

발간등록번호

11-1541000-000485-01

## 반궤도식 다목적 산림작업차 개발

Development of Half Crawler Type  
Mini-forwarder for Multiple Purpose

경북대학교

농림수산식품자료실



0004611

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “반케도식 다목적 산림작업차 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010년 5월 25일

## 주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 박 상 준

책 임 연 구 원 : 한 상 렬

선 임 연 구 원 : 허 태 철

연 구 원 : 김 재 환

연 구 원 : 김 민 규

연 구 원 : 권 현 정

## 참여기업명 : (주)유림기계

책 임 연 구 원 : 오 경 춘

선 임 연 구 원 : 천 형 준

선 임 연 구 원 : 박 기 정

연 구 원 : 강 성 진

## 협동연구기관명 : 임업기술훈련원

협동연구책임자 : 이 성 환

선 임 연 구 원 : 신 영 환

선 임 연 구 원 : 손 병 선

# 요 약 문

## I. 제 목

### 반계도식 다목적 산림작업차 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라 산림의 약 60%가 III영급 이하의 어린나무로서 우량 대경목으로 유도하기 위하여 숲가꾸기 사업과 육림작업이 더욱 필요하고 또 일부 산림에 대해서는 간벌과 주벌등의 산림작업이 필요하다. 산림작업은 대부분 인력에 의존하는 노동집약 형태로서 인건비 상승에 따라서 작업비가 급등하고 있으므로 인력위주의 작업을 기계화하여 인건비의 상승과 노동력 부족을 대체할 방안이 필요하고 산주의 소득증대를 위한 작업의 효율성과 생산비 저감효과를 위한 임업기계화가 필요하다.

우리나라의 주요한 임목수확작업시스템은 대부분 벌목업자들에 의해 행해지고 있는 시스템으로서 체인톱을 이용한 벌도 및 조재작업과 굴삭기 부착 우드그랩에 의한 하산집재작업 및 집적작업과 작업로 개설, 작업로를 이용한 소운재용 임내 차량에 의한 소운재의 임목생산작업 방법이 이용되고 있다.

한편, 벌도작업 및 조재작업, 집재작업은 고성능 임업기계와 보급을 통하여 작업의 안전 및 생산성 향상 등 작업의 효율성이 증가 되고 있으나 산림 내 소운반작업은 대부분 트럭을 불법으로 개조 개량한 소운재용 트럭(일명 영운기)과 노후된 4륜구동 트럭(GMC 트럭)이 사용되고 있다. 특히, 원목의 상하차를 위한 자체적인 크레인(우드그랩)이 장착되어 있지 않으므로 원목의 상하차작업을 위해 굴삭기 우드그랩이 사용되고 있어 임목운반작업의 효율성이 떨어진다. 또한 소운재용 임내 차량의 주행을 위해 폭이 넓은 작업로(폭 3~4m)가 무분별하게 개설되고 사용 후 방치하여 산지의 훼손이 심각한 실정이다.

그러므로 부족하고 고령화된 농산촌의 인구에 따른 임업노동력을 대체하고 안전하고 쾌적한 산림작업을 위하여, 앞으로 증가할 국산재의 수요 및 간벌 등의 산림작업과 험준한 산악지의 사방사업 및 임도사업의 토목사업 등의 효율적인 자재운반등을 위한 산림작업차의 개발 보급과 임업기계화가 시급한 과제이다. 또한 임목생산작업에서 임업기계화를 통한 생산비 감소 및 작업의 안전성 확보와 임업의 활성화

화에 따라 산주의 소득증대를 향상시키며, 무분별한 작업로 개설로 인한 산지의 훼손을 줄일 수 있는 환경친화적인 임목수확작업시스템의 구축이 필요한 실정이다.

따라서 우리나라 산악지 지형에 적합하고 임목운반을 비롯한 사방사업과 임도사업 등 각종 산림작업의 자재운반 등에 효율적인 로그그래플(log grapple) 부착 다목적 반궤도식 산림작업차의 개발이 필요하다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 반궤도식 다목적 산림작업차의 설계 및 제작

산림작업차량의 기본 차체는 최소화전반경 설계기준이 차량길이 5m 이므로 차량의 총길이를 적재함의 길이에 맞게 설계 제작하였으며, 전폭 1.9m 내외, 적재부의 길이는 우리나라에서 생산되는 목재의 길이가 대부분 2.8~3.6m 이므로 이에맞게 설계 제작하고, 적재용량 약 2.5m<sup>3</sup>(2ton)의 원목을 적재할 수 있도록 하였다.

엔진은 임업기계용 엔진이 험로와 많은 적재량을 적재하여 주행하므로 일반 자동차용 보다 부하가 크게 걸리므로 내구성과 구동력을 고려하여 엔진회전수를 낮추어 사용한 96마력급 디젤엔진을 채택하였다.

전륜 바퀴부는 고무타이어식으로 크기가 10-16.5의 플라이급수가 8인 외부직경 780mm의 타이어를 사용하였고, 조향방식은 애커만 조향방식을 채택하여 일반차량과 동일하며 오비트 모터에 의한 파워식 조향장치를 이용하여 손쉽게 조향이 가능하도록 하였다.

후륜 바퀴부는 고무 크롤러식으로 작업로를 보호하고 소음이 적으며 노면의 충격을 완화시킬 수 있도록 하였고, 고무궤도의 교환 및 정비의 간편성을 위해 양쪽의 스프라켓 간격을 조정할 수 있도록 하였다.

동력전달부는 HST(Hydro-Static Transmission)를 적용하여 기계식 트랜스미션을 사용하는 대신 유압에 의한 동력전달로 차량을 구동시키도록 하여 주행용 메인 펌프 2개와 작업용 보조펌프 2개로 구성 하였다. 또한, 시작기의 원활한 주행성과 안전성을 감안하여 전후 4륜에 설치한 모터들의 구성회로를 병렬로 구성하여 기본 차량을 제작하였다. 그 결과 전후 4개의 주행장치가 서로 노면과의 접지압이 상이하여 바퀴의 슬립현상과 노면상태가 불량할 경우 구동 불균형이 발생하는 것을 방지할 수 있도록 하였다.

산림작업차량의 조작부는 산림작업차의 주행을 조작하기 위한 부분으로서 핸들에 의한 방향전환과 전후진 조작레버, 운전석, 가속페달 등으로 구성되어 있다. 산림작업차의 운전 및 운전석은 일반 자동차의 운전 및 운전석 형태로 설계 제작하였으며, 운전은 운전석에서 핸들과 전후 주행용 레버를 이용하도록 설계 제작하였다. 또

한 운전석에는 산림작업차의 엔진상태와 엔진속도, 연료량, 주행시간, 엔진온도 등 일반 자동차와 같이 기본적인 상태를 파악할 수 있도록 운전석 전면에 기본적인 계기판을 장착하였다.

로그그래플은 임내에 산재된 원목을 차량에 적재하는 작업이 가능하도록 2단 관절, 1단 신축식으로 제작하였으며, 아우트리거(Out-rigger)와 모듈식으로 제작하였다. 칼럼(Column)은 일반적으로 산업용에 적용되는 고장력강을 이용하여 굽힘이나 좌굴에 강하고 안전성을 확보하도록 하였고, 최대 작업 반경은 5m 정도로 산림작업차 작업에 충분한 작업반경을 확보하도록 고안하였다. 그래플은 소경목을 취급하기 적합한 그래플 단면적인 약 0.14m<sup>2</sup>의 소형으로 설계 제작 하였다.

## 2. 반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 작업시스템 개발

반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 임목수확작업시스템을 구축하기 위해 지형과 임상, 임도망, 임목생산 규모적인 측면을 구분하여 우리나라에서 주로 사용되고 있는 임업기계를 중심으로 한 임목수확작업시스템을 개발한다.

따라서 본 연구과제에서 연구 개발한 반궤도식 다목적 산림작업차의 임목수확작업시스템을 구축하기 위해서는 임목수확작업에서의 필수요소인 임도와 작업도, 작업로를 많이 개설하여 효율적인 산물수집을 위한 노망을 구축하고, 고성능 임업기계의 보급과 전문 인력을 양성하여 임목수확작업시스템을 구축할 수 있도록 한다.

또한, 우리나라에 외국 도입 및 자체 개발된 임업기계들이 다양하게 있으므로, 현지 산림작업장의 지황 및 임황에 따라 생산성이 최대, 비용이 최소가 될 수 있는 노망의 구축과 최적의 조합을 가진 작업시스템을 적용하여 최대의 효율이 나타날 수 있도록 한다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

반궤도식 다목적 산림작업차의 개발로 숲가꾸기 작업과 간벌작업, 목재생산작업 등의 산림작업에서 생산되는 원목을 안전하고 효율적으로 운반할 수 있어 원목생산시스템의 생산성 향상이 가능하다.

또한, 산림작업차의 적재부에 목재상하차용 로그그래플을 장착하고 토목사업에서의 자재 운반 등을 위해 덤프기능을 장착한 반궤도식 다목적 산림작업차를 개발하여 산림내에서 목재운반과 토목사업의 자재운반 등 산지내 산림작업 특성을 고려하여 다목적으로 사용할 수 있도록 함으로서 노동인력의 안전성 확보와 노동인력 절감으로 인한 비용감소, 노동인력 대체 등에 기여할 수 있다.

더욱이, 우리나라의 지형과 임상 등 실용성이 높은 임업기계의 자체 설계 능력과

제작기술의 확보로 현재 수입에 의존하는 임업기계를 대체하고 임업기계의 국산화를 촉진시키며, 임업기계 관련회사의 기술 확보와 사업영역을 확대시킬 수 있을 것이다.

# SUMMARY

## I . Title

Development of Half Crawler Type Mini-Forwarder for Multiple Purpose

## II. The Needs and Objective for Study

Almost 60% of forest stands are under the age of 30 years, and these need a lot of thinning. Thinning operation need a lot of work force which depend on mostly unskilled workers, because of low mechanization in timber harvesting operations. The deficiency and ageing of labor in rural area brought some difficulties for getting the man power needed for forest operations, and the rapid increase of labor cost due to raising of general wage level.

The thinning operations are most labour intensive and the scale of the thinning area are too small to rationalize and that result low productivities and low utilization of thinning timber with small dimensions. To solve those problems related on thinning operations in korea, introduction of mechanization will be one of solutions to reduce the labor input and work load in thinning operation,

Also, the felling operation and the bucking operation, the yarding operation are raised efficiency by forest machines. But, the transportation operation in forest are used the illegal tuning trucks and the aging trucks of a four wheel drive type(GMC truck).

Therefore, it needs development and supply of half crawler type mini-forwarder for a substitution of labor, a safety forest operation, a efficiency of transportation in forest. This study was conducted to develop a half crawler type Mini-Forwarder that is the efficient forwarder in the steep terrain and small scale logging operation in Korea. It is also used at a variety of operations such as log transportation, the work of erosion control and forest-road.

## III. Research Contents and Scope

## **1. The design and manufacturing a half crawler type mini-forwarder**

This study was conducted to develop a half crawler type Mini-Forwarder that is the efficient forwarder in the steep terrain and small scale logging operation of Korea. It is also used at a variety of operations such as log transportation, the work of erosion control and forest-road.

The half crawler type Mini-Forwarder was designed and manufactured as the front tire wheel which is controlled by power steering and the rear rubber crawler. And it is consists of the several parts; power, driving, body, loading and controller. The power engine used in this study is maximum power 96ps in 3600rpm and 3,568cc.

Transmission was applied to HST(Hydro Static Transmission) type. Hydraulic pumps are consists of two main pumps and two charge pumps. Main hydraulic pumps are utilized for the running motor of the front wheel and rear crawler. Charge pumps are utilized for the attachment parts such as steering cylinder, crane, out rigger and dump cylinder.

The total length and loading volume is 5,750mm and 2ton. Driving control parts are consists of the power steering handle, lever which can move forward and backward and accelerating pedal. As a result of the driving test, maximum speed was 8.5km/hr.

Designed log-grapple has lifting capacity of 2ton which can lift maximum 400kg with 5m extended boom length. The log-grapple is mounted on the frame of mini-forwarder between driver seat and load platform.

## **2. The development of operation system by half crawler type mini-forwarder**

This research was conducted to investigate the efficiency of log-transportation and to establish the forest operation system by half crawler type mini-forwarder.

## **IV. Results and Discussion**

Development of half crawler type mini-forwarder will be able to improve a efficiency of forest operation system because it can be safe and carries efficiently timber in forest management operation and thinning operation.

This research is intended to decrease the cost at developing and purchasing forestry machines and to progress yield efficiency of thinned timber and production rate of forestry. The domestic forestry machine production company

is which it can obtain the enterprise many-sidedness anger and the new market security. It follows in mechanization and the necessity rise of the young specialty technician and job creation effect is expected.

# CONTENTS

<b>Chapter 1. Introduction</b> .....	<b>12</b>
Section 1. The Objectives of the Research .....	12
Section 2. The Needs for Technology Development .....	12
Section 3. The Scope of the Research .....	15
<b>Chapter 2. Trends of Foreign and Domestic Research</b> .....	<b>17</b>
Section 1. Supply Status of Forest Machine in Korea .....	17
Section 2. Status of Research in Foreign and Domestic .....	18
Section 3. View of Research and Development .....	19
<b>Chapter 3. Research Contents and the Results</b> .....	<b>21</b>
Section 1. Function Analysis of Mini-Forwarder .....	21
1. The Kind of Mini-forwarder in Foreign and Domestic .....	21
2. The Kind of Log-grapple in Foreign and Domestic .....	28
3. Function Analysis of Mini-Forwarder .....	33
Section 2. The Research Objective Establishment of Mini-Forwarder .....	42
1. The Design Objective Establishment of Mini-Forwarder .....	42
2. Selection of Functional Part .....	47
Section 3. Development Method of Mini-Forwarder .....	59
Section 4. Design and Manufacture of Mini-Forwarder .....	70
1. Design of Mini-Forwarder .....	70
2. Manufacture of Mini-Forwarder .....	71
3. Driving Capability Test .....	97
Section 5. The Road Test of Manufactured Mini-Forwarder .....	104
1. Methods of Road Test .....	104
2. Results of Road Test .....	104
3. Modification and Improvement .....	111
Section 6. Operation System Development of Mini-Forwarder .....	114

1. Trends of Forest Harvest Operation System in Korea .....	114
2. Process Analysis of Mini-Forwarder .....	116
3. Operation System Spread of Mini-Forwarder .....	118
<b>Chapter 4. The Achievement of the Goal and Contributions .....</b>	<b>120</b>
Section 1. The Achievement of the Goal .....	120
Section 2. The Contribution of the Related Field .....	122
<b>Chapter 5. The Application Plan of Achieved Results .....</b>	<b>123</b>
Section 1. Extension Plan .....	123
Section 2. Industrialization Plan .....	123
Section 3. Technology Transfer Plan .....	124
Section 4. Paper Publication Plan .....	124
<b>Chapter 6. Foreign Technology Information .....</b>	<b>125</b>
<b>Chapter 7. References .....</b>	<b>131</b>
<b>[ Appendices ] .....</b>	<b>133</b>

# 목 차

<b>제 1 장 연구개발과제의 개요</b> .....	<b>12</b>
제 1 절 연구개발의 목적 .....	12
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	12
1. 기술적 측면 .....	14
2. 경제·산업적 측면 .....	14
3. 사회·문화적 측면 .....	15
제 3 절 연구개발의 범위 .....	15
1. 반케도식 다목적 산림작업차 개발 .....	15
2. 반케도식 다목적 산림작업차를 이용한 작업시스템 개발 .....	16
<b>제 2 장 국내의 기술개발 현황</b> .....	<b>17</b>
제 1 절 우리나라 임업기계의 보급 현황 .....	17
제 2 절 국내의 기술개발 현황 .....	18
제 3 절 향후 기술 개발의 전망 .....	19
<b>제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과</b> .....	<b>21</b>
제 1 절 반케도식 다목적 산림작업차의 기능 및 성능 분석 .....	21
1. 국내외 주요 산림작업차의 기능 및 성능 분석 .....	21
2. 국내외 로그그래플의 기능 및 성능 분석 .....	28
3. 산림작업차 시작기의 기능 및 성능 분석 .....	33
제 2 절 반케도식 다목적 산림작업차의 목표사양 설정 .....	42
1. 산림작업차 시작기의 설계목표 설정 .....	42
2. 산림작업차 시작기의 주요 기능품 선정 및 부품발주 .....	47
제 3 절 반케도식 다목적 산림작업차의 개발방법 및 내용 .....	59
제 4 절 반케도식 다목적 산림작업차의 설계 및 제작 .....	70
1. 산림작업차 시작기의 설계도안 및 설계서 작성 .....	70
2. 산림작업차 시작기의 제작 .....	71
3. 산림작업차 시작기의 기능 및 성능 테스트 .....	97
제 5 절 반케도식 다목적 산림작업차의 현장 적용성 시험 .....	104
1. 산림작업차 시작기의 현장 적용성 시험 방법 .....	104

2. 산림작업차 시작기의 현장 적용성 시험 결과 .....	104
3. 산림작업차 시작기의 기능 및 성능 보완 사항 .....	111
<b>제 6 절 반케도식 다목적 산림작업차의 작업시스템 개발 .....</b>	<b>114</b>
1. 우리나라 임목수확작업시스템의 현황 .....	114
2. 반케도식 다목적 산림작업차의 상하차작업 공정 분석 .....	116
3. 반케도식 다목적 산림작업차의 작업시스템 구축 .....	118
<b>제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도 .....</b>	<b>120</b>
제 1 절 목표달성도 .....	120
제 2 절 관련분야의 기여도 .....	122
<b>제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....</b>	<b>123</b>
제 1 절 현장보급 방안 .....	123
제 2 절 기술이전 방안 .....	123
제 3 절 산업화 계획 방안 .....	124
제 4 절 논문 발표 계획 .....	124
<b>제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....</b>	<b>125</b>
<b>제 7 장 참고문헌 .....</b>	<b>131</b>
<b>[ 부 록 ] .....</b>	<b>133</b>

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 목적

산림작업은 1차 산업 중에서도 작업환경이 열악한 대표적인 3D 산업으로 젊은 노동력의 확보가 어려운 실정으로, 노동력의 부족과 고령화에 대응하고 또한 작업의 안전성 및 노동생산성 향상과 생산비용의 절감 등을 위해서는 임업기계화가 시급한 실정이다. 그러나 임업기계의 보급과 도입에는 많은 비용이 요구되므로 임업기계의 보급과 도입에 따른 경제적·산업적 비용을 감안하고 또 임업의 활성화를 위한 방안이 필요하다.

우리나라는 1990년 이후로 임업기계의 중요성이 대두되어 다양한 고성능임업기계가 도입되기 시작하였으나, 우리나라 지형에 다소 적합하지 않은 기계가 도입되고 있으며 이로 인한 외화의 낭비와 사용법의 미보급과 고장 등에 따른 A/S 문제가 발생하고 있다. 따라서 우리나라 실정에 적합한 임업기계의 연구 및 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 우리나라 임업의 발전과 임업기계화를 촉진시키기 위한 방안으로서 우리나라의 험준한 급경사 지형과 단목중심의 목재생산시스템, 다소 급경사의 작업도 등에 적합하고 목재운반과 사방사업, 임도사업 등의 산림토목사업의 자재운반 등 다양한 산림작업에 유용하게 활용할 수 있는 반궤도식 다목적 산림작업차 개발을 목표로 수행하였다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

우리나라 산림의 약 60%가 III영급 이하의 어린나무로서 우량 대경목으로 유도하기 위하여 숲가꾸기 사업과 육림작업이 더욱 필요하고 또 일부 산림에 대해서는 간벌과 주벌등의 산림작업이 필요하다. 산림작업은 대부분 인력에 의존하는 노동집약 형태로서 인건비 상승에 따라서 작업비가 급등하고 있으므로 인력위주의 작업을 기계화하여 인건비의 상승과 노동력 부족을 대체할 방안이 필요하고 산주의 소득증대를 위한 작업의 효율성과 생산비 저감효과를 위한 임업기계화가 필요하다.

또한, 우리나라의 주요한 임목수확작업시스템은 대부분 벌목업자들에 의해 행해지고 있는 시스템으로서 체인톱을 이용한 벌도 및 조재작업과 굴삭기 부착 우드그랩에 의한 하산집재작업 및 집적작업과 작업로 개설, 작업로를 이용한 소운재용 임내 차량에 의한 소운재의 임목생산작업 방법이 이용되고 있다.

한편, 벌도작업 및 조재작업, 집재작업은 고성능 임업기계의 보급을 통하여 작업의 안전 및 생산성 향상 등 작업의 효율성이 증가 되고 있으나 산림 내 소운반작업은 대부분 트럭을 불법으로 개조 개량한 소운재용 트럭(일명 영운기, 그림 1-1)과 노후된 4륜구동 트럭(GMC 트럭)이 사용되고 있다. 특히, 원목의 상하차를 위한 자체적인 크레인(우드그랩)이 장착되어 있지 않으므로 원목의 상하차작업을 위해 굴삭기 우드그랩이 사용되고 있어 임목운반작업의 효율성이 떨어진다. 또한 소운재용 임내 차량의 주행을 위해 폭이 넓은 작업로(폭 3~4m)가 무분별하게 개설되고 사용 후 방치하여 산지의 훼손이 심각한 실정이다(그림 1-2).

그러므로 부족하고 고령화된 농산촌의 인구에 따른 임업노동력을 대체하고 안전하고 쾌적한 산림작업을 위하여, 앞으로 증가할 국산재의 수요 및 간벌 등의 산림작업과 험준한 산악지의 사방사업 및 임도사업의 토목사업 등의 효율적인 자재운반 등을 위한 산림작업차의 개발 보급과 임업기계화가 시급한 과제이다. 또한 임목생산작업에서 임업기계화를 통한 생산비 감소 및 작업의 안전성 확보와 임업의 활성화에 따라 산주의 소득증대를 향상시키며, 무분별한 작업로 개설로 인한 산지의 훼손을 줄일 수 있는 환경친화적인 임목수확작업시스템의 구축이 필요한 실정이다.

따라서 우리나라 산악지 지형에 적합하고 임목운반을 비롯한 사방사업과 임도사업 등 각종 산림작업의 자재운반 등에 효율적인 로그그래플(log grapple, 원목집게) 부착 다목적 반궤도식 산림작업차의 개발이 필요하다.



그림 1-1. 우리나라의 주요한 소운재용 산림작업차 트럭



그림 1-2. 소운재 산림작업차 트럭용 작업로와 훼손 모습

## 1. 기술적 측면

우리나라의 소운반작업은 대부분 트럭을 불법으로 개조 개량한 소운재용 트럭(일명 영운기)과 노후된 4륜구동 트럭(GMC 트럭)이 사용되고 있어, 소운재용 임내 차량의 주행을 위해 폭이 넓은 작업로(폭 3~4m)가 무분별하게 개설되고 사용 후 방치하여 산지의 훼손이 심각한 실정이다.

따라서, 우리나라의 산지 훼손 방지 및 산림작업에 적합한 임업기계의 연구·개발이 필요하다. 그러나 우리나라의 임업기계는 한정된 시장으로 민간기업의 투자가 부족한 실정이고 임업기계에 대한 연구·개발이 부족한 실정이므로 반궤도식 다목적 산림작업차 개발은 경제 산업적으로 임업기계에 대한 기술개발의 기술력을 확보할 수 있을 것이다.

또한, 1970년대 이후 임업기계의 중요성이 대두됨에 따라 외국에서 도입한 고성능 임업기계들은 부속품들의 소모와 사용에 따른 여러 가지 문제가 다양하게 발생되므로 신속하고 편리한 A/S 체제 및 지원으로 사용상의 다양한 편리성을 확보할 것으로 사료된다.

따라서, 반궤도식 다목적 산림작업차의 개발은 국내 임업기계 관련 제작회사들의 새로운 기계의 개발과 사업 영역확보 측면에서 효과적이며, 임업기계의 국산화를 실현함과 동시에 타 연구개발 기계의 선행 연구가 확보될 것이다.

## 2. 경제·산업적 측면

우리나라 임상의 약 60%는 III영급 이하의 어린나무로서 숲가꾸기를 통하여 지속적으로 가꾸어 주어야 하고 또한 나머지 일부 수종에 대해서는 간벌과 주벌 등의 산림작업이 필요하여 이를 위한 집재작업의 기계화로 노동력의 부족에 대응하고 작업능률의 향상을 도모하여야 한다.

현재 임업기계의 필요성이 고조되어 임업기계의 보급이 증가하고 있으나 국내에 관련 임업기계의 부재로 인해 우리나라에 다소 적합하지 않는 외국의 장비가 도입되고 있으며, 이로 인한 외화의 낭비와 사용법의 보급과 고장 등에 따른 A/S문제가 발생하고 있으므로 임업기계의 국산화가 필요한 시점이다.

또한 우리나라의 지형과 임상에 적합한 반궤도식 다목적 산림작업차의 개발과 보급으로 산림작업의 생산성 및 효율성을 향상시킬 수 있으며, 국산 임업기계의 보급으로 임업의 기계화의 활성화와 임업에 있어서 새로운 고용창출과 산주의 소득증대 효과를 기대할 수 있고, 고가의 수입 임업기계에 대한 국내 임업기계의 연구 개발로 인해 소모 및 수리정비 부품들을 국내에서 조달할 수 있으므로 임업기계의 도입비용과 A/S비용에서도 많은 외화를 절감할 수 있다.

### 3. 사회·문화적 측면

반궤도식 다목적 산림작업차는 로그그래플과 덤프의 장착으로 산림작업의 목재 운반 외의 토목사업의 자재운반 등 산지내의 산림작업 특성을 고려하여 다목적으로 사용할 수 있도록 임지 주행성과 적재성을 최대한 반영하여 제작함으로써 다양한 작업을 할 수 있다.

또한 임업기계의 수요에 맞는 임업기계보급과 임업기계화의 활성화에 기여하며, 3D 직종의 기피현상에 따른 임업의 노동력 부족을 임업기계가 대체함으로써 노동력의 고령화와 비용문제, 더 나아가 다양한 산림작업이 가능함으로써 산주의 소득증대에도 기여할 수 있을 것이다. 우리나라 산림실정에 맞는 임업기계를 개발함으로써 산림작업환경의 개선과 산림작업의 전문화, 우리나라 작업시스템에 맞는 우수한 전문 인력과 젊은 노동력의 확보 및 고용창출효과가 있다.

## 제 3 절 연구개발의 범위

국내외적으로 사용되고 있는 산림작업차의 기능과 성능을 조사 분석하여 우리나라의 급경사지 지형과 임상, 작업여건, 수요자 요구조건 등 국내 실정에 적합한 독자 모델의 반궤도식 다목적 산림작업차와 부속장치를 개발하고 이를 효율적으로 사용할 수 있는 산림작업시스템을 개발 구축한다. 구체적인 연구개발의 범위는 아래와 같다.

### 1. 반궤도식 다목적 산림작업차의 개발

○ 반궤도식 다목적 산림작업차는 크게 동력부, 주행부, 차체 및 적재부, 주행조작부의 4개 부분과 최소의 작업인원으로 소경재의 반출이 가능하고 다목적으로 활용할 수 있도록 로그그래플, 윈치 등의 기타 부속장비 부분으로 구성 하였다.

○ 산림작업차의 동력원인 엔진은 2,000~4,000cc의 60~150마력이나 3,000cc 전후의 60~110마력 정도의 엔진을 사용하도록 한다. 또한 크롤러 주행장치의 동력전달장치는 대부분 유압방식이며, 특히 HST(Hydro static transmission)식을 채택하였다.

○ 각종 유압펌프를 위해 엔진에서 1-3개의 PTO를 구비하고, 각각의 PTO는 별도로 작동이 가능하도록 On/Off 스위치를 장착하여 사용하지 않을 경우 작동되지 않도록 하여 에너지 손실을 줄이고 작동부의 동력을 증대시키도록 하였다.

○ 주행부는 전륜부 2개의 고무타이어 바퀴와 후륜에 2개의 궤도형 바퀴를 장착하여 등판능력과 작업안전성을 확보하고 상시 4륜 구동시스템을 채택하도록 한다.

○ 전륜 고무바퀴는 주행성 및 접지압을 높이기 위해 싱글 저압 고무타이어를 장착하고, 후륜 궤도식 바퀴의 크롤러형은 반경식 현가식을 채택한다.

○ 주행장치의 현가장치는 전후륜 독립 현가방식을 채택하고, 주행장치의 스티어링은 전륜 방향전환 아카망식 스티어링 방식을 채택한다.

○ 제동 브레이크는 내부확장식 브레이크장착 모터에 의한 유압방식을 채택하며, 제동시 전후륜의 고무바퀴와 궤도식 바퀴가 모두 제동되도록 한다.

○ 후륜 궤도 보호를 위해 고무크롤러와 궤도 이탈을 방지하기 위한 롤러장치를 부착하며, 차량의 주행속도를 최대 10km/hr까지 확보하기 위해 유압력 및 유량을 계산하여 유압펌프 및 유압모터를 선정한다.

○ 차체 및 적재부의 길이는 우리나라에서 생산되는 목재의 길이가 대부분 3.6m 이하이므로 이에 맞게 설계 제작하고, 차량길이는 임도 및 작업로의 최소 회전반경 설계기준이 차량길이 5m 이므로 이를 고려하여 설계 제작한다.

○ 적재함의 프레임은 전체 산림작업차의 차체부가 되므로 T4.5mm의 각파이프를 사용하여 최대적재중량인 2,500kg이상을 견딜 수 있도록 제작한다.

○ 산림작업차의 원목 상하차 작업시에 차체의 안정과 원목 상하차의 수월성을 위해 차체의 중앙 좌우에 2개의 아우트리거(Out rigger)를 장착한다.

○ 보조장치로서 견인력 2,000kgf와 보통꼬임 Ø9mm/25m의 와이어를 사용하는 유압식 윈치를 전방에 장착하도록 하였다.

○ 로크크레인으로서 로더는 산림작업차용으로 많이 사용되고 있는 2.5~3.0t · m의 전유압식 그래플 로더크레인을 장착하도록 하였다.

## 2. 반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 작업시스템 개발

○ 반궤도식 다목적 산림작업차에 의한 소운반 작업의 작업공정을 조사한다.

○ 반궤도식 다목적 산림작업차의 작업시스템 모니터링을 통해 임목수확작업시스템을 구축한다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 우리나라 임업기계화의 보급 현황

우리나라는 1979년 임업연구원 산림경영과에 임업기계화 연구실이 설치되어 임업기계화에 대한 연구가 본격적으로 시작됨으로서 임업기계에 대한 관심이 증대되고 임업기계화의 도입 및 개발이 이루어졌다. 1980년대에 들어와서는 강원도 강릉에 임업기계훈련원이 설립되어 임업기능인력 양성을 위한 훈련사업이 시작되었고, 체인톱, 예불기, 육림장비 등과 양묘용 장비인 묘목이식기, 단근기 등의 훈련장비도 도입되었다. 또한 80년대 중반이후로는 소형 원치, 플라스틱수라 등의 소형 임업장비와 타워야더, 트랙터 부착형 원치, 트랙터부착형 집재기 등의 고성능 기계들이 도입되었고, 우리나라 실정에 맞는 임업기계들을 국내에서 연구 개발하여 보급하였다.

2009년 산림청 임업통계연보에서 조사된 산림청, 지자체, 산림조합 등 임업관련 기관에 보급된 임업 장비는 28,098대로 그림 2-1과 같다.

- 양묘장비(트랙터, 경운기, 동력분무기, 이식기, 단근기 등) 826대
- 조림육림방비(식혈기, 예불기, 고지절단기 등) 5,131대
- 임목생산장비(체인톱, 가선계 집재기, 차량계 집재기, 수라 등) 11,129대
- 산림보호장비(천공기, 농림방제차, 살분무기, 동력펌프 등) 7,140대
- 임도건설장비(불도저, 덤프트럭, 굴착기, 착암기, 진동롤러 등) 477대
- 목재가공장비(톱밥제조기, 목재파쇄기, 박피기 등) 659대
- 기타행정장비(승합차, 이륜차, 트럭, 단속선 등) 2,736대

또한, 임업기계 중에서 임업기계화의 핵심이라고 할 수 있는 임목생산장비의 보급현황을 보면 그림 2-2와 같고, 기계톱, 수라, 타워야더, 임내차, 트랙터 부착형 집재기, 소형원치 등의 장비들이 보급되어 있다. 하지만 대부분 기계톱과 수라와 같은 소형장비 위주로 보급이 되어있는 것을 알 수 있다.

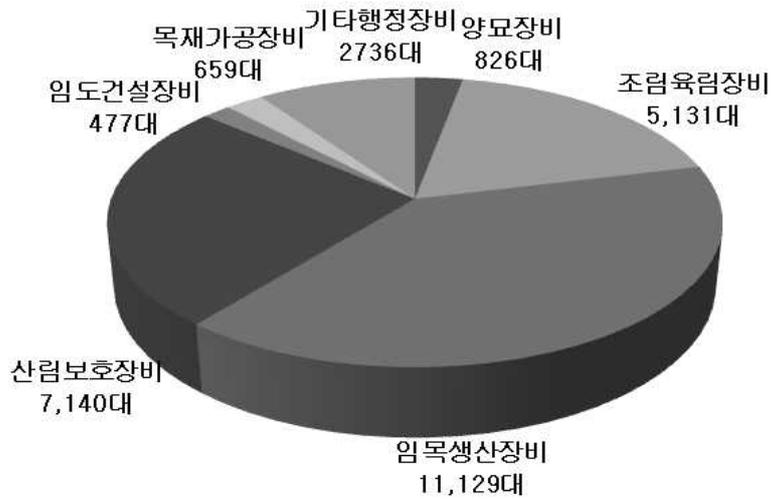


그림 2-1. 임업장비 보급현황(2009년)

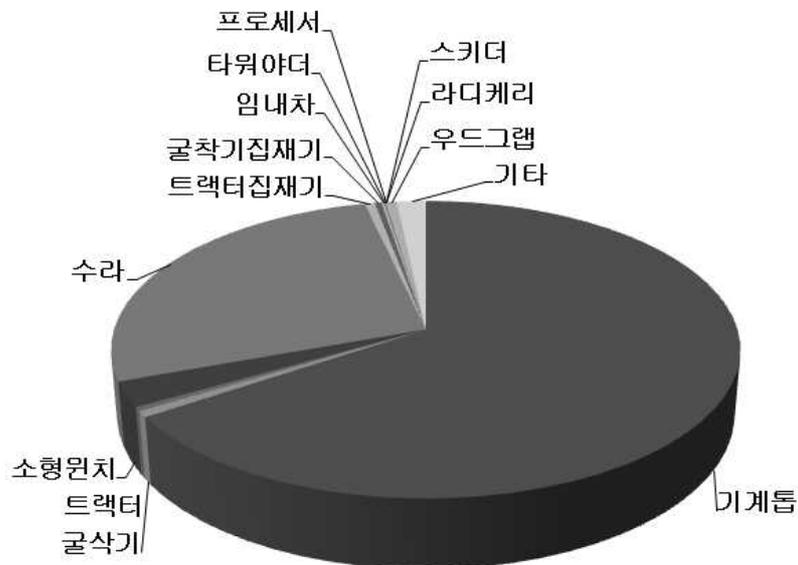


그림 2-2. 임목생산장비 보급현황(2009년)

## 제 2 절 국내외 기술개발 현황

우리나라에서의 임업기계 연구 개발은 1982년 국립산림과학원의 묘포장용 단근기 개발을 시작으로 1986년도에 국립산림과학원에서 외국에서 도입한 트랙터용 원치, 임내작업차 등에 대한 적용성 시험, 소형 집재차, 트랙터 부착 소형원치를 개발한 바 있다(산림청, 1999). 우리나라의 주요 임업기계 연구 개발 상황을 살펴보면, 밤수집기 개발(국립산림과학원, 1996)과 배부식 자동지타기 개발(국립산림과학원,

1998)로 밤 수집기와 자동지타기를 개발하였으며, 한국형 임업기계·장비개발(국립 산림과학원, 1999)과제의 일환으로 타워야더와 도저블레이드 및 로그그래플 크레인 을 장착한 4륜구동 다목적 집재차와 썰매형 2드럼 윈치와 농용 운반차 탑재형 2드럼 무선 리모콘 윈치, 휴대용 2드럼 무선 리모콘 소형윈치 등을 개발 하였다. 또한 국립산림과학원(2001)에서 원목운반용 미니 포워더를 개발하였으며, 굴삭기를 이용한 조재기 개발(국립산림과학원, 2003)과 궤도식 소형 임내작업차 개발(국립산림과학원, 2006)등이 수행되었다. 한편, 임업기계훈련원(1997)에서는 트랙터부착 윈치형 타워집재기(HAM200)를 개발·실용화시켰으며, 박상준(2002)이 굴삭기를 이용한 타워집재기 및 원목집계톱을 개발하였고, 또한, 박상준(2007)은 런닝스카이라인 삭장 방식인 트랙터부착형 타워야더(PAKO 200)를 개발하였다. 한편, 일반기계제작회사에서는 썰매형 아키야윈치, 플라스틱수라, 자동수간주사기, 표고목 천공기 및 성형기 등을 개발하여 보급하였으며, 산림청에서는 현장 직무발명으로 춘천집재기와 북부집재기, 시용집재기라는 가선계 집재기를 개발 보급하였다(산림청, 1999; 2006; 2009). 또한, 국립산림과학원(2006)에서는 소경재 집·운재용 궤도식 소형임내작업차를 개발 하였다.

그러나 우리나라 임업기계의 연구·개발은 아직 미흡한 실정이며, 우리나라 급경사 지형에 적합한 크롤러 타입(Crawler Type)의 산림작업차 연구·개발은 아직 실행되지 않았다.

일본에서는 산림작업차가 많이 보급되어 전국적으로 약 1,000대 이상 보급되어 고밀도 작업로망을 이용한 작업시스템이 정착되어 활용되고 있다. 또한 독일, 스웨덴, 핀란드 등 유럽의 선진 임업국에서는 임목을 벌목, 가지훅기, 토막내기, 쌓기작업까지 일관작업을 할 수 있는 하베스터와 프로세서, 벌목전용기계인 펠러번처 등 고성능 임업기계를 활용하여 높은 노동생산성을 달성하고 있는 수준이다.

### 제 3 절 향후 기술 개발의 전망

우리나라는 현재 ‘저탄소 녹색성장’의 정책기조에 맞춰 숲가꾸기작업과 간벌작업 등의 작업들이 많이 이루어지고 있으며, 앞으로도 지구온난화 문제와 온실가스 배출량 감축 문제 등의 여러 가지 문제들로 산림에서의 작업들이 더욱 더 활성화 될 것이다. 하지만 우리나라 산림작업의 여건은 아직 많이 열악한 실정이며, 현재 우리나라 실정에 맞는 다양한 기계들이 연구 개발되고 있으나, 대부분 가선계 집재기(PAKO 200, HAM 200, 춘천집재기 등) 중심의 연구 개발이 이루어졌다.

한편, 집재기와 더불어 산림작업에서의 필수 기계인 산림내 소운재용 산림작업차의 경우는 연구 개발이 많이 미흡한 실정이며, 특히 우리나라 급경사 지형에 알맞

은 반궤도형 산림작업차의 경우는 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구과제에서 연구 개발된 반궤도식 다목적 산림작업차는 우리나라 실정에 적합한 임업기계로 산림작업차에 로그그래플을 장착하여 다양한 산림작업 및 산림 토목작업 등에 효율적으로 사용될 것이며, 임업기계 연구 개발 분야의 기술축적과 기술 이전으로 관련 기업체의 개발역량 및 기술축적이 가능할 것이다.

또한 반궤도식 다목적 산림작업차의 현장 보급으로 불법 개조 개량되어 사용되고 있는 원목운반용 산림작업차의 위험성을 줄이고, 임지 훼손도 줄여 환경친화적인 임목수확작업시스템을 구축할 수 있을 것이며, 향후 증대될 임업기계의 수요에도 대비할 수 있을 것이다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 반궤도식 다목적 산림작업차의 기능 및 성능 분석

산림작업차(Mini-forwarder)는 주로 벌도·조재 및 집재된 원목을 차체에 탑재된 로그그래플로 상차하여 집재로나 작업도, 임도를 이용하여 토장까지 집재·운반할 수 있는 소형 포워더의 고성능임업기계를 말한다.

#### 1. 국내외 주요 산림작업차의 기능 및 성능 분석

국내외 주요 산림작업차의 종류 및 성능을 파악한 결과, 소수의 국내 연구 개발 기종과 국내 도입 및 다양한 외국 기종이 있었으나 국내에는 아직 궤도식 및 반궤도식 산림작업차가 연구 개발되지 않았으며, 반궤도식 산림작업차는 아직 도입되어 있지 않았다. 국내외 주요 산림작업차의 종류는 그림 3-1~3-5와 같다.

국내 연구개발 기종과 국내 도입 및 외국 기종의 주요 규격 및 성능은 표 3-1~3-5와 같으며, 타이어식 산림작업차는 차체의 구조가 리지드식(Rigged type)이고, 반궤도식 또는 궤도식 산림작업차는 리지드식 차체 또는 아티큘레이트식(Articulated type) 차체구조로 제작되어 있었다.

표 3-1 에서 국내에서 연구·개발된 타이어식 산림작업차는 주행속도가 25km/h, 등판능력은 30도 이상, 적재함 길이 및 폭은 2.8m 및 1.5m, 적재중량은 2,000kg, 엔진은 60마력 디젤, 구동방식은 차륜구동 방식과 6륜 전륜구동(전륜은 조향과 동시구동), 윈치 견인력은 2,000kgf 이상, 크레인 용량은 2,000kg·m 이상, 크레인 및 로그그래플 최대작업반경은 4m 이상, 로테이터는 360도 무한 회전과 최대 허용하중 3,000kg 이상이다.

또한 표 3-2와 표 3-3에서 대표적인 반궤도식 일본제 산림작업차의 주요 제원을 살펴보면, 주행속도는 15~20km 이하, 등판능력은 37도 이하, 적재량은 2,700~3,000kg, 적재장은 2,860~3,000mm, 엔진출력은 67/3,000~110/2,500 ph/rpm, 구동방식은 유압식 전륜구동, 현가방식은 전륜요동현가(코일스프링부착), 전륜 및 후륜은 싱글타이어(15-10) 및 특수고무크롤러, 제동장치는 브레이크내장 모터에 의한 유압식, 윈치는 프론터 윈치 유압식 2,000kg, 로더형식은 전유압식 그래플 로더크레인, 로더용량은 2.5~3.0t/m로 나타났다.

표 3-4는 주요 국외의 산림작업차의 종류와 특성을 나타낸 것이다. 이를 살펴보면 우리가 개발하는 산림작업차에 비해 중·대형 산림작업차가 사용되고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 임업선진국인 유럽의 경우 우리나라보다 산지 경사가 완만하여

가선계 집재보다 프로세서와 포워더를 이용한 집재를 선호하고 있기 때문이다.



그림 3-1. 국내 연구·개발된 타이어식 산림작업차(좌)와 외국도입 기종(우)



그림 3-2. 국내 도입되어 있는 크롤러식 산림작업차(일본제품)



그림 3-3. 일본의 반궤도식 산림작업차(좌:RMF-CHS, 우:RM8WD-6HGC)



그림 3-4. 다양한 궤도식 산림작업차(좌: 일본제 RMF-CB)



그림 3-5. 다양한 궤도식 및 타이어식 산림작업차와 토목용 산림작업차

표 3-1. 국내 연구·개발된 산림작업차의 제원.

구 분	내 용
모 델 명	RM8WD-6HG
주행속도	25km/h
등판능력	30°이상
적 재 함	길이 2.8m×폭 1.5m(적재중량 2,000kg 이상)
엔 진	60ps 이하(디젤)
구동방식	차륜구동 방식, 6륜 전륜구동 (전륜은 조향과 동시 구동)
최저지상고	25cm 이상
원치 견인력	2,000kgf 이상
원치 견인속도	20m/분 이상
크레인 용량	2,000kg·m 이상
크레인 및 로그그래플 최대작업반경	4m 이상
로테이터	360° 무한 회전식, 최대 허용하중 3,000kg 이상

표 3-2. 반궤도식 산림작업차의 제원 일례(일본제).

구 분		내 용
모 델 명		RMF-CHS
성 능	주 행 속 도 (km/h)	15 이하
	등 반 능 력 (도)	37
	최 소 회 전 반 경 (m)	3.5
	적 재 량 (kg)	3,000
규 격	전 장 (mm)	5,800
	전 고 (mm)	2,850
	전 폭 (mm)	1,650~2,000
	적 재 고 (mm)	950
	적 재 장 (mm)	2,860
	휠베이스(mm)	3,500
	최 저 지 상 고 (mm)	280
	차 량 중 량 (kg)	5,600
엔 진	형 식	4사이클 수냉 직렬 4기통 디젤 터보엔진
	배 기 량 (cc)	3,856
	최 대 출 력 (ps/rpm)	110/2,500
구 동 방 식		유압방식 전구동
현가 장치	현 가 방 식	전륜요동현가(코일스프링부착)
	타 이 어 전 륜	싱글타이어(15-10)
	크 롤 러 후 륜	특수고무 크롤러
연 료	종 별	경 유
	소 비 량 (g/ps·h)	175
	탱크용량(ℓ)	50
제 동 장 치		유 압 식
원 치(kg)		프론터 원치 유압식/2,000
크레인	형 식	전유압식 그래플 로더크레인
	용량(t·m)	2.5~3.0

표 3-3. 반궤도식 산림작업차의 제원 일례(일본제).

구 분		내 용
모 델 명		RM8WD-6HGC
성 능	주 행 속 도 (km/h)	20 이하
	등 반 능 력 (도)	37
	최 대 적 재 량 (kg)	2,700
	차 량 중 량 (kg)	3,000
규 격	전 장 (mm)	4,450
	전 고 (mm)	2,450
	전 폭 (mm)	1,600
	적재고 (mm)	840
	적재장 (mm)	3,000
엔 진	형 식	4사이클 수냉 직렬 4기통 디젤엔진
	배 기 량 (cc)	2,179
	최 대 출 력 (ps/rpm)	67/3,000
구 동 방 식		전유압식 전구동
현 가	현 가 방 식	전륜요동현가(코일스프링부착)
	크 롤 러	특수고무 크롤러
연 료	종 별	경유
	탱크용량(ℓ)	40
제 동 장 치		유 압 식
원 치(kg)		프론터 원치 유압식/2,000
크레인	형 식	전유압식 그래플 로더크레인
	용량(t·m)	2.5~3.0

표 3-4. 주요 산림작업차의 제원과 특성.

제작회사	모 델	길이/폭/높이 (mm)	최대 속도 (km/h)	엔진 출력 (kw)	차륜 (개)	적재 능력 (kg)	주행 장치	그래플 인양능력 (kNm)
DASSER	TS 06.8	7400/1850/3300	20	60	8	6500	HST- 기계식	45.6
DASSER	TS 10.8	9000/2450/3350	20	91	8	11400	HST- 기계식	91.0
DASSER	TS 14.8	9500/2550/3650	20	115	8	14500	HST- 기계식	99.0
FARMI	575	8645/2220/2900	20	75	4	8900	HST- 기계식	50.0
FMA	Erzgebirge	7600/2150/2800	20	47	6	7000	HST- 기계식	41.0
FORCAR	FC 100	8200/2500/3400	40	84	6	10000	HST- 기계식	56.0
FORCAR	FC 150	7600/2500/3370	40	113	6	10500	HST- 기계식	94.0
GREMO	950	7960/2600/3370	40	70	8	10665	HST- 기계식	56.0
HEMEK	700, 750	8630/2815/3720	20	147	6	13500	HST- 기계식	77.0
HEMEK	800	8930/2815/3720	20	147	6	13900	HST- 기계식	77.0
LOGSET	504F	9500/2550/3650	20	84	8	11000	HST- 기계식	35.0
LOGSET	6-F	9370/2630/3910	20	136	8	13750	HST- 기계식	99.0
NOKKA	24WD	7570/1960/2950	25	83	8	8400	HST- 기계식	36.0
PONSSE	S10 Caribou	8140/2650/3470	20	91	8	11950	HST- 기계식	83.0
VALMET	820	7887/2500/3800	20	80	8	9300	HST- 기계식	63.3
ROTTNE	Solid F9	8180/2480/3520	20	88	8	9800	HST- 기계식	60.0
UTC	F 1060	7850/2500/3150	20	86	6	10000	HST- 기계식	72.0
SKOGSJAN CATERPILLAR	1088XLC	9220/2690/3680	20	122	8	16000	HST- 기계식	99.0
STEFAN	Mini	7200/2300/3450	20	75	8	9200	HST- 기계식	52.0
TBM	80	7350/2230/3750	20	64	8	10140	HST- 기계식	45.6
TIMBCO	TF815C	9250/2870/3580	20	147	8	18400	HST- 기계식	186.0
TIMBERJACK	810B	9150/2600/3850	20	82	6	11560	HST- 기계식	64.0

## 2. 국내외 로그그래플의 기능 및 성능 분석

산림작업차의 주 기능인 원목의 집운재 등을 위해 적재함에 원목 등을 상하차 하기 위해 필요한 로그그래플에 대하여 시판되고 있는 외국제품에 대하여 문헌 및 카탈로그 등을 통해 조사 분석하였다. 조사 분석한 외국제품들은 스웨덴의 Cranab사와 HIAB사의 제품이며, 그 내용을 표 3-5에 나타냈다.

표 3-5의 제품들은 현재 유럽 등에서 사용 중인 임업용 소형 로그그래플로서 우리나라에서 연구개발된 산림작업차에 탑재하여 동일한 용도로 사용 중에 있는 동급의 로그그래플을 각 항목별로 비교 분석한 자료이다.

대부분 구조 규격과 성능면에서 비슷하며, 목표제원으로서 로그그래플의 인양능력 5m/350kg 이상을 만족시킬 수 있는 기종은 FMV 250이며, 크레인의 형식에서 2단 관절, 1단 신축은 모든 기종이 가능하며, 로그 그래플의 단면적은 0.14m<sup>2</sup> 이상이었다. 또한 로테이터의 경우 FMV 250의 경우 무한회전을 함으로써 작업성이 뛰어난 것으로 나타났다.

그래플의 사양은 원목을 잡았을 때, 단면적으로 나타내며 기존 외국제품의 제원을 조사한 결과 표 3-6과 같다. 그래플의 목표제원은 원목을 잡았을 때를 기준으로 하여 단면적이 0.15m<sup>2</sup> 정도로 본 연구개발에 적용할 수 있는 그래플의 제원은 VCM사의 0.20m<sup>2</sup>급을 참고로 하였다.

표 3-5. 주요 크레인 및 로그그래플의 제원(외국제품).

구 분		FMV 230	FMV 250	CRNAB 220	CRANAB 260	PATU 505
Crane 용량	ton · m	1.75	2.0	1.52	1.8	5.0/345
	m/kg	5.2/340	5.2/370	4.2/360	4.6/380	
	m/kg	4.3/390	4.0/500	4.0/380	4.0/490	
최대 붐 길이(m)		5.2	5.2	4.2	4.9	5.0
유압신축 Stroke(m)		0.81	0.81	-	0.9	-
선회Moment(KN · m)		9.0	9.0	7.4	8.6	-
선회범위(°)		360	360	380	380	400
정격압력(MPa)		20	-	13	16	19
정격유량(ℓ/min)		20~40	20~40	20~40	20~40	20~35
Rotator 형식		GV3	GV3	GV5-300	GV5-300	-
Rotator 회전범위(°)		전선회	전선회	300°	300°	-
Grapple 형식		G140	G140	-	-	-
단면적 (m <sup>2</sup> )		0.14	0.14	0.18	0.18	-
최대폭 (mm)		970	970	1100	1100	-
최소폭 (mm)		80	80	55	55	-
중량 (kg)						
Grapple, Rotator 포함		385	-	425	-	-
Grapple, Rotator		92	92	90	90	-

표 3-6. 주요 원목 그래플의 제원(스웨덴제).

구 분	0.20 (m <sup>2</sup> )	0.25 (m <sup>2</sup> )	0.40 (m <sup>2</sup> )	0.40 (m <sup>2</sup> )	0.70 (m <sup>2</sup> )	0.70 (m <sup>2</sup> )	1.10 (m <sup>2</sup> )	1.10 (m <sup>2</sup> )	
JOW 폭 (mm)	330	390	540	580	900	836	900	1210	
층 높이 (mm)	열렸을 때	515	740	630	950	950	-	1230	-
	반 열렸을 때	700	835	800	1108	1240	1447	1640	1510
JOW 열림 폭 (mm)	1470	1370	1710	1610	2500	2277	3000	2320	
사용압력 (kg/(cm <sup>2</sup> ))	190	160	210	160	190	200	190	200	
JOW 열리는 시간 (sec)	1.0	1.1	2.0	2.35	2.3	2.5	2.5	-	
JOW 닫히는 시간 (sec)	0.3	0.5	2.5	3.5	3.2	3.5	3.5	-	
JOW로 잡을 수 있는 최소 크기(mm)	∅80	∅90	∅10 5	∅155	∅16 0	∅180	∅29 0	-	
자체중량 (kg)	104	145	205	350	680	497	880	640	
Clynder 수 (개)	1	1	1	1	2	-	2	-	
제조회사	VCM	HIAB	VCM	HIAB	VCM	HIAB	VCM	HIAB	

로그그래플의 붐과 그래플을 연결하여 회전 기능을 하는 것은 로테이터(Rotator)로서 기존에 사용되는 로테이터에 대한 기본제품을 비교 분석한 결과는 표 3-7과 같다.

가장 많이 사용되는 로테이터는 스웨덴 인텍세이터사의 GV3로서 본 크레인 개발에도 이 기종을 선택하였으며, 본 연구개발 산림작업차에 적용할 로테이터(Rotator)는 크레인(Crane)의 특징 및 사용목적을 최대한 검토하여 크레인의 작업성 및 원목 그래플의 작업을 최대한으로 보조되어야 한다.

원목 그래플은 작업하는 최대 하중을 쉽게 운용할 수 있어야 하고 탈·부착이 쉽고 산지 경사면에서의 작업성이 좋아야 한다. 또한, 자중이 무거우면 탑재차량의 적재량을 감소시키고, 크레인의 작업지가 산지 경사면에 있기 때문에 경량화를 고려하여야 한다.

표 3-7. 주요한 로테이터의 제원.

구 분	GV3	CR2
최대 하중 (kg)	3,000	3,000~4,000
정격유량 (ℓ/min)	20	20
Torque (kg-m) (압력 150 kg/cm <sup>2</sup> )	60	126
자체중량 (kg)	16	60
최대 사용압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	200	210
회전각도	360도(무한)	360도(무한)
제조회사	스웨덴 INDEXATOR 사	-

본 연구과제의 위탁기관인 임업기술훈련원에서 주문 제작한 로그 그레플의 사양을 참고로 로그 그레플의 제원을 파악하였다.

아래 표 3-8은 임업기술훈련원에서 개발 제작한 로그 그레플의 제원을 나타낸 것이며, 그림 3-6과 그림 3-7은 설계도와 실제 모습을 나타낸 것이다.

표 3-8의 로그 그레플의 제원과 제작 경험을 살려 본 연구과제의 로그 그레플 제작에 참여하였다.

표 3-8. 임업기술훈련원에서 주문 제작한 로그 그레플의 제원.

구 분	내 용
능 력	2톤
하중 능력	1.9m - 2,100kg 3.5m - 1,100kg 5.7m - 680kg
최대 작업반경	5.0m
최대 작업높이	6.0m
정 격 유 압	265bar
정 격 유 량	30 ℓ/min
자 체 중 량	1,500kg

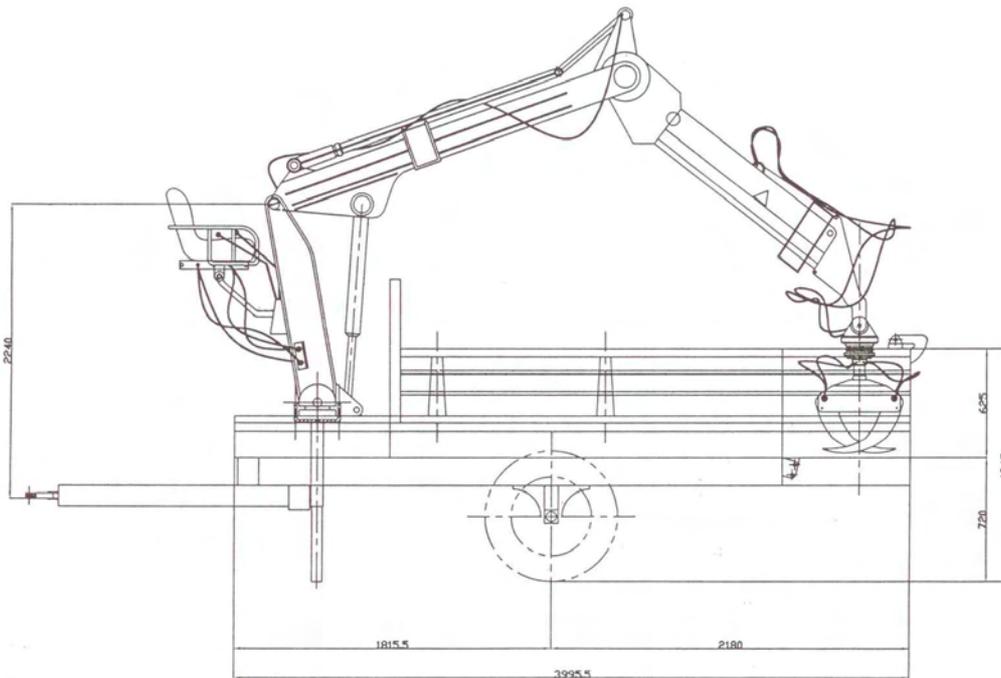


그림 3-6. 로그 그레플의 설계도



그림 3-7. 로그 그레플의 모습

현재 국내 타산업분야에 제작 운용 중이며 로그 그레플로 적용 가능하다고 판단되는 2.5톤급 카고트럭의 오렌지그레플 부착 장비의 주요 제원은 다음과 같다.

본 연구개발기계에 부착할 수 있는 너클붐방식과 같은 형태이다.

현재 운용중인 부착형 너클붐식 크레인의 경우 여러 개의 레버 조작으로 인한 연속적인 작업이 어려우나 굴삭기 조이스틱 적용으로 조작이 용이하게 할 수도 있다.

크레인의 모습과 주요 제원은 아래 그림 3-8과 같다.



### 3. 조이스틱 컨트롤

굴삭기형 유압파이로트 조이스틱 컨트롤 시스템으로 편리하고도 원활한 동시 동작을 구현하였습니다.



### 4. 아웃트리거 컨트롤

아웃트리거 컨트롤을 조종석에 배치하여 앉은자리에서 모든 동작의 제어가 가능하도록 하였습니다.

최대인양반경(Max. lifting capacity) (kg · m)	4,700
최대작업반경(Max. working radius) (m)	5,9
하중능력(lifting capacity) (kg/m)	2,330/2,0
	1,280/3,6
	990/4,6
	770/5,9
붐 기복 각도(elevating angle) (°)	78,8 ~ -44,5
붐 형상(boom type)	6각, 2단 신축
회전각도(swing angle) (°)	410
회전속도(swing speed) (°/sec)	27
랙기어 타입(rack gear type)	single
정격유량(rated oil flow) (ℓ/min)	35
정격압력(rated pressure) (kg/cm <sup>2</sup> )	200
오일탱크용량(oil tank) (ℓ)	80
아웃트리거 폭(outrigger extended width) (m)	3,5
로테이터(rotator)	CR2
그래플(grapple) (m <sup>2</sup> )	0,2
장착차량(application chassis(payload)) (ton)	2,5톤이상
안전장치(safe equipment)	메인 릴리프 밸브, 포트 릴리프 밸브, 일정유량밸브, 파일럿 체크밸브

그림 3-8. 크레인의 모습과 주요 제원

### 3. 산림작업차 시작기의 기능 및 성능 분석

산림작업차는 부정지 주행이나 경사지 주행과 습지, 설상에 벌근, 전석 등의 자연 장애물이 있는 곳에서 부정돈된 중량물을 취급하는 작업이며, 다양한 주행장치를 사용하고 있다.

산림작업차는 그림 3-9과 같이 차체의 구조에 따라 리지드식(Rigged type)과 아티큘레이드식(Articulated type)으로 나뉘고, 주행방식에 따라 타이어식 산림작업차(Wheel type mini-forwarder), 크롤러식 산림작업차(Crawler type mini-forwarder), 두가지를 절충한 형태인 세미 크롤러식 산림작업차(Semi-crawler type mini-forwarder)로 나뉜다. 이러한 산림작업차는 임지내 주행성능과 임지에 대한 피해를 줄이기 위하여 장애물 및 경사도에 대해 보정이 가능한 수평보정장치(Tilter)와 가변식 윤거장치(Variable wheel base), 탠덤 보기(Tandem bogie) 차체, 유압구동방식(Hydrostatic drive) 등 각종 첨단기능을 채용하는 경우도 있다.

국내외 산림작업차 등에 사용되고 있는 타이어 및 크롤러의 주행장치부 기능과 구조를 파악하였으며, 국내외에 주로 사용되고 있는 산림작업차의 타이어 및 크롤러의 주행장치와 현가방식은 경식 현가방식과 반경식 현가방식, 연식현가(독립현가)방식, 롤러보기 경식 현가방식이 있었다.

산림작업차용으로 사용되고 있는 타이어는 저압 광폭 고무타이어와 일반 고무 타이어가 사용되고 있으며, 전륜은 싱글타이어가 장착되고 후륜은 더블타이어 형태로 장착되고 있었다. 농업용 및 산림작업차용으로 사용되고 있는 크롤러는 대부분 고무 크롤러가 사용되고 있었으며, 특히 토목용 또는 임업용의 크롤러는 크롤러 슈의 높이가 높았다.

개발할 산림작업차는 전륜부 2개의 고무타이어 바퀴와 후륜에 2개의 궤도형 바퀴를 장착하여 등판능력과 작업안전성을 확보하고 상시 4륜 구동시스템을 채택하도록 한다.

궤도형 바퀴는 고무궤도를 이용하여 작업로를 보호하고 소음이 적으며 노면의 충격을 완화시키는 작용을 하도록 한다. 특히 고무궤도는 임도주행시 노면의 파손율을 최소화하고 진동과 소음을 줄여 기계의 수명을 연장시키고 운전자의 피로를 줄일 수 있다.

산림작업차의 동력원인 엔진은 2,000~4,000cc의 60~150마력이나 대부분 3,000마력전후의 60~110마력 정도의 엔진을 사용하고 있다. 크롤러 주행장치의 동력전달장치는 대부분 유압방식이며, 특히 HST(Hydro static transmission)식을 많이 채택하고 있었다. HST방식은 전달효율은 다이렉트드라이브방식보다 약하지만, 무단변속으로 운전조작성이 좋다.

각종 유압펌프를 위해 엔진에서 1-3개의 PTO가 구비되어 있었으며, 각각의 PTO는 별도로 작동이 가능하도록 On/Off 스위치를 장착하여 사용하지 않을 경우 작동되지 않도록 하여 에너지 손실을 줄이고 작동부의 동력을 증대시키도록 하였다.

적재부의 구조는 산림작업차가 주로 원목을 운반하는 차량이므로 주로 원목 적재의 수월성과 차체의 중량을 감소시키고 원목의 이탈 방지와 토목자재 운반을 목적으로 몇 개의 철 가이드바를 설치한 모양과 토목자재 운반용 덤프기능부착 적재함의 모양이 있다. 국내외 산림작업차의 적재부의 길이는 대부분 2,800~3,000mm이었으며, 임도 및 작업로의 최소회전반경 설계기준이 차량길이 5m 이므로 차량의 총길이를 적재함의 길이에 맞게 설계 제작되어 있다.

원목의 견인과 보조장비로서 윈치가 부착되어 있으며, 윈치는 산림작업차의 전면부에 장착되어 있고, 간이집재시 및 로그그래플의 범위의 외의 임목을 쉽게 견인할 수 있도록 장착되어 있다.

로그그래플은 작업하는 최대 하중을 쉽게 운용할 수 있어야 하고 탈·부착이 쉽고 산지 경사면에서의 작업성이 좋아야한다. 또한, 자중이 무거우면 탑재차량의 적재량을 감소시키고, 크레인의 작업지가 산지 경사면에 있기 때문에 경량화를 고려하여야 한다.

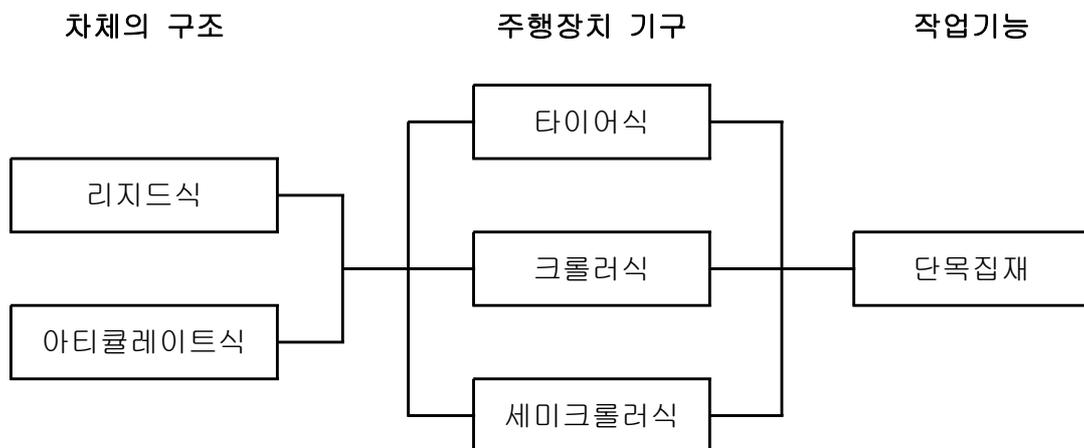


그림 3-9. 산림작업차의 구분

### 가. 기본차체

산림작업차의 차체부는 차체의 전반부와 후반부의 일체형인 리지드식(Rigged type)과 전반부와 후반부의 분리형인 아티클레이터식(Articulated type)이 있다. 우리나라에 도입되거나 연구개발된 산림작업차는 우리나라 지형에 적합한 소형기계에 적용되는 리지드식(Rigid type)을 사용하고 있었다.

### 나. 동력부

산림작업차의 동력부는 동력발생부와 동력전달부로 나뉜다.

### (1) 동력발생부

임업기계용 엔진은 험로와 많은 적재량을 적재하여 주행하므로 일반 자동차용 보다 부하가 크게 걸리므로 내구성과 구동력을 고려하여 엔진회전수를 낮추어 사용되고 있는 것이 일반적이며, 엔진에 유압펌프를 연결하여 주행부 및 각종 부속장비부를 작동 한다.

### (2) 동력전달부

산림작업차의 동력전달부는 각종 유압펌프를 위해 엔진에서 1개의 PTO를 통해 동력을 전달하도록 되어있고, PTO는 엔진의 회전력을 4개의 직렬로 연결된 유압펌프에 전달되도록 한다.

### 다. 주행부

국내외에서 연구·개발된 산림작업차의 주행부는 타이어식 산림작업차(Wheel type mini-forwarder), 크롤러식 산림작업차(Crawler type mini-forwarder), 두가지를 절충한 형태인 세미 크롤러식 산림작업차(Semi-crawler type mini-forwarder)의 형태가 있었으며, 임지내 주행성능과 임지에 대한 피해를 줄이기 위하여 장애물 및 경사도에 대해 보정이 가능한 수평보정장치(Tilter)와 가변식 윤거장치(Variable wheel base), 탠덤 보기(Tandem bogie) 차체, 유압구동방식(Hydrostatic drive) 등 각종 첨단기능을 채용하는 경우도 있다.

현가방장치는 전후륜 독립식 서스펜션(Independent suspension)이 많이 사용되었고, 크롤러(Crawler)부의 현가방식은 그림 3-10과 그림 3-11과 같이 경식 현가방식, 반경식 현가방식, 연식현가(독립현가)방식, 롤러보기경식 현가방식 등이 있었다.

주행부의 제동 브레이크는 내장 유압모터에 의한 유압 브레이크 방식을 채택한다. 제동장치는 작업차의 정지에 의해 자동으로 제동되고, 이때 전방 바퀴의 유압 회전모터와 후방 크롤러의 유압 회전모터가 모두 제동되도록 한다.

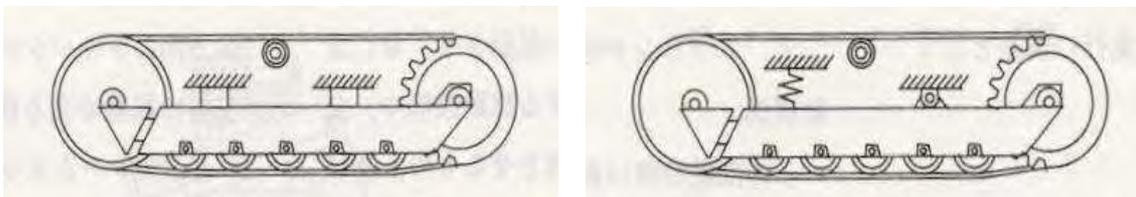


그림 3-10. 경식 현가방식(좌)와 반경식 현가방식(우)

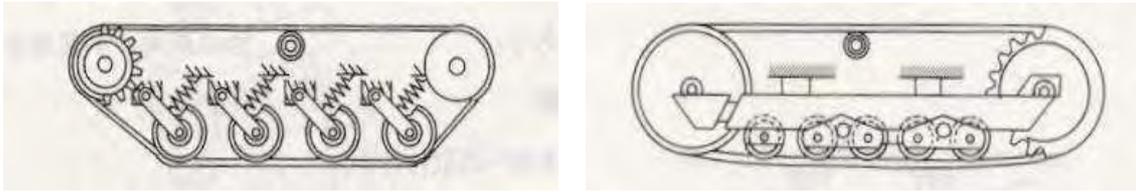


그림 3-11. 연속현가(독립현가)방식(좌)과 롤러보기경식 현가방식(우)



그림 3-12. 산림작업차에 사용되고 있는 고무타이어 바퀴



그림 3-13. 농업용으로 사용되고 있는 크롤러 바퀴

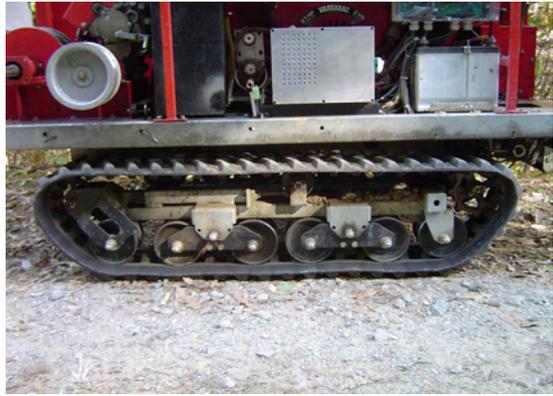




그림 3-14. 다양한 형태의 크롤러 바퀴

#### 라. 적재부

적재부의 구조는 산림작업차가 주로 원목을 운반하는 차량이므로 주로 원목 적재의 수월성과 자체의 중량을 감소시키고 원목의 이탈 방지와 토목자재 운반을 목적으로 몇 개의 철제기둥 가이드바를 설치하고 있었다. 적재부의 길이는 차량의 길이를 결정하는 요소로서 대부분 적재되는 목재의 길이를 고려하여 결정하였으며, 국내외 산림작업차의 길이는 대부분 2,800~3,000mm이었고, 우리나라에서 생산되는 목재의 길이가 대부분 2.8~3.6m이므로 이에 맞게 설계·제작한다.



그림 3-15. 다양한 적재부의 모습

#### 마. 주행조작부

산림작업차의 운전 및 운전석은 일반 자동차의 운전 및 운전석 형태로 이루어져 있으며, 운전은 운전석에서 핸들과 전후 주행용 레버를 이용하도록 제작되어 있었으며, 엔진 상태와 엔진속도, 연료량, 엔진온도 등 일반 자동차와 같이 기본적인 상태를 파악할 수 있도록 운전석 전면에 계기판이 장착되어 있었다.



그림 3-16. 운전 및 조작석의 모습



그림 3-17. 계기판의 모습

## 바. 기타 부속장비부

### (1) 윈치부

원목의 견인과 보조장비로서 윈치가 부착되어 있으며, 윈치는 산림작업차의 전면부에 장착되어 있었고 간이집재시 및 로그그래플의 범위외의 임목을 쉽게 집재 견인할 수 있도록 장착되어 있다.

윈치의 와이어 길이는 대부분 30m로서 견인력은 1ton으로 별도의 집재기 없이도 원목 집재가 가능하도록 되어 있다.

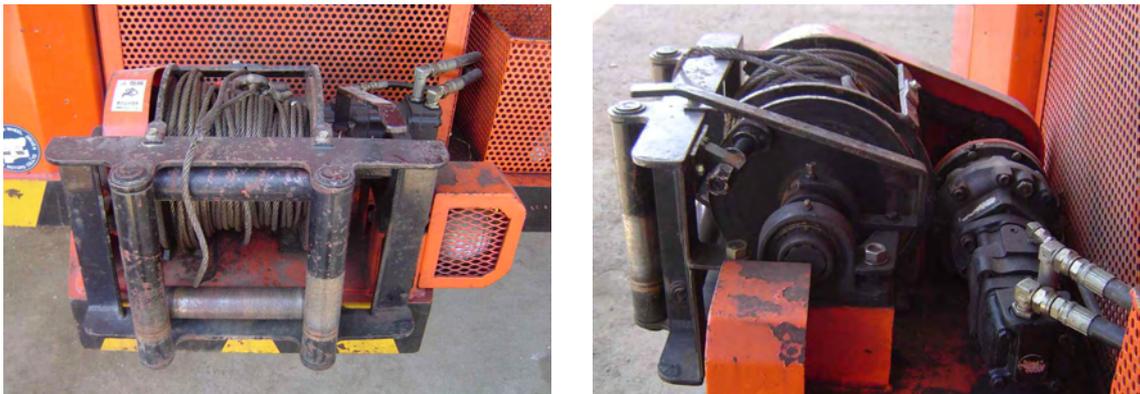


그림 3-18. 원목 견인용 윈치(Winch)의 모습

### (2) 차체지지용 아웃리거 및 로그그래플

산림작업차의 원목 상하차 작업시에 차체의 안정과 원목 상하차의 수월성을 위해 대부분 차체의 중앙 좌우에 2개의 아웃리거(Out rigger)를 장착하고 있다. 아웃리거는 1단 또는 2단 정도의 일반 실린더를 이용하고 있으나 대부분 1단 실린

더를 이용하고 있다.

목재 및 기타자재를 효율적으로 적재하기 위하여 대부분의 산림작업차에 로그그래플을 장착하고 있었다. 로그그래플의 조작은 유압밸브 레버에 의하여 조작하도록 되어 있고 유압밸브 레버를 적재함을 주시하도록 장착하여 로그그래플 작업 시 시야를 확보할 수 있도록 되어 있었다.



그림 3-19. 아우트리거(Out rigger)의 모습



그림 3-20. 다양한 산림작업차용 로그그래플의 모습



그림 3-21. 그레플의 종류와 모습



그림 3-22. 로그그레플의 조작대와 레버의 모습

## 제 2 절 반궤도식 다목적 산림작업차의 목표사양 설정

### 1. 산림작업차 시작기의 설계목표 설정

#### 가. 산림작업차체의 목표제원 설정

상기의 산림작업차의 기능 및 성능과 제원 등을 고려하여 본 연구개발 기종인 반궤도식 다목적 산림작업차의 목표 제원을 결정한 결과는 표 3-9와 같고, 주요 성능으로서 주행속도는 반궤도식 산림작업차의 주행장치를 고려하여 2단 모터에 의한 10km/h 이하로 하였으며, 등판능력은 30° 내외, 최대적재량은 2,500kg, 차체중량은 3,000kg로 하였다. 또한 규격은 전장 5,000mm, 전고 1,645mm, 전폭 1,900mm, 적재고 960mm, 적재장 3,652mm로 하였다.

엔진은 국내 산업용으로 출고되고 있는 4사이클 수냉식 직렬 4기통 디젤엔진으로서 배기량 3,568cc, 최대출력 96마력/3,400rpm의 엔진을 사용하는 것으로 하였다. 주행장치의 구동방식은 고무타이어의 전륜과 크롤러의 후륜이 전부 유압으로 구동되

는 전유압식 전구동으로 상시 구동토록 하였다.

변속장치는 HST시스템으로 전진과 중립, 후진의 저속 및 고속으로 하였다. 조향장치는 유압식 파워스티어링에 의한 에커만식 조향방식을 채택하였다. 현가방식은 전륜 요동현가방식을 채택하고 크롤러는 특수고무 크롤러를 사용하도록 하였다. 엔진 연료는 디젤엔진에 따른 경유와 연료탱크를 40리터로 하였다.

산림작업차의 제동장치는 브레이크가 내장된 모터의 사용에 따른 전륜 유압식 제동방식을 채택하였고, 타이어 및 휠은 전륜 10-16.5의 8R급을 사용하도록 하였다.

샤시형태는 상자식 프레임 및 적재플랫폼을 탑재하도록 하였고, 보조장치로서 견인력 2,000kgf와 보통꼬임 Ø9mm/25m의 와이어를 사용하는 유압식 윈치를 전방에 장착하도록 하였다. 로그크레인으로서 로더는 산림작업차용으로 많이 사용되고 있는 2.5~3.0t · m의 전유압식 그래플 로더크레인을 장착하도록 하였다.

표 3-9. 반궤도식 산림작업차량의 목표 제원.

구 분		내 용
성 능	주 행 속 도 (km/h)	10 이하
	등 반 능 력 (도)	30 내외
	최 대 적 재 량 (kg)	2,000
	차 량 중 량 (kg)	2,000
규 격	전 장 (mm)	5,000
	전 고 (mm)	1,645
	전 폭 (mm)	1,900
	적재고 (mm)	960
	적재장 (mm)	3,652
엔 진	형 식	4사이클 수냉식 직렬 4기통 디젤엔진
	배 기 량 (cc)	3,568
	최 대 출 력 (ps/rpm)	96/3,400
구 동 방 식		전유압식 전구동
변 속 장 치		HST시스템, 전진·중립·후진(저고속)
현 가	현 가 방 식	전륜요동현가(코일스프링부착)
	크 롤 러	특수고무 크롤러
연 료	종 별	경유
	탱크용량(ℓ)	40
제 동 장 치		유압식(브레이크내장 모터)
타이어 및 휠		전륜 10-16.5, 08PR
샤 시 형 태		상자식 프레임 및 적재플랫폼 탑재
원 치	방 식(kgf)	프론터 원치 유압식/2,000
	와이어(m)	보통꼬임 Ø9mm×30
로 더	형 식	전유압식 그래플 로더크레인
	크레인용량(t·m)	2.5~3.0

## 나. 로그그래플의 목표제원

로그그래플의 목표제원은 표 3-10과 같고, 로그 그래플의 회전방식은 대부분 국내에 사용되는 너클붐 크레인의 경우 대부분 Single rack 방식을 채택하였고, 미니 포워더의 경우 경중량으로 사용되기 때문에 Double rack 방식의 회전방식보다는 Single rack 방식의 적용이 경량화를 도모할 수 있고, 현재 적용하려고 하는 Single rack의 경우는 6톤·m급에 사용하여도 강도 및 내구성에도 무리가 없는 것으로 판단하여 Single rack을 사용하도록 하였다.

조작레버 및 밸브(Valve)는 기본적으로 로그 그래플의 작동단위가 6개이므로 밸브의 포트 수를 6연 밸브로 선택하였으며, 또한 아우트리거의 작동을 동시에 하는 것이 유리하며, 대부분 아우트리거와 같이 작동시키도록 8연 밸브를 사용하는 것이 효과적이다.

그러나 국내에서는 현재 크레인의 경우 먼저 아우트리거를 안전하게 위치시키고 크레인을 작동하기 때문에 아우트리거의 밸브를 주제어 밸브와 다른 곳에 설치하여 아우트리거 작동을 먼저 하고 크레인을 작동하도록 하기 위해 주제어 밸브를 6연으로 하고, 아우트리거 밸브는 따로 2연 밸브를 사용하도록 고안하였다.

오일탱크는 베에스머신 차량에 사용하는 유압유를 공용하므로 차량의 중량문제 해결 및 장착공간 등의 관계로 별도의 탱크는 부착하지 않는다.

칼럼(Column)은 일반적으로 산업용에 적용되는 고장력강을 이용하여 굽힘이나 좌굴에 강하고 안전성을 확보하도록 하였다.

붐(Boom) 기복각도는 75° 로 설정하여 신축식붐(Inner Boom)의 실린더 행정거리를 설정하였으며, 각 실린더는 강하고 충분한 인양력을 발휘하도록 고안하였다. 신축식붐과 외부붐(Outer boom)의 연결은 연결용 링크를 사용하고, Pro/Engineer modeling module을 사용하여 붐의 동작시 간섭이 없고 작동에 문제가 없도록 한다.

최대 작업반경은 산림작업차의 규격에 맞추어 5,000mm 정도로 기존 제품과 거의 동일하며, 연장실린더(Extension cylinder)를 250mm 신장시에는 5,200mm가 되므로 산림작업차의 작업에 충분한 작업반경을 확보하도록 고안하였다.

차량지지대(Out rigger)의 행정거리는 약 1,100mm로 하였고, 지지대를 지상에 완전히 내렸을 경우 차체를 지상에서 70mm 들어 올리도록 하고, 아우트리거를 빼내도록 하여 잡아주는 잠금장치를 장착한다.

그래플은 실린더와 연결링크 방식을 이용하여 하나의 실린더로 원목을 손쉽게 잡을 수 있도록 고안하고, 잡을 수 있는 단면적은 0.14m<sup>2</sup> 정도로 고안한다.

로테이터(Rotater)는 유압모터를 이용하여 무한회전을 할 수 있도록 하고 일반적으로 많이 사용되는 제품을 사용하도록 한다.

표 3-10. 로그 그래플의 목표 제원.

구 분		단 위	제 원
일반제원	무 최 대 인 양 하 중	kg m/kg	800 이하 5/350 이상
세부제원	형 식 분 형 식 인 양 능 력 작업반경 /하중능력	- - Ton · m m/kg	유압 관절식 2단굴절/1단 신축식 2.0 2.0 / 1,000 3.0 / 665 4.0 / 500 5.0 / 400
	최 대 작 업 반 경 정 격 압 력 정 격 유 량 회 전 각 도 회 전 속 도 회 전 방 식 아우트리거 폭(최소-최대)	m kg/cm <sup>2</sup> ℓ/min 도 ° /sec - mm	5.2 150±10 20~50 360 18 싱글 랙과 피니언 1,600~2,200
Control V/V	주조정 밸브스풀	개	6
	아우트리거조정 밸브스풀	개	2
Option	Rotator (무한회전)	개	1

## 2. 산림작업차 시작기의 주요 기능품 선정 및 부품 발주

산림작업차량부의 주요 기능품을 선정하고 부품을 발주하기 위해 연구개발 목표의 제원에 맞추어 선정 및 발주를 하였다.

### 가. 엔진

임업기계용 엔진은 힘로와 많은 적재량을 적재하여 주행하므로 일반 자동차용 보다 부하가 크게 걸리므로 내구성과 구동력을 고려하여 엔진회전수를 낮추어 사용되고 있는 것이 일반적이다.

본 연구개발대상 기계인 산림작업에 탑재할 엔진은 H사의 엔진으로 내마모성이 강한 부품을 사용하여 내구성이 높고 중저속에서 토크가 높아 산업용으로 적합하며, 일반 산업기계에 많이 이용되고 있다.

그림 3-23은 국내에서 산업용으로 많이 사용되고 본 산림작업차의 연구개발 목표에 적합한 H사의 모델 D4AK-G의 엔진 모습과 설계도를 나타낸 것이다.

모델 D4AK-G에 대한 주요한 성능과 규격은 표 3-11과 같으며, 주요한 성능은 3,298cc로서 1,800rpm에서 82마력까지 조절할 수 있는 엔진이다.

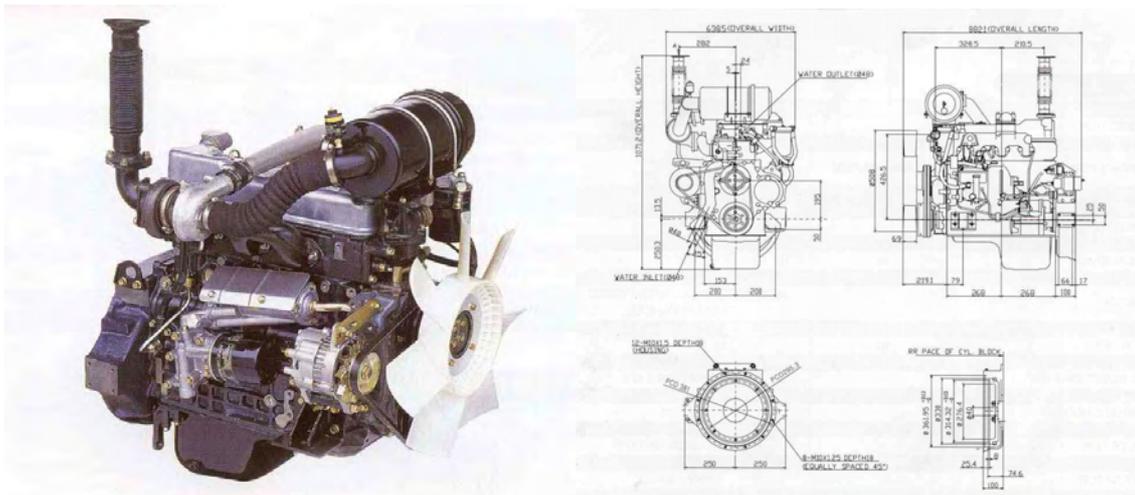


그림 3-23. 적용할 엔진의 모습과 설계도

표 3-11. H사의 엔진 주요 성능 및 규격.

ENGINE	-	4CYCLE, WATER
COMBUSTION	-	DIRECT INJECTION
ASPIRATION	-	TURBOCHARGED
STAND-BY POWER	PS, KW, KVA/RPM	60, 44, 50/1500 82, 60, 68/1800
PRIME POWER	PS, KW, KVA/RPM	54, 40, 45/1500 74, 54, 61/1800
NUMBER OF CYLINDERS	-	4
BORE × STROKE	mm	100 × 105
DISPLACEMENT	cc	3,298
COMPRESSION RATIO	-	16:1
ROTATION	-	COUNTER CLOCKWISE VIEWED FROM FLYWHEEL
FIRING ORDER	-	1-3-4-2
DRY WEIGHT	kg	334
GOVERNOR	-	BOSCH RSV TYPE
FUEL INJECTION PUMP	-	BOSCH PES4A TYPE
FLYWHEEL	-	SAE#10
FLYWHEEL HOUSING	-	SAE#4
AIR CLEANER	-	CYCLONE FILTER PAPER TYPE
FUEL FILTER	-	PAPER ELEMENT TYPE
LUBRICATION OIL FILTER	-	PAPER ELEMENT (CATRIDGE) TYPE
ALTERNATOR	-	24V-50A
STARTING MOTOR	-	24V-5.0kw
HEAT REJECTION	kcal/h	30,400
INTAKE AIR FLOW RATE	m <sup>3</sup> /min	3.6
EXH. GAS FLOW RATE	m <sup>3</sup> /min	10.5
EXHAUST GASTEMPERATURE (MAX. AT EXHAUST MANIFOLD OUTLET)	℃	Approx. 600℃
SPECIFIC FUEL CONSUMPTION (AT 1800RPM)	g/ps.h ℓ/h	157.4 15.6
COOLING WATER CAPACITY (ONLY ENGINE)	ℓ	8.3
LUBRICATION OIL CAPACITY	ℓ	8.5
INJECTION TIMING	-	16° BTDC
PISTON SPEED	m/s	5.25 / 1500rpm 6.3 / 1800rpm

## 나. 유압펌프

유압펌프는 Main pump와 Charge pump로 나누어 선정하였으며, Main pump는 전후좌우 4개의 주행용 유압모터에 사용하고, Charge pump는 각종 작업기에 사용하도록 하였다.

유압펌프를 선정하는데 있어서 연구개발 목표의 주행속도와 작업기를 구동시키기 위해서는 그에 맞는 용량의 펌프를 선정하여야 한다. 표 3-12는 본 연구개발에 사용할 유압펌프의 제원을 나타낸 것이다.

Main pump는 산림작업차의 주행속도와 관계가 있으므로 그에 맞는 유압펌프를 선정하여야 하므로 유압펌프의 토출량을 계산한 결과 다음과 같았다.

유압 펌프에서의 최대 토출량(Maximum flow generated by pump)은

$$\begin{aligned} \cdot \text{최대 토출량} &= \frac{\text{회전수} \times \text{펌프토출량} \times \text{용적효율}}{1,000} = \frac{n \times V_p \times \eta}{1,000} \\ &= \frac{3,500 \times (58 + 58) \times 0.95}{1,000} = 385.70 \text{ } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

여기서, 각각의 2개의 메인유압펌프는 전륜 모터 2개, 후륜 크롤러차륜에 직렬로 연결된 모터 2개를 구동하는 별도의 유압회로를 가지므로 각 유압모터에 공급되는 유량( $\ell/\text{min}$ )은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\cdot \text{유량} = \frac{\text{전체토출량}}{\text{펌프에 연결된 라인수}} = \frac{385.70}{4} = 96.43 \text{ } \ell / \text{min}$$

따라서 각 차륜에 공급되는 유량은  $96.43 \text{ } \ell / \text{min}$ 이다.

그림 3-24는 산림작업차의 전후륜 주행과 로그그래플 및 아우트리거 등 작업기에 공급할 유압회로를 개념적으로 나타낸 것이다.

기본적으로 본 연구개발에서는 주행과 작업기의 동력을 유압으로 작동되도록 하였기 때문에 많은 유량이 필요하므로 2련의 주유압펌프와 2개의 보조유압펌프를 2련으로 연결하는 유압펌프를 사용하도록 하였다.

산림작업차량의 전륜 및 후륜의 주행장치와 로그그래플 및 아우트리거, 윈치, 파워스티어링 등의 보조장치의 각 모터와 실린더의 유압력을 발생시키는 유압펌프의 기능품을 선정하고 부품을 발주하였다.

그림 3-25는 반궤도식 산림작업차에 사용되고 있는 4련 유압펌프의 설계도이고, 그림 3-26은 본 연구과제에 사용한 유압펌프이다.

그림 3-26은 본 연구개발 산림작업차에 사용할 4륜 유압펌프의 모습이다.

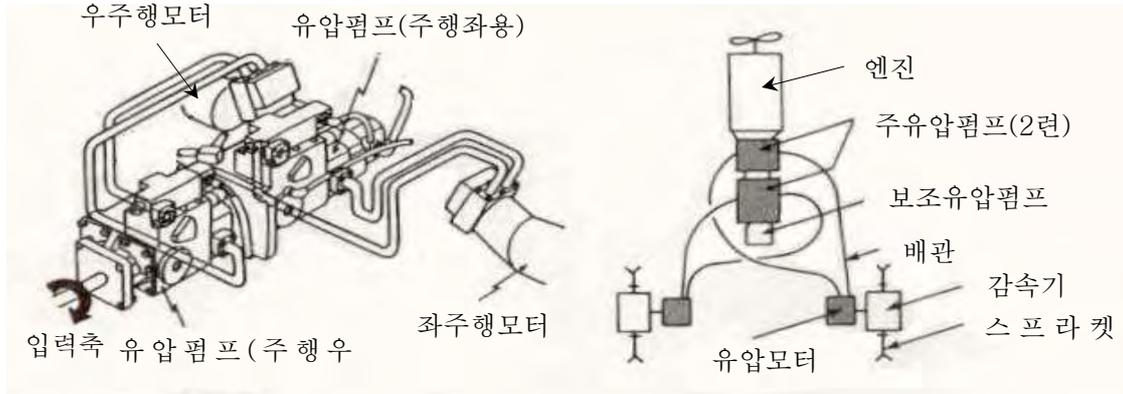


그림 3-24. 유압펌프 및 모터의 연결 및 회로 개념도

표 3-12. 선정된 유압펌프의 제원(M6PV72-58DE35AR7B+M6PV72-58DE35AR7BH +HPGPA322D29G7G6BST+GEAR2, 16CC/REV).

항 목		단 위	제 원
펌프용적 (Displacemen)	main pump	cm <sup>3</sup>	58
	charge pump		
최대압력 (Max. pressure)	main cont.	bar	380
	main peak		420
	charge pump		30
회전속도 (Speed)	max-min	rpm	3,300-500
최대토출유량 (Flow rate at max)	main pump	ℓ/min	800
	charge pump		200
Max. Oil temperature	-	℃	80
Max. housing	-	bar	1.5
관성모멘트 (Moment inertia)	-	kg · m <sup>3</sup>	0.013
중량 (Weight)	-	kg	48

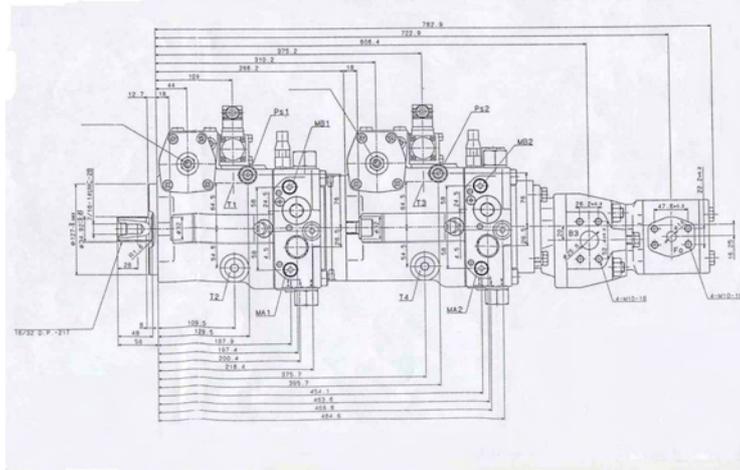


그림 3-25. 반케도식 산림작업차의 4련 유압펌프 설계도

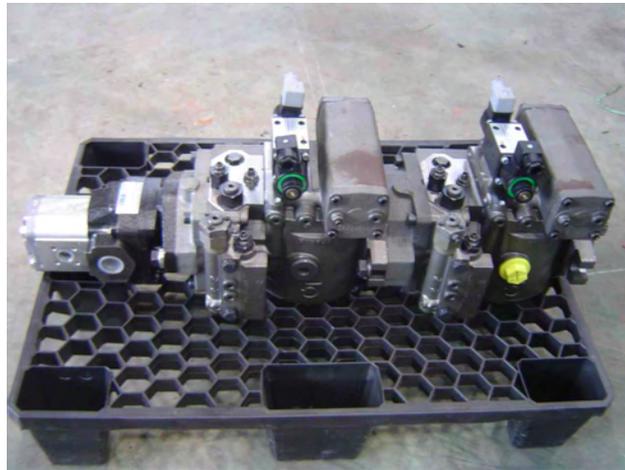


그림 3-26. 선정된 4련 유압펌프의 모습

#### 다. 유압모터

유압모터는 4개의 주행용 모터와 1개의 윈치용 모터가 필요하고, 유압모터를 선정하는데 있어서 연구개발 목표의 주행속도와 윈치 견인력에 맞는 용량의 모터를 선정하여야 한다. 표 3-13는 연구개발에 사용할 유압모터의 제원을 나타낸 것이다.

주행모터는 산림작업차의 주행속도와 관계가 있으므로 그에 맞는 유압모터를 선정하여야 하므로 유압모터의 최대 회전속도와 산림작업차의 최고 주행속도(rpm)를 산출한 결과 다음과 같았다.

즉, 2단 변속인 유압모터의 최대 및 최소 회전속도는

$$\cdot \text{최대(최소) 회전속도} = \frac{\text{공급유량} \times 1,000 \times \text{용적효율}}{\text{모터(최대/최소)체적}}$$

따라서, 유압모터의 최대 및 최소 용적이 각각 53.20cc/rev와 33.80cc/rev이므로 각 차륜의 유압모터의 최대 및 최소 회전속도는

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{전륜모터 최대 회전속도 } R_{m\text{-front}} &= \frac{\text{앞측공급유량} \times 1,000 \times \text{용적효율}}{\text{전륜 최소모터체적}} \\
 &= \frac{96.43 \times 1,000 \times 0.95}{33.80} \\
 &= 2,710.31 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{후륜모터 최대 회전속도 } R_{m\text{-rear}} &= \frac{\text{뒷측공급유량} \times 1,000 \times \text{용적효율}}{\text{후륜 최소모터체적}} \\
 &= \frac{96.43 \times 1,000 \times 0.95}{33.80} \\
 &= 2,710.31 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{전륜모터 최소 회전속도 } R_{m\text{-front}} &= \frac{\text{앞측공급유량} \times 1,000 \times \text{용적효율}}{\text{전륜 최대모터체적}} \\
 &= \frac{96.43 \times 1,000 \times 0.95}{53.20} \\
 &= 1,721.96 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{후륜모터 최소 회전속도 } R_{m\text{-rear}} &= \frac{\text{뒷측공급유량} \times 1,000 \times \text{용적효율}}{\text{후륜 최대모터체적}} \\
 &= \frac{96.43 \times 1,000 \times 0.95}{53.20} \\
 &= 1,721.96 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

여기서 유압펌프가 최대 토출량을 공급할 때 모터의 최대 및 최저 회전속도를 이용하여 산림작업차의 최고 및 최저 주행속도(km/hr)를 아래와 같이 산출할 수 있다.

즉, 산림작업차의 최고 및 최저 주행속도는

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{최고 주행속도} &= \text{유압모터 최대 회전속도} \times \frac{\pi \times \text{타이어직경} \times 60}{1,000 \times \text{모터감속비}} \\
 &= 2,710.31 \times \frac{\pi \times 0.760 \times 60}{1,000 \times 45.57} \\
 &= 8.54 \text{ km/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\cdot \text{최저 주행속도} &= \text{유압모터 최소 회전속도} \times \frac{\pi \times \text{타이어직경} \times 60}{1,000 \times \text{모터감속비}} \\
&= 1,721.96 \times \frac{\pi \times 0.760 \times 60}{1,000 \times 45.57} \\
&= 5.43 \text{ km/hr}
\end{aligned}$$

따라서 산림작업차의 최고 및 최저 주행속도는 8.54km/hr 및 5.43 km/hr라는 것을 알 수 있다.

산림작업차량의 전륜 및 후륜의 주행장치에 사용될 유압모터의 기능품을 선정하고 부품을 발주하였다.

그림 3-27는 본 연구개발 산림작업차에 사용할 유압모터의 모습을 나타낸 것이며, 이 모터는 2단 변속 사핀형 액시얼 피스톤 모터로서 브레이크 밸브, 매커니컬 브레이크를 내장하고 있다. 또한 모터 각 부분 시스템을 최적화한 고압, 고성능 모터이고, 모터와 케이싱 회전형 유성기어 감속기를 최적으로 조합하고 있으며 각종 내장 부가기능을 갖추고 있다. 2단 변속 사핀형 모터의 용적변화는 외부 Pilot 조작으로써 적합한 용적 변환을 실행한다. 모터의 본체에는 Double counter balance valve와 Shockless, Cross over relief valve를 내장하여 속도제어와 Shock가 적은 Brake 기능을 갖추고 있다. 또한 매커니컬 브레이크는 Negative brake로서 Counter balance valve와 연동하고 정지시에는 자동적으로 매커니컬 Brake가 작동하며 기동시에는 자동 해제된다.

그림 3-28는 반케도식 산림작업차에 사용되고 있는 유압펌프의 설계도를 나타낸 것이다.

표 3-13. 선정된 유압모터의 제원(Axial piston motor JMV 53-VBC-R)

항 목	단 위	제 원
모터용적 (Displacement)	cm <sup>3</sup> /rev	53.20/33.80 (2단 변속)
출력 토크 (Output torque)	kgf · m	735.9/403.9
감속비 (Gear ratio)	-	45.57
최대압력 (Peak pressure)	bar	300
최대 속도 (Max. speed)		3,000



그림 3-27. 선정된 주행용 유압모터의 모습

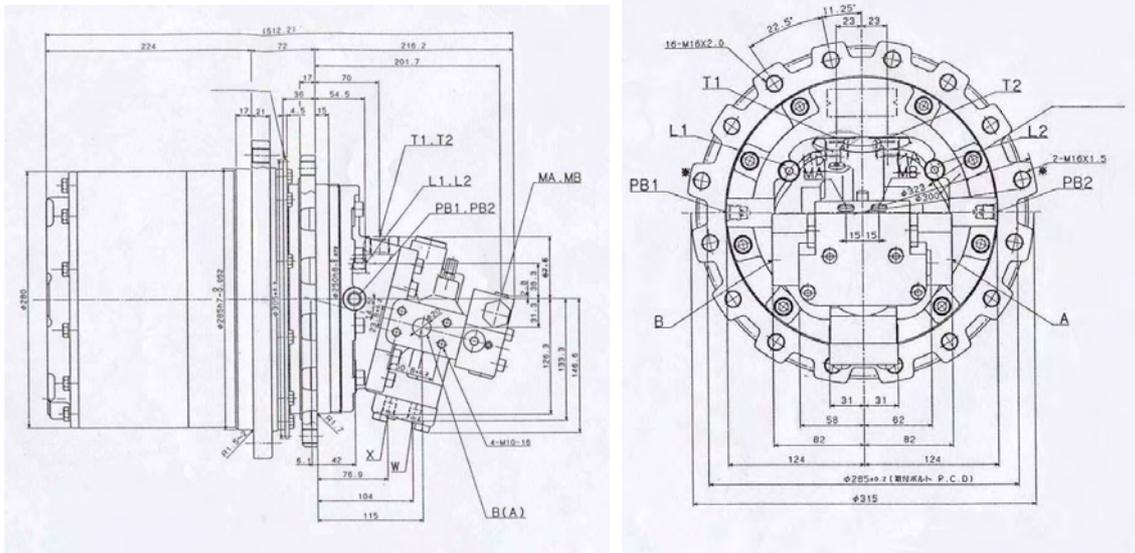


그림 3-28. 반케도식 산림작업차의 유압모터 설계도

전체 유압회로는 그림 3-29와 같으며, 펌프와 모터, 로그그래플, 윈치, 아우트리거, 스티어링 등 각종 유압장치와의 관계를 나타낸 것이다



표 3-14. 선정된 고무 타이어의 제원(H사).

TIRE SIZE	PR	TYPE	STANDARD RIM	OVERALL DIAMETER	SECTION WIDTH	TREAD DEPTH	MAX. LOAD	INFLATION
				mm	mm	mm	lbs	psi
<b>405B</b>								
10-16.5	10	T/L	9.75	845	305	20	5600	65

#### 마. 고무 크롤러

연구개발할 반궤도식 산림작업차의 후륜에 장착할 고무 크롤러를 선정하였다. 일반적으로 궤도형 고무 크롤러는 굴삭기와 농업용 등 타산업용으로 많이 생산되고 있으므로 이를 임업용 기계에 많이 사용되고 있다. 한편, 임업기계가 많이 생산되는 외국에서는 임업용 산림작업차 등에 사용하기 위해 특별히 주문 제작 생산되기도 한다.

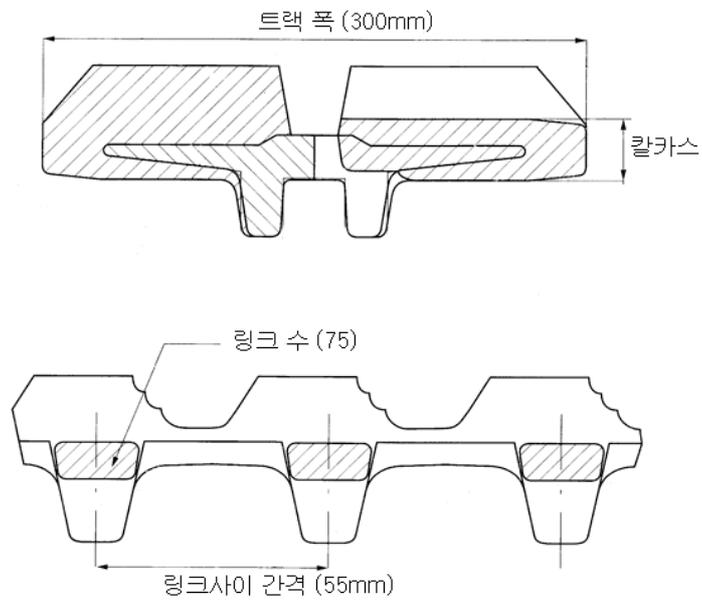
그림 3-31은 일반적으로 굴삭기와 농업용 등 타산업용으로 많이 사용되고 있는 고무 크롤러를 나타낸 것으로서 본 연구개발에서도 이러한 종류의 고무 크롤러를 사용하도록 선정하였다.

그림 3-32은 고무 크롤러의 일반적인 규격을 표시하는 것으로서 링크사이 간격이 클수록 스프라켓의 이빨이 적고, 링크수가 많을수록 궤도의 길이가 길다.

그림 3-33은 일본에서 개발되어 생산되고 있는 반궤도식 산림작업차의 후륜 고무 크롤러의 구조 규격 단면도를 나타낸 것이며, 표 3-11은 다양한 고무 크롤러의 제원을 나타낸 것으로서 본 연구개발에서의 후륜의 고무 크롤러로 선정하였다.



그림 3-31. 고무 크롤러의 모습



예 : 300×55×70(크롤러 폭×링크사이간격(피치)×링크수)

그림 3-32. 고무 크롤러 규격 표시

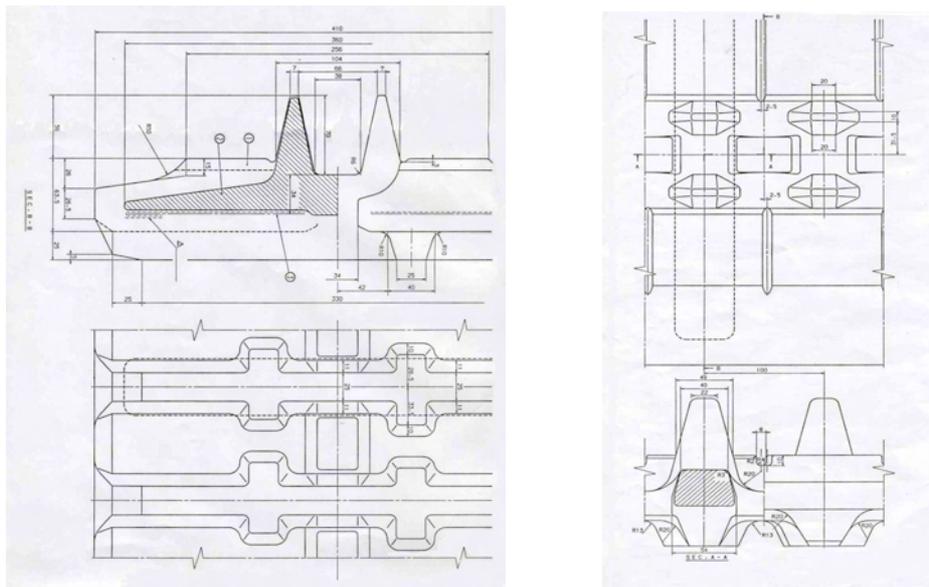


그림 3-33. 크롤러의 기본 구조 및 규격

표 3-14. 각종 고무 크롤러의 제원.

SIZE (Width x Pitch)	Dimensions of Iron Core(mm)					Lug Patterns
	1	2	3	4	5	
■ Interchangeable(Short Pitch) Type						
UK 230 x 48	70	62	30	25	22	M
CW 300 x 52.5	92	83	44	40	23	M
CS 300 x 52.5	84	76	34	30	23	M
AT 300 x 55	90	84	44	40	23	W
FS 300 x 55	82	71	34	30	25	W
TR 300 x 55.5F	80	72	36	29	22	F
TK 350 x 52.5	90	82	48	40	23	M
GW 400 x 73	110	100	55	51	25	M
GS 400 x 73	95	84	42	38	25	M
EXV 450 x 81	112	105	47	44	26	M
EXI 450 x 81	129	121	64	61	23	M
SK 450 x 81	113	103	50	44	28	M
TR 450 x 81	136	126	62	56	29	T
CM 450 x 71	114	106	52	48	25	M
KPC 450 x 83.5	113	100	52	42	24	M
■ Interchangeable(Long Pitch) Type						
NK 230 x 96	72	64	30	25	22	N
TR 280 x 106	80	70	35	30	28	Z
EW 300 x 109	90	84	44	40	23	R
ES 300 x 109	85	74	34	31	23	P
TR 300 x 109	84	72	32	29	23	Z
TR 320 x 106	80	70	35	30	27	Z
YB 370 x 107	90	82	44	38	28	Z
SW 400 x 146	112	103	56	52	25	D
TR 400 x 144	101	88	42	36	26	Z

### 제 3 절 반궤도식 다목적 산림작업차의 개발 방법 및 내용

본 연구개발에 따른 반궤도식 산림작업차는 산림 지역에서 목재운반과 사방사업, 임도사업과 같은 산림작업에 사용되는 차량이다. 반궤도식 작업차는 험준한 산악지형에서 차체가 전후진으로 안정적으로 이동하도록 하는 주행부를 구비하며, 주행부는 그림 3-34와 그림 3-35에 도시된 바와 같이, 차체의 전방 양측에 위치되어 조향가능한 복수의 전방 바퀴와, 차체의 후방에서 무한 궤도형으로 회전하는 복수의 후방 크롤러(crawler)를 갖는다. 그리고 이와 같은 복수의 전방 바퀴와 후방 크롤러들은 각각 유압 회전모터들에 의해서 4륜으로 구동되는 구조이다.

이와 같이 본 개발에 따른 반궤도식 작업차에 구비된 주행부는 전륜부 2개의 고무 전방 바퀴와, 후륜에 2개의 무한 궤도형 후방 크롤러들을 통하여 경사도가 심한 산악지형의 등판능력과 작업안전성을 확보하고, 이후에 설명되는 바와 같은 4륜 구동시스템을 확보한다. 즉 후륜 주행부는 복수의 전방 바퀴와, 복수의 후방 크롤러(crawler)들이 각각 유압에 의해서 정역방향으로 회전하는 유압 회전모터들을 각각 구비하여 차체를 전진시키거나 후진시킬 수 있다.

전방 바퀴와 후방 크롤러들은 고무재료로 이루어진 것이어서 차량의 이동중에 작업로를 보호하고, 소음이 적으며, 노면의 충격을 완화시키는 작용을 한다. 즉 상기 전방 바퀴는 유압 회전모터의 주위에 싱글 저압 고무타이어가 배치됨으로써 주행성 및 접지압을 높이고 있다.

또한 후방 크롤러는 유압 회전모터에 의해서 구동 스프로킷이 회전되고, 다수의 종동 스프로킷들이 배치되며, 상기 구동 스프로킷과 종동 스프로킷에는 도 3에 도시된 바와 같이, 고무궤도가 무한 궤도형으로 감긴다. 이와 같은 후방 크롤러는 유압 회전모터의 작동으로 구동 스프로킷이 회전하면 구동 스프로킷과 종동 스프로킷의 둘레에서 고무궤도가 회전하여 차체의 전후진을 이룬다. 이와 같은 고무궤도는 산림지대의 임도나 작업도 주행시, 노면의 파손율을 최소화하고, 진동과 소음을 줄여 기계의 수명을 연장시키며, 운전자의 피로를 줄일 수 있다. 더욱이 궤도형으로서 작업차의 주행능력과 안정성을 향상시킨다.

후방 크롤러는 고무궤도의 교환 및 정비의 간편성을 위해 양쪽의 스프라켓 간격을 조정할 수 있는 간격 조정부를 구비한다. 상기 간격 조정부는 좌우측의 후방 크롤러에 각각 장착된 것으로서, 이하에서는 일측의 후방 크롤러에 대해서 설명하기로 하지만, 타측의 후방 크롤러에도 동일하게 적용됨을 알아야 한다. 이와 같은 간격 조정부는 전단에 종동 스프로킷이 회전가능하도록 연결된 가이드봉을 차체에 슬라이딩 가능하도록 장착하고, 상기 가이드봉에는 스크류축을 회전가능하도록 일측에 나란히 연결하며, 상기 스크류축이 나사결합한 너트를 차체에 고정된 구조이다.

따라서 이와 같은 간격 조정부는 스크류축을 회전시키면, 스크류축이 차체에 고정된 너트를 통과하여 전진하면서 이에 결합된 가이드봉과 종동 스프로켓을 전진시키게 되고, 결과적으로 위치가 고정된 구동 스프로켓과 종동 스프로켓과의 사이가 멀어지고, 그 둘레에 감긴 고무케도의 장력이 크게 유지된다. 그러나 상기와는 반대로 스크류축을 역회전시키면 스크류축이 후진하면서 가이드봉과 종동 스프로켓을 후진시키고, 상기 구동 스프로켓과 종동 스프로켓과의 사이가 가깝게 되어 그 둘레에 감긴 고무케도의 장력이 헐겁게 유지되고, 고무케도의 교체와 수리 정비가 쉽게 이루어질 수 있다. 이와 같은 간격 조정부는 타측의 후방 크롤러에도 동일하게 그 구조와 작동원리가 적용되어 고무케도의 장력을 운전자가 조절할 수 있는 것이고, 고무케도의 교체를 쉽게 이룰 수 있는 것이다.

그리고 이와 같은 주행부는 전방 바퀴 및 후방 크롤러에 각각 전후륜 독립 현가방식을 채택하고, 특히 후륜 케도식 바퀴의 크롤러에는 반경식 현가식을 채택한다. 또한 상기 주행부의 스티어링은 전륜 방향전환 아카망식 스티어링 방식을 채택하고, 제동 브레이크는 브레이크 내장 유압모터에 의한 유압 브레이크 방식을 채택한다.

상기에서 제동장치의 구동은 전기 스위치식 레버(lever)로 설계 제작되는데, 이와 같은 제동장치는 운전자에 의한 제동시, 전방 바퀴의 유압 회전모터와 후방 크롤러의 유압 회전모터가 모두 제동되도록 설계 제작된다. 여기서 통상적으로 제동은 엑셀레이터에 의한 엔진회전수의 증감에 따른 유압량의 조절에 의해 속도조절로 작동되며, 전기 스위치식 레버의 중립모드에 의한 유압의 차단에 의해 제동되게 된다.

한편 전후방 유압 회전모터 내에는 이와 같은 브레이크가 내장되어 있어서 상기 전기 스위치식 레버의 중립모드에 따른 유압모터 내장브레이크의 작동으로 유압 회전모터측으로 유압이 흐르지 않으면, 자동으로 유압 회전모터가 브레이크에 의해서 잠기고, 상기 전기 스위치식 레버의 브레이크 작동이 해제(중립모드에서 전진 또는 후진모드로 전환)되고, 엔진 및 제1 및 제2 메인펌프의 가동으로 유압이 공급되면, 브레이크가 자동으로 풀려서 유압 회전모터들이 동작하고 전방 바퀴 및 후방 크롤러의 회전이 가능하고 주행하게 된다.

그리고 상기 후방 크롤러는 고무케도의 스프로켓 이탈을 방지하기 위한 장치를 부착하게 되는데, 이는 그림 3-36c에 도시된 바와 같이, 고무케도의 내주면에 복수의 돌기를 설치하고, 그 돌기의 사이에서 구동 스프로켓 및 종동 스프로켓들이 고무케도의 내측 홈에 결합되도록 한다. 따라서 이와 같은 복수의 돌기들을 통하여 구동 스프로켓 및 종동 스프로켓으로부터 고무케도의 이탈을 방지할 수 있다.

한편 상기 주행부는 각각의 전방 바퀴와 후방 크롤러들을 통한 주행시, 차체의

주행속도를 최대 10km까지 확보하도록 유압력 및 유량을 계산하여 이후에 설명되는 동력부의 펌프 및 유압 회전모터를 선정한다.

그리고 본 발명에 따른 반케도식 작업차는 각종 운반물을 적재하고 덤프 기능을 가지도록 차체의 뒷부분에 위치되는 적재부를 구비하는데, 이와 같은 적재부는 차체의 후방에서 덤프 실린더에 의하여 승하강이 가능한 적재함을 갖는다. 이와 같은 적재함은 운반되는 대부분의 목재의 길이가 대부분 3.6m 이하이므로 이에 맞게 그 길이가 설계 제작되며, 임도 및 작업로의 최소 회전반경 설계기준이 차량길이 5m이므로 이를 고려하여 설계 제작된다.

상기 적재함은 박스형의 철판 구조물로 이루어지고, 그 후단은 그림 3-33과 그림 3-36에 도시된 바와 같이, 차체에 힌지를 통하여 회전 가능하도록 연결되며, 그 전방은 덤프 실린더에 의해서 승하강이 이루어진다. 즉 상기 덤프 실린더는 차체에 실린더 몸체가 지지되고, 그 로드는 적재함의 하부면 전방에 회전가능하도록 연결되어 이후에 설명되는 바와 같이, 조작부의 밸브조작을 통해서 덤프 실린더를 들어 올리면 적재함의 전방이 상승되면서 내부에 담긴 운반물의 하차(dumping)가 이루어지게 된다.

적재함은 그 프레임이 차체의 일부가 되므로, 바람직하게는 두께 4.5mm의 각파이프를 사용하여 최대 적재중량인 2,500kg 이상을 견딜 수 있도록 박스형으로 제작된다. 그리고 이와 같은 적재함은 차체의 중량을 가볍게 하기 위해 가이드바를 상부측으로 연장 설치하여 목재의 이탈을 방지하는 역할을 하도록 하며, 이와 같은 가이드바는 그 높이를 3.5m로 하여 적재 높이를 제한할 수 있도록 한다. 또한 상기 적재함 뒷부분에는 트레일러와 견인물의 견인을 위하여 견인고리를 장착할 수도 있다.

그리고 상기 적재부는 그림 3-37에 상세히 도시된 바와 같은 굴절식 크레인을 구비한다. 이와 같은 굴절식 크레인은 원목을 집어서 적재 및 상하차하도록 접힘 및 펼침이 가능한 암과 집게들을 갖는 것이다. 이와 같은 굴절식 크레인은 산림작업에서 다루어지는 원목 등의 적재와 상하차를 위해 운전석과 적재함 사이에 장착되고, 굴절식 크레인의 암은 2단 관절식으로 장착하여 차체의 좌우 및 뒤쪽의 목재를 모두 적재 및 상하차할 수 있도록 한다. 이와 같은 굴절식 크레인은 2단 관절식 암을 접거나 펼치도록 구동시키기 위한 다수의 구동실린더들을 구비하고 있으며, 상기 암을 차체의 좌우방향으로 회전시키기 위한 유압실린더를 하단에 내장한다. 이와 같은 굴절식 크레인은 구동실린더에 의하여 상하 접거나 펼치며, 굴절식 크레인의 작업시 작업의 안전성을 도모하기 위하여 아우트리거를 차체의 좌우 양측에 장착하게 된다. 또한, 굴절식 크레인은 원목직경이 400mm인 경우, 목재 중량이 최대

200kg~300kg이므로, 굴절식 크레인의 상차력은 최대 400kg로 설계 제작한다.

그리고 상기 적재부는 차체의 전방에서 먼 거리의 임목 및 차량을 쉽게 견인하는 윈치를 구비한다. 이와 같은 윈치는 작업차의 전면부에 장착되고, 와이어 로프를 구비한 것으로서, 간이집재시 및 굴절식 크레인의 범위의 임목을 와이어 로프를 이용하여 쉽게 집재 및 견인할 수 있는 것이다.

상기와 같은 윈치에 구비된 와이어 로프의 최대 길이는 50m로 하고, 윈치 모터는 그 견인력은 1 톤으로 하여 별도의 집재기 없이도 원목의 집재가 가능하도록 한 것이다. 또한 상기 윈치는 집재작업 이외에도 다른 차량의 견인에 사용될 수 있고, 본 발명의 반궤도식 작업차가 작업시 차량을 지지하도록 사용될 수도 있다.

그리고 상기 적재부는 목재를 적재 및 상하차하는 등의 산림작업시, 차체의 안정성을 확보하기 위하여 차체 양측으로 펼침이 가능한 아우트리거들을 구비한다. 이와 같은 아우트리거들은 차체의 좌우 중앙에서 양측으로 돌출하고, 차체의 폭보다 넓은 폭으로 차체를 지지하여 산림작업을 실시하는 동안 차체가 전도되지 않고 안정된 자세를 유지하도록 하는 것이다.

또한 본 연구개발에 따른 반궤도식 다목적 작업차는 상기 주행부와 적재부에 유압 동력을 제공하기 위한 동력부를 구비한다. 이와 같은 동력부는 그림 3-38에 전체적인 블록 구성도로 도시된 바와 같이, 디젤을 연소시켜 동력을 발생시키는 엔진을 갖는다. 이와 같이 동력원인 엔진은 약 100 마력 정도의 4기통 디젤엔진으로 이루어지며, 연료소모를 줄이기 위하여 2,500rpm 이하에서 최고의 출력을 낼 수 있도록 설계 제작한다.

이와 같은 엔진에는 제1 메인펌프, 제2 메인펌프, 제1 작업펌프 및 제2 작업펌프들이 연결되는데, 상기 제1 메인펌프는 주행부의 우측 전방 바퀴와 좌측 후방 크롤러의 유압 회전모터들을 동시에 회전구동하도록 배관을 통하여 유압력을 제공하고, 제2 메인펌프는 주행부의 좌측 전방 바퀴와 우측 후방 크롤러의 유압 회전모터들을 동시에 회전구동하도록 배관을 통하여 유압력을 제공한다.

그리고 이와 같은 제1 메인펌프와 제2 메인펌프들은 서로 동일한 유압을 좌우측 전방 바퀴의 유압 회전모터들과, 좌우측 후방 크롤러의 유압 회전모터들에 제공하여 좌우측 동일 회전속도의 4륜 구동이 이루어지도록 한다.

또한 차체의 전후진 동작은 기본적으로 제1 및 제2 메인펌프들이 피스톤식 유압 펌프로서, 유압펌프내의 방향조절판(일명, 샤프안이라 함)(미 도시)의 방향이 바뀌면 유압의 흐름방향이 바뀌므로, 이 유압펌프내의 방향조절판의 방향을 바꾸는 전기 스위치식 레버를 운전석에 장착하고, 이 전기 스위치식 레버를 전진모드, 중립모드, 후진모드로 작동시켜서 유압의 방향을 바꾸어 작업차의 방향을 전후진으로 주행되

도록 한다. 여기서 전기 스위치식 레버는 전진, 중립, 후진의 세가지 모드가 가능한 레버이며, 중립모드시에는 유압의 흐름이 차단되어 차체의 제동장치가 작동되게 된다.

그리고 상기 적재부의 굴절식 크레인, 덤프 실린더, 윈치와, 아우트리거들에 유압을 제공하는 제1 작업펌프와, 상기 주행부의 좌우측 전방 바퀴들을 조향시키도록 유압을 제공하는 제2 작업펌프를 구비한다. 즉 상기 제1 작업펌프는 배관을 통하여 상기 적재부의 굴절식 크레인, 덤프 실린더, 윈치와, 아우트리거들에 유압을 제공하도록 연결되고, 상기 제2 작업펌프는 배관을 통하여 주행부의 좌우측 전방 바퀴들을 조향시키도록 유압을 제공하게 된다.

한편 상기 동력부는 라디에이터를 제외하고는 그림 3-39에 도시한 바와 같이, 엔진에 커버를 장착하고, 운전자의 안전을 위하여 운전석의 좌우에 커버 이탈방지를 위한 고정장치를 장착한다. 그리고 유압탱크는 운전석 뒤에 장착하고, 각종 유압라인은 작업차의 차체 안쪽에 배치하여 외부에 의한 손상을 최소화한다. 뿐만 아니라 가급적 운전석의 주행좌석과 작업좌석 등을 플라스틱으로 설계 제작하여 차체의 전체적인 무게를 최소화한다.

그리고 본 연구개발에 따른 반궤도식 작업차는 상기 적재부에 구비된 굴절식 크레인과, 덤프 실린더 및, 윈치와, 아우트리거들에 동력부로부터의 유압력을 전달하는 배관과 내장된 밸브 및 레버들을 구비하여 운전자가 원하는 작업을 제어하도록 된 조작부를 구비한다. 이와 같은 조작부는 그림 3-40에 예시적으로 도시된 바와 같은 다수의 레버들을 구비하는데, 이와 같은 레버들은 예를 들면 굴절식 크레인의 구동실린더들을 제어하기 위한 6개의 밸브마다 마련되어 각각의 구동실린더들을 작동시키고, 아우트리거의 구동실린더들을 제어하기 위한 3개의 밸브마다 레버들이 3개 마련되어 아우트리거를 운전자가 작동 제어할 수 있다.

또한 상기 조작부는 윈치의 유압 배관에 할당된 밸브 및 레버들을 구비하고, 덤프 실린더의 배관에 할당된 밸브 및 레버들을 구비하여 운전자는 원하는 작업을 쉽게 레버 조작을 통해서 실행할 수 있는 것이다. 굴절식 크레인의 조작을 위한 레버는 후방의 적재함을 주시하도록 장착하여 굴절식 크레인 작업시 운전자의 시야를 확보할 수 있도록 배치한다.

한편 본 연구개발에 따른 작업차의 조향조작은 그림 3-33에 도시한 바와 같이, 운전석에 마련된 핸들을 통하여 제2 작업펌프에 연결된 배관의 밸브들을 조작함으로써 전방 바퀴들을 수평으로 회전시켜 이루어지며, 이와 같은 조향 계통은 일반적인 자동차의 조향 구조에 해당하는 것이므로 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.

또한 이와 같은 조작부는 작업차의 엔진 상태와 유압력, 속도, 연료량, 주행거리

등 일반 자동차와 같이 기본적인 상태를 파악할 수 있도록 운전석의 전면에 각종 계이지를 장착한 계기판을 제작 설치한다. 또한 운전 및 조작시 차체의 전도와 적재물의 낙하 등에 운전자 및 조작자의 안전성을 확보하기 위해 운전석 캐빈을 장착할 계획이다.

상기와 같이 구성된 본 연구개발에 따른 반궤도식 다목적 산림작업차는 험준한 산악지형에서 목재운반과 사방사업 및 임도사업 등의 토목사업에서의 자재운반과 같은 산림작업을 효율적으로 수행한다.

본 연구개발의 반궤도식 다목적 산림작업차는 먼저 시동키를 이용하여 동력부의 엔진을 작동시키면 제1 메인펌프, 제2 메인펌프, 제1 작업펌프 및 제2 작업펌프들이 작동하여 작동 대기상태가 되며, 전기 스위치식 레버를 브레이크 상태의 중립모드에서 전진 또는 후진모드로 전환시킴으로써 전방 바퀴와 후방 크롤러의 유압 회전 모터들에 유압이 공급되고 회전하여 본 연구개발에 따른 반궤도식 다목적 산림작업차가 원하는 장소로 이동하고 작업을 하게 된다.

그리고 운전자는 필요한 경우, 운전석에 마련된 전기 스위치 레버의 조작을 통해서 제1 및 제2 메인펌프에 마련된 방향조절판의 방향을 바꾸고 유압의 흐름방향을 바꿔서 차량의 주행 방향을 전진 또는 후진으로 조절할 수 있다. 이와 같은 본 연구개발의 반궤도식 작업차는 전후로 이동하는 과정에서 전방 바퀴와 후방 크롤러들이 고무재료로 이루어진 것이어서 차량의 이동중에 작업로를 보호하고, 소음이 적으며, 노면의 충격을 완화시켜 보호한다.

그리고 작업 현장에 도달하게 되면 적재부의 굴절식 크레인, 윈치와 아우트리거들을 작동시켜서 산림작업을 하게 되는데, 이때에는 엑셀레이터에 의한 속도조절과 전기 스위치식 레버를 중립모드로 작동시켜서 작업차를 정지 주차시킨 다음, 조작부의 레버 조작을 통해서 적재부의 기계장치들을 이용하게 된다.

즉, 이와 같은 경우, 본 연구개발의 반궤도식 다목적 산림작업차는 정지 주차된 상태이지만, 엔진은 작동상태로 유지되어 제1 작업펌프에 동력을 전달하고, 제1 작업펌프를 통해서 적재부의 각종 기계장치들을 유압으로 조절하게 된다.

먼저 운전자는 조작부의 아우트리거 조작용 레버를 작동시켜서 아우트리거를 차체의 양측으로 펼쳐서 차체를 안정되게 지지한 다음, 굴절식 크레인 조작용 레버들을 조작하게 되는데, 이와 같은 굴절식 크레인 조작용 레버들은, 예를 들면 그림 3-41에 도시한 바와 같은 6개의 레버들을 운전자가 조작하여 원목을 집어서 적재함에 상차하거나, 적재함으로부터 하차시키게 되며, 원목을 이동 적재시키기도 한다.

이와 같은 경우, 상기 굴절식 크레인은 암이 2단 관절식으로 이루어진 것이어서 차체의 좌우 및 뒤쪽의 목재를 모두 집적할 수 있게 되며, 이와 같은 굴절식 크레

인의 작업시 차체의 양측으로 펼쳐진 아우트리거를 통해서 작업의 안전성을 도모하게 된다.

또한 다르게는 운전자가 차체의 전방에 마련된 윈치를 이용하여 작업할 수 있는데, 이와 같은 윈치는 제1 작업펌프가 작동하는 상태에서 조작부의 밸브 조작을 통하여 윈치 모터를 회전시키고, 와이어 로프를 원목에 걸어 당겨서 쉽게 집재 및 견인할 수 있는 것이다. 이와 같은 윈치는 그 견인력을 1 톤으로 하여 별도의 집재기 없이도 원목의 집재가 가능하다. 또한 상기 윈치는 원목의 집재작업 이외에도 다른 차량의 견인이나 자체의 견인에도 사용될 수 있음은 물론이다.

그리고 이와 같은 작업을 통해서 원목의 집재가 완료되면, 원목을 산림지역으로부터 집합장소로 이송시키게 되는데, 이때에는 아우트리거를 조작시키는 밸브를 레버로 조작하여 차체의 양측으로 접어 넣고, 굴절식 크레인 조작용 밸브를 레버로 작동시켜서 암과 집계를 보관 위치로 이동시키고, 윈치를 최초의 상태로 유지시킨 다음, 전기 스위치식 레버를 이용하여 원목 집합장소로 이동한다.

이와 같은 이동과정에서 본 연구개발의 반케도식 다목적 산림작업차의 전진은 제1 및 제2 메인펌프들을 통하여 이루어지며, 전방 바퀴의 조향은 제2 작업펌프에 연결된 배관의 밸브를 핸들 조작을 통하여 제어함으로써 전방 바퀴를 수평 회전시키고 조향작동이 이루어진다.

그리고 원목 집합장소에 도달하게 되면 원목과 토목 자재 등의 하차작업이 이루어지는데, 이와 같은 경우에는 덤프 실린더나 크레인의 로그그래플을 이용하여 작업이 이루어지게 된다.

즉 제1 작업펌프로부터 덤프 실린더로 이어진 배관의 밸브를 운전자가 레버로 조작하여 덤프 실린더를 작동시키면, 적재함은 그 후방의 힌지를 통하여 차체에 대해 회전하면서 적재함의 전방이 상부로 들려진다. 이와 같이 적재함의 전방이 상승하여 경사진 상태로 들려지게 되면, 적재함의 내부에 담긴 원목이나 토목 자재 등은 적재함의 후방을 통하여 하향으로 미끄러지면서 집합장소에 하차된다.

그리고 이와 같이 집합 장소에 하차된 원목들은 별도의 상하차 크레인이나 또는 굴절식 크레인을 작동시켜서 차례차례 정해진 위치에 적재할 수 있는 것이다.

상기와 같이 본 연구개발에 따른 반케도식 다목적 산림작업차는 산세가 험한 산림 지역에서 목재운반과 사방사업, 임도사업과 같은 산림작업에 적합하게 사용될 수 있다. 특히 전방 바퀴와 후방 크롤러를 통하여 4륜으로 구동됨으로써 산악도로를 안정되게 주행할 수 있을 뿐만 아니라, 굴절식 크레인, 윈치 및 덤프 기능과 아우트리거들을 동작시킬 수 있어서 다기능의 산림작업을 실행할 수 있다.

따라서 현장 실정에 맞는 임업기계의 연구개발과 보급으로 목재생산과 도입비용

이 큰 임업기계에 대한 산주의 경제적 부담을 줄여줌으로서 임업기계의 보급촉진과 산주의 소득증대에 기여할 수 있다. 또한 현장 지형과 임상에 적합한 임업기계의 연구개발과 보급으로 산림작업의 생산성을 향상시키고 국산재 이용을 높여 국산재의 부가가치를 향상시키는 효과를 얻을 수 있다.

그리고 본 연구개발에 의하면 산학협력을 통하여 매년 증가하고 있는 고성능임업기계의 수요에 맞는 임업기계의 보급과 임업기계화에 기여하고, 국내 임업기계 제작회사의 사업 다각화와 기술축적과 국내 임업기계의 도입과 보급에 따른 외화절약과 A/S 체제를 효과적으로 구축할 수 있을 뿐만 아니라, 새롭고 성능이 우수한 임업기계의 보급으로 임업의 기계화와 활성화로 임업에 있어서 새로운 고용창출 효과를 기대할 수 있다.

이상의 연구·개발 방법 및 내용은 본 연구과제의 특허 신청시에 제출된 내용이고, 이미 특허(특허 제 10-0899274호, 특허증 부록에 첨부)가 등록된 내용임을 밝혀두며, 인용 및 사용을 제한한다.

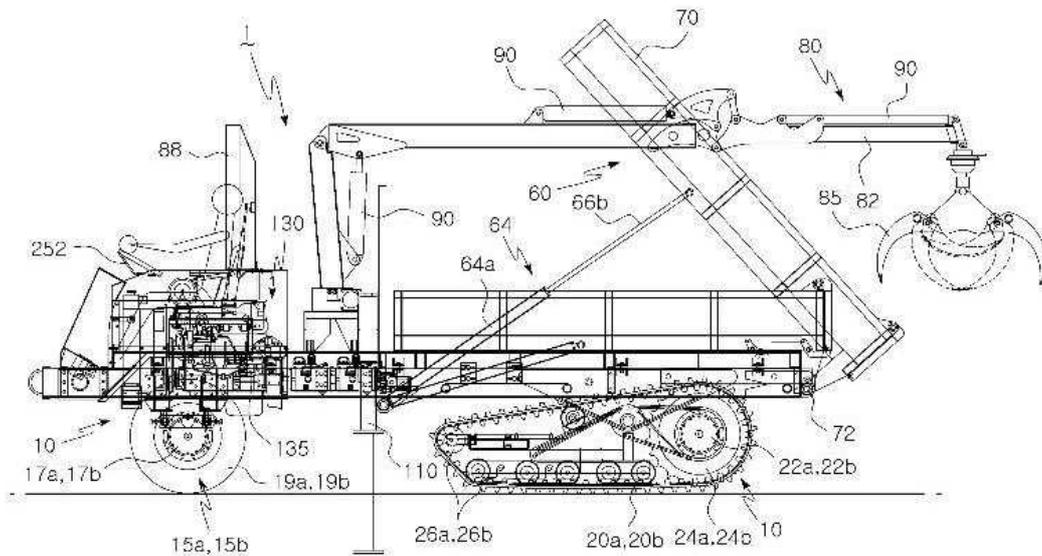


그림 3-34. 반궤도식 다목적 산림작업차의 설계도

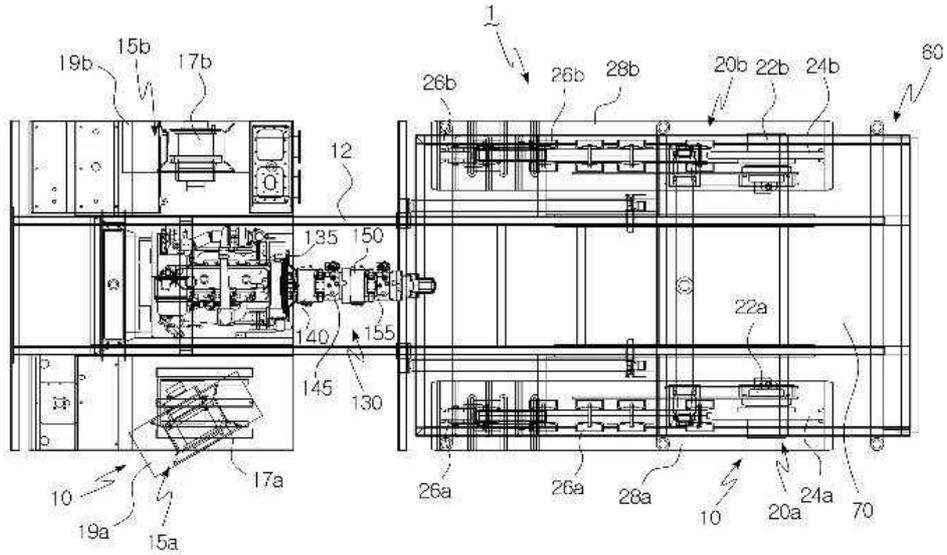


그림 3-35. 반궤도식 다목적 산림작업차의 설계도

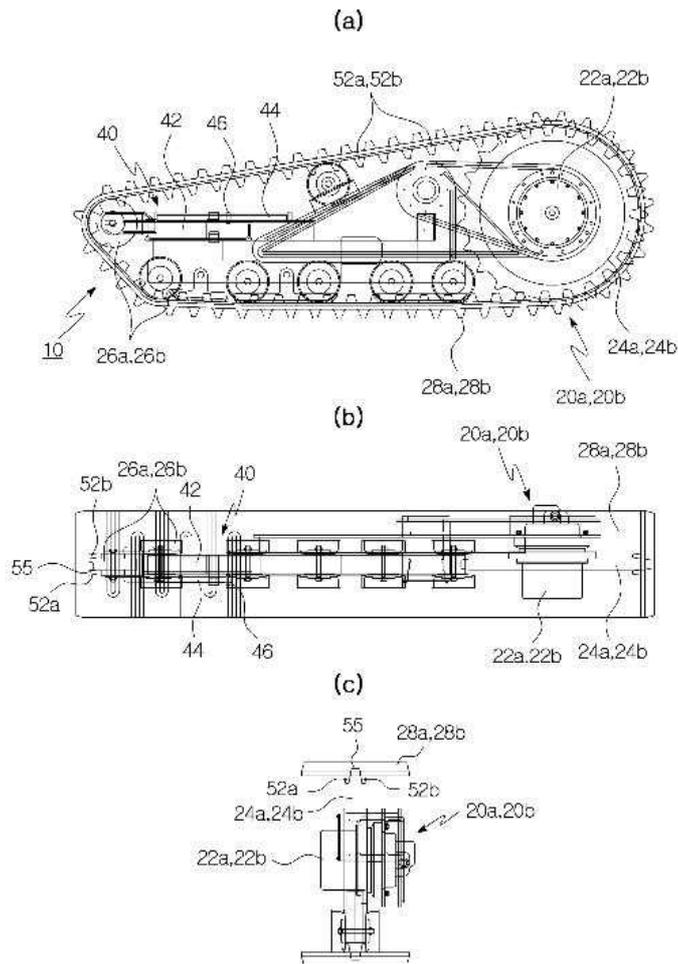


그림 3-36. 반궤도식 다목적 산림작업차의 후륜부의 설계도

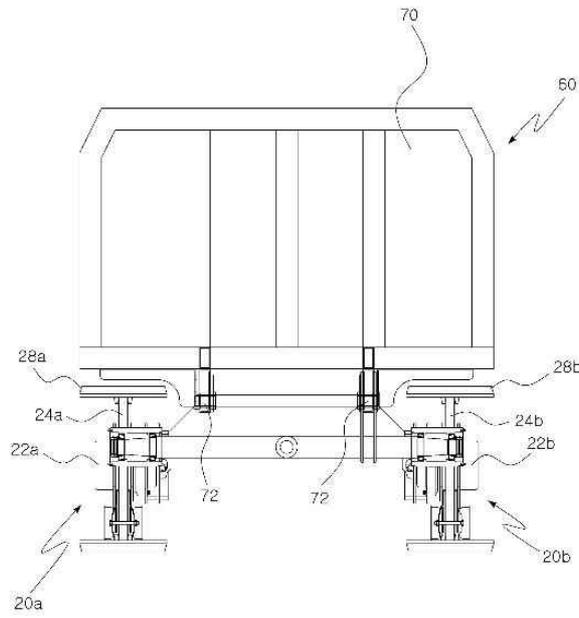


그림 3-37. 반궤도식 다목적 산림작업차의 설계도

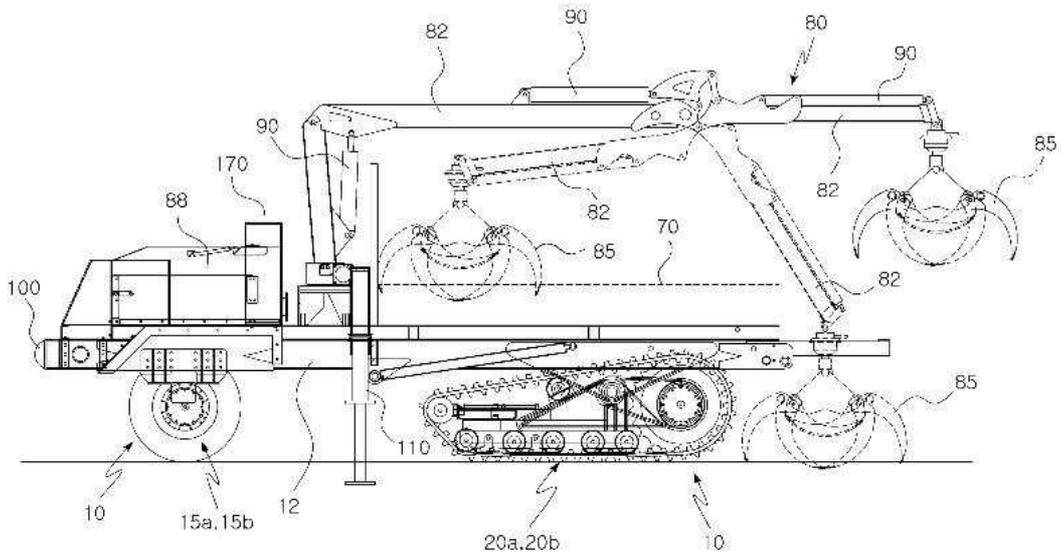


그림 3-38. 반궤도식 다목적 산림작업차의 설계도

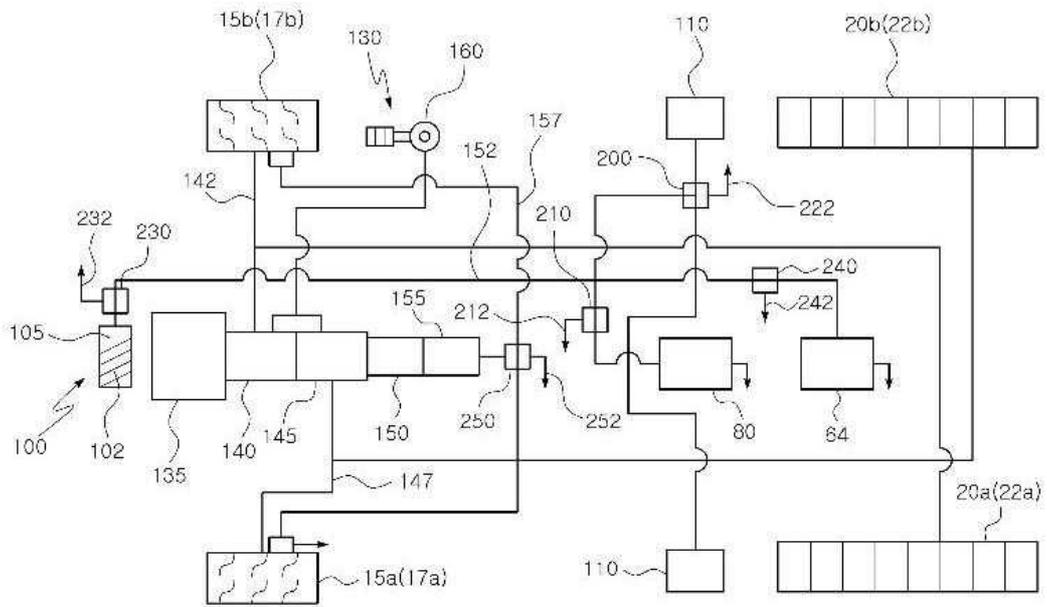


그림 3-39. 반케도식 다목적 산림작업차의 유압회로 개념도

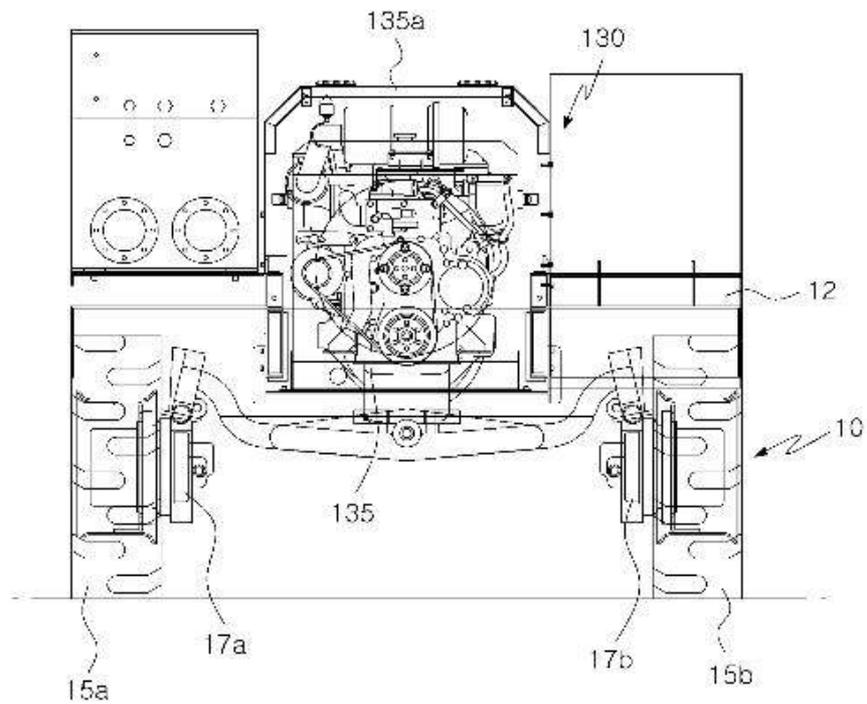


그림 3-40. 반케도식 다목적 산림작업차의 전륜 및 엔진부 설계도

## 제 4 절 반궤도식 다목적 산림작업차의 설계 및 제작

### 1. 산림작업차 시작기의 설계도안 및 설계서 작성

반궤도식 산림작업차의 전체 예상 모습은 기본적으로 전륜을 저압고무타이어를 장착하고 후륜을 고무크롤러를 장착한다. 반궤도식의 산림작업차량부는 전방부에 엔진과 운전석 및 로그그래플 조정식, 윈치를 탑재하고 후방부에 적재부를 배치하고 차체 중앙에 로그그래플 및 아우트리거를 장착하도록 한다. 이를 바탕으로 반궤도식 산림작업차량부의 차체와 로그그래플을 도안하면 그림 3-42와 같다.

그림 3-41을 참고로 하여 반궤도식 산림작업차량과 로그그래플부 및 아우트리거부의 세부 설계도를 그림 3-42와 그림-43과 같이 설계하였다. 반궤도식 산림작업차의 전체적인 구조 규격은 반궤도식 산림작업차량의 목표 제원을 기준으로 작성하였다.

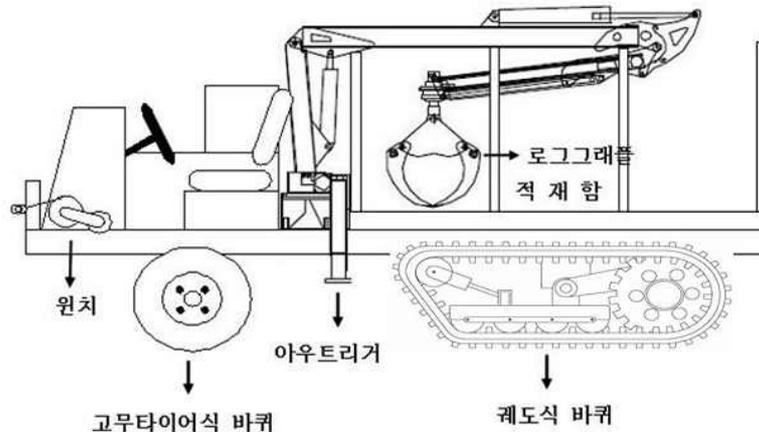


그림 3-41. 반궤도식 산림작업차의 완성차 설계도안 모습

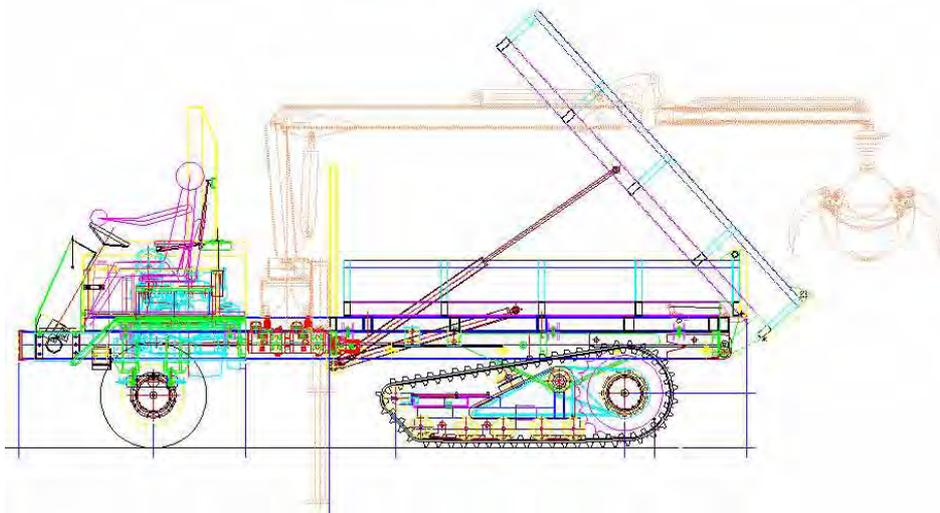


그림 3-42. 반궤도식 산림작업차의 세부 설계도

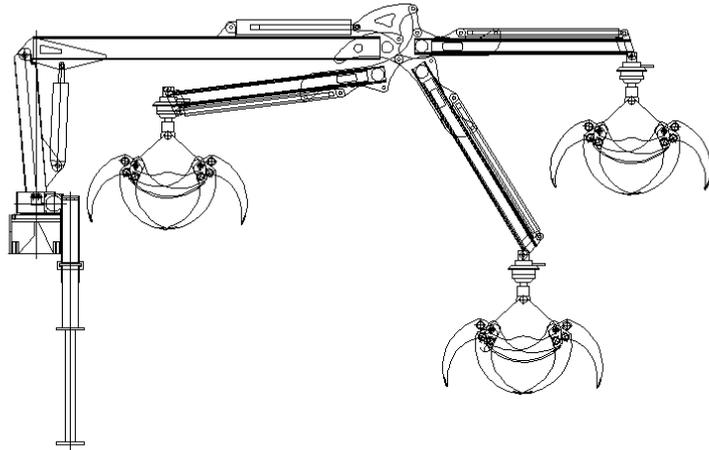


그림 3-43. 로그그래플부 및 아우트리거부의 세부 설계도

## 2. 산림작업차 시작기의 제작

### 가. 산림작업차량 프레임 구조물 제작 및 조립

산림작업차량부의 프레임은 반궤도식 다목적 산림작업차의 기본 차체가 되며, 그림 3-44의 설계도를 중심으로 산림작업차량부의 프레임부를 제작 조립하였다.

산림작업차량의 프레임의 구조는 앞부분에 운전석이 확보되어 있고 뒷부분에 적재함이 탑재되어 원목을 적재할 수 있다. 로그그래플 작업시 시야의 확보와 신속한 작업이 가능하도록 작업원의 운전석은 덮개를 장착하지 않았으며, 로그그래플 작업시는 운전자가 로그그래플을 조작할 수 있는 좌측 프레임에 올라서서 로그그래플을 조작하여야 한다. 또한 기본차량의 전면은 차체 좌측에 운전자의 안전을 확보하기 위하여 임목 등에 부딪히더라도 충격으로부터 운전원을 보호할 수 있는 보호 프레임을 설계 제작하였다. 산림작업차량부의 프레임 구조물 및 제작 모습은 그림 3-45와 같고, 프레임부는 다음과 같은 구조 규격과 재질에 맞추어 제작하였다.

- 차체 길이
  - 총길이 : 5,750mm(본체-5,000mm, 보조차체-750mm)
  - 전후륜 축간 길이 : 2,900mm
  - 앞범퍼와 전륜축간의 길이 : 960mm
  - 뒤범퍼와 후륜축간의 길이 : 1,140mm
- 차체 폭
  - 차체 총폭 : 1,900mm

- 차체프레임 폭 : 800mm(내경 700mm)
- 프레임 폭/높이 : 100mm/200mm
  
- 적재프레임
  - 높이 : 1,100mm
  - 폭 : 1,900mm
  
- 주요 부품
  - Frame in RH/LH : 245x5,000x6T
  - Frame out RH/LH : 290x5,000x6T
  - Plate : 100x122x6T, 676x265x6T
  - Braket : 1,200x88x6T, 530x250x6T(LH), 530x250x6T(RH),  
943x160x12T(LH/RH), 810x500x4.5T, 1,440x415x9T
  - Bumper : 1,900x300x6T, 900x194x12T
  - Cover LH : 550x518x6T
  - Fender LH : 1,760x621x4.5T
  - Member : 914x543x12T
  
- 주요부품 재료 및 규격
  - Frame : 6T
  - Plate : 6T
  - Braket : 6T, 12T(LH/RH), 4.5T, 9T
  - Bumper : 6T, 12T
  - Cover LH : 6T
  - Fender LH : 4.5T
  - Member : 12T

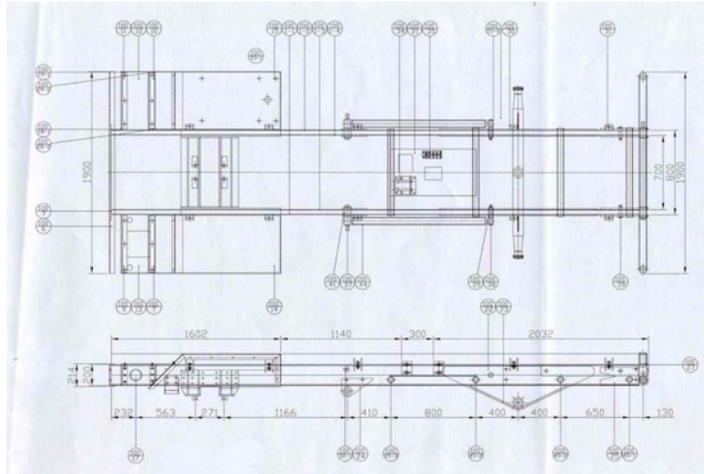


그림 3-44. 산림작업차량부의 기본 프레임 설계도



그림 3-45. 산림작업차량부의 프레임 구조물 및 제작 모습

#### 나. 산림작업차량 엔진부의 구조물 제작 및 조립

산림작업차량의 엔진부는 반케도식 다목적 산림작업차의 기본 동력원으로서 그림 3-46의 설계도를 중심으로 산림작업차량부의 엔진부를 제작 조립하였다.

특히, 엔진은 임업기계용 엔진이 험로와 많은 적재량을 적재하여 주행하므로 일반 자동차용 보다 부하가 크게 걸리므로 내구성과 구동력을 고려하여 엔진회전수를 낮추어 사용되고 있는 것이 일반적이다. 본 연구개발 대상 기계인 산림작업차에 탑재할 엔진은 H사의 엔진으로 내마모성이 강한 부품을 사용하여 내구성이 높고 중저속에서 토크가 높아 산업용으로 적합하며, 일반 산업기계에 많이 이용되고 있다. 그림 3-47은 국내에서 산업용으로 많이 사용되고 본 산림작업차의 연구개발에 사용한 H사의 모델 D4AF의 엔진 모습과 설계도를 나타낸 것이다. D4AF 엔진은 3,568cc로서 3,400rpm에서 96마력의 출력이 가능한 엔진이다. 산림작업차량부의 엔진부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습은 그림 3-48과 같다.

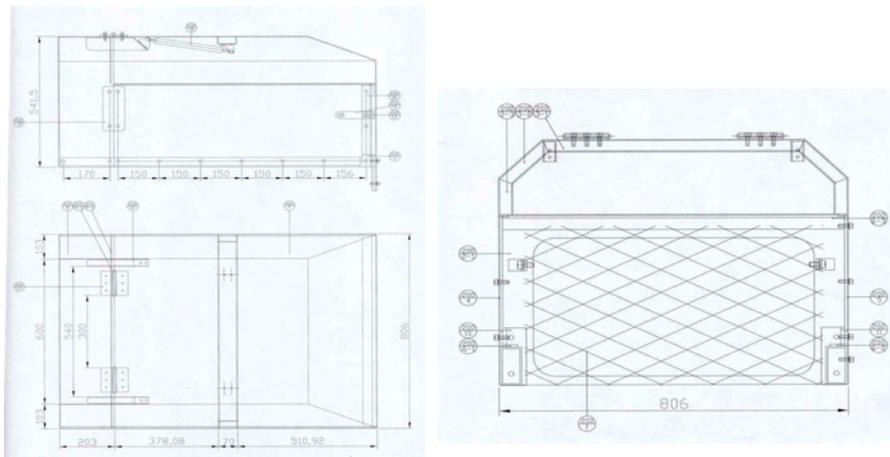


그림 3-46. 산림작업차량부의 엔진부 설계도

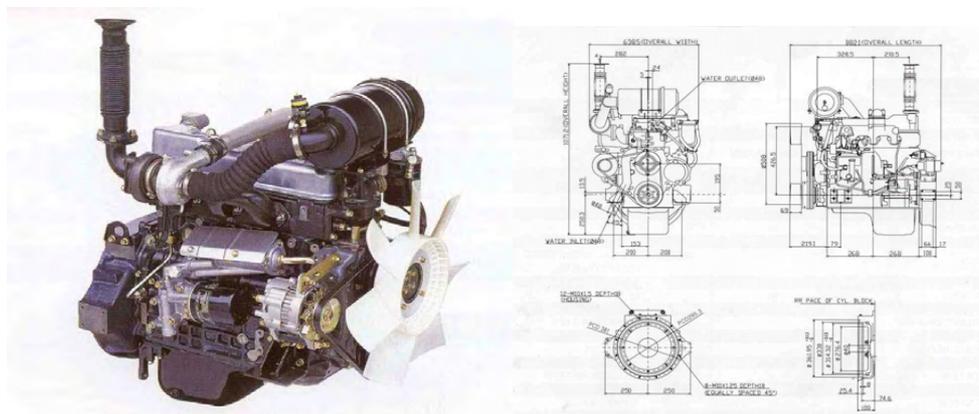


그림 3-47. 시작기에 사용한 엔진의 모습과 설계도

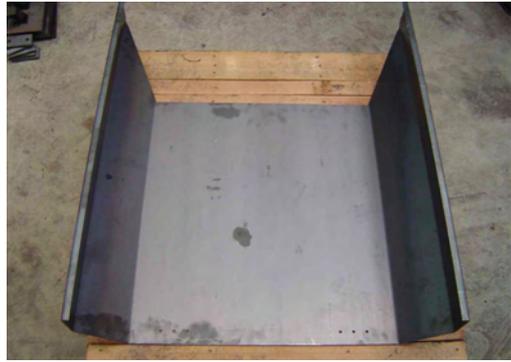


그림 3-48. 산림작업차량부의 엔진부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습

#### 다. 산림작업차량 전륜 고무타이어 바퀴부의 구조물 제작 및 조립

산림작업차량부의 전륜 고무타이어 바퀴부는 반궤도식 다목적 산림작업차의 주행장치로서 그림 3-49의 설계도를 중심으로 산림작업차량부의 전륜바퀴부를 제작 조립하였고, 그림 3-50은 산림작업차량부의 전륜 고무바퀴부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습이다.

전륜 바퀴부에 사용된 고무타이어는 H사의 타이어로서 그 규격은 표 3-15와 같으며, 크기가 10-16.5의 플라이급수가 8인 외부직경 780mm의 타이어를 사용했다.

본 산림작업차량에 장착된 10-16.5-8ply 타이어는 접지장을 차륜당 20cm 정도 확보할 경우 평균 접지압은 약 1.8 kgf/cm<sup>2</sup> 정도까지 감소시킬 수 있다. 접지압을 더 줄이기 위해서는 보다 광폭의 저압타이어나 트랙션 벨트트랙을 작용하는 것을 검토하여야 할 것이다. 외국의 습지용 포워더는 저압 광폭 타이어를 사용하거나 차륜에 철제 또는 플라스틱제 벨트트랙을 설치하여 접지압을 1kgf/cm<sup>2</sup> 정도로 줄이기도 한다.

또한 유압모터를 선정하는데 있어서 연구개발 목표의 주행속도와 작업기를 구동시키기 위해서는 그에 맞는 용량의 유압모터를 선정하여야 한다. 따라서 본 연구과제인 반궤도식 다목적 산림작업차의 개발 목표에 맞추어 전륜 바퀴부의 주행 구동을 위해 사용한 전륜 바퀴부의 주행 구동을 위해 사용한 유압모터는 한국제의 JMV-53-VBC-R, 8 ton, Gear ratio 45.57, Displacement 53.20/33.80cc/rev의 유압모터이다.

임업기계는 임내나 임도 및 작업도 등의 굴곡이 있고 장애물이 많은 부정지를 주행하므로 여러 가지 조향장치가 적용되지만 작업기의 종류에 따라 조향기구를 분류해 보면 차륜(주행장치)의 방향을 전환시키는 것과 좌우속도를 변환시키는 것이 있다. 전자에 포함되는 것이 차체굴절식, 애커만식이고, 후자에 속하는 것으로는 클러치 브레이크식, 스킵드 스티어링식, 파워턴 방식, 2중차동방식 등이 있다.

차체굴절 방식은 차체의 중앙부분에 액슬샤프트와 직각되게 설계된 힌지로 차체부를 수평면 방향으로 굴절시켜 주향을 하도록 하는 방식이다. 이 방식의 특징은 부정지를 안정된 상태로 주행하기 위하여 축거가 길어야 하지만, 이 방식은 선회반경을 줄일 수 있고 전후륜이 대개 같은 궤적을 지나므로 연약지등의 주행에 유리하다. 또한, 하베스터 등을 이용할 때 작업대상 방향으로 차체의 진행방향을 위치시키기 쉬운 장점이 있다.

또한, 이 방식으로 차체를 굴절시키기 위하여 1~2개의 유압실린더를 이용하여 부정지에서의 조향은 유압방향 제어밸브 레버나 버튼식 또는 조향륜으로 조작한다.

애커만 방식은 자동차나 농업용 트랙터와 마찬가지로 전륜의 방향을 전환시키므

로서 선회하는 방식이다. 이 방식은 구조가 간단하나 선회반경이 크고, 조향륜과 후륜과의 선회반경의 차이가 발생하는 단점이 있다.

스키드 스티어링식과 클러치 브레이크 방식은 선회되는 쪽의 주행장치 구동력을 클러치로 끊고 동시에 브레이크를 작동시켜 주행장치를 멈추고 다른 쪽의 궤도를 계속 주행하여 선회하는 방식이다. 소형 스키드 로더와 궤도형 트랙터의 경우 이 같은 방식이 많이 이용된다.

파워 턴 방식은 선회되는 쪽의 주행방향을 반대로 조작함에 따라 차체중심으로 스피너회전(spin turn)을 할 수 있는 방식이다.

2중 차동방식은 일종의 파워 턴 방식으로 조향 브레이크로 제동하면 2중 차동장치가 움직여 선회 내측의 스프라켓 회전속도가 감속되고 바깥쪽은 역으로 증속되어 선회한다. 이 방식은 선회시에도 내측의 스프라켓에 동력이 전달되어 동력의 손실이 적고 항상 양쪽에 동력이 가해져 경사지 하향 주행시에도 조향에 어려운 현상이 생기지 않는다. 또한, 임지의 표토에 토양교란 현상이 일어나지 않는 이점도 가지고 있다.

본 연구개발의 반궤도식 다목적 산림작업차의 조향방식은 애커만 조향방식을 채택하여 일반 차량과 동일하며 오비트 모터에 의한 파워식 조향장치를 이용하여 손쉽게 조향이 가능하도록 하였다.

전륜 고무타이어 바퀴부는 다음과 같은 형태 및 기능과 구조 규격과 재질에 맞추어 제작하였다.

- 전륜 타이어부의 형태 및 기능
  - 전륜은 고무타이어 형태로 제작함.
  - 전륜에는 임내작업차의 조향을 위한 조향장치를 장착함.
  - 전륜의 구동은 유압모터에 의해 구동되도록 제작함.
  - 전륜은 일반 차량의 전륜과 같은 기능을 가지도록 제작함.
  
- 전륜
  - 총폭 : 1,900mm
  - 내폭 : 1,392mm
  - 최소폭 : 1,216mm
  
- 주요 부품
  - 타이어 : 10-16.5, 8PR, T/L, 780mmx273mm, 4,140lbs, 60psi

- Braket : 775x150x9.0T
- Hub :  $\phi 55 \times 2T$
- Du Bushing/Center SH :  $\phi 55 \times 2T / \phi 810 \times 305$
- Lim : 227x188.5(66), 타이어 규격 10-16.5에 맞춤.

· 주요부품 재료 및 규격

- 타이어 : 10-16.5, 8PR, T/L, 780mmx273mm, 4,140lbs, 60psi
- Braket : 9.0T
- Hub : 2T
- Du Bushing : 2T

표 3-15. 선정된 고무 타이어의 제원(H사).

TIRE SIZE	PR	TYPE	STANDARD RIM	OVERALL DIAMETER	SECTION WIDTH	TREAD DEPTH	MAX. LOAD	INFLATION
				mm	mm	mm	Ibs	psi
<b>405B</b>								
10-16.5	8	T/L	8.25	760	273	20	4,140	60

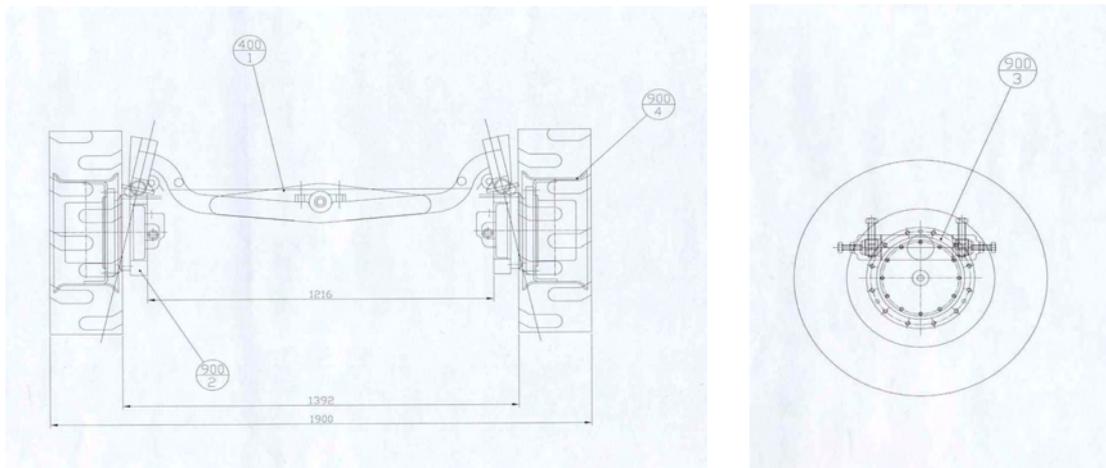


그림 3-49. 산림작업차량부의 전륜 고무바퀴부 설계도

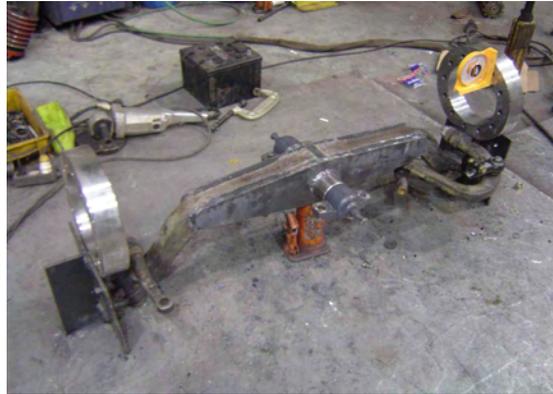


그림 3-50. 산림작업차량부의 전륜 고무바퀴부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습

#### 라. 산림작업차량 후륜 크롤러 바퀴부의 구조물 제작 및 조립

산림작업차량의 후륜 크롤러 바퀴부는 본 연구과제의 중요사항이며, 반케도식 다목적 산림작업차의 핵심부분으로서 주 주행장치이고 그림 3-51의 설계도를 중심으로 산림작업차량부의 후륜 크롤러 바퀴부를 제작 조립하였고, 후륜 크롤러부 주요 부품과 구조물 및 시작기 제작 모습은 그림 3-52와 같다.

특히, 본 연구과제의 중요 사항인 후륜 고무 크롤러는 일반적으로 굴삭기와 농업용 등 타 산업용으로 많이 생산 사용되고 있는 것이 임업용 기계에 많이 사용되고 있으므로 이를 활용하였다. 본 연구과제에서 사용한 고무크롤러는 크기와 기능을 고려하여 고무크롤러를 전문적으로 생산하고 있는 국내 D사에 특별히 주문하여 사용하였다.

후륜 크롤러부에 사용한 고무크롤러는 400mm×90mm×55개(크롤러 폭×링크사이간격(피치)×링크수)의 규격을 사용하였다.

케도형 바퀴의 케도는 고무케도를 이용하여 작업로를 보호하고 소음이 적으며 노면의 충격을 완화시키는 작용을 하도록 한다. 특히 고무케도는 임도주행시 노면의 파손율을 최소화하고 진동과 소음을 줄여 기계의 수명을 연장시키고 운전자의 피로를 줄일 수 있다. 고무케도의 교환 및 정비의 간편성을 위해 양쪽의 스프라켓 간격을 조정할 수 있도록 한다.

또한 유압모터를 선정하는데 있어서 연구개발 목표의 주행속도와 작업기를 구동시키기 위해서는 그에 맞는 용량의 모터를 선정하여야 한다. 따라서 본 연구과제인 반케도식 다목적 산림작업차의 개발 목표에 맞추어 후륜 바퀴부의 주행 구동을 위해 사용한 유압모터는 전륜 고무바퀴부에서 사용한 동종의 한국제의 JMV-53-VBC-R, 8 ton, Gear ratio 45.57, Displacement 53.20/33.80cc/rev의 유압모터이다.

후륜 고무크롤러 바퀴부는 다음과 같은 형태 및 기능과 구조 규격과 재질에 맞추어 제작하였다.

- 후륜 크롤러부의 형태 및 기능
  - 후륜은 고무크롤러 형태로 제작함.
  - 후륜은 고무크롤러의 탈장착이 가능하도록 인장장치를 채택함.
  - 후륜의 구동은 유압모터에 의해 구동되도록 제작함.
  - 후륜은 일반 크롤러의 주행기능을 가지도록 제작함.
- 후륜 크롤러
  - 총 접지장 : 1,460mm

- 폭 : 400mm
- 하부 유도롤러수 : 5개
- 유도롤러 간격 : 70mm
- 스프라켓 : 외경- $\phi 714\text{mm}$ , 내경- $\phi 654\text{mm}$ , 두께-40mm
- 스프라켓 잇수 : 23개
- Shaft :  $\phi 100 \times 1,616\text{mm}$
- Cover : 225x128x3T
- Oil seal : 100x135x13
- Hub :  $\phi 180 \times 237$
- 주요 부품 재료 및 규격
  - 고무크롤러 총길이 : 400 x 90 x 52
  - 스프라켓 : 40T
  - Shaft :  $\phi 100 \times 1,616\text{mm}$
  - Cover : 3T, 4.5T, 9T
  - Washer : 3T
  - Hub : 고주파처리
  - Braket : 9T

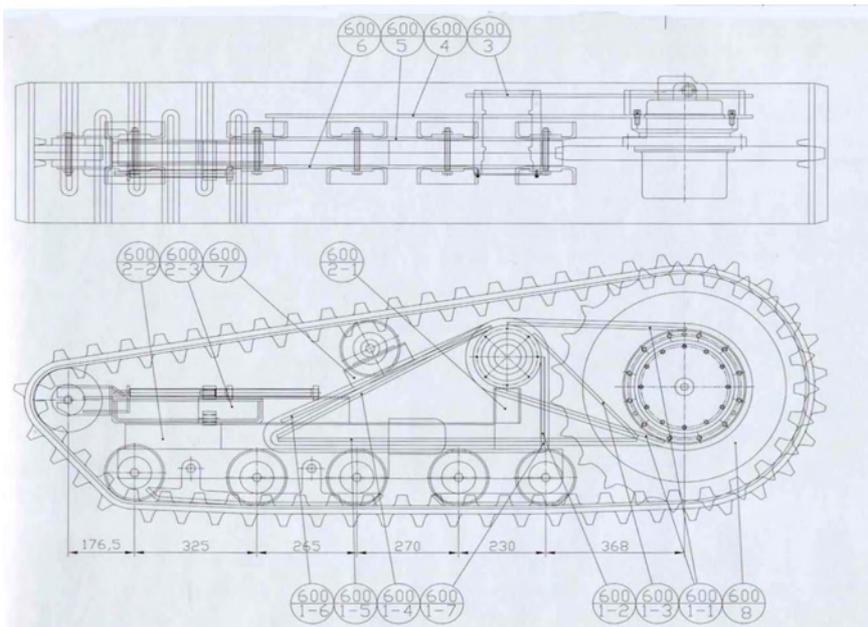


그림 3-51. 산림작업차량부의 후륜 크롤러 바퀴부 설계도





그림 3-52. 후륜 크롤러부 주요 부품과 구조물 및 시작기 제작 모습

#### 마. 산림작업차량 조작부의 구조물 제작 및 조립

산림작업차량의 조작부는 반궤도식 다목적 산림작업차의 주행을 조작하기 위한 부분으로서 핸들에 의한 방향전환과 전후진 조작레버, 운전석, 가속페달 등으로 구성되어 있다. 산림작업차의 운전 및 운전석은 그림 3-53과 같이, 일반 자동차의 운전 및 운전석 형태로 설계 제작하였으며, 운전은 운전석에서 핸들과 전후 주행용 레버를 이용하도록 설계 제작하였고, 산림작업차량부의 조작부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습은 그림 3-54와 같다.

또한 운전석에는 산림작업차의 엔진 상태와 엔진속도, 연료량, 주행시간, 엔진온도 등 일반 자동차와 같이 기본적인 상태를 파악할 수 있도록 운전석 전면에 기본적인 계기판을 장착하도록 하였다.

운전석의 공간은 작업원이 가속 엑셀레이터 페달을 조작하는데 충분한 공간을 갖도록 설계 제작하였으며, 운전석의 뒷부분과 크레인 장착부분, 적재함 사이에는 안전 프레임을 설치할 계획이다.

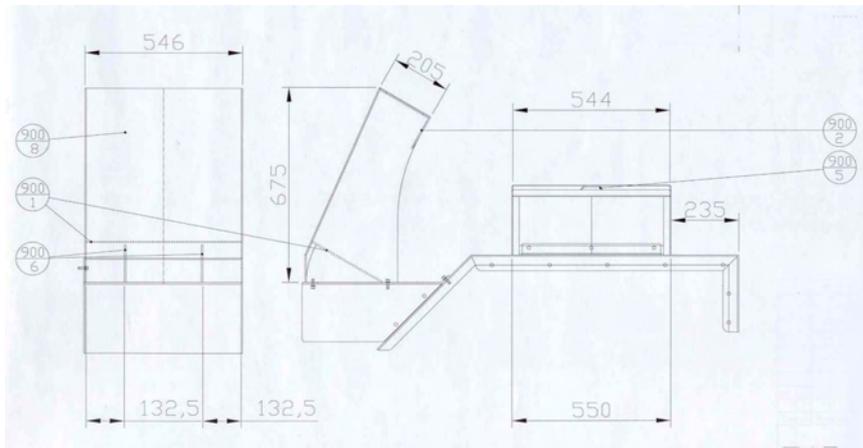


그림 3-53. 산림작업차량부의 조작부 설계도



그림 3-54. 산림작업차량부의 조작부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습

## 바. 산림작업차량 적재부의 구조물 제작 및 조립

산림작업차량의 적재부는 반궤도식 다목적 산림작업차의 적재량과 적재능력을 나타내는 부분으로서 그림 3-55와 같이, 주로 원목의 적재운반과 토목자재의 운반을 위한 것이므로 가이드바와 적재함의 형태로 제작하였다. 산림작업차량부의 적재부 구조물 및 제작 모습은 그림 3-56과 같다.

적재부는 각종 운반물을 적재하고 덤프 기능을 가지는 차체부분으로서 산림작업차의 뒷부분에 위치한다. 적재부의 구조는 산림작업차가 주로 원목을 운반하는 차량이므로 주로 원목 적재의 수월성과 차체의 중량을 감소시키고 원목의 이탈 방지와 토목자재 운반을 목적으로 몇 개의 철제기둥 가이드바를 설치하고, 토목자재 운반용으로서 덤프기능을 장착하도록 하였다. 적재부의 길이는 차량의 길이를 결정하는 요소로서 대부분 적재되는 목재의 길이를 고려하여 결정하였으며, 국내외 산림작업차의 적재부의 길이는 대부분 2,800~3,000mm이었으며, 우리나라에서 생산되는 목재의 길이가 대부분 2.8~3.6m이므로 이에 맞게 설계 제작하였다.

임도 및 작업로의 최소화반경 설계기준이 차량길이 5m이므로 차량의 총길이를 적재함의 길이에 맞게 설계 제작하였으며, 적재함의 규격은 전장 5,000mm, 전고 1,645mm, 전폭 1,900mm, 적재고 940mm, 적재장 3,652mm로 설계 제작하였다.

적재함의 프레임은 전체 산림작업차의 차체부가 되므로 T4.5mm의 각파이프를 사용하여 최대적재중량인 2,500kg이상을 견딜 수 있도록 설계 제작하였으며, 가이드바의 높이를 1.1m로 하여 적재높이를 제한하였다.

기본차량의 적재함 프레임은 6T의 평철을 사용하여 일체형으로 제작하여 중량의 원목 적재주행시 원목의 하중을 지탱하도록 설계 제작하였다.

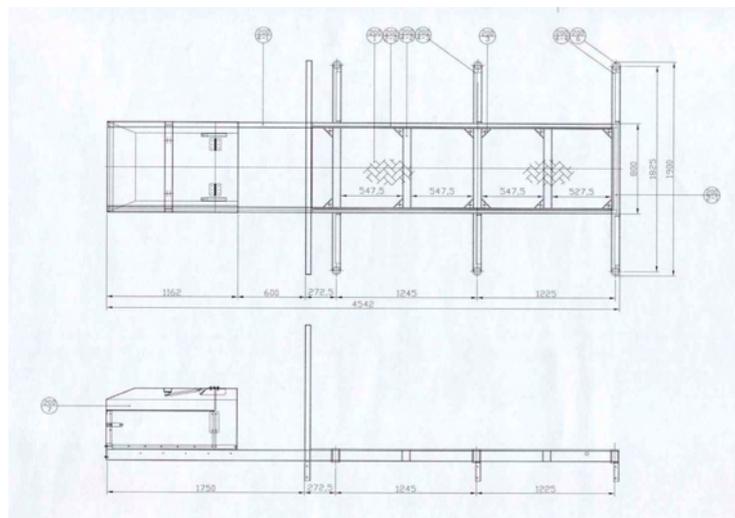


그림 3-55. 산림작업차량부의 적재부 설계도



그림 3-56. 산림작업차량부의 적재부 구조물 및 제작 모습

#### 사. 산림작업차량 동력전달부의 구조물 제작 및 조립

산림작업차의 동력부는 엔진을 중심으로 한 동력발생부와 유압펌프를 중심으로 한 동력전달부로 나누어진다.

산림작업차량의 동력전달부는 반케도식 다목적 산림작업차의 주행부와 각 작업부에 유압력을 발생시켜 보내주는 유압펌프부로서 주행용 메인펌프 2개와 작업용 보조펌프 2개로 구성되어 있다. 산림작업차량의 동력전달부는 주행성능과 각 작업기의 작업능력을 좌우하는 부분이다.

크롤러 주행장치의 동력전달장치는 대부분 유압방식이며, 특히 HST(Hydro static transmission)식을 많이 채택하고 있었다. HST식은 엔진동력을 유압펌프와 유압모터의 조합에 유압에너지로 변환하고 무단변속을 행하는 변속기이다. HST방식은 전달효율은 다이렉트드라이브방식보다 약하지만, 무단변속으로 운전조작성이 좋다. HST식은 엔진→가변유압펌프→가변유압펌프→감속기→스프라켓(또는 타이어)→크롤러이다. 산림작업차와 하베스터에서는 다이렉트드라이브의 변속기와 조합해서 사용되고 있다. 또한 많은 베이스머신으로 되고 있는 굴착기(유압식 백호우)의 동력전달계통도 HST방식이 사용되고 있다. 구동방식은 궤도식 및 반궤도식 산림작업차의 경우, 대부분 유압식 전륜(全輪)구동방식이다.

본 반궤도식 다목적 산림작업차는 동력전달장치를 HST(Hydro-Static Transmission)를 적용하였다. 본 시스템은 엔진에서 구동륜으로 이어지는 동력전달장치를 기계식 트랜스미션을 사용하는 대신 유압에 의한 동력전달로 차량을 구동시키는 방식이다. 예로써 굴삭기나 로더 등의 건설중장비에 많이 사용되고 있으며 스키더 로더도 대부분 이러한 방식을 채택하고 있다.

HST의 장점으로는 구동장치를 설계할 경우 장비의 조작성이 쉽고, 구동시 기동성이나 응답성이 높아 속도변환, 등판, 미세조작 작업에 유리하다. 또한 제동안전성이 뛰어나 브레이크수명이 길어 AS비용 측면에서 유리하며 높은 주행 토크를 발휘할 수 있다. 그리고 유압라인에 의한 동력전달로 엔진의 위치가 특별히 제한되지 않아 차량설계시에 부품배치도 더욱 자유롭다. 반면에 하이드로 스태틱 시스템은 엔진에 연결된 유압펌프에 의하여 회전력을 유압으로 변환시키고 다시 구동축의 기계적 회전으로 환원함으로써 기계식에 비하여 에너지효율이 낮고, 가격이 다소 높은 단점이 있다.

유압펌프는 Main pump와 보조 pump로 나누어 선정하였으며, Main pump는 전후좌우 4개의 주행용 유압모터에 사용하고, 보조 pump는 각종 작업기에 사용하도록 하였다. 유압펌프를 선정하는데 있어서 연구개발 목표의 주행속도와 작업기를 구동시키기 위해서는 그에 맞는 용량의 펌프를 선정하여야 한다.

따라서 Main pump와 보조 pump는 본 연구과제인 반궤도식 다목적 산림작업차의 개발 목표에 맞추어 58cc 2개와 22cc 1개, 16cc 2개의 4륜으로 제작된 이탈리아 제품의 M6PV72-58DE35AR7B+M6PV72-58DE35AR7BH+HPGPA322D29G7G6BST+GEAR2, 16CC/REV의 4륜 펌프를 채택하였다.

그림 3-57은 산림작업차의 전후륜 주행과 로그그래플 및 아우트리거 등 작업기에 공급할 유압회로를 개념적으로 나타낸 것이며, 유압발생 및 동력전달부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습은 그림 3-58과 같다. 기본적으로 본 연구개발에서는 주행

과 작업기의 동력을 유압으로 작동되도록 하였기 때문에 많은 유량이 필요하므로 2련의 주유압펌프와 2련의 보조유압펌프를 4련으로 연결하는 유압펌프를 사용하도록 설계 제작하였다.

더욱이 시작기의 원활한 주행성과 안전성을 감안하여 전후 4륜에 설치한 모터들의 구성회로를 병렬로 구성하여 기본차량을 제작하였다. 그 결과 전후 4개의 주행장치가 서로 노면과의 접지압이 상이하여 바퀴의 슬립현상과 노면상태가 불량할 경우 구동 불균형이 발생하는 것을 방지할 수 있도록 제작하였다.

또한 그림 3-59는 전체 유압회로를 나타낸 것으로서 엔진과 유압펌프, 유압모터, 로그그래플, 윈치, 아우트리거, 파워스티어링 등 각종 유압장치와의 관계를 나타낸 것이다.

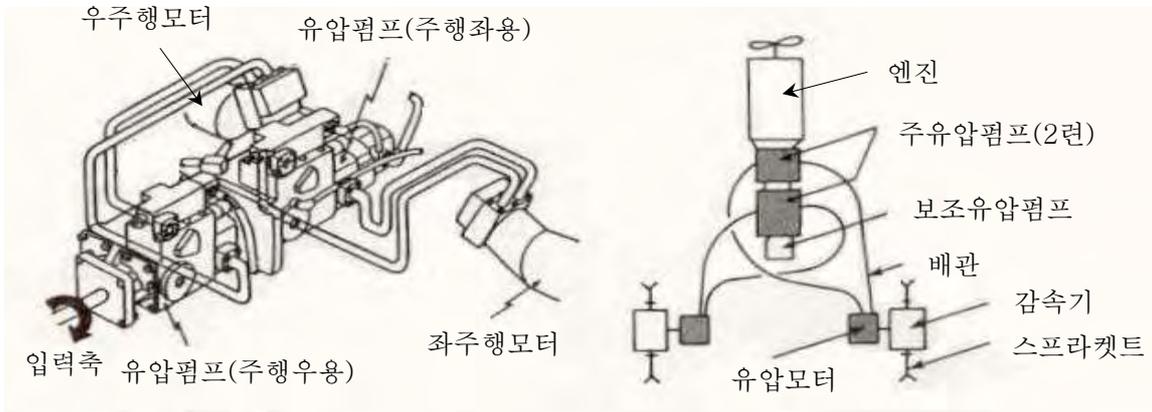


그림 3-57. 유압펌프 및 모터의 연결 및 회로 개념도

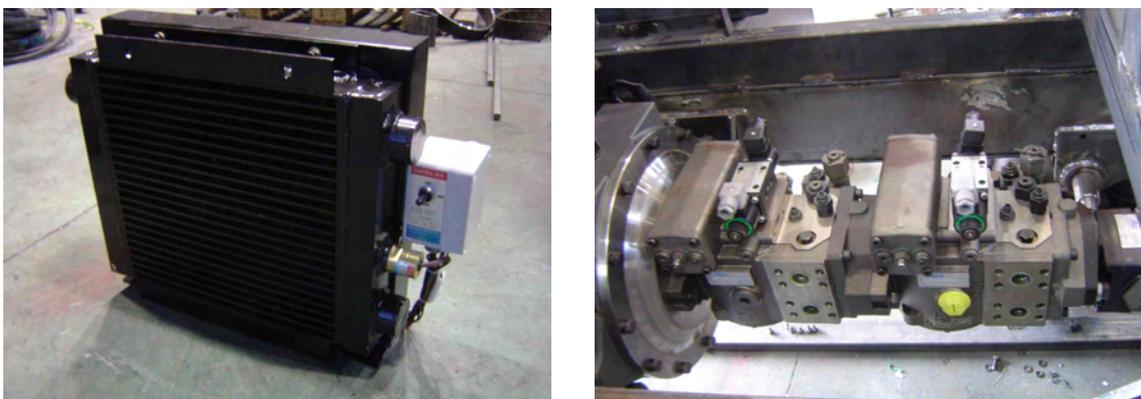


그림 3-58. 유압발생 및 동력전달부 주요 부품과 구조물 및 제작 모습

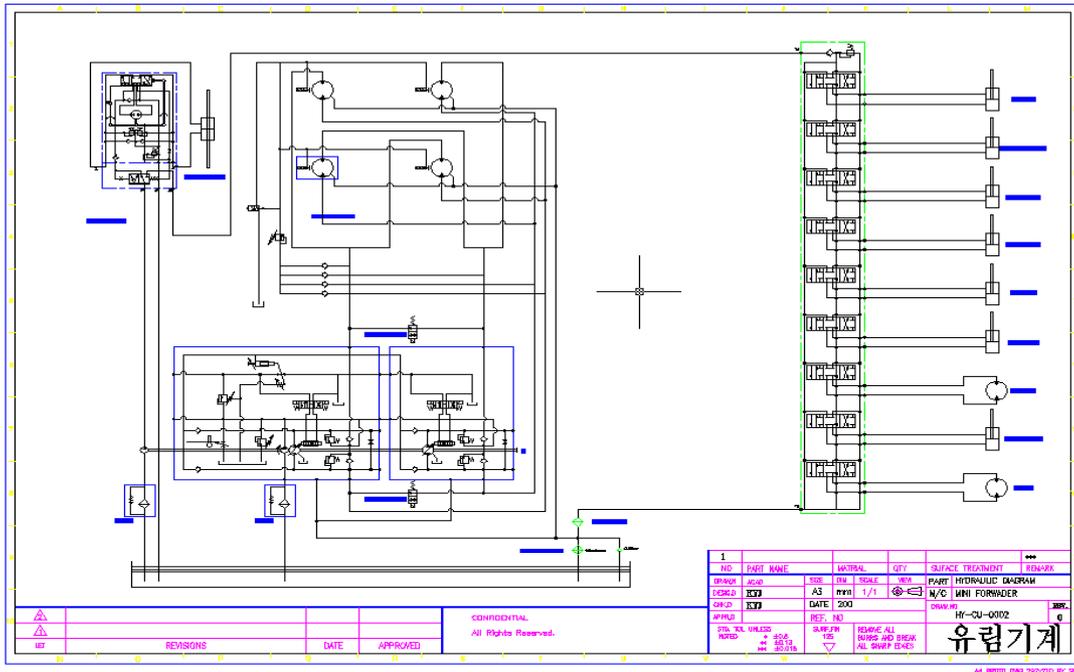


그림 3-59. 반궤도식 산림작업차의 유압 회로도

#### 아. 산림작업차량 원치의 제작 및 조립

산림작업차량의 원치는 산림작업차의 전면부에 장착되어 간이집재시 및 로그그래플의 범위외의 임목을 쉽게 집재 견인할 수 있도록 장착되었다. 원치의 설계도면은 그림 3-60과 같고, 원치의 제작 완료 사진은 그림 3-61과 같다. 동력원은 보조유압펌프의 동력을 받아 원치에 부착된 유압모터를 이용한다. 원치에 사용된 유압모터는 350cc 용량의 오비트 모터이고, 원치의 견인력은 1ton이다. 와이어는 보통꼬임의 9 $\varnothing$  × 50m를 사용하였다. 드럼의 규격은 베어드럼 직경 120mm, 배럴폭 300mm, 플랜지직경 270mm이다.

원치의 와이어로프를 풀 때는 유압의 가동이 되지 않는 상태에서 풀리는 free pulling system을 이용하였고, 감속기의 기어는 맞물림 클러치로서 레버에 의하여 작동하는 방식이며, 속도의 조절은 엔진의 회전수로 조절한다.

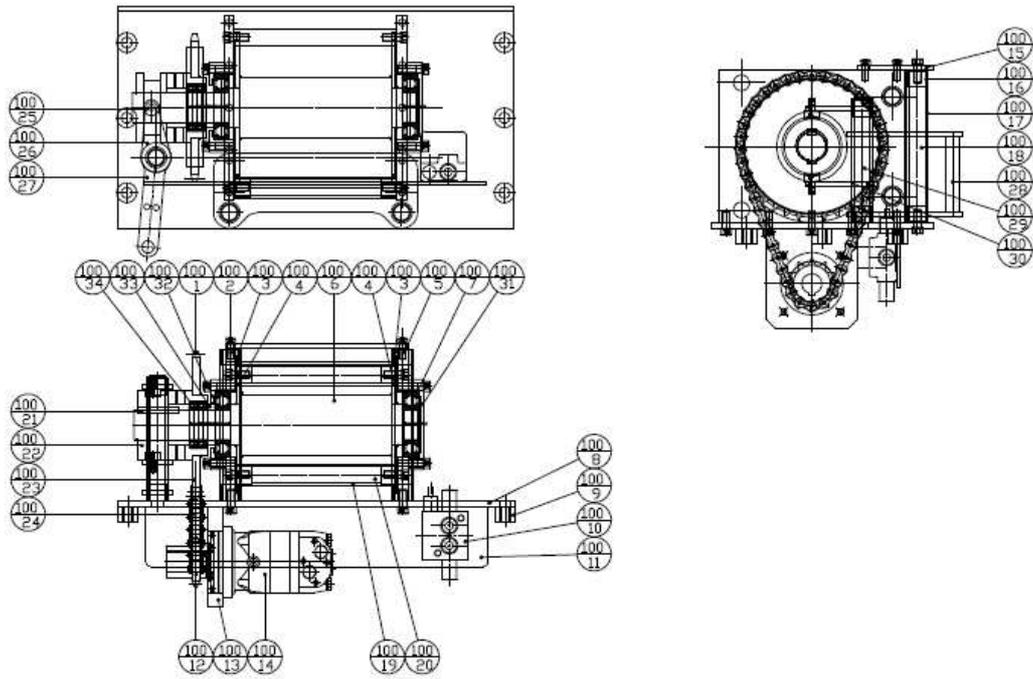


그림 3-60. 산림작업차 윈치의 설계도면

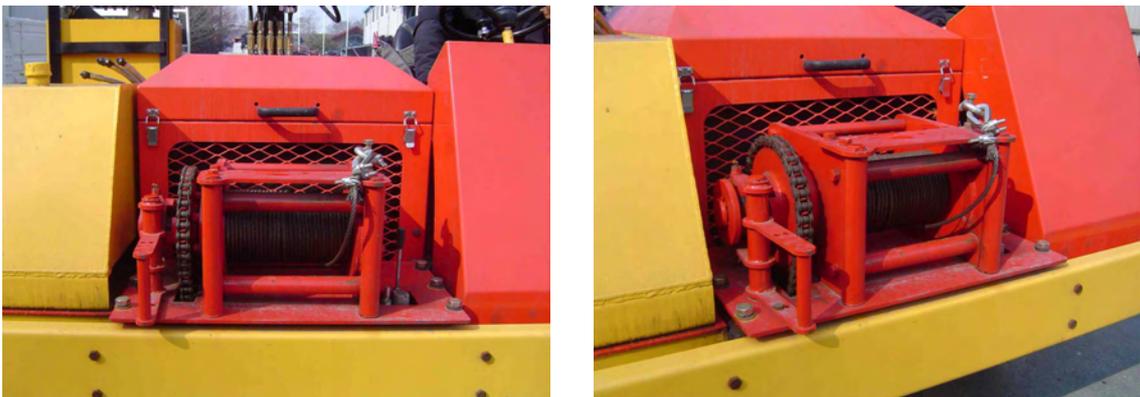


그림 3-61. 산림작업차의 윈치 설치 모습

#### 자. 산림작업차량 로그그래플 및 아우트리거의 제작 및 조립

산림작업차의 로그 그래플의 회전방식은 국내에 사용되는 너클붐 크레인의 경우 대부분 Single rack 방식을 채택하였고, 미니 파워더의 경우 경중량으로 사용되기 때문에 Double rack 방식의 회전방식보다는 Single rack 방식의 적용이 경량화를 도모할 수 있고, 현재 적용하려고 하는 Single rack의 경우는 6톤·m급에 사용하여도 강도 및 내구성에도 무리가 없는 것으로 판단하여 Single rack을 사용하였다.

아우트리거의 밸브를 주제어 밸브와 다른 곳에 설치하여 아우트리거 작동을 먼저

하고 크레인을 작동하도록 하기 위해 주제어 밸브를 6연으로 하고, 아우트리거 밸브는 따로 2연 밸브를 사용하도록 하였다.

칼럼(Column)은 일반적으로 산업용에 적용되는 고장력강을 이용하여 굽힘이나 좌굴에 강하고 안전성을 확보하도록 하였고, 붐(Boom) 기복각도는 75° 로 설정하여 신축식붐(Inner Boom)의 실린더 행정거리를 설정하였으며, 각 실린더는 강하고 충분한 인양력을 발휘하도록 하였다. 신축식붐과 외부붐(Outer boom)의 연결은 연결용 링크를 사용하고, Pro/Engineer modeling module을 사용하여 붐의 동작시 간섭이 없고 작동에 문제가 없도록 하였다.

최대 작업반경은 산림작업차의 규격에 맞추어 5,000mm 정도로 기존 제품과 거의 동일하며, 연장실린더(Extension cylinder)를 250mm 신장시에는 5,200mm가 되므로 산림작업차의 작업에 충분한 작업반경을 확보하도록 하였다. 컬럼(Column)의 높이는 약 1,900mm, 인양 무게는 500kg이고, 최대 인양 무게는 600kg 이다.

차량지지대(Out rigger)의 잭실린더 스트로크가 500mm로 장착 시에 지면에서 20mm 내려가도록 하였고, 스트로크가 부족할때는 추가 부품을 부착할 수 있도록 하였다.

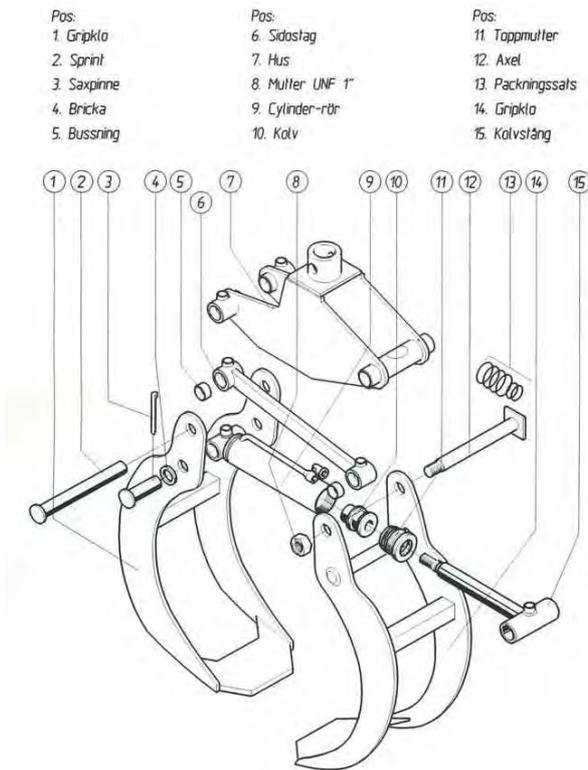
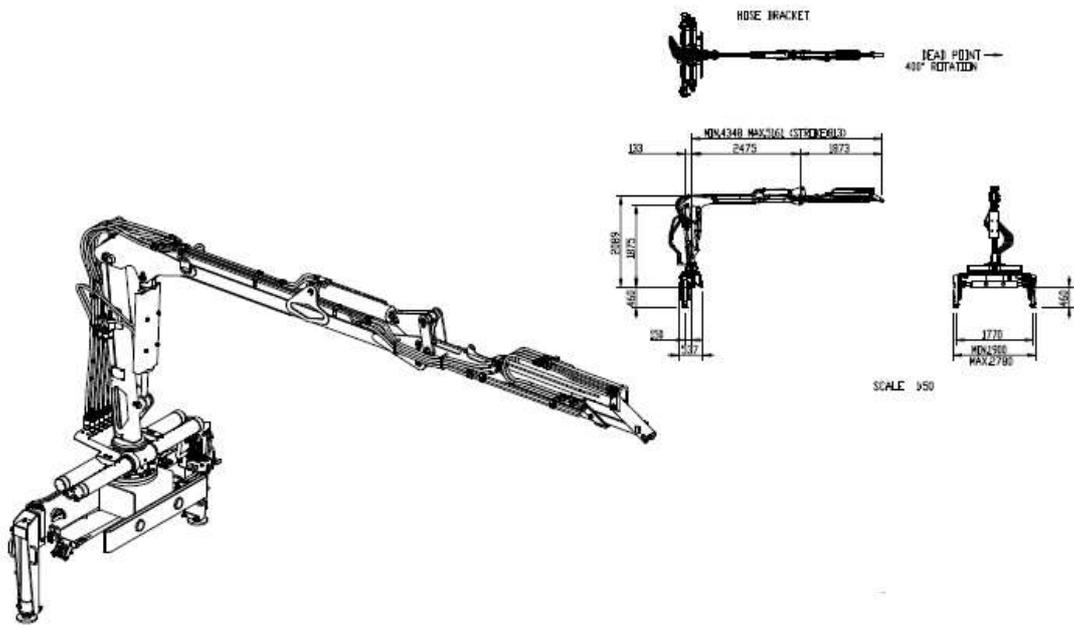


그림 3-62. 산림작업차 그래플의 구성



< SHORT COLUMN TYPE >

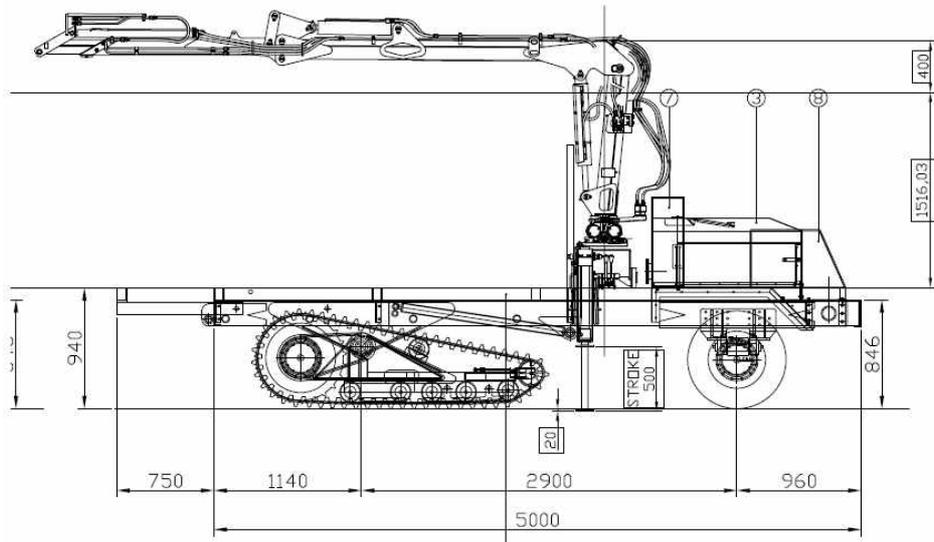


그림 3-63. 산림작업차의 크레인 설계도

SPECIFICATION	
LIFTING CAPACITY	3 ton-m
OUTREACH LIFTING CAPACITY	2.5 m - 1,200 kg
	4.1 m - 730 kg
	5.1 m - 600 kg
HYD. BOOM EXT.	0.81 m
SLEWING ANGLE	400°
SLEWING TORQUE	5.8 kN
SLEWING SPEED	15 °/sec
LIFTING ANGLE	-40 ~ 70°
LIFTING SPEED	6 sec
OUTRIGGER SPAN	2.78 m
EXT. BOOM SPEED	3 sec
REC. OIL FLOW	30 l/min
WEIGHT WITHOUT O/R	about 690 kg

그림 3-64. 산림작업차 로그그래플의 제원

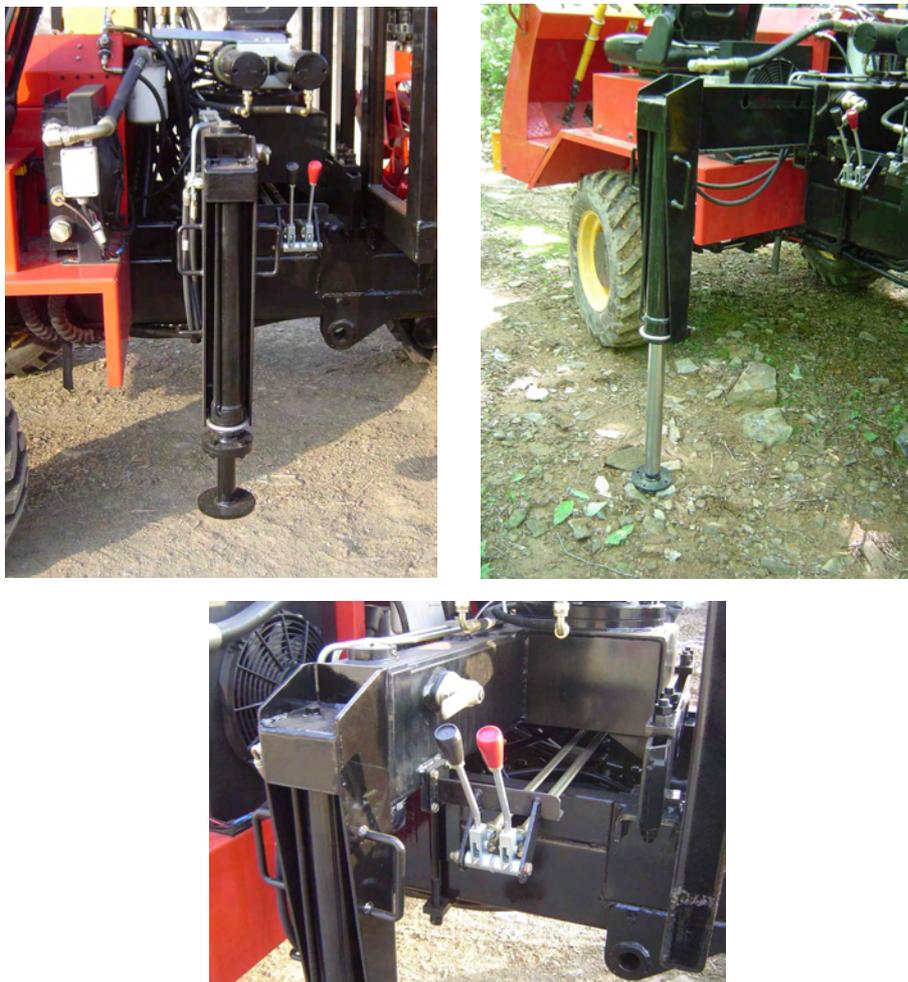


그림 3-65. 산림작업차의 아우트리거(out-rigger) 및 조작부 모습

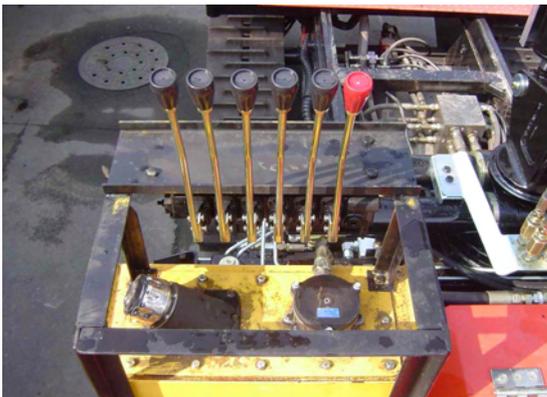


그림 3-66. 산림작업차량의 로그그래플 구조물 및 제작 모습

### 차. 반궤도식 다목적 산림작업차의 시작기 제작 완성

본 연구·개발 기계인 반궤도식 다목적 산림작업차의 제작과정별 완성된 모습은 그림 3-67과 같다.







그림 3-67. 제작 완성된 반궤도식 다목적 산림작업차 시작기의 모습

### 3. 산림작업차 시작기의 기능 및 성능 테스트

#### 가. 하중 분석

산림작업차의 구동차륜에 걸리는 하중을 분석하였다. 산림작업차가 주행하는 최대 경사지를 20°로 설정하여 산림작업차가 주행할 때 구동차륜에 작용되는 하중 전이를 고려하여 각각 전륜과 후륜의 작용하중을 분석하였다.

하물의 적재시 산림작업차의 무게와 무게중심점, 축거, 차량 무게중심의 높이, 차량무게중심과 전륜·후륜간의 수평거리 등의 인자와 각 구동차륜에 작용하는 지면

반력과의 힘의 평형관계식을 이용하여 최대경사지 20°에서 일정한 속도로 주행하는 산림작업차의 전·후륜에 작용하는 하중을 각각 산정한 결과 다음과 같았다.

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{전륜부에 작용하는 하중} &= \frac{W(L_1 \cos\theta - h \sin\theta)}{L \cdot \cos\theta} \\
 &= \frac{4,000(1.45 \times \cos 20^\circ - 0.94 \times \sin 20^\circ)}{2.9 \times \cos 20^\circ} \\
 &= 1,523.8 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \cdot \text{후륜 크롤러부에 작용하는 하중} &= \frac{W(L_2 \cos\theta + h \sin\theta)}{L \cdot \cos\theta} \\
 &= \frac{4,000(1.45 \times \cos 20^\circ + 0.96 \times \sin 20^\circ)}{2.9 \times \cos 20^\circ} \\
 &= 2,461.5 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

여기서,  $W$  = 적재 포워더의 전체무게

$L$  = 축거

$\theta$  = 등판경사(degree)

$h$  = 산림작업차 무게중심의 높이

$L1$  = 산림작업차 무게중심과 전륜축간의 거리

$L2$  = 산림작업차 무게중심과 후륜축간의 거리

#### 나. 전·후륜의 토양추진력

산림작업차가 경사진 지면을 주행할 때 구동차륜에 작용하는 힘은 구동토크, 토양추진력, 구름저항, 지면반력과 구동차륜에 작용하는 차체하중, 경사저항 등이 있다.

이들에 따른 힘의 평형조건을 정리하면,

$$\begin{aligned}
 \cdot T - F \cdot r - R \cdot e + TF \cdot r &= 0 \\
 \cdot F &= TF + W \cdot \sin\theta
 \end{aligned}$$

여기서,  $W$  = 차량의 하중,  $T$  = 구동토크,  $R$  = 지면반력,  $F$  = 토양추진력,  $r$  = 구동륜반경,  $TF$  = 구름저항,  $W \cdot \sin\theta$  = 경사저항,  $e$  = 편심거리

따라서 동적구름상태에서 구름저항에 대한 토크  $TF \cdot r$ 와  $R \cdot e$ 은 같으므로 구동토

크  $T=F \cdot r$ 이 된다. 또한 토양추진력  $F$ 는 구름저항과 경사저항의 합이 된다.

구름저항  $TF$ 는 바퀴가 평탄한 노면을 일정한 속도로 굴러갈 때 발생하는 저항을 말하는 것으로 타이어의 접지 부분의 변형으로 발생하는 저항과 노면이 변형하기 때문에 발생하는 저항으로 나뉘는데 바퀴에 가해지는 하중과 노면의 상태 및 주행 속도에 영향을 받지 않고 하중에 비례하여 구름저항계수와 차량하중의 곱으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\cdot TF = \mu \cdot W \cos \theta$$

구름저항계수  $\mu$ 는 지면의 종류에 따라 달라지며 모래땅이나 연약한 토질에서는 변형 저항도 합쳐져 저항이 아주 커진다. 여기서 반궤도식 산림작업차가 주행하는 지면은 대부분 부정지로서 상당히 열악하다는 가정 하에 구름저항계수 값을 고려하고, 그 값은 표 3-16 와 같이 모래 또는 돌이 섞인 도로의 상태를 나타내는 차륜형  $\mu = 0.3$ 과 궤도형  $\mu = 0.15$ 의 평균값인 약 0.2를 기준으로 산정하였다.

표 3-16. 여러 가지 노면상태에 따른 구름저항계수.

노면의 상태	차 륜 형	궤 도 형
양호한 아스팔트 포장도로	0.04	0.05
양호한 콘크리트 포장도로	0.07	0.07
양호한 블록 포장도로	0.10	0.07
잘 보수된 평탄한 포장도로	0.10	0.08
보수가 잘 안된 돌이 많은 도로	0.12	0.10
자갈을 새로 깐 도로	0.2-0.3	0.1-0.12
모래 또는 돌이 섞인 도로	0.2-0.3	0.1-0.15
완만한 모래 땅 점토질 도로	0.3-0.4	0.10

따라서, 앞서 구한 차륜에 작용하는 하중과 경사지 주행시 발생하는 경사저항, 구름저항을 고려하여 각 차륜의 토양추진력을 산출한 결과 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot \text{전륜의 토양추진력 } F &= W(\sin \theta + \mu \cos \theta) \\ &= (1,523.8)(9.81)[\sin 20^\circ + (0.2)\cos 20^\circ] \\ &= 5,112.8 \text{ N} \end{aligned}$$

여기서,  $W = 1,523.8 \text{ kg}$  (적재상태에서의 전륜부의 하중)

$$\theta = 20^\circ \text{ (최대 지면 경사각)}$$

$$\mu = 0.2 \text{ (구름저항계수)}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{ 후륜의 토양추진력 } F &= W(\sin\theta + \mu\cos\theta) \\ &= (2,461.5)(9.81)[\sin 20^\circ + (0.2)\cos 20^\circ] \\ &= 8,259.1 \text{ N} \end{aligned}$$

여기서,  $W = 4627\text{kg}$  (적재상태에서의 후륜부의 하중)

$$\theta = 20^\circ \text{ (최대 지면 경사각)}$$

$$\mu = 0.3 \text{ (구름저항계수)}$$

#### 다. 구동차륜 1개당 소요되는 구동 토크 (Torque per each wheel)

산림작업차량의 지면 경사각  $20^\circ$ 에서 구동차륜에 작용하는 구동토크는 상기의 식 중  $T=F \cdot r$ 를 이용한다. 산림작업차의 구동차륜은 후륜 고무크롤러로 구성되어있으나, 후륜 구동차륜의 유압 구동방식이 직렬로 연결되어있으므로 후륜 구동차륜을 1개의 구동륜으로 간주한다. 따라서 전체 구동륜은 4륜으로 표현될 수 있으며, 이때 전륜 및 후륜에 소요되는 구동토크를 각각 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot \text{ 전륜 1개당 소요되는 구동토크 } T_f &= \frac{\text{전륜추진력} \times \text{휠의 반지름}}{\text{바퀴수}} = \frac{F \times (D/2)}{n} \\ &= \frac{(5,112.8) \times (0.76/2)}{2} \\ &= 971.4 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{ 후륜 1개당 소요되는 구동토크 } T_f &= \frac{\text{후륜부추진력} \times \text{휠의 반지름}}{\text{바퀴수}} = \frac{F \times (D/2)}{n} \\ &= \frac{(8,259.1) \times (0.76/2)}{2} \\ &= 1,569.2 \text{ Nm} \end{aligned}$$

#### 라. 유압모터 1개당 소요 토크(Torque per each motor)

구동차륜에 작용하는 구동토크를 이용하여 구동차륜을 구동하기 위한 유압모터의 소요토크를 산출하면 다음과 같다.

- 전륜 유압모터 1개당 소요되는 토크 :

$$T_{mf} = \frac{\text{전륜에 걸리는 토크}}{\text{감속비율} \times \text{전달효율}} = \frac{T_w}{Rr \cdot \eta}$$

$$= \frac{971.4}{45.57 \times 0.95} = 22.4 Nm$$

- 후륜 유압모터 1개당 소요되는 토크 :

$$T_{mf} = \frac{\text{후륜에 걸리는 토크}}{\text{감속비율} \times \text{전달효율}} = \frac{T_w}{Rr \cdot \eta}$$

$$= \frac{1,569.2}{45.57 \times 0.95} = 36.2 Nm$$

#### 마. 유압모터의 최대작동압력 (Maximum working pressure)

반궤도식 산림작업차의 유압모터 토크효율곡선을 이용하여 토크효율을 구하고 모터의 토출체적, 토크를 이용하여 전·후륜 유압모터의 최대작동압력을 구하면 다음과 같다.

- 전륜 유압모터의 최대작동압력 :

$$P_{f-max}(\text{전륜 유압모터 최대작동압}) = \frac{\text{계수} \times \text{전륜모터토크}}{\text{회전당체적} \times \text{토크효율}}$$

$$= \frac{(2\pi \times 100) \times T_m}{(9.81) \times V_m \cdot \eta}$$

$$= \frac{62.8 \times 22.4}{58 \times (0.95)}$$

$$= 25.5 \text{ bar}$$

- 후륜 유압모터부의 최대작동압력 :

$$P_{r-max}(\text{후륜 유압모터 최대작동압}) = \frac{\text{계수} \times \text{후륜모터토크}}{\text{회전당체적} \times \text{토크효율}}$$

$$= \frac{(2\pi \times 100) \times T_m}{(9.81) \times V_m \cdot \eta}$$

$$= \frac{62.8 \times 36.2}{58 \times (0.95)}$$

$$= 41.3 \text{ bar}$$

따라서 이 때 구동차륜 유압모터부에는 최대 41.3 bar의 압력이 소요되는데, 유압모터부에 작용하는 최대 허용압은 전·후륜 모터의 구동륜에 작용하는 하중편차에 의해 자동으로 분배되어 각각의 모터의 최대허용압력 300 bar 이하로 작용하게 된다.

다. 따라서 유압모터는 큰 무리 없이 충분한 동력을 낼 수 있다.

#### 바. 주행장치부의 평균 접지압 산출

주행장치의 평균 접지압이란 산림작업차가 지반에 미치는 힘을 표현한 것으로서 다음 식으로 나타내고 있다.

$$\text{평균접지압} = \text{차량총중량/총접지면적} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

즉, 크롤러식의 경우, 평균접지압은 차량총중량을 크롤러슈의 총접지면적으로 나눈 값이다. 이 경우 크롤러의 접지장은 L의 길이이다. 따라서,

$$\text{평균접지압} = W/S = W/2(B \times L) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

단, W는 차량총중량, S는 총접지면적으로서 좌우 두 개의 크롤러이므로  $2(B \times L)$ 이다. B는 크롤러의 폭, L은 차량총중량상태에서의 크롤러 접지장이다.

일반적으로 산림작업차에서 평균접지압의 비율은  $0.2 \sim 0.3(\text{kg/cm}^2)$ 이므로 이를 충족시키도록 차량총중량에 따라 주행장치 총 접지면적이 결정되어야 한다. 일례로 상기 목표제원에서 최대적재량 2,000kg와 차량중량 2,000kg로 차량총중량이 4,000kg이라면, 산림작업차에서 후륜의 크롤러부분만을 고려하면, 평균 접지압의 비율  $0.2 \sim 0.3(\text{kg/cm}^2)$ 을 충족시키는 총 접지면적은  $13,333 \sim 20,000\text{cm}^2$ 가 되어야 한다는 것을 알 수 있었다.

여기서, 후륜 고무크롤러의 폭이 400mm이고, 후륜 고무크롤러의 접지길이가 약 1,500mm이므로 최대적재시의 후륜 크롤러부분만의 총 접지면적은  $12,000\text{cm}^2$ 이다. 따라서 후륜 고무크롤러의 접지면적으로는 다소 부족하지만 전륜의 접지면적을 고려하면 전체 산림작업차량의 접지면적은 평균 접지압의 비율을 충족시킬 수 있다.

#### 사. 원목적재부 적재능력 테스트

원목적재부는 설계 제작 계획한대로 6mm의 평판을 이용하여 원목의 하중 등에 견딜 수 있도록 제작되었다.

적재부의 적재용적을 산출한 결과, 적재함 높이가 120cm, 길이가 270cm(연장시 370cm), 폭이 180cm, 적재부 지상 높이가 95cm이었다. 따라서 총 적재체적은 적재 길이를 연장했을 경우,  $7.992\text{m}^3$ 이었다. 또 목재비중을 약 0.6으로 하여 적재중량을 산출한 결과, 4,795kg으로서 약 4.5톤 정도의 원목을 적재할 수가 있었다.

**아. 주행장치 및 유압관련부 기능 및 성능 테스트**

주행장치와 유압관련부에 대한 기능 및 성능을 테스트 한 결과, 주행속도가 다소 낮은 측면이 있었고, 이를 개선하기 위해서는 사용한 엔진의 성능과 유압펌프나 유압모터 등의 부품의 규격을 재산정하고 부품을 새로이 선정할 필요가 있었다.

**자. 로그그래플의 기능 및 성능 테스트**

로그그래플의 인양 능력 테스트 결과, 붐의 최대 길이는 5.1m, 적재물 인양능력은 500kg, 최대 인양능력은 600kg으로 산림작업에서 작업하기에는 무리가 없을 것으로 판단된다. 그림 3-68는 로그그래플의 안전인증서와 테스트 증명서이다.



그림 3-68. 로그그래플 안전인증서와 테스트 증명서

## 제 5 절 반궤도식 다목적 산림작업차의 현장 적용성 시험

### 1. 산림작업차 시작기의 현장 적용성 시험 방법

산림작업차의 현장 적용성 시험은 임도에서의 공차와 적재시 상하향 경사에 따른 주행성 시험과 평지에서의 회전반경테스트, 덤프 성능 테스트, 연료 소모량을 점검하였다.

먼저, 임도에서의 공차와 적재시 상하향 경사에 따른 주행성 시험을 위하여 산림작업차에 덤프가 설치되어있는 상태에서 비포장 임도 100m거리를 기준으로 공차시 및 적재시에서의 임도경사에 따른 산림작업차의 스톱워치(Stop-watch)를 이용하여 주행 시간을 측정하고, 이를 바탕으로 속도를 계산 하였다. 또한, 임도의 경사는 경사계를 이용하여 측정하였고, 임목재적의 측정은 단목재적측정 방법인 말구제공측정법으로 계상하였다. 목재의 중량은 굴삭기를 활용하여 전자저울로 측정하였다.

적재물은 목재와 토목자재인 석재를 이용하였으며, 목재는 재장 2.4m이하의 단목 약 2m<sup>3</sup>정도를 사용하였고, 토목자재인 석재는 약 2.5 ton 정도의 호박돌을 사용하였다. 또한, 임도경사는 0%, 10%, 20%의 3가지 조건에 대하여 조사를 실시하였다.

회전반경테스트는 평지에서 핸들을 최대로 돌린 후 주행을 하여 지면의 바퀴자국을 체크하여 측정하였고, 덤프 성능 테스트는 산림 토목자재인 호박돌을 약 2.5ton 적재 후 덤프실린더를 이용한 하차 시간을 스톱워치로 체크하였다. 연료소모량은 산림작업차 가동전 연료탱크용량 표시선에 현재 포함된 연료를 표시한 후 산림작업차를 가동시켜 이동 및 적재작업을 실시 후 연료소모량을 확인하여 소모된 양을 측정하였다.

### 2. 산림작업차 시작기의 현장 적용성 시험 결과

#### 가. 임도에서 공차와 적재시 상하향 경사에 따른 주행성 시험

산림작업차의 주행성 시험은 공차시와 목재 적재시, 석재 적재시에서의 상하향 주행성 시험과 각각의 경사별로 시험을 실시하였다.

#### (1) 공차시 임도경사에 따른 주행성 조사

##### (가) 상향 주행시

산림작업차의 임도에서의 공차시 임도경사에 따른 상향 주행성 조사의 결과는 표 3-17과 같으며, 산림작업차의 공차시 임도를 저속으로 100m의 거리를 상향 주행하였을 때 속도는 평지에서 5.0km/h, 임도경사 10% 및 20% 에서 4.5km/h의 속도로 나타났다. 공차의 저속 주행시간은 평지에서 72초, 경사로에서 79.5초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 공차시 임도를 고속으로 100m의 거리를 상향 주행하였을 때 속도는 평지에서 6.9km/h, 임도경사 10%에서 5.8km/h, 임도경사 20%에서 5.4km/h의 속도로 나타났다. 공차의 고속 주행시간은 평지에서 52초, 임도경사 10%에서 62초, 임도경사 20%에서 66.5초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 공차시에서 100m 거리의 임도를 상향으로 저속과 고속 주행하였을 때 고속주행이 저속주행보다 시간은 평지에서 20초, 임도경사 10%에서 17.5초, 임도경사 20%에서 13초, 속도는 평지에서 1.9km/h, 임도경사 10%에서 1.3km/h, 임도경사 20%에서 0.9km/h 더 빠르게 나타났다.

표 3-17. 산림작업차의 공차시 상향 주행 시간 및 속도.

조건	내용	경사 (%)	상향					
			저속			고속		
			1차	2차	평균	1차	2차	평균
임도 (100m)	소요 시간 (초)	0	72	72	72	52	52	52
		10	80	79	79.5	62	62	62
		20	80	79	79.5	66	67	66.5
	속도 (km/h)	0	5.0	5.0	5.0	6.9	6.9	6.9
		10	4.5	4.6	4.5	5.8	5.8	5.8
		20	4.5	4.6	4.5	5.5	5.4	5.4

(나) 하향 주행시

산림작업차의 임도에서의 공차시 임도경사에 따른 하향 주행성 조사의 결과는 표 3-18과 같으며, 산림작업차의 공차시 임도를 저속으로 100m의 거리를 하향 주행하였을 때 속도는 평지에서 5.3km/h, 임도경사 10%에서 5.6km/h, 임도경사 20%에서 6.0km/h의 속도로 경사가 있을수록 속도가 증가함을 나타냈다. 공차의 저속 주행시간은 평지에서 68초, 임도경사 10%에서 64초, 임도경사 20%에서 60초의 시간으로 경사가 있을수록 주행시간이 짧게 나타났다.

산림작업차의 공차시 임도를 고속으로 100m의 거리를 하향 주행하였을 때 속도는 평지에서 7.7km/h, 임도경사 10%에서 8.0km/h, 임도경사 20%에서 8.4km/h의 속도로 나타났다. 공차의 고속 주행시간은 평지에서 47초, 임도경사 10%에서 45초, 임도경사 20%에서 43초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 공차시에서 100m 거리의 임도를 하향으로 저속과 고속 주행하였을 때 고속주행이 저속주행보다 시간은 평지에서 21초, 임도경사 10%에서 19초, 임도경사 20%에서 17초, 속도는 평지와 경사로 모두 2.4km/h 더 빠르게 나타났다.

표 3-18. 산림작업차의 공차시 하향 주행 시간 및 속도.

조건	내용	경사 (%)	하 향					
			저속			고속		
			1차	2차	평균	1차	2차	평균
임도 (100m)	소요	0	68	68	68	47	47	47
	시간 (초)	10	64	64	64	45	45	45
		20	60	60	60	43	43	43
		속도 (km/h)	0	5.3	5.3	5.3	7.7	7.7
		10	5.6	5.6	5.6	8.0	8.0	8.0
		20	6.0	6.0	6.0	8.4	8.4	8.4



그림 3-69. 산림작업차 공차시 상·하향 주행성 테스트 모습

## (2) 목재 적재시 임도경사에 따른 주행성 조사

### (가) 상향 주행시

산림작업차의 임도에서의 목재 2m<sup>3</sup> 적재시 임도경사에 따른 상향 주행성 조사의 결과는 표 3-19와 같으며, 산림작업차의 적재시 임도를 저속으로 100m상향 주행하였을 때 속도는 평지에서 4.8km/h, 임도경사 10%에서 4.1km/h, 임도경사 20%에서 3.5km/h의 속도로 나타났다. 적재시 저속 주행시간은 평지에서 75초, 임도경사

10%에서 88초, 임도경사 20%에서 101.5초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 적재시 임도를 고속으로 100m상향 주행하였을 때 속도는 평지에서 6.4km/h, 임도경사 10%에서 4.6km/h, 임도경사 20%에서 3.6km/h의 속도로 나타났다. 적재시 고속 주행시간은 평지에서 56초, 임도경사 10%에서 79초, 임도경사 20%에서 99초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 적재시 임도를 100m상향 저속과 고속 주행하였을 때 고속주행이 저속주행보다 시간은 평지에서 19초, 임도경사 10%에서 9초, 임도경사 20%에서 2.5초, 속도는 평지에서 1.6km/h, 임도경사 10%에서 0.5km/h, 임도경사 20%에서 0.1km/h 더 빠르게 나타났다.

### 3-19. 산림작업차의 목재 적재시 상향 주행 시간 및 속도.

조건	내용	경사 (%)	상향					
			저속			고속		
			1차	2차	평균	1차	2차	평균
임도 (100m)	소요	0	75	75	75	56	56	56
	시간	10	88	89	88.5	78	79	78.5
	(초)	20	101	100	100.5	99	99	99
	속도	0	4.8	4.8	4.8	6.4	6.4	6.4
	(km/h)	10	4.1	4.0	4.1	4.6	4.6	4.6
		20	3.7	3.6	3.5	3.6	3.6	3.6

#### (나) 하향 주행시

산림작업차의 임도에서의 목재 2m<sup>3</sup> 적재시 임도경사에 따른 하향 주행성 조사의 결과는 표 3-20과 같으며, 산림작업차의 목재 적재시 임도를 저속으로 100m하향 주행하였을 때 속도는 평지에서 5.2km/h, 임도경사 10%에서 5.2km/h, 임도경사 20%에서 5.8km/h의 속도를 나타냈다. 적재시 저속 주행시간은 평지에서 69초, 임도경사 10%에서 69.5초, 임도경사 20%에서 62초의 시간으로 나타나 경사가 완만한 경우 속도와 시간에는 변화가 일정하며, 임도 경사가 20%에서 속도 및 시간이 조금 빠른 것으로 나타났다.

산림작업차의 적재시 임도를 고속으로 100m하향 주행하였을 때 속도는 평지에서 7.5km/h, 임도경사 10%에서 8.1km/h, 임도경사 20%에서 8.6km/h의 속도로 나타났다. 적재시 고속 주행시간은 평지에서 48초, 임도경사 10%에서 44.5초, 임도경사 20%에서 41초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 적재시 임도를 100m하향 저속과 고속 주행하였을 때 고속주행이

저속주행보다 시간은 평지에서 21초, 임도경사 10%에서 25초, 임도경사 20%에서 21초, 속도는 평지에서 2.4km/h, 임도경사 10%에서 2.9km/h, 임도경사 20%에서 2.8km/h 더 빠르게 나타났다.

표 3-20. 산림작업차의 목재 적재시 하향 주행 시간 및 속도.

조건	내용	경사 (%)	하향					
			저속			고속		
			1차	2차	평균	1차	2차	평균
임도 (100m)	소요 시간 (초)	0	69	69	69	48	48	48
		10	69	70	69.5	44	45	44.5
		20	65	59	62	41	41	41
	속도 (km/h)	0	5.2	5.2	5.2	7.5	7.5	7.5
		10	5.2	5.1	5.2	8.1	8.0	8.1
		20	5.5	6.1	5.8	8.8	8.6	8.6



그림 3-70. 산림작업차 목재 적재시 상·하향 주행성 테스트 모습.

### (3) 산림 토목자재(호박돌) 적재시 임도경사에 따른 주행성 조사

#### (가) 상향 주행시

산림작업차의 임도에서의 산림 토목자재(호박돌) 약 2.5ton 적재시 임도경사에 따른 상향 주행성 조사의 결과는 표 3-19와 같으며, 산림작업차의 산림 토목자재 적재시 임도를 저속으로 100m 상향 주행하였을 때 속도는 평지에서 4.7km/h, 임도경사 10%에서 4.2km/h, 임도경사 20%에서 3.4km/h의 속도로 나타났다. 적재시 저속 주행시간은 평지에서 77초, 임도경사 10%에서 87초, 임도경사 20%에서 106초의 시간으로 나타났다.

임도를 고속으로 100m상향 주행하였을 때 속도는 평지에서 6.3km/h, 임도경사 10%에서 4.5km/h, 임도경사 20%에서 3.5km/h의 속도로 나타났다. 적재시 고속 주행시간은 평지에서 57초, 임도경사 10%에서 80초, 임도경사 20%에서 101.5초의 시간으로 나타났다.

산림작업차의 산림 토목자재(호박돌) 2.5 ton 적재시 임도를 100m상향 저속과 고속 주행하였을 때 고속주행이 저속주행보다 시간은 평지에서 20초, 임도경사 10%에서 6초, 임도경사 20%에서 4초, 속도는 평지에서 1.6km/h, 임도경사 10%에서 0.3km/h, 임도경사 20%에서 0.1km/h 더 빠르게 나타났다.

자연석과 임목적재시 주행 속도 및 시간은 자연석과 임목의 중량을 감안하였을 때 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3-21. 산림작업차의 산림 토목자재(호박돌) 적재시 상향 주행 시간 및 속도.

조건	내용	경사 (%)	상향					
			저속			고속		
			1차	2차	평균	1차	2차	평균
임도 (100m)	소요 시간 (초)	0	77	77	77	57	57	57
		10	85	87	86	79	81	80
		20	105	106	105.5	102	101	101.5
	속도 (km/h)	0	4.7	4.7	4.7	6.3	6.3	6.3
		10	4.2	4.1	4.2	4.6	4.4	4.5
		20	3.4	3.4	3.4	3.5	3.6	3.5

#### (나) 하향 주행시

산림작업차의 임도에서의 적재시 임도경사에 따른 하향 주행성 조사의 결과는 표 3-19와 같으며, 산림작업차의 산림 토목자재 적재시 임도를 저속으로 100m하향 주행하였을 때 속도는 평지에서 5.1km/h, 임도경사 10%에서 5.3km/h, 임도경사 20%에서 5.8km/h의 속도를 나타냈다. 적재시 저속 주행시간은 평지에서 70초, 임도경사 10%에서 68초, 임도경사 20%에서 62초의 시간으로 나타났다. 경사가 완만할

수륙속도는 느리고, 시간은 더 오래 걸리는 것으로 나타났다.

임도를 고속으로 100m하향 주행하였을 때 속도는 평지에서 7.3km/h, 임도경사 10%에서 7.9km/h, 임도경사 20%에서 8.8km/h의 속도로 나타났으며 임도작업시 경사가 있을수록 속도가 빠르게 주행되었다. 고속 주행시간은 평지에서 49초, 임도경사 10%에서 45.5초, 임도경사 20%에서 41초의 시간으로 나타났으며, 임목과 산림 토목 자재(호박돌) 적재 주행시 시간은 크게 차이가 발생하지 않았다.

산림작업차의 산림 토목자재(호박돌) 적재시 임도를 100m하향 저속과 고속 주행하였을 때 고속주행이 저속주행보다 시간은 평지에서 21초, 임도경사 10%에서 22.5초, 임도경사 20%에서 21초, 속도는 평지에서 2.2km/h, 임도경사 10%에서 2.6km/h, 임도경사 20%에서 3.0km/h 더 빠르게 나타났다.

표 3-22. 산림작업차의 산림 토목자재(호박돌) 적재시 하향 주행 시간 및 속도.

조건	내용	경사 (%)	하 향					
			저 속			고 속		
			1차	2차	평균	1차	2차	평균
임도 (100m)	소요 시간 (초)	0	70	70	70	50	48	49
		10	68	68	68	45	46	45.5
		20	63	61	62	40	41	41
	속도 (km/h)	0	5.1	5.1	5.1	7.2	7.5	7.3
		10	5.3	5.3	5.3	8.0	7.8	7.9
		20	5.7	5.9	5.8	9.0	8.8	8.8



그림 3-71. 산림작업차 산림 토목자재 적재시 상·하향 주행성 테스트 모습.

#### 나. 산림작업차의 회전반경 테스트

산림작업차의 평탄한 비포장지역에서 공차시 360° 회전한 결과 회전반경은 외경 6.13m, 내경 3.61m로 나타났으며, 적재시 회전반경은 공차의 회전반경과 동일하게 나타났다.

#### 다. 산림작업차 덤프 성능 테스트

산림 토목 자재인 석재 약 2ton을 적재한 후 덤프 테스트 결과 덤프실린더를 끝까지 밀었을 때의 시간은 32초가 소요되었고, 덤프를 이용한 적재물 하차기능에 이상이 없는 것으로 나타났다. 산림작업차의 덤프 테스트 모습은 그림 3-72와 같다.



그림 3-72. 산림작업차의 덤프 테스트 모습.

#### 라. 산림작업차 집재작업 시 연료소모량 테스트

실제 장비 가동시 사용한 연료량을 측정한 결과 장비가동시간 4시간에 28ℓ의 연료가 소모되어 시간당 연료소모량은 7.0ℓ로 측정되었다.

### 3. 산림작업차 시작기의 기능 및 성능보완 사항

본 연구개발 기계인 반궤도식 다목적 산림작업차의 차량부 시작기를 제작하고 시작기에 대한 기능 및 성능을 테스트한 결과, 기본적으로는 당초 설계 계획한대로 제작되었다고 판단되었으나 시작기에 대한 일부 기능 및 성능을 좀 더 보완할 필요가 있었다.

#### 가. 엔진부의 기능 및 성능 보완

산림작업차량부의 주행과 작업기의 동력을 발생시키는 주 동력원인 엔진은 시

작기의 주행속도와 토크 등을 감안하면 좀 더 마력이 큰 엔진을 선정할 필요가 있었다.

#### 나. 유압부 및 동력전달부의 기능 및 성능 보완

산림작업차량부의 주행과 작업기의 유압동력을 발생시키는 유압부는 시작기의 최고 주행속도가 약 8km/hr로서 다소 느린 것을 고려하면 유압펌프나 유압모터를 좀 더 속도를 높일 수 있도록 용량이 큰 유압펌프와 용량 및 감속비가 좀 더 작은 유압모터를 선정할 필요가 있다.

#### 다. 전·후륜 주행장치부 성능 보완 사항

산림작업차량부의 전·후륜의 주행장치는 본 연구개발의 핵심사항으로서 시작기를 제작한 결과 대체로 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 반궤도식 산림작업차가 임도를 주행하므로 후륜부의 고무크롤러를 일반 농업 고무크롤러보다 좀 더 강하고 고무크롤러의 슈가 높은 고무크롤러를 선정할 필요가 있었다. 또한 고무크롤러의 피치와 후륜 구동 스프라켓의 치차 간격과 높이가 다소 부적합한 부분이 있으므로 이를 새로이 제작할 필요가 있겠다.

또한 중량물의 원목적재와 토목자재 등을 적재하기 하기 위해 타이어의 접지압을 좀 더 줄이기 위해서는 보다 광폭의 저압타이어나 트랙션 벨트트랙을 작용하는 것을 사용할 필요가 있겠다.

현장테스트 후 후륜의 고무크롤러에 그림 3-73과 같이 훼손이 발생하였으며, 이는 임업용 고무크롤러가 없어 농업용 고무크롤러를 사용하였기 때문이다. 따라서 향후 보급 제작할 때에는 임도 및 작업도에 주행 가능하도록 보강하여 제작할 필요가 있었다.



그림 3-73. 현장 적용성 테스트 후 후륜 고무크롤러 훼손 모습.

또한, 본 연구개발 기계인 반궤도식 다목적 산림작업차를 기술 이전하여 상용화를 추진하기 위해 주행성능에 대한 데이터 조사 분석을 보완하고, 그에 대한 대책을 강구하겠다. 특히, 주행속도가 다소 낮은 점을 보완하기 위해 유압펌프의 유압량이 큰 유압펌프와 유압모터의 크기 및 감속비가 낮은 유압모터를 적용하도록 보완하겠다.

#### **라. 적재부의 성능 보완**

산림작업차량부의 적재부는 중량물의 원목적재와 토목자재 등을 적재하기 하는 곳이므로 적정 적재부의 크기와 적재부 채적의 강도가 적정하다고 판단되었다. 다만, 적재부 연장 프레임의 신축의 수월성과 원목이 운전자에게 위협이 되지 않도록 프레임을 더욱 보강할 필요가 있었다. 또한 적재함의 안전바 보강과 단목 적재시 목재가 밑으로 빠지는 위험성이 있어 가이드바의 위치 조정 및 보강이 필요하다.

#### **마. 덤프 적재함의 성능 보완**

덤프적재함의 목재 및 석재의 덤프 기능은 정상 작동하였으며, 덤프실린더의 높이도 적절하여 적재물의 하차 시에 효율적이었다. 다만, 덤프적재함 자체에 안전고리가 없어 덤프적재함 탈부착시에 애로사항이 많았으며, 실린더 탈부착과정에서도 위험성이 나타났고, 실린더 고정핀 위치조정의 문제점이 발견되어 보강할 필요가 있었다. 또한 적재함의 적재높이를 높여 적재량을 크게 할 필요가 있었다.

#### **바. 내구성 보완과 안전성 및 성능 평가**

본 연구개발 기계인 반궤도식 다목적 산림작업차를 기술 이전하여 상용화를 추진하기 위해서는 내구성 보완과 안전성 및 성능 평가 등이 필요하고, 또한 이에 대한 형식승인이 필요하므로 이를 위해 형식승인에 필요한 기준을 파악하고, 각 기능품에 대한 내구성 보완과 안전성 및 성능을 조사 평가하고, 형식승인에 필요한 기준에 부합하도록 각 기능품에 대해 내구성 및 안전성을 보완하겠다.

#### **사. 각 기능부의 세밀한 설계를 위한 기능 및 성능 분석 보완**

본 연구개발 기계인 반궤도식 다목적 산림작업차의 상용화를 위한 각 기능부의 세밀한 설계를 실시하기 위해 국내외 산림작업차의 각 기능부의 기능 및 성능을 좀 더 세밀하게 분석하고, 벤치마킹을 통한 비교 데이터를 확보 적용하도록 하겠다. 또한, 기본 설계를 좀 더 철저히 실행하기 위해 구동력과 제동력 등을 조사 분석하고 기본 설계를 위한 구동력과 제동력 등의 근거를 제시하도록 하겠다.

## 제 6 절 반궤도식 다목적 산림작업차의 작업시스템 개발

### 1. 우리나라 임목수확작업시스템의 현황

현재 우리나라 숲가꾸기 작업 및 간벌작업 등의 임목수확작업에 사용되고 있는 작업공정별 기계의 종류는 표 3-21 와 같다.

임목수확작업에서 벌도 및 조재는 대부분 체인톱을 이용한 인력작업이 실시되고 있었다. 이는 우리나라의 지형이 급경사지로 하베스터, 프로세서, 펠러번처 등의 고성능 임업기계가 임지에 들어가 작업하기가 까다로우며 고성능 임업기계의 보급이 많이 이루어지지 않고 있기 때문인 것으로 보이며, 우리나라 산림 지형 및 작업에 적합한 임업기계의 연구 개발이 더욱 더 필요할 것으로 사료된다.

집적 및 집재의 경우 임업의 기계화가 많이 진행되어 플라스틱 수라를 이용한 일력집재에서 소형윈치, 트랙터부착형 집재기(PAKO 200, HAM 200, 춘천 집재기 등), 자주식 타워야더(PAKO 300, RME 300T, Koller 300 등)의 고성능 임업기계까지의 많은 임업기계들을 사용하고 있고, 우리나라 지형에 적합한 형태로 다양하게 연구 개발 되고 있다. 하지만 일부 목상들의 집재 및 집적작업은 굴삭기 우드그랩에 의해 행해지고 있는데, 이는 임지 훼손과 노면침식, 토사유출의 주요한 원인을 제공하고 있다.

임목의 소운재는 GMC 트럭과 집운재용 트럭(영운기) 등의 오래되고 낡은 트럭으로 운반하고 있으며, 2000년대 들어와서는 트랙터 트레일러와 미니 포워더 등의 임업용 기계들도 사용하고 있으나,

표 3-21. 임목생산작업 공정별 주요 임목수확작업기계.

벌도 및 조재	집적 및 집재	소운재	운재
체인톱	플라스틱 수라 굴삭기 우드그랩 소형윈치 트랙터부착형 집재기 타워야더	GMC 트럭 집운재용 트럭 트랙터 트레일러 미니 포워더	트럭 GMC 트럭

우리나라의 대표적인 임목수확작업시스템은 그림 3-74와 같이 벌도 및 조재작업은 체인톱을 이용하고 벌도작업을 실시한 후 임내에서 가지자르기 및 조재작업을 실시하거나 전목을 집재하여 임도에서 가지자르기 및 조재작업을 실시하고 있었다.

집재작업은 우리나라 지형에 적합하고 환경친화적인 집재기계 즉, 트랙터부착형 집재기(PAKO 200, HAM 200, 춘천 집재기 등), 자주식 타워야더(PAKO 300 등)의 연구 개발에도 불구하고 작업 효율의 극대화와 임업기계 보급의 한계 등의 이유로 대부분의 목상들이 굴삭기 우드그랩에 의한 집재작업을 시행하고 있다.

굴삭기에 부착한 우드그랩을 사용하여 벌목·조재된 단목을 상부에서 하부의 집재로 즉, 집재용 트럭이 주행할 수 있는 작업도까지 집어 던져 내려와 집적하는 하산 집재 방식을 취하고 있었다. 하산 집재방식은 일반적으로 굴삭기 우드그랩이 임지의 상부로 올라가면서 한쪽으로는 지엽을 모아쌓고 또 한쪽으로는 단목을 모아쌓기를 한 후에 다시 임지의 상부에서 하부로 내려오면서 지엽을 한쪽으로 쌓고 단목은 올라가면서 쌓아놓은 쪽으로 모으면서 전체 단목을 집어던져 내려와 모으는 방식이다.

소운재작업은 그림 3-75와 같이, 굴삭기 우드그랩에 의해 개설된 작업도를 집운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에 의해 임외 집하장 또는 토장까지 소운재되고 있었다. 이때 운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에의 상차작업은 하산집재작업에 사용되는 굴삭기 우드그랩에 의해 이루어지고 있었다. 그리고 임외 집하장 또는 토장에서 하차작업은 운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러의 자체 덤프기능에 덤프하차가 이루어지고 있었다. 임외 집하장 또는 토장에 소운재된 원목은 다시 굴삭기 우드그랩에 의해 집적작업이 이루어져 원목을 쌓아 놓았다. 이는 다시 최종 소비지인 제재소 등으로 반출 운송되고 있었으며, 우드그랩이 운재를 위한 트럭 상차작업도 병행하고 있었다.

따라서 전체 벌목집운재작업시스템을 살펴보면, 체인톱과 굴삭기 우드그랩, 영운기 등에 의해 완전한 기계화 작업이 이루어지고 있다고 볼 수 있는 실정이지만, 급경사지에 적합한 가선계 집재기계보다는 굴삭기 우드그랩에 의한 집적과 집운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에 의한 소운재의 임목생산작업이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있었다.



그림 3-74. 우리나라의 대표적인 임목수확작업시스템의 모식도



그림 3-75. 불법 개조 개량되어 사용되고 있는 원목운반용 산림작업차

## 2. 반궤도식 다목적 산림작업차의 상하차작업 공정 분석

산림작업차의 목재 상하차 공정분석을 실시하였고, 공정분석 결과는 표 3-22, 공정분석 측정 모습은 그림 3-76과 같다. 공정분석에 사용된 수종은 리기다소나무로 길이 2.5m 내외의 단목으로 조재하여 무게측정 후 사용하였다. 로그그래플이 1

회 상차하는 양은 평균 0.230m<sup>3</sup>으로 약 200kg 정도 이었으며, 1회 평균 상차시간은 1분 26초이고, 1회 평균 하차시간은 1분 06초로 나타났다.

총 적재소요시간은 평균 15분 49초, 총 하차소요시간은 평균 11분 45초, 산림작업차 아우트리거 설치 및 해체시간은 1회 평균 1분 32초가 소요되었다. 따라서, 산림작업차가 1회 상하차하는데 소요되는 시간은 운반시간을 제외한 총 29분 06초가 소요되는 것으로 나타났다.

전체적인 산림작업차의 상하차 공정작업을 분석한 결과, 적재함에 목재를 가지런히 적재하여야하는 적재시간이 하차시간보다 시간이 좀 더 소요되었다. 또한 목재 상하차시 많은 시간이 소요되지는 않았으나 오퍼레이터가 로그그래플 조작레버에 익숙하지 않아 작업의 효율성이 떨어졌다. 이를 줄이기 위하여 오퍼레이터의 교육과 훈련이 필요하겠다.

표 3-22. 반궤도식 다목적 산림작업차 상하차 작업공정 분석 결과.

횟수	집재무게 (kg)	임목재적 (m <sup>3</sup> )	상차시간	하차시간	아우트리거 설치 및 해체 시간
1	170	0.195	1' 25"	1' 05"	
2	228	0.262	1' 30"	1' 10"	
3	210	0.241	1' 23"	1' 03"	
4	160	0.184	1' 18"	57"	
5	197	0.226	1' 22"	1' 07"	
6	227	0.261	1' 34"	1' 03"	
7	210	0.241	1' 30"	58"	
8	198	0.227	1' 27"	57"	
9	227	0.261	1' 36"	1' 07"	
10	205	0.235	1' 20"	56"	
11	168	0.193	1' 17"	54"	
평균	200	0.230	1' 26'	1' 02"	1' 32"
계	2,200	2.526	15' 49"	11' 45"	



그림 3-76. 반궤도식 다목적 산림작업차 상하차 공정조사 모습

### 3. 반궤도식 다목적 산림작업차의 작업시스템 구축

반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 임목수확작업시스템을 구축하기 위해 지형과 임상, 임도망, 임목생산 규모적인 측면을 구분하여 우리나라에서 주로 사용되고 있는 임업기계를 중심으로 한 임목수확작업시스템은 그림 3-77, 그림 3-78과 같다. 즉, 벌목은 체인톱으로 실시하고, 집재는 타워야더 등 다양한 가선계 집재기계를 중심으로 집재하며, 조재는 임도 또는 토장에서 프로세서 또는 체인톱으로 실시한 후, 소운재는 반궤도식 다목적 산림작업차 등 산림작업차를 이용하여 소운제한다.

본 연구과제에서 연구 개발한 반궤도식 다목적 산림작업차를 활용한 임목수확작업시스템을 구축하기 위해서는 임목수확작업에서의 필수요소인 노망 즉, 임도와 작업도, 작업로를 많이 개설하여 효율적인 산물수집을 위한 작업시스템을 구축하고, 효율적인 임업기계의 보급과 전문인력을 양성하여 그림 3-77, 그림 3-78과 같은 임목수확작업시스템을 구축할 필요가 있다.

또한, 우리나라에 외국에서 도입 또는 자체 개발된 임업기계들이 다양하게 있으므로, 현지 산림작업장의 지황 및 임황에 따라 생산성이 최대, 비용이 최소가 될 수 있는 작업시스템을 적용하고, 본 과제에서 개발된 반궤도식 다목적 산림작업차를 활용한 임목수확작업시스템을 구축하면 효과가 증대 될 것이다.



그림 3-77. 반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 임목수확작업시스템 사례

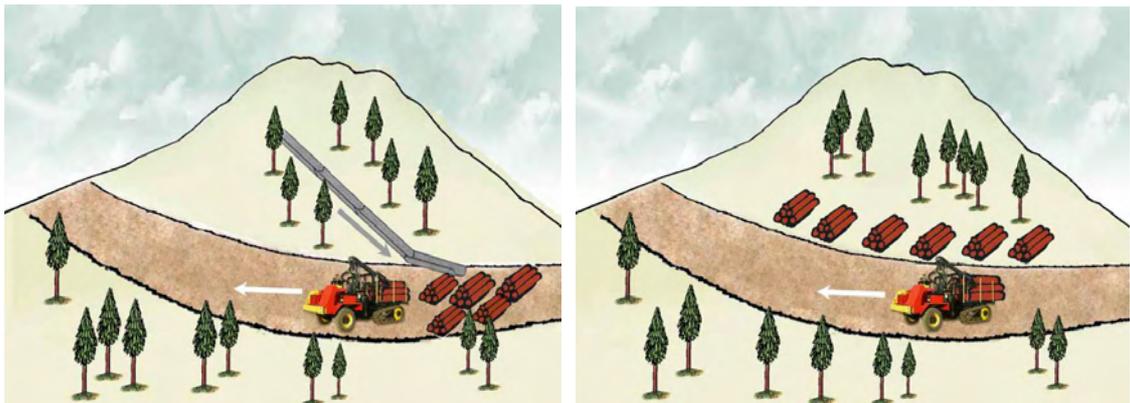


그림 3-78. 반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 임목수확작업시스템 모식도

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

### 제 1 절 목표달성도

본 연구 개발과제의 1차년도에서는 반궤도식 다목적 산림작업차를 개발하기 위하여 국내외 산림작업차의 기능 및 성능 분석을 실시하였고, 이를 통해 우리나라 산림작업 실정에 적합한 연구 개발 목표를 설정하였다. 또한 이를 바탕으로 반궤도식 다목적 산림작업차 및 로그그래플의 목표사양을 결정하고 시작기의 설계도안 및 설계도를 작성한 후 각 목표사양에 맞는 기능품을 선정하고 부품 발주를 하였다.

2차년도에서는 1차년도에서 연구한 시작기의 설계도안 및 설계서와 발주한 부품들을 이용하여 각종 구조물을 제작하고, 각종 구조물들을 조립하여 산림작업차량부 시작기를 제작하였다. 또한, 조립 제작된 산림작업차량부의 시작기에 대해 각종 기능 및 성능 테스트를 실시하였고, 이를 통하여 보완사항을 분석하여 보완하였다.

3차년도에서는 제작된 산림작업차량부의 시작기를 중심으로 목표 제원에 맞는 로그그래플을 제작하고 장착하였다. 또한 제작 완성된 반궤도식 다목적 산림작업차의 시작기를 대상으로 각종 기능 및 성능과 현지 적용성, 작업시스템 등을 조사 분석하였다. 또한, 전체적인 반궤도식 다목적 산림작업차의 목표 제원과 기능 및 성능에 맞추어 반궤도식 다목적 산림작업차의 시작기 제작을 완료하였으며, 현장 적용성과 반궤도식 다목적 산림작업차량을 이용한 작업시스템 개발을 수행하여 최종적인 연구 개발과제를 완료하였다.

표 3-23. 연구개발 목표 및 달성도.

구분	연도	연구목표	가중치
1차 연도	2007	연구개발의 목표 설정	100%
		산림작업차량부의 기능 및 구조 규격 분석	100%
		로그그래플의 기능 및 구조규격 분석	100%
		산림작업차량부의 설계도안 및 설계서 작성	100%
		산림작업차량부의 기능품 선정 및 부품 발주	100%
2차 연도	2008	산림작업차량부의 각종 구조물 제작	100%
		산림작업차의 시작기 조립 및 제작	100%
		산림작업차량부의 시작기 기능 및 성능 테스트	100%
		산림작업차량부의 시작기 기능 및 성능 보완	100%
3차 연도	2009	로그그래플 제작 및 장착과 테스트	100%
		반궤도식 산림작업차의 현장 적용성 테스트 및 성능 보완	100%
		반궤도식 산림작업차의 작업시스템 개발 및 현장 모델 구축	100%

## 제 2 절 관련분야의 기여도

현재 우리나라 산림작업에서 소운재작업은 대부분 운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에 의해 행해지고 있으며, 일부 국유림에서 일본에서 도입된 차륜형 미니포워더가 사용되고 있다. 또한 민간에서는 2차 대전 당시 제작되었던 GMC트럭을 이용하거나 폐차용 부품으로 제작한 자재운반용 차량을 원목의 소운반 등 임목수확작업에 활용하고 있는 실정이다. 그러나 현재 사용되고 있는 대부분의 산림작업에서 소운재용 차량이 오래되어 부품의 교환 및 수리가 힘들고, 산림작업 전용 차량이 아닌 불법 개조 개량한 차량으로 목재생산작업 및 토목작업의 효율성이 많이 떨어지고 있다.

따라서 우리나라 산림작업지형에 적합한 반궤도식 다목적 산림작업차를 개발 보급하여 외국기종의 도입 대체와 그에 따른 외화를 절감하고, 임목수확작업시스템의 구축으로 목재생산작업의 효율성을 높이고, A/S 문제 해결 등에 기여할 수 있을 것이다.

또한, 임업노동력 확보는 농촌인구의 절대적인 부족과 고령화로 많은 어려움을 겪고 있는 실정이며, 산림작업은 작업환경이 가장 열악하여 젊은 노동력 확보가 어렵고 대부분 인력에 의존하는 노동집약 형태로서 인건비 상승에 따라서 작업비가 급등하고 있으므로 인력위주의 작업을 기계화하여 장기적으로 인건비의 상승과 노동력 부족에 대처할 방안이 필요하다. 따라서 부족하고 고령화된 농산촌의 노동력에 따른 임업노동력의 확보 및 대체와 안전하고 쾌적한 산림작업을 도모하며, 앞으로 증가할 국산재의 수요 및 공급과 간벌 및 주벌 등의 산림작업, 산사태 복구 및 사방댐 설치 등 산림토목작업에 큰 기여를 할 것이다.

산림작업차의 적재부에 목재상하차용 로그그레플을 장착하고 토목사업에서의 자체 운반 등을 위해 덤프기능을 장착하여, 산림내에서 목재운반뿐만 아니라 산림토목사업의 자재운반 등 산지내 산림작업 특성을 고려하여 다목적으로 사용할 수 있도록 제작함으로써 노동인력의 안전성 확보와 노동인력 감소로 인한 비용절감, 노동인력 대체 등에 크게 기여할 수 있다.

더욱이 우리나라의 지형 및 임상 등 실용성이 높은 임업기계의 자체 설계 능력과 제작기술의 확보로 현재 대부분 수입에 의존하는 산림작업차를 대체하고 임업기계의 국산화를 촉진시키며, 임업기계 관련회사의 기술확보 및 사업확대에 큰 기여를 할 것이다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용 계획

현재 우리나라는 숲가꾸기 사업 및 간벌작업과 산림토목사업 등의 산림작업이 증가하고 있고, 이에 따라 임업기계의 수요도 증가하고 있다. 그러나 우리나라에서 연구·개발되고 있는 임업기계의 종류가 많지 않으며, 산림작업차의 경우 거의 생산되고 있지 않는 실정이다. 외국에서 도입된 산림작업차의 경우는 초기 구입비용 부담이 크고 향후 A/S 문제와 부품조달의 문제 등으로 보급이 어려운 실정이다. 따라서 향후 본 연구과제에서 개발된 반궤도식 다목적 산림작업차의 보급으로 외화 절감, 산림생산성 향상, 노동력 부족 대처 등의 문제 해결과 임업기계화의 발전에 크게 기여할 것으로 사료된다.

### 제 1 절 현장보급 방안

본 연구과제인 반궤도식 다목적 산림작업차는 기존의 산림작업에 사용되는 운재용 트럭(영운기)과 트랙터 부착 트레일러의 주 기능인 원목운반뿐만 아니라 로그 그레플과 덤프적재함의 장착으로 다양한 산림토목공사에도 활용할 수 있으므로 산림작업에서 활용성이 높다.

각 지방산림관리청과 산림조합, 벌목업자 등의 임업기계의 활용도가 높은 기관 및 단체에 반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 산림작업시스템 현장 실연회 및 전시홍보를 통하여 산림작업차의 보급에 기여하고, 임업기계 오퍼레이터 교육 등을 통하여 임업기계의 활성화에 기여한다.

### 제 2 절 기술이전 방안

본 과제에서 연구·개발된 반궤도식 다목적 산림작업차는 우리나라의 산악지형 및 임장과 임목생산방법에서 임목운반작업 및 산림토목자재 운반작업기계로서 실용성이 매우 크다. 따라서 산림청 산하 지방산림관리청 및 관리소와 산림조합, 벌목업자 등의 임업기계의 활용도가 높은 기관 및 단체에게 반궤도식 다목적 산림작업차의 현장 실연회 및 전시홍보를 통하여 다양한 소비자에게 보급하고 관련 기술을 현장에 이전하며, 이를 활용한 임목생산작업시스템과 임업의 기계화에 적극적으로 기술을 이전한다.

또한 반궤도식 다목적 산림작업차는 이미 특허(특허 제 10-0899274호)등록을 완료하였으므로, 관련 특허 및 기술을 참여기업체 등에 이전하여 연구·개발된 반궤

도식 다목적 산림작업차의 상품화를 실시하며, 작업시스템을 산림작업의 효율성을 증대 시키고 임업기계 산업의 육성 및 기술축적 등의 이익 증대에 활용할 계획이다. 특히, 시작기를 중심으로 참여기업에 기술을 이전하여 상용화를 준비하고 있고, 사전 판매 및 홍보를 위해 이미 참여업체의 판매 홍보용 카타로그를 제작하여 판매 홍보를 실시하고 있다. 향후 이를 더욱 가속화시켜 본 연구개발 기계의 성과를 최대한 활용할 계획이다.

### 제 3 절 산업화 계획 방안

본 연구과제에서 연구·개발된 반궤도식 다목적 산림작업차에 대해서 관련 특허 및 기술을 참여기업체 등에 이전하고, 임업기계 생산 및 보급과 상품화를 통하여 임업기계 산업을 육성 및 기술축적 등의 이익 증대에 활용할 계획이다. 또한 작업시스템을 임업현장에 기술 이전하여 목재생산산업의 활성화를 통해 산림작업차를 더욱 산업화시킬 계획이다. 더욱이 연구·개발된 반궤도식 다목적 산림작업차는 우리나라에서 자체 연구·개발된 것이므로 보급이 유리할 것이며, 수리 및 부품공급 등 유지 보수가 편리하고 생산비가 저렴할 것으로 기대된다. 또한 시작기의 연구개발품을 수정 보완하여 대량 생산 판매에 들어 갈 경우 주문생산방식을 통하여 참여기업체의 상품화 및 기업화가 가능할 것이다.

반궤도식 다목적 산림작업차를 이용한 친환경 저비용 고효율 임목수확작업시스템을 관련 기관 및 관련 업체에 교육 홍보하여, 산림작업차의 필요성을 알리고, 반궤도식 다목적 산림작업차의 현장 실연회 및 전시회 등을 통하여 관련 임업 사업체에 보급 촉진 및 판매를 유도한다.

### 제 4 절 논문 발표 계획

본 연구과제에서 연구·개발된 반궤도식 다목적 산림작업차의 연구성과에 대해서는 2009년도에 한국임학회에 학술발표를 실시하였으며, 최종 연구결과를 관련 국내외 학회지 등에 논문으로 발표할 계획이다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구 과제를 수행하기 위하여 수집한 주요한 해외과학기술정보는 본 연구 과제인 반궤도식 다목적 산림작업차의 주요한 기능과 구조에 대해 해외의 주요한 산림작업차에 대한 과학기술정보를 수집하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

산림작업차는 크게 바퀴의 형태에 따라 타이어식 산림작업차, 크롤러식 산림작업차, 반궤도식 산림작업차로 나뉜다. 현재 우리나라에 도입된 크롤러식 산림작업차는 그림 6-1과 같으며, 두 기종 모두 우리나라와 지형이 비슷한 일본에서 도입되어 크롤러식 소형 산림작업차이다. 그림 6-2도 일본에서 개발되어 사용하고 있는 반궤도식 산림작업차이다. 일본제 반궤도식 산림작업차를 모델로하여 본 연구 과제를 개발 하였다.

그림 6-3은 일본제 궤도식 산림작업차로 일본에서는 산림작업차가 많이 보급되어 다양한 형태의 산림작업차가 사용되고 있었다. 그림 6-4는 다양한 형태의 궤도식 소형 산림작업차와 토목용 산림작업차의 형태이다.

그림 6-5는 유럽형 대형 타이어식 산림작업차로 광폭타이어를 장착함으로써 산림작업의 효율을 높이고 또한, 타이어에 탈부착식 체인을 연결하여 경사가 있는 곳에서도 작업을 할 수 있도록 고안하였다. 우리나라의 급경사 지형 및 소규모 산림작업에는 다소 적합하지 않는 대형 산림작업차이므로 우리나라 산림작업에서는 효율성이 낮을 것으로 생각된다. 그러나 임지 주행용 광폭타이어 및 고무크롤러 개발에 대한 우리나라에서의 연구결과가 없으므로 이에 대한 연구가 필요하겠다.



그림 6-1. 국내 도입되어 있는 크롤러식 산림작업차(일본제품)



그림 6-2. 일본의 반궤도식 산림작업차(좌:RMF-CHS, 우:RM8WD-6HGC)



그림 6-3. 다양한 궤도식 산림작업차(좌: 일본제 RMF-CB)





그림 6-4. 다양한 궤도식 산림작업차와 토목용 산림작업차(일본제품)



그림 6-5. 다양한 유럽형 타이어식 대형 산림작업차



그림 6-6. 운전 및 조작석의 모습



그림 6-7. 계기판의 모습

그림 6-8은 원목의 견인과 보조장비로서 윈치를 나타낸 것이며, 윈치는 산림작업차의 전면부에 장착되어 있었고 간이집재시 및 로그그래플의 범위외의 임목을 쉽게 집재 견인할 수 있도록 장착되어 있다. 윈치의 와이어 길이는 대부분 30m로서 견인력은 1ton으로 별도의 집재기 없이도 원목 집재가 가능하도록 되어 있다.



그림 6-8. 원목 견인용 윈치(Winch)의 모습

그림 6-9는 아우트리거(Out rigger)로서 산림작업차의 원목 상하차 작업시에 차체의 안정과 원목 상하차의 수월성을 위해 대부분 차체의 중앙 좌우에 2개의 아우트리거를 장착하고 있다. 아우트리거는 1단 또는 2단 정도의 일반 실린더를 이용하고 있으나 대부분 1단 실린더를 이용하고 있다.

그림 6-10은 산림작업차에 장착된 로그그래플로서 목재 및 기타자재를 효율적으로 적재하기 위하여 대부분의 산림작업차에 장착하고 있었다. 로그그래플의 조작은 유압밸브 레버에 의하여 조작하도록 되어 있고 유압밸브 레버를 적재함을 주시하도록 장착하여 로그그래플 작업 시 시야를 확보할 수 있도록 되어 있었다.



그림 6-9. 아우트리거(Out rigger)의 모습



그림 6-10. 다양한 산림작업차용 로그그래플의 모습



그림 6-11. 그래플의 종류와 모습



그림 6-12. 로그그래플의 조작대와 레버의 모습

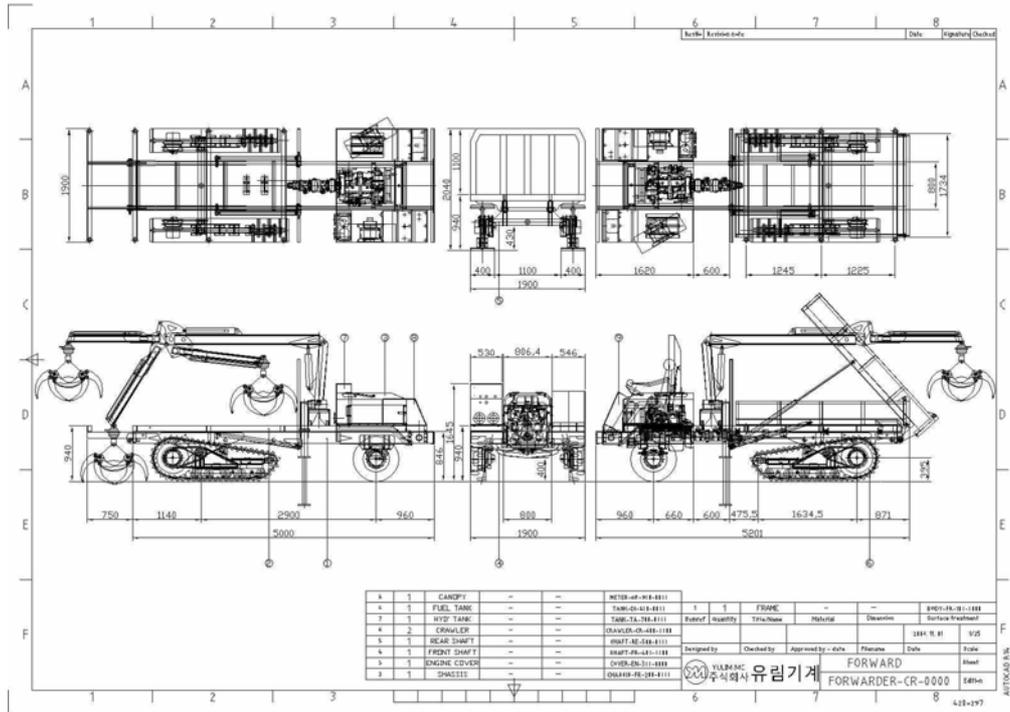
## 제 7 장 참고문헌

1. 국립산림과학원. 1994. 임업기계화 장기기본계획.
2. 국립산림과학원. 1996. 밤 수집기 개발. 농림부. pp.118.
3. 국립산림과학원. 1998. 다관절 무궤도 차량을 이용한 다목적 육림작업기계 개발. 농림부. pp. 102.
4. 국립산림과학원. 1999. 한국형 임업기계·장비개발. 농림부. pp. 269.
5. 국립산림과학원. 2001. 원목운반용 미니포워더 개발. 농림부. pp. 158-162.
6. 국립산림과학원. 2003. 굴삭기를 이용한 조재기 개발. pp. 203.
7. 국립산림과학원. 2006. 궤도식 소형 임내차 개발. 농림부. pp. 24-25.
8. 김의경 외 4인. 2000. 국산재 생산·공급체계 구축을 위한 합리적 방안 연구. 산림청. pp. 20-24.
9. 김재원, 노재후, 우태명, 이해주. 1989. 간벌작업의 작업강도 및 집재기계화에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 120-141.
10. 김재원. 1996. 트랙터 부착용 집재원치의 국산화 개발. 임업정보 66 : 42-44.
11. 노재후, 김재원, 박문섭. 1988. 케이블 크레인의 국내 적용 가능성에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 145-153.
12. 농림부. 2007. 트랙터부착형 타워집재기 개발. pp. 133.
13. 마상규 외 5인. 1997. 사유림 간벌재 생산기계화 기술개발에 관한 연구. 농림부. pp. 480.
14. 박상준. 2002. 굴삭기를 이용한 타워집재기 및 원목집게톱 개발. 한국임학회지 91(3) : 322-333.
15. 박상준. 2002. 트랙터부착 집재기에 의한 집재작업공정 분석. 한국임학회지 92(3) : 287-295.
16. 박상준·함영철. 2002. 굴삭기형 타워집재기 및 원목집게톱의 작업능률과 작업비용 분석. 한국임학회지 91(4) : 507-516.
17. 박종명. 1997. 작업량에 따른 적정 집재기계의 선정. 한국임학회지 86(4) : 450-458.
18. 북부지방관리청. 2001. 우리나라 국유림지형에 맞는 임목수확작업시스템 개발 및 시험운영. 연구용역보고서. pp. 188.
19. (사)한국임업기계화협회. 2001. 우리나라 국유림 지형에 맞는 임목수확작업시스템 개발 및 시험운영. 산림청. pp. 188.

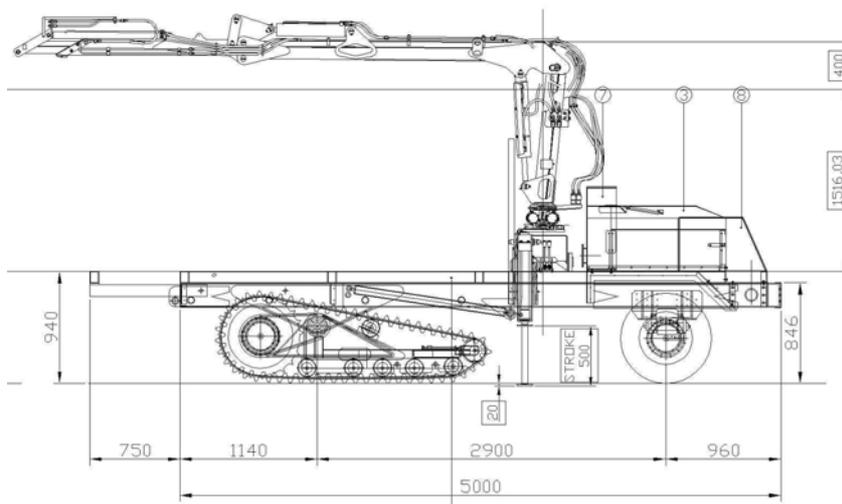
20. (사)한국임업기계화협회. 2002. 임업기계화 사업의 활성화 및 임업기계 오퍼레이터 양성 방안. 산림청. pp. 195.
21. (사)한국임업기계화협회. 2009. 효율적인 산물수집을 위한 임업기계 편람 및 노망 구축. pp. 276.
22. 산림청. 1999. 임업기계화의 방향과 활용. pp. 186.
23. 산림청. 2000. 산림과 임업기술 [Ⅲ] 산림경영. pp. 755.
24. 산림청. 2006. 현장 모니터링을 통한 기계화 및 임업노동력 육성 정책방향 연구. pp. 127.
25. 산림청. 2009. 임업통계연보 제39호. pp. 482.
26. 이근태, 박상준. 2001. 환경친화적 임목수확모델 개발 및 공정조사에 관한 연구. 산림조합중앙회. pp. 114.
27. 이근태, 박상준. 2002. 환경친화적 임목수확모델 개발 및 공정조사에 관한 사업. 산림조합중앙회. pp. 89.
28. 이근태, 박상준. 2003. 환경친화적 임목수확모델 개발 및 공정조사에 관한 사업. 산림조합중앙회. pp. 86.
29. 이광원, 김기원, 차두송. 1993. 산림생산기반 조성과 임도 및 임업기계화. 한국농촌경제연구원. pp. 294-299.
30. 이주성. 2000. 유·공압공학. 대광서림. pp. 470.
31. 이징구. 1994. 알고 싶은 유압(기초편). 기전연구사. pp. 74.
32. 임업기계훈련원. 1997. 사유림 간벌재 생산기계화 기술개발에 관한 연구. 농림부. pp. 480.
33. 주해호. 1997. 최신유압공학. 대광서림. pp. 168.
34. 大河原 昭二 編. 1991. 林業機械學. 文永堂出版. pp. 255. 日本.
35. (社)林業機械化協會. 1996. 林業機械便覽. pp. 252. 日本.
36. (社)林業機械化協會. 2008. 機械化林業. No. 652. pp. 40. 日本.
37. (社)林業機械化協會. 1994. 機械化林業入門. pp. 115. 日本.
38. 林業機械化推進研究會. 1990. 機械化のビジョン. pp. 177. 日本.
39. 山脇三平等. 1980. 林業機械學. 朝倉書店. pp. 253. 日本.

# [ 부 록 ]

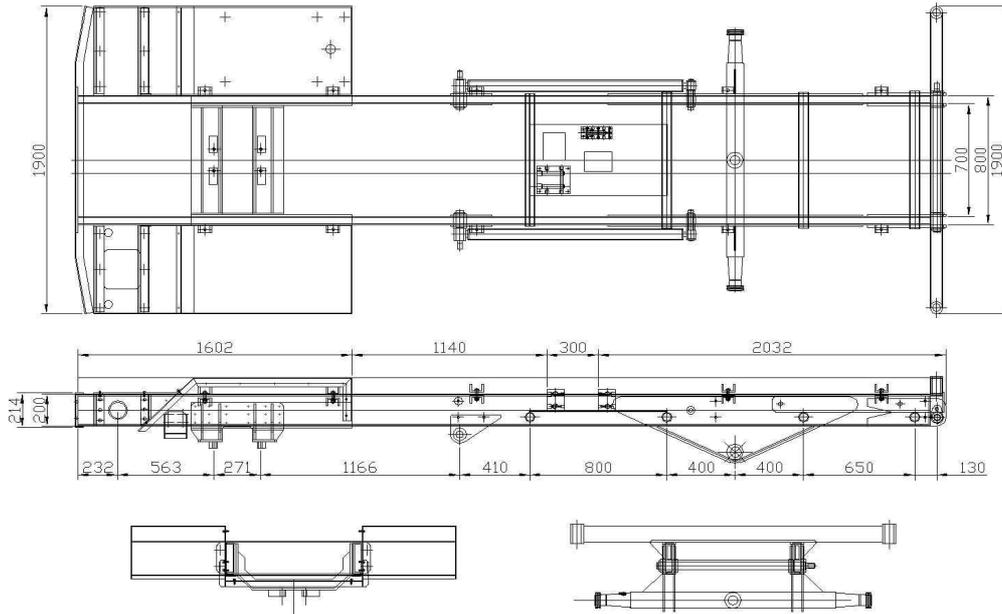
## 1. 전체의 관도(1)



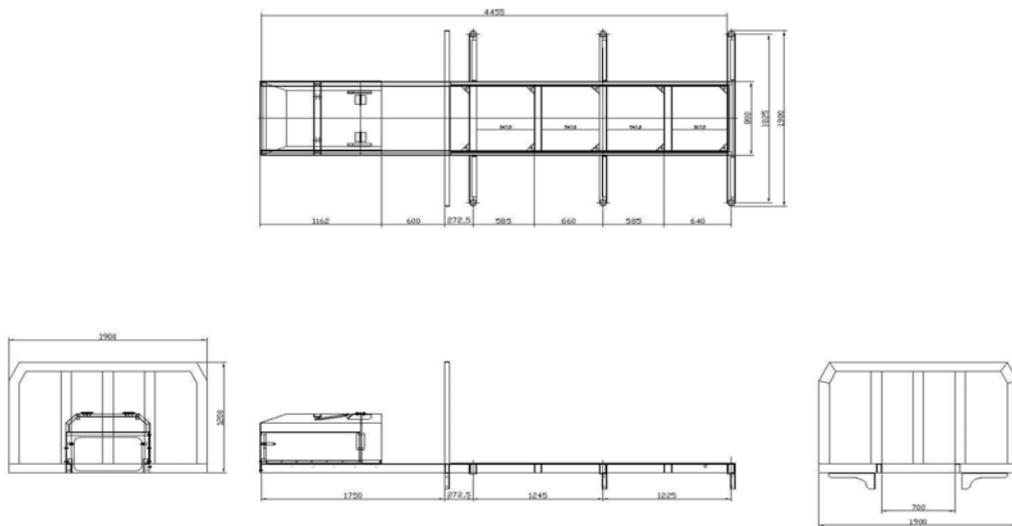
## 2. 전체의 관도(2)



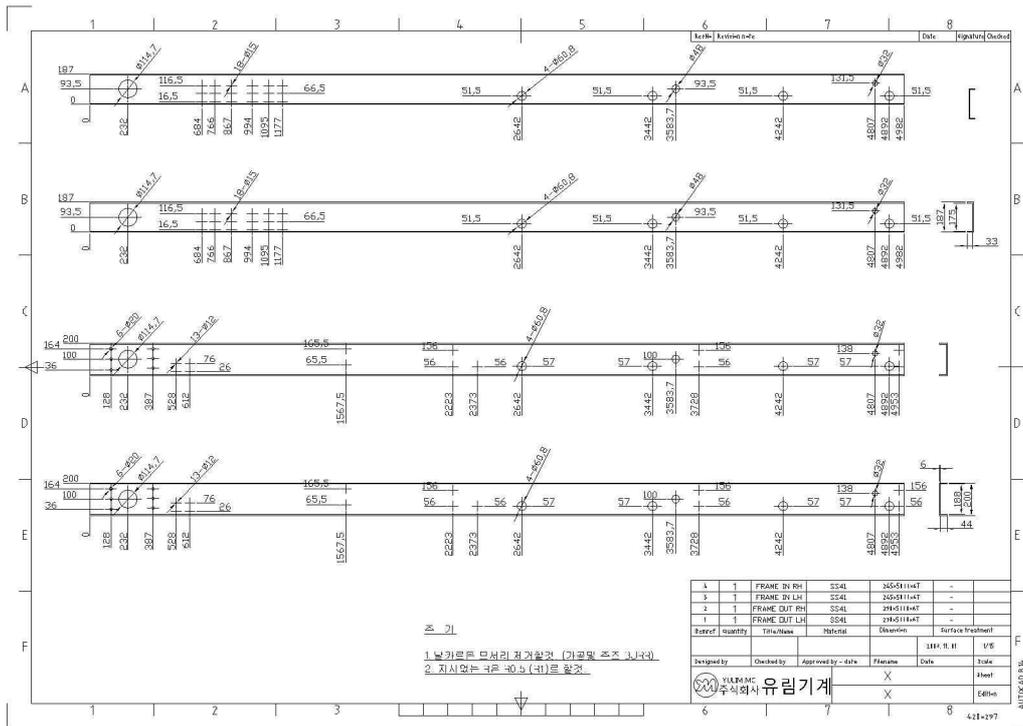
### 3. 프레임부



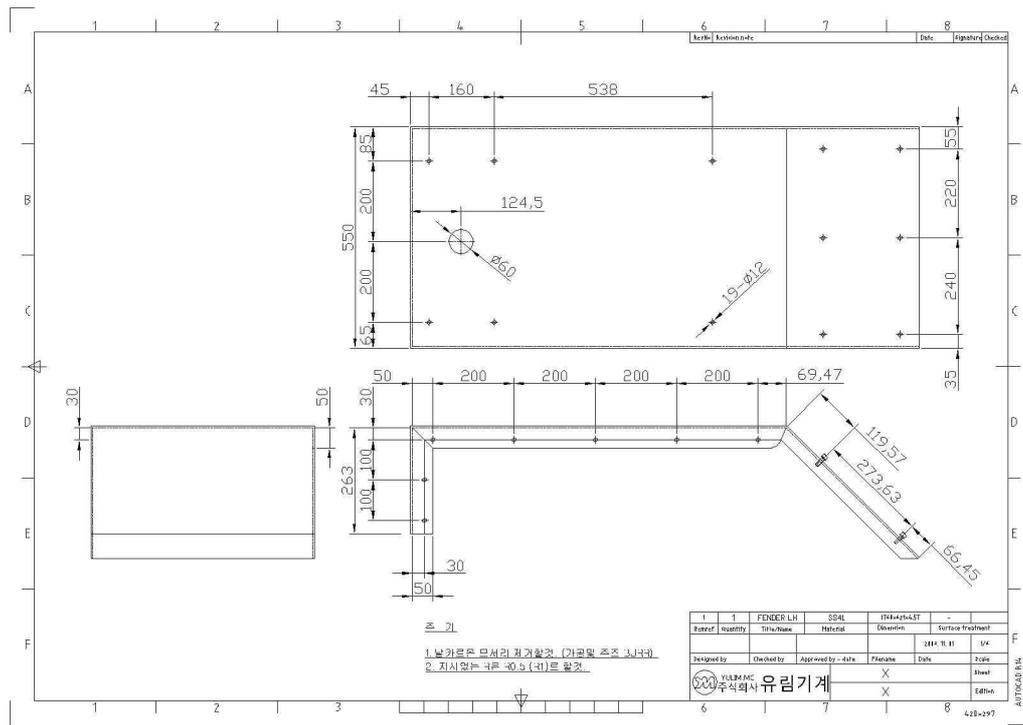
### 4. 기본 프레임



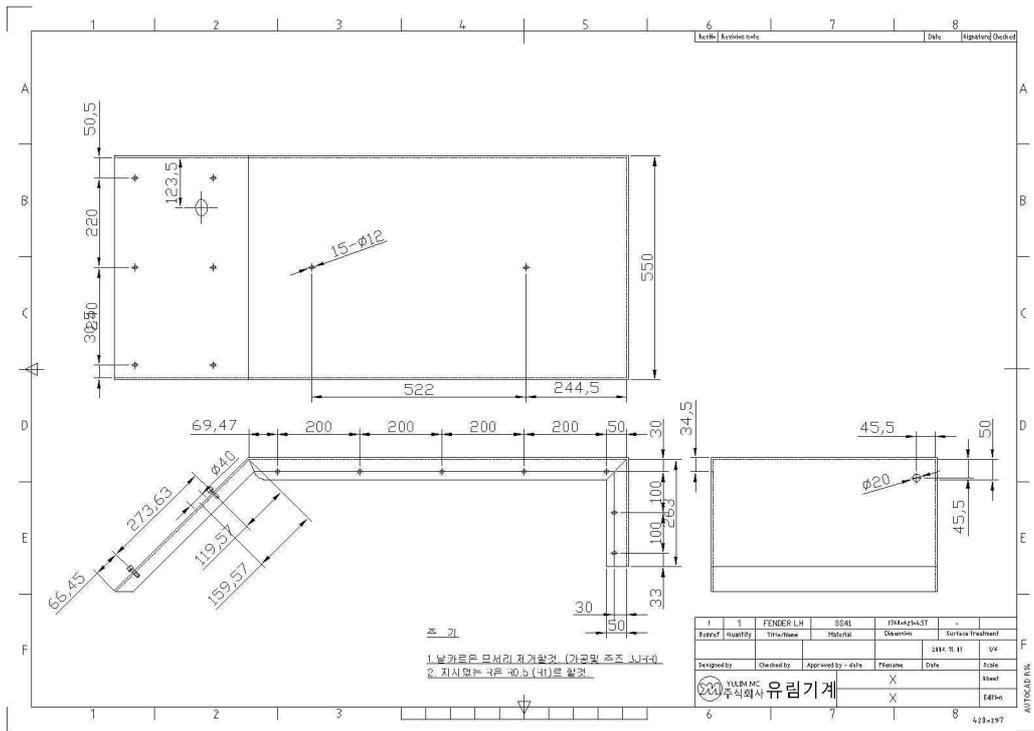
### 5. 프레임부 부품(1)



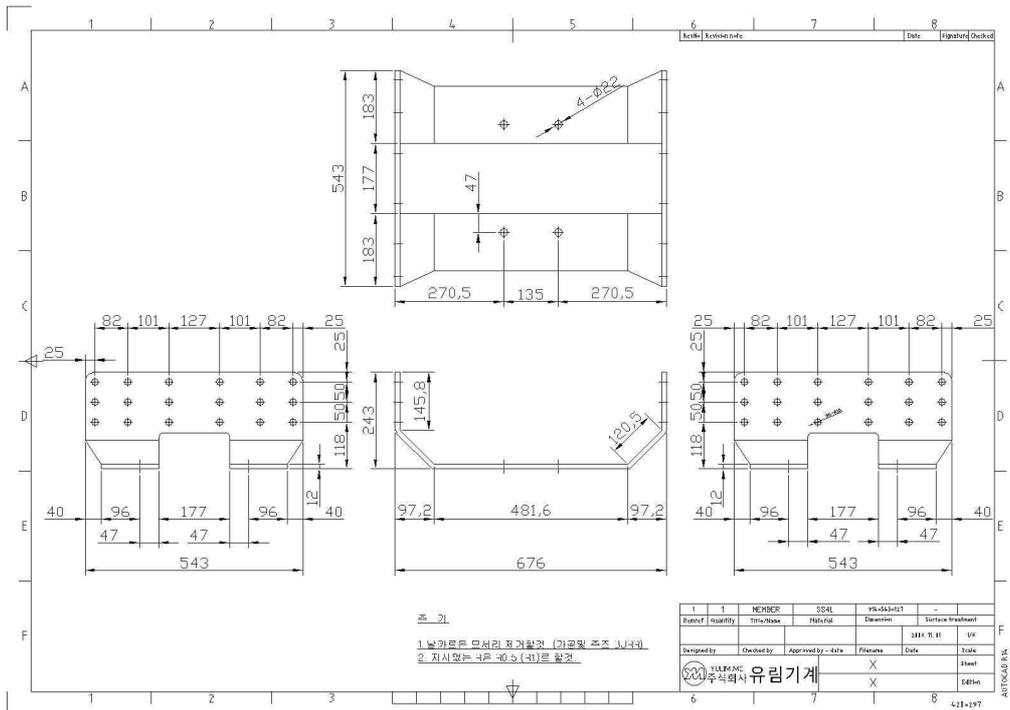
### 6. 프레임부 부품(2)



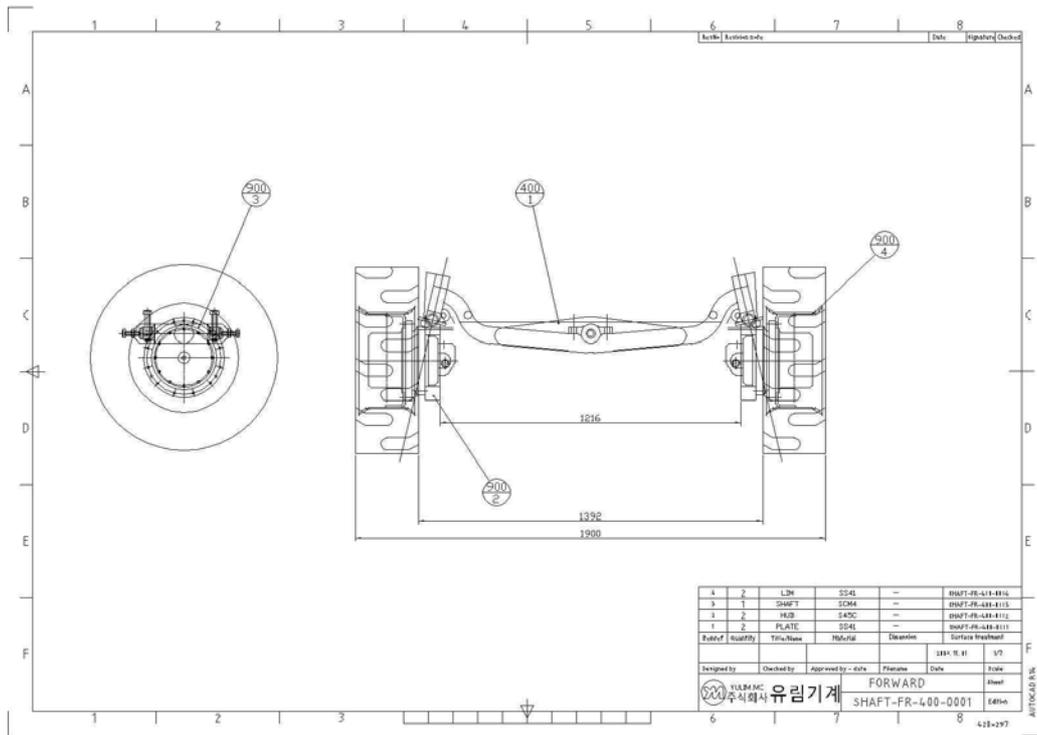
### 7. 프레임부 부품(3)



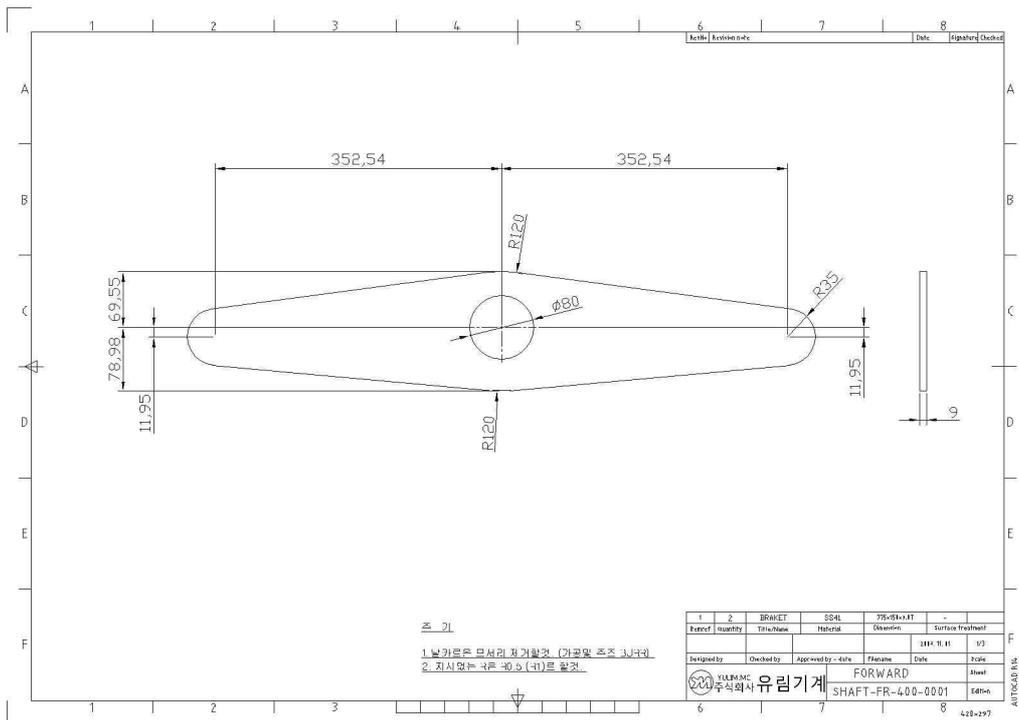
### 8. 엔진 받침판



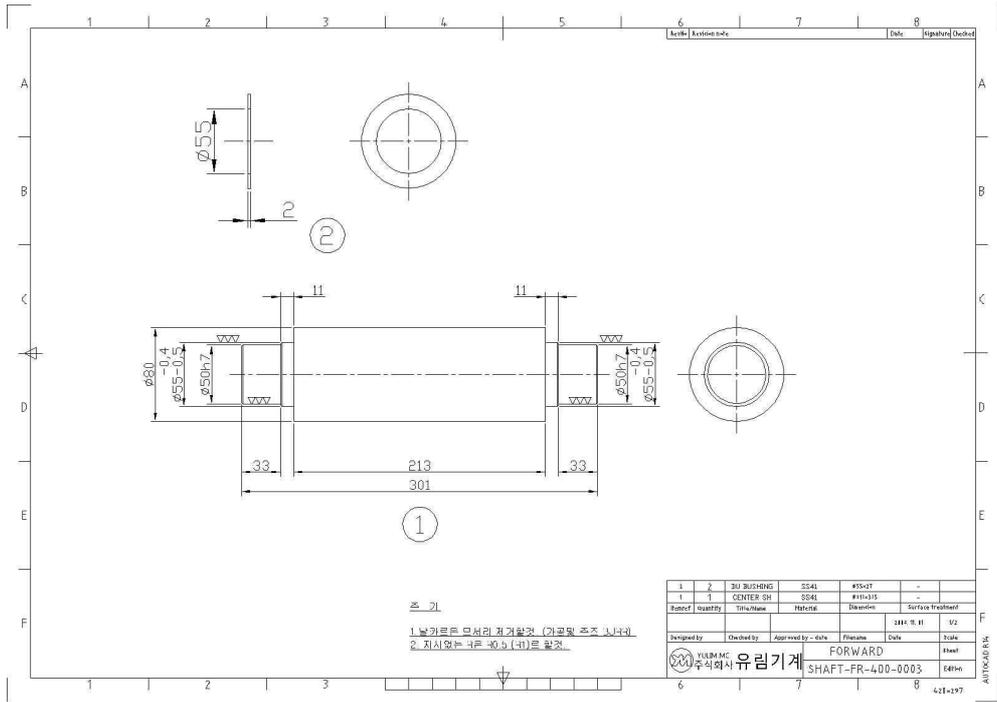
9. 전륜 고무바퀴부



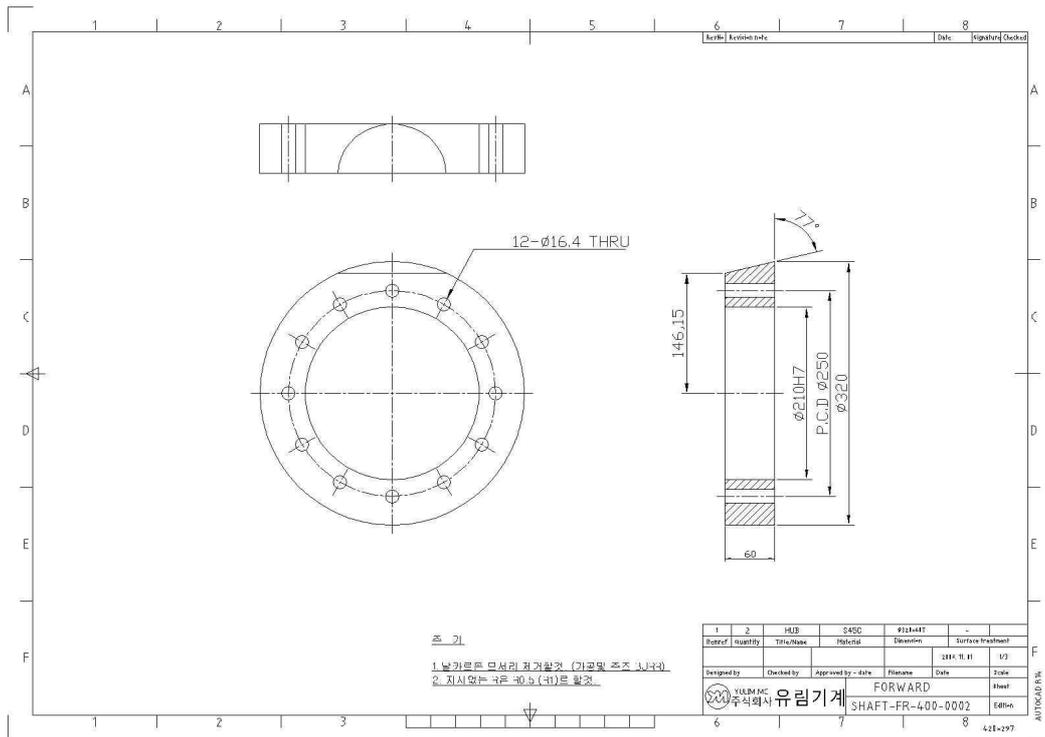
10. 전륜 고무바퀴부 부품(1)



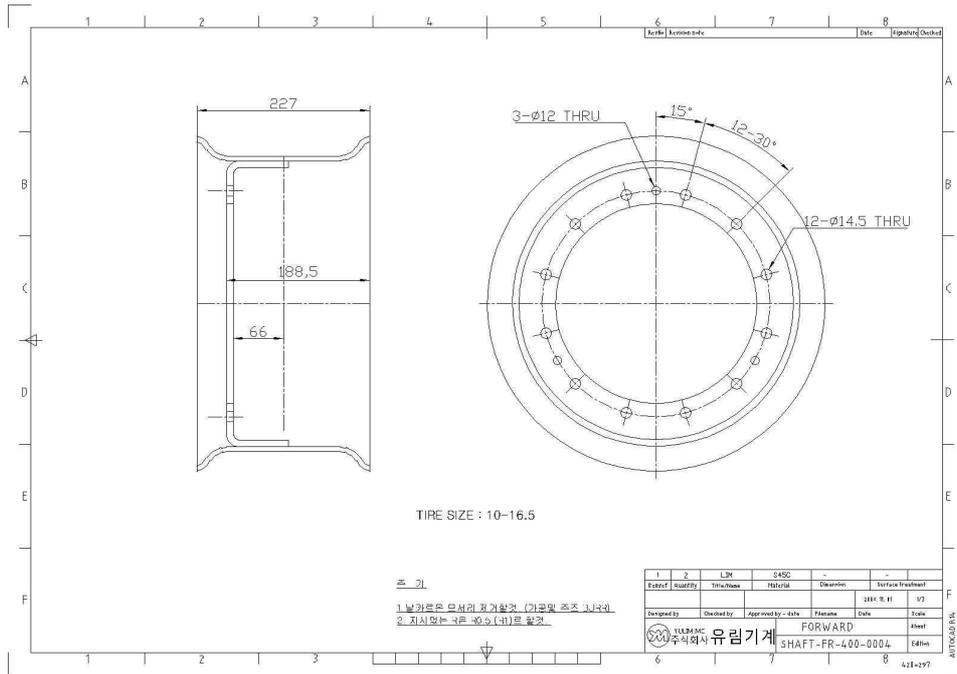
11. 전륜 고무바퀴부 부품(2)



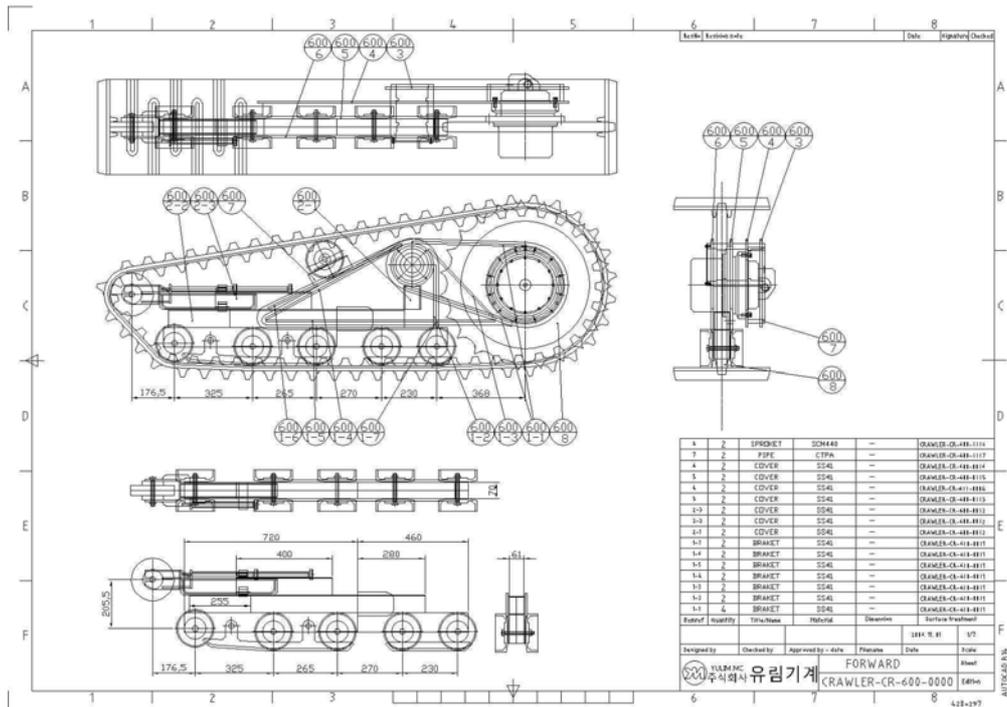
11. 전륜 고무바퀴부 유압모터 고정틀



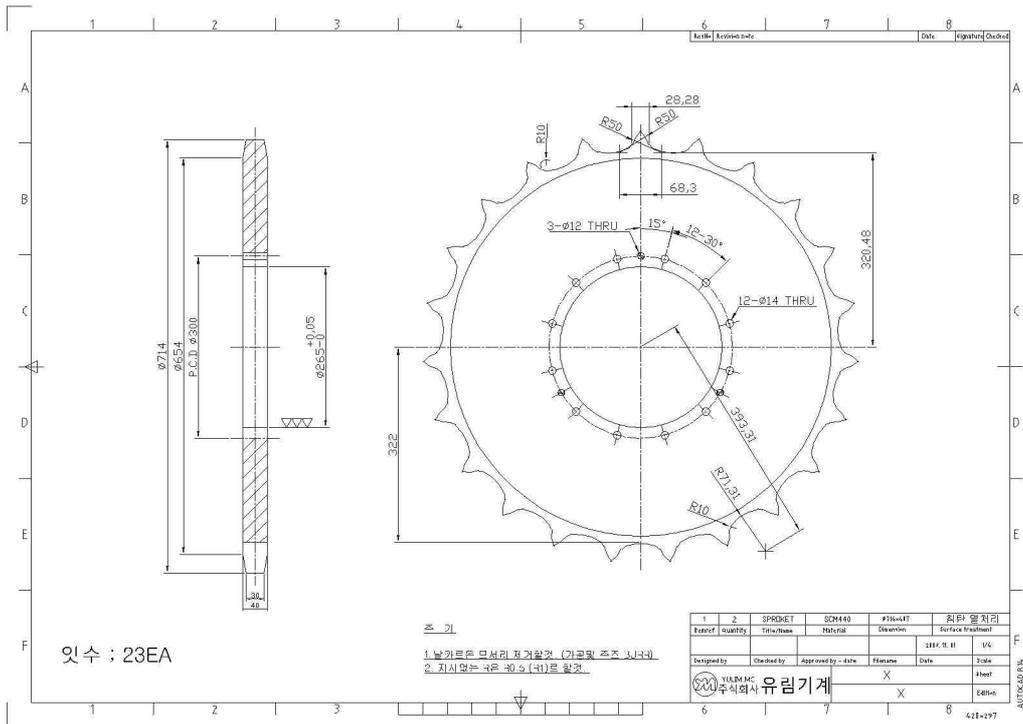
### 13. 전륜 고무바퀴부 휠



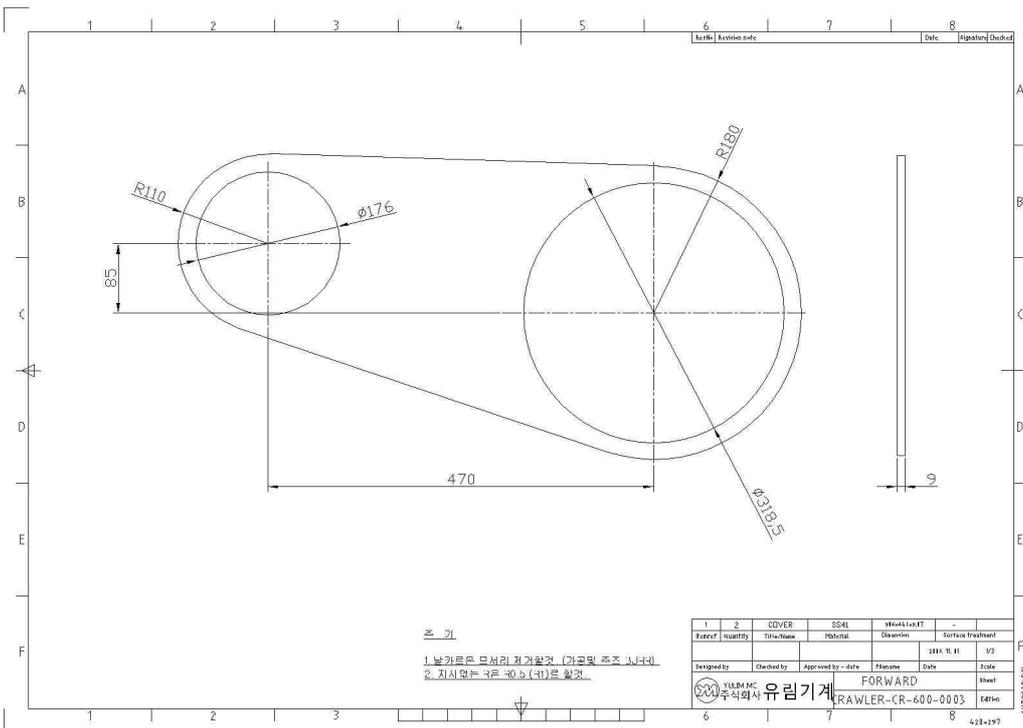
### 14. 후륜 크롤러바퀴부



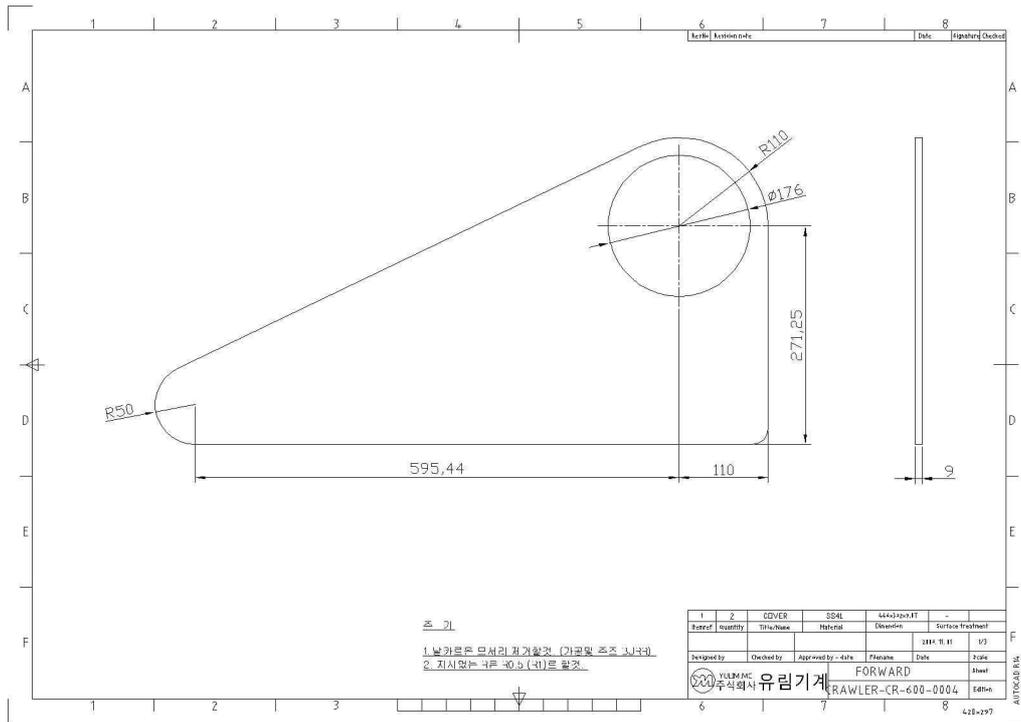
15. 스프라켓



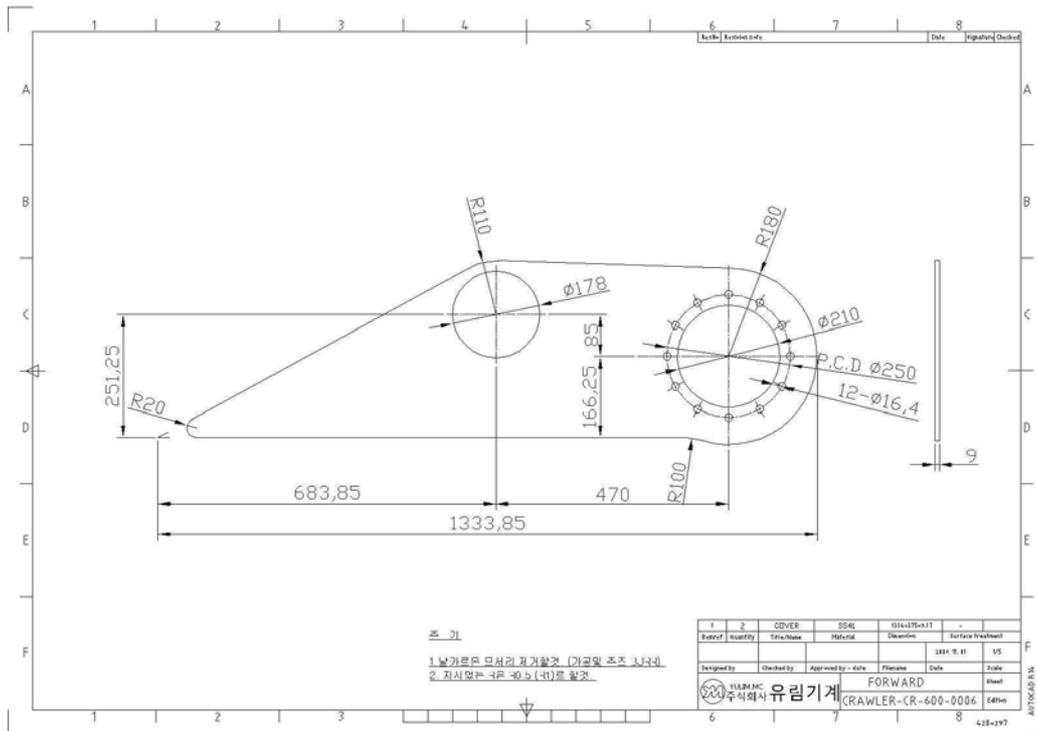
16. 후륜 크롤러바퀴부 부품(1)



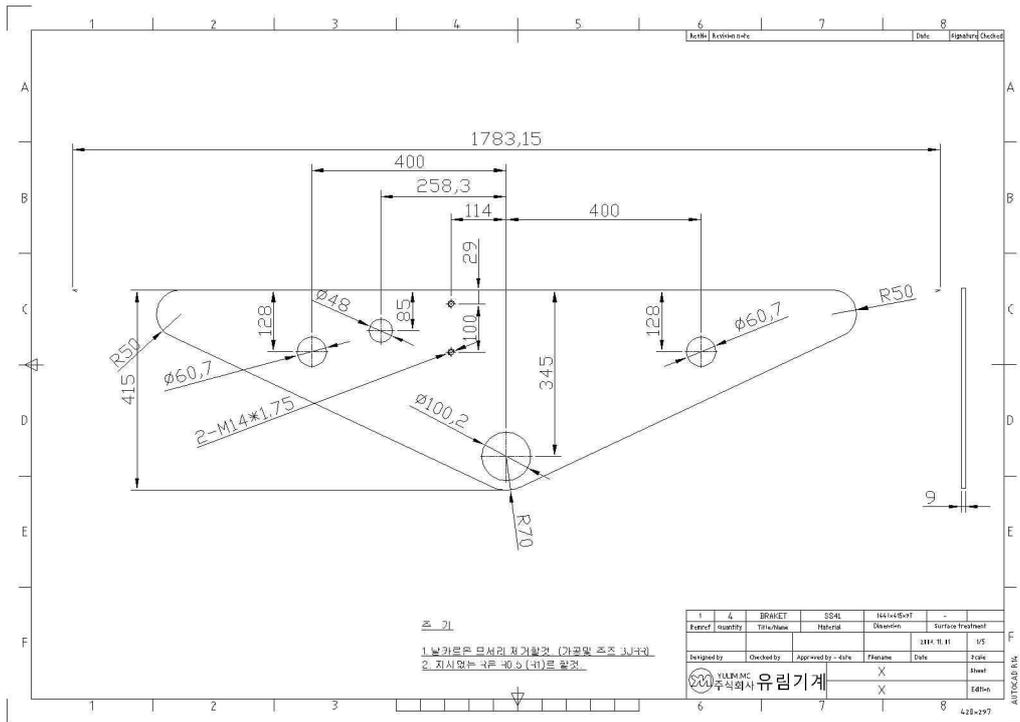
17. 후륜 크롤러바퀴부 부품(2)



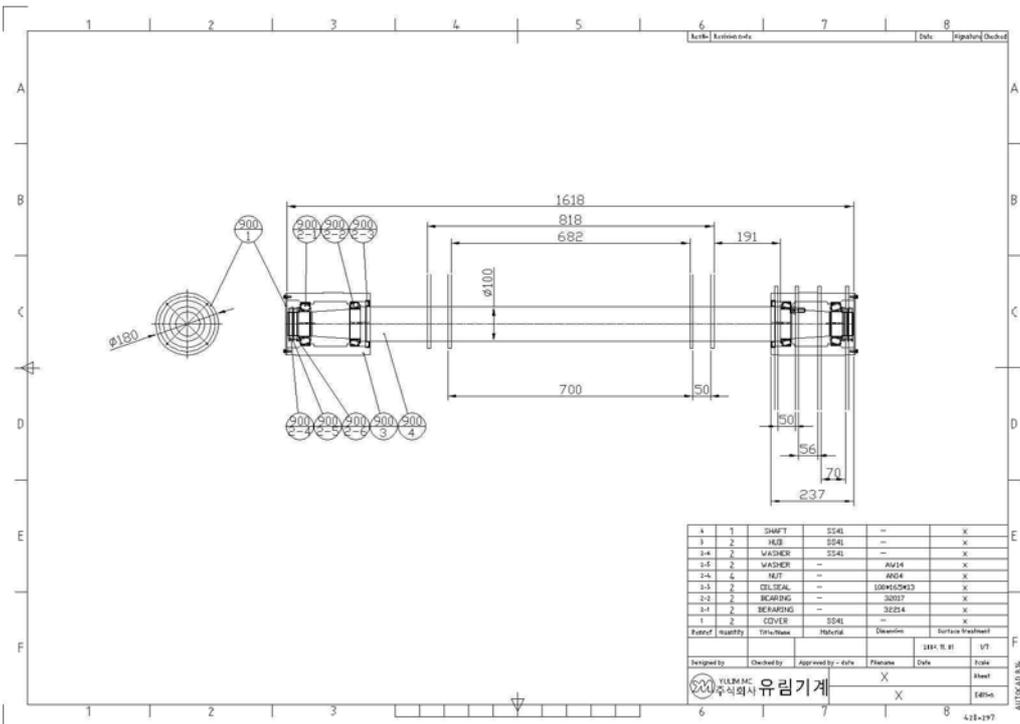
18. 후륜 크롤러바퀴부 부품(3)



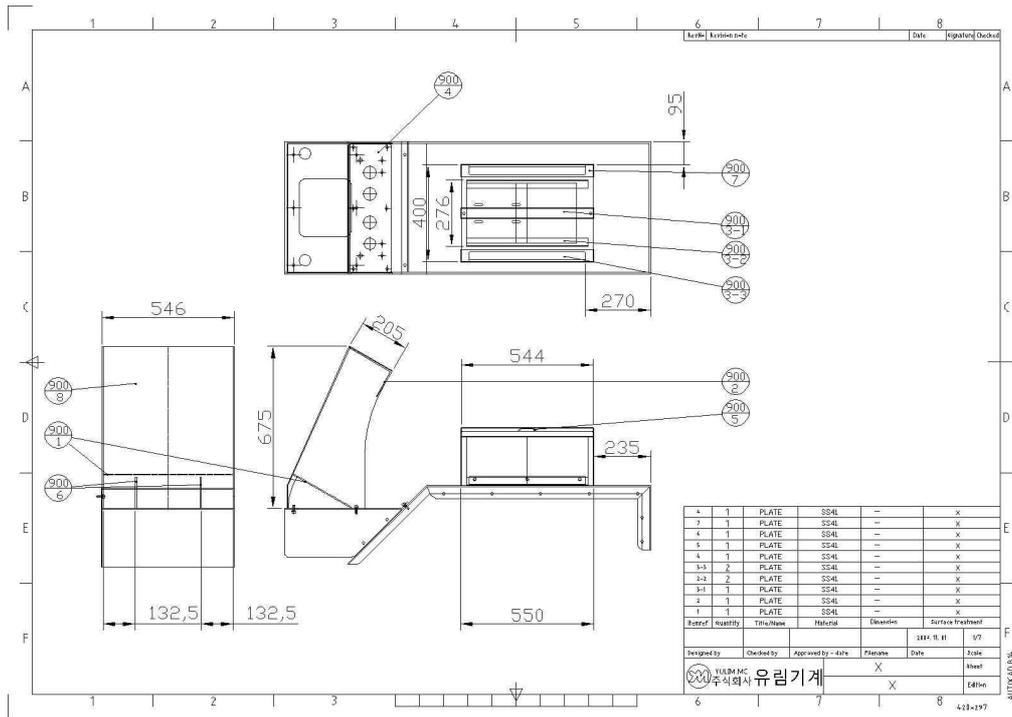
19. 후륜 크롤러부 부품(4)



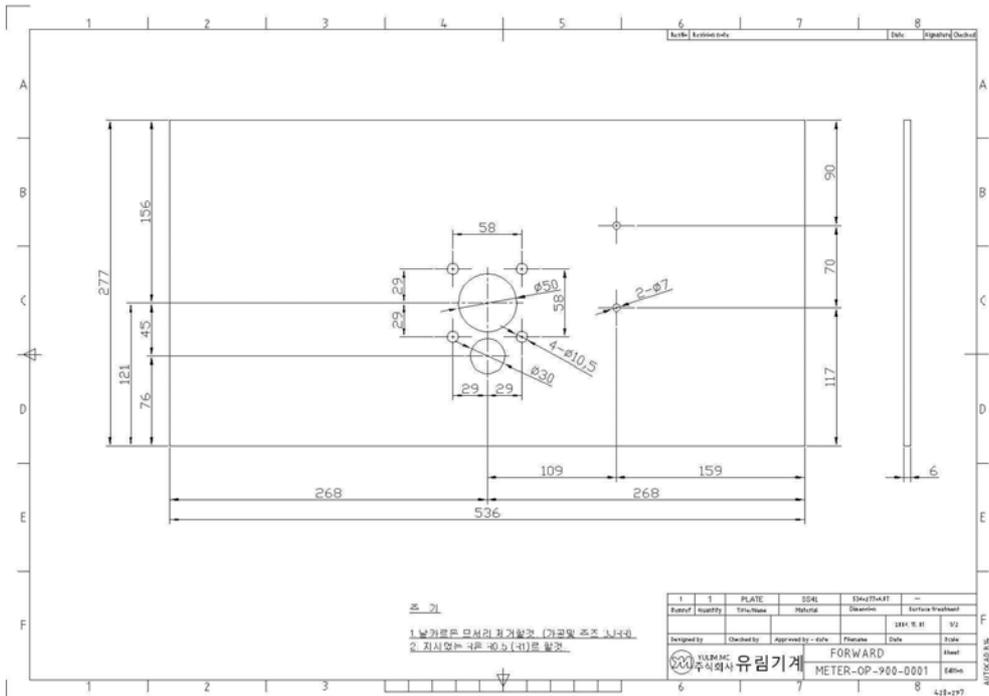
14. 후륜 크롤러바퀴부 샤프트



16. 운전석

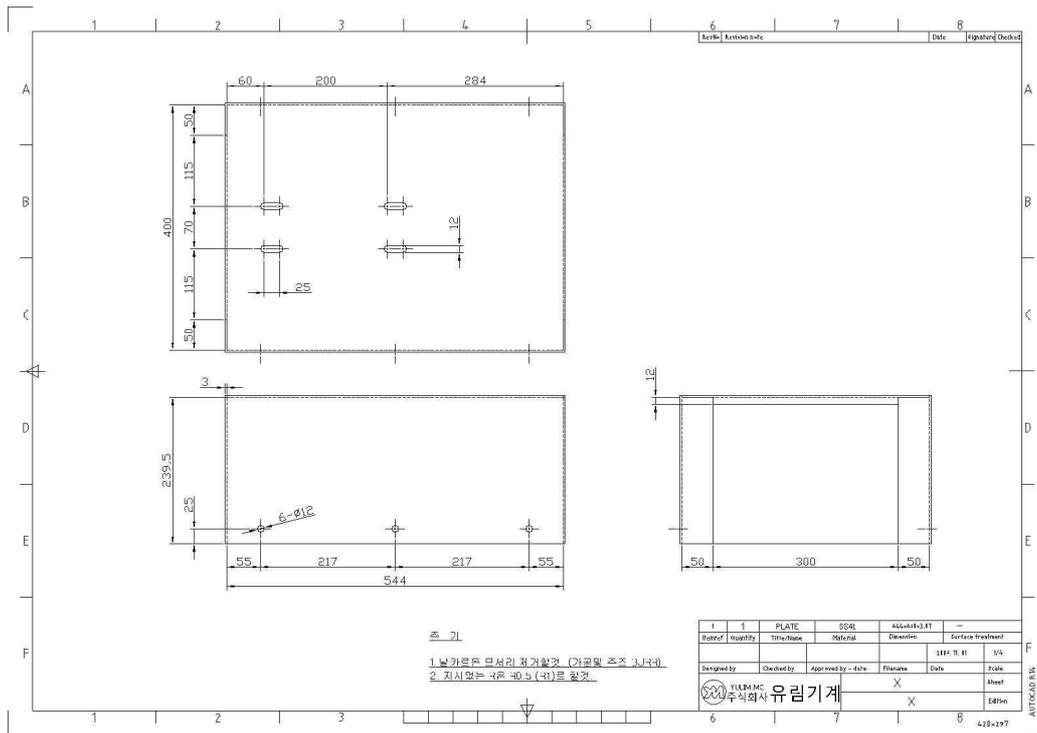


17. 운전석 부품(1)

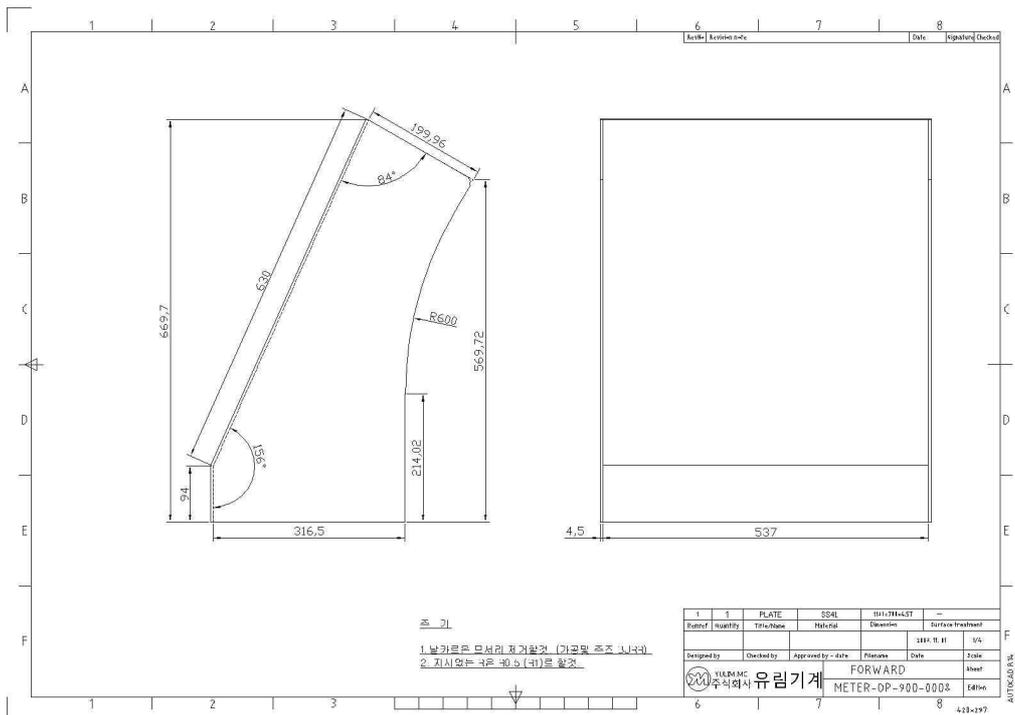




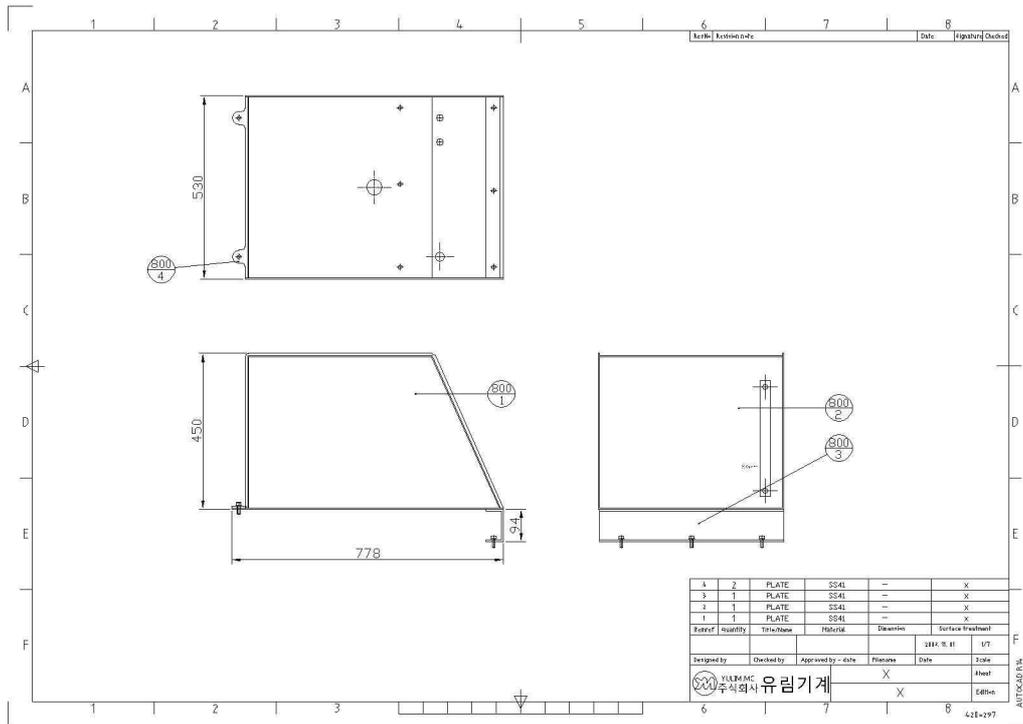
20. 운전석 받침판



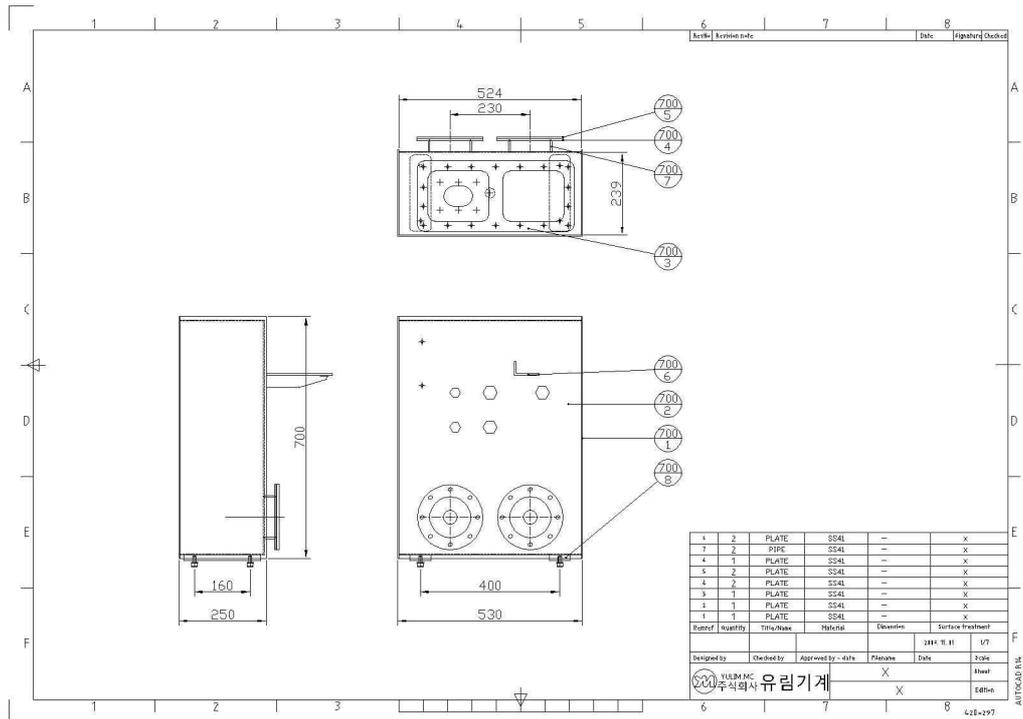
21. 운전석 앞판



## 22. 연료 탱크

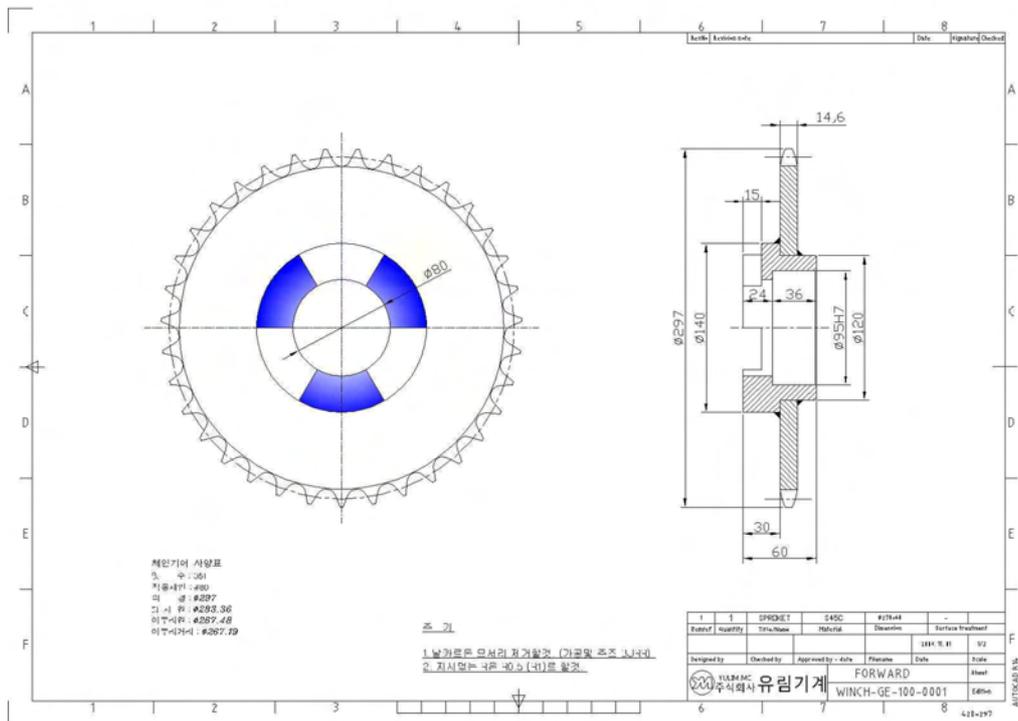


## 23. 유압유 탱크

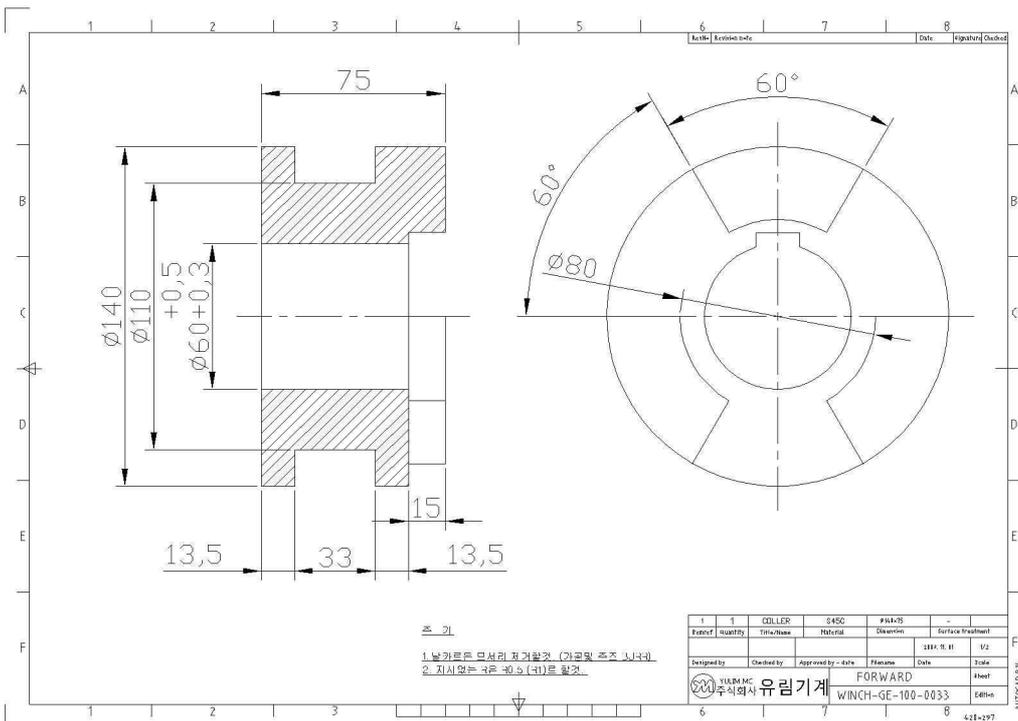




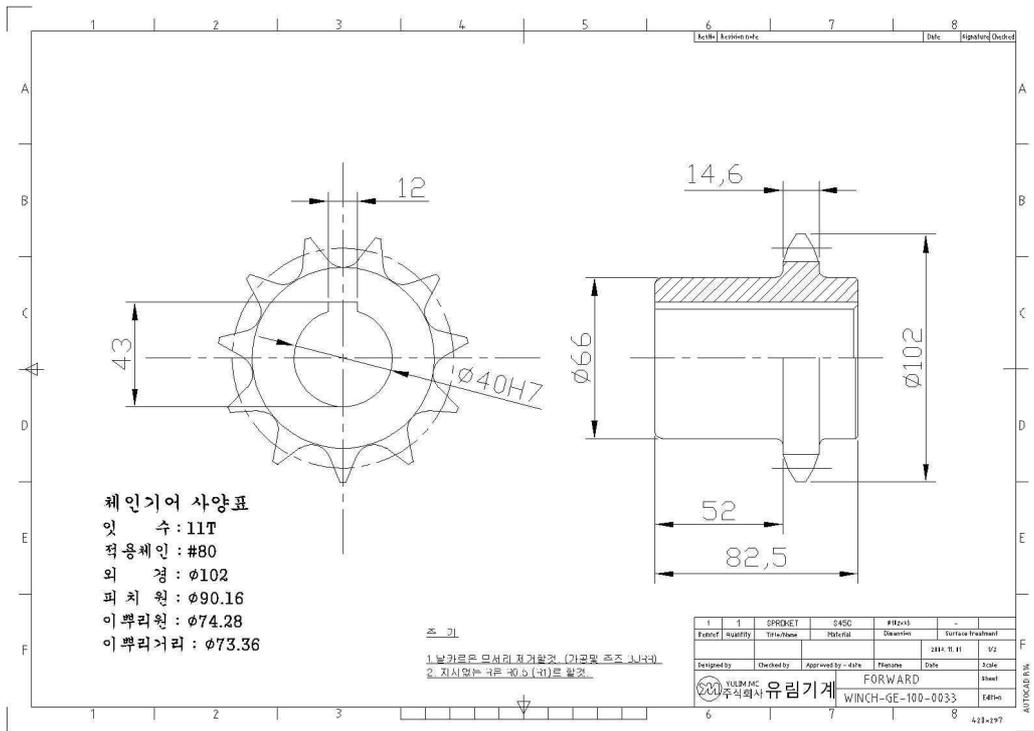
26. 윈치부 톱니



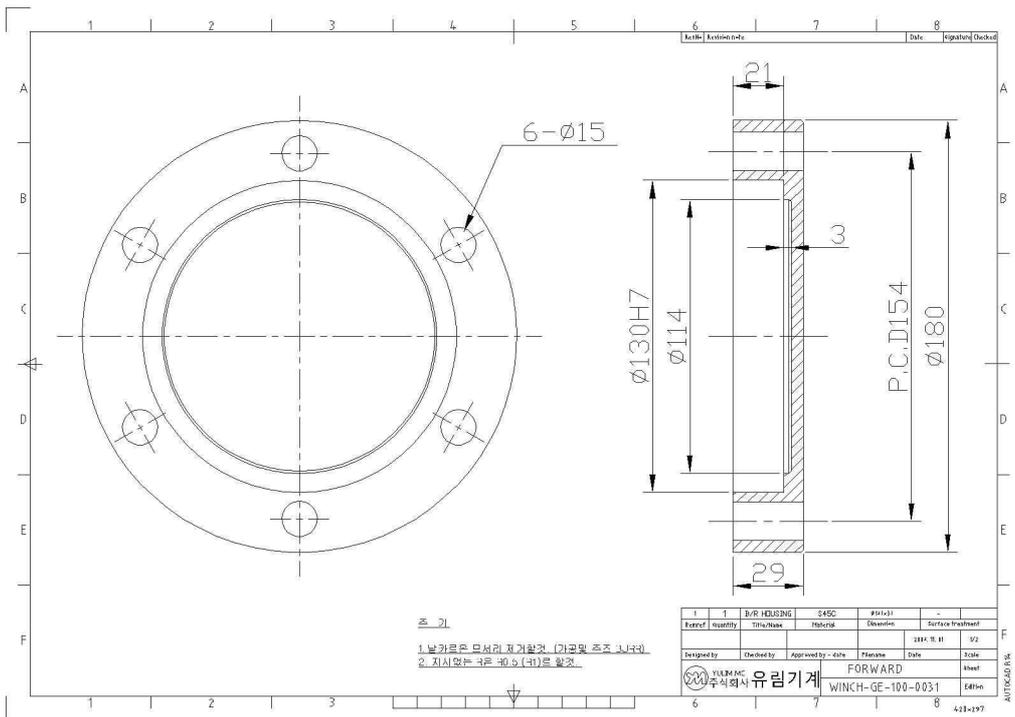
27. 윈치 클러치부(1)



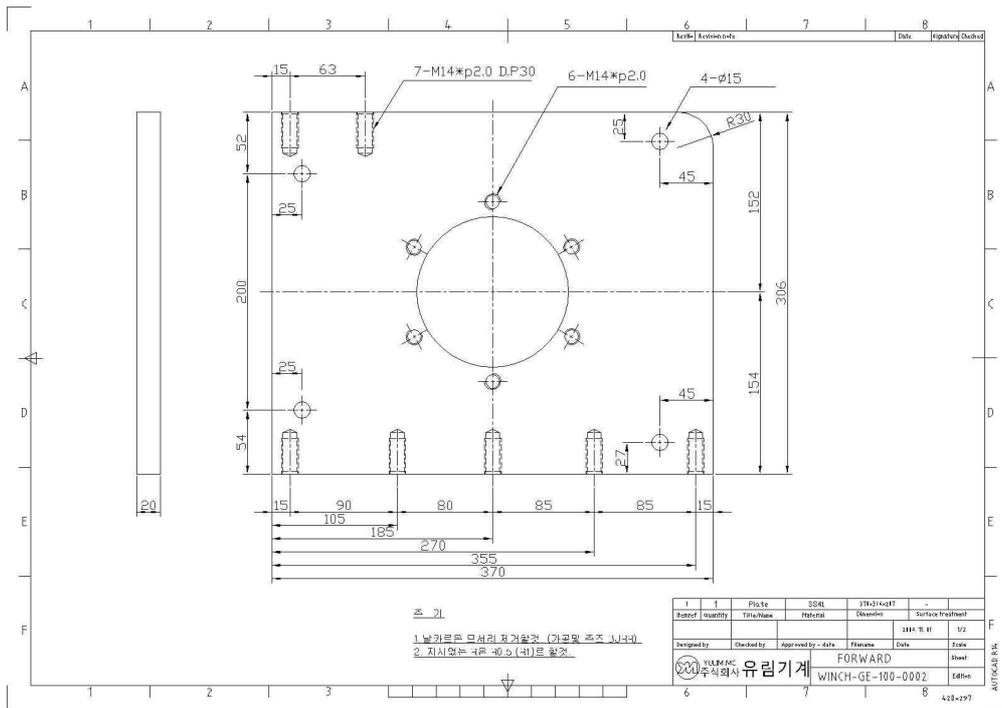
28. 윈치 클러치부(2)



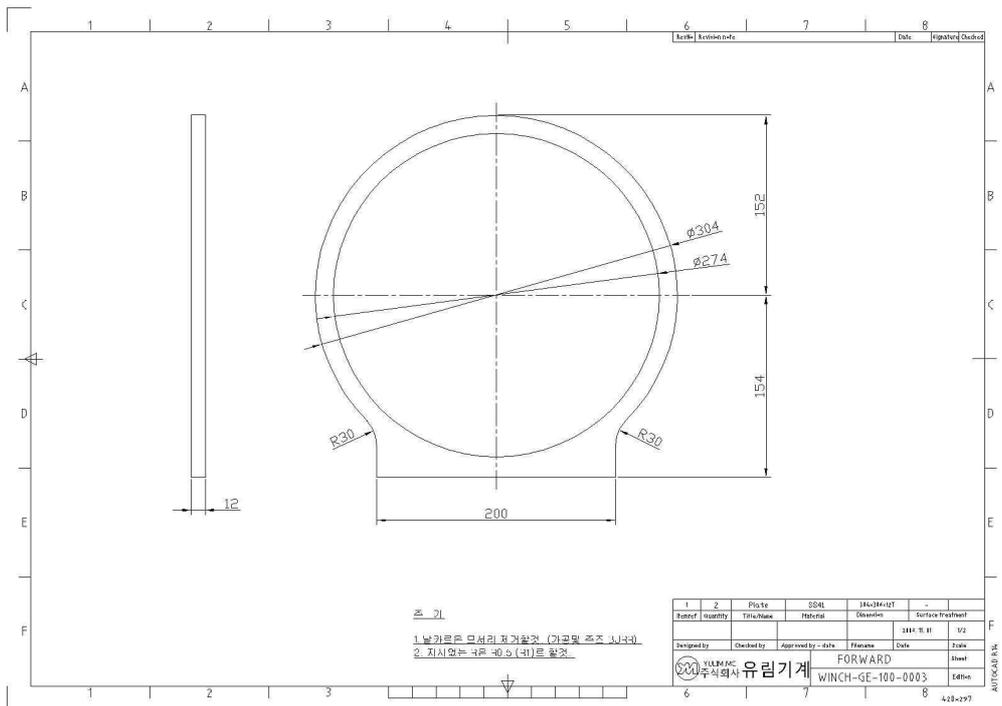
29. 윈치부 고정틀(1)



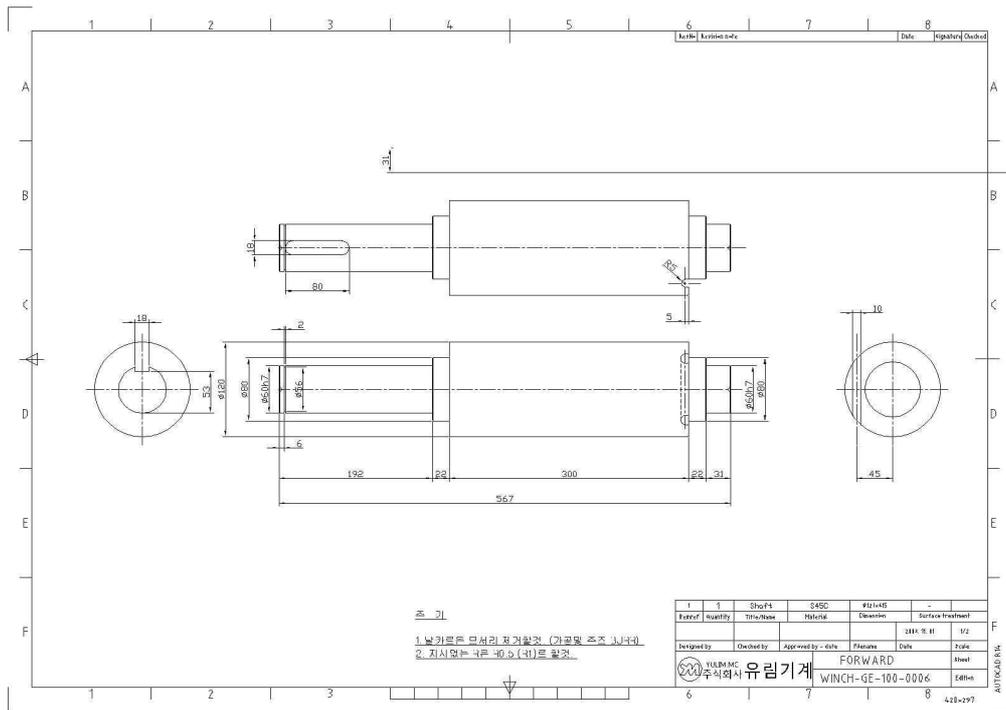
30. 원치부 고정틀(2)



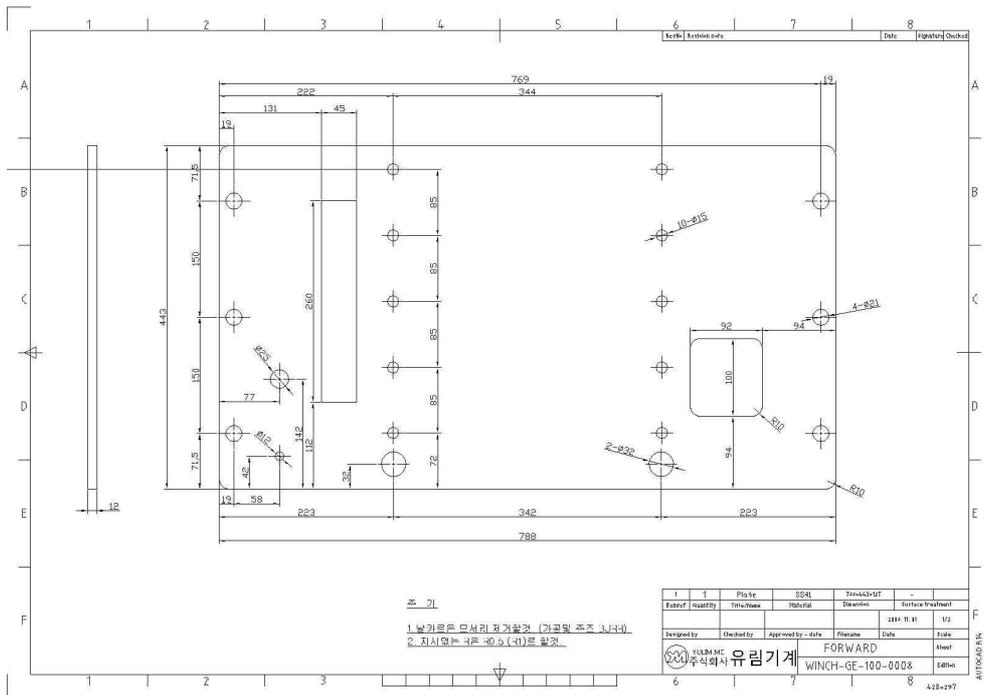
31. 원치부 고정틀(3)



### 32. 윈치부 샤프트



### 33. 윈치부 받침판



34. 관련기술 특허증



**특 허 증**

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-0899274 호 (PATENT NUMBER)	출원번호 (APPLICATION NUMBER)	제 2009-0013026 호
	출원일 (FILING DATE:YY/MM/DD)	2009년 02월 17일
	등록일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	2009년 05월 18일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)  
반궤도식 작업차

특허권자 (PATENTEE)  
경북대학교 산학협력단( 176271-0\*\*\*\*\* )  
대구광역시 북구 산격동 1370 경북대학교내

발명자 (INVENTOR)  
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록  
되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN  
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2009년 05월 18일



**특 허 청**

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE







## 주 의

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