등판기울기는 27°인 것으로 나타났지만, 종단기울기 24° 이상의 지역에서는 주행속도가 불안정해짐으로 종단기울기 24° 미만의 지역에서 주행하는 것이 안정적인 것으로 판단함

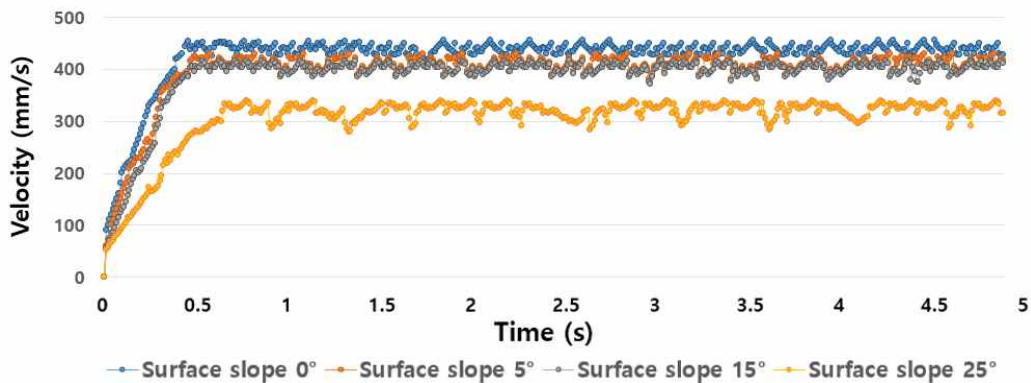


그림 167. 적재하중 0kg 일 때 주행안정성

- ✓ 적재무게 500kg일 때 종단기울기에 따른 속도 변화를 보면 적재무게 0kg일 때의 속도 변화와 유사한 경향을 나타내지만 적재무게의 영향으로 기울기가 커질수록 속도 감소폭이 더 큰 것으로 나타남
- ✓ 종단기울기 25°에서는 적재무게 0kg일 때와 비슷하게 속도 변화가 불안정하고 최고 속도도달 시간도 길어지는 것으로 나타났으며, 속도의 감소가 크게 나타남. 한계 등판기울기는 27°로 나타났으나, 종단기울기 23° 이상의 지역에서는 주행속도가 불안정한으로 종단기울기 23° 미만의 지역에서 주행하는 것이 안정적인 것으로 판단됨

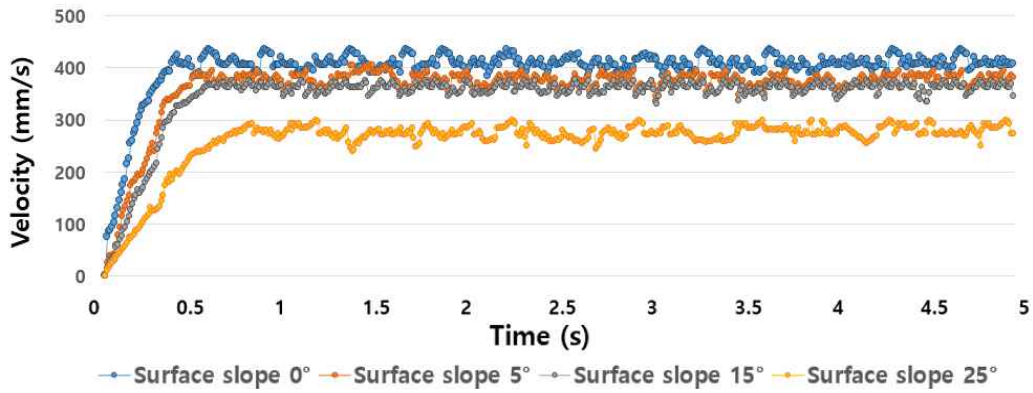


그림 168. 적재하중 500kg 일 때 주행안정성

- ✓ 적재무게가 0kg인 배추수확기의 주행속도가 0.4/0.5/0.6m/s일 때 궤도축의 무게중심 위치변화를 분석하였음
- ✓ 모든 주행속도에서 장애물 주행에서도 안정적으로 주행하는 것으로 예측되었음
- ✓ 반면에 적재무게가 500kg인 경우에는 0.4m/s, 0.5m/s 주행속도에서는 장애물 주행에서도 안정적으로 주행하는 것으로 예측되었으나, 0.6m/s의 주행속도에서 궤도가 장애물을 내려갈 때 3cm정도 분리되는 것으로 예측됨
- ✓ 따라서 “적재무게가 500kg일 때 0kg일 때 보다 장애물 통과 지역에서 20% 정도 저속 주행을 해야 할 것으로 판단” 됨

3차년도/2협동연구기관 유압시스템 종합 성능시험, 편이성 평가 CH18) 각 작업부 유압시스템에 대한 종합 성능시험



◇ 배추수확기 시뮬레이션 모델 확장 및 SI, 동력전달구조도

✓ HST가 탑재된 배추수확기 동력전달구조도

❖ HST가 탑재된 자주식 배추수확기의 동력전달구조도를 나타냄

❖ 개발품은 주관기관에서 상용화할 예정임

❖ 배추수확기 엔진에서 발생한 동력은 두 개로 분기되어 각각 아래와 같이 사용됨

- ◆ 기계식 변속기(T/M)와 정유압식 무단변속기(HST)를 통해 구동륜에 동력을 전달하여 배추수확기의 주행이 가능하게 하고,
- ◆ T/M에서 전달된 동력을 이용하여 조향실린더와 반송부 승하강 실린더를 작동시키기 위한 유압펌프를 구동시키며, 유압밸브를 통해 조향 및 반송부 높이제어를 가능하게 함
- ◆ 다른 축에서 출력된 동력은 수확 작업을 위하여 유압발생기인 PowerPack을 구동하여 유압 모터에 유압 동력을 전달함
- ◆ 이때, 반응속도 컨트롤러(Flow control Valve)를 통하여 시스템 내에 유량 가능하도록 구성함
- ◆ 유압 모터에서는 PowerPack으로부터 받은 유체에너지를 다시 기계적 에너지로 변환하여, 반송부 및 이송부 컨베이어를 작동시키는 방식으로 구동됨

✓ 2차년도에 구성한 시뮬레이션 모델은 엔진에서 생성된 동력을 이용하여 저속 주행 및 무단변속을 위한 시뮬레이션 모델 설계를 위해 구성되었으며, 당해연도에는 동력전달구조도를 기반으로 HST를 포함한 조향, 반송부 컨베이어 작동 및 승하강에 사용되는 유압시스템에 대한 최적설계를 위해 전체 모델을 구성 및 통합하여 시뮬레이션 하였음

◇ 단품 시뮬레이션 모델 개발

- ✓ 시뮬레이션 프로그램
 - ❖ 배추수확기의 시뮬레이션 모델링 및 통합 시스템 구성을 위하여 독일 ITI GmbH 에서 개발한 Multi-Domain 시뮬레이션 프로그램을 이용하였음
 - ❖ Simulation X는 Hydraulic system, 1D Mechanics, Electronics 등을 포함한 복합적인 시스템 모델링 및 해석이 가능하며, 배추수확기 유압시스템의 안정성 및 편이성을 고려한 최적설계에 활용하기 적합함
 - ❖ 시뮬레이션 해석 결과의 신뢰성을 향상시키기 위하여 각각의 단품모델에 배추수확기에 사용된 부품의 제원을 입력하여 시뮬레이션 모델을 구성하였음

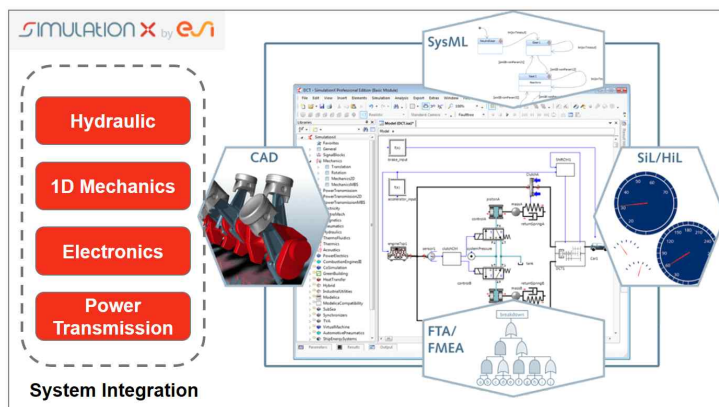


그림 169. Multi-Domain 시뮬레이션 프로그램 Simulation X

- ✓ 시뮬레이션 모델에 사용된 배추수확기 주요 제원: 시뮬레이션 모델 개발 시 주요 입력 파라미터로 선정하여 적용 및 개발함

표 78. 시뮬레이션에 주요 입력 파라미터로 적용된 배추수확기 제원

구 분	사 양
엔진	국제종합기계 A1100T(엔진 배기량 1175cc, 최대출력 22kW/2800rpm)
유압펌프(PowerPack)	MARZOCCHI ALP2A-D-6(용적 용량 15cc/rev, 최고압력 290bar)
유압모터	용적용량 15cc/rev
유압펌프(HST)	HPVMF-32-L-02(용적 용량 0~23.3cc/rev)
유압모터(HST)	용적 용량 23.3cc/rev
반송부 컨베이어	무게 150kg, 반송부 속도 0.93m/s, 최전방 롤러 회전수 500rpm
배추수확기 플랫폼	기체 치수 4,200*1,660*2,320, 무게 1.3ton
반송부 승하강 실린더	cylinder 510mm(Φ50), stroke 270mm(Φ25)
조향 실린더	cylinder 360mm(Φ55), stroke 170mm(Φ28)
유압밸브	릴리프 밸브(압력 300bar), 체크밸브(크래킹 압력 0.5bar)
flow control v/v	DYTROL MRV PC-03E(최고압력 20.6MPa, 용량 40L/MIN)

✓ 엔진 모델 맵핑

- ❖ 엔진 모델은 2차년도와 동일하게 국제종합기계의 A1100T 모델을 사용하여 엔진 회전속도 및 토크 성능 곡선을 입력하여 엔진 모델의 맵핑 작업을 진행함
- ❖ 엔진은 2800 RPM에서 30HP의 출력을 나타내는 Tier-4 엔진 사용

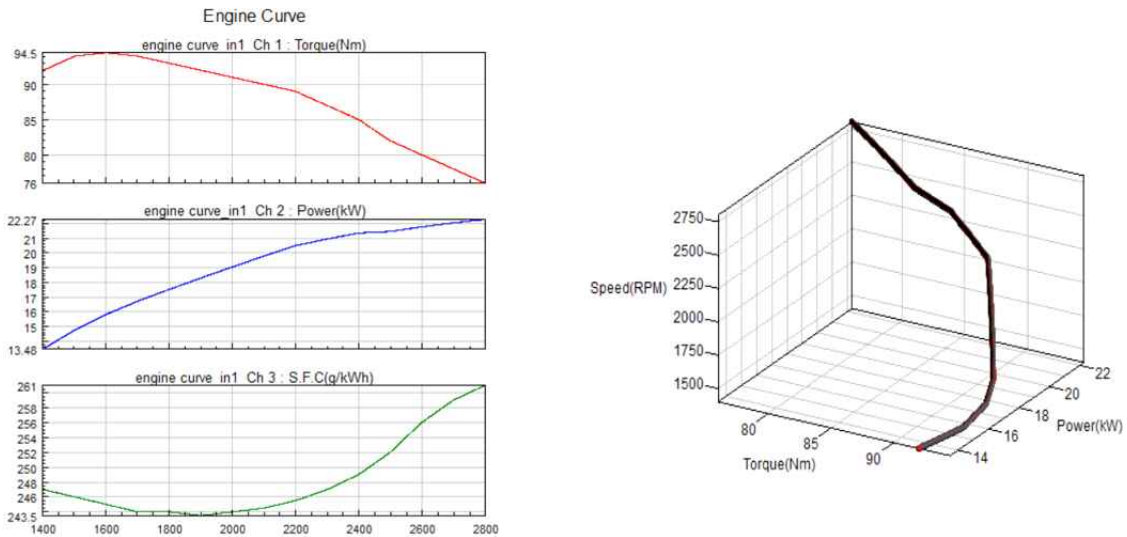


그림 170. 엔진 모델 맵핑에 사용된 국제종합기계 A1100T 엔진 성능 곡선

✓ 정유압식무단변속기(HST) 모델링

- ❖ 기존 배추수확기는 기계식 변속기를 탑재하고 있었으며, 2차년도 연구 결과 초저속 주행을 위하여 HST의 설계사양을 22cc/rev 해야할 것으로 판단함
- ❖ 기존 기계식 변속기에서 최저단인 1단에서 주행 작업속도가 너무 빠르다 판단되어, 초저속에 대한 보완설계를 위하여 22cc/rev의 제원을 갖는 HST 채택
- ❖ 이에 따라, HST 모델에 대한 상세 제원을 반영하여 단품 모델을 개발함
- ❖ HST 모델은 크게 엔진으로부터 생성되는 동력을 통해 유압을 생성하는 유압펌프, 생성된 압을 통해 기대의 차축을 회전시키는 유압모터, 그리고 HST 내부의 압력과 유체의 역류를 방지해주는 밸브로 구성하였음
- ❖ 엔진으로부터 생성되는 동력을 통해 유압을 발생시키는 유압펌프는 사판각에 따라 토출량 및 회전 방향을 변경할 수 있는 가변형 사판식 유압펌프를 사용하였으며, 필요에 따라 사판각을 조절할 수 있는 신호 입력 모델을 추가로 구성하였음
- ❖ 실제 배추수확기에 적용된 HST에 탑재된 유압펌프와 유압모터의 배제용적은 각각 0~23.3cc/rev, 23.3cc/rev이며, HST 내부의 릴리프 밸브의 크래킹 압력은 290 bar로 설정하였음
- ❖ 실제 양산품 HST 수급의 용이성에 따라, 22cc/rev → 23.3cc/rev 선정
- ❖ HST 펌프 및 모터 구동 중 상승하는 유체의 온도를 정상적인 범위의 값으로 유지하기 위하여 쿨러 모델을 구성하였으며, 펌프 및 모터의 초기 구동을 위한 압력을 일정하게 제공하 모델을 구성하였음

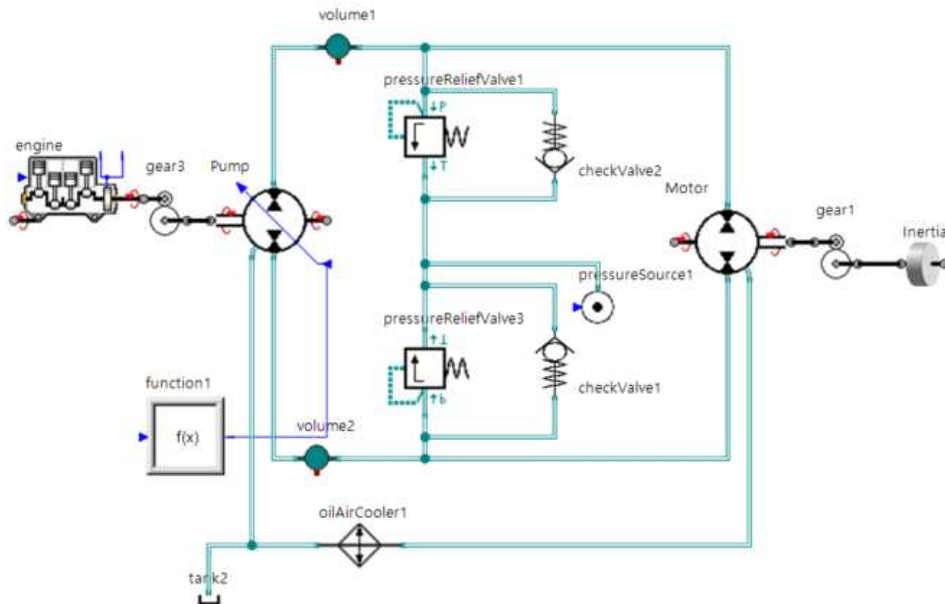


그림 171. 정유압식무단변속기(HST) 모델링

✓ 조향 제어부 모델링

- ❖ 배추수확기의 작업 조향 시스템은 아래 그림과 같이 펌프로부터 생성된 유압이 구성된 두개의 조향 실린더 스트로크 변위를 제어하여 작동함
- ❖ 조향 제어부 시뮬레이션 해석 결과의 신뢰성을 높이기 위하여 배추수확기에 구성된 실린더의 제원을 반영하여 모델링하였으며, 실린더와 스트로크의 길이는 각각 360, 170mm으로, 지름은 각각 55, 28mm으로 입력하였음
- ❖ 펌프로부터 생성된 유압은 Proportional Valve를 통해 유량 및 방향이 제어되며, 밸브에 입력된 전기적 신호에 따라 실린더의 작동 방향을 결정할 수 있음
- ❖ Proportional Valve는 4port/3position 타입의 밸브를 사용하였으며, -1과 1사이에 입력되는 전기적 신호에 따라 밸브 출력단의 토출량 및 방향이 결정됨
- ❖ 직진 주행시에는 전기적 신호가 발생하지 않아 조향 실린더에 움직임이 없고, 전기적 신호가 양수일 경우 아래쪽 조향 실린더를 작동시키며 반대로 음수일 경우 위쪽 조향 실린더를 작동시키는 형식으로 구성함

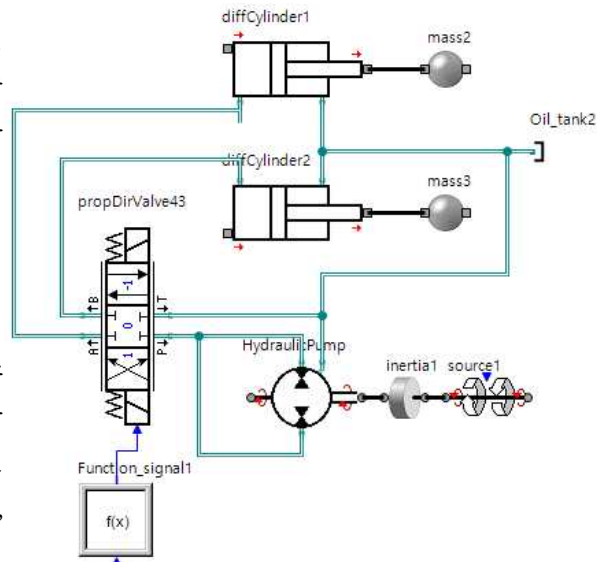


그림 172. 조향 제어부 모델링

✓ 반송부 승하강 제어부 모델링

- ❖ 배추수확기의 반송부 승하강제어 시스템은 아래 그림과 같이 유압펌프로부터 생성된 유량이 가변형 유량제어 밸브를 거쳐 승하강 실린더에 공급되어, 반송부 승하강 제어를 위한 액추에이터 스트로크를 작동하도록 구성함

- ❖ 펌프로부터 일정한 유량을 토출시킴으로써 반송부 승하강 실린더의 변위 및 반응 속도를 확인하기 위하여 일정한 입력 부하 조건을 인가할 수 있도록 입력부하 모델을 추가하여 구성함. 입력 부하 모델은 전체 통합 시뮬레이션 구성 시 제외함.
- ❖ 반송부 승하강 제어부는 배추수확기에 적용된 승하강 실린더 제원을 반영하여 모델링하였으며, 실린더와 스트로크의 길이는 각각 510, 270mm으로, 지름은 각각 50, 25mm으로 입력하였음
- ❖ 가변형 유량제어밸브는 입력되는 신호에 따라 유체가 통과하는 내부 관의 직경을 조절하여 유량을 조절하며, 이를 통해 승하강 실린더의 변위와 작동 속도 등을 제어함
- ❖ 반송부의 무게인 125kg을 실린더 끝단에 연결된 질량모델에 적용함

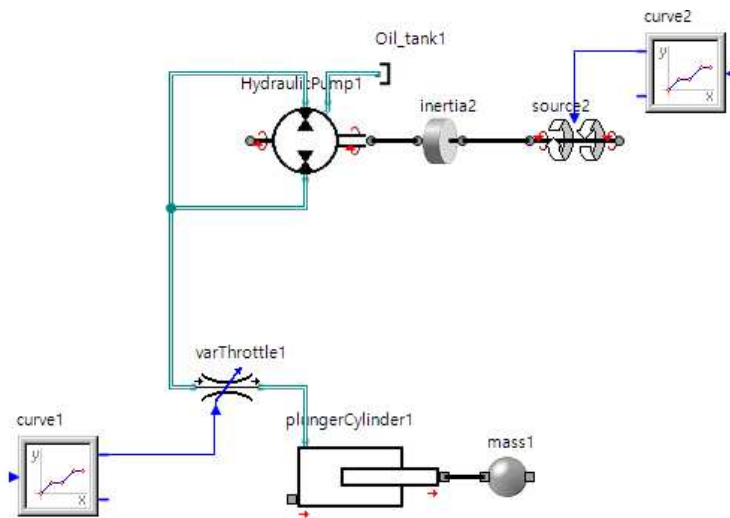


그림 173. 반송부 승하강 제어부 모델링

✓ 반송부 속도 조절 제어부 모델링

- ❖ 배추수확기의 반송부 속도 조절 제어부 시스템은 아래 그림과 같이, 엔진으로 부터 생성된 동력이 유압펌프(PowerPack)를 작동시켜 유압을 생성하며, 유압펌프로부터 생성된 유압은 반송부 컨베이어와 연결된 유압 모터를 작동시킴
- ❖ 유압펌프와 유압모터를 연결하는 유압라인에 가변형 유량제어 밸브를 구성하여 유압모터로 전달되는 유량을 조절할 수 있도록 모델링하였음
- ❖ 이를 통해 모터의 출력단에 연결된 반송부 컨베이어의 속도제어가 가능하도록 하였음
- ❖ 유압펌프와 유압모터의 배제용적은 배추수확기의 유압시스템 제원을 반영하여 15cc/rev으로 입력하였으며, 유압펌프의 최고 압력은 290bar로 설정하였음
- ❖ 반송부 컨베이어 작동을 위하여 유압 모터에서 발생한 속도를 토크로 변환시켜 줄 기어비 모델을 추가로 구성하였음
- ❖ 컨베이어 회전 시 발생하는 토크 데이터를 모델에 입력하여 실차 작동 환경과 유사한 조건에서 시뮬레이션 해석이 가능할 수 있도록 모델링을 진행하였음

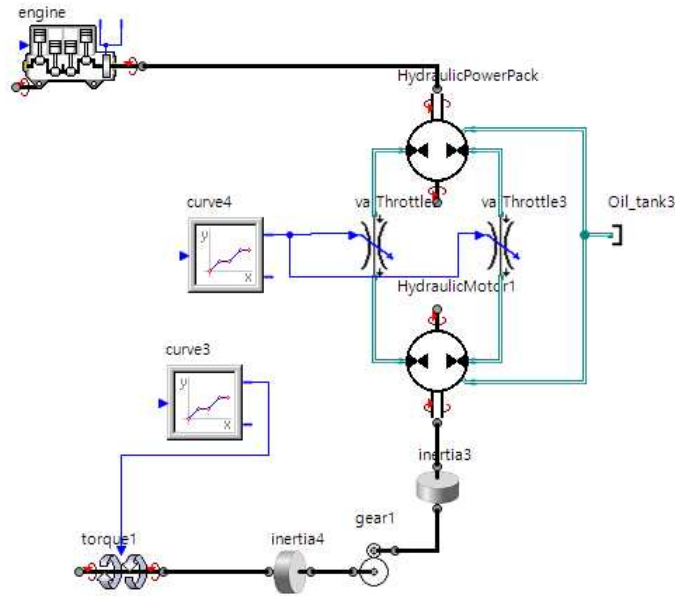


그림 174. 반송부 속도 조절 제어부 모델링

✓ 배추수확기 구동 플랫폼 모델링

- ❖ 배추수확기 차대의 무게, 노면 마찰, 구동 시 작업 부하 등의 조건을 적용하기 위하여 아래와 같이 구동 플랫폼에 대한 모델링을 수행함
- ❖ 플랫폼의 무게는 실제 제원과 같이 1,300kg으로 입력하였으며, 마찰 모델은 플랫폼의 무게, 중력, 노면 계수(0.6)를 적용함으로써 구현함

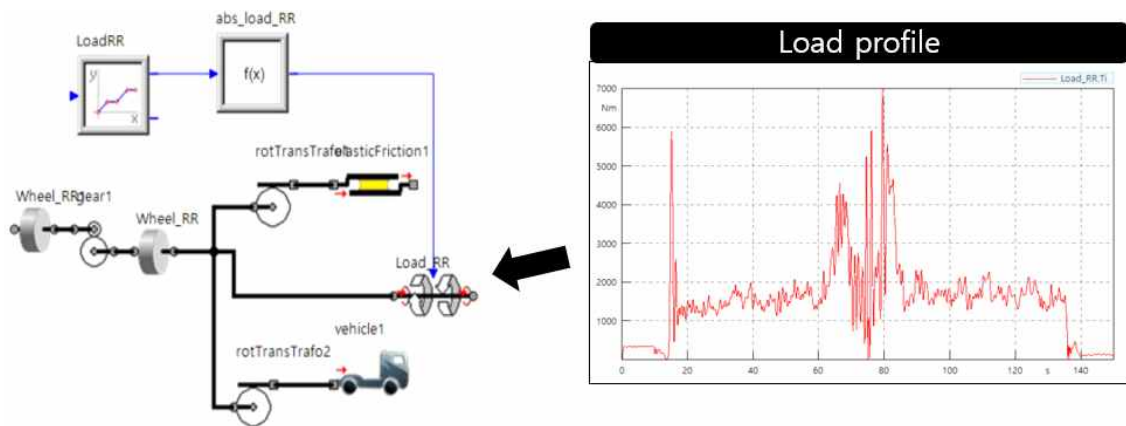


그림 175. 구동 플랫폼 및 노면 마찰 모델

◇ 요소부품 SI를 통한 배추수확기 통합 시뮬레이션 모델 개발

✓ 통합 시뮬레이션 모델 개발

- ❖ 전체 모델은 엔진, HST, 조향 제어부, 반송부 승하강, 속도 제어부, 차량 플랫폼 모델의 SI를 통해 구성하였으며, 엔진에서 생성된 동력을 통해 모든 부품의 제어 및 작동이 이루어짐

- ❖ 엔진에서 발생된 동력은 세부적으로 HST와 PowerPack으로 전달되며, HST와 반송부 속도제어를 위한 각각의 유압펌프를 작동시켜 유압을 생성하여 유압모터에 전달함
- ❖ HST 펌프로부터 생성된 유압은 체크밸브와 릴리프밸브로 구성된 구조를 지나 유압 모터에 회전을 발생시키며, 이를 통해 배추수확기의 무단 변속 및 동력 전달을 가능하게 함
- ❖ 반송부 속도제어부의 펌프로부터 생성된 유량은 유량 조절 밸브를 통하여 모터에 회전을 발생시키며, 전달받은 유압을 통해 작동하는 유압모터는 출력단에 구성된 기어를 거쳐 컨베이어를 회전시키도록 모델링하였음
- ❖ HST 모터의 출력단은 컨베이어 승하강부와 조향제어에 유압을 공급하는 펌프에 동력을 제공하며, 유압펌프로부터 생성된 유압은 반송부 승하강 실린더와 조향제어 비례제어밸브로 입력됨
- ❖ 가변형 유량제어밸브와 비례제어밸브는 각각의 전기적 신호로부터 제어되며, 필요에 따라 사용자가 신호를 입력한다고 가정하여 전체 모델을 구성하였음
- ❖ 농작업시 발생하는 토크데이터를 HST 출력단에 구성된 차량의 휠 모델에 입력하여 실제 작업과 유사하게 시뮬레이션 환경을 구성하였으며, 토크 데이터는 실제 농작업 차량이 노지에서 작업 시 발생하는 차축 토크 계측 값을 사용하였음

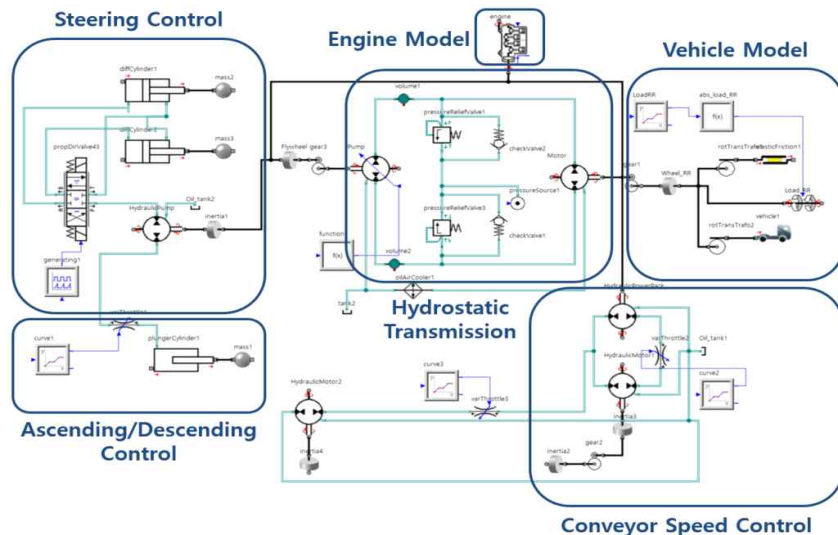


그림 176. SI를 통한 배추수확기 전체 모델링

◇ 시뮬레이션 모델 성능평가

✓ 엔진 모델 성능평가

- ❖ 엔진 모델 시뮬레이션 결과는 시뮬레이션 구동 후 약 22kW 수준을 나타냈으며, 작업 부하가 발생하는 구간에서는 엔진 출력이 감소하였고 약 16~19kW 수준에서 변동하는 개형을 나타냄
- ❖ 엔진 시뮬레이션 모델에 반영된 실제 엔진(22kW급)의 성능곡선에 따라 나타남

- ❖ 엔진 출력은 구동 플랫폼에 적용된 작업부하에 따라, 변동하는 개형을 보였으며, 특히 작업부하가 높게 발생하는 약 65~85sec에서 출력이 심하게 변동하는 것으로 나타났으며, 최소 약 8kW까지 감소하는 것으로 나타남
- ❖ 엔진 출력은 엔진에서 발생한 토크와 회전속도를 기준으로 아래와 같은 식에 의하여 계산됨

$$P_{engine} = \frac{2 \times \pi \times T \times N}{60,000} \quad \text{식(45)}$$

여기서, P_{engine} =엔진 출력(kW)
 T =엔진 토크(Nm)
 N =엔진 회전속도(rpm)

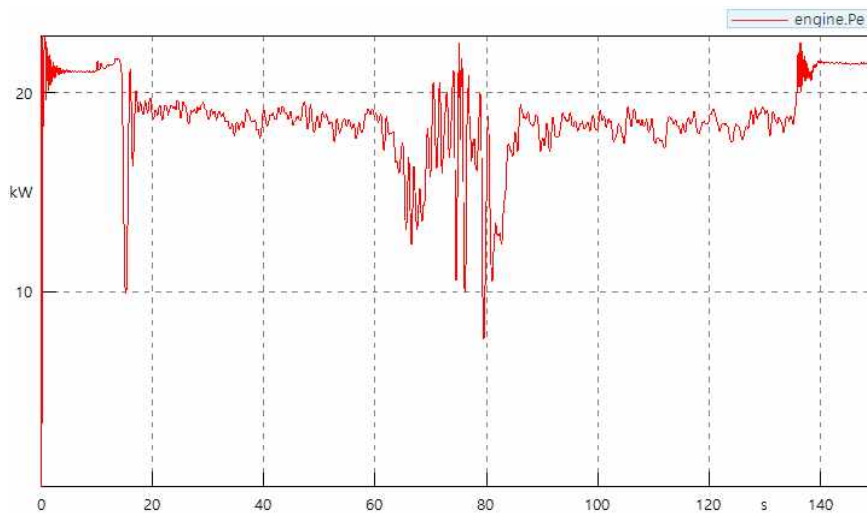


그림 177. 작업부하 조건을 반영한 엔진 모델 시뮬레이션 결과

✓ HST 시뮬레이션 모델 성능평가

- ❖ 유압 펌프에서 토출되는 유량은 약 68L/min까지 증가하여 일정하게 유지되는 것으로 나타나며, 유압 모터에서 흡입 되는 유량은 약 66L/min까지 증가하는 것으로 나타남
- ❖ 작업 부하가 가장 크게 나타나는 약 70~80sec 구간에서는 유압모터의 유량이 일부 변동하는 것으로 나타남
- ❖ 펌프의 이론 유량과 배출량 식은 다음과 같음

$$Q_T = V_D \times N \quad \text{식(46)}$$

여기서, Q_T =펌프 유량(m^3/min), V_D =펌프 배출량(m^3/rev)
 N = 펌프 회전속도

$$V_D = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) L \quad \text{식(47)}$$

여기서, D_o = 실린더 외경, D_i = 실린더 내경
 L = 실린더 길이

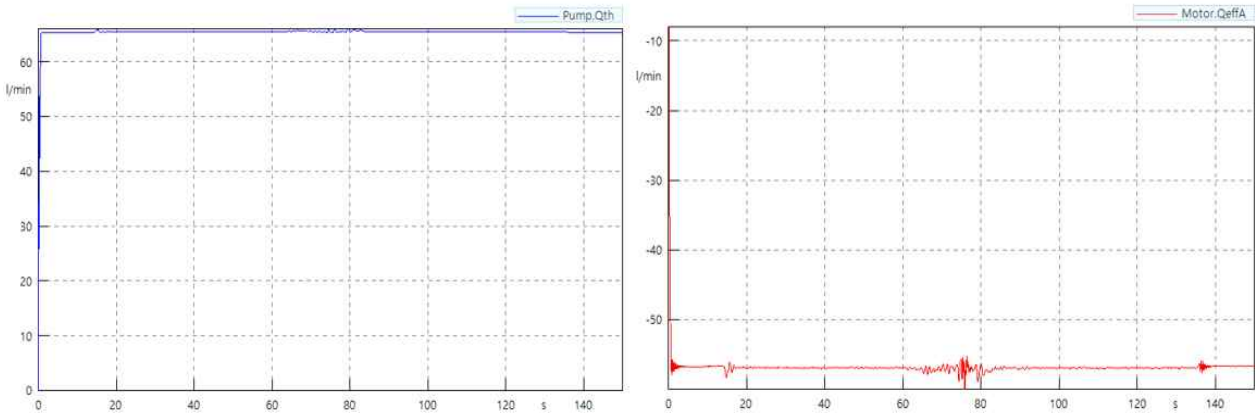


그림 178. 유압 펌프의 토출 유량(좌) 및 유압 모터의 흡입 유량(우)

- ❖ 유압 펌프의 회전속도는 엔진 특성에 따라 약 2,800rpm까지 증가하고, 작 업 부하가 높게 발생하는 약 70~80sec 구간에서 경미하게 변동하는 것을 제외하면 일정하게 유지되는 형태로 나타남
- ❖ 유압 모터의 회전속도는 유압 펌프에서 토출된 유량을 공급받아 모터를 작동시켜 약 1,900rpm으로 증가된 후 작업 부하가 높게 발생하는 구간에서는 유압 펌프와 마찬가지로 경미하게 변동하는 것으로 나타남

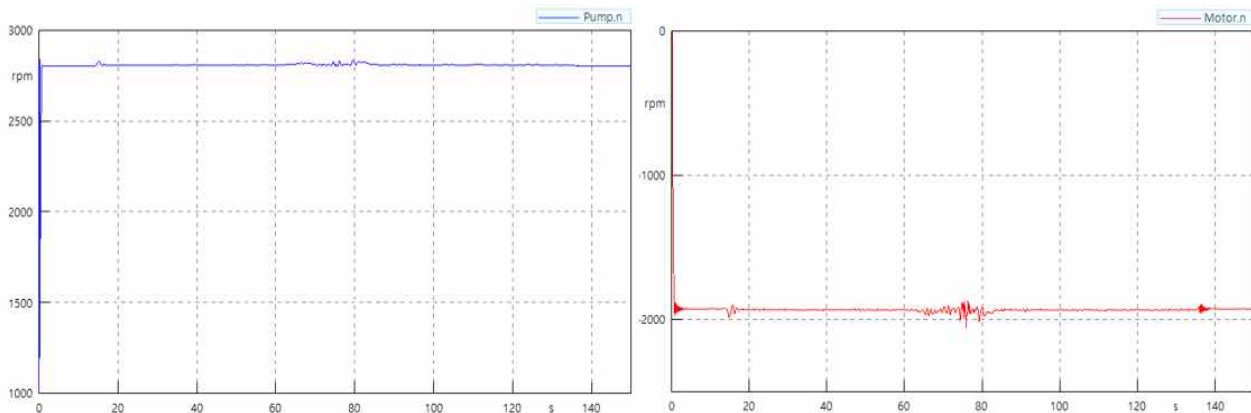


그림 179. 유압 펌프의 회전속도(좌) 및 유압 모터의 회전속도(우)

- ❖ 유압 펌프와 유압 모터의 토크는 작업 부하 데이터와 유사한 개형을 나타내며, 작업 부하가 높게 발생하는 약 70~80sec 구간에서 급격하게 변동하는 개형으로 나타남
- ❖ 유압 펌프와 유압 모터의 토크는 각각 최대 78Nm, 75Nm로 나타남
- ❖ 유압 펌프 및 모터의 토크 식은 다음과 같음

$$T_T = \frac{V_D \times p}{2\pi} \quad \text{식(48)}$$

여기서, T_T = 유압 펌프 및 모터 토크 (Nm)

p = 펌프 토출 압력 (Pa)

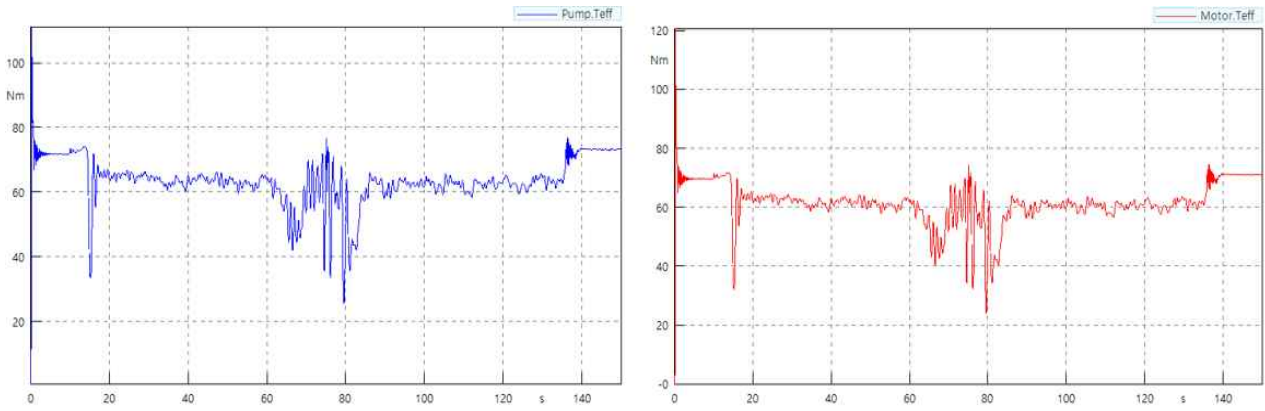


그림 180. 유압 펌프의 토크(좌) 및 유압 모터의 토크(우)

- ❖ HST의 성능평가를 위하여 시뮬레이션을 통해 유압펌프와 유압모터의 출력값을 해석한 결과 유압펌프 출력의 평균값과 최대값은 각각 17.8kW, 23.7kW로 나타났으며, 유압모터 출력의 평균값과 최대값은 각각 13.1kW, 15.3kW로 계산됨

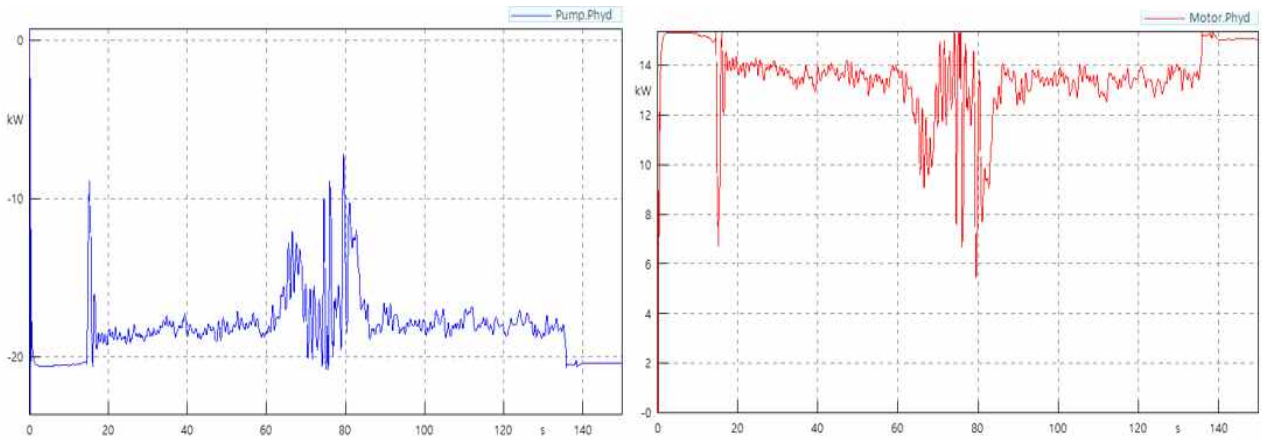


그림 181. HST 유압펌프의 출력(좌) 및 유압모터의 출력(우)

- ❖ 시뮬레이션 결과 HST의 평균 효율은 약 72.3%로 계산되었으며, 시뮬레이션 초기 부하 데이터가 작용하지 않은 구간을 제외한 값들의 평균을 계산한 결과임
- ❖ HST 효율은 78sec에서 약 78.7%로 최대값을 가지며, 작업부하가 순간적으로 높아짐에 따라 유압 펌프와 모터의 출력이 변동하여 발생하는 일시적인 데이터임

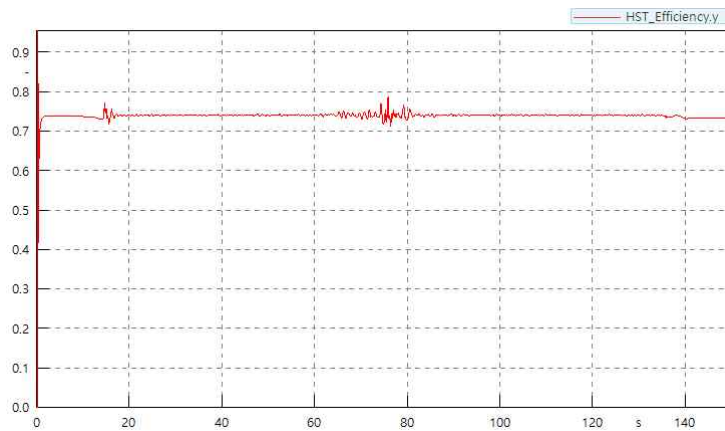


그림 182. HST 효율

표 79. HST의 평균 효율 및 최대 효율

유압펌프 배제용적 (cc/rev)	유압모터 배제용적 (cc/rev)	HST 평균 효율 (%)	HST 최대 효율 (%)
23.3	23.3	72.3	78.7

- ❖ HST의 추가 구성을 통한 배추수확기의 초저속(0.5m/s 이하) 주행 가능성을 판단하기 위하여 차량모델의 속력을 확인하였음
- ❖ 차량 모델은 평균적으로 0.5m/s 이하의 속도에서 작업이 가능하며, 작업 부하 발생에 따라 최저 0.38m/s의 속도로 주행이 가능한 것으로 나타남
- ❖ 작업부하가 크게 발생하는 일부 구간에서는 차량 속도가 0.5m/s 이상 나타남. 이는 작업 중 부하 조건이 일부 높게 나타나기 때문인 것으로 판단됨. 하지만, 실제 배추수확기는 구동륜이 일반 차량과는 달리, 무한궤도 타입으로, 상대적으로 진동이 낮기 때문에 본 시뮬레이션 결과보다 실제 진동은 낮을 것으로 판단됨

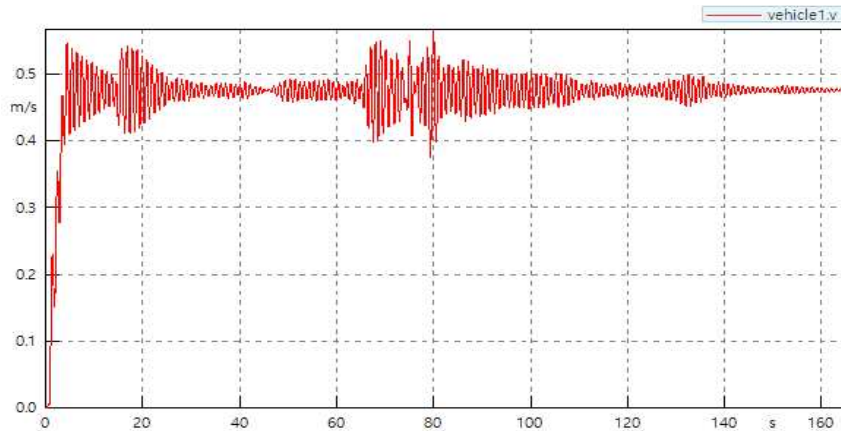


그림 183. 차량 모델의 속도

- ✓ 조향 제어부 시뮬레이션 모델 성능평가
 - ❖ 조향 제어부의 성능평가를 위하여, 조향 제어 실린더 출력단에 연결된 무게를 기준으로 전기적 신호에 따라 작동하는지 시뮬레이션을 수행함
 - ❖ 20초에 1cycle을 가지는 사인파를 비례제어밸브에 입력 신호로 인가하여 시간에 따른 밸브의 작동 및 변위 값을 분석함으로써 조향 제어에 대한 성능평가 수행
 - ❖ 시뮬레이션 결과, 입력신호가 (+)값(핸들을 우로 돌렸을 때)일 때 Cylinder 2가 반응하여 약 10.6cm의 변위를 가지며,
 - ❖ 입력신호가 (-)값(핸들을 좌로 돌렸을 때)일 때 Cylinder 1이 반응하여 전과 반대 방향으로 약 10.6cm의 변위를 가지는 것으로 나타남
 - ❖ 결과적으로 핸들의 방향에 대한 신호에 의해 비례제어밸브가 반응하여 해당실린더에 연결되는 유로를 형성하며, 형성된 유로에 압을 공급하여 조향 제어 실린더를 작동시키는 것을 확인함

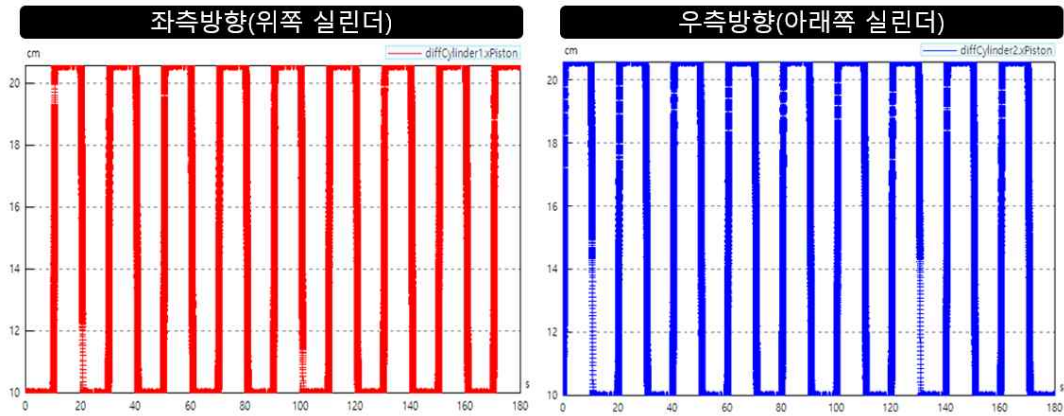


그림 184. 입력신호에 따른 조향 제어 실린더의 변위 측정 그래프

- ❖ 조향 실린더에 유입되는 유량은 시간에 따른 전기 신호의 변화에 의하여 약 8L/min의 값이 두 실린더에 번갈아서 공급되는 것으로 나타나며, 조향 제어를 위해 두개의 실린더에 유입되는 유량은 대칭되는 형태로 나타남
- ❖ 단동 유압 실린더의 유량 계산식은 다음과 같음

$$Q_a = Ay' + \frac{V_1}{\beta} P' \quad \text{식(49)}$$

여기서, Q_a = 액추에이터의 유량(m^3/s), Q_A = 헤드 끝 실린더 면적(m^2)

P = 헤드 끝의 실린더 압력(N/m^2)

V_1 = 실린더의 부피(m^3)

y = 액추에이터의 변위, $y' = 1$ 차 미분 형태

β = 유체 체적 탄성률(N/m^2)

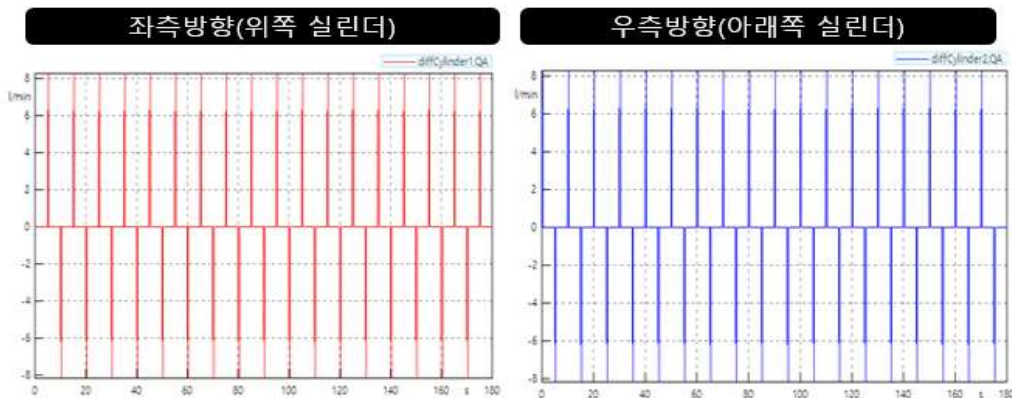


그림 185. 조향 제어 실린더에 공급되는 유량

- ✓ 반송부 승하강 제어부 시뮬레이션 모델 성능평가
 - ❖ 반송부 승하강 제어부의 성능평가를 위하여, 승하강 제어 실린더 출력단에 반송부 무게 설계 값인 150kg을 입력하였으며, 구성된 유압펌프를 통하여 반송부 승하강 제어 높이인 0~10cm를 만족하는지 성능을 평가하였음

- ❖ 승하강부는 제어 신호는 처음 20sec에 걸쳐 상승시킨 뒤, 20sec 동안 이를 유지하며, 이후에 승하강부를 원위치 시키는 제어가 가능하도록 입력하였음
- ❖ 시뮬레이션 결과, 유량제어밸브를 거쳐 Plunger Cylinder에 입력된 유압에 의하여 스트로크의 변위는 20sec에 걸쳐 10cm 증가하였으며, 실린더의 변위 측정 그래프는 아래 그림과 같음

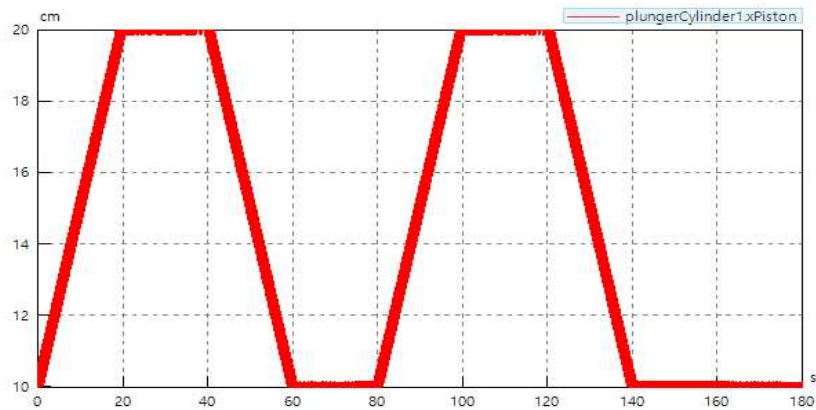


그림 186. 입력신호에 따른 반송부 승하강 제어부의 변위 측정 그래프

◇ 시뮬레이션을 이용한 유압시스템 최적 설계

✓ 최적 설계를 위한 시뮬레이션 조건

- ❖ 수확기는 구동을 위한 HST, 반송부 승하강 제어부, 조향 제어부, 커팅 부 등 다양한 핵심 파트에서 유압시스템을 채택하고 있음
- ❖ 유압 시스템은 큰 힘을 낼 수 있는 장점이 있으나, 낮은 효율 등의 문제가 있음. 따라서 해석을 통한 유압시스템의 설계 사양에 대한 최적화가 필요함
- ❖ 수확기의 유압시스템 해석을 위하여 개발된 시뮬레이션 모델을 이용하여 유압시스템의 주요 핵심부품인 유압 펌프와 모터의 설계사양에 대한 최적설계를 수행함
- ❖ 해석 대상은 배추수확기의 핵심부품인 HST의 유압 펌프 및 유압모터로 선정하였으며, 유압 펌프 및 유압 모터의 배제용적을 변경하여 작업 효율을 분석함

✓ HST 시뮬레이션 해석 결과

- ❖ HST 유압 펌프 및 유압 모터의 설계 값은 23.3cc/rev이며, 해석은 설계조건을 포함하여 총 7가지 조건에서 시뮬레이션을 수행함
 - ◆ 설계 값에서 유압 모터 값은 고정(23.3cc/rev)하고, 유압 펌프의 배제용적을 각각 19.3, 21.3cc/rev로 감소시킨 2가지 조건
 - ◆ 반대로 유압 펌프 값은 고정(23.3cc/rev)하고 유압 모터의 배제용적을 25.3, 27.3cc/rev으로 증가시킨 2가지 조건
 - ◆ 설계 값인 23.3~23.3cc/rev(펌프-모터)에서 2cc/rev을 증/감 시킨 값인 25.3~25.3cc/rev 및 21.3~21.3cc/rev 2가지 조건

- ❖ HST 평균 효율은 설계 값인 23.3~23.3cc/rev에서 평균 78.70%로 가장 높은 것으로 나타남
- ❖ HST의 평균 효율이 가장 낮은 배제용적의 조합은 유압펌프 19.3cc/rev, 유압모터 23.3cc/rev에서 나타남
- ❖ 배추수확기 개발품에 적용된 주요 핵심 요소부품의 제원을 시뮬레이션 모델에 입력하고, 나머지 변수들을 고정한 상태에서 HST의 유압펌프 및 유압모터의 배제용적만 변경하여 분석하여 아래와 같은 결과를 도출함.
- ❖ 시뮬레이션 모델에 따른 결과를 고려하면, 배추수확기 실차에 적용한 HST의 설계 사양은 타 배제용적 조합의 HST 대비 HST 효율이 가장 높은 것으로 판단됨

표 80. 유압펌프와 유압모터의 배제용적에 따른 HST효율

Set	유압펌프 배제용적(cc/rev)	유압모터 배제용적(cc/rev)	HST 평균 효율(%)
1	19.3	23.3	67.80
2	21.3	23.3	70.29
3(설계 사양)	23.3	23.3	78.70
4	23.3	25.3	72.80
5	23.3	27.3	73.10
6	21.3	21.3	69.81
7	25.3	25.3	74.40

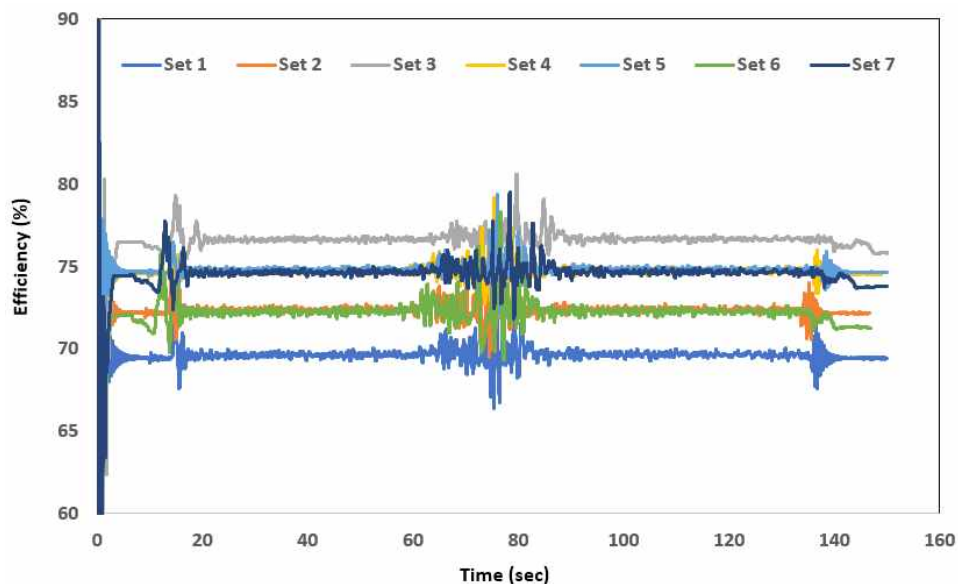


그림 187. 유압펌프 및 유압모터의 배제용적 변화에 따른 HST 효율 분석

3차년도/2협동연구기관) 유압시스템 종합 성능시험, 편이성 평가
CH19) 안전장치 및 운전시스템에 대한 편이성 및 안정성 평가



◇ 인간 공학적 설계란 인간 요인, 즉 인체의 특징을 설계에 반영하여 가장 안전하고 편리한 제품을 설계하는 것임

- 인간-기계 인터페이스를 설계할 때는 인체의 특징을 반영
- 인간의 작업 능률을 최대화하고, 오조작, 실수 등에 의한 사고를 방지
- 진동, 소음, 냄새, 먼지 등 유해한 작업 환경으로부터 인체를 보호
- 운전자 피로 최소화, 장기간 사용으로 건강악화, 신체이상 방지

✓ 인체측정

- ❖ 기초적인 데이터로 인간의 신체에 대한 길이·부피·회전능력 등 측정이 필요
- ❖ 극단치를 이용한 설계는 인체측정 특성의 최대치수 또는 최소치수를 기준
- ❖ 남녀공용은 남성의 제95분위수와 여성의 제5분위수를 사용하는 것을 적용
- ❖ 백분위수는 측정자료를 오름차순 백분을 순서에 해당하는 자료

✓ 안전 설계

- ❖ 농업기계는 작업환경 범위가 넓어 안전사고의 위험이 매우 높음
- ❖ 운전자가 자신의 판단에 의해서만 기계를 운전하기 때문에 위험에 대비한 안전 조치를 신속히 취하지 못하여 사고를 직면하는 경우도 많음
- ❖ 안전방호장치는 기계의 위험 부위와 운전자 또는 주위 사람의 부주의한 접촉을 최소화하고, 위험부위로 접근하는 것을 방지하기 위한 구조물 또는 장치 고려(인체에 손상을 주거나 옷자락 등이 감길 우려가 있는 곳)

✓ 운전석 최적 설계

- ❖ 운전자 작업 공간: ISO 6682에 준해 넓은 시계를 확보, 조향 핸들, 클러치 페달, 브레이크 페달 등 각종 조작 장치를 조작편리하게 설정(전후/수평/수직 조정)

- ❖ 의자는 정상적인 작업과 운전상태에서 운전자를 적절히 지지할 수 있고 운전자의 미끄럼을 방지할 수 있는 것이며, 전후 상하로 위치 조정 고려
 - ❖ 운전석 위치 설계에서 기준점은 ISO 5353에 따라 SIP(Seat Index Point) 선정
 - ❖ 서서 작업하는 작업자의 시야확보와 몸을 지지하는 의자가 필요(ISO 14738에서는 엉덩이를 걸치는 형태의 운전석을 권장)
 - ❖ 운전석은 앉은 오금높이와 앉은 엉덩이 오금길이, 앉은 엉덩이 너비, 앉은 어깨높이를 고려, 국내 50~80세 성인의 체형에 알맞은 운전석 사이즈를 도출(Seat Height(SH): 322.6~441.8mm 범위)
- ✓ 운전석 위치
 - ❖ 수확기의 운전석과 조작부 및 페달 사이의 거리를 측정한 결과, 운전석과 페달 사이의 거리(편리영역), 운전석과 정·측면 조작부 사이 거리(조종가능 영역)
 - ✓ 운전석 사이즈
 - ❖ SD, SW, SH, BH의 값은 최적범위 내에 있음

표 81. 최적 운전석 위치 범위

(단위: mm)

항목	ISO 6682	
	편리 영역	조종 가능 영역
운전석과 조작부(정면) 사이 거리(A)	132~573	0~870
운전석과 조작부(측면) 사이 거리(B)	250~500	0~900
운전석과 페달 사이 거리(C)	581~932	581~941

표 82. 운전석 사이즈 결정

항목	계산식	주석
Seat Height(SH)	$(P+20)\cos 30 \leq SH \leq (P+20)\cos 5$	P: 앉은 오금 높이
Seat Depth(SD)	$0.8PB \leq SD \leq 0.99PB$	PB: 앉은 엉덩이 오금 길이
Seat Width(SW)	$1.1H \leq SW \leq 1.3H$	H: 앉은 엉덩이 너비
Backrest Height(BH)	$0.6S \leq BH \leq 0.8S$	S: 앉은 어깨 높이

표 83. 국내 50~80세 성인의 주요 신체 부위 치수

(단위: mm)

성별	여성	남성
항목	5분위	95분위
앉은 오금 높이	352.5	423.5
앉은 엉덩이 오금 길이	425.0	500.0
앉은 엉덩이 너비	314.5	374.5
앉은 어깨 높이	511.5	637.5

표 84. 최적 운전석 사이즈 범위

(단위: mm)

성별	여성		남성	
	5분위		95분위	
Seat Height(SH)	322.6	371.1	384.1	441.8
Seat Depth(SD)	340.0	420.8	400.0	495.0
Seat Width(SW)	346.0	408.9	412.0	486.9
Backrest Height(BH)	306.9	409.2	382.5	510.0

표 85. 운전석 위치

(단위: mm)

항목	ISO 6682		배추 수확기
	편리	조종 가능	
운전석과 조작부(정면) 사이 거리	132~573	0~870	845
운전석과 조작부(측면) 사이 거리	250~500	0~900	680
운전석과 페달 사이 거리	581~932	581~941	925

표 86. 운전석 사이즈

(단위: mm)

항목	인체 최적 사이즈		배추 수확기
Seat Height(SH)	322.6	441.8	400
Seat Depth(SD)	340.0	495.0	470
Seat Width(SW)	346.0	486.9	450
Backrest Height(BH)	306.9	510.0	320

◇ 개선 방향 : 농업인의 편의성 및 안전성 향상을 위해 농업인 인체치수에 적합하도록 위치 및 치수를 최적화하였음. 개발된 운전석은 상/하/높이 조절기능이 기계식으로 되어 운전자는 불편할 수도 있음. 향후 상용화 단계에서는 운전석 내부공간을 현재의 5% 정도 축소하여 농업인 인체치수에 최적화하고, 전자식 제어로 편의성 및 안정성을 증대할 수 있을 것으로 기대됨

3차년도/주관연구기관) 기술인증 “배추수확기” 공인검정기관 안전검정 합격



- ◇ 개발된 배추수확기에 대한 공인검정기관에서의 검인증(18-FACTMS-007)을 수행하였음
- ◇ 검인증을 바탕으로 한국농기계공업협동조합의 가격집 등록(20190701) 추진

농업기계 안전시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 함영권
- 나. 사업자등록번호 : 609-81-79905
- 다. 주소 : 경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1
- 라. 상호 : 오페주식회사

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 배추수확기
- 나. 형식명 : OKH 100
- 다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험번호 : 18-FACTMS-007

4. 시험성적 : 안전시험 관련기준에 적합하였음

18-FACTMS-007

1. 기종명 : 배추수확기
2. 번호 : 18-FACTMS-007
3. 형식명 : OKH 100
4. 형식 : 승용자주형
5. 규격 : 1조
6. 성적
 - 6.1 구조
 - 6.1.1 기체의 크기
 - 길이 415 cm
 - 폭 170 cm
 - 높이 232 cm
 - 중량 1 300 kg
 - 6.1.2 탑재엔진
 - 형식명 A1100T(A1100T2-KTR_4)
 - 제조사 국제종합기계(주)
 - 형식 직립형수냉3기통4행정디젤기관
 - 최대출력 22 kW(2 600 r/min)
 - 검정번호 16-MG-230
 - 6.1.3 동력전달장치
 - 주클러치 형식 없는 구조임
 - 주변속기 : 변속방식 유압식(HST), 변속단수 무단(전·후진)
 - 부변속기 : 변속방식 기계식(선택물림식), 변속단수 3단(저속, 중속, 고속)
 - 최고주행속도 전·후진 5.5 km/h
 - 동력전달체계 엔진폴리 → 전방 유압펌프 → 주행·조향, 픽업부 승강실린더 엔진폴리 → 후방 유압펌프·유압모터 → 픽업벨트, 컨베이어, 뿌리절단날 엔진·폴리 → 유압변속기용 펌프
 - 6.1.4 주행장치
 - 차륜의 종류 무한궤도(고무)
 - 무한궤도의 규격(폭×피치) 280 mm × 90 mm
 - 무한궤도 접지길이 1130 mm
 - 무한궤도 중심간 거리 820 mm
 - 무한궤도 접지압 17.1 kPa
 - 구동방식 전방 좌·우 스프로킷
 - 조향방식 조향클러치식(레버)
 - 6.1.5 제동장치
 - 주·정차제동장치 유압식
 - 6.1.6 최저지상고
 - 최저지상고 220 mm
 - 6.1.7 뿌리절단장치
 - 절단날 형식 원형회전톱날
 - 날 외경 Ø305 mm
 - 절단높이 조절방식 고정높이 선택식

6.1.8 픽업이송장치

- 픽업방식 고무벨트 이송식
- 작업폭 480 mm(픽업부 선단간격)
- 협지방식 벨트 스프링 장력
- 픽업높이 조절방식 지지바퀴 높이조절식(전동 실린더)
- 픽업높이 조절범위 0 ~ 280 mm
- 벨트의 행정 2 640 mm
- 픽업 벨트의 이송속도 0.1 % ~ 0.3 %

6.1.9 이송·배출부

- 이송부 형식 고무벨트 컨베이어식
- 폭 370 mm
- 행정 1760 mm
- 배출구 폭 380 mm

6.1.10 적재·용기부

- 적재 플랫폼 크기 펼침: L1 650 mm×W1 230 mm
접음: L1 650 mm×W690 mm×H520 mm
- 적재 플랫폼 지상고 640 mm
- 수납용기 철망파레트 L930 mm×W770 mm×H710 mm

6.1.11 유압장치

- 유압펌프의 개수 2개
- 유압실린더 용도 및 개수 픽업장치 상승용

6.1.12 표준 작업인원

- 작업인원 2명(운전 1명, 적재 1명)

6.2 안전성시험

6.2.1 가동부의 방호

- 커버 좌·우 픽업·이송벨트 방호커버, 벨트 및 컨베이어 동력전달 체인·스프로킷 방호커버

6.2.2 안전장치

- 시동 안전장치 주변속 레버가 중립시만 시동
- 비상정지장치 엔진 정지스위치
- 승강부 강하방지장치 픽업부 유압 잠금밸브

6.2.3 제동장치

- 정차브레이크 제동거리 0.9m 이내(최고주행속도에서)
- 주차브레이크 20 % 경사지에서 밀림이 없었음

6.2.4 운전석 및 작업장소

- 승강용 발판 바닥형상 요철형, 발판 높이 530 mm
- 운전좌석 완충장치 쿠션시트, 전·후조절범위 60 mm
- 작업자 발판 요철 철판

6.2.5 운전·조작장치

- 운전·조작성 조향·픽업부 승하강 레버, 주변속 레버, 부변속 레버, 조속레버, 뿌리절단날 On/Off 레버, 픽업벨트 구동 On/Off 레버, 픽업높이 제한 스위치가 통상의 작업위치에서 안전·용이하게 조작할 수 있도록 배치되어 있음

6.2.6 안정성

- 정적전도각 좌 31.8°, 우 28.5°
- 전도경보장치 좌·우 10° 경사시 경보음 발생

6.2.7 계기장치

- 부착장치 연료계, 엔진회전속도계, 사용시간계

6.2.8 등화장치

- 등화장치종류 픽업부 작업등, 방향지시등, 제동등

6.2.9 고온부의 방호

- 커버 엔진 방열기 고온부 방호철판
- 배기관 설치위치 운전석 후방 하부

6.2.10 안전표시

- 주의 엔진과열부 접촉, 연료통 화재주의
- 경고 기계정비시 엔진정지, 구동중 방호커버 열기금지
- 위험 작업반경 내 접근 금지

6.2.11 취급성

- 취급내용 사용전, 사용중, 사용후의 안전에 관한 사항이 사용설명서에 기재되어 있음

6.2.12 기타

- 후사경 부착위치 운전석 우측
- 경음기 부착위치 운전석 조작부
- 주유구 설치높이 132 cm
- 기체 경사시 누유 없음

7. 제품 개요

가. 본 제품은 작업폭이 480 mm인 승용자주형 1조식 배추수확기로 탑재엔진은 직립형수냉 3기통4행정디젤기관이고 최대출력은 22 kW이며 주행부는 무한궤도식이고 운전석에 햇빛가리개가 부착되어 있음

나. 픽업부 선단의 회전톱날에 의해 뿌리가 절단된 배추를 고무벨트로 협지 이송하여 후방 적재 컨베이어로 낙하하고 컨베이어에 의해 이송되는 배추를 수작업으로 용기에 담고, 남은 이물질은 후방으로 배출되는 구조임

8. 결과

본 성적은 “농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규정」 제5조에 따라 실시한 농업기계 안전시험 성적으로 관련기준에 적합” 하였음

3차년도/주관연구기관 정책활용 “배추수확기” 농촌진흥청 영농교육 활용건의 수용



◇ 개발된 배추수확기에 대해 농기조합/농진청에 정책활용(정부지원 대상기종) 건의하였음

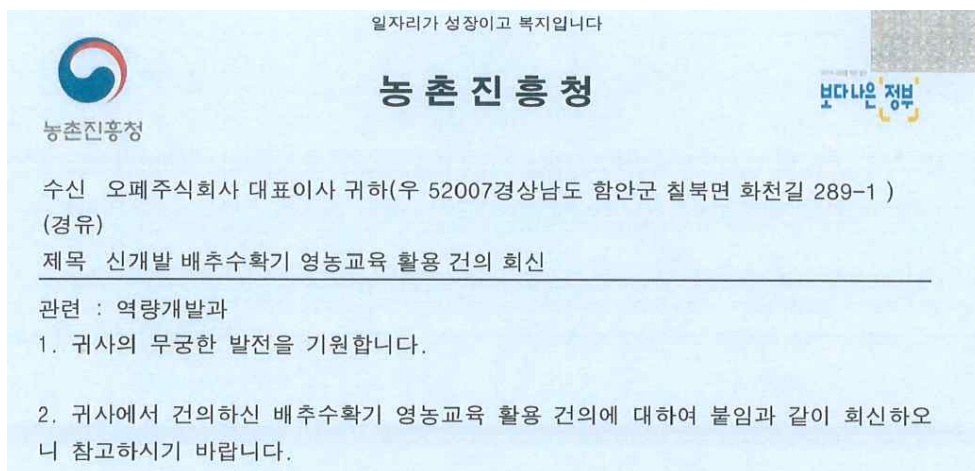


수 신 오폐(주) 대표이사
참 조 영업팀장

제 목 : 『배추수확기 정부지원 대상기종』 건의에 대한 답변

1. 관 련 : 오폐(주) 기술개발 제5호(18.10.01)
2018 농림사업 시행지침[농기계구입지원사업]

2. 위 관련하여 질의 요청한 ‘배추수확기’의 정부지원대상 농기계 포함건은 현행 농림사업시행지침(농업기계구입지원사업)에 따른 동력수확기(규격:엽채류)에 해당될 수 있어 정부지원대상 농기계로 가능할 것으로 사료됩니다.



배추수확기 정부지원 대상기종 포함 정책활용 건의

□ 현황 및 문제점

- 발농업은 농업생산 비중이 높으며 식품원료의 필수로 제공되고 있지만 중요성에 비해 자급율은 낮으나, 최근 한류 열풍으로 김치류 등이 차지하는 비중이 높아지는 추세임
- 발작물 산업은 다품목 소량 생산구조로 영세하고, 수도작이나 시설에 비해 생산기반이 취약할 뿐 아니라 고령화 등에 따라 기계화가 절실함
 - 발농업은 전체농가의 90%이상 호당 재배면적은 0.3ha 미만으로 영농규모가 작고 농촌인구 감소 및 고령·여성화에 따른 노동력 부족으로 생산력 감소 추세
 - * 고령화율(65세이상) : ('00) 21.7% → ('10) 31.8 → ('12) 35.6 → ('14) 39.1 → ('17) 42.5
 - ** 농가인구 : ('00) 403만명 → ('10) 306 → ('12) 291 → ('14) 275 → ('16) 249 → ('17) 242

□ 필요성

- 우리나라는 발농업 기계화율이 58% 수준이나 작목 및 작업단계별 기계화 수준이 크게 상이하나, 수확의 경우 일부 작목을 제외하면 거의 인력으로 대체하는 수준임
 - 일본 등 농업선진국의 경우 생산비 절감을 위해 고성능·고효율 농업기계화 단계로 진입한 반면, 우리나라는 미흡한 실정으로 고농율·친환경·저비용 생산이 필요
- 발작물의 배추 수확은 대부분 인력에 의존하고 있어 지속적 생산을 위해서는 노동력 절감과 생산성 향상을 위한 발작물의 수확 기계화가 시급한 실정임

□ 주요 개발 내용

- 예취폭 60cm(예취 1조) 이상으로 30마력 엔진을 탑재하였으며 조작이 편리하도록 변속장치는 HST 부착으로 여성·고령 작업자도 편리하게 운전할 수 있도록 시스템 장착
- 주요 작업부의 절단부, 굴취부, 이송부, 수집부 등 각 작업부의 유압제어장치 부착으로 농작업중 발생하는 안전사고 사전 예방
 - 수확하면서 선별·조제 및 컨테이너 탑재 등으로 작업의 효율성 제고
- 작업자가 농작물을 보면서 작업 가능하므로 작업의 능률이 뛰어날 뿐 아니라 수집부에 보조작업자 최소 3명이 탑승하여 수집 출하하므로 작업의 편이성 도모

□ 기대효과

- 고마력 엔진 탑재 등 배추 특성에 맞게 개발되어 고령화에 따른 노동력 부족에 적극 대응하여 발농업 경쟁력 제고 및 산업 발전에 기여
- 배추 수확을 통한 작업 효율 극대화하여 농작업 환경 개선 및 농가 수익 증대
- 발기계 촉진으로 내수시장 확대 및 우수 발작물 안정적 생산 공급으로 식품산업 발전 도모

□ 정책활용 건의

- 농업인의 경영비 절감을 위해 배추수확기 정부지원대상 농기계 공급 건의







3차년도/주관연구기관 제품화 “배추수확기” 제품화 KIEMSTA 2018 출품



◇ 개발된 배추수확기의 국내외 홍보를 위해 KIEMSTA 2018에 출품하여 전시하였음
 ✓ 전시부스 : 1관 C6(6개 부스)

【 KIEMSTA 2018 조감도 】



배추수확기 박람회 참가	
일 자	2018년 10월 31일 ~ 2018년 11월 03일
장 소	충남 천안시 천안삼거리공원
행사명칭	국제농기계자재박람회 KIEMSTA 2018
목 적	배추수확기 전시 홍보
사진	
	
	
	
	
	

2018년 11월 5일

연구책임자 : 이 범 섭



연구기관장 : 오펜주식회사 대표이사 함영철



◇ 사업화 성과 및 매출 실적

◆ 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.4억원	
			향후 3년간 매출	40억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 100% 국외 : 0%	
			향후 3년간 매출	국내 : 100% 국외 : 0%	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			1위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			2위

◆ 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(백만원)		2,000		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	시범판매	40	100
		국외	시범판매	1	5
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		규격별 모델 다변화			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		시범판매	20	30
	수 출		시범판매	5	10

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

자주식 소형 배추수확기 개발 및 산업화			
평가의 내용	최종연구목표	달성도 (%)	최종연구결과
최종 결과	• 시작기 개발	100	개발완료
	• 사업화(농기검정/제품화/정책활용/기술실시/사업화)	100	목표달성
	• 정량목표(특허등록/인력양성/논문/학술/홍보)	100	추가달성

3-2. 목표 달성여부

◇ 최종연구목표 및 평가방법 척도 : 【정상수행】

구 분	평가의 착안점 및 척도			
	최종연구목표	척도 (%)	달성도 (%)	최종연구결과
1차년 (2016)	• 배추 주산단지, 재배양식 조사 및 분석 설계요인 도출	10	100	정상수행
	• 주요 작업부 설계 및 제작: 굴취, 이송, 배출, 수집부	30	100	
	• 주요 작업부 구조해석: 굴취, 이송, 배출, 수집부	20	100	
	• 제작된 주요 작업부에 대한 평가: 작동상태, 진동	10	100	
	• 각 작업부 유압제어장치 시뮬레이션을 통한 최적설계	20	100	
	• 농작업 안전사고 방지 안전장치 설계 및 기초 성능평가	10	100	
2차년 (2017)	• 주행부 설계 및 제작	20	100	정상수행
	• 통합시스템 제작 및 작동성에 대한 기초 성능평가	30	100	
	• 동력 전달 시스템 이론분석 및 최적 설계	10	100	
	• 제작된 동력 전달 시스템에 대한 평가: 작동상태, 진동	10	100	
	• 여성·고령 작업자가 편리한 운전시스템 최적설계	20	100	
	• 제작된 각 작업부 유압시스템에 대한 평가 및 보완설계	10	100	
3차년 (2018)	• 주산지에서의 현장 실증시험	30	100	정상수행
	• 문제점도출 및 수정 보완	30	100	
	• 경제성 평가	10	100	
	• 통합시스템에 대한 구조해석 평가 및 보완점 제시	10	100	
	• 각 작업부 유압시스템에 대한 종합 성능시험	10	100	
	• 안전장치 및 운전시스템에 대한 편이성 및 안정성 평가	10	100	
최 종	• 배추수확기 주요부 및 통합시작품 설계, 제작, 산업화	60	100	Σ(척도*달성도)=
	• 주요 작업부 및 통합시스템 구조해석 및 최적설계	20	100	
	• 작업부 제어 및 농작업자 편이·안정성 향상 기술개발	20	100	

◇ 제품화 방향 설정 및 성능평가(60) : [정상수행]

3차년 배추수확기 주요부 및 통합시작품 설계, 제작, 산업화(60)				
평가의 내용	최종연구목표	척도 (%)	달성도 (%)	최종연구결과
작업능력	10a/3시간	12	100	성능을 만족하였음
제품제원	자주식 배추수확기(1조식/15kW)	12	100	성능을 만족하였음
작업손상률	5% 이내	12	100	성능을 만족하였음
작업기능	수확/이송/적재	12	100	성능을 만족하였음
작업인원	총 2~3명(운전자 1, 작업자 1~2)	12	100	규격을 만족하였음

◇ 제품화 목표제원 달성 평가 : [정상수행]

구분	제품화 제원			비고
	목표	달성		
엔진	형식	공랭 2기통 가솔린	수냉 3기통 디젤	성능향상
	출력	15kW급	22kW	성능향상
주행부	주변속	HST(유압무단변속)	HST(유압무단변속)	달성
	부변속	2단(주행, 작업)	3단(저속, 중속, 고속)	성능향상
	바퀴		무한궤도	달성
뿌리절단장치	구동방식		유압모터구동	달성
	칼날 형식		톱니형 원판날	달성
	칼날 직경	305mm	305mm	달성
	예취날 전후각도 조절	0~14°	0~14°	달성
	예취날 좌우각도 조절	0~12°	0~12°	달성
	지면 요철대응	지면 추종륜에 의한 높이조절(전동유압실린더)		달성
협지이송장치	구동방식		차속비례형 PTO	달성
	클러치 방식		전자 클러치	달성
	이송장치 형식	표면이 연결층으로 구성된 컨베이어벨트		달성
	이송장치의 간격	250~300mm	250~300mm	달성
수집 횡이송장치	구동방식	협지이송장치와 연계 구동		달성
	이송장치 형식	컨베이어 벨트		달성
수집/배출장치	형식	접철식 메시팔레트		달성
	적용 팔레트	1050×880×930mm	1930×770×710mm	성능향상
	하역방식	유압구동으로 미끄럼 반출		달성
탑승자	운전자	1명		달성
	보조 작업자	1~2명	1명	초과달성
안전장치	시동안전장치	운전자 탑승/주행장치 중립/예취날 정지/협지이송장치 정지 상태 시동		달성
	도로(농로) 주행시	자동(절단장치 정지/횡이송장치 정지/협지이송장치 상승)		달성
	후진시	자동(절단장치 정지/횡이송장치 정지/협지이송장치 상승/경보음 발생)		달성
	협지이송장치 상승시	자동(절단장치 정지/횡이송장치 정지)		달성
	긴급정지 버튼작동시	엔진정지		달성
적용 조건거리	60cm이상(조정가능)	100cm이상		초과달성

3-3. 목표 미달성시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- ◇ 경사지 작업을 위해서 수평제어장치 부착, 차륜폭 및 차륜접지길이 등을 변경하여야 합니다. 이는 설계변경, 고비용의 원가가 추가됨으로 장기적인 기간을 거쳐 검토하겠습니다.

- ◇ 적재함 사이즈 개선에 대해서는 현재 소형 배추수확기의 밸런스 구조상 2개의 적재함 장착이 가능합니다. 대용량의 적재함 및 추가 적재함 장착을 위해서는 중·대형 배추수확기 개발시 검토하겠습니다.

4. 연구결과의 활용 계획 등

◇ 추가연구의 필요성

- ✓ 개발품은 배추수확기 시스템 기술인데, 정책당국의 발작물 기계화추진 정책에 부응하여 다양한 품목에 적용할 수 있는 추가적인 응용연구가 필요함
- ✓ 연구개발은 수확/이송/적재 기능을 장착한 수확기로 규모화 진척과 공동영농, 농가 소득 증대를 위해서는 기종 다변화를 통하여 중대형 기종의 개발이 필요함
- ✓ 개발된 요소기술을 적용하여 자주식 수확기(휠형)의 개발이 필요함
- ✓ 4차 산업혁명의 진행과 더불어 무인장치 개발 검토가 필요함

◇ 타 연구에의 활용

- ✓ 연구개발 과정 중에 개발된 요소기술을 응용하여 타 연구에 활용하는 방안은,
 - ❖ 개발된 요소기술을 기존 양산기종 적용,
 - ❖ "파지자세교정기능" 기술의 다용도 콤바인 등에 적용을 검토,
 - ❖ "뿌리절단높이조절기능"의 콩수확 콤바인 등에 적용을 검토,
 - ❖ 무한궤도식을 응용하여 휠형에 적용을 검토.
- ✓ 개발된 요소기술을 발작물 일반과 기존 콤바인 기술에 응용하여 작물 일반에 광범위하게 적용할 수 있으므로 연구팀은 지속적인 연구개발을 진행할 계획임.

◇ 중국시장 수출판매전략을 위한 유통망 개척 및 기존모델 영업활동 확대

- ✓ 중국시장 개척을 위해 권역별 유통망 개척 추진전략으로 접근함
- ✓ 시장조사 및 독자 브랜드로 중국시장 개척을 검토하고 시장개척을 도모
- ✓ LS 등 대기업과 중국시장의 원-원 전략적 제휴 추진

◇ EU시장 진출을 위한 수확기 World-Class인 디어사 등과 협력체계 구축

- ✓ 농기계 최대시장인 EU 진출을 위해 체계적인 준비작업 수행함

◇ 내수시장 시장점유율 확대를 위한 판매전략

- ✓ 3권역(중부권, 호남권, 영남권) 중심으로 판매대리점망 확충 및 체계 구축
- ✓ 배추 주산지 및 발농가의 잠재수요 중심으로 전략수립
- ✓ 농업회사법인·영농조합법인 판로확대
- ✓ 농기계 임대사업(농업기술센터) 적극 참여
- ✓ 농기계은행사업(농협) 적극 참여
- ✓ 들녘별 경영체 판로확대

5. 기타사항 (연구실적 증빙서류)

20181231 현재

번호	구분 (논문/ 특허/기 타)	논문명/특허명 /기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	파지 높이 자동조절기 능을 구비하는 배추수 확기	오페주 식회사	단독	대한민국	-	2017.08.09	단독사사	출원
2	특허	파지 자세 교정기능을 구비하는 배추수확기	오페주 식회사	단독	대한민국	-	2017.08.09	단독사사	출원
3	특허	뿌리 절단 높이 조절기 능을 구비하는 배추수 확기	오페주 식회사	단독	대한민국	-	2017.08.09	단독사사	출원
4	특허	파지 높이 자동조절기 능을 구비하는 배추수 확기	오페주 식회사	단독	대한민국	-	2017.11.22	단독사사	등록
5	특허	파지 자세 교정기능을 구비하는 배추수확기	오페주 식회사	단독	대한민국	-	2017.11.22	단독사사	등록
6	특허	뿌리 절단 높이 조절기 능을 구비하는 배추수 확기	오페주 식회사	단독	대한민국	-	2018.03.08	단독사사	등록
7	기술 실시	자주식 소형 배추수확 기 산업화	오페주 식회사	단독	농림식품기술 기획평가원	-	2018.11.09	단독사사	계약체결
8	제품화	자주식 소형 배추수확 기 산업화	오페주 식회사	단독	농림식품기술 기획평가원	-	2018.11.23	단독사사	시범판매
9	고용 창출	김○진 외 4명	오페주 식회사	단독	국민건강보험 공단	-	2018.01~12	-	정규직
10	기술 인증	배추수확기	오페주 식회사	단독	농업기술실용 화재단	-	2018.09.18	-	합격
11	논문	자주식 소형 배추수확기 설계 및 기초성능시험	전 남 대학교	주저자	정밀농업기술 V4(1)	-	2017.09.25	단독사사	비SCI
12	논문	자주식 소형 배추수확기 주요부 유압제어장치	전 남 대학교	주저자	정밀농업기술 V6(1)	-	2018.06.24	단독사사	비SCI
13	학술	Basic tests of Chinese cabbage yield mon itoring sensors for s mall-sized Korean ha rvesters	충 남 대학교	주저자	7 th Asian-Au stralasian C onference o n Precision Agriculture	-	2017.10.16	단독사사	비SCI
14	학술	소형 배추수확기 동력 전달장치 스프로킷 기 어의 응력 및 피로해석	충 남 대학교	주저자	한국정밀농업 학회 2018 춘계학술대회 초록집	-	2018.04.12	단독사사	비SCI
15	학술	소형 배추/감자 수확기 의 모니터링을 위한 센 서 및 기법 비교	충 남 대학교	주저자	한국정밀농업 학회 2018 춘계학술대회 초록집	-	2018.04.12	단독사사	비SCI

16	학술	Stress and fatigue analysis of the power transmission sprocket gears for design of a self-propelled and small-sized chinese cabbage harvester	충남대학교	주저자	ISMAB 2018	-	2018.05.28	단독사사	비SCI
17	인력양성	장○은 외 3명	충남대학교	졸업	충남대학교	-	2018.	-	석사/학사
18	정책활용	배추수확기 정부지원 대상기종 검토	오페주식회사	단독	한국농기계공업협동조합	-	2018.10.01	단독사사	검토
19	정책활용	신기종 배추수확기 영농교육 활용 건의	오페주식회사	단독	농촌진흥청	-	2018.10.11	단독사사	진흥청 연전시회 출품
20	홍보	개발품 홍보	오페주식회사	단독	한국농기계신문	-	2018.08.31	-	배포
21	홍보	개발품 홍보	오페주식회사	단독	농축산기계신문	-	2018.09.10	-	배포
22	홍보(기사)	개발품 홍보	오페주식회사	단독	한국농기계신문	-	2018.10.31	-	배포
23	전시	국제농기계자재박람회출품	오페주식회사	단독	KIEMSTA 2018	-	2018.10.31	-	전시
- 이 하 여 백 -									

1. 특허 : 파지 높이 자동조절기능을 구비하는 배추수확기 (출원)

- ❖ 출 원 일 : 2017.08.09.
- ❖ 출 원 인 : 오펜주식회사(주관연구기관)
- ❖ 출원번호 : 10-2017-0100955

관인생략

출원번호통지서

출 원 일 자 2017.08.09
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출 원 번 호 10-2017-0100955 (접수번호 1-1-2017-0767246-37)
 출원인 명 칭 오펜주식회사(1-2014-005807-6)
 대리인 성명 최경수(9-1998-000570-6)
 발명자 성명 이범섭
 발명의 명칭 파지 높이 자동 조절 기능을 구비하는 배추 수확기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2. 특허 : 파지 자세 교정기능을 구비하는 배추수확기 (출원)

- ❖ 출원일 : 2017.08.09.
- ❖ 출원인 : 오펜주식회사(주관연구기관)
- ❖ 출원번호 : 10-2017-0100946

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2017.08.09
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2017-0100946 (접수번호 1-1-2017-0767143-33)
출원인명칭 오펜주식회사(1-2014-005807-6)
대리인성명 최경수(9-1998-000570-6)
발명자성명 이범섭
발명의명칭 파지 자세 교정 기능을 구비하는 배추 수확기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

3. 특허 : 뿌리 절단 높이 조절기능을 구비하는 배추수확기 (출원)

- ❖ 출 원 일 : 2017.08.09
- ❖ 출 원 인 : 오펜주식회사(주관연구기관)
- ❖ 출원번호 : 10-2017-0100954

관인생략

출원번호통지서

출 원 일 자 2017.08.09
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2017-0100954 (접수번호 1-1-2017-0767199-89)
출원인 명칭 오펜주식회사(1-2014-005807-6)
대리인 성명 최경수(9-1998-000570-6)
발명자 성명 이범섭
발명의 명칭 뿌리 절단 높이 조절 기능을 구비하는 배추 수확기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-00000000, 상표등록출원 40-2010-00000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

4. 특허 : 파지 높이 자동조절기능을 구비하는 배추수확기 (등록)

- ❖ 등록일 : 2017.11.22.
- ❖ 특허권자 : 오페주식회사(주관연구기관)
- ❖ 등록번호 : 10-1802401



발명의 명칭 Title of the Invention
파지 높이 자동 조절 기능을 구비하는 배추 수확기

특허권자 Patentee
오페주식회사(194211-*****)
경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1

발명자 Inventor
이범섭

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2017년 11월 22일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성 은 보

5. 특허 : 파지 자세 교정기능을 구비하는 배추수확기 (등록)

- ❖ 등 록 일 : 2017.11.22.
- ❖ 특허권자 : 오펜주식회사(주관연구기관)
- ❖ 등록번호 : 10-1802405



위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2017년 11월 22일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성 문 보

6. 특허 : 뿌리 절단 높이 조절기능을 구비하는 배추수확기 (등록)

- ❖ 등 록 일 : 2018.03.08
- ❖ 특허권자 : 오펜주식회사(주관연구기관)
- ❖ 등록번호 : 10-1838697



특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1838697 호
Patent Number

출원번호 제 10-2017-0100954 호
Application Number
출원일 2017년 08월 09일
Filing Date
등록일 2018년 03월 08일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention
뿌리 절단 높이 조절 기능을 구비하는 배추 수확기

특허권자 Patentee
오펜주식회사(194211-*****)
경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1

발명자 Inventor
이범섭

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2018년 03월 08일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성준모

7. 기술 실시 : 자주식 소형 배추수확기 산업화 (계약 체결/기술료 납부)


- ❖ 계약 일 : 2018.11.09
- ❖ 실시계약 : 농림식품기술기획평가원-오펜주식회사(주관연구기관)
- ❖ 실시방법 : 자체사업화

<u>기술실시보고서</u>							
(단위 : 원)							
연구개발과제 현황	사업명	첨단생산기술개발사업		연구과제번호	316018-03		
	연구과제명	자주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화					
	연구기관명	오펜주식회사	연구책임자	이범섭	참여기업명	오펜주식회사	
	연구협약일	2016. 05. 18	연구기간	2016. 05. 19 ~ 2018. 12. 31			
	연구개발비	정부출연금	기업부담금	기타 ()	계		
	410,000,000	273,340,000	-	683,340,000			
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	자주식 소형 배추 수확기 산업화					
	계약(활용)일	2018. 11. 09	실시(활용)기간	2019.01.01. ~ 2026.12.31. (8년)			
	지재권 종류	특허 등록	실시권 유형	직접 실시			
	* 지재권이 특허(출원,등록)인 경우	명 칭	파지 높이 자동 조절 기능을 구비하는 배추수확기 파지 자세 교정 기능을 구비하는 배추수확기 뿌리 절단 높이 조절 기능을 구비하는 배추수확기				
		번호	10-1802401-0000 10-1802405-0000 10-1838697-0000	일자	2017. 11. 22 2017. 11. 22 2018. 03. 08		
		기관명	오펜주식회사		기관유형	중소기업	
	실시(활용)기관	주소	경남 함안군 칠북면 화천길 289-1		대표자	함영철	
사업자번호				전화번호			
부서(담당자)		기술연구소(이범섭)		e-mail			
기술료산정내역	정부출연금 410,000,000원 x 10%(중소기업) x 20%(참여 중소기업 감면) x 70%(일시납부 감면) = 5,740,000원 ※기술료 감면승인 공문번호 및 일자 : 첨단가축질병팀-1548 (2018.11.08.)						
기술료	정액기술료		경상기술료			기타 조건	
	징수(납부)예정일	징수(납부)금액	착수기본료	징수(납부)예정일	징수(납부)금액		
	2018. 11. 15	5,740,000		-	-		
			매출에 따른 기술료	징수(납부)시작일	결산월		
				-	-		
계	5,740,000		징수(납부)종료일	징수율			
			-	매출액의 ()%			
기타특기사항	-						
<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.</p> <p>붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).</p>							
<p>2018년 11월 09일</p> <p>주관연구기관 오펜주식회사 의 대표 함영철 </p> <p>농림식품기술기획평가원장 귀하</p>							

8. 제품화 : 자주식 소형 배추수확기 개발 및 산업화 (시범판매)

- ❖ 출 시 일 : 2018.11.
- ❖ 출시계약 : 시범판매(32,000천 원/대)
- ❖ 품질인증 : 농업기술실용화재단 안전검정 합격

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명	자주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화							
주관연구기관	오페주식회사		참여기관	오페주식회사				
책임자	이범섭		연구기간	2016년 05월 ~ 2018년 12월(총 32개월)				
정부출연금	410,000,000원	기업부담금	273,340,000원	총계	683,340,000원			
기술이전명	자주식 소형 배추 수확기 산업화		기술실시대상기관	오페주식회사				
기술료	감면금액 5,740,000원		기술실시일	2018년 11월				
구 분	기술실시 업체 결산액 (단위 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적					
실적	자산 총계	24,244	제품간수	1 건				
	자본 총계	10,252		기술개발성과활용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)	32,000,000 원			
	부채 총계	13,992						
	매출액 총계	43,775						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질인증 여부
1	배추 수확기		2018년 11월	국내	32	100	국산	농업 기술 실용화 재단
				해외				
2				국내				
				해외				
3				국내				
				해외				
* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원장 등)								

2018년 11월 23일
연구책임자 : 이 범 섭 (서명 또는 인)

영세율전자세금계산서						승인번호	20181122-10000000-82068118		
등록번호	609-81-79905		통시업종번호	000000		등록번호			
상호(법인명)	오페주식회사		성명	한영철		상호(법인명)	성명 이송규		
사업장주소	경상남도 함안군 칠곡면 황전길 289-1, 1층					사업장주소			
업태	제조업	종목	부품			업태	종목		
이메일	ofe2008@naver.com					이메일			
작성일자	2018-11-22		공급가액	32,000,000	세액	0	수령사유	비고	
월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고	
11	22	배추수확기		1	32,000,000	32,000,000	0	OKH100	
합계금액		현금	수표	이음	외상미수금	이 금액을 (영구) 함			
		32,000,000							

9. 고용창출 : 연구기간 내 신규 고용창출(간접인원)

- ❖ 고용인원 : 김○진 외 4명, 총 5명
- ❖ 고용주체 : 오펜주식회사(주관연구기관)

사업장 가입자 명부					
발급번호 : JGD0759201812175			Page : 1/1		
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80854864833	[REDACTED]	김광진	2018-12-03	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80791625944	[REDACTED]	김동화	2018-03-05	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80836566889	[REDACTED]	김성식	2018-09-03	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80842265232	[REDACTED]	이태현	2018-10-03	
사업장명		오펜주식회사		사업장관리번호 - 단위사업장기호	
단위사업장명				60981799050 - 000	
일련 번호	가 입 자			자격취득일	자격상실일
	증번호	주민번호	성명		
1	80827924760	[REDACTED]	차승길	2018-08-02	

10. 기술인증 : 개발제품 관련 공인검인증기관 기술인증

- ❖ 인증제품 : 배추수확기
- ❖ 인증기관 : 농업기술실용화재단
- ❖ 인증일자 : 2018.09.18

제 FACT18-0714 호

농업기계 안전시험 성적서

1. 신 청 인

- 가. 성 명 : 함영철
나. 사업자등록번호 : 609-81-79905
다. 주 소 : 경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1
라. 상 호 : 오페주식회사

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기 종 명 : 배추수확기
나. 형 식 명 : OKH 100
다. 형식 및 규격 : 승용자주형, 1조

3. 시험 번호 : 18-FACTMS-007

4. 시험 성적 : 안전시험 관련기준에 적합하였음

5. 시험 결과 판정 : 적합

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규정」 제4조 제2항에 따라 시험신청한
기대에 대한 안전시험 결과 관련 기준에 적합함을 확인합니다.

2018년 09월 18일

농업기술실용화재단 이사장



11. 논문투고 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 논문명 : 자주식 소형 배추수확기 설계 및 기초성능시험
- ❖ 게재저널 : 정밀농업기술 2017 Vol.4 , No.1
- ❖ 출판일자 : 2017.09.25



자주식 소형 배추수확기 설계 및 기초성능시험

[Design and Preliminary Performance Test of a Self-propelled and Small-sized Cabbage Harvester]

최영수^{1*}, 지금배²(¹전남대학교 농업생명과학대학 지역·바이오시스템기계공학과, ²오페주식회사)
Young-Soo Choi^{1*}, Keum-Bae Ji²

¹Department of Rural and Biosystems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences,
Chonnam National University, Republic of Korea

²OFE Co., Ltd. Haman-gun, Gyeongnam, Republic of Korea

*교신저자 : 최영수(y-choi@jnu.ac.kr)

초록(Abstract)

Chinese cabbage is one of the major crops in Korea because it is the main ingredient of Kimchi. Recently Korean government promote mechanization of the upland crop production operations to improve the current mechanization level of 56%. Abreast the increment of life quality of the people, the recognition of healthy food, and changes of domestic conditions, agricultural mechanization has been an important topic. In addition,

12. 논문투고 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 논문명 : 자주식 소형 배추수확기 주요부 유압제어장치
- ❖ 게재저널 : 정밀농업기술 2018 Vol.6 , No.1
- ❖ 출판일자 : 2018.06.24



자주식 소형 배추수확기 주요부 유압제어장치

[Hydraulic Control Device for a Self-propelled and Small-sized Chinese Cabbage Harvester]

최영수^{1*}, 이범섭²(¹전남대학교 지역·바이오시스템기계공학과, ²오페주식회사)
Young-Soo Choi^{1*}, Young-Soo Choi²

¹Department of Rural and Biosystems Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Republic of Korea, ²OFE Co., Ltd. Haman, Republic of Korea

*교신저자: 최영수(y-choi@jnu.ac.kr)

초록(Abstract)

The mechanization rate of the dryland crops is only 56.3%, and especially the rate of the seeding and transplanting work is 5%, and that of the harvesting work is 13.3%. Harvesting operation of Chinese cabbage still relies on manual labor force, therefore harvesters need to be developed. Hydraulic control should be capable of continuously variable transmission, low vibration, smooth operation, constant force and torque.

13. 학술발표 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 논문명 : Basic tests of Chinese cabbage yield monitoring sensors for small-sized Korean harvesters
- ❖ 게재저널 : 7th Asian-Australasian Conference on Precision Agriculture
- ❖ 출판일자 : 2017.10.16~10.18



7th Asian-Australasian Conference on Precision Agriculture

Presentation

Basic tests of Chinese cabbage yield monitoring sensors for small-sized Korean harvesters

Ye-Seul Lee^{*1}, Jong-Mun Kim¹, Young-Soo Choi², Keum-Bae Ji³, Yong-Joo Kim¹, Sun-Ok Chung¹

¹ Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Republic of Korea

² Dept. of Rural and Biosystems Engineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Gwangju 61186, Republic of Korea

³ OFE, 289-1 Hwacheon-gil, Hwacheon-e, Chilbuk-myeon, Haman-gun, Gyeongangnam-do 52007, Republic of Korea

<http://doi.org/10.5281/zenodo.895446>

Chinese cabbage is one of the major dryland crops, especially for Kimchi, in Korea. Recently Korean government promote mechanization of the dryland crop production operations to improve the current mechanization level of 56%. The demand of precision agriculture technology has been increased for improved performance and user comfort. Objective of this study was to conduct basic tests of

14. 학술발표 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 논문명 : 소형 배추수확기 동력전달장치 스프로킷 기어의 응력 및 피로해석
- ❖ 게재저널 : (사)한국정밀농업학회 2018년 춘계학술대회 초록집
- ❖ 출판일자 : 2018.04.12

소형 배추 수확기 동력전달장치 스프로킷 기어의 응력 및 피로해석

Stress and Fatigue Analysis of the Power Transmission Sprocket Gears for Design of a Small-sized Chinese Cabbage Harvester

이예슬 ¹	장보은 ¹	최영수 ²
Ye-Seul Lee ¹	Bo-Eun Jang ¹	Young-Soo Choi ²
지금배 ³	김용주 ¹	정선옥 ^{*1}
Keum-Bae Ji ³	Yong-Joo Kim ¹	Sun-Ok Chung ^{*1}

¹충남대학교 농업생명과학대학 바이오시스템기제공학과

Department of Biosystems Machinery Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Korea

²전남대학교 농업생명과학대학 지역·바이오시스템기제공학과

Department of Rural and Biosystems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Chonnam National University, Korea

³오페주식회사

OFE Co., Ltd. Haman-gun, Gyeongangnam, Korea

초록(Abstract)

밭작물의 경우 수확작업의 기계화율은 13.3% 수준으로 전체 기계화율인 56.3%에 비해 열악한 실정이다. 재배면적 감소, 노동력의 노령화, 수요의 증가 등의 문제를 해결하기 위해서 배추수확기 개발을 필요로 하고 있다. 배추수확기의 동력전달장치는 벨트풀리, 롤러체인, 스프로킷 기어로 구성되어있다. 요구되는 동력의 원활한 전달과 분배를 위해 우수한 내구성을 갖는 제품개발이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 배추수확기 동력전

15. 학술발표 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 논문명 : 소형 배추/감자 수확기의 모니터링을 위한 센서 및 기법 비교
- ❖ 게재저널 : (사)한국정밀농업학회 2018년 춘계학술대회 초록집
- ❖ 출판일자 : 2018.04.12

소형 배추/감자 수확기의 모니터링을 위한 센서 및 기법 비교

Comparison of Sensors and Techniques for Yield Monitoring Systems of Small-sized Cabbage/Potato Harvesters

사하늘 카빌¹ 이에슬¹ 서영우¹
Md. Shaha Nur Kabir¹ Ye-Seul Lee¹ Young-Woo Seo¹
지금배² 정선옥^{1*}
Keum-Bae Ji² Sun-Ok Chung^{1*}

¹충남대학교 농업생명과학대학 바이오시스템기계공학과
Department of Biosystems Machinery Engineering, College of agriculture & life sciences, Chungnam National University, Korea

²오페주식회사
OFE, Co., Ltd., Haman-gun, Gyeongnam, Korea

16. 학술발표 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 논문명 : Stress and fatigue analysis of the power transmission sprocket gears for design of a self-propelled & small-sized Chinese cabbage harvester
- ❖ 게재저널 : ISMAB 2018 논문집
- ❖ 출판일자 : 2018.05.28

PM4-6

Stress and Fatigue Analysis of the Power Transmission Sprocket Gears for Design of a Self-propelled and Small-sized Chinese Cabbage Harvester

Ye-Seul Lee¹, Bo-Eun Jang¹, Yong-Joo Kim¹, Young-Soo Choi², Keum-Bae Ji³, Sun-Ok Chung^{*1}

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Republic of Korea

²Dept. of Rural and Biosystems Engineering, Chonnam national University, Gwangju, 61186, Republic of Korea

³OFE Co., Ltd., Haman, 52007, Republic of Korea

*Corresponding author: Tel +82-42-821-6712, Email: sochung@cnu.ac.kr

Abstract: Harvesting operation of Chinese cabbage still relies on manual labor force, therefore harvesters need to be developed. When developing machines, computer simulations would improve the optimum design reliability and reduce the development time and costs. Objective of this study was to conduct stress and fatigue analysis for optimum design of sprocket gear in Chinese cabbage harvester power transmission system. Using software (midas NFX), stress and fatigue analysis were performed for material and gear pressure angles. The gear materials were chosen structural chrome steel SCR420H and mechanical structural carbon steel SM45C. The gear pressure angle was 16 ° to 24 ° at 2° intervals. As

17. 인력양성 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 양성대학 : 충남대학교/전남대학교
- ❖ 양성인원 : 장보은/김종문(충남대), 김호진/조양현(전남대)

<p style="font-size: small;">* 원본확인번호 : F4A1-9F7D-5A54-112AC 제 2018 - 121160 호</p> <h3 style="text-align: center;">졸업증명서</h3> <p>성 명 : 장보은 생 년 월 일 : 1994년 10월 30일 대 학 : 농업생명과학대학 학 과 학 부 : 바이오시스템기계공학과 (계열, 학과군) 부 전 공 1 : 부 전 공 2 : 복 수 전 공 1 : 복 수 전 공 2 : 입학 년월일 : 2014년 03월 01일 졸업 년월일 : 2018년 02월 23일 학위등록번호 : 학 위 명 : 공학사</p> <p style="text-align: center;">위의 사실을 증명합니다.</p> <p style="text-align: center;">2018년 09월 07일</p> <p style="text-align: center;">충남대학교 총장 </p> <p style="font-size: x-small;">본 증명서는 "http://cm.icert1.com/icert1/formare.jsa"에 접속하여 증명서 상단의 발급번호를 입력하면 증명서 원본제출 및 복호성을 검증할 수 있습니다. (발급일로부터 30일 이내)</p>	<p style="font-size: small;">* 원본확인번호 : F167-6F04E-C205-5088A 제 2017 - 153265 호</p> <h3 style="text-align: center;">졸업증명서</h3> <p>성 명 : 김종문 생 년 월 일 : 1992년 08월 20일 대 학 : 농업생명과학대학 학 과 학 부 : 바이오시스템기계공학과 (계열, 학과군) 부 전 공 1 : 부 전 공 2 : 복 수 전 공 1 : 복 수 전 공 2 : 입학 년월일 : 2011년 03월 02일 졸업 년월일 : 2017년 02월 24일 학위등록번호 : 학 위 명 : 공학사</p> <p style="text-align: center;">위의 사실을 증명합니다.</p> <p style="text-align: center;">2017년 11월 29일</p> <p style="text-align: center;">충남대학교 총장 </p> <p style="font-size: x-small;">본 증명서는 "http://cm.icert1.com/icert1/formare.jsa"에 접속하여 증명서 상단의 발급번호를 입력하면 증명서 원본제출 및 복호성을 검증할 수 있습니다. (발급일로부터 30일 이내)</p>														
<p style="font-size: small;">문서확인번호 ㉠ XD40-4F7E-R2M-FDMA ㉡ 제 2018 - 147948 호</p> <h3 style="text-align: center;">수료증명서</h3> <p>성 명 : 김호진 생 년 월 일 : 1991. 02. 07 입학 년월일 : 2015. 03. 02</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">대 학(원)</td> <td>일반대학원 석사과정</td> </tr> <tr> <td>학 부(과)</td> <td>지역·바이오시스템공학과</td> </tr> <tr> <td>수료 년월일</td> <td>2017. 02. 24</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">위의 사실을 증명합니다.</p> <p style="text-align: center;">2018년 11월 27일</p> <p style="text-align: center;">전남대학교 총장 </p> <p style="font-size: x-small;">본 증명서는 해당대학 및 해당학부의 홈페이지(www.wabnwon.com)에서 24시간 분변으로 확인을 할 수 있습니다.</p>	대 학(원)	일반대학원 석사과정	학 부(과)	지역·바이오시스템공학과	수료 년월일	2017. 02. 24	<p style="font-size: small;">문서확인번호 ㉠ XD33-F932-C9BC-7A2D ㉡ 제 2018 - 148268 호</p> <h3 style="text-align: center;">졸업예정증명서</h3> <p>성 명 : 조양현 생 년 월 일 : 1994. 12. 24 입학 년월일 : 2013. 03. 04 졸업예정년월일 : 2019. 02. 26</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">대학</th> <th style="width: 25%;">학부(과) 일 공</th> <th style="width: 25%;">학위종</th> <th style="width: 25%;">이수권공</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>농업생명과학대학</td> <td>지역·바이오시스템공학과 생물산업기계공학전공</td> <td>공학사</td> <td>주권공</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">위의 사실을 증명합니다.</p> <p style="text-align: center;">2018년 11월 28일</p> <p style="text-align: center;">전남대학교 총장 </p> <p style="font-size: x-small;">본 증명서는 해당대학 및 해당학부의 홈페이지(www.wabnwon.com)에서 24시간 분변으로 확인을 할 수 있습니다.</p>	대학	학부(과) 일 공	학위종	이수권공	농업생명과학대학	지역·바이오시스템공학과 생물산업기계공학전공	공학사	주권공
대 학(원)	일반대학원 석사과정														
학 부(과)	지역·바이오시스템공학과														
수료 년월일	2017. 02. 24														
대학	학부(과) 일 공	학위종	이수권공												
농업생명과학대학	지역·바이오시스템공학과 생물산업기계공학전공	공학사	주권공												

18. 정책활용 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 주관부처 : 한국농기계공업협동조합
- ❖ 시 책 명 : 배추수확기 정부지원 대상기종
- ❖ 건의결과 : 농림사업시행지침(농기계구입지원사업) 검토

양식	정책건의/시행	* 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등	
과제명	저주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화		
건의명	배추수확기 정부지원 대상기종 포함 정책활용 건의		
주관부처 (담당자)	한국농기계공업협동조합 (정책지원팀장)	건의일자 (제출일)	2018년 10월 01일
시책명	『배추수확기 정부지원 대상기종』	시행일 (시행예정일)	2018년 10월 01일
주요내용 요약	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현황 및 문제점 <ul style="list-style-type: none"> -발농업은 농업생산 비중이 높으며 식품원료의 필수로 제공되고 있지만 중요성에 비해 지급율은 낮으나, 최근 한류 열풍으로 김치류 등이 차지하는 비중이 높아지는 추세임 -발작물 산업은 다품목 소량 생산구조로 영세하고, 수도각이나 시설에 비해 생산 기반이 취약할 뿐 아니라 고령화 등에 따라 기계화가 절실히 필요함 ○ 필요성 <ul style="list-style-type: none"> -발작물의 배추 수확은 대부분 인력에 의존하고 있어 지속적 생산을 위해서는 노동력 감소와 생산성 향상을 위한 발작물의 수확 기계화가 시급한 실정임 ○ 주요 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> -조각이 편리하도록 연속장치는 HST 부착 -수확하면서 신털, 조제 및 콘타이너 탑재 등으로 작업의 효율성 제고 -작업자가 농작물을 보면서도 작업이 가능 		
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고마력 엔진 탑재 등 배추 특성에 맞게 개발되어 고령화에 따른 노동력 부족에 적구 대응하여 발농업 경쟁력 제고 및 산업 발전에 기여 ○ 배추 수확을 통한 작업 효율 극대화하여 농작업 환경 개선 및 농가 수익 증대 ○ 발기계 축전으로 내수시장 확대 및 우수 발작물 안정적 생산 공급으로 식품산업 발전 도모 		
증빙자료 1	* 제출 공문 및 건의내용		
증빙자료 2	* 정부시책 및 법령(개정) 결과물 등		



수신 오페(주) 대표이사
참조 영업팀장

제 목 : 『배추수확기 정부지원 대상기종』 건의에 대한 답변

1. 관 련 : 오페(주) 기술개발 제5호(18.10.01)
2018 농림사업시행지침[농기계구입지원사업]
2. 위 관련으로 질의 요청한 '배추수확기'의 정부지원대상 농기계 포함건의는 현행 농림사업시행지침(농업기계구입지원사업)에 따른 동력수확기(규격:업체류)에 해당될 수 있어 정부지원대상 농기계로 가능할 것으로 사료됩니다.
3. 귀사에서 정부지원대상농기계 등록에 필요한 절차(농업기계 검정 등)를 밝히 우리조합에 관련서류를 제출할 경우 검토가 가능함을 알려드립니다.



한국농기계공업협동조합이사장

담당자(정책지원팀) 사원(2125) 김유영 사원(2124) 김태훈 대리(2123) 한나영 과장(2122) 조한진 팀장(2121) 김경수

협조자
시행 정책지원팀 - 491 (2018. 10. 01)
주 31041 충청남도 천안시 서북구 생거읍 장자길180 / www.kamico.or.kr
전화번호 041-411-2122~5 팩스번호 041-555-4491 Email k2@kamico.or.kr

19. 정책활용 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 주관부처 : 농촌진흥청 농촌지원국
- ❖ 시책명 : 신개발 배추수확기 영농교육 활용 건의
- ❖ 건의결과 : 진흥청 주최 발농업 페스티벌에 참여

양식	정책건의/시행	* 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등	
과제명	지주식 소형 배추 수확기 개발 및 산업화		
건의명	신기종 배추수확기 영농교육 활용 건의		
주관부처 (담당자)	농촌진흥청 (역량개발과장)	건의일자 (제출일)	2018년 10월 05일
시책명	신개발 배추수확기 영농교육 활용	시행일 (시행예정일)	2018년 10월 11일
주요내용 요약	<ul style="list-style-type: none"> ○ 필요성 <ul style="list-style-type: none"> -한·중 FTA타결 이후 중국은 농경지 면적이 넓고 기후와 토양 등은 우리나라와 매우 유사하여 모든 국산 농산물 생산에 위협요인이 되므로 식량안보와 안정적 공급을 위한 국내 발작물 경쟁력이 시급히 요구되는 실정임 -생산·재배면적 감소에 따라 식량 자급률 제고 및 농가소득 향상을 위해 발작물 산업의 경쟁력 확보가 필요 ○ 주요 내용 <ul style="list-style-type: none"> -배추 파종에서 수확까지 기계화를 전제로 한 재배양식, 즉 재식본수, 두둑폭, 조간 등 기계화 작업 가능한 재배양식 표준화 -조각이 편리하도록 연속강지는 HST 부착으로 여성·고령 작업자도 편리하게 운전할 수 있도록 시스템 장착 -작업자가 농작물을 보면서 작업 가능하므로 작업의 능률이 뛰어나 뿐 아니라 수집 부에 보조작업자 최소 3명이 탑승하여 수집 출하하므로 작업이 편이성 도모 		
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계화율이 저조한 배추 수확 작업의 기계화 촉진을 통한 작업능률 증대로 배추 경쟁력 제고 및 일관기계화로 배추 재배의 노동력 절감으로 농업 노동력의 질적, 양적 저하에 대응 ○ 농업 생산비 절감으로 고품화, 부녀화에 따른 노동력에 대응하고 농업 노동력의 열악한 작업 환경 개선으로 작업 강도 경감 ○ 농기계 구입에 따른 경영비 절감과 배추 주산지 중심으로 일관기계화 생산집중화를 구성하여 고품화, 저비용 생산으로 농업경쟁력 제고 		
증빙자료 1	* 제출 공문 및 건의내용		
증빙자료 2	* 정부시책 및 법령(개정) 결과물 등		

농촌진흥청
수신 오메주식회사 대표이사 귀하(우 52007경상남도 함안군 칠북면 화천길 289-1)
(경유)
제목 신개발 배추수확기 영농교육 활용 건의 회신

관련 : 역량개발과
1. 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 귀사에서 건의하신 배추수확기 영농교육 활용 건의에 대하여 불인과 같이 회신하오니 참고하시기 바랍니다.

붙임 : 신기종 배추수확기 영농교육 활용 건의 답변서 1부. 끝.

농촌진흥청

인쇄 : 김병민 / 역량개발과 (2018-10-11) P
일자리가 성장이고 복지입니다

2018.10.11.
역량개발과장 김사관

주무관 김병민
협조자

시행 역량개발과-5044 (2018. 10. 11.) 접수
우 54874 진라북도 진주시 덕진구 농생명로 420, 농촌진흥청 농촌지원국 / www.rds.go.kr
국역량개발과(중동)
전화번호 083-238-1852 팩스번호 083-238-1815 / kbh7851@korea.kr / 부분공계(5)
위대한여성 세로로 도약
문서관리카드 역량개발과-5044 1-1

농촌진흥청

2018.10.11.
역량개발과장 김사관

주무관 김병민
협조자

시행 역량개발과-5044 (2018. 10. 11.) 접수
우 54874 진라북도 진주시 덕진구 농생명로 420, 농촌진흥청 농촌지원국 / www.rds.go.kr
국역량개발과(중동)
전화번호 083-238-1852 팩스번호 083-238-1815 / kbh7851@korea.kr / 부분공계(5)
위대한여성 세로로 도약
문서관리카드 역량개발과-5044 1-1

22. 홍보 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 홍보매체 : 한국농기계신문
- ❖ 홍보기종 : 신개발 배추수확기 (KIEMSTA 출품기종)
- ❖ 홍보일자 : 2018.10.31. 제445호 27면

오페주식회사

작업이 편리한 배추 수확기

조작 간편 높은 효율성

오페주식회사의 배추 수확기는 예취폭 1조로 적응조건 거리는 60cm 이상이다. 운전자 1명과 보조작업자 1명 이상을 포함해 최소 2명의 작업자가 필요하다. 운전석 좌측에서 작업 시야 확보가 가능해 작업이 편리하고, 예취 높이 및 승강레버 등을 별도로 마련해 조작성이 간편하다. 수확과 동시에 수집해 컨테이너에 적재해 작업을 간소화했으며, 접지압이 낮아 강우나 경사지 등의 조건에서도 안정적인 주행 가능하다.



23. 전시 : 배추수확기 개발 관련

- ❖ 홍보매체 : 국제농기계자재박람회(KIEMSTA2018)
- ❖ 홍보기종 : 신개발 배추수확기 연시·전시
- ❖ 홍보일자 : 2018.10.31.~11.03.

The image displays the promotional materials for the OFE Co., Ltd. exhibition at KIEMSTA 2018. On the left is a screenshot of the event's website, which includes the KIEMSTA 2018 logo, the dates 10.31(수) ~ 11.3(토), and a navigation menu with links for 'ABOUT KIEMSTA', '참가업체', '참관객', '편의안내', '게시판', and '지난박람회'. Below the website screenshot is a list of sponsors and partners, including the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, AMICO, and others. On the right is a photograph of the OFE Co., Ltd. exhibition booth, which is a large, well-lit structure with a red carpet. The booth features several pieces of agricultural machinery, including a tracked harvester, and is branded with the OFE Co., Ltd. logo and name. The booth also includes a large banner with the company name and contact information.

붙임. 참고문헌

1. 박성진, 양규원, 김광심, 조성윤, 이종호, & 김혁주. (2017). 소형 배추수확기 개발. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 22(2), 99-99.
2. 김미경, 홍은영, & 김건희. (2010). 수확기간별 배추의 가공처리에 따른 total glucosinolate 함량변화. 원예과학기술지, 28(4), 593-599.
3. 박성진, 양규원, & 김혁주. (2018). 소형 배추수확기 개발을 위한 수확부 요인 시험. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 23(2), 175-175.
4. 이예슬, 장보은, 김용주, 정선옥, 최영수, & 이범섭. (2018). 소형 배추수확기 이송부 링크의 기구학적해석. 대한기계학회 춘추학술대회, 1166-1168.
5. 이예슬, 장보은, 김용주, 정선옥, 최영수, & 이범섭. (2018). 소형 배추수확기 동력전달 스프로킷 기어 응력 및 피로 해석. 대한기계학회 춘추학술대회, 87-91.
6. 박지연, & 박영구. (2013). 배추·무 예측모형 고도화 방안. 한국농촌경제연구원 기타연구보고서, 1-80.
7. 이예슬, 김종문, 김용주, 정다운, 강태경, 이상희, & 정선옥. (2017). 무·배추 수집기 개발을 위한 최근 연구동향 분석. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 22(2), 126-126.
8. 김기덕, 서종택, 이종남, 유동림, 권민, & 홍순춘. (2014). 고랭지배추 주요재배지 배추 생육 특성 및 지역별 재배시기 변동. 한국원예학회 학술발표요지, 126-126.
9. 최용, 전현중, 최일수, 김성우, 김영근, & 강태경. (2015). 특집 6: 발작물 농업기계화의 현황과 대책. 농정연구, 54, 163-207.
10. 강항원. (2016). 발작물 생산성 향상을 위한 R&D 전략. 한국작물학회 학술발표대회 논문집, 11-12.
11. 유리나, & 황수철. (2018). 발농업 기계화 지원정책 개선을 위한 한·일 정책 비교 연구. 농촌계획, 24(4), 89-97.
12. 이정민, 김유용, 김병갑, & 김성옥. (2018). 주요 발작물 재배농가의 농기계작업 현황 조사 분석. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 23(2), 182-182.
13. 신승엽, 김병갑, 김유용, 김형권, & 이규승. (2012). 지자체 농업기계 임대사업의 효율화 방안. 바이오시스템공학 (구 한국농업기계학회지), 37(6), 434-438.
14. 김태형, 이명희, 신서용, & 김대철. (2018). 소형 고추수확기의 개발을 위한 연구 (II)-관리기 부착형 고추수확기의 개선. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 23(2), 102-102.
15. 김태형, 이명희, 신서용, & 김대철. (2018). 소형 고추수확기의 개발을 위한 연구 (II)-관리기 부착형 고추수확기의 개선. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 23(2), 102-102.
16. 김태형, 이명희, 신서용, & 김대철. (2018). 소형 고추수확기의 개발을 위한 연구 (II)-관리기 부착형 고추수확기의 개선. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 23(2), 102-102.
17. 김종문, 이예슬, 최문찬, 이규호, 김용주, 정다운, ... & 정선옥. (2017). 수집형 감자 수확기 굴취부 구조해석. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 22(1), 91-91.
18. Kang, T. G., Choi, Y., Kim, S. W., Choi, I. S., Kim, Y. K., Jun, H. J., ... & Jang, K. S. A analysis on Mechanism of Multi-Planting Machine. Journal of the Korean Society of International Agriculture Vol, 27(4), 455-459.
19. Kang, T. G., Choi, Y., Kim, S. W., Choi, I. S., Kim, Y. K., Jun, H. J., ... & Jang, K. S. A

- analysis on Mechanism of Multi-Planting Machine. Journal of the Korean Society of International Agriculture Vol, 27(4), 455-459.
20. Hong, S., Lee, K., Kang, D., & Park, W. (2017). Analysis of static lateral stability using mathematical simulations for 3-axis tractor-baler system. Journal of Biosystems Engineering, 42(2), 86-97.
 21. Choi, K. H., Kim, S. M., & Hong, S. (2017). Analysis of Static Stability by Modified Mathematical Model for Asymmetric Tractor-Harvester System: Changes in Lateral Overturning Angle by Movement of Center of Gravity Coordinates. Journal of Biosystems Engineering, 42(3), 127-135.
 22. Yun, Y. J., Hong, S. H., & Lee, K. S. (2015). P1-12: Static Stability Analysis of Asymmetry Tractor-Harvester System. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 20(1), 125-126.
 23. Hong, S. H., Kwak, H. S., & Lee, K. S. (2015). P1-18: Analysis of Agricultural Machinery Markets in Japan for Export of Korea Agricultural Machinery in 2014. 한국농업기계학회 학술발표논문집, 20(1), 137-138.
 24. Chen, W., Z. Zhang, and C. Zhou. 2009. Simulation for the handling and stability of four-wheel steering vehicle based on Matlab/simulink. Proceedings of the 2nd International Conference on Transportation Engineering pp.1908-1913.
 25. Demšar, I., R. Bernik and J. Duhovnik. 2012. A Mathematical Model and Numerical Simulation of the Static Stability of a Tractor. Agriculturae Conspectus Scientificus 77(3):143-150.
 26. Franceschetti, B., R. Lenain and V. Rondelli. 2014. Comparison between a rollover tractor dynamic model and actual lateral tests. Biosystems Engineering 127:79-91.
 27. Guzzomi, A. L., V. Rondelli, A. Guarnieri, G. Molari and P. G. Molari. 2009. Available energy during the rollover of narrow-track wheeled agricultural tractors. Biosystems Engineering 104(3):318-323.
 28. Jang, Y. S., J. H. Yun and W. R. Lee. 1991. A Study on Improvement of Adaptability of Slopes in Agricultural Machinery pp.128-135. Code No.:230301-2. (In Korean).
 29. Jung, S. Y. and K. U. Kim. 1990. Simulation of transverse overturning of Agricultural Tractor-Trailer Systems 15(4):298-309. (In Korean, with English abstract).
 30. Lee, Y. R., J. H. Yun, Y. S. Jang and H. S. Park. 1989. A Study on Improvement of Adaptability of Slopes in Agricultural Machinery pp.170-177. Code No.:2303-03. (In Korean).
 31. Lee, Y. R., J. H. Yun, H. S. Park and Y. S. Jang. 1990. A Study on Improvement of Adaptability of Slopes in Agricultural Machinery pp.156-185. Code No.:2303-01. (In Korean).
 32. Li, X., G. Wang, Z. Yao and J. Qu. 2013. Dynamic model and validation of an articulated steering wheel loader on slopes and over obstacles. Vehicle System Dynamics 51(9):1305-1323.

주 의

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