

발간등록번호
--------

11-1541000-000874-01
----------------------

농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치 개발

(Development of arm type cultivator system installed  
at the back of agricultural tractor by 3-point hitch)

우성정공(주)

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011 년 04 월 09 일

주관연구기관명 : 우성정공(주)

주관연구책임자 : 성 현 석

연 구 원 : 허 민 호

연 구 원 : 구 율 효

연 구 원 : 송 유 언

협동연구기관명 : 한경대학교

협동연구책임자 : 박 원 엽

연 구 원 : 홍 중 호

연 구 원 : 이 상 식(관동대학교)

## 보고서 요약서

과제접수번호				보안등급	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	과제관리번호	20090048	
① 사업추진형태	<input type="checkbox"/> 기획(지정공모)과제				<input checked="" type="checkbox"/> 일반(자유응모)과제				
② 연구(개발)분야	대분류	농림 기자재	중분류	생물생산 시스템	소분류	농작업 기계기술	국가기술지도 (NTRM)	국가안전 및 위상제고	
국가과학기술표준분류체계	대분류		중분류		소분류				
과제명	국문	농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치 개발							
	영문	Development of arm-type cultivator system installed at the back of agricultural tractor by 3-point hitch							
③ 주관연구기관	우성정공(주)			관리부서전화번호 055-758-1256			관리부서 팩스 055-753-5205		
④ 세부(협동)연구과제	(세부, 협동)과제명				기관명		연구책임자	연구개발비	
	시스템 설계 및 시작기 개발				우성정공(주)		성현석	340,000	
	작업기 제어시스템 개발				한경대학교		박원엽	140,000	
총괄연구책임자	소속부서	우성정공(주)	직위	대표이사		전공	농업기계		
	전화	055-758-1256	휴대폰			E-mail	mhh63@naver.com		
연구개발비 및 참여연구원수(단위 : 천원, 명)									
연도	정부 출연금	기업체부담금			정부외 출연금	합계			
		현금	현물	소계					
1차년도	180,000	6,000	54,000	60,000	-	240,000			
2차년도	180,000	6,000	54,000	60,000	-	240,000			
합계	360,000	12,000	108,000	120,000	-	480,000			
총연구기간	2009.4.10 ~ 2011.4.9 (2년)								
⑤ 참여기업	기업체명		기업유형		소재지	연락책임자	전화번호(FAX)		
	(주)우성정공		중소기업		경남, 진주	허민호	055-758-1256 (055-753-5205)		

# 요 약 문

## I. 제 목

농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 국내 대부분의 과수원, 골프장, 수로, 농로 등의 경사지에서는 제초기를 트랙터와 일체형으로 구성된 수입제품으로 제초작업을 하고 있음.
- 국내 전국토 면적의 65%이상이 임야로 이루어져 있지만 경사지 농업에 대한 기계 개발이 평지작업에 비하여 경제성이 떨어진다는 이유로 개발이 거의 이루어지지 않고 있음.
- 예전부터 농사는 잡초와의 전쟁이라고 일컬어 왔으며, 제초작업은 많은 노력과 비용이 소비되고 있음.
- 특히 과수원, 농로 및 수로 등의 주위 도달하기 어렵고, 작업이 어려운 가파른 경사지 또는 작업기계가 접근하기 어려운 좁은 지역 등의 제초 작업이 손쉽게 가능한 기계의 개발이 절실히 요구되고 있음.
- 1990년 초에 접어들면서 미국 및 일본을 중심으로 경사지에서도 제초작업이 가능한 승용형 전용 암식 제초작업기가 개발되기 시작하였고 새로운 시장을 형성하였음.
- 현재 국내시장은 한국농업기계협동조합의 2006년 농기계 구입자금 집계보고서에 의하면 제초기는 380억임.
- 일반적으로 많이 사용하는 제초기의 세계시장 규모는 집계하기 어렵지만 미국의 존디어사 및 뉴홀랜드사, 일본의 구보다사 및 이세끼사 등의 세계 굴지의 기업이 OEM으로 생산하여 전체 시장의 대부분을 장악하고 있는 실정이지만, 암식 작업장치를 이용한 작업기는 미국의 Bomford사 및 Bushhog사, 일본의 Sanyokiki사, 영국의 KUHN사, 벨기에의 Vandaele사 등이 세계시장을 장악하고 있음.
- 한국에서는 1990년말 중소형 업계를 중심으로 개발이 시작되어 국내 농업기계 산업의 작업기 내수 및 수출시장의 새로운 아이템으로의 가능성을 보여주었다. 그러나 국내에서는 소형 손잡이용 예취기 개발 수준에서 벗어나지 못하고 있으며 중대형 예취기의



경우에는 전방 부착형의 개발 내지는 100% 수입에 의존하고 있고, 대기업을 중심으로 기술개발을 검토하고 있으나 새로운 시장의 대한 수입대체, 개발방향 설정 및 제품개발이 필요한 시점임.

- 현재 한국 농업 현실을 고려하면 인건비 상승 및 친환경 농업의 지향으로 트랙터에 부착하여 보편적 사용이 가능하고 범용적이고 다목적으로 사용이 가능한 기계로서의 보급이 현실적인 시장 방향에 부합한다고 하겠음.
- 그리고 이 제품들은 미국, 유럽 및 일본을 중심으로 농업, 건설, 조경, 토목 및 도로건설 등에 광범위하게 사용되고 있으며, 2000년 이후에 시장의 요구가 폭발적으로 증가하고 있음.
- 하지만 국내에서는 작업기라는 부품산업의 내수 시장성이 적고 기술력을 문제로 대기업을 외면하고, 중소기업에서는 원천기술 및 특허확보가 어려운 현실임.
- 본 연구를 통하여 기반이 되는 작업기의 원천기술 및 특허를 확보하고, 원가경쟁력을 바탕으로 수출시장 확대가 가능한 제품임.
- 그러므로 본 연구에서 중대형 트랙터를 위한 3점 hitch 장착형 암식 작업장치를 개발한다면 수출 경쟁력에 이바지 할 것임.

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 연구개발 주요 내용

- 1) 본 연구에서는 현재 경사지 등의 열악한 지역에서 제조작업이 가능한 농용트랙터 3점 hitch 장착형 다관절 암식 작업장치를 개발하고자 함.
- 2) 본 과제외 세부 연구내용은 다음과 같음.

년도	연구기관	세부 목표	세부 내용
1차 년도	주관 (우성정공)	메커니즘시스템 설계	- 개발방향설정을 통한 최적 시스템 설계에 대한 검토 - 메커니즘 설계를 기반으로 한 부품 설계
		요소부품개발	- 암 부착형 제조작업기 개발 - 링크장치 조립체 개발 - 내외부 조작장치 개발
	협동 (한경대)	전자유압시스템 설계	- 편의성을 고려한 차별화된 제어시스템 구성 및 검토 - 설계를 기반으로 한 부품 설계

		요소부품 개발	- 유압밸브 조립체 개발 - 실내시험장치를 통한 제어 계수 결정
		안전성 검증	- 안전성 시뮬레이션
2차 년도	주관 (우성정공)	시작기 개발 및 조립	- 유압실린더 개발 - 시작기 설계 검토 및 제작 - 시작기 조립
		시작기 시험	- 실내성능시험을 통한 시스템 검증 - 포장시험을 통한 적용가능성 검증 - 데이터 분석 및 보고서 작성
	협동 (한경대)	요소부품 개발	- 전자제어부 조립체 개발
안전성 검증		- 실험을 통한 검증	
시작기 적용 및 시험		- 전자유압시스템의 시작기 적용 시험 및 검증 - 실내외 시험을 통한 데이터분석 및 보고서 작성	

## 2. 제품 개발 범위

- 1) 3점히치 부착형 다관절 암식 작업장치 개발
- 2) 제초작업기 개발
- 3) 유압장치 개발
- 4) 전자장치 및 조작부 개발
- 5) 제어를 위한 알고리즘 및 소프트웨어 개발

## IV. 연구개발결과 및 활용계획

### 1. 특허분석 측면

기존 특허는 트랙터의 전부에 장착하는 것에 치중되어 있고 3점링크 장착형은 전무한 실정이므로 본 연구과제에서는 트랙터의 후부인 3점 링크에 장착이 가능한 방식으로 연구를 추진하여 작업기, 제어시스템, 조작부 및 유압장치를 포괄하는 특허를 국내에 출원하였다. 이러한 특허를 이용하여 아직까지 국내에 활용되지 못하고 있는 3점링크 장착형 암식작업기를 상품화 할 계획이다.

## 2. 논문분석 측면

기존 논문은 트랙터의 전부에 장착한 암식작업기의 성능 등에 대한 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 3점링크에 장착이 가능한 시스템으로 연구를 추진하여 암식작업기를 이용하는 작업자의 안전성 및 유압장치에 관한 논문을 게재할 예정이다. 이를 위하여 유압장치를 개발하여 유압벤치 및 트랙터에 장착하여 시스템 안전성을 평가 검증하였다. 또한 트랙터의 횡전도 안전성에 대하여 시뮬레이션 및 시험을 통하여 작업 편의성 및 안전성을 비교분석하였다.

## 3. 제품 및 시장분석 측면

국내에서는 전부에 장착한 방식이 일부 출시되고 있지만 대부분이 수입에 의존하고 있고, 특히 3점링크 장착형은 전량 외산을 수입판매하고 있다. 수입으로 인한 판매가 상승으로 소비자의 구매가 약하므로 원가절감형으로 개발한다면 시장확대가 기대된다. 본 연구에서는 개발된 제품을 국내 일반판매를 시작으로 미국 및 유럽에 수출할 예정이다. 기존의 제품에 비하여 원가가 매우 낮고 성능이 동일하므로 시장에서 큰 관심을 모으리라 기대한다.

# V. 연구 성과

## 1. 지적재산권

구분	전문학술지		특허 출원	학술발표 논문	상품화	계
	SCI	비SCI				
목표	0	2	1	1	1	5
진수	0	1	1	2	1	5

### 가. 전문학술지 및 학술발표논문

■ 논문명 : 비레벨브를 이용한 트랙터 작업기 유압시스템 개발

저 자 : 이상식, 박원엽

학 술 지 : 바이오시스템공학회지

발행년도 : 2011. 4. (심사중)

■ 논문명 : 트랙터 3점히치 장착형 암식작업기의 횡전도 안전성 시뮬레이션에 관한 연구  
저자 : 이상식, 성현석, 허민호, 남규철, 박원엽  
학술지 : 한국농업기계학회  
발행년도 : 2010. 8.

■ 논문명 : 트랙터 3점히치 장착형 암식 작업기의 유압장치 시뮬레이션에 관한 연구  
저자 : 이상식, 성현석, 허민호, 박원엽  
학술지 : 한국농업기계학회  
발행년도 : 2010. 8.

#### 나. 국내 특허

■ 특허명 : 농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치  
출원인 : 우성정공(주)  
출원번호 : 10-2011-0012244

#### 다. 상품화

■ 상품명 : 트랙터용 암식 작업기  
상품기업 : 우성정공(주)

### 3. 실용화 및 사업화

주관기관인 우성정공(주)는 트랙터의 암식작업기의 설계 기술을 실용화 및 사업화를 위하여 제품 개발 절차에 따라 진행하게 된다. 제품 개발 절차는 고객/환경을 고려한 상품 기획, 개발 계획 작성, 콘셉트 설계, 1차 설계 검토, 설계, 2차 설계 검토, 시제품 제작, 품평회, 생산원가 분석, 양산 설계, 최종 품평회, 양산의 과정이다. 이러한 제품 개발 절차를 고려하여 트랙터용 암식작업기는 양산을 위한 2년의 소요 시간과 실용화를 위한 약 1년의 기간을 고려하여 신 모델의 암식작업기 개발의 실용화까지는 약 3년이 소요될 것으로 판단된다.

## SUMMARY

### (영문요약문)

Currently, outside farm land of slope land has rapidly increased with development of the off road and on road, etc. The weeds management working has been performed over various areas such as slope land farm land, water road, golf field, outside land of urban and area around house, but it is placed in difficult circumstances because of poor working environment.

As the weeds management working involves many danger, it is necessary to develop the machine for safety and convenience of worker. The weeding machine have been mainly developed and producted concerning the rice paddy and farm field in domestic. so the products which can be work at water road etc is wholly lacking. Therefore, in order to complete smoothly the weeds working over poor and dangerous areas, it is necessary to do develop the arm-type cultivating machine.

Arm-type cultivator is necessary to develop by the standard auto hitch type attached to existing tractor considering the use of hydraulic system and the movement of the machine. Also, the arm-type cultivator has to develop the system that can efficiently be utilize the medium and large-sized tractors which is most widely used in domestic farm, and that can easily be attach and detach to the standard auto hitch of a general agricultural tractor.

If this system develop, it is expected to create big market because the system give the agricultural producer an advantage can be sell this system not only for farmer of self-management, business farmer but also for the product market which relates with constructive machinery and express highway etc. The 3-P hitch cultivator must be developed with arm-type in order to do smoothly the weeds working at the slope land using the tractor.

Therefore, this study was conducted to developed the arm-type cultivator that can work at not only flat land also slope land. The results of this study could be summarized as follows.

1) Arm-type cultivator are composed to (1) Frame, (2) Boom and boom cylinder, (3) Arm and arm cylinder, (4) Rotary type weeds cultivator for weeds working, (5) Joystick operating the link of arm-type cultivator

2) When the tractor attached the arm-type cultivator drives a off road and on road, the lean of the tractor did not occur for both straight and turning motion.

3) In order to estimate the lateral overturning stability of the tractor installed arm-type cultivator, the stability of the tractor was investigated under condition extend the cultivator to the utmost limit. As a result, the lean and change of the posture for possible to cause the lateral overturning of the tractor did not show.

4) The weeds working conducted in slope land showed satisfactory results in term of the working performance and the safety of worker.

Additional complement research is the reliability experiment and an improvement of the parts. If it is applied tractor, forestry machine, excavator, the market magnification will be possible.

# CONTENTS

## (영 문 목 차)

Chapter 1 Introduction	12
Section 1 Research background	12
Section 2 Purpose and objectives	14
Chapter 2 Present status of technology developments	17
Section 1 Status of technology developments in Korea	17
Section 2 Status of technology developments in foreign countries	17
Section 3 Status of registered patents	18
Chapter 3 Methods and results	20
Section 1 Element development of arm-type cultivator	20
Section 2 Prototype manufacture and validation	72
Section 3 Summary and conclusions	81
Chapter 4 Achievements of goal and contribution	82
Section 1 Objectives and goal	82
Section 2 Contributions of related fields	83
Chapter 5 Achievements and application plans of research	84
Section 1 Achievements of research	84
Section 2 Plan of commercialization	87
Section 3 Applications to other areas and necessity of further works	87
Chapter 6 Technical information related to this study	88
Section 1 Publications	88
Section 2 Patents	89
Chapter 7 References	90
Appendix 1 Design of developed insects trap	91
Appendix 2 Applying for patents	92

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요.....	12
제 1 절 연구개발 필요성.....	12
제 2 절 연구개발 목표 및 범위.....	14
제 2 장 국내외 기술개발 현황.....	17
제 1 절 국내 기술개발 현황.....	17
제 2 절 국외 기술개발 현황.....	17
제 3 절 국내외 특허 현황.....	18
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.....	20
제 1 절 암식 작업기 부품 개발.....	20
제 2 절 시작기 제작 및 검증.....	72
제 3 절 요약 및 결론.....	81
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	82
제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도.....	82
제 2 절 관련분야 기여도.....	83
제 5 장 연구개발성과 및 성과활용 계획.....	84
제 1 절 연구개발 성과.....	84
제 2 절 산업화 추진 방안.....	87
제 3 절 타분야 활용 및 추가연구 필요성.....	87
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보.....	88
제 1 절 학술논문.....	88
제 2 절 관련특허.....	89
제 7 장 참고문헌.....	90
부록 1.....	91
부록 2.....	92



# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발 필요성

### 1. 연구개발의 타당성

- 현재 골프장, 고속도로, 국도 및 마을농로 등의 개발로 인한 외곽지역의 경사지가 급속도로 증가하고 있음.
- 그리고 경사지형의 농지, 수로, 농로와 골프장, 도로 외곽지역, 주택 주변지역에서의 잡초관리 작업이 수행되지만 관리가 열악한 작업환경으로 어려운 것이 현실임.
- 잡초관리를 위한 작업은 현재 많은 위험성을 안고 있는 수작업으로 이루어지고 있으므로, 작업자의 안전성과 편의성을 위한 작업기계가 필요하다고 하겠음.
- 국내에서는 수도작이나 평지의 밭농사 기계를 중심으로 개발하고 있기 때문에 경사지나 수로 등에서 제초작업을 할 수 있는 판매제품은 전무한 실정임.
- 그러므로 작업의 위험성을 안고 있는 열악한 지역의 작업을 원활하게 하기 위한 암식작업기의 개발이 절실히 요구되어지고 있음.
- 암식 작업기는 유압의 이용 및 기계의 이동 등의 제약점을 고려하여 기존의 트랙터에 장착되어 있는 표준 오토히치 장착방식으로 개발이 필요하다. 또한 농업기계 제품으로 가장 많이 보유하고 사용되는 중대형급 트랙터를 효율적으로 이용하고, 제초작업기의 탈부착 형태로 사용하기 위한 시스템이 필요함.
- 이 시스템이 개발된다면 자영농, 영업농 뿐만 아니라 고속도로 등의 건설기계 등과 관련된 제품시장에도 판매가 가능한 시스템이므로 예상보다 훨씬 더 큰 시장이 될 것으로 판단됨.

### 2. 연구개발의 산업적 중요성

- 국내 대부분의 과수원, 골프장, 수로, 농로 등의 경사지에서는 제초기를 트랙터와 일체형으로 구성한 수입제품으로 제초작업을 하고 있음.
- 국내 전국토 면적의 65%이상이 임야로 이루어져 있지만 경사지 농업에 대한 기계 개발이 평지작업에 비하여 경제성이 떨어진다는 이유로 개발이 거의 이루어지지 않고 있음.
- 예전부터 농사는 잡초와의 전쟁이라고 일컬어 왔으며, 제초작업은 많은 노력과 비용이 소비되고 있음.

- 특히 과수원, 농로 및 수로 등의 주위 도달하기 어렵고, 작업이 어려운 가파른 경사지 또는 작업기계가 접근하기 어려운 좁은 지역 등의 제초 작업이 손쉽게 가능한 기계의 개발이 절실히 요구되고 있음.
- 1990년 초에 접어들면서 미국 및 일본을 중심으로 경사지에서도 제초작업이 가능한 승용형 전용 암식 제초작업기가 개발되기 시작하였고 새로운 시장을 형성하였음.
- 현재 국내시장은 한국농업기계협동조합의 2006년 농기계 구입자금 집계보고서에 의하면 제초기는 380억임.
- 일반적으로 많이 사용하는 제초기의 세계시장 규모는 집계하기 어렵지만 미국의 존디어사 및 뉴홀랜드사, 일본의 구보다사 및 이세끼사 등의 세계 굴지의 기업이 OEM으로 생산하여 전체 시장의 대부분을 장악하고 있는 실정이지만, 암식 작업장치를 이용한 작업기는 미국의 Bomford사 및 Bushhog사, 일본의 Sanyokiki사, 영국의 KUHN사, 벨기에의 Vandaele사 등이 세계시장을 장악하고 있음.
- 한국에서는 1990년말 중소형 업계를 중심으로 개발이 시작되어 국내 농업기계 산업의 작업기 내수 및 수출시장의 새로운 아이টে็ม으로의 가능성을 보여주었다. 그러나 국내에서는 소형 손잡이용 예취기 개발 수준에서 벗어나지 못하고 있으며 중대형 예취기의 경우에는 전방 부착형의 개발 내지는 100% 수입에 의존하고 있고, 대기업을 중심으로 기술개발을 검토하고 있으나 새로운 시장의 대한 수입대체, 개발방향 설정 및 제품개발이 필요한 시점임.
- 현재 한국 농업의 현실을 고려하면 인건비 상승 및 친환경 농업의 지향으로 트랙터에 부착하여 보편적 사용이 가능하고 범용적이고 다목적으로 사용이 가능한 기계로서의 보급이 현실적인 시장 방향에 부합한다고 하겠음.
- 그리고 이 제품들은 미국, 유럽 및 일본을 중심으로 농업, 건설, 조경, 토목 및 도로건설 등에 광범위하게 사용되고 있으며, 2000년 이후에 시장의 요구가 폭발적으로 증가하고 있음.
- 하지만 국내에서는 작업기라는 부품산업의 내수 시장성이 적고 기술력을 문제로 대기업을 위면하고, 중소기업에서는 원천기술 및 특허확보가 어려운 현실임.
- 본 연구를 통하여 기반이 되는 작업기의 원천기술 및 특허를 확보하고, 원가경쟁력을 바탕으로 수출시장 확대가 가능한 제품임.
- 그러므로 본 연구에서 중대형 트랙터를 위한 3점히치 장착형 암식 작업장치를 개발한다면 수출 경쟁력에 이바지 할 것임.

## 제 2 절 연구개발 목표 및 범위

### 1. 연구개발 목표

가. 최종목표: 농용트랙터용 3점히치 장착형 암식 작업기의 시작기 개발 및 제작

- 1세부 과제의 목표 : 시스템 설계 및 시작기 개발
- 2세부 과제의 목표 : 작업기 제어시스템 개발

### 나. 제품 사양

적용기대출력 (hp)	50 이상	작업기 구동방식	유압
작업 최고속도 (km/h)	7	장착방법	오토히치
최대 수평거리 (mm)	4,000 ~ 5,000	장착가능 작업기	제조작업기

### 다. 제품 개발 범위

- 1) 3점히치 부착형 다관절 암식 작업장치 개발
  - 3점히치 장착 링크 메커니즘 개발
  - 제조작업기 탈부착형 링크 메커니즘 개발
  - 유압실린더 개발
- 2) 제조작업기 개발
  - 제조작업기 선정 및 적용
  - 암식 작업기 구동 유압모터 선정 및 적용
- 3) 유압장치 개발
  - 유압밸브 조립체 개발
  - 기타 유압 부대부품 개발
- 4) 전자장치 및 조작부 개발
  - 콘트롤러 개발
  - 조작부 키트 및 하네스 개발
- 5) 기본 및 부가제어를 위한 알고리즘 및 소프트웨어 개발

- 조이스틱을 이용한 압과 톨 제어
- 비상스위치 제어, 유량제어

## 2. 연구개발 범위

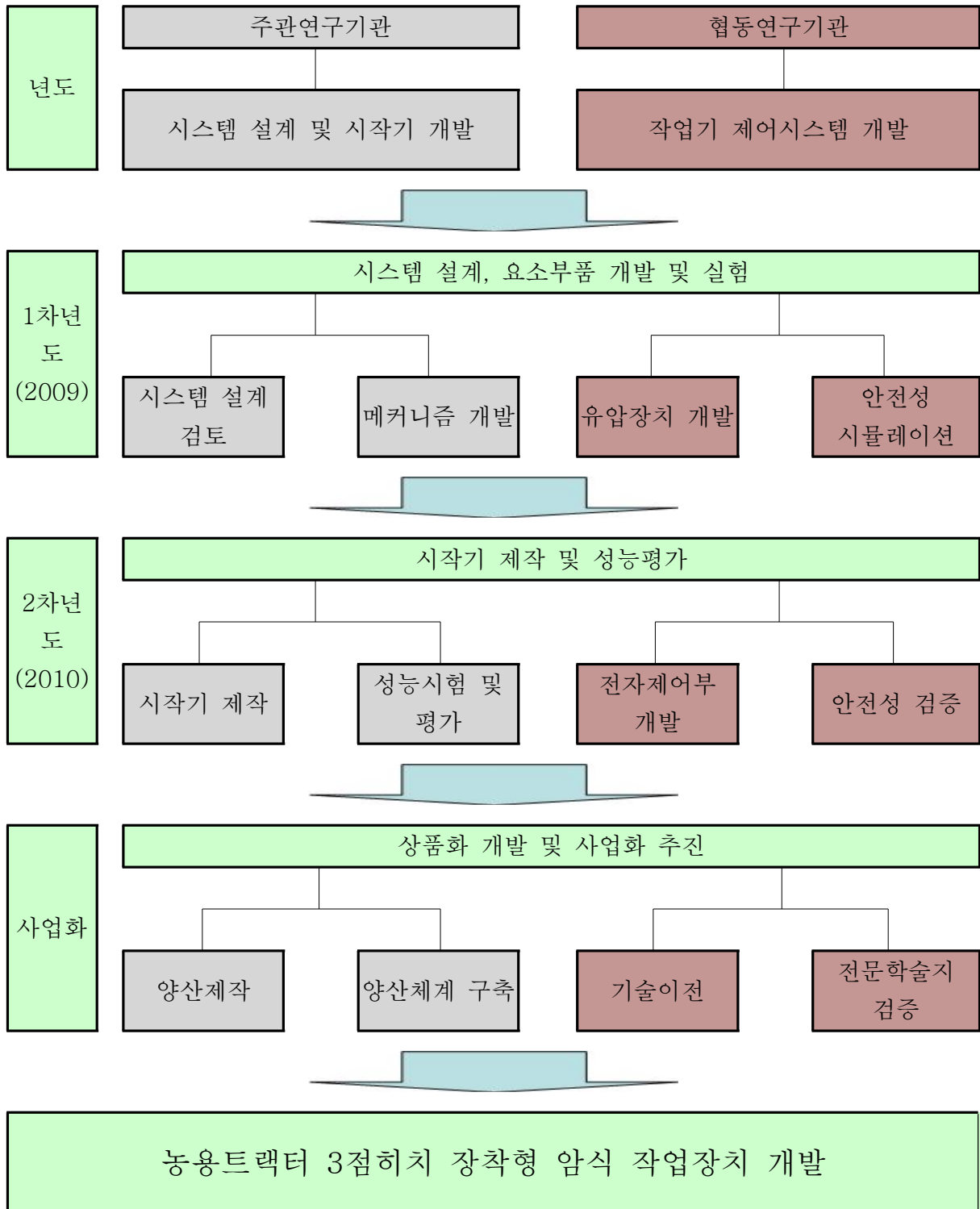
### 가. 1세부과제 : 시스템 설계 및 시작기 개발

- 개발방향설정을 통한 최적 시스템 설계에 대한 검토
- 메커니즘 설계를 기반으로 한 부품 설계
- 암식 작업기 부품 개발
- 암식 작업기 시작기 제작 및 조립
- 실내외 성능시험을 통한 시스템 검증

### 나. 2세부과제 : 작업기 제어시스템 개발

- 편의성을 고려한 차별화된 제어시스템 구성 및 검토
- 유압밸브 조립체 개발
- 전자제어부 개발
- 안전성 시뮬레이션 및 검증
- 통합 시작기의 제어성능 실험 및 성능평가

### <연구개발 추진체계>



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내 기술개발 현황

- 국내에서 생산하여 제품으로 판매되고 있는 다목적 암식 작업기 상품은 없음.
- 국내의 경우 세계시장을 장악하고 있는 회사의 제품을 수입하여 판매하고 있음.
- 주로 수입하는 업체는 미국의 Bomford사, Craftsman사 및 Bushhog사, 일본의 Sanyokiki사, 영국의 KUHN사, 벨기에의 Vandaele에서 수입하고 있음.
- 시장규모 및 현황은 최근 들어 선진국에서는 급격하게 증가하고 있지만, 국내는 최근에 수입제품으로 판매가 시작되고 있음.
- 제품이 개발된다면 수입대체 효과도 있겠지만, 원가경쟁력을 보유한 국내 제품으로 수출이 가능할 것으로 판단됨.
- 현재 세계적으로 출시되고 있는 대부분의 농작업기는 다목적 및 편의성 위주로 개발되고 있음.

### 제 2 절 국외 기술개발 현황

국가	회사	제품	주요사양 및 특징
미국	Bomford Co.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3점링크 장착형 장치</li> <li>- 2관절 암식 제어 방식</li> <li>- 독립 유압 탱크 방식</li> <li>- 제초 및 모위작업</li> </ul> <p>※ 출처: <a href="http://www.bomford-turner.com/">http://www.bomford-turner.com/</a></p>
미국	Bushhog Co.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3점링크 장착형 장치</li> <li>- 본기 일체 부착 방식</li> <li>- 독립 유압 탱크 방식</li> <li>- 모위작업</li> </ul> <p>※ 출처: <a href="http://www.bushhog.com/">http://www.bushhog.com/</a></p>

영국	KUH N Farm Machinery Co.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3점링크 장착형 장치</li> <li>- 2관절 암식 제어 방식</li> <li>- 독립 유압 탱크 방식</li> <li>- 제조 및 모워작업</li> </ul> <p>※ 출처: <a href="http://www.kuhn.co.uk/">http://www.kuhn.co.uk/</a></p>
일본	Sanyokiki Co.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3점링크 장착형 장치</li> <li>- 2관절 암식 제어 방식</li> <li>- 유압 취출 방식</li> <li>- 제조 및 모워작업</li> </ul> <p>※ 출처: <a href="http://www.sanyokiki.co.jp/">http://www.sanyokiki.co.jp/</a></p>
벨기에	Vandaele Co.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3점링크 장착형 장치</li> <li>- 2관절 암식 제어 방식</li> <li>- 독립 유압 탱크 방식</li> <li>- 제조 및 모워작업</li> </ul> <p>※ 출처: <a href="http://www.vandaele.biz/">http://www.vandaele.biz/</a></p>

### 제 3 절 국내외 특허 현황

#### 1. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허 DB	특허정보원 DB( <a href="http://www.kipris.or.kr">www.kipris.or.kr</a> ), Aureka DB
검색기간	최근 5년간
검색범위	트랙터, 굴삭기, 로타리, 붐, 암, 제조기, 잔디깎이

2. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		암식 작업장치	모위 장치	암식 로타리 장치
Keyword		트랙터, 붐, 암, 모위	굴삭기, 제초기, 잔디깎이	로타리, 제초기, 모위
검색건수		97,361건	3,726건	7,079건
유효특허건수		5건	16건	23건
핵심특허 및 관련성	특허명	트랙터 부착 붐 모위	굴삭기용 제초기 / 승용 잔디깎이 기계	로타리작업기가 장착된 굴삭기
	보유국	대한민국	대한민국 / 일본	대한민국
	등록년도	2006	2003	1999
	관련성 (%)	45%	30%	30%
	유사점	모위작업, 레버조작, 암 조작방식	제초작업, 레버조작	로타리작업, 레버조작
	차이점	작업방식(전부장착형). 유압방식. 유압취출방식. 제어시스템	굴삭기 / 소형트랙터. 작업속도. 작업기장착(본기 일체형). 동력취출방식. 제어시스템	굴삭기. 작업기장착(본기 일체형). 유압방식(수동). 유압취출방식. 수동제어방식



## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 암식 작업기 부품 개발

#### 1. 시스템 분석 및 연구개발 방향설정

##### 가. 암식 작업장치의 비교분석

부착방법 사양	트랙터 후부 3점 히치 장착식 (개발 제품)	트랙터 전부 장착식	굴삭기 장착방식
작업 최고속도 (km/h)	5	2.5	정지
주행 최고속도 (km/h)	30	30	3 ~ 5 (generally)
작업면적(m <sup>2</sup> /h)	770 ~ 3,825	680 ~ 1,700	900 ~ 1,350
유압방법	트랙터보조유압장치 (단거리 직결식)	트랙터보조유압장치 (장거리 중계기 이용)	독립 Kit 필요 혹은 인입장치 장착
장착방법	표준 오토히치	제작사별 모델별 전용 장치 개발	제작사별 모델별 전용 장치 개발
고속 주행 작업	유리	불편	불가능
작업범위	수전(논)/건담(밭)/수로 경사지/과수원/도로경사 지/논둑/공장외관/유희 지/골프장/일반주택주변	건담(밭)/수로경사지/과 수원/도로경사지/논둑/ 공장외관/유희지/일반주 택주변	건담(밭)/수로경사지/과 수원/도로경사지/논둑/ 공장외관/유희지/일반주 택주변
최대 수평 작업 거리(mm)	3,600~5,000	2,600	-

나. 선정 타당성 분석

항 목	선정 타당성 분석 내용
트랙터	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가장 보편적이고 많이 보유(트랙터 보유수 - 세계: 26,854,002대, 미국: 4,800,000대, 일본: 2,028,000대, 유럽:11,005,758대, 한국: 201,089대) [근거: 농업기계연감, 2006]</li> <li>- 굴삭기는 본기를 사야하는 문제점이 있음.</li> </ul>
중대형급 트랙터	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 선진국 및 국내에서 사용하는 트랙터의 규모는 중대형 트랙터 위주로 시장이 형성될 것임 [근거: 농촌진흥청, 2006년 농업기계수요조사, 2006].</li> </ul>
3점링크 장착형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자체 유압탱크를 이용하여 유압포트를 가장 손쉽게 인출 가능함.</li> <li>- 기존의 로타리 작업기가 3점 히치에 장착하여 작업을 하므로 전방에 장착된 형태보다는 빠르게 적응함.</li> <li>- 표준 오토히치를 사용하여 착탈이 편리함.</li> <li>- 다른 지역으로의 이동이 가장 빠름.</li> <li>- 작업속도가 가장 빠르므로 작업면적이 가장 넓음.</li> <li>- 작업범위가 가장 광범위함.</li> </ul>
다관절 암식 작업장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열악한 작업지역에 사용 가능함.</li> </ul>

다. 연구개발 방향설정

- 본 연구에서 개발하고자 하는 농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치의 기본사양은 표 1과 같음.
- 이 시스템은 트랙터의 작업 효율을 극대화하고, 경사지 등의 열악한 환경에서의 작업이 가능한 시스템임.
- 기존의 연구 및 특허현황의 분석을 토대로 개발될 시스템의 개념은 유압을 작동시키는 전자제어부, 링크를 작동시키는 유압부, 작업자가 원하는 조작 및 설정부, 전자제어부의 전원을 공급하는 배터리, 실제 포장에서 작업을 하는 링크메커니즘 및 제조작업기로 구성하였음.

표 1. 압식 작업장치의 기본사양

적용마력		50 HP 이상
작업 최대속도		7 km/h
최대 수평거리		4,000 - 5,000 mm
작업기 총중량		약 400-500 kg
유압장치	유압방식	독립 kit
	상용압력	170 kg/cm <sup>2</sup>
	유압펌프	2률키어식, 24+60 l/min
	유압탱크	100 l
	오일클러	12V, 60 l/min
	유압밸브	전자식, 4률키어+1률키어
	유압모터	50 cc/rev
작업장치	장착작업기	제초기
	구동방식	유압모터*V-Belt
	회전수	2400 rpm
	작업폭*작업기폭	1m*1.2m
	사용날*수량	Flail knife*52ea
전기	공급원	트랙터 전원 인출
	전압*전류	DC 12V*10A
제어방식	기본제어	전기 조이스틱
	부가기능	유량제어/비상

## 2. 메커니즘 설계

### 가. 시스템 구성

- 본 연구에서 개발하고자 하는 농용트랙터 3점 히치 장착형 암식 작업장치(그림 1)는 트랙터의 작업 효율을 극대화하고, 그림 2와 같이 차량의 이동을 용이하게 하기 위하여 작업기를 접었을 때 범위를 최대한 적게 하도록 설계하였음.
- 경사지 등의 열악한 환경에서의 작업이 가능하도록 그림 3과 같이 작업범위를 충분히 확보하였음.
- 기존의 연구 및 특허현황의 분석을 토대로 개발될 시스템의 개념은 유압을 작동시키는 전자제어부, 링크를 작동시키는 유압부, 작업자가 원하는 조작 및 설정부, 전자제어부의 전원을 공급하는 배터리, 실제 포장에서 작업을 하는 링크메커니즘 및 제초작업기로 구성하였음.
- 시스템 도면은 재검토하여 확정된 후, 부품도면 작업 및 제품 개발을 수행함.

### 나. 메커니즘시스템 개발

- 그림 1은 농용트랙터 3점 히치 장착형 암식 작업장치의 메커니즘 개발도면을 보여주고 있고, 여기서는 크게 4가지 부분으로 나누어서 설계하였음.
  - 작업장치 : 암형 링크 방식의 제초작업기 개발
  - 암 : 작업기의 부착 및 커플링 방식으로 유압실린더와 일체형으로 개발
  - 붐 : 트랙터의 전도 및 무게중심을 고려한 최적 길이로 유압실린더와 일체형으로 개발
  - 메인프레임 : 3점 히치 장착형으로 개발

### 다. 작업기

- 제초작업기는 중대형 트랙터 및 유압모터의 사양에 맞는 시스템으로 크기를 결정하였음.

### 라. 조작부

- 작업자는 조작부에 있는 조이스틱을 이용하여 작업기를 작동시키는 구조로 설계함.
- 조작부는 작업자가 좌석에 앉아 편안하게 사용하도록 사용자의 우측하단에 설치하도록 설계함.

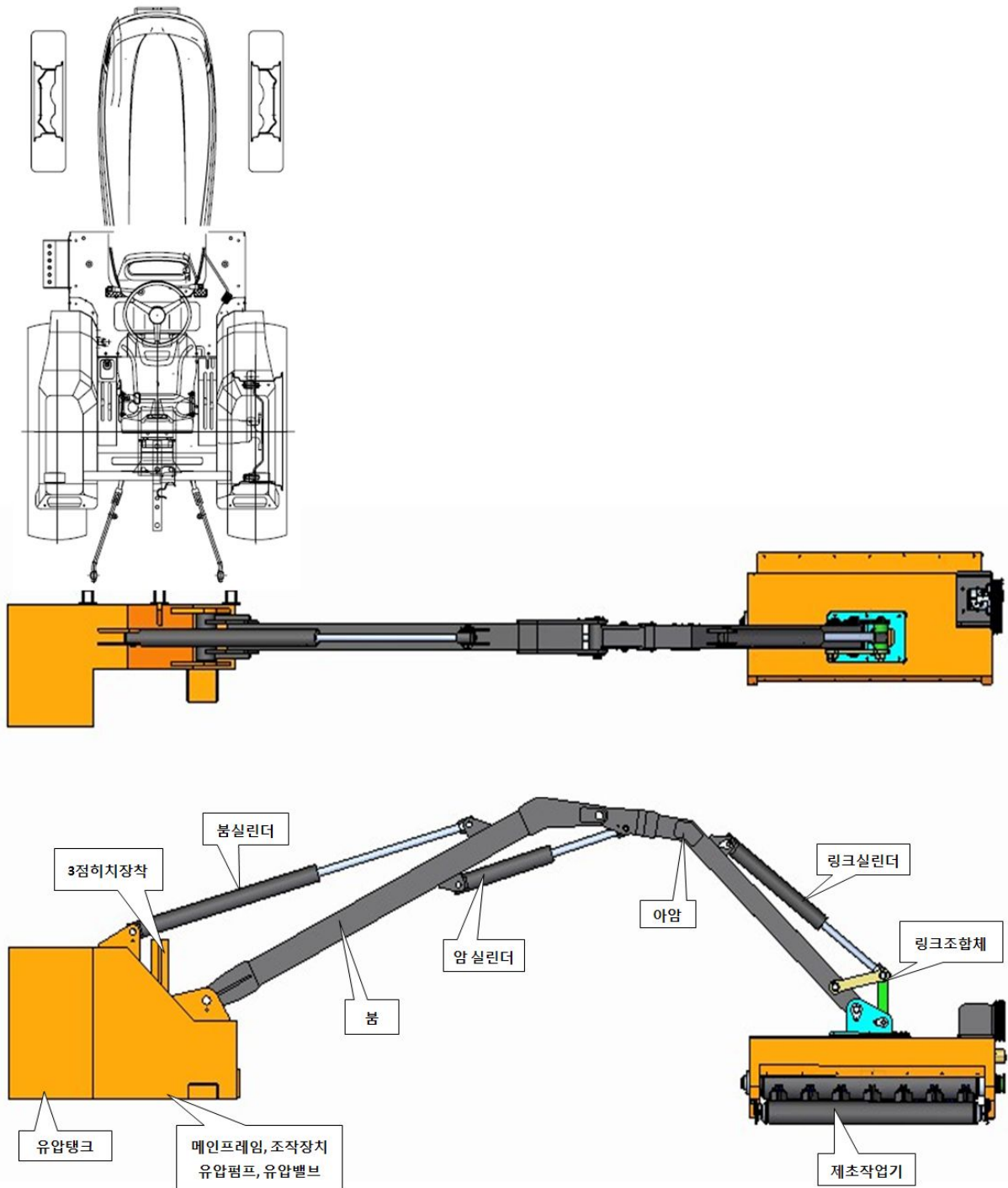


그림 1. 농용트랙터 3점 히치 장착형 암식 작업장치

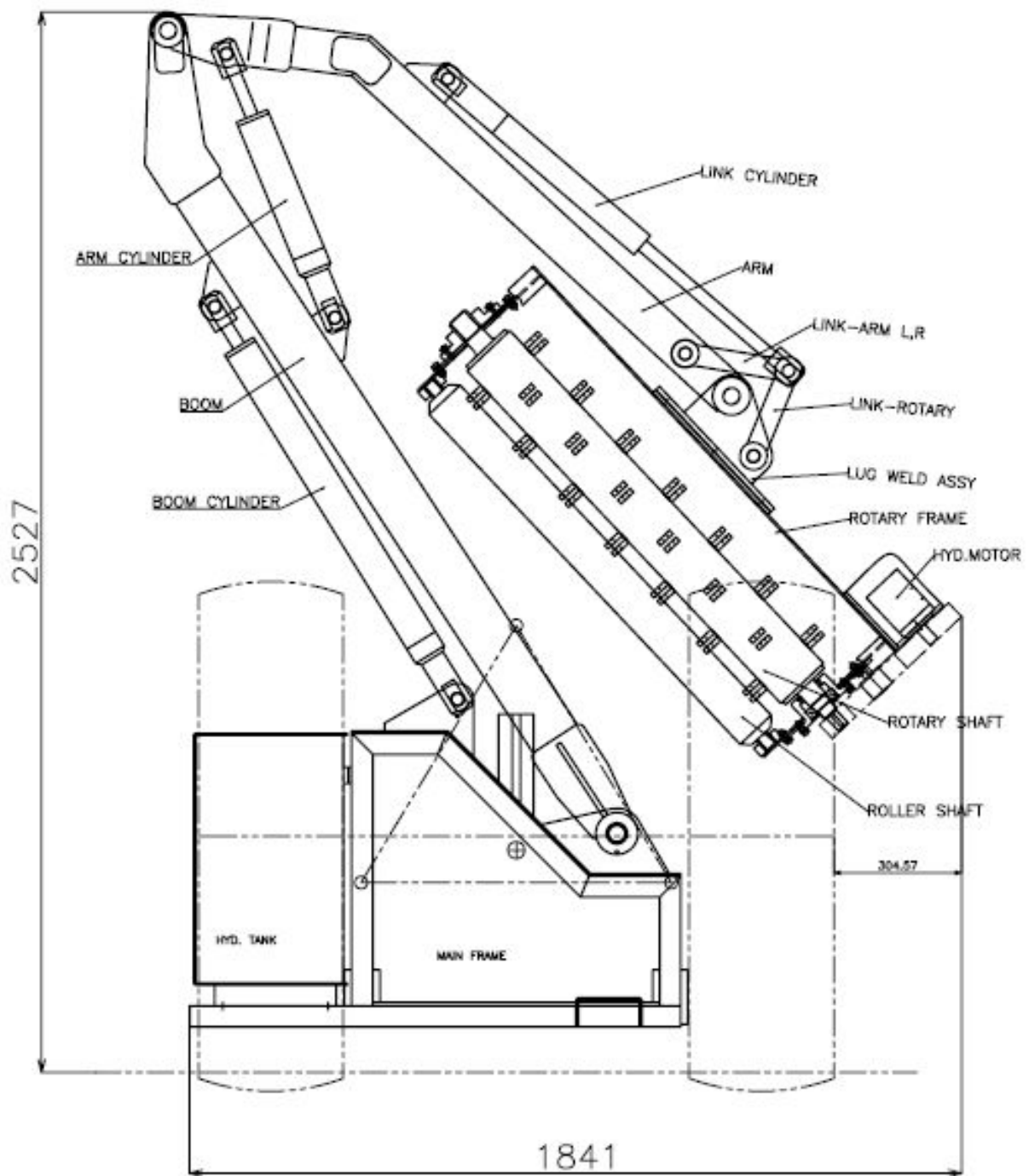


그림 2. 작업기를 접었을 때의 범위

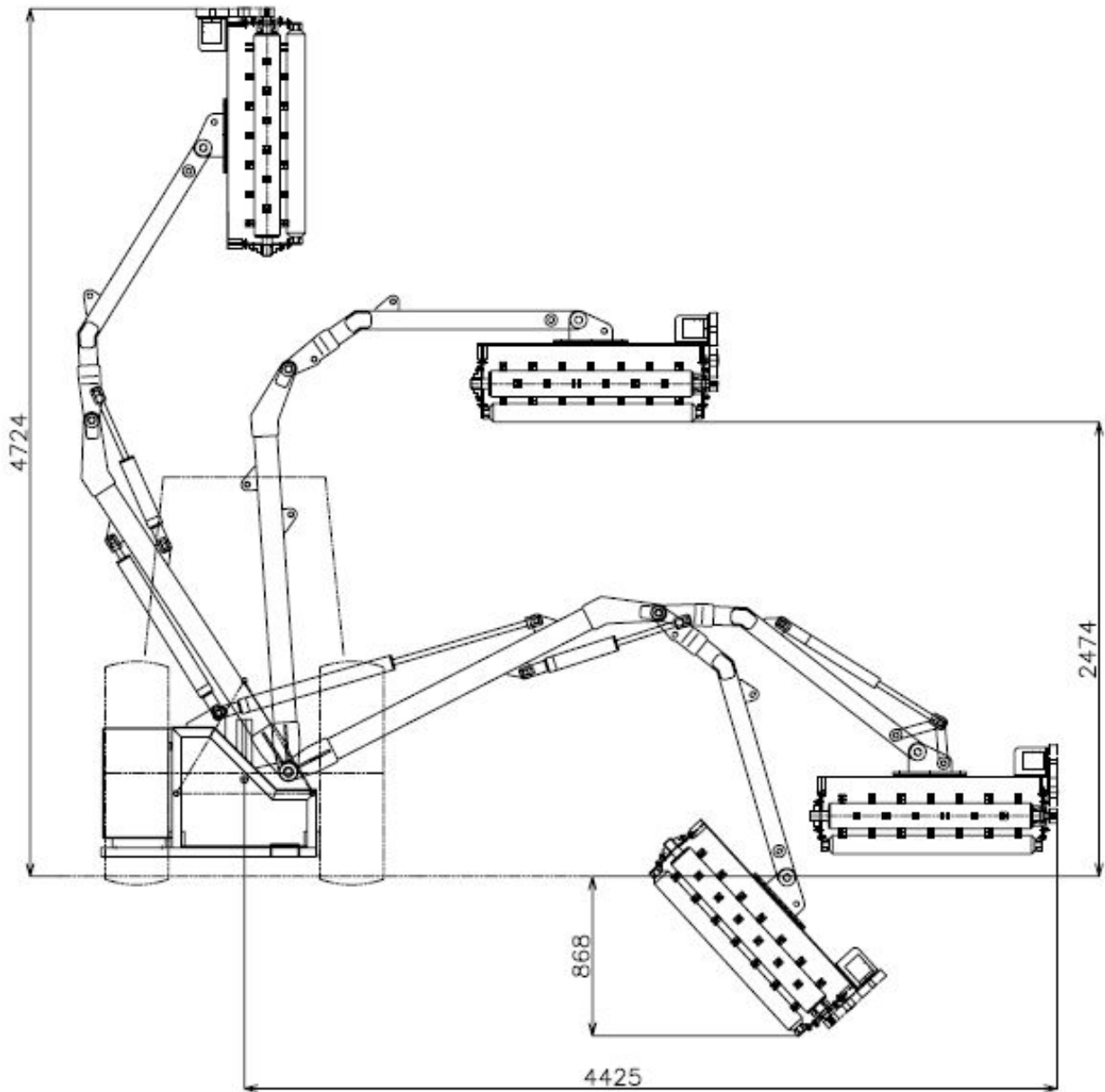
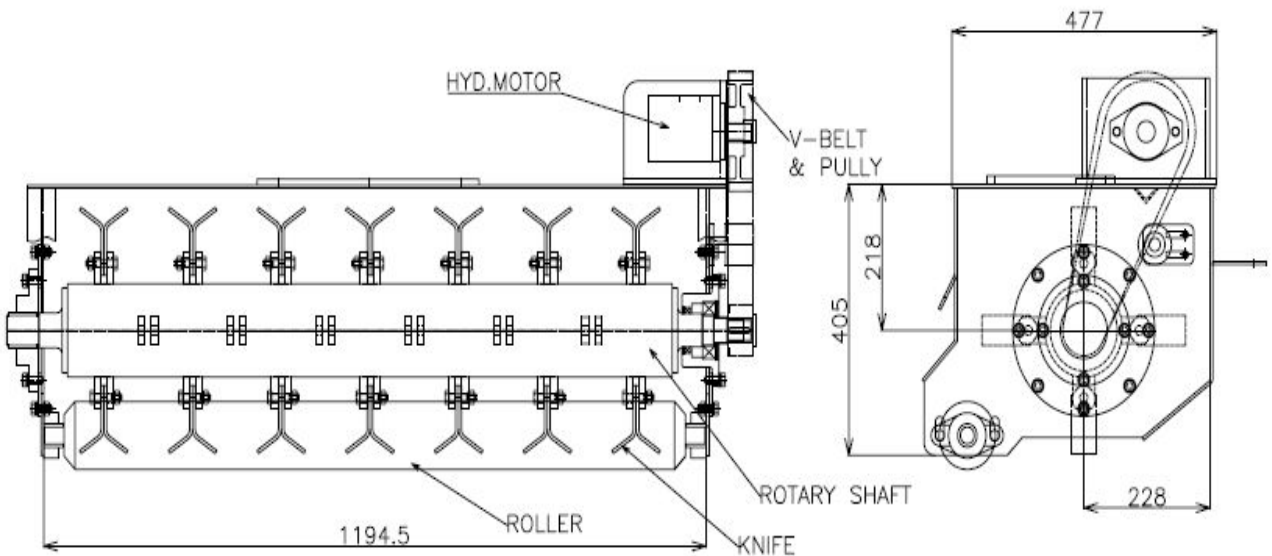


그림 3. 암식 작업기의 작업범위

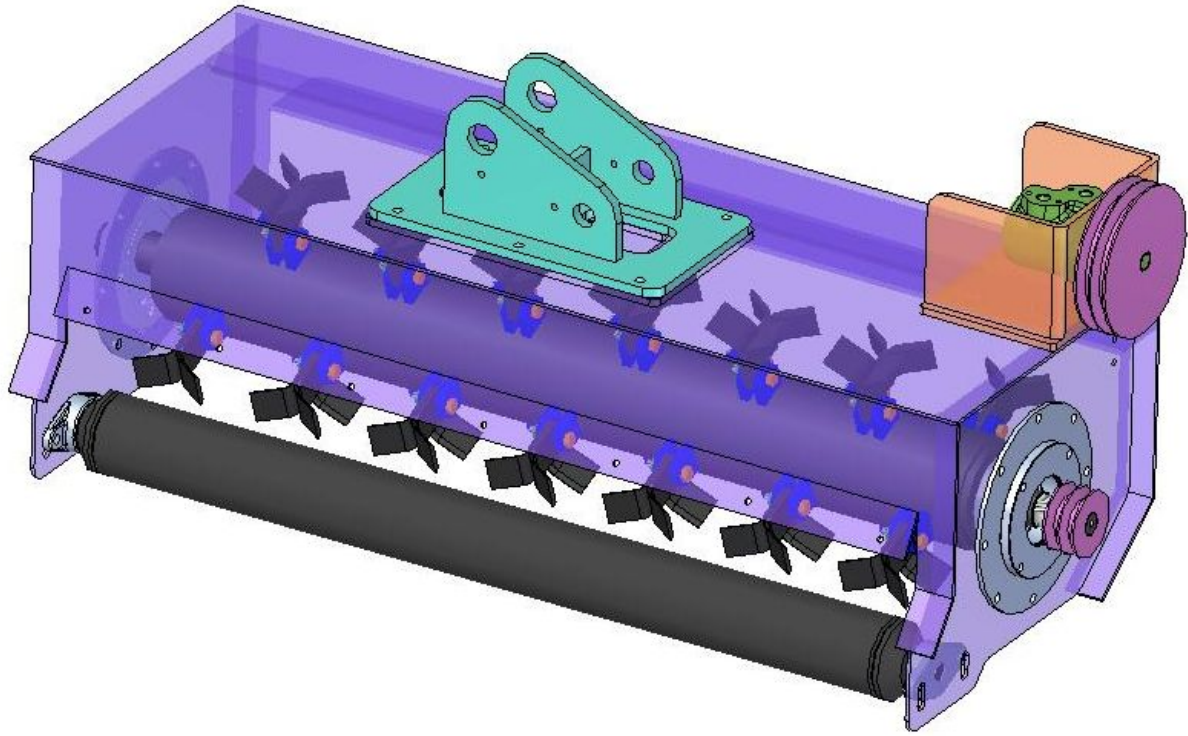
### 3. 압 부착형 제초작업기 개발

- 제초작업기는 Flail Knife를 고속으로 회전시켜 잡초와 나뭇가지 등을 절단 제거하는 것임(그림 4).
- 작업능률과 안전성이 높아 향후 많이 보급될 전망이다.
- 압 링크장치의 끝단부에 조립되어 링크의 움직임에 따라 작업영역이 결정됨.
- 잡초와 나뭇가지 등을 제거하는 Flail Knife는 고강성의 기계구조용강으로 만든 로타리 축에 미세거 작업이 되지 않도록 네 방향 지그재그 방식으로 조립하였음.
- 유압모터(그림 4(e))에 의해 구동되는 축의 회전을 고속으로 하고, 작업시 충격 및 이물질 끼임에 의한 과부하 발생 시 슬립을 주어 작업기를 보호하기 위하여 작업기 측면에 V-Belt 풀리를 이용하였음.
- 작업장 상황에 따라 제초높이를 조절할 수 있도록 보조롤러를 설치하였음.
- 그림 4(a)는 제초작업기 설계도면, 그림 4(b)는 설계된 도면의 3차원 모델링 도면, 그림 4(c)는 프레임의 응력해석, 그림 4(d)는 제작된 시작품임.



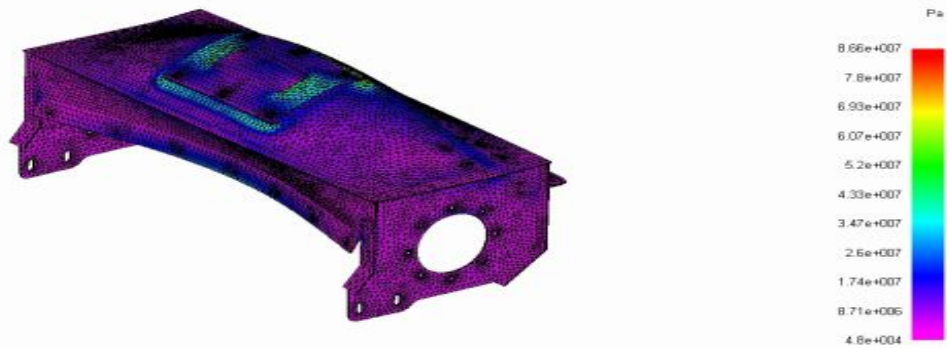
(a) 설계도면



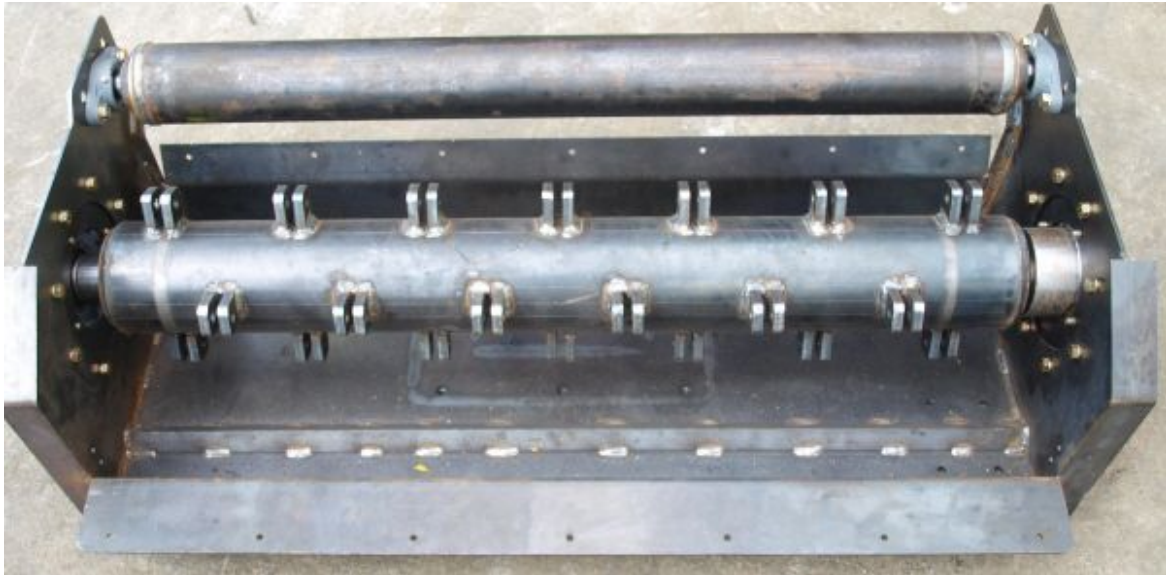


(b) 설계모델링

파드 이름: 호타리 BOX.par  
 재료 이름: Stainless Steel, 420  
 해석 유형: 정적  
 표시된: Von Mises 응력  
 날짜: 2010년 1월 7일 목요일 10:08



(c) 응력해석



(d) 제작 시작품

TECHNICAL DATA FOR OMP/OMPW WITH 32 MM CYLIN

Type		OMP	OMP
Motor size		50	80
Geometric displacement	cm <sup>3</sup>	48.6	77.8
	[in <sup>3</sup> ]	[2.97]	[4.76]
Max. speed	min <sup>-1</sup>	1230	770
	[rpm]	1540	960
Max. torque	Nm	cont.	93
		int. <sup>1)</sup>	120
	[lbf-in]	cont.	820
		int. <sup>1)</sup>	1060
peak <sup>2)</sup>		140	
		1240	
Max. output	kW	10.0	10.0
	[hp]	13.4	13.4
		int. <sup>1)</sup>	12.0
			16.1
Max. pressure drop	bar	cont.	140
		int. <sup>1)</sup>	175
	[psi]	cont.	2030
		int. <sup>1)</sup>	2540
peak <sup>2)</sup>		225	
		3260	
Max. oil flow	l/min	60	60
	[USgal/min]	15.9	15.9
		int. <sup>1)</sup>	75
			19.8
Max. starting pressure with unloaded shaft	bar	10	10
	[psi]	145	145
Min. starting torque	at max. press. drop cont.	80	135
	Nm [lbf-in]	710	1200
	at max. press. drop int. <sup>1)</sup>	100	170
	Nm [lbf-in]	890	1510
Min. speed <sup>3)</sup>	min <sup>-1</sup>	10	10
	[rpm]		



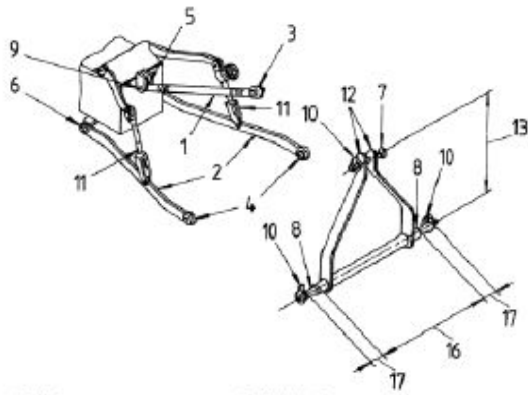
(e) 유압모터

그림 4. 제초작업기

#### 4. 링크장치 조립체 및 조작장치 개발

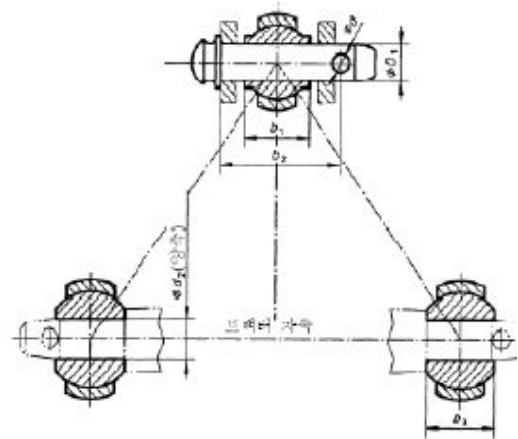
##### 가. 메인프레임 및 구동 기어박스

- 그림 5의 트랙터의 표준 3점 히치에 조립될 수 있도록 설계된 메인프레임은 작업기의 전체를 지지하고 유압동력원을 발생시키는 역할을 하는 중요한 장치임.
- 따라서 링크 및 작업기의 전체를 지지하고 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 함.
- 차량을 이동시킬 때 작업기 전체를 안정적으로 이동할 수 있도록 하고, 작업기를 접었을 때 트랙터 차체 크기와 크게 벗어나지 않도록 작업범위를 충분히 고려하여 설계하였음.
- 트랙터의 PTO축으로 부터 동력을 전달받는 기어박스가 설치되고, 유압동력원을 발생시킬 수 있는 펌프와 유압탱크, 유압의 압력과 유량, 방향을 제어하는 유압밸브, 장시간 작업으로 인한 오일을 냉각시킬 수 있는 오일쿨러가 설치되었음.
- 메인프레임과 유압실린더는 조립이 용이하도록 핀 조립으로 설계하였음.
- 그림 6(a)는 메인프레임의 설계도면, 그림 6(b)는 설계된 도면을 3차원 모델링하여 제작한 것, 그림 6(c)는 구성품의 조립도, 그림 6(d)는 기어박스 설계도면임.



- 1 상부 링크
- 2 하부 링크
- 3 상부 링크 위치핀
- 4 하부 링크 위치핀
- 5 상부 링크 위치핀
- 6 하부 링크 위치핀
- 7 상부 위치핀
- 8 하부 위치핀
- 9 상부 링크핀
- 10 링크핀
- 11 카스트로드
- 12 카스트
- 13 카스트 높이
- 16 하부 링크 위치핀 인너
- 17 링크핀 구멍 깊이

그림 1 - 3점 하치 장치 구성 요소



KS B ISO 730-1 : 2007

표 2 - 트랙터 하치점과 관련된 치수

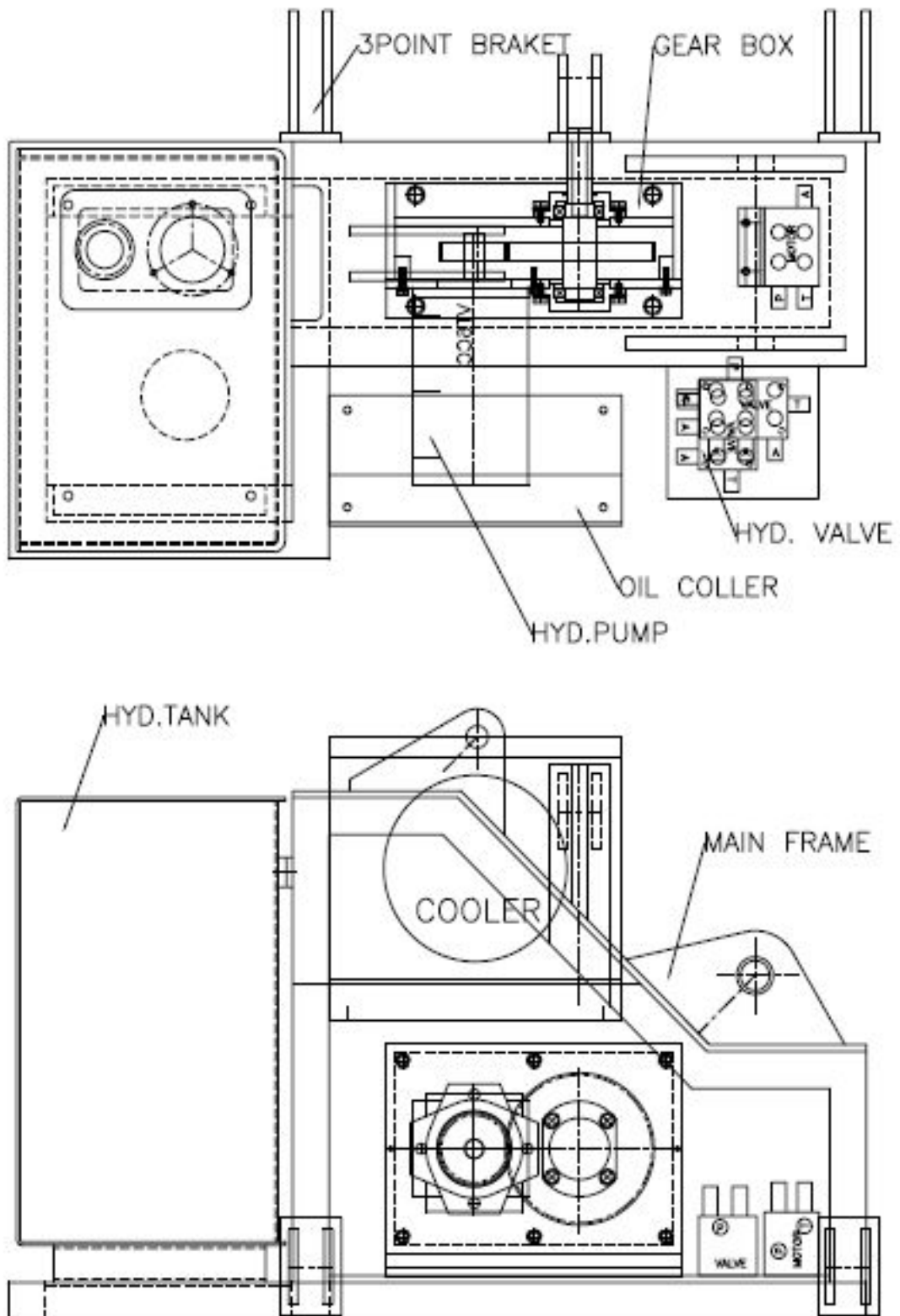
단위 : mm

치수	설명	그림 참조	카테고리				
			1	2	3	4L	4H
<b>상부 링크 위치점</b>							
$D_1$	상부 위치핀의 지름	4	$19_{-0.00}^0$	$25.5_{-0.13}^0$	$31.75_{-0.2}^0$	$45_{-0.0}^0$	$45_{-0.0}^0$
$n_1$	핀의 폭	4	최대 44	최대 51	최대 51	최대 64	최대 64
$b_1$	링크핀 구멍 간격	4	최소 76	최소 93	최소 102	최소 140	최소 140
<b>하부 링크 위치점</b>							
$d_2$	하부 위치핀 구멍 지름	4	$22.4_{+0.26}^0$	$28.7_{+0.3}^0$	$37.4_{+0.36}^0$	$51_{+0.5}^0$	$51_{+0.5}^0$
$b_2$	핀의 폭	4	$35_{-0.2}^0$	$45_{-0.2}^0$	$45_{-0.2}^0$	$57.5_{-0.2}^0$	$57.5_{-0.2}^0$
$l_1$	하부 링크 위치점에서 트랙터의 중심선까지의 평행한 길이 <sup>a</sup>	4	359	435	505	610 또는 612	610 또는 612
$l_2$	하부 링크 위치점의 휠 이음	4	최소 100	최소 125	최소 125	최소 130	최소 130
$L$	하부 링크를 수평으로 한 상태에서 PTO 길반에서 하부 링크 위치점 중심까지 거리 <sup>b</sup>	3	500~575	550~625	575~675	575~675	610~670
<sup>a</sup> 특별한 작업기의 경우에는 이 치수를 변경할 필요가 있다. 하부 링크 위치점 사이의 길이를 광게 할 필요가 있으면 다음 숫자가 바람직하다. 카테고리 1의 경우 : 218 mm 카테고리 2의 경우 : 364 mm 카테고리 3의 경우 : 435 mm 카테고리 4의 경우 : 489 mm							
<sup>b</sup> 3점 하치 저플러가 사용되면 PTO축과 입력축 사이를 같은 길이로 유지하기 위하여 치수 L을 줄일 수 있다.							
<sup>c</sup> 치수는 호칭 지름이 35 mm인 PTO축에 적용되고 호칭 지름이 45 mm인 PTO축이면 100 mm를 증가시킨다.							

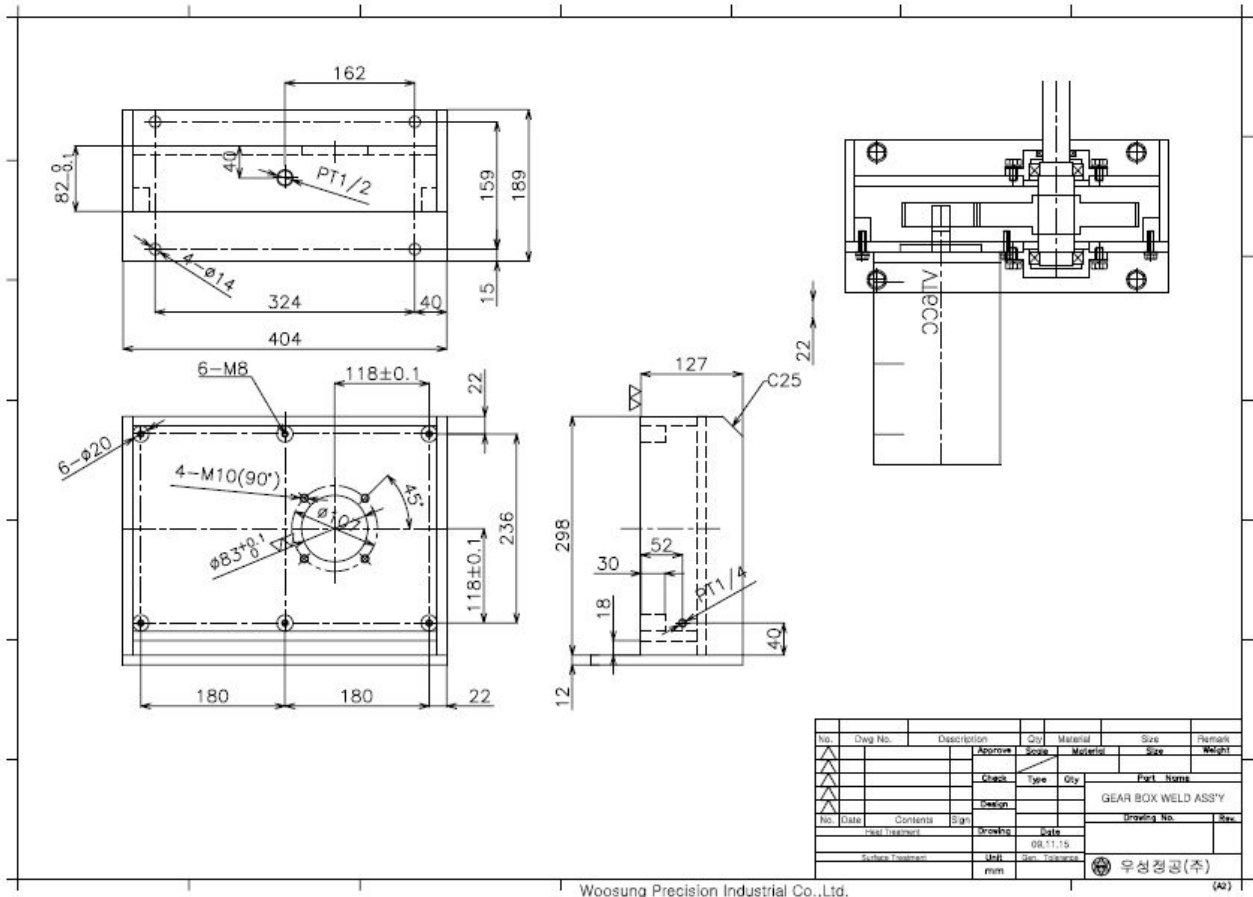
그림 5. 트랙터의 표준 3점 하치 사양







(c) 구성품 조립도



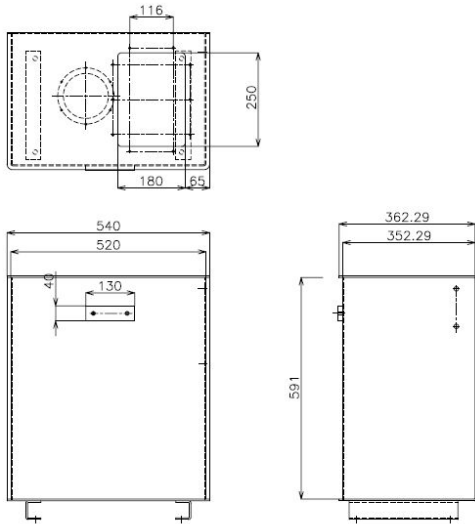
(d) 기어박스 설계도면  
그림 6. 메인프레임 및 기어박스

#### 나. 유압탱크, 유압펌프 및 오일쿨러

- 본 작업기를 동작시키는 동력원은 유압으로서 기존의 트랙터의 유압을 사용하지 않고 작업기에 별도의 유압발생장치(그림 7)를 갖도록 구성하였음.
- 트랙터의 PTO축의 회전(540 rpm)에 의하여 유압펌프가 회전하여 유압탱크내의 오일이 흡입되고 다시 고압으로 토출되어 유압실린더 및 유압모터를 회전시켜 작업기를 동작시키게 됨.
- 오일쿨러(그림 7(e))를 통하여 냉각된 후 유압탱크로 다시 유입됨.
- 유압펌프는 기어박스 내부의 기어비에 의하여 1200 rpm으로 회전하게 되어 작업에 필요한 적정량의 오일을 토출하게 됨.
- 유압펌프(그림 7(d))는 가격적인 면에서 경제적이고, 가혹한 조건에서도 성능을 유지하는 기어펌프로서 링크시스템용 유압실린더 구동과 고속으로 회전되어 많은 유량을 요구하는 제초작업기 구동을 별도로 제어할 수 있도록 2단 펌프를 선정하였음.
- 유압탱크는 펌프용량의 약 1.5배로 100리터 크기로 하였으며, 오일주입부 에어브리더, 흡

입필터, 리턴필터, 오일게이지가 설치되어 있음.

- 그림 7(a)는 유압탱크의 설계도면, 그림 7(b)는 설계된 도면으로 제작된 시작품, 그림 7(c)는 탱크에 조립된 구성부품, 그림 7(d)는 유압펌프 설계도면과 시작품, 그림 7(e)는 오일쿨러를 보여줌.



(a) 유압탱크 설계도면



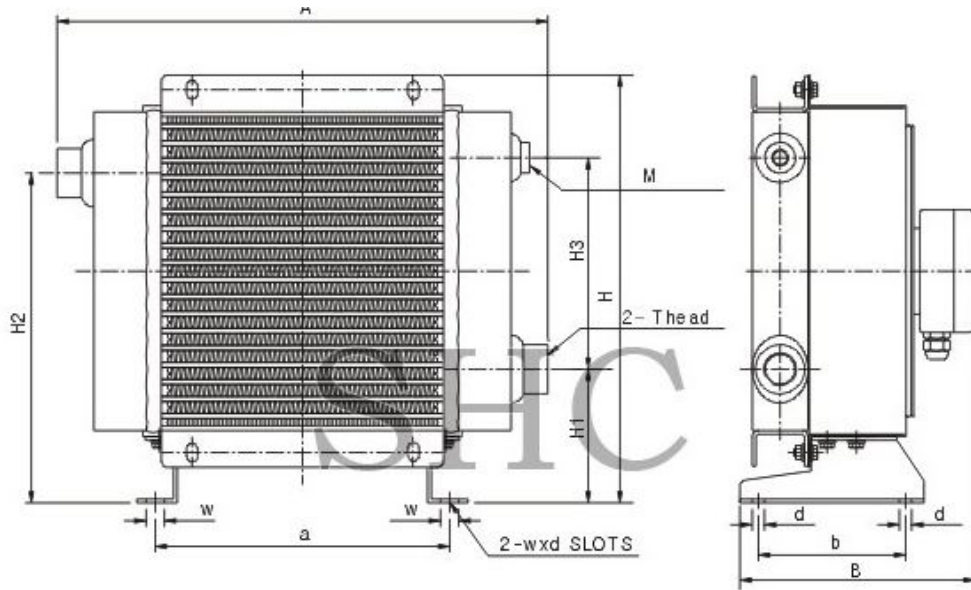
(b) 제작시작품



(c) 유압탱크 구성부품







Part Number	Thread	H (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	H3 (mm)	A (mm)	B (mm)	M	발판(LEG)		
									a(mm)	b(mm)	w-d
SFR - 0060	PT 3/4"	350	110	270	172.5	400	150	PT 1/4"	240	120	15-10
SFR - 0100	PT 1"	380	90	320	100	450	235	PT 1/4"	350	130	10-20
SFR - 0150	PT 1"	430	95	365	80	500	245	PT 1/2"	430	140	10-20
SFR - 0200	PT 1"	480	105	405	80	550	260	PT 1/2"	460	155	10-20
SFR - 0280	PT 1 1/2"	-	-	-	-	-	-	PT 1/2"	-	-	-

Part Number	FAN (mm)	Power (W)	Air Flow (M <sup>3</sup> /hr)	Noise (DB)	Capacity (L/min)	Voltage (VAC)	Weight (Kg)
SFR - 0060	ø200	60	1100	68	30 - 65	단상 110/ 220V	-
SFR - 0100	ø250	100	1480	73	60 - 135	단상 220V, 삼상 220/ 380/ 440V	-
SFR - 0150	ø300	160	2242	73	80 - 170	단상 220V, 삼상 220/ 380/ 440V	-
SFR - 0200	ø350	150	3120	65	102 - 230	단상 220V, 삼상 220/ 380/ 440V	-
SFR - 0280	ø400	160	4400	70	139 - 300	단상 220V, 삼상 220/ 380/ 440V	-

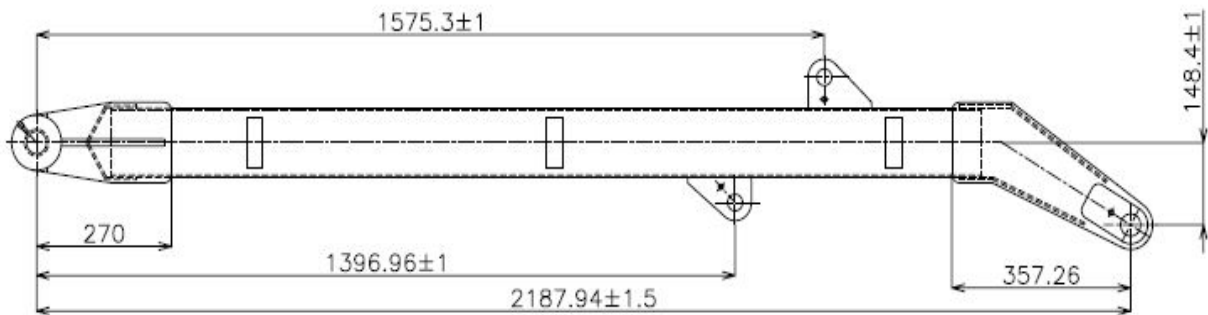


(e) 오일쿨러

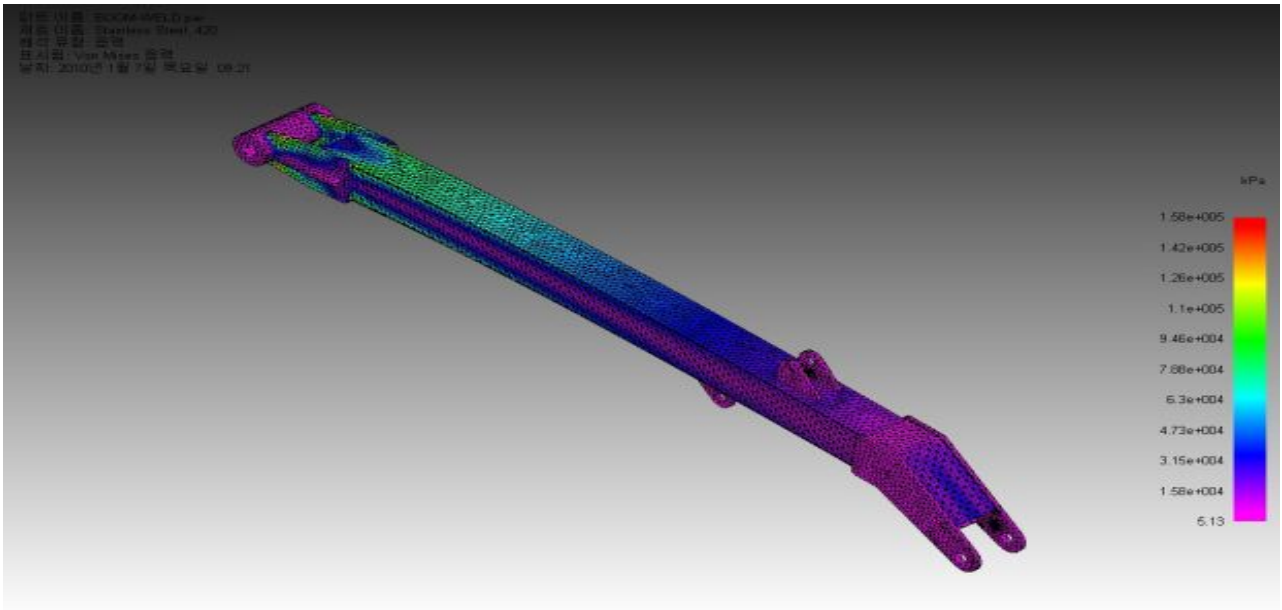
그림 7. 유압발생장치

다. 붐

- 붐은 메인프레임과 암의 사이에 설치되는 것으로써, 작업기의 수직위치와 수평위치를 결정하는 역할을 하는 요소 중의 하나임.
- 붐의 크기와 구조물의 모양은 작업부의 전체를 지지하는 요소로써 작업부 전체를 지지하고 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 함.
- 작업기를 이동하기 위하여 작업기를 접었을 때 트랙터 차체 크기와 크게 벗어나지 않도록 하고, 작업 시에는 작업범위를 충분히 확보할 수 있도록 설계를 하였음.
- 따라서 붐의 전체적 회전각도는 96° 이므로 붐 실린더의 필요 스트로크 및 크기는 그림 8(d)와 같이 설계하였음.
- 메인프레임과 암, 유압실린더의 탈부착이 용이하도록 핀 조립방식으로 하였으며, 핀 조립부 보스에는 작동을 원활히 하기 위하여 그리이스 주입구를 설치하였음.
- 암이나 제초로타리를 동작하기 위한 유압호스를 고정할 수 있는 브라켓도 설치하였음.
- 그림 8(a)는 붐의 설계도면, 그림 8(b)는 설계된 도면을 3차원 모델링하여 응력해석한 결과로 동하중에서의 안전율이 7이상으로 충분한 강도를 확보하였음.
- 그림 8(c)는 실제 제작된 시작품이고, 그림 8(d)는 붐 실린더임.



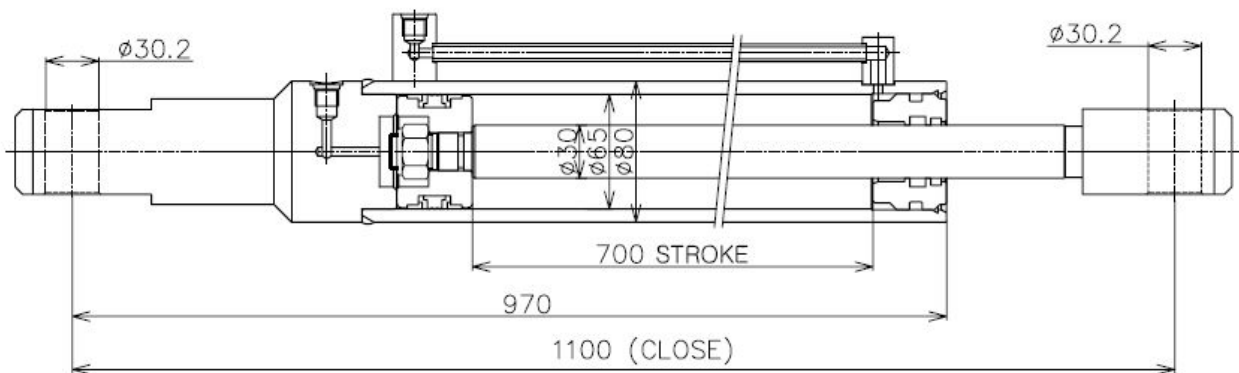
(a) 붐 설계도면

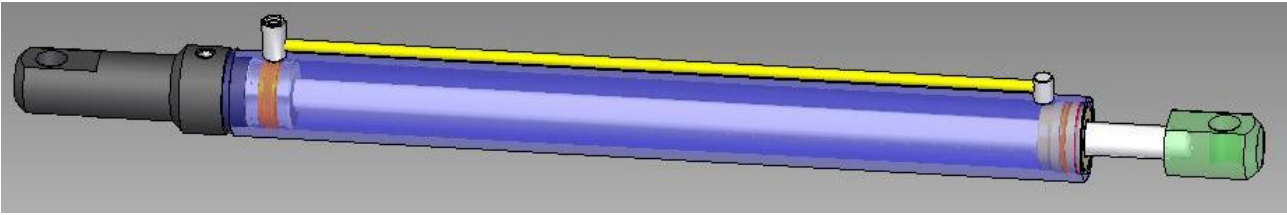


(b) 모델링 및 응력해석



(c) 제작 시작품





붐실린더 사양		복동피스톤형
스트로크		700 mm
최고사용하중(압력) (170 kgf/cm <sup>2</sup> )	신장	5.64 ton
	압축	4.44 ton
내압시험하중(압력) (210 kgf/cm <sup>2</sup> )	신장	6.97 ton
	압축	5.48 ton
실린더내경		∅65
로드경		∅30

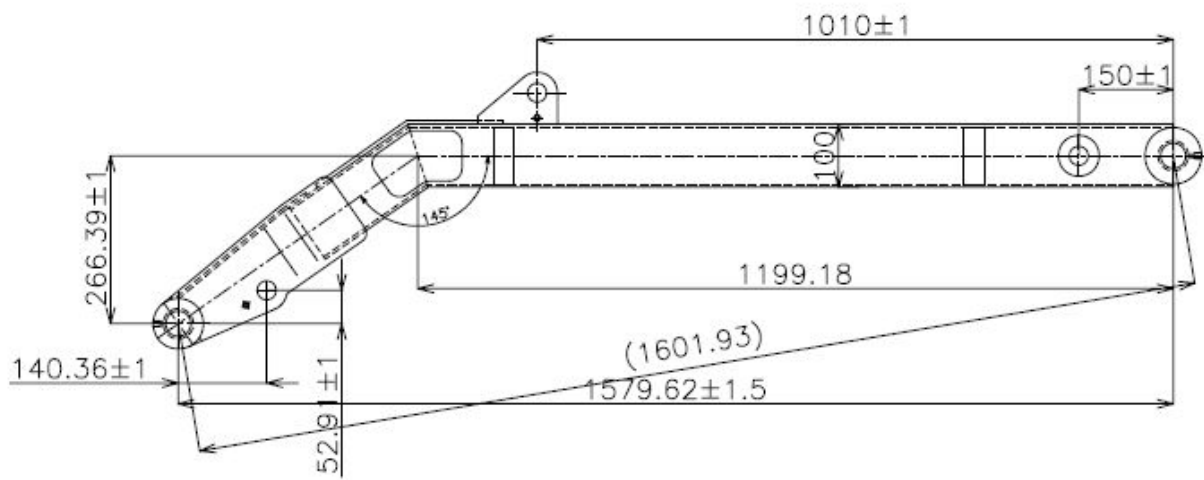
(d) 붐 실린더

그림 8. 붐 및 붐 실린더

라. 압

- 압은 붐과 로타리 사이에 설치되는 것으로써, 작업기의 작업영역을 확보하는 역할을 하는 요소 중의 하나임.
- 압의 크기와 구조물의 모양은 압 자중 및 로타리를 지지하고 견딜 수 있는 강도를 가져야 함.
- 작업 시에는 작업영역을 충분히 확보할 수 있어야 하며, 작업시 트랙터가 전복되지 않도록 크기를 결정하였음.
- 붐과 마찬가지로 링크 및 유압실린더의 탈부착이 용이하도록 핀 조립방식으로 하였으며, 핀 조립부 보스에는 작동을 원활히 하기 위하여 그리이스 주입구를 설치하였음.
- 제초로타리를 동작하기 위한 유압호스를 고정할 수 있는 브라켓도 설치하였음.
- 압의 전체 회전각도는 100° 이므로 압 실린더의 필요 스트로크 및 길이는 그림 9(d)와 같이 설계하였음.
- 그림 9(a)는 압의 설계도면, 그림 9(b)는 설계된 도면을 3차원 모델링하여 응력해석한 결과로 동하중에서의 안전율이 7이상으로 충분한 강도를 확보하였음.
- 그림 9(c)는 실제 제작된 시작품이며, 그림 9(d)는 압 실린더임.





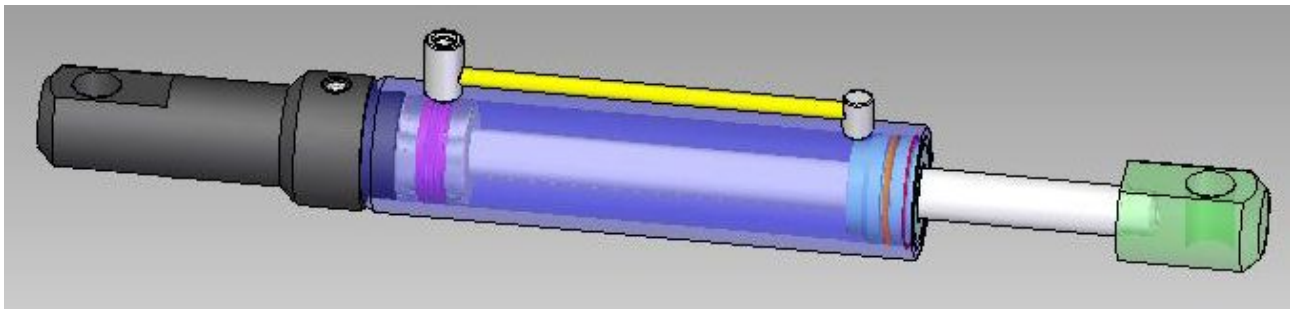
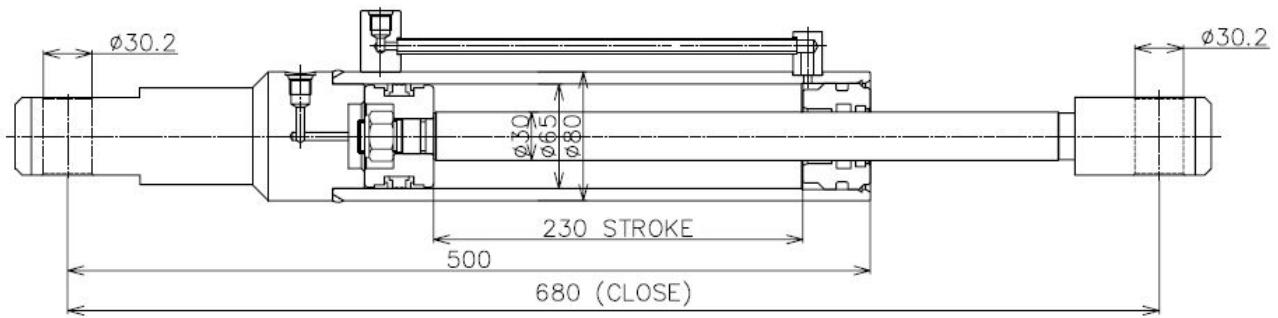
(a) 설계도면



(b) 모델링 및 응력해석



(c) 제작시작품



암실린더 사양		복동피스톤형
스트로크		230 mm
최고사용하중(압력) (170 kgf/cm <sup>2</sup> )	신장	5.64 ton
	압축	4.44 ton
내압시험하중(압력) (210 kgf/cm <sup>2</sup> )	신장	6.97 ton
	압축	5.48 ton
실린더내경		Ø65
로드경		Ø30

(d) 암 실린더

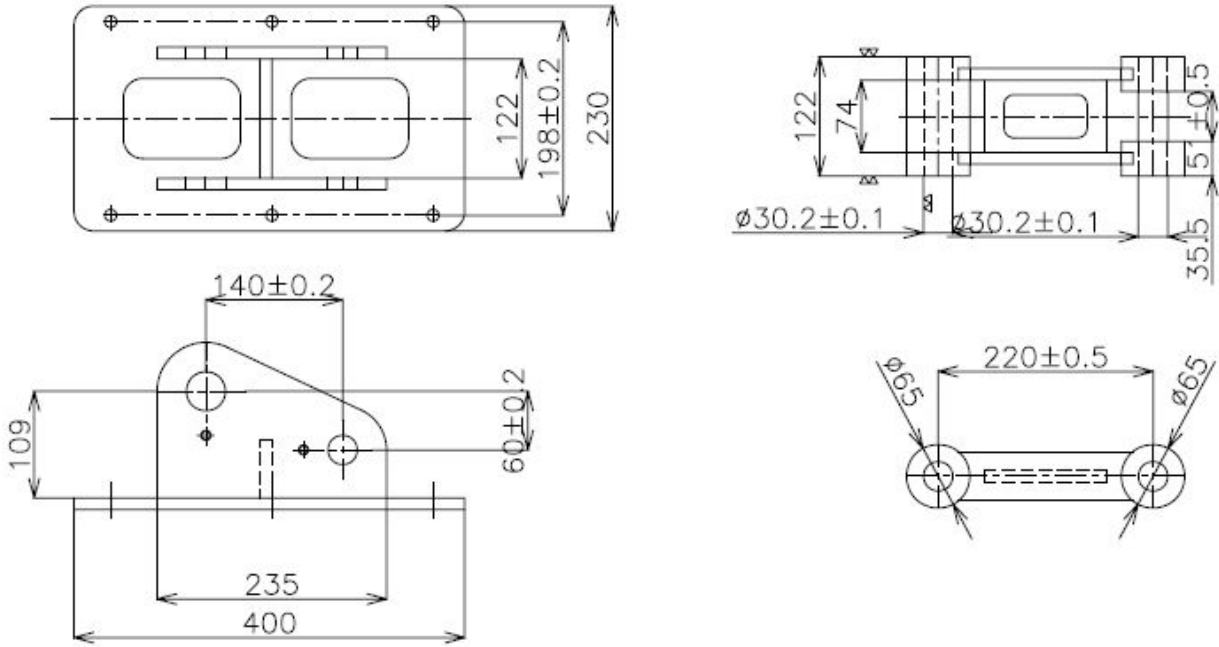
그림 9. 암 및 암 실린더

마. 러그, 요크 및 링크

- 암의 끝단부에 조립되는 그림 10의 러그와 요크, 링크는 작업시 제초작업기를 원하는 위치에 갈수 있도록 하여주는 세밀한 조절장치임.
- 링크실린더(그림 10(c))의 신축에 의하여 링크와 러그가 연동적으로 움직이고 러그에 조립되어 있는 제초작업기는 전체 100°로 회전하므로 어떠한 자세에서도 작업이 가능하게

하여 줌.

- 그림 10(a)는 설계도면, 그림 10(b)는 설계된 도면으로부터 제작된 시작품, 그림 10(c)는 링크실린더임.



(a) 설계도면







(러그)

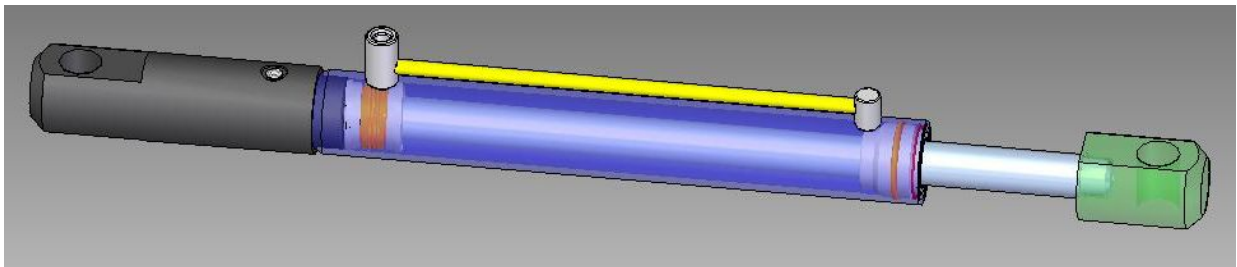
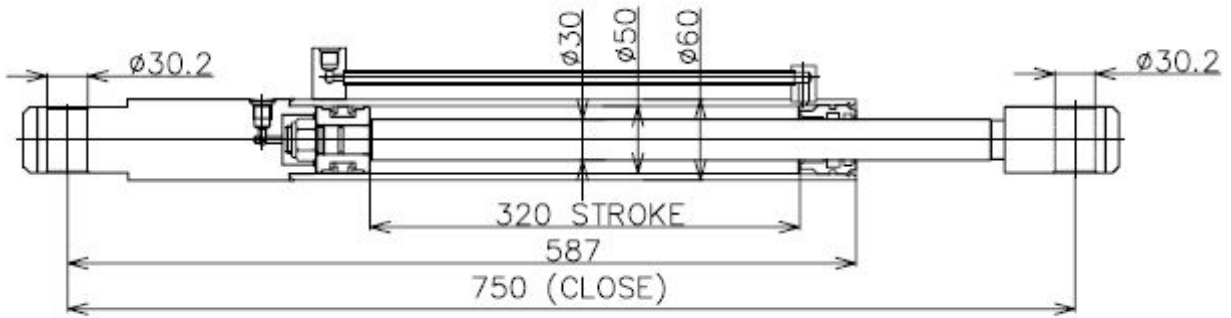


(요크)



(링크)

(b) 제작시작품



링크실린더 사양		복동피스톤형
스트로크		320 mm
최고사용하중(압력) (170 kgf/cm <sup>2</sup> )	신장	3.33 ton
	압축	2.13 ton
내압시험하중(압력) (210 kgf/cm <sup>2</sup> )	신장	4.12 ton
	압축	2.64 ton
실린더내경		Ø50
로드경		Ø30

(c) 링크실린더

그림 10. 러그, 요크, 링크 및 링크실린더

바. 조작장치

- 그림 11과 같이 레버 1개로 4방향을 제어할 수 있는 전기스위치용 조작레버를 사용함.
- 콘트롤러에 전기적신호를 주어 작업기의 링크장치를 자유자재로 움직일 수 있으며 제초 작업기도 동시에 제어함.



▶ 조작 기구부

- ▶ 조작Lever는 중심이 중심위치로, 각 방향에 약30° 기울이면 Lock Pin을 통하여 2방향의 꺾점이 작동합니다.
- ▶ Lever의 동작에는 4방향, 3방향, 2방향의 것이 있고, 어느 방향의 눌치에 대해서도 작동위치 정지동작과 자동 복귀동작을 자유로 선택하는 것이 가능합니다.

▶ 부품 재질

부 품	재 질
몸 체	Polycarbonate Resin
홀 다	ABS내열 (Heat resistance ABS) Resin
접 점	은접점
단 자	활 동
볼 트	MSWR-3 (Zn plating)
스프링	Stainless 강 (Stainless Steel)
링	ABS Resin

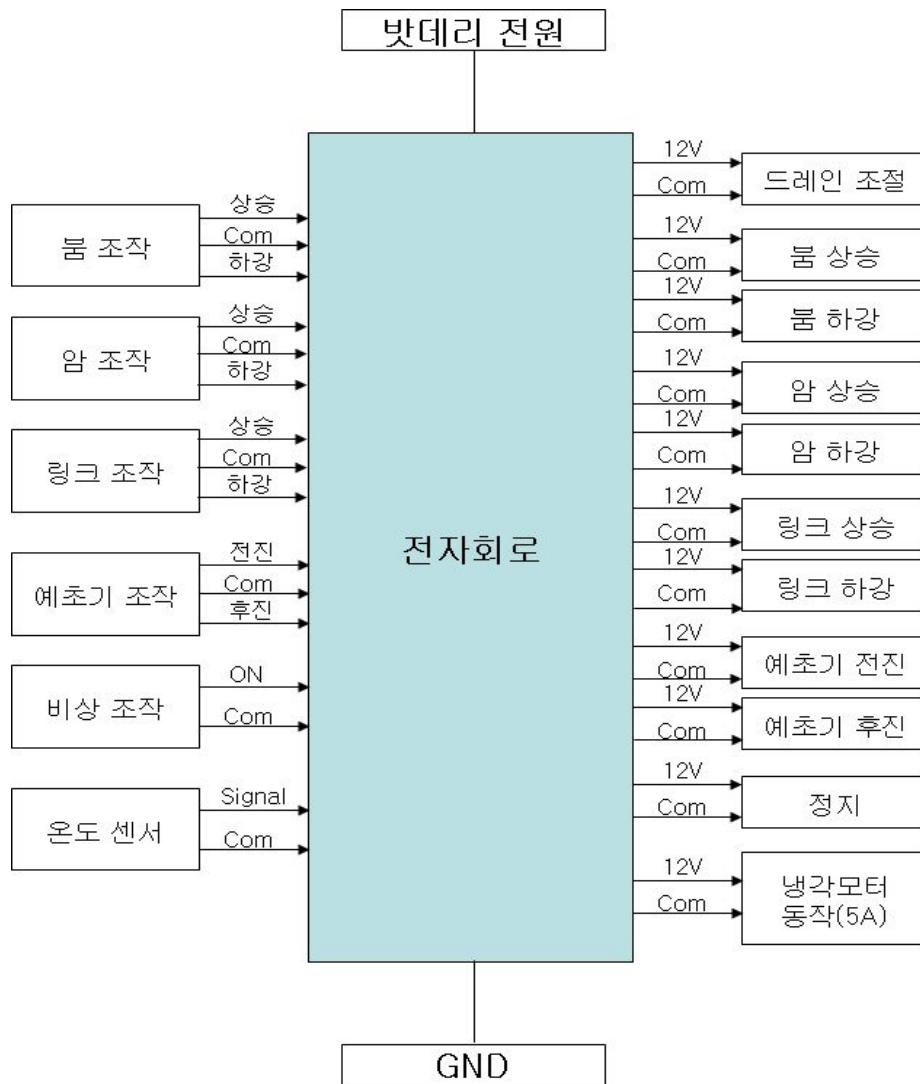
▶ 정 격

접점부의 사양	교류	정격전압	125V	250V	440V	
		정격전류	10A	6A	3A	
		차단전류	폐로차단전류=정격전류×2.2			
	직류	정격전압	24V	110V	220V	
		저항	정격전류	10A	2.2A	1.1A
			차단전류	폐로차단전류=정격전류×1.1		
		유도	정격전류	5A	1.1A	0.6A
			차단전류	폐로차단전류=정격전류×1.1		
	정격통전전류		10A			

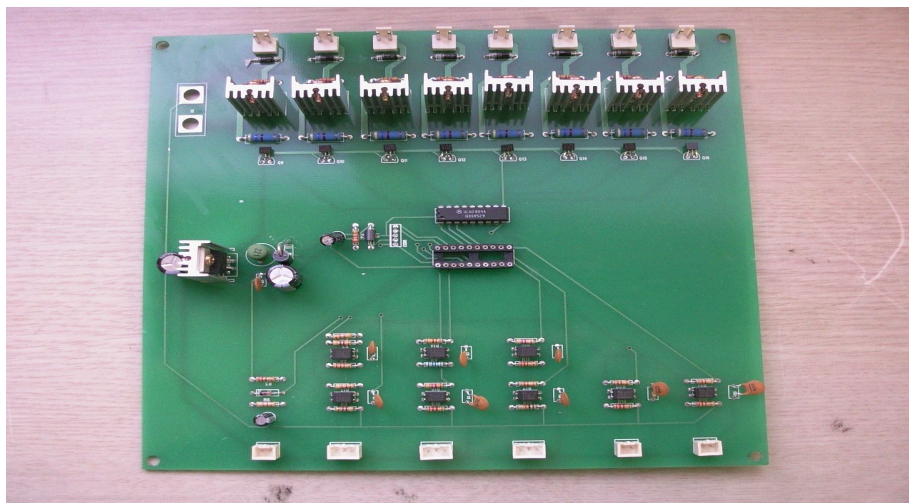
그림 11. 작업기 조작용 전기조이스틱

## 5. 컨트롤러 설계 및 제어 알고리즘

- 본 과제의 암식작업기 통합 모듈은 수출을 기본 목적으로 하고 있으므로, 컨트롤러 또한 기능 등을 최소화함으로서 저가격의 컨트롤러 개발을 목표로 하고 있다. 설계된 컨트롤러는 그림 12와 같으며, 컨트롤러는 본 제어시스템의 검출부의 각종 센서로부터의 신호를 A/D포트, DI포트 등을 통해 읽어 들여 각종 연산처리를 수행한 후, 출력 포트를 통해 제어 신호를 출력하도록 설계되어 있다.
- 암식작업기의 제어 알고리즘은 1) 붐 조작을 위하여 조이스틱을 작동시키면, 붐은 상승 및 하강 동작을 한다. 2) 암 조작을 위하여 조이스틱을 작동시키면, 암은 상승 및 하강 동작을 한다. 3) 작업기 링크 조작을 위하여 조이스틱을 작동시키면, 작업기 링크는 상승 및 하강 동작을 한다. 4) 예초기 조작 스위치를 작동시키면, 예초기는 전진 및 후진 동작을 한다. 5) 비상정지 스위치를 작동시키면 붐, 암, 작업기 링크 및 예초기 등의 모든 작동이 정지된다. 6) 온도센서는 작동유의 온도상승을 예방하기 위하여 장착되었다. 온도센서에서 온도가 40℃ 이상이 되면 냉각모터를 작동시켜 작동유의 유온을 하강시킨다.



(a) 개요도



(b) 컨트롤러 제작 실물

그림 12. 컨트롤러 개요도

6. 유압시스템 설계 및 시뮬레이션

○ 설계된 3점 히치 장착형 암식 작업기의 유압시스템의 작동에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

가. 수학적 모델

(1) 유압 동작 운동 방정식

유압 실린더의 응답 특성 방정식은 식 (1) 과 같다. 여기서 힘 F(s)는 실린더에 작용하는 힘이고, X(s)는 실린더의 변위이다.

$$\frac{F(s)}{X(s)} = \frac{w_n^2}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $\zeta$ : 감쇠비

$w_n$ : 비감쇠고유진동수

최대 overshoot Mp는 1.6%이므로

$$M_p = e^{-\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}\pi} \cong 0.016 \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $\zeta \cong 0.796$

봉오리 시간  $t_p$ 는 0.4sec이므로

$$t_p = \frac{\pi}{w_d} \dots\dots\dots (3)$$

$$w_d = \frac{\pi}{t_p} = \frac{\pi}{0.4} = 7.85 \dots\dots\dots (4)$$

그러므로  $w_n$ 은 다음과 같다.

$$w_n = \frac{w_d}{\sqrt{1-\zeta^2}} = 12.98 \dots\dots\dots (5)$$

$$2\zeta w_n = \frac{b}{m} \dots\dots\dots (6)$$

따라서  $m(\text{mass}) = 400(\text{kg})$ 이므로  $b = 810(\text{N s/m})$

(2) 유압 시스템

- 작업기 제어를 위한 유압 제어시스템의 기본적인 개략도는 그림 13과 같다.
- 유압 펌프에서 공급되는 작동유는 기어 펌프에 의해서 전달되어지고, 이는 유압 솔레노이드 밸브 및 실린더에 의해서 작업기를 제어하게 된다.
- 유압 밸브는 유량, 유압 및 작동유의 방향을 제어한다. 작동된 유압 실린더의 움직인 량을 측정하기 위해서 센서가 움직인 거리만큼의 신호를 피드백시킨다.

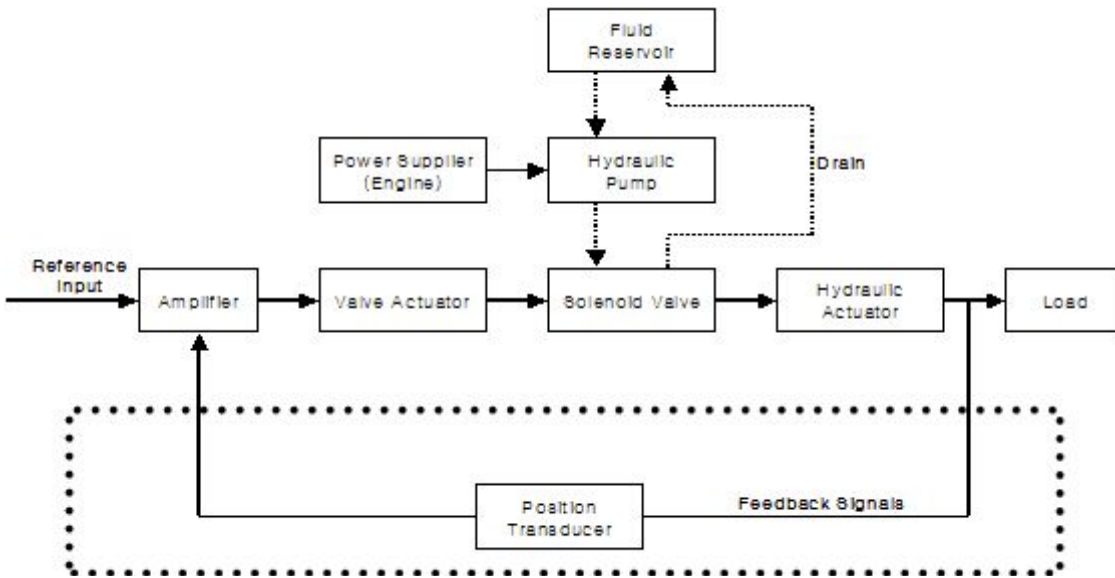


그림 13. 유압 제어시스템의 기본적인 개략도

그림 14는 암식 작업기 유압 제어시스템의 블록선도를 보여주고 있다.

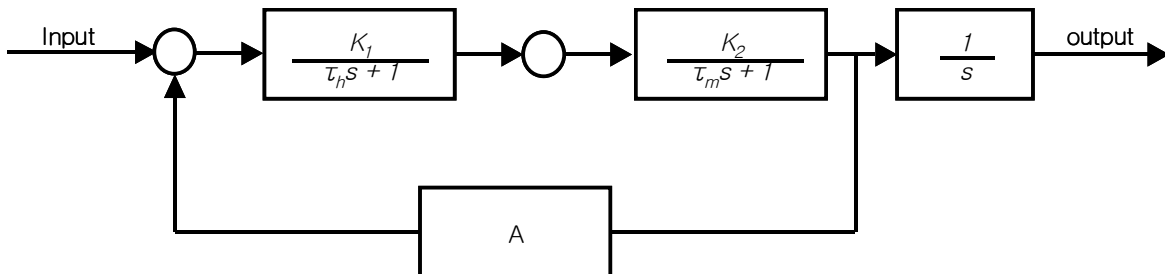


그림 14. 유압 제어시스템 블록선도

그림 14에서

$$G_h = \frac{k_1}{\tau_h s + 1} \dots\dots\dots (7)$$

여기서 압력 계인은

$$k_1 = \frac{1}{k_c} \dots\dots\dots (8)$$

유압 시정수는

$$\tau_h = \frac{V}{2\beta k_c} \dots\dots\dots (9)$$

유압 시정수는 유체의 부피가 커지면 증가하고 bulk modulus가 적어지면 감소한다.

유압 실린더의 기구 전달 함수는 운동방정식에서 스프링 상수 k=0로 하였고, 다음과 같이 표현된다.

$$G_m = \frac{k_2}{\tau_m s + 1} = \frac{0.0012}{0.49s + 1} \dots\dots\dots (10)$$

기구 시정수는

$$\tau_m = \frac{m}{b} = 0.49 \dots\dots\dots (11)$$

그리고

$$k_2 = \frac{1}{b} = 0.0012 \dots\dots\dots (12)$$

유압 시스템의 특성 방정식은 식 13과 같다.

$$C.M. = s^2 + (4k_c \frac{\beta}{V} + \frac{b}{m})s + 4A^2 \frac{\beta}{mV} \dots\dots\dots (13)$$

그러므로

$$w_n = \sqrt{4A_p^2 \frac{\beta}{mV_t}} \dots\dots\dots (14)$$

$$A_p = 19.6 \dots\dots\dots (15)$$

$$m = 400 \dots\dots\dots (16)$$

$$V_t = A_p \times l = 58.8 \dots\dots\dots (17)$$

따라서  $\beta = 2.58 \times 10^6$

$$\zeta = \frac{k_c}{A_p} \sqrt{\frac{\beta M}{V_t}} + \frac{b}{4A_p} \sqrt{\frac{V_t}{\beta M}} \doteq 0.796 \dots\dots\dots (18)$$

$$k_c = 0.1174 \dots\dots\dots (19)$$

$$\tau_h = 9.7 \times 10^{-5} \dots\dots\dots (20)$$

$$k_1 = 8.5 \dots\dots\dots (21)$$

$$G_h = \frac{k_1}{\tau_h s + 1} = \frac{8.5}{(9.7 \times 10^{-5})s + 1} \dots\dots\dots (22)$$

#### 나. 실험 계획

컴퓨터 시뮬레이션의 실험방법은 1) 스텝응답실험: 입력 거리를 300 mm로 제어하고, 엔진 입력유량을 10 lpm, 15 lpm, 20 lpm, 25 lpm으로 설정, 2) 주파수 응답: 입력 주파수를 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2 Hz로 설정, 3) random 응답: 시스템에 입력 신호는 무작위로 설정하고 입력 샘플 시간은 0.1, 0.5, 1, 5, 10초 단위로 설정하여 시뮬레이션 하였다.

#### 다. 시뮬레이션 결과

- 그림 15는 암식 작업기를 동작시킬 때를 보여주고 있다. 유압실린더 길이를 300 mm로 제어하고, 엔진 입력유량을 10 lpm, 15 lpm, 20 lpm, 25 lpm,으로 설정하여 시뮬레이션한 결과를 보여주고 있다. 유량이 클수록 응답 시간은 빠르지만 제어 목표치의 정확도는 약간 떨어지는 현상을 알 수가 있다. 유량이 25 lpm일 때 목표치 보다 약 5 mm정도 오버슈팅 현상이 발생하고 1 mm 이내에 들어오는 것을 알 수가 있었다. 유량이 20 lpm일 때 4 mm정도 지난 위치에서 제어됨을 알 수가 있다. 그러므로 시스템의 데드밴드는 최소 5



mm 이상보다는 크게 해야 한다.

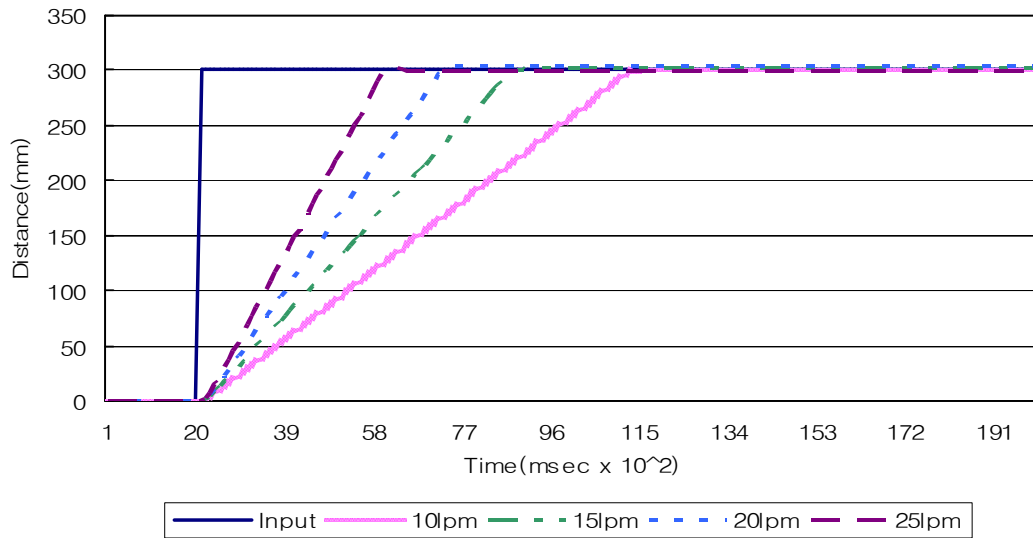
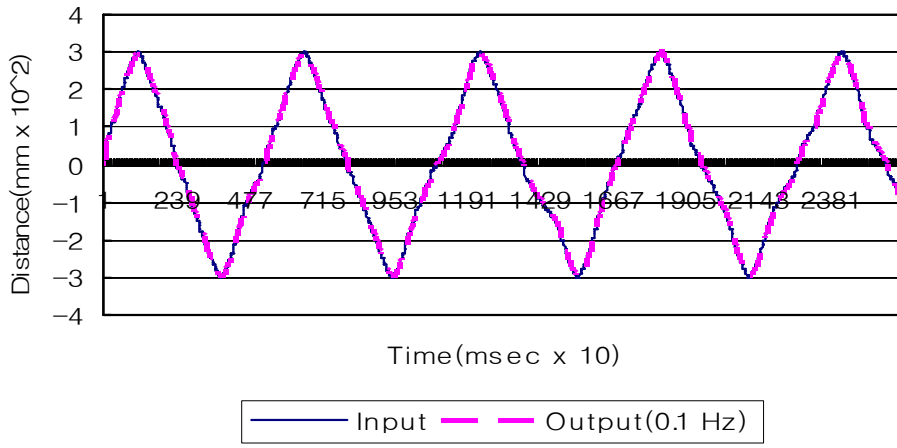
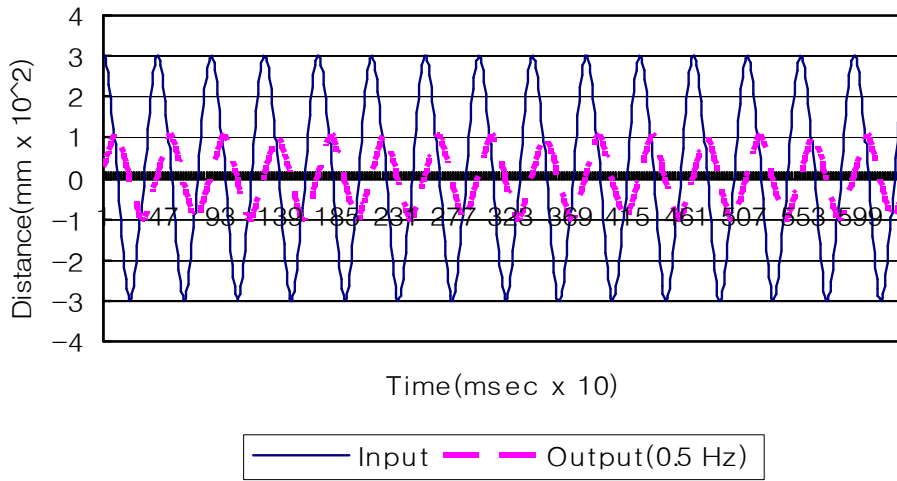


그림 15. 제어시스템의 스텝응답

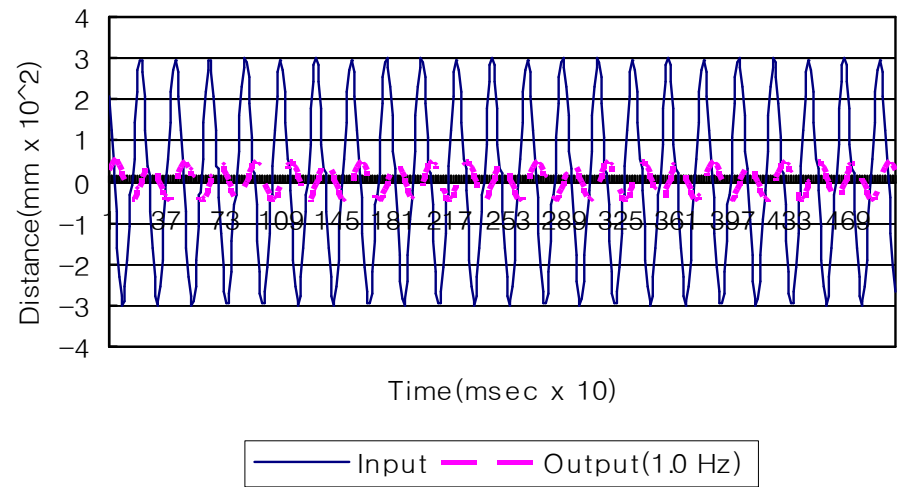
- 그림 16은 작업기를 주파수 응답 시뮬레이션할 때를 보여주고 있다. 유압실린더 길이는 30 mm 제어하고, 엔진 유량은 25 lpm으로 설정하여 시뮬레이션 수행한 결과를 보여주고 있다. 주파수 0.5 Hz부터 시스템이 지연되는 것을 알 수가 있었다.
- 암식 작업기 유압장치에 가우시안 분할 무작위 입력 신호를 넣었을 때의 반응에서는 샘플링 시간 1초부터 시스템의 응답성이 점점 떨어지는 것을 알 수가 있었다.
- 시뮬레이션의 요약 및 결론은 1) 설계된 제어시스템에 대한 실·내외 실험을 수행하기 전에 제어시스템의 수학적 모델링 및 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 2) 스텝응답에 대한 시뮬레이션에서는 25 lpm에서 5 mm 정도의 오버슈트현상이 관측되었으며, 10 lpm, 15, lpm, 20 lpm에서는 시스템이 잘 반응함을 알 수 있었다. 3) 실린더에의 입력유량 25 lpm, 진폭  $\pm 30$  mm에 대한 주파수응답 시뮬레이션의 결과로부터 입력주파수 0.1 Hz까지는 시스템이 잘 추종함을 알 수 있었다. 5) 향후에는 시뮬레이션 결과를 기반으로 하여 설계 제작한 후, 실내외 안전성 검증을 수행할 것이다.



(a) 0.1 Hz



(b) 0.5 Hz



(c) 1.0 Hz

그림 16. 제어시스템의 주파수 특성

## 7. 유압회로 제작 및 실험

### 가. 유압장치 제작

- 유압장치는 작업기의 동작을 전반적으로 관리하기 위한 장치로서 붐, 암 및 작업기 링크를 승·하강시키고, 작업기를 구동하도록 그림 17과 같이 시스템을 설계하였다.
- 기존 트랙터의 PTO 동력을 이용하여, 유압원, 유압 동력을 전환하기 위한 밸브, 유압모터를 유량제어로 조절하기 위한 밸브, 작업기를 실제 구동하기 위한 유압모터, 링크의 압과 붐, 작업기링크를 작동하기 위한 밸브, 링크를 원활하게 작동하기 위한 유압 실린더 등으로 구성하였다.

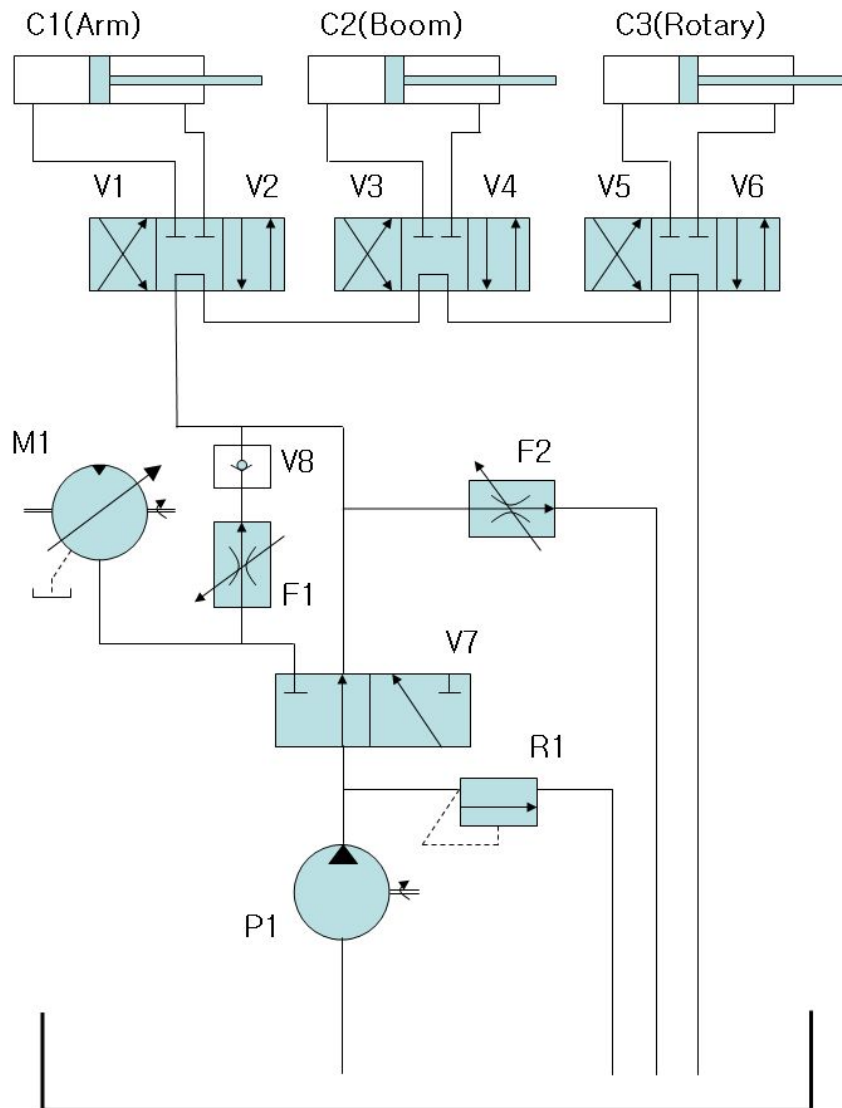


그림 17. 유압회로장치 개략도





그림 19. 작업기 동작 및 전후 회전을 위한 유압제어회로 조립체 시작기

#### 나. 실험 결과

유압시스템을 구성하고 있는 유압회로에 대한 특성실험을 통하여 유압회로 평가 및 검정에 대한 연구를 수행하였다.

##### (1) 실험장치

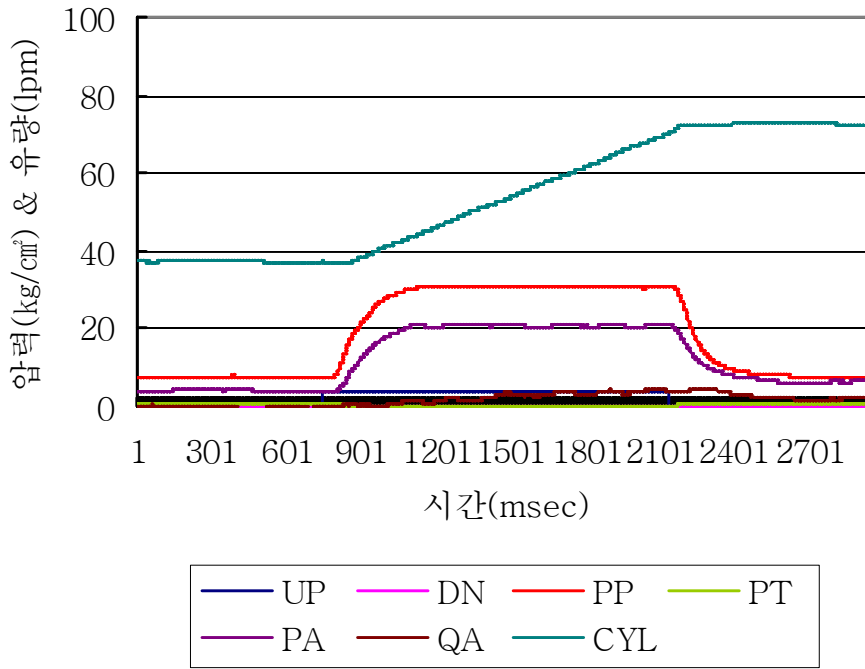
- 그림 20은 유압회로 조립체의 특성실험을 위한 실험 장치이다.
- 실험 장치는 유압 벤치시스템(유압모터, 펌프, 실린더 등), 개발한 유압회로 조립체, 컴퓨터, 데이터 보드 등의 계측장치로 구성하였다.



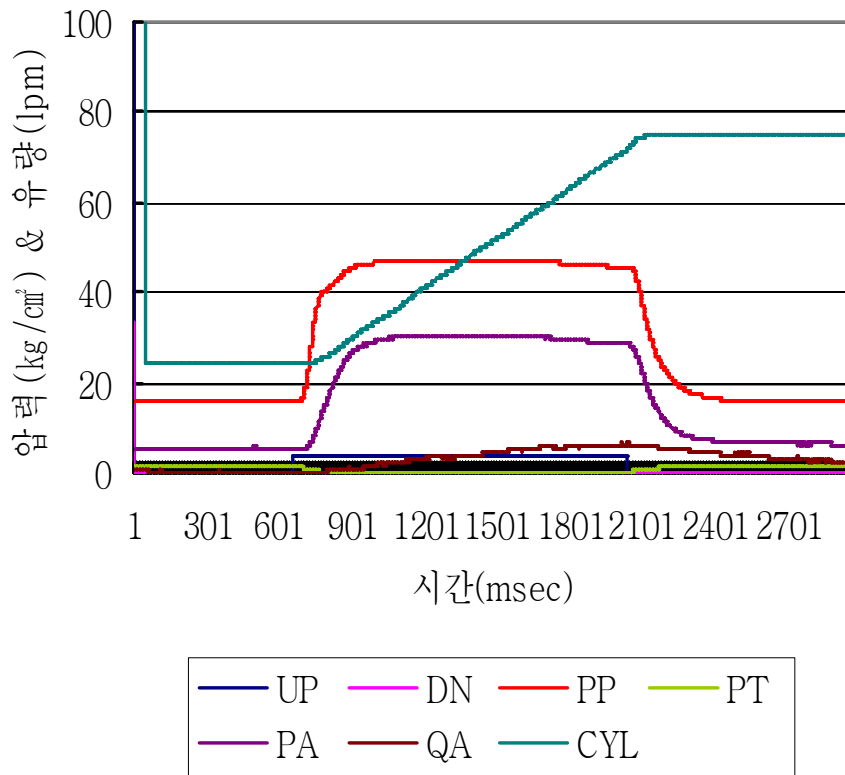
그림 20. 유압회로 특성실험을 위한 실험장치

(2) 실험 및 결과

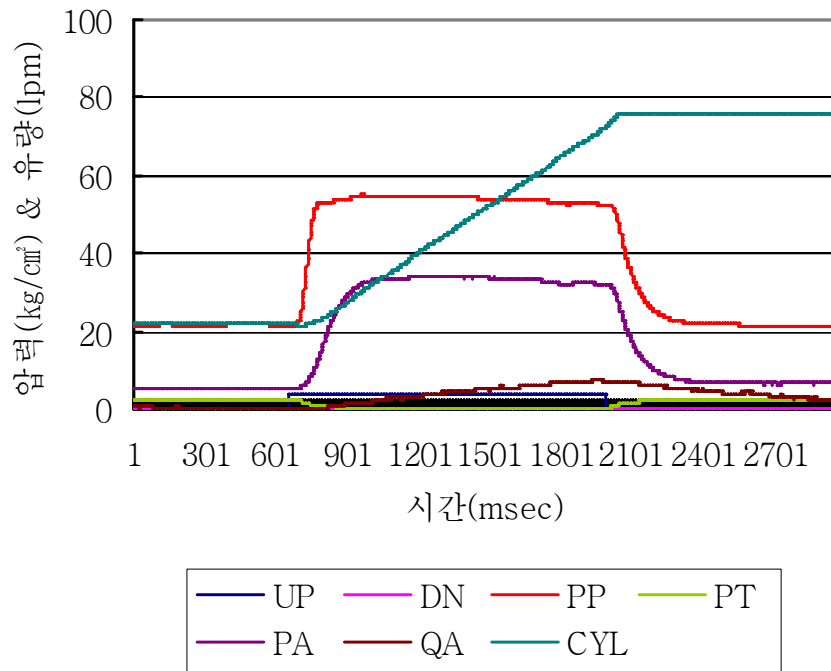
- 실험은 펌프토출 유량 3종류(10, 15 및 20 lpm) 및 A포트 유량 2종류(6, 8 lpm)의 조건 하에서 유량을 변화시키면서 수행하였다. 실험을 위한 펌프 최대 토출유량 20 lpm은 작업기의 경우 최대 펌프 토출유량이 약 20 lpm 이하이므로 충분한 조건이라고 판단되었기 때문이다.
  
- 그림 21은 A포트 유량 6 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm으로 변화시키면서 상승 동작을 하였을 때의 실험결과를 보여준다.



(a) 10 lpm



(b) 15 lpm

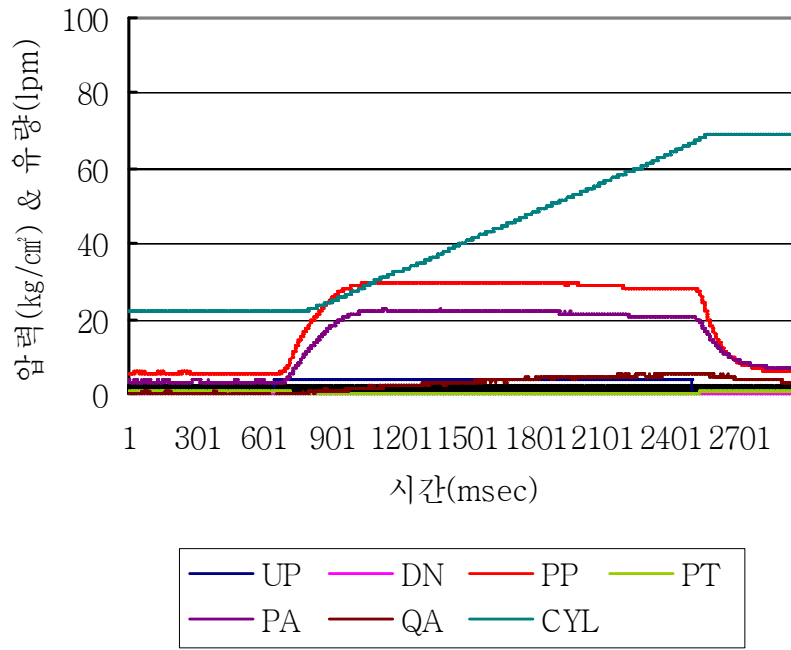


(c) 20 lpm

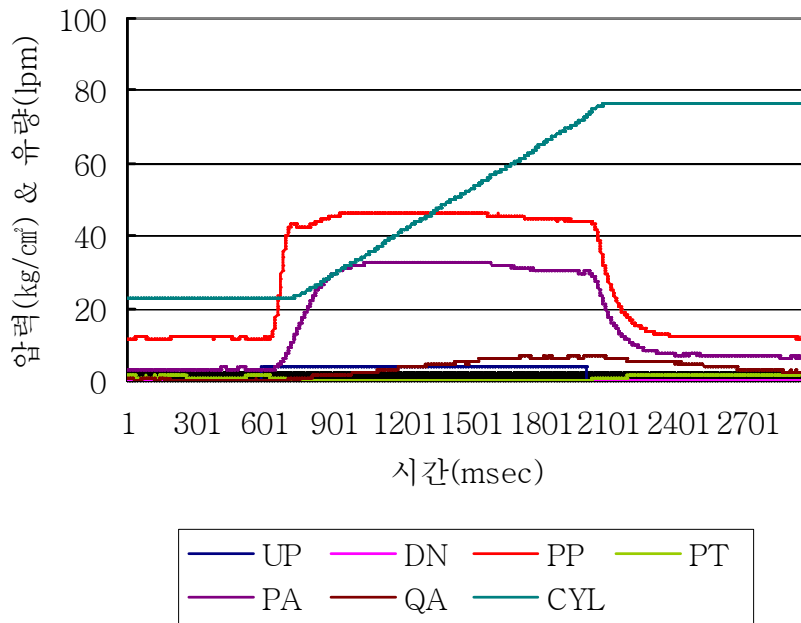
그림 21. A포트 유량 6 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm 상승 실험결과

- 유압실린더는 오버슈팅 없이 잘 상승하였다. 그러나 펌프 토출유량의 증가와 함께 약간의 A포트 유량의 증가 및 압력의 증가가 관측되었다. A포트 유량의 증가를 위한 유량 조절 밸브는 입력 유량의 변동에 따라 출력유량도 약 5~10% 변동하는 특성을 갖고 있다. 약간의 A포트 유량변동은 이에 기인하는 것으로 판단되며, 또한 압력의 증가는 일반적으로 밸브 입력유량에 따라 압력손실이 증가함으로 이로 인한 것으로 판단된다.
- 그림 22는 A포트 유량 8 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm으로 변화시키면서 상승 동작을 하였을 때의 실험결과를 보여준다.

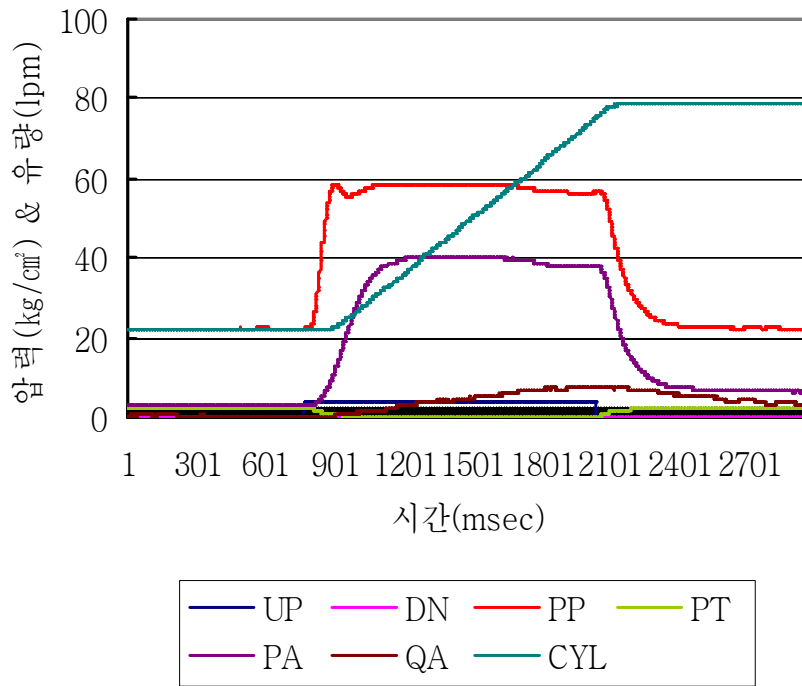




(a) 10 lpm



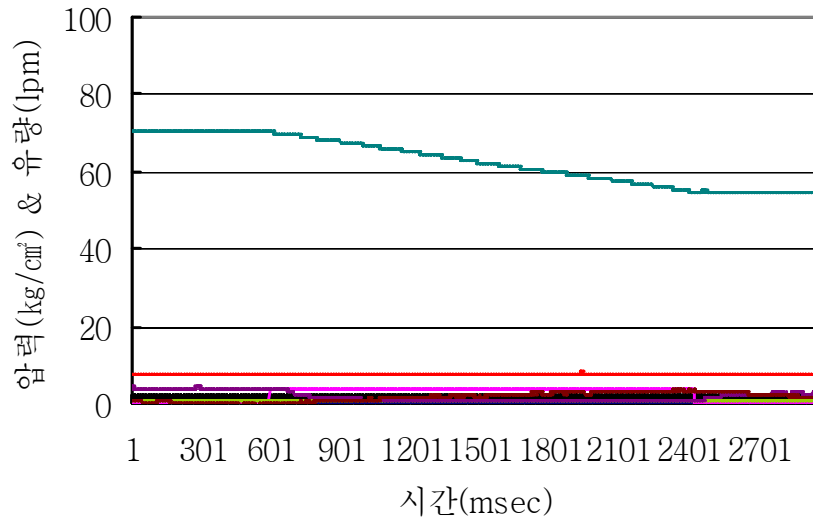
(b) 15 lpm



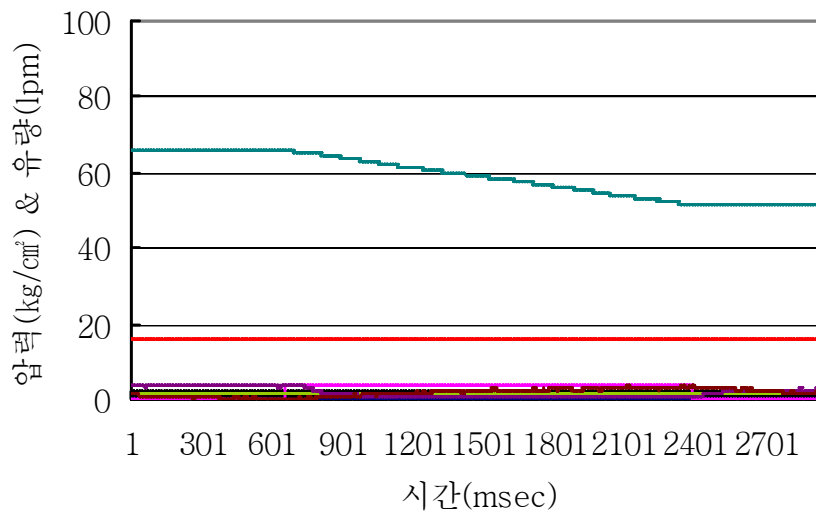
(c) 20 lpm

그림 22. A포트 유량 8 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm 상승 실험결과

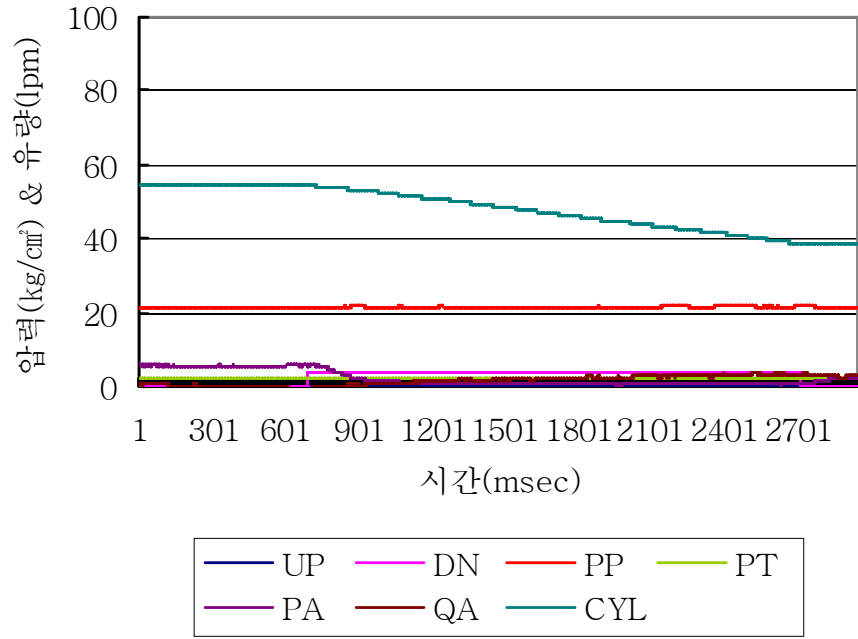
- 그림 23 및 24에 A포트 유량 6 및 8 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm으로 변화시키면서 하강 동작을 하였을 때의 실험결과를 보여준다.
- 유압실린더는 오버슈팅 없이 잘 하강하고 있으며, 펌프 토출유량의 증가에 관계없이 A 포트유량도 일정하다. 그러나 P포트의 압력이 유량 증가와 함께 증가하는 것이 관측되었는데, 이는 P포트 입력유량의 증가와 함께 압력손실이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.



(a) 10 lpm

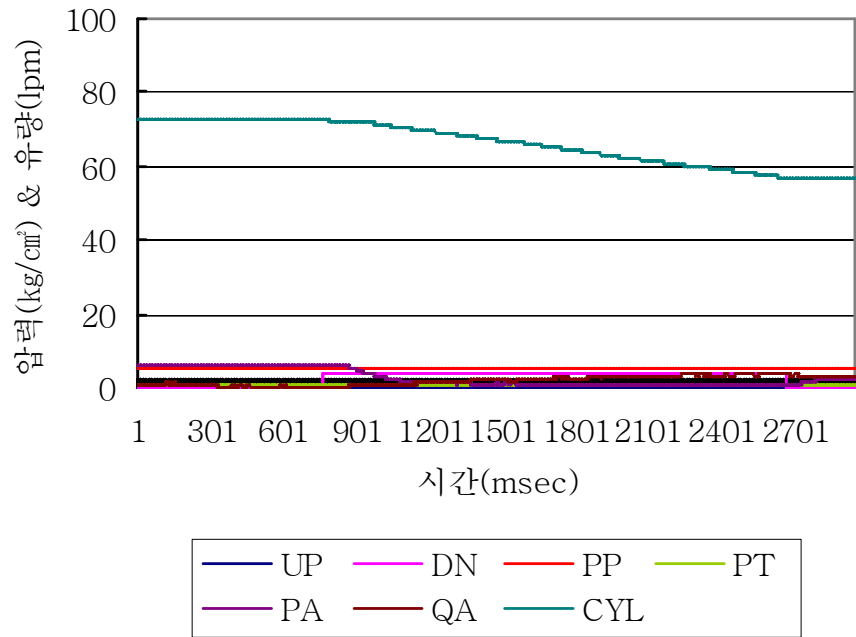


(b) 15 lpm

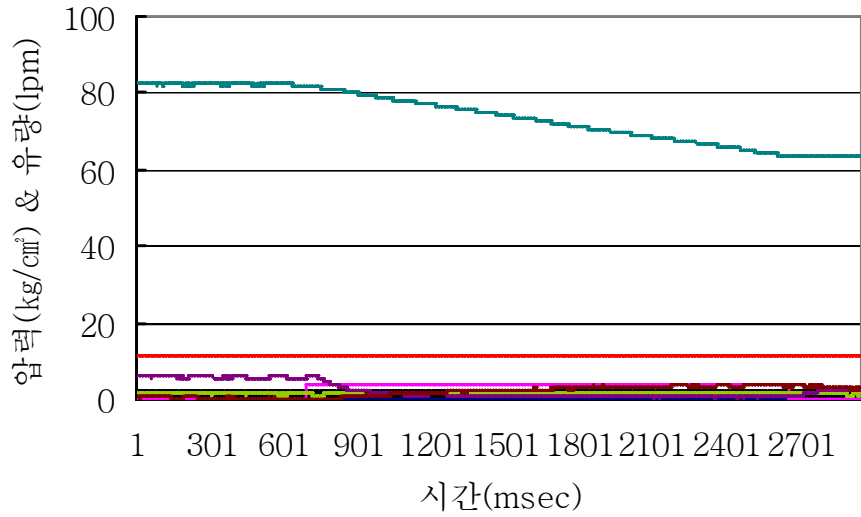


(c) 20 lpm

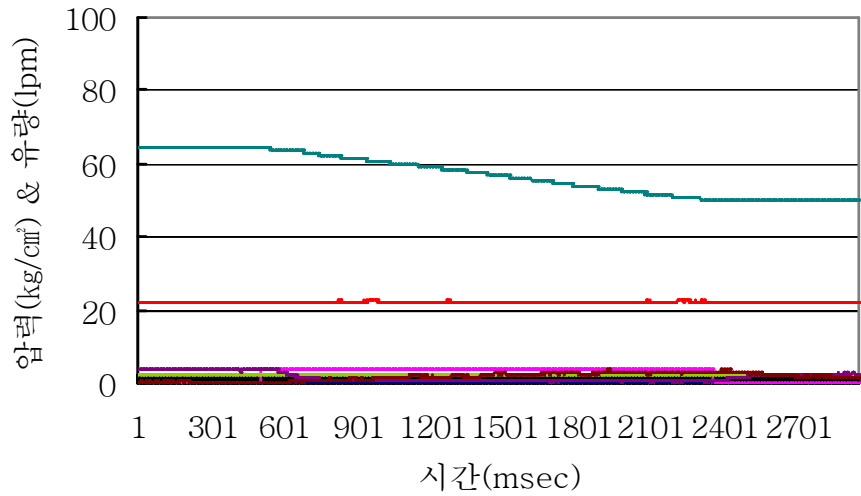
그림 23. A포트 유량 6 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm 하강 실험결과



(a) 10 lpm



(b) 15 lpm



(c) 20 lpm

그림 24. A포트 유량 8 lpm의 조건하에서 펌프 토출유량을 10, 15 및 20 lpm 하강 실험결과

- 그림 25는 펌프 토출유량의 변화에 따른 A포트 유량의 변화를 나타내었다. 펌프 토출 유량 10, 15 및 20 lpm에 대해 A포트 유량은 6 lpm의 경우 약 4.9 lpm에서 7.1 lpm, 8 lpm의 경우 5.9 lpm에서 7.9 lpm의 범위 내에서 변화하는 하는 것을 알 수 있다.

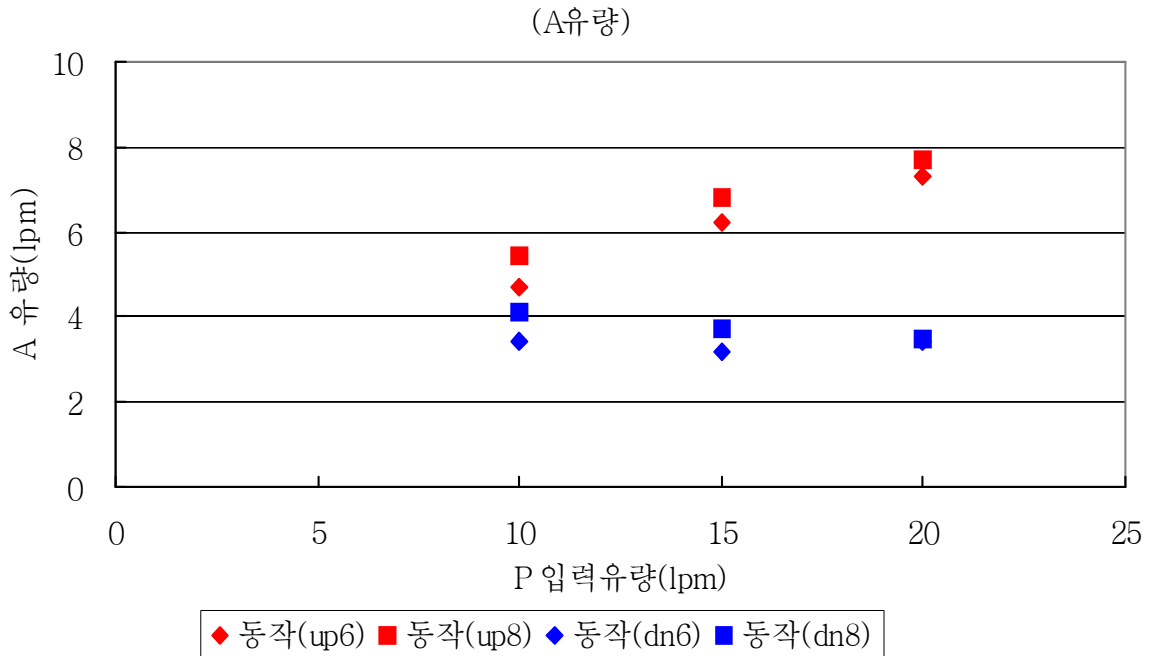


그림 25. P포트유량의 변화에 따른 A포트 유량

- 그림 26은 펌프 토출유량의 변화에 따른 유압회로내의 압력손실의 변화를 보여준다. 실험결과로부터 펌프 토출유량의 증가와 함께 압력손실도 증가하는 것이 관측되었다. 이는 본 유압회로에 사용된 솔레노이드밸브 등이 갖고 있는 밸브의 특성에 기인한 것으로 판단되며, 약 10 kg/cm<sup>2</sup>에서 20 kg/cm<sup>2</sup>의 범위 내에 있다. 이 범위는 유압회로로 사용될 수 있는 충분한 범위라고 판단된다.

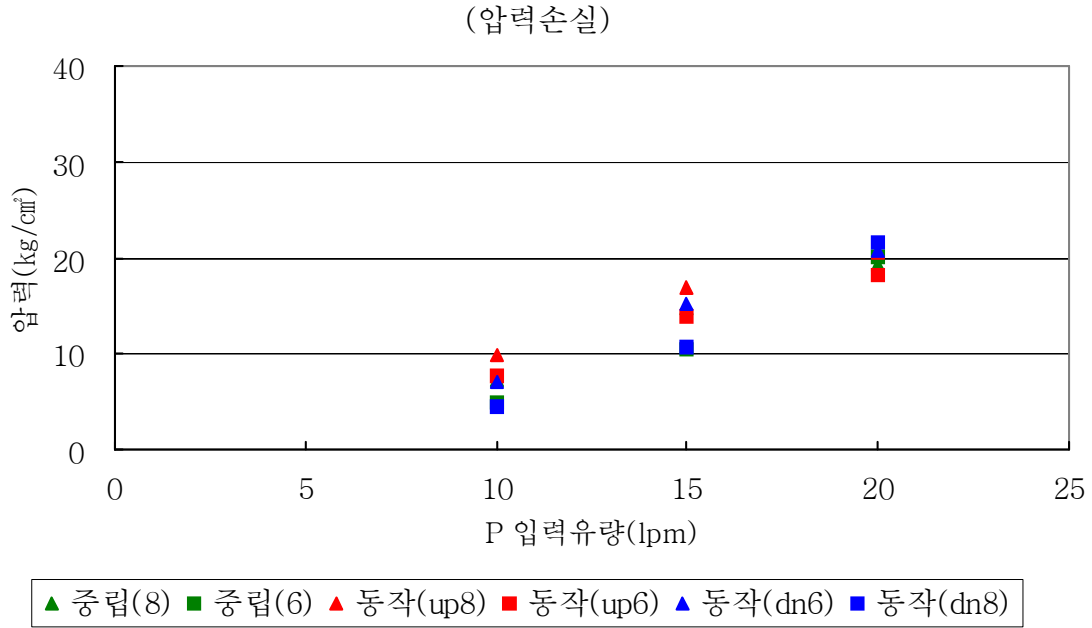


그림 26. P포트유량의 변화에 따른 압력손실

○ 그림 27은 설계된 유압회로의 응답성의 실험결과를 나타내었으며, 응답성은 솔레노이드 밸브 열림의 경우 40~50 msec, OFF의 경우 15~20 msec의 범위 내에 있고, 본 연구에서 사용 가능한 결과를 보였다.

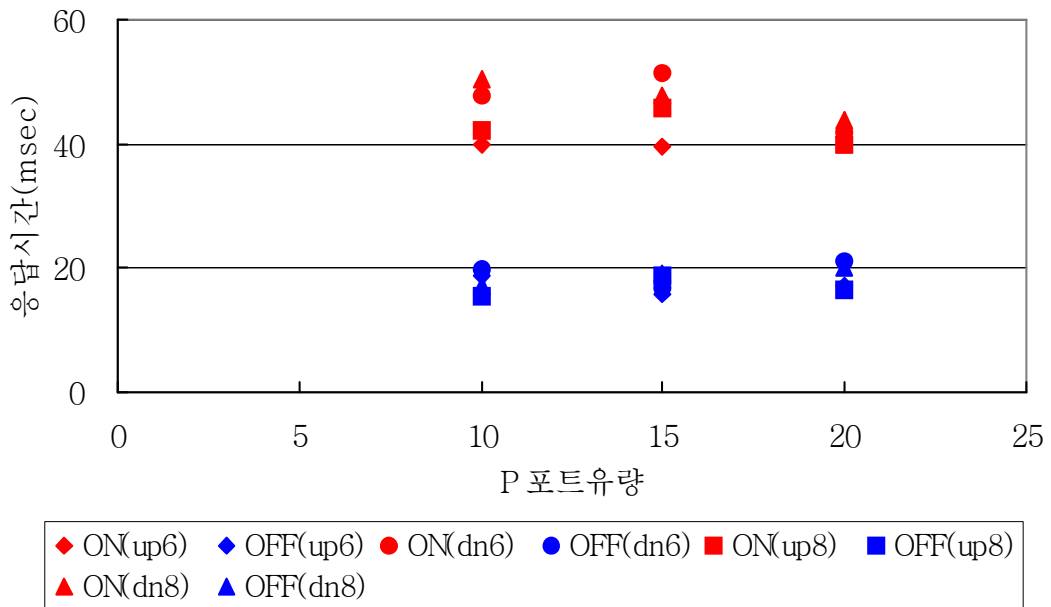


그림 27. P포트유량의 변화에 따른 응답성

8. 작업기 안전성 시뮬레이션

- 본 연구에서 설계한 암식 작업기는 작업기의 암을 트랙터의 횡방향으로 작동하기 때문에 트랙터의 횡전도 문제를 발생시킬 수 있다. 농업기계의 전도 안전성에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 지속적으로 수행되어져 왔다. 그러므로 본 연구에서는 암식작업기를 장착한 트랙터의 전도 안전성 문제를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.
- 트랙터의 전도는 정적 및 동적상태의 횡전도와 정적 및 동적상태의 후방전도가 있다. 본 시스템의 후방전도는 고려의 대상이 아니며 횡전도에서도 동적상태에서는 고려의 대상이 아니다. 하지만 정적상태에서의 횡전도는 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 암식작업기가 장착된 트랙터의 정적상태 횡전도에 대한 연구를 수행하였다.

가. 이론적 고찰

- 본 연구에서 수행한 정적상태의 횡전도의 수학적 모델링 식은 (23)과 (24)와 같다. 본 연구에서 기초로 한 수식은 Matsuyama 등(1969)의 이론을 바탕으로 작업기 중량을 고려하여 시뮬레이션 식을 유도하였다. 식 (23)은 1차 횡전도 식이고, 식 (24)는 2차 횡전도 식이다.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{d' b}{2(lh - Ha)}\right) \dots\dots\dots (23)$$

- 여기서  $\alpha$ 는 1차 횡전도 각,  $d'$ 는 윤거(d)의 이동 거리,  $b$ 는 트랙터 무게중심에서 전차축 접지점까지의 거리,  $l$ 는 축간거리,  $h$ 는 중심고,  $H$ 는 지면에서 전차축 취부 편까지의 거리,  $a$ 는 트랙터 무게중심에서 후차축 접지점까지의 거리이다.

$$\lambda = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \psi_{\max}}{\cos \beta \cos \delta}\right) \dots\dots\dots (24)$$

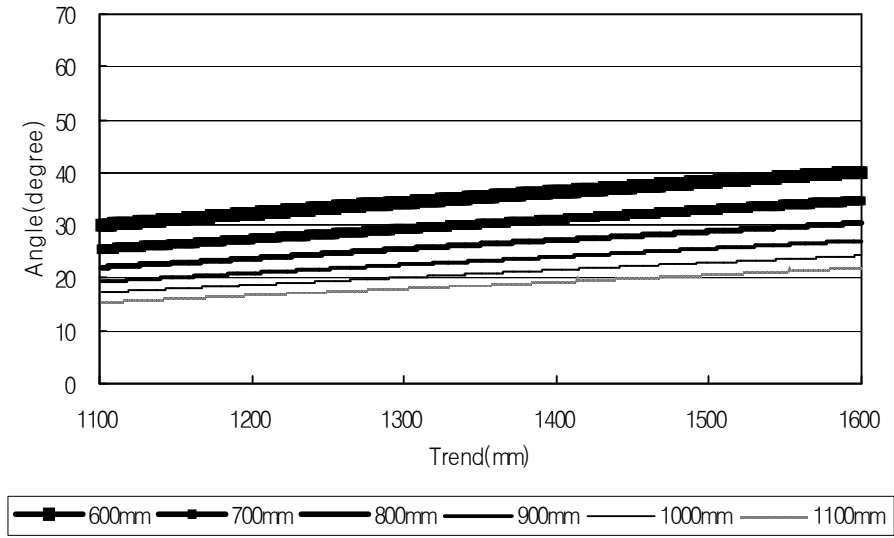
- 여기서  $\lambda$ 는 2차 횡전도 각,  $\psi_{\max}$ 는 앞차축의 좌우 회전각,  $\beta$ 는  $\tan^{-1}\left(\frac{d'}{2d}\right)$ ,  $\delta$ 는

$$\tan^{-1}\left(\frac{H}{\sqrt{l^2 + d^2/4}}\right) \text{ 이다.}$$

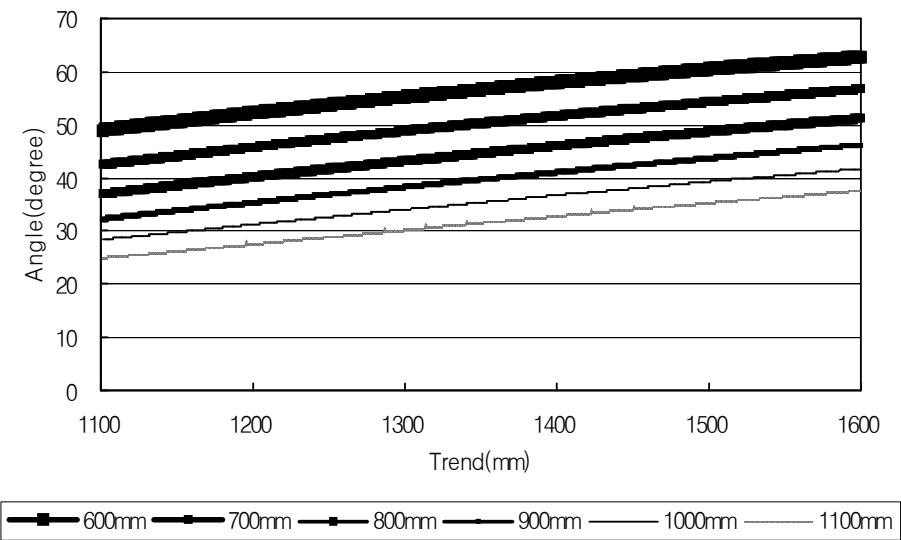


## 나. 결과 및 고찰

- 1차 횡전도 각을 구하기 위해서는 트랙터의 윤거, 축간거리 및 중심고 등을 알아야 하며, 2차 횡전도 각을 구하기 위해서는 트랙터의 중심위치, 앞차축의 좌우 회전각 등을 알아야 한다.
- 1차 횡전도와 2차 횡전도의 시뮬레이션에서 중형 트랙터의 중심고는 600 mm, 축간거리는 1,600 mm, 윤거는 1,100~1,600 mm, 앞차축의 좌우 회전각은 10°이다. 대형 트랙터의 중심고는 1,000 mm, 축간거리는 1,900 mm, 윤거는 1,400~1,900 mm, 앞차축의 좌우 회전각은 15°이다.
- 그림 28은 중형 트랙터의 정적 횡전도 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 중심고가 낮고 윤거가 크면 트랙터의 1차, 2차 횡전도 각 모두가 상대적으로 안전함을 알 수가 있다. 1차 횡전도 각은 약 22°~40°이고 2차 횡전도 각은 약 38°~63°이다.



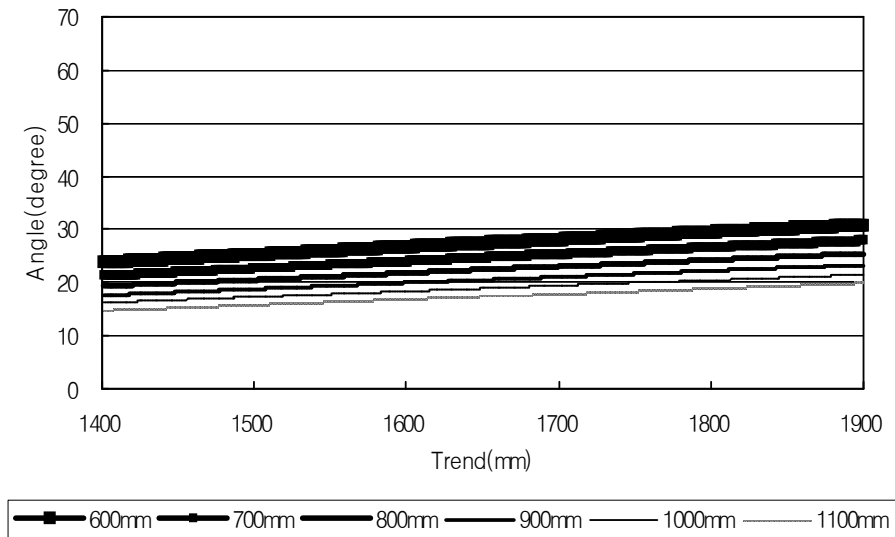
(a) 1차 횡진도



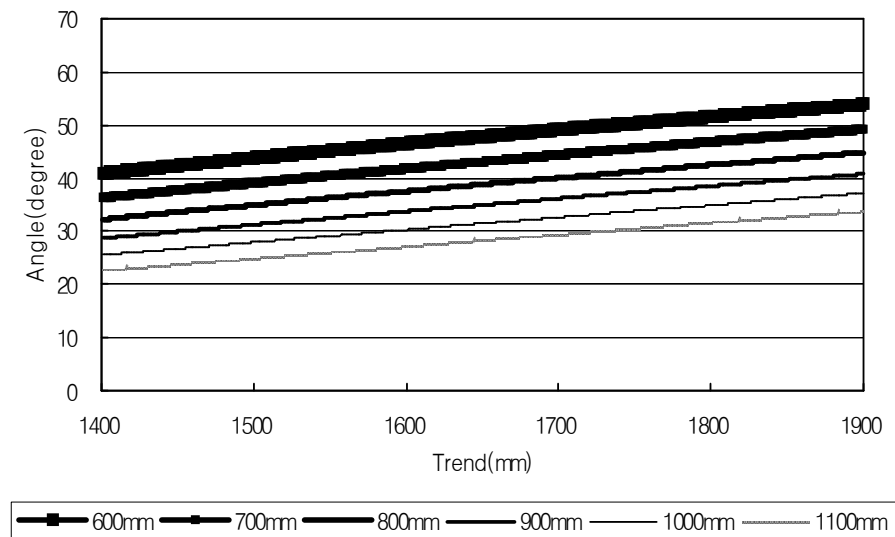
(b) 2차 횡진도

그림 28. 중형 트랙터의 횡진도 시뮬레이션

○ 그림 29는 대형 트랙터의 정적 횡전도의 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 중심고가 낮고 윤거가 크면 트랙터의 1차, 2차 횡전도 각 모두가 상대적으로 안전함을 알 수가 있다. 1차 횡전도 각은 약  $20^{\circ}\sim 31^{\circ}$ 이고 2차 횡전도각은 약  $34^{\circ}\sim 54^{\circ}$ 이다.



(a) 1차 횡전도



(b) 2차 횡전도

그림 29. 대형 트랙터의 횡전도 시뮬레이션

#### 다. 시뮬레이션 결과

- 트랙터의 전도 안전성 검증을 위하여 본 연구에서는 정적 횡전도의 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.
- 트랙터의 중심고가 낮고 윤거가 크면 트랙터의 정적 1차, 2차 횡전도 각이 크게 나타났고 안전성이 높다는 것을 알 수 있었다.
- 실험한 중형 트랙터의 1차 횡전도 각은 윤거 1,100~1,600 mm에서 약 22°~40°이고 2차 횡전도각은 약 38°~63°이다.
- 실험한 대형 트랙터의 1차 횡전도 각은 윤거 1,400~1,900 mm에서 약 20°~31°이고 2차 횡전도각은 약 34°~54°이다.

## 제 2 절 시작기 제작 및 검증

### 1. 암식 작업기 시작기 제작

- 전절에서 서술한 암식작업기의 설계도면으로부터 제작된 각각의 요소부품을 이용하여 농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치를 제작하였다. 그림 30은 본 연구에서 제작한 암식작업장치로서 농용트랙터 후부의 3점히치에 장착한 모습을 보여주고 있다.



그림 30. 트랙터에 장착한 암식 작업장치

- 암식 작업장치의 주요 구성은 1) 메인프레임, 2)붐 및 붐실린더, 3)암 및 암실린더, 4)제초 작업을 수행하는 로터리형 제초작업부 등 크게 4개로 주요 부분과 이 외에 5) 암식작업 장치의 링크조작을 통해 원활한 작업을 수행할 수 있도록 위의 4개의 주요 부분을 조작할 수 있는 조작기구부 등으로 구성되었으며 각 주요부의 특징을 다음과 같다.

(1) 메인프레임

메인프레임은 작업기 전체를 지지하고 유압동력원을 발생시키는 역할을 하는 부분으로서 트랙터의 3점히치에 직접 연결되도록 하였다(그림 31). 메인프레임은 트랙터의 PTO축으로부터 동력을 전달받는 기어박스가 설치되고, 유압동력원을 발생시킬 수 있는 펌프와 유압탱크, 유압의 유량, 방향을 제어하는 유압밸브, 장시간 작업으로 인한 오일을 냉각시킬 수 있는 오일쿨러가 설치되었다. 한편 메인프레임은 지지프레임 위에 설치하여 3점히치의 하강시 메인프레임이 지면의 충격을 최소화할 수 있도록 하였다(그림 32).

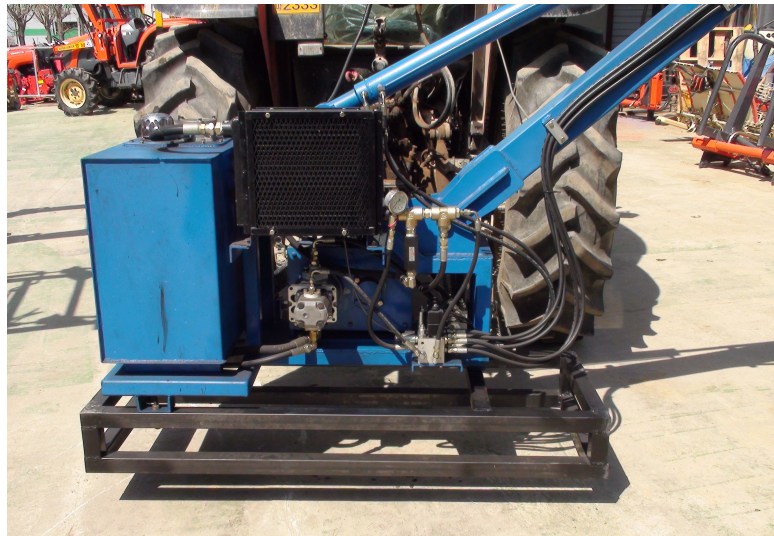


그림 31. 암식작업장치의 메인프레임



그림 32. 메인프레임의 3점히치 연결부



## (2) 붐 및 붐실린더

붐은 메인프레임에 직접 연결되어 메인프레임과 암 사이를 연결하여 작업기 전체를 지지하는 부분으로서 충분한 강도를 갖도록 하였다. 또한 붐은 700 mm 스트로크의 붐실린더를 통해 90° 이상의 회전각을 갖도록 하여 작업시 붐을 펼쳤을 때에는 충분한 작업범위를 확보함과 동시에 비작업시 또는 이동을 위해 붐을 완전히 접었을 때에는 작업장치가 트랙터의 차체 폭을 벗어나지 않도록 하였다(그림 33).



그림 33. 붐을 완전히 접었을 때의 모습

## (3) 암 및 암실린더

암은 붐과 로터리 작업부 사이를 연결하여 작업기의 작업영역을 확보하는 역할을 하는 요소로서 암의 전체 회전각도는 100°로서 작업시 로터리 작업부의 충분한 작업영역 및 자세를 확보할 수 있도록 하였다.

#### (4) 로터리형 제초 작업부

제초작업기는 flail knife 타입의 제초날을 고속으로 회전시켜 잡초 및 나뭇가지 등을 절단 제거하는 부분으로서 암의 끝 단에 장착되며, flail knife는 고강성의 기계구조용강으로 만든 축에 미세거 작업이 되지 않도록 네 방향 지그재그 방식으로 부착하였다. 한편, 로터리축은 유압모터에 의해 구동되며, 축의 회전을 고속으로 하고, 작업시 충격 및 이물질의 끼임에 의한 과부하 발생 시 슬립을 주어 작업기를 보호하도록 작업기 측면에 V-Belt 풀리를 이용하였다. 또한 작업부는 암에 부착된 link 실린더의 조정을 통해 작업면의 각도에 따른 작업부의 미세 조정이 가능하도록 하였으며, 제초높이를 조절할 수 있도록 보조롤러를 설치하였다(그림 34).



그림 34. 제초작업부 및 제초날



## 5) 조작기구부

조작기구부는 작업자가 암식작업장치의 4개의 주요부분을 조작하여 원하는 작업을 수행할 수 있도록 하는 장치로서 조이스틱 타입의 조작장치로 구성하였다. 조이스틱 타입의 레버는 하나의 레버로서 4방향을 제어할 수 있어, 레버 하나로 붐, 암 및 작업부의 상승 및 하강을 제어할 수 있다. 또한 조작기구부에는 비상시 모든 작업을 멈출 수 있도록 비상 정지 버튼을 설치하였다(그림 35).



그림 35. 조작기구부

## 2. 암식 작업기 시작기 검증

### 가. 주행 및 작동 안전성 시험

#### (1) 주행 안전성

- 그림 36에서 보는바와 같이 도로 및 농로에서 암식작업기를 장착하여 고속 주행을 할 때, 주행상의 문제점은 운전자에게 발생하지 않았다. 특히 조향을 할 때, 한 쪽으로 치우치는 현상이 발생할 것으로 예상했지만, 그러한 문제는 발생하지 않았다.



그림 36. 주행안전성 시험 장면

#### (2) 작동 안전성

- 본 연구에서 설계한 암식 작업기는 작업기의 암을 트랙터의 횡방향으로 작동하기 때문에 트랙터의 횡전도 문제를 발생시킬 수 있다.
- 트랙터의 전도는 정적 및 동적상태의 횡전도와 정적 및 동적상태의 후방전도가 있다. 본 시스템의 후방전도는 고려의 대상이 아니며 횡전도의 경우에도 동적상태에서는 단순 이동시에는 암식 작업기를 최대로 접은 상태이기 때문에 횡방향 전도의 위험이 없으며, 작업시에는 암식작업장치가 횡전도가 발생할 수 있는 방향의 지면을 지지하기 때문에 횡전도의 위험이 없다.
- 트랙터의 횡전도의 위험성은 암식 작업장치의 작업부를 작업 위치로 이동할 때 즉, 암식 작업기의 붐과 암을 트랙터의 횡방향으로 최대로 펼쳤을 경우가 가장 크다. 따라서 암식

작업장치를 장착한 트랙터의 횡진도 실험은 작업기를 트랙터의 횡방향으로 최대한 펼쳤을 때의 트랙터의 자세에 대한 실험을 반복적으로 수행하였고(그림 37), 실험 결과 트랙터의 횡진도가 가능할 정도의 치우침이나 자세의 변화가 전혀 나타나지 않아 횡진도의 위험은 없는 것으로 판단되었다.



(a) 후면



(b) 측면

그림 37. 암식작업기 작동 시험 장면



#### 나. 작업 시험

- 포장시험에서는 트랙터를 30°~50° 경사지에서 작업 시험을 실시하였다. 실제 경사지의 작업을 수행하므로 시스템의 작업 성능 확인, 문제점 발견 및 범용성 가능성 확보 등에 대한 포장시험을 통하여 시스템 작동 상황을 점검하였다.
- 시스템의 작동 상황 점검 및 평가를 위하여 트랙터 작업속도 3.3km/h, 4.6km/h로 설정하여 수행하였다.
- 그림 38에서 보는 바와 같이 일반 농촌의 작업경사지에서 작업을 수행하였다. 작업은 원활하게 수행되었다. 지면의 상태가 돌 및 이물질로 인하여 작업기가 현청되는 경우도 있었지만 작업자의 안전에 문제가 발생하는 경우는 전혀 없다는 것을 알 수 있었다.



그림 38. 암식작업기 작업 시험 장면

- 그림 39는 암식작업기 작업한 후의 작업 모습이다. 제작한 제초작업기가 원활하게 작동한 것을 알 수 있었고, 향후 잡초가 무성한 여름에 실험을 한다면 보다 나은 작업 성능 화면을 보여줄 수 있을 것으로 사료된다.



(a) 작업 전



(b) 작업 후

그림 40. 암식작업기 작업 전후 장면

### 제 3 절 요약 및 결론

경사지 노면에서 트랙터의 제초작업을 원활하게 하기 위하여 개발한 3점링크형 작업기는 암식 방식으로 개발되어야 한다. 그러므로 경사지 노면에서 작업이 가능한 암식작업기를 개발하여 시스템의 성능을 점검 및 평가하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 암식작업장치의 주요 구성은 1) 메인프레임, 2) 붐 및 붐실린더, 3) 암 및 암실린더, 4) 제초작업을 수행하는 로터리형 제초작업부 등 크게 4개로 주요 부분과 이 외에 5) 암식작업장치의 링크조작을 통해 원활한 작업을 수행할 수 있도록 위의 4개의 주요 부분을 조작할 수 있는 조작기구부 등으로 구성하였다.

2) 도로 및 농로에서 암식작업기를 장착하여 고속 주행을 할 때, 주행상의 문제점은 운전자에게 발생하지 않았다. 특히 조향을 할 때, 한 쪽으로 치우치는 현상이 발생할 것으로 예상했지만, 그러한 문제는 발생하지 않았다.

3) 트랙터의 횡전도의 위험성은 암식 작업장치의 작업부를 작업 위치로 이동할 때 즉, 암식 작업기의 붐과 암을 트랙터의 횡방향으로 최대한 펼쳤을 경우가 가장 클 것으로 판단된다. 따라서 암식작업장치를 장착한 트랙터의 횡전도 안전성을 평가하기 위해 작업기를 트랙터의 횡방향으로 최대한 펼쳤을 때의 트랙터의 자세에 대한 실험을 반복적으로 수행하였고, 실험 결과 트랙터의 횡전도가 가능할 정도의 치우침이나 자세의 변화가 전혀 나타나지 않았다.

4) 일반 농촌의 작업경사지에서 작업을 수행한 결과에서 작업은 원활하게 수행되었다. 지면의 상태가 돌 및 이물질로 인하여 작업기가 현청되는 경우도 있었지만 작업자의 안전에 문제가 발생하는 경우는 전혀 없다는 것을 알 수 있었다.

향후 추가 보완연구는 부품의 신뢰성을 위하여 지속적인 필드시험을 실시하고, 본 작업기는 제초용으로 프레임의 강도를 크게 요구하는것이 아니므로 양산개발시 부품의 중량감소 및 무게중심 이동을 위한 개선을 한다면 좀 더 충분한 안전성확보와 경제적인 설계가 될것이다. 그리고 제초기외 당사에서 생산하고 있는 예취날을 부착하여 나뭇가지치기나 굵은작물베기도 가능하고, 그 외에도 브러쉬를 부착하여 터널내청소, 임업용 작업등 타 기종에도 응용한다면 시장 확대도 가능할 것이다. 수출품에 대하여는 각 국가에서 요구하는 시스템을 추가한다면 고객대응 상품화가 가능할 것으로 판단된다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도

년도	세부 목표	세부 내용	평가의 착안점 및 기준	달성도
1차 년도 (2009)	메커니즘시스 템 설계	개발방향설정을 통한 최적 시스템 설계에 대한 검토	사양 결정	100%
		메커니즘 설계를 기반으로 한 부품 설계	제작도 작성	100%
	요소부품개발	암 부착형 제조작업기 개발	제조작업기 제작	100%
		링크장치 조립체 개발	링크장치 제작	100%
		내외부 조작장치 개발	조작장치 제작	100%
	전자유압시스 템 설계	편의성을 고려한 차별화된 제어시스템 구성 및 검토	사양 결정	100%
		설계를 기반으로 한 부품 설계	제어시스템 부품 설계	100%
	요소부품 개 발	유압밸브 조립체 개발	제작도 작성	100%
		실내시험장치를 통한 제어 계수 결정	알고리즘 작성	100%
	안전성 검증	안전성 시뮬레이션	시뮬레이션 결과	100%
2차 년도 (2010)	시작기 개발 및 조립	유압실린더 개발	제작도 작성	100%
		시작기 설계 검토 및 제작	조립도 작성 및 제작	100%
		시작기 조립	시작기	100%
	시작기 시험	실내성능시험을 통한 시스템 검증	주행 및 동작 안전도	100%
		포장시험을 통한 적용가능성 검증	작업 안전도	100%
		데이터 분석 및 보고서 작성	보고서	100%
	요소부품 개 발	전자제어부 조립체 개발	제작도 작성	100%
	안전성 검증	실험을 통한 검증	동작 체크 및 시험	100%
	시작기 적용 및 시험	전자유압시스템의 시작기 적용 시험 및 검증	작업 안전도	100%
		실내의 시험을 통한 데이터분석 및 보고서 작성	보고서	100%



## 제 2 절 관련분야 기여도

현재 트랙터용 암식작업기는 전부 장착형과 후부 장착형으로 분류되어진다. 전부 장착형의 경우는 작업속도 등의 문제로 많은 수요가 없다. 후부 장착형의 경우는 대부분이 수입에 의존하고 있거나, 저급형의 제품을 국내 중소기업 등에서 판매하고 있다. 그러므로 국내 수입대체 뿐만 아니라 수출이 가능한 후부 장착인 3점링크 방식의 암식작업기를 개발하였다. 그리고 작업방식을 전자조이스틱 방식으로 하고 안전성 검증을 통하여 중대형급 어디에서도 장착이 가능한 제품을 개발하였다. 또한 독자적인 유압시스템 방식을 채택하여 작업자가 3점링크에만 장착하면 작업기를 사용할 수 있도록 개발하였다. 암식작업기는 트랙터에서 사용하는 작업기 개발을 통하여 트랙터 사용률을 증가시킨다. 향후 개발된 유압시스템, 전자시스템 및 안전성 평가 기술은 농용 작업기 관련 분야에 응용이 가능하고, 농업용 외에도 산업용에도 적용 가능하므로 국내 작업기 산업발전에 크게 기여할 수 있다.



## 제 5 장 연구개발성과 및 성과활용 계획

### 제 1 절 연구개발 성과

#### 1. 지적재산권

구분	전문학술지		특허 출원	학술발표 논문	상품화	계
	SCI	비SCI				
목표	0	2	1	1	1	5
건수	0	1	1	2	1	5

#### 가. 전문학술지

##### ■ 논문명 : 비례밸브를 이용한 트랙터 작업기 유압시스템 개발

저 자 : 이상식, 박원엽

학 술 지 : 바이오시스템공학회지

발행년도 : 2011. 4.

주요내용 :

Tractor implements are mainly utilized for the tillage operation. The proposed hydraulic system control was implemented to the experimental apparatus. A implement control system for tractor using proportional valve was fabricated to improve the efficiency. The hydraulic circuits is included the proportional solenoid valve and on/off solenoid valve and so on. This paper shows results of a specification and design of implement control system for tractor using proportional valve for automation. It was conducted to evaluate response characteristics of the designed implement control system under experimental conditions of various input flow rate. The results of experiments showd the response characteristics sufficient to use as the implement control system for tractor using proportional valve.

■ 논문명 : 트랙터 3점히치 장착형 암식 작업기의 횡전도 안전성 시뮬레이션에 관한 연구

저자 : 이상식, 성현석, 허민호, 남규철, 박원엽

학술지 : 농업기계학회, 바이오시스템학회

발행년도 : 2010. 8.

주요내용 :

농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치를 이용한 농작업은 주로 경사지 등의 열악한 장소에서 수행된다. 그러므로 작업자의 안전을 위한 비상스위치 기능, 기본 기능인 작업기 속도 제어, 붐 승하강제어, 암 승하강제어를 하도록 프로그램을 구성하여야하므로 유압장치는 핵심 부품이다. 유압장치는 작업기의 동작을 전반적으로 관리하기 위한 장치로서 붐과 암을 승하강시키고, 작업기를 구동하도록 설계, 제작하였다. 기존의 트랙터의 PTO 동력을 이용하여, 유압원, 유압 동력을 절환하기 위한 밸브, 유압모터를 유량제어로 조절하기 위한 밸브, 작업기를 실제 구동하기 위한 유압모터, 링크의 암과 붐, 작업기링크를 작동하기 위한 밸브, 링크를 원활하게 작동하기 위한 유압 실린더 등으로 구성하였다. 컴퓨터 시뮬레이션의 실험방법은 1) 스텝 응답실험: 입력 각도를 10°, 20°, 30°로 하여 시뮬레이션, 2) 주파수 응답: 입력 주파수를 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2hz로 하여 시뮬레이션, 3) random 응답: 시스템에 입력 신호는 무작위로 설정하고 입력 샘플 시간은 0.1, 0.5, 1, 5, 10초 단위로 설정하여 시뮬레이션하였다. 그러므로 본 연구에서는 3점히치 장착형 암식 작업기의 유압장치를 설계하여 시뮬레이션을 수행하였다.

■ 논문명 : 트랙터 3점히치 장착형 암식 작업기의 유압장치 시뮬레이션에 관한 연구

저자 : 이상식, 성현석, 허민호, 박원엽

학술지 : 농업기계학회, 바이오시스템학회

발행년도 : 2010. 8.

주요내용 :

본 연구에서 설계한 암식 작업기는 작업기의 암을 트랙터의 횡방향으로 작동하기 때문에 트랙터의 횡전도 문제를 발생시킬 수 있다. 농업기계의 전도 안전성에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 지속적으로 수행되어져 왔다. 그러므로 본 연구에서는 암식작업기를 장착한 트랙터의 전도 안전성 문제를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 트랙터의 전도는 정적 및 동적상태의 횡전도와 정적 및 동적상태의 후방전도가 있다. 본 시스템의 후방전도는 고려의 대상이 아니며 횡전도에서도 동적상태에서도 고려의 대상이 아니다. 하지만 정적상태에서의 횡전도는 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 암식작업기가 장착된 트랙터의 정적상태 횡전도에 대한 연구를 목적으로 하고 있다.

나. 국내 특허

■ 특허명 : 농용트랙터 3점히치 장착형 암식 작업장치

출원인 : 우성정공(주)

출원번호 : 10-2011-0012244

다. 상품화

■ 상품명 : 트랙터용 암식 작업기

상품기업 : 우성정공(주)

발행년도 : 2011. 3.

제 품 :



## 제 2 절 산업화 추진 방안

### 1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 경사지면의 제초작업이 가능한 암식 작업장치를 연구 개발하여, 참여기업이 산업화를 위한 추가적인 양산 체계를 구축함.
- 개발초기 산업재산권을 확보하고, 개발과 동시에 제품생산 방법, 라인구축 등을 실시하여 제품의 판매가 조기에 가능하도록 함.
- 국내외 판매뿐만 아니라 미국, 일본 및 유럽에 수출 가능한 제품으로 개발함.

### 2) 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	200	300	500	700	1,000	2,700
경제적 파급효과	1,000	2,000	4,000	8,000	20,000	35,000
부가가치 창출액	200	300	500	700	1,000	2,700
합계	1,400	2,600	5,000	9,400	22,000	40,400

## 제 3 절 타분야 활용 및 추가연구 필요성

- 1) 트랙터 외 임업용 작업기계 및 굴삭기 등에도 응용 가능함.
- 2) 추가보완연구는 부품의 신뢰성을 조기에 확보하여 국내뿐만 아니라 해외시장 수출이 가능하도록 보완하는 연구가 필요함.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 제 1 절 학술논문

- 김경욱, 박현기, 김재원, 송태영, 박문섭, 조구현. 2002. 다물체 동력학 해석 프로그램을 이용한 포워더의 횡진도 분석. 바이오시스템공학회지 27(3):185-194.
  - 3차원 횡진도 시뮬레이션을 통해 포워더가 등고선 방향으로 주행하며 경사 위쪽의 장애물을 통과할 때 원목의 적재 여부, 주행속도, 장애물의 크기, 지면 경사각에 따라 횡진도가 일어나는 위험 속도를 측정하였다. 또한 보기 차륜을 장착한 포워더와 단순 6륜 구동 포워더에 대한 횡진도 안전성을 비교 분석하였다.
  
- 박영준, 김경욱, 김재원, 박문섭, 송태영. 2007. 측면 적재형 소형 임내 작업 차량의 횡진도 시뮬레이션. 바이오시스템공학회지 32(2):69-76.
  - 측면 적재 방식의 임내차 시작기를 대상으로 동적모형을 개발하고, 적재목의 유무, 지면 경사도, 장애물의 강도, 주행방향에 따라 한계 전도각을 시뮬레이션하여 안전 주행 영역을 제시하였다.
  
- 이동훈, 조용진, 권구범, 이규승. 2009. 비도로차량 작업부의 최적 2차원 균평제어 시스템에 관한연구. 한국농업기계학회 2009년 동계학술대회 논문집 14(1)154-158.
  - 2차원 자동 균평 제어시스템을 구현하기 위하여 소형으로 비도로 차량을 제작한 후 차체의 기울기를 수치화한 입력값과 작업부의 균평을 제어하기 위한 모터의 출력값으로 구성되는 제어시스템을 구현하였고, 이로부터 반응속도 측정 실험과 제어 대상의 오차실험을 통해 소형차량의 기본조건에서 얻을 수 있는 최적의 제어조건을 판별하였다.
  
- 이상식, 문정환, 이규승, 박원엽, 이충호, 황헌. 2005. 경사지 트랙터의 자동수평기구부 개발 및 응답특성에 관한 연구. 바이오시스템공학회지 30(1):1-7.
  - 평지 작업 및 경사지에서도 항상 차체가 수평을 유지하는 경사지 트랙터의 수평기구 장치의 링크부를 설계, 제작하였다. 또한 응답실험을 위해 실험장치를 제작하고, 이를 이용하여 임의의 경사각 변화에 따른 시스템의 종작 상태 및 제어 성능을 조사하였다.
  
- 장익주, 김태수, 손재룡, 배찬용. 2006. 트랙터용 유압분 부착형 모워 개발에 관한 연구. 바

이오시스템공학회지 31(4):334-341.

- 트랙터가 접근하기 어려운 지역의 제초작업을 위해 붐과 암으로 구성된 트랙터 부착 다관절의 매니퓰레이터 방식의 모워의 시작기를 제작하였고, 유압작동 방식을 결정하여 성능실험을 수행하였고, 이로부터 붐형 방식의 다관절 모워작업기의 적용형태에 대한 방향 및 각용가능성을 제시하였다.
- 현동운, 김경욱, 조진상. 1997. 농용 트랙터의 횡전도 시뮬레이션. 한국농업기계학회 1997년 하계 학술대회 논문집 2(2):25-31
- 경사면에서 장애물이 충돌할 때 일어나는 트랙터의 횡전도 운동에 대한 수학적 모델을 이용하여 주어진 설계 조건에서 특정 트랙터가 횡전도 될 수 있는 한계 지면 경사각을 예측할 수 있는 횡전도 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 모형 트랙터의 횡전도 실험 결과와 같은 조건에서 수행된 시뮬레이션 결과와의 비교를 통해 시뮬레이션 프로그램의 유효성을 검증하였다.

## 제 2 절 관련특허

- 장익주, 2006. 트랙터 부착 붐 모워. 특허번호 10-0589612-0000
- 본 발명의 목적은 사람의 팔과 같은 매니퓰레이터(manipulator)를 트랙터에 부착하여 평지형 제초기가 작업할 수 없는 경사진 곳이나 도랑, 가파른 경사지, 울타리의 옆쪽, 수로 주위의 독과 같은 도달하기 어렵고 작업이 어려운 지역에서 용이하게 제초작업을 수행할 수 있도록 된 트랙터 부착 붐 모워를 제공함에 있다. 이에 본 발명은 트랙터의 전방에 설치되는 베이스와, 상기 베이스에 회전가능하게 장착되는 선회대와, 상기 선회대 끝단에 회동가능하게 설치되고 선회대에 설치된 유압실린더에 연결되어 회동되는 붐, 상기 붐 끝단에 링크결합되고 붐에 설치된 유압실린더에 연결되어 회동되는 제1아암, 상기 제1아암의 끝단에 링크결합되고 상기 붐에 설치된 유압실린더에 연결되어 회동되는 제2아암, 상기 제2아암의 끝단에 설치되는 모워, 상기 각 구성부를 구동시키기 위한 유압부 및 제어부를 포함하는 트랙터 부착 붐 모워를 제공한다.

## 제 7 장 참고문헌

1. 국립농산물품질관리원 농업정보통계과, 국토면적과 이용현황 추이표, 2001
2. 김경욱, 박현기, 김재원, 송태영, 박문섭, 조구현, 다물체 동력학 해석 프로그램을 이용한 포워더의 횡전도 분석, 2002, 한국농업기계학회지, 27(3):185-194
3. 박영준, 김경욱, 김재원, 박문, 송태영, 측면 적재형 소형 임내 작업 차량의 횡전도 시뮬레이션, 2007, 바이오시스템공학회지 32(2):69-76
4. 유병규, 디지털농업 전개에 따른 경북지역의 농업정책 방향 연구, 2005, 2004 연구보고서 (I): 296
5. 이동훈, 조용진, 권구범, 이규승, 비도로차량 작업부의 최적 2차원 균형제어 시스템에 관한연구, 2009, 한국농업기계학회 2009년 동계학술대회 논문집 14(1):154-158
6. 이상식, 문정환, 이규승, 박원엽, 이충호, 황현, 경사지 트랙터의 자동수평기구부 개발 및 응답특성에 관한 연구, 2005, 바이오시스템공학회지, 30(1):1-7
7. 장익주, 김태수, 손재룡, 배찬용, 트랙터용 유압붐 부착형 모워 개발에 관한 연구, 2006, 바이오시스템공학회지 Vol 31(4): 334-341
8. 현동윤, 김경욱, 조진상, 농용 트랙터의 횡전도 시뮬레이션, 1997, 한국농업기계학회 1997년 하계 학술대회 논문집 2(2):25-31
9. Tatsuo matsuyama, Ken kawasaki, Sumiyuki fujioka, Kunihiko maeoka, On the side-overturning angle of the 4wheel tractor on slope land(I) - on the static side-overturning angle -, 1969, JSAE, 32(2):111-116
10. Chieng W. H. 1990. Computer-aided kinematic analysis of planar mechanism based on symbolic pattern matching of independent kinematic loops. J of Mechanical Design 1:112





## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.