

최 중
연구보고서

굴삭기를 이용한 조제기 개발

Development of the Processor Head for Attachment of
Excavator

주 관 연 구 기 관

임업연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “굴삭기를 이용한 조재기 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003 . 08. 09.

주관연구기관명 : 임업연구원

총괄연구책임자 : 김 재 원

책 임 연 구 원 : 강 건 우

책 임 연 구 원 : 김 경 욱

선 임 연 구 원 : 박 문 섭

선 임 연 구 원 : 송 태 영

선 임 연 구 원 : 최 선 덕

선 임 연 구 원 : 조 구 현

협동연구기관명 : 경북대학교

협동연구책임자 : 주 성 현

책 임 연 구 원 : 이 준 우

책 임 연 구 원 : 마 상 규

책 임 연 구 원 : 김 동 근

선 임 연 구 원 : 박 상 준

협동연구기관명 : 광림특장차

협동연구책임자 : 김 현 욱

선 임 연 구 원 : 최 만 식

선 임 연 구 원 : 김 홍 완

선 임 연 구 원 : 이 보 형

요 약 문

I. 제 목

굴삭기를 이용한 조재기 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

전국토의 65% 이상을 점유하고 있는 산림은 그 동안 국토녹화 사업으로 산림이 어느 정도 조성되어 있는 상태이나, 인건비 상승과 가용노동력이 부족한 현시점에서 전체산림의 80% 이상을 점유하고 있는 30년생 이하의 산림에 대한 관리사업이 충분히 이루어지지 못하고 있는 실정에 있다.

현재 우리나라에서는 산림경영에 투입되는 예산의 70% 이상이 인건비로 구성되어 있어 산림작업에 있어서 생력화에 의한 생산성 향상은 바로 생산비의 절감과 산주나 임업경영자의 소득증대로 직결되고 있다.

주로 농산촌에서 공급받는 임업노동력의 부족현상은 앞으로 농촌노동력의 노령화, 부녀화로 인해 더욱 심화될 것으로 예측되므로, 앞으로 임업에 있어서 필요한 노동력의 공급은 전문 임업작업단의 육성을 통하여 안정적으로 이루어져야 한다. 전문 임업작업단에게 필요한 필수장비는 현재 거의 대부분이 외국에서 수입되고 있어 고가이고, 장비의 고장시 수리용 부품의 조달까지 작업시간의 손실이 커서 생산성을 낮추는 원인이 되므로 필수장비에 대한 국산화는 반드시 이루어져야 한다.

임업노동 특히 임목수확작업은 작업환경이 열악한 산림내에서 이루어지고, 중량물인 원목을 다루는 육체적으로 힘든 중노동이다. 특히, 체인톱 벌채작업의 경우 임내에서의 가지치기 및 절단작업은 임업연구원 조사 결과에 의

하면 한계강도 40%를 초과하는 작업으로서 다른 임목수확작업에 비해서도 고강도의 작업이며 작업의 위험도가 높아, 이에 대한 해결이 시급하다.

현재 우리나라의 체인톱에 의한 간벌작업의 1인당 평균 생산성은 벌목, 조재작업과 집재작업을 포함하여 약 1.5m³/일·인에 불과한 실정으로 특히 벌목, 조재작업은 체인톱에 의한 인력작업으로 이루어져 기계화의 필요성이 매우 높다.

따라서 본 연구사업에서는 인력에 의한 가지치기 및 절단작업을 기계화하여 작업원의 작업 환경개선과 생산성향상을 도모하고자 굴삭기에 부착가능한 조재기(프로세서)를 개발하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 기본차량 선정

벌채한 나무의 가지제거작업과 절단작업의 기계화를 위하여 조재기(프로세서)를 탑재할 수 있는 기본차량에 대한 비교 검토를 실시한 결과, 기본차량으로는 굴삭기(Excavator), 불도우저, 로더 등에도 부착하여 사용할 수 있다. 그러나 우리나라와 같이 임도밀도가 낮고 중·급경사지가 대부분인 산지에서 주행이 가능하고, 현재 산림작업에 많이 활용되고 있는 굴삭기를 기본차량으로 선정하였으며, 경사지 주행 및 차체의 안정성을 고려하여 차륜정보다는 궤도형으로 선정하였다.

일반적으로 조재기의 작업장소가 임도 또는 작업로변에서 집재된 원목을 대상으로 작업을 하므로 되도록 차체크기가 작은 차폭 2.25m의 소형굴삭기(7톤급)를 선정하였다. 또한 프로세서 유닛을 부착, 구동하기 위하여 굴삭기의 일부 유압장치를 개조하였으며 굴삭기에 필요한 배관, 퀵 커플링, 릴리프밸브 등을 설치하였다.

외국에서 개발된 소형 프로세서 등에 대한 자료를 수집하여 구조, 성능, 기

능 등을 분석하여 벤치 마킹을 실시하여 개발목표 사양을 결정하였다.

2. 임목의 가지특성 조사

조재기의 작업대상 수종에 대한 우리나라 대표적인 4가지 조림 대상 침엽 수종에 대하여 가지 특성조사과 임목의 형질을 실시하였다. 즉 각 수종별 수령, 수고, 원목의 근원경, 흉고직경, 중량, 가지 개수, 직경, 각도, 절간길이, 무게 중심 위치 등을 조사하였으며 또한 수종별로 가지의 절단에 필요한 전단력을 측정하였다. 이러한 수종별 간벌대상목의 직경범위, 가지의 숫자 등의 조사된 자료를 근거로 개발목표와 설계제원 등을 구하였다.

3. 조재기(프로세서) 개발

프로세서 헤드 유닛은 기본적으로 굴삭기의 안정성을 고려하여 전체 중량 1,000kg 이내로 정하고, 이 유닛에 포함되는 각 기능성 부품 가운데 가지훅기용 칼날장치는 낙엽송을 기준으로 원목직경 30cm이하, 가지직경 5cm이하의 가지를 절단할 수 있는 용량과 원목 절단장치는 원목직경 35cm이하의 목재를 절단할 수 있는 용량으로 전장 1,500mm이하, 전폭 1,000mm이하, 전고 1,500mm이하의 헤드를 개발하는 것을 목표로 하였다.

또한, 헤드의 절단톱(saw)부분은 체인톱 방식을 채택하였고, 원목의 송재장치는 2롤러식 철제 바퀴식으로 송재력은 약 1,000kg 이상, 송재속도는 2.0 m/秒 이상으로 설계 제작하였다.

원목의 가지치기는 피드롤러에 의한 송재시 집계부분과 상부에 부착된 고정식 칼날에 의해 이루어지도록 하고, 헤드부분에 원목직경과 길이를 계측할 수 있는 인코더를 장착하여 프로세서에 의한 조재작업시 절단부 직경과 원목의 길이를 측정하여 운전석에 장착된 디스플레이에 표시됨과 동시에 작업 후 생산량의 집계가 가능하도록 메모리에 저장이 가능하도록 하였다.

전체 프로세서 조작용 굴삭기 캐빈 내부에서 기존의 굴삭기 조작스틱 2개

에 노브식 콤비네이션 스위치를 추가로 부착하여 조작할 수 있도록 하였으며 운전석내에서 작업상태를 모니터링 할 수 있고 조재기의 기능설정을 위한 콘트롤박스를 부착하였으며 다음과 같은 기능부품들을 설계 제작하였다.

가. 원목이송용 피드롤러 설계제작

프로세서에서 벌채목을 롤러에 의해 이송시키며 가지훅기 작업을 할 수 있는 장치로서 칼날에 대한 절단력을 발생시키는 철제 피드롤러를 설계 제작하였다. 작업속도와 충분한 송재력을 얻을 수 있도록 대용량 피스톤 모터를 부착하였으며, 그레플과 롤러가 동시 작동되면서 원목을 잡을 수 있고, 어큐뮬레이터의 작동에 의해 자동적으로 원목의 굵기에 따라 파지압력을 적정수준으로 맞추어 가면서 원목을 이송시킬 수 있도록 되었다.

나. 가지치기용 칼날 설계제작

가지치기용 칼날장치는 그레플 기능을 겸하도록 설계하였고, 조재기 전면 에 고정식 칼날 2개(상,하부)와 그레플에 부착되어 있는 상부좌우 칼날 2개 및 하부 좌우칼날 2개 등 총 6개의 칼날에 의해 원목의 가지치기 작업이 가능하다. 칼날이 작업범위내 어떠한 직경을 갖는 원목 단면에 최대한 부합되도록 포물선형태를 갖도록 하였고, 칼날의 경도는 가지치기가 잘되고 강도를 유지하게 열처리를 하였다.

다. 원목절단용 체인톱 설계제작

분당 5,000 회 이상 고속회전하는 유압모터에 의해 체인톱을 회전시켜서 원목을 절단하며 회송유의 압력을 이용하여 체인톱의 가이드바를 유압실린더로 하부로 눌러 체인톱날에 압력이 가해지도록 설계하였다.

원목절단이 끝나는 부위를 감지하여 자동으로 체인톱작동이 중지되어 체인톱이 신속히 원위치로 되돌아오도록 근접센서를 부착하였으며 원목의 절

단시 가이드바에 걸리는 로드 에 따라 절단속도가 조절되도록 설계하였다.

라. 조재기 콘트롤러 설계제작

조재기를 조작할 수 있는 노브식 콤비네이션 스위치를 굴삭기 운전레버에 별도로 장착하여 작업원이 굴삭기의 캐빈내에서 조재기의 모든 동작을 스위치를 이용하여 작동할 수 있도록 전기-유압장치를 콘트롤할 수 있고 복합동작을 수행할 수 있도록 콘트롤박스를 제작하여 부착하였다.

제어유닛에 설치된 중앙처리장치를 이용하여 수종별, 길이별, 사용자의 자동작업 선택에 따라 소프트웨어로 각 액츄에이터를 작동시키고 센서에서 입력된 길이, 직경 등 측정값을 이용한 연산작업이 가능하며, LED 패널에 있는 Key 패드를 통하여 작업자, 수종, 작업시간 등을 입력이 가능하며 LED를 이용하여 각 액츄에이터의 정상적인 작동을 모니터링이 가능하다.

운전자가 작업을 통하여 입력된 모든 자료는 콘트롤 유닛에 내장된 메모리에 저장되어 작업후 컴퓨터를 연결하여 작업시간, 작업량 등의 자료를 다운로드받아 그날의 생산량을 자동으로 계산할 수 있도록 하였다.

4. 프로세서 성능시험 및 안정성 분석

개발된 프로세서를 현장에 적용하기 위하여 각 기능품별 성능시험을 실시하여 설정유압을 확인하고 정상작동여부를 확인하였다. 또한 작업시 굴삭기의 붐에 작용하는 하중에 따른 전도위험성과 안전작업한계를 구하기 위하여 로드셀과 경사센서를 이용하여 차체의 안정성 분석을 실시하였다.

5. 진간집재 시스템에 의한 작업방법 개발

타워야더 또는 트랙터 윈치에 의한 전목집재 후, 임도변 또는 작업로변에서 가지치기, 조재 및 작동작업이 실행되므로 작업인력을 최소화할 수 있는 타워야더+프로세서, 트랙터윈치+프로세서 시스템 등에 대하여 연구하였다.

개발된 프로세서에 적합한 이러한 작업시스템을 적용하면 현재 부분 기계화 수준에 머물고 있는 우리나라의 임목수확작업 기계화 수준을 업그레이드시켜 완전기계화 시스템으로 전환이 가능하다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

우리나라의 임업기계화를 위한 전간 또는 전목재 생산이 가능한 굴삭기 부착형 조재기를 국산화함으로써 임목생산작업의 고도기계화 기술을 보급하여, 현재 체인톱에 의한 임내에서의 벌채, 조재작업 비율을 최소화시켜 작업원의 작업환경 개선을 도모하고 생산성을 향상시킬 수 있을 것이다.

본 연구에서는 조재기 헤드의 개발에서 얻어진 기능부품의 설계 기술, 제어용 하드웨어의 설계 및 소프트웨어의 개발은 앞으로 조재기를 제작하는데 활용되어 조재기의 국산화를 가능하게 할 것이다.

현재 막대한 간벌작업 물량을 본 연구에서 개발된 생력화 작업장비를 이용하여 작업할 경우 작업비의 절감과 생산성 향상을 도모하여 임업의 수익성 개선효과를 가져올 수 있다. 본 장비를 이용한 작업시스템을 보급하면 앞으로 예측되는 인력부족 현상에 대처할 수 있으며, 작업이 간편하고 작업강도가 낮은 개발기종의 보급으로 현재 질적으로 낮아지고 노령화된 산림작업 노동력의 활용도를 높여 작업인력의 효율적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

축적된 국산 임업기계 개발능력을 향상시키고 개발장비의 지속적인 성능 개선연구를 위하여 지속적인 지원과 일선 현장에서 이러한 개발장비를 구입하여 사용할 수 있도록 정책적인 지원이 필요하다.

S U M M A R Y

In Korea, forest land represents 65% of the total land area. Nevertheless the large amount of forest land, most forest area consists of premature forest stands, which need intensive forest management activities like thinning to be undertaken.

The wage level for forest operations became as high as other industrial wage level and moreover there are not enough labor forces for forest in rural areas. Most of the labor forces available in agricultural divisions are women and aged, and affording the qualified agriculture labor forces are also difficult.

Thinning operation in Korea is one of the labor intensive works among various forest operations. Due to it's difficult terrain conditions, all of the felling operations are executed with small to medium sized chainsaws. This motor-manual operations are known as labor consuming and exposed to fatal accidents with chainsaws, and its working intensities are categorized to heavy works over 40% VO_{2max} level of permissible work load for work safety

The productivity in forest operations in Korea is less than 20% of that in Germany or Sweden, where most of the timber harvesting operations are carried out with fully mechanized systems such as harvesters and processors. The most actual problems in the forest management are the shortage of labor force as well as high wage rates. Currently in Korea, 70% of the total expenses for the forest management is the labor cost, due to the well known fact that the forest operation system is still highly dependent on manual labor force.

To overcome these difficulties in forest management such as the shortage of labor force and high wage rates, introduction of appropriate equipment for forest harvesting operations is indispensable in order to convert the manual operation systems to highly mechanized systems.

In this project, the main objectives for the development of prototype

processor head as attachment of the hydraulic excavator are focused to improvement of the working environments and also enhancement the work productivities through mechanization of the present motor-manual operations with chainsaw in thinning operations.

Small sized track excavator of 7 ton class was chosen as the carrier vehicle to attach the processor head for agile operations on narrow forest road with its compactness. This category of excavators are wide spread in Korea and engaging in thinning operations as grapple loaders.

Some parts of the hydraulic systems of the excavator are modified for rearrangement the hydraulic components to attach the processor head on the end of the arm instead of bucket. To get the design factors of the processor for delimiting performance with Korean tree species, several stem and branch characteristics of the major conifer species in Korea were analyzed such as stem curve, diameter, center of mass of the felled full trees, number of the branch whirls, diameter of twigs and etc. And also shearing forces with three different knife configurations for different tree species are measured with load cells and analysed to obtain most suitable edge angles for delimiting knives.

With reference data from foreign processor and harvester products in the market, the measured results from branch characteristics and stem dimensions of the major felled trees in thinning operations, the development targets were set up for full coverage of the application ranges in ordinary thinning operations. The target specifications of the prototype processor were 30cm of maximum delimiting diameter, 35cm of maximum cutting diameter with hydraulic chain saw and applying the steel feed rollers. The delimiting knives are consist of one fixed and four movable knives attached on grapples.

To control the functions of the processor, a separate control box with micro processor was installed in the cabin of the excavator, in which there are I/O board, relay board, memories and interfaces are equipped to store the software and operational information. To allocate the electric

signals for actuating the solenoid valves of each functional parts of the processor, two separate joystick levers with 9 switch contacts respectively are attached on the existing control levers of excavators.

After assembling the prototype processor on the excavator, the stability for over turn of the carrier vehicle was analysed with measured center of gravity and positional change of the processor head from center line. The performance and evaluations of each functional assembly parts are executed with monitoring of hydraulic pressures and flows in each actuators.

To apply the processor in existing manual work system, full tree systems with tower yarder and skidder for skidding phases should be introduced to maximal utilization of the capabilities of the processor. This full tree harvesting system with processor could enhance the overall efficiency of the system and also offer the opportunity to utilize the residue which are produced on the forest road side as by products of processor operations. The current productivity per worker in thinning operations is only 1.5m³/man-day and, it could be estimated that introduction of the developed processor could enhance the labor productivity and reduce the operation cost.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	24
Chapter 2. Design and Development of the Processor	26
Section 1. Scope of the Research	26
Section 2. Function Analysis of the Processor	28
1. General Description of the Processor	28
2. Structure and Function of Processor	36
3. Comparison of the Specifications of the Major Processors	51
4. Target of the Processor Development	56
Section 3. Delimiting Characteristics of the Tree Species	60
1. Description of the Investigated Sites	60
2. Characteristics of the Branch	61
3. Density and Dimension of the Branches	62
4. Branch Shear Test	65
Section 4. Selection of the Carrier Vehicle and Modification	70
1. Comparison of the Specifications of Various Excavators	70
2. Modification of the Hydraulic System	71
Section 5. Design and Manufacture of the Prototype Processor	72
1. Main Frame of the Processor and Functional Parts	72
2. Feed roller Assembly	74
3. Saw Chain Assembly	77
4. Delimiting Knives Assembly	79
5. Rotator Assembly	81
6. Measuring Unit for Diameter and Length	82
7. Final Assembling of Functional Parts	84
Section 6. Hydraulic Systems of the Processor	85
1. Overview of Hydraulic System	85
2. Hydraulic Circuit and Actuators	85
3. Operating Phases	91
4. Hydraulic Circuit Diagram	97

Chapter 3. Design and Programming of Controller System	98
Section 1. Introduction	98
1. Forest Machinery and Control Techniques	98
2. Configuration of Automatic Control System	98
Section 2. Measurement and Control System	100
1. Overviews	100
2. Specification of the System	100
3. System Block Diagram	102
4. Data Backup and Transmitting	103
5. Display of the Operation Console	104
6. Flowchart of the Program	105
7. Configuration of the Processor	106
Section 3. Manipulation of Console and Joy Sticks	107
1. Command Input with Push Buttons	107
2. Function of Joystick Lever Switch	108
Chapter 4. Performance Test of Prototype Processor	112
Section 1. Test and Monitoring of the Functional Parts	112
1. Monitoring of the Hydraulic Pressure without Load	112
2. Pressure and Flow quantity of Saw Motors	117
3. Pressure Change in Saw Cylinders during Saw Cutting	122
4. Pressure Change on Feed Rollers during Delimiting	126
5. Grasping Force of the Feed Roller during Delimiting	133
Section 2. Stability Test of Carrier Vehicles	134
1. Turnover Test on Flat Terrains with Load	135
2. Turnover Test on Steep Terrains with Load	137
3. Determining of the Gravity Center Line	138
4. Determining of the Height Point	144
5. Safe Approvement in Steep Terrain	146
Chapter 5. Development of Operation systems	150
Section 1. Introduction	150

Section 2. Work Methods with Processors	151
1. Working with Processor	151
2. Work Sequence with Processor	152
Section 3. Work Systems with Processors	155
1. General Work Systems	155
2. Efficient Work Systems	158
Section 4. Work Systems with Processors in Korea	161
1. Present Status of Timber Harvesting System	161
2. Improving the Manual Crosscutting	164
3. Timber Harvesting Systems with Processor	165
Section 5. Operational Performance and Economic Analysis	166
Chapter 6. Maintenance and Work safety	168
Section 1. Maintenance of the Processor	168
1. General Maintenance	168
2. Mechanical Failure and Troubleshooting	171
Section 2. Work Safety	171
1. General	172
2. Precaution for Operating the Processor	173
Chaptet 7. Conclusions	177
References	182
Appendices	187
1. Drawing of the Major Parts of the Developed Processor	187
2. Program Flowchart of Controller PSC 3000	268
3. Pictures of Processor	314

목 차

제 1 장 서 론	24
제 2 장 조재기 개발	26
제 1 절 조재기 개발 내용	26
제 2 절 조재기의 개요와 기능 분석	28
1. 조재기의 개요	28
가. 개 요	28
나. 프로세서의 기능과 특징	29
다. 프로세서의 종류	30
2. 프로세서의 구조와 기능	36
가. 프로세서 기구의 구조와 기능	36
나. 프로세서의 구비조건	39
다. 프로세서의 기능 분석	40
라. 프로세서 베이스머신의 성능과 구조	50
3. 주요 프로세서의 제원과 성능 분석	51
가. 프로세서의 주요 제원	51
나. 프로세서의 제원과 성능 분석	52
4. 프로세서의 개발 목표	56
가. 외국의 개발 개요	56
나. 프로세서 개발기의 목표 설정	57
다. 굴삭기 부착 조재기 제원 및 특성	59
제 3 절 수종별 임목형질 조사	60
1. 조사지 개요	60
2. 수종별 임목 특성	61
가. 소나무	61
나. 잣나무	61
다. 낙엽송	61
라. 리기다소나무	62
3. 수종별 조사내역	62
4. 가지 전단력 시험	65
가. 가지 전단력 시험 기구 제작	65
나. 칼날 제작	66

다. 시험방법	67
라. 시험결과	67
제 4 절 기본차량 선정 및 유압라인 변경제작	70
1. 국산 굴삭기 규격 비교 및 기본차량 선정	70
2. 유압라인 변경제작	71
제 5 절 조재기 설계 제작	72
1. 조재기 메인 프레임 설계제작 및 각 기능품 조립	72
2. 피드롤러	74
가. 피드롤러에 사용된 유압모터	74
나. 피드롤러 브라켓	75
다. 피드롤러용 실린더	76
3. 쏘우체인부 설계 제작	77
가. 쏘우모터	77
나. 가이드 바 및 체인	79
다. 쏘우작동용 실린더	79
4. 절단부 설계제작	79
가. 칼날 설계제작	79
나. 칼날 작동용 실린더	80
5. 로테이터 설계제작	81
6. 측정장치 설계제작	82
가. 길이측정용 엔코더	82
나. 직경측정용 엔코더	83
7. 기능품 조립	84
제 6 절 유압작동	85
1. 개 요	85
2. 작업장치 작동회로	85
가. 피드롤러 모터	85
나. 칼날의 작동	86
다. 틸트 실린더	88
라. 쏘우, 클램핑 피드롤러, 측정용 휠	89
3. 작업장치 순차작동	91
가. 측정용 휠 및 피드롤러의 열림	91
나. 조재기 유니트 세움	92
다. 피드롤러, 측정용 휠 및 칼날 닫음	93

라. 체인쏘우	94
마. 피드롤러의 정회전	95
바. 피드롤러, 측정용 휠 및 칼날의 열림	96
4. 유압회로도	97
제 3 장 콘트롤러 설계 및 제작	98
제 1 절 개 요	98
1. 임업기계화와 제어기술	98
2. 자동제어계의 기본구성	98
제 2 절 측정 및 제어 시스템(PSC 3000A)	100
1. 개 요	100
2. 시스템 사양	100
가. 중앙처리부	100
나. 베이스 보드	101
다. 릴레이 보드	101
라. 디스플레이/모니터 보드	102
3. 시스템 블록 다이어그램	102
4. 데이터 저장 및 송신	103
5. 작업자 조작 플로우 차트	104
6. 프로그램 플로우 차트	105
가. 주프로그램	105
나. 메인루틴	105
다. 수동/자동 절단	106
7. 조재기 시스템 구성	106
제 3 절 조 작	107
1. 모니터 버튼사용 입력 기능	107
2. 조이스틱레버 스위치 기능	108
가. 오른손 조이스틱 버튼	108
나. 왼손 조이스틱 버튼	109
다. 출력기능	110
제 4 장 장비성능 및 현지적용성 시험	112
제 1 절 기능품별 성능시험	112
1. 조재기 유압 변화 (무부하시)	112

2. 작업중 소우 모터의 유량과 유압 변화	117
3. 프로세서 작업동안 소우 실린더의 유압과 유량 변화	122
4. 피드롤러의 유압 및 유량변화	126
5. 작업중 피드롤러 실린더의 압축력	133
제 2 절 기본차량의 안정성 시험	134
1. 평지에서 작용 하중에 따른 전복	135
2. 경사 지점에서의 전복	137
3. 무게중심라인의 결정	138
4. 무게중심 위치의 높이 결정	144
5. 경사지에서의 안정성 검토	146
제 5 장 작업시스템 개발	150
제 1 절 개요	150
제 2 절 프로세서 작업방법	151
1. 프로세서 작업 요령	151
가. 작업장소의 선정	151
나. 가지훅기작업 방법	151
다. 계측과 통나무자르기	151
2. 프로세서 작업방법	152
가. 프로세서 작업 흐름	152
나. 작업방법	153
제 3 절 프로세서를 이용한 작업시스템	155
1. 일반적인 작업 시스템	155
가. 가선 집재기 + 프로세서 작업시스템	156
나. 트랙터 + 프로세서 작업시스템	156
다. 펠러번처 및 스키더 + 프로세서 작업시스템	157
라. 타워야더 + 프로세서 작업시스템	157
2. 효율적인 작업 시스템	158
가. 완경사 작업지 집중형	158
나. 급경사지 작업시스템	159
다. 토장의 규모	160
제 4 절 우리나라의 프로세서 작업시스템 구축	161
1. 임목수확작업시스템의 현황	161
가. 사례 1의 작업시스템	162

나. 사례 2의 작업시스템	163
다. 사례 3의 작업시스템	164
2. 인력 조재작업의 개선	164
3. 프로세서를 중심으로 한 임목수확 작업시스템 구축	165
제 5 절 작업능률 및 경제성 분석	166
제 6 장 유지관리 및 작업안전	168
제 1 절 프로세서의 유지관리	168
1. 일반관리	168
2. 고장과 대책	171
제 2 절 작업안전	171
1. 일반사항	172
가. 작업기계를 현장에 투입하기 전	172
나. 작업기계를 현장에 투입할 때	172
다. 작업시작 전 점검사항	172
라. 운전자 준수사항	172
2. 작업시 주의사항	173
가. 운 반	173
나. 운 전	173
다. 작업기 선회	174
라. 가지치기, 송재	175
마. 토막내기	176
바. 쌓기작업	176
제 7 장 결론 및 고찰	177
참 고 문 헌	182
부 록	187
1. 조재기 설계도면	187
2. 콘트롤러 PSC 3000 개발 프로그램	268
3. 조재기 제작 및 작업광경 관련사진	314

○ 표차례

표 2-1. 프로세서의 제원 일례 1	54
표 2-2. 프로세서의 제원 일례 2	55
표 2-3. 프로세서 제원	59
표 2-4. 임목형질 조사지 내역	60
표 2-5. 각 수종별 임목형태 요소 (평균값)	63
표 2-6. 각 수종별 임목형태 요소 (최대값)	63
표 2-7. 각 수종별 전단력 시험 (칼날 각도 15°)	68
표 2-8. 국내 생산 굴삭기 규격 비교	70
표 2-9. 피드롤러용 실린더 제원	76
표 2-10. 쏘우 실린더 사양	81
표 4-1. 사용된 쏘우 모터의 사양	117
표 4-2. 쏘우 실린더 사양	123
표 4-3. 피드롤러용 유압 모터의 제원	127
표 4-4. 피드롤러 실린더의 사양	134
표 4-5. SOLAR 70-Ⅲ 작업범위	136
표 4-6. 굴삭기 S70-Ⅲ의 작업성능 데이터	137
표 4-7. 프로세서 본체의 전방 작업시 후륜 반력	142
표 4-8. 프로세서 본체의 측방 작업시 후륜 반력	143
표 4-9. 경사지에서 전방 작업중 프로세서의 전도각	147
표 4-10. 경사지에서 오른쪽 측방작업중 프로세서의 전도각	148
표 4-11. 경사지에서 왼쪽 측방작업중 프로세서의 전도각	149
표 5-1. 프로세서 요소작업 내용	152
표 6-1. 프로세서 고장 체크리스트	169
표 6-2. 기본차량의 고장과 대책	170
표 6-3. 프로세서 유니트의 고장과 대책	171

○ 그림차례

그림 2-1. 굴삭기를 베이스머신으로 한 프로세서의 모습	29
그림 2-2. 프로세서의 구조와 기능 구분	34
그림 2-3. 너클붐 방식 프로세서	35
그림 2-4. 스트레이트붐 방식 프로세서	35
그림 2-5. 투그립 방식 프로세서	36
그림 2-6. 너클붐식 원판톱 프로세서	36
그림 2-7. 프로세서 전체 헤드의 모습	40
그림 2-8. 굴삭기 붐대에 연결되어 있는 선회기부의 일례	42

그림 2-9. 다양한 집계부와 칼날부의 모습	44
그림 2-10. 송재용 피드롤러의 다양한 모습	45
그림 2-11. 체인톱과 디스크톱 형태의 절단부 모습	47
그림 2-12. 원목직경 계측을 위한 경사센서 모습	48
그림 2-13. 원목길이 계측을 위한 길이 엔코더 모습	48
그림 2-14. 노브식 콤비네이션 조이스틱과 디스플레이 판넬	49
그림 2-15. 일본제 프로세서 GP 시리즈의 전체 구조도	53
그림 2-16. 시작기 헤드의 기본적인 설계도안	58
그림 2-17. 중량측정 (1)	65
그림 2-18. 중량측정 (2)	65
그림 2-19. 소나무의 가지형태	65
그림 2-20. 잣나무의 가지형태	65
그림 2-21. 낙엽송의 가지형태	65
그림 2-22. 리기다소나무 가지형태	65
그림 2-23. 가지 전단장치 설계도	65
그림 2-24. 하판 프레임	65
그림 2-25. 상판 프레임	65
그림 2-26. 전단력 시험장치 설계도	66
그림 2-27. 각도별 제작된 칼날 규격	66
그림 2-28. 전단력 시험장치	67
그림 2-29. 가지 1개의 전단력	69
그림 2-30. 가지 2개의 전단력	69
그림 2-31. 가지 3개의 전단력	69
그림 2-32. 유압라인 개조 광경	72
그림 2-33. 조재기 메인프레임 개념도	72
그림 2-34. 유압배관도	73
그림 2-35. 피드롤러 모터 (BBC 02)	74
그림 2-36. 피드롤러 브라켓 설계도 (좌)	75
그림 2-37. 피드롤러 브라켓 설계도 (좌)	75
그림 2-38. 피드롤러 실린더 설계도	76
그림 2-39. 쏘우체인부에 적용된 모터	77
그림 2-40. 쏘우모터 체인쏘우 부착	78
그림 2-41. 쏘우체인 설계도	78
그림 2-42. 쏘우작동용 실린더 설계도	79
그림 2-43. 고정용 칼날 설계도	79
그림 2-44. 집계 겸용 가지치기 칼날의 형상	80

그림 2-45. 칼날 작동용 실린더	80
그림 2-46. 로테이터 설계도	81
그림 2-47. 국산 로테이터 (CR2)	82
그림 2-48. 길이측정용 엔코더부 설계도	82
그림 2-49. 직경측정용 엔코더부 설계도	83
그림 2-50. 조재기 유니트 조립광경	84
그림 2-51. 유압회로도 1	85
그림 2-52. 유압회로도 2	86
그림 2-53. 유압회로도 3	87
그림 2-54. 유압회로도 4	88
그림 2-55. 유압회로도 5	90
그림 2-56. 유압회로도 6	91
그림 2-57. 유압회로도 7	92
그림 2-58. 유압회로도 8	93
그림 2-59. 유압회로도 9	94
그림 2-60. 유압회로도 10	95
그림 2-61. 유압회로도 11	96
그림 2-62. 유압회로도	97
그림 3-1. 수동제어에 의한 토막내기 작업	99
그림 3-2. 자동제어에 의한 토막내기 작업	99
그림 3-3. CPU 보드	100
그림 3-4. 마더보드	101
그림 3-5. 파워아웃 드라이브와 릴레이보드	101
그림 3-6. 디스플레이/모니터보드	102
그림 3-7. 시스템 구성도	102
그림 3-8. 작업자 조작 시퀀스	104
그림 3-9. 키패드	104
그림 3-10. 메인 프로그램	105
그림 3-11. 메인루틴	105
그림 3-12. 메인루틴 플로우 차트	106
그림 3-13. LED 패널	107
그림 3-14. 조이스틱 (우측)	108
그림 3-15. 조이스틱 (좌측)	109
그림 4-1. 유압 측정 시스템	112
그림 4-2. 작업 주기동안 각 지점의 압력 변화	113
그림 4-3. 유압 압력 측정 위치	114

그림 4-4. 유압 압력 센서 부착 광경	115
그림 4-5. 메인 유압의 압력 변화	116
그림 4-6. 쏘우 작동시 작동유 유입에 따른 메인압력 변화	117
그림 4-7. 사용된 쏘우모터	118
그림 4-8. 원목절단작업시 쏘우모터의 유량 변화	119
그림 4-9. 체인톱 절단에 의한 절단면	120
그림 4-10. 체인톱 절단작업시 쏘우모터의 유압 변화	120
그림 4-11. 쏘우모터의 유압회로도	121
그림 4-12. 체인톱 절단작업동안 쏘우모터의 유온 변화	121
그림 4-13. 쏘우 실린더의 유압과 유량	122
그림 4-14. 쏘우 실린더의 도면	123
그림 4-15. 쏘우 실린더의 압력변화	124
그림 4-16. 쏘우 실린더의 압축변화	125
그림 4-17. 쏘우 작동 모터와 실린더	125
그림 4-18. 쏘우 모우터 실제 작업에 따른 유량과 유압	126
그림 4-19. 피드롤러용 유압모터	127
그림 4-20. 피드롤러 유압모터의 성능 데이터	128
그림 4-21. 무부하시 피드롤러 유압모터의 유량과 압력	128
그림 4-22. 피드롤러의 유압 회로도	129
그림 4-23. 피드롤러 작동시 유량과 유압	130
그림 4-24. 유량센서 부착모습	130
그림 4-25. 피드롤러의 이송력	132
그림 4-26. 피드롤러 작동시 유압의 온도 변화	132
그림 4-27. 피드롤러 실린더의 압력 변화	133
그림 4-28. 피드롤러 실린더의 압축	133
그림 4-29. 평지에서의 하중 작용	135
그림 4-30. 프로세서의 작업 모형	136
그림 4-31. 경사지형에서의 하중 작용	137
그림 4-32. 무게중심라인 결정을 위한 프로세서의 힘의 자유선도	139
그림 4-33. 프로세서 붐과 암의 무게중심라인 결정을 위한 경사센서의 설치	140
그림 4-34. 무게중심라인 결정을 위한 프로세서의 중량 측정	141
그림 4-35. 무게중심위치결정을 위한 힘의 자유선도	144
그림 4-36. 무게중심높이 결정을 위한 반력 R의 측정	145
그림 4-37. 경사지에서 프로세서의 힘의 자유선도	146
그림 5-1. 프로세서 조제작업 방법	152
그림 5-2. 기계조합에 의한 작업방법	155

그림 5-3. 환경사지 작업지 집중형 작업모식도	158
그림 5-4. 로더의 쌓기작업	159
그림 5-5. 좁은 토장작업	159
그림 5-6. 임도변 토장작업	159
그림 5-7. 급경사지 작업시스템	160
그림 5-8. 임목수확작업시스템의 사례 1	162
그림 5-9. 임목수확작업시스템의 사례 2	162
그림 5-10. 임목수확작업시스템의 사례 3	162
그림 5-11. 굴삭기 그래플+인력조재작업에 대한 프로세서 대체 개념	165
그림 5-12. 타워야더형 작업시스템	166
그림 6-1. 칼날의 날세우기	168
그림 6-2. 프로세서 상차 방법	173
그림 6-3 작업기 선회	174
그림 6-4 위험구역	175
그림 6-5. 가지치기 및 송재시 작업자세	175

제 1 장 서 론

본 연구의 목적은 전량 수입에 의존하고 있는 임목생산장비의 국산화를 통하여 간벌재 생산의 효율성 증대와 임업생산성을 향상시키는데 있으며 또한 임업기계의 국산화 개발을 위한 기술력을 확보하여 금후 필요한 임업기계의 개발에 활용하고자 실시되었다.

우리나라의 임업은 농업으로부터 노동력을 공급받고 있으나 최근의 농업 분야에 있어서의 사회경제적인 여건의 변화로 농가인구는 '90년 6,661천명(전 국민의 15.5%)에서 '97년 4,468천명(9.7%)으로 감소하였으며, 2002년에는 7.5% 수준인 3,591천명으로 감소되었으므로 임업분야의 노동력을 확보하기 위하여는 산림작업의 기계화를 통하여 노동생산성의 향상과 소요인력을 최소화하여야 한다.

이와 같은 여건속에서 우리나라 지형에 적합한 임업장비를 개발한다는 취지 아래 본 연구가 수행되었으며, 특히 산림 무육을 위한 간벌작업에서 생산되는 소경재가 수집비용에 비하여 판매가가 낮아 임지에 그대로 방치되어 활용되지 못하고 있는 어려움을 타개하기 위하여 국산 임업기계를 개발하는데 주안점을 두었다.

임업에 활용되는 임업기계는 묘포장비, 조림 및 무육장비, 임도시설장비, 집재장비 등 다양한 종류가 있으며 각각의 특징을 들면 다음과 같다.

묘포용 장비는 트랙터 또는 경운기를 기본장비로 조상기, 파종기, 제초기 등의 부속장비를 부착하여 평지 주행을 하는 장비종류로서 농업용 장비를 활용할 수 있으나 조림 및 무육장비는 기계화가 매우 어려운 작업종이다.

이는 조림 및 무육작업 대상임목이 단목으로 산재되어 있기 때문에 주행형 장비가 임내를 주행하며 작업을 실시하여야 하나 국내외적으로 중경사 이상의 지형을 자유로이 주행가능한 장비는 아직 실용화되어 있지 못한 실정이다. 따라서 현재는 무육작업의 기계화는 체인톱 또는 예불기, 가지치기

용 동력톱 등 작업원이 휴대하여 작업할 수 있는 장비가 활용되는 수준에 한정되어 있다. 임도시설장비는 기존 토목공사용 장비인 굴삭기, 그레이더, 브레이커 등을 이용하여 작업이 가능하므로 기계화에는 별다른 문제점이 없다.

그러나 임목수확장비류는 원목이라는 중량물의 이동을 위한 장비로 원목 이동방법은 다시 공중가선집재(yarding), 지면끌기 집재(skidding) 및 차량적재 후 집재(forwarding) 등으로 구별할 수 있다. 이러한 집재장비는 장비가 작업할 수 있는 작업조건인 도로망, 임지경사, 지표장애물, 임황 등을 고려하여 적합한 작업방법을 선정하여야 한다.

집재작업은 산림작업 가운데 단위생산량당 노동력 투입이 가장 많을 뿐만 아니라 무거운 중량물인 원목을 취급하는 작업이기 때문에 인력에 의한 작업은 극히 제한되어 있고, 기계화에 의한 방법이 아니면 거의 불가능한 실정이다. 따라서 본 연구도 우리나라에서 적용가능한 임목수확장비를 개발하기 위하여 우리나라와 같이 임도밀도가 낮고 급경사 지역이 많은 지형에 적합하도록 타워야더를 탑재한 다목적 집재차가 개발되었고, 여기에 조합하여 사용 가능한 다기능의 굴삭기 부착용 조재기를 개발하는데 목표를 두었다.

국내에 도입된 조재기는 2003년 현재 2대에 불과하나 앞으로 우리나라의 임목수확 작업현장에서는 없어서는 안 될 기종이다. 현재의 작업형태가 임내에서 체인톱에 의한 벌목작업 및 조재작업이 실행되고 있으나, 기계화에 의한 임목수확작업이 보편화될 경우 전목 또는 전간집재작업으로의 작업방법이 변화될 것이다. 따라서, 굴삭기를 기본차량으로 하는 생력화 조재기를 투입함으로써 생산성의 향상뿐만 아니라 작업원의 작업환경 개선 측면에서도 굴삭기 부착용 조재기의 개발 보급은 당연한 과제이다.

조재기의 기능은 임도 또는 작업로변에 집재된 원목의 가지치기, 작동 및 집적작업이 가능한 다기능성 장비로서 캐빈내의 컨트롤러에 의해 임목의 생산을 전자동화할 수 있는 최첨단의 장비이다.

제 2 장 조재기 개발

개발내용 요약

○ 1차년도 개발 내용

- 기본차량 선정
- 기본차량 유압라인 변경 및 제작
- 유사장비의 기능 분석 (스웨덴 SP사 제품)
- 각 단품별 기능과악 및 분석
- 단품별 설계값 설정 및 설계·제작

○ 2차년도 개발 내용

- 조재기 설계제작
- 콘트롤러 설계 및 조재기 운용 소프트웨어 개발
- 개발된 조재기 성능시험 및 보완제작
- 현지적용성 시험

제 1 절 조재기 개발 내용

현재 우리나라의 임업에서는 과거 30년 전부터 실시한 경제림 조성에 의해 이루어진 유령림의 육림과정에서 대량으로 발생하는 소경제 생산의 촉진과 이를 이용하는 기술 및 시장개발이 당면한 주요과제라고 할 수 있다. 현재 소경제 생산과 이용이 정체되고 있는 이유 가운데 가장 큰 요인이 높은 생산비용과 낮은 노동생산성이다. 노동생산성이 낮은 이유는 근본적으로 인력위주의 생산시스템으로 극히 단순한 임업기계가 활용되고 있어 작업기술의 확립이 되어 있지 않기 때문이다. 따라서 임목생산비를 절감하고 생산되

는 소경목의 활용도를 증진시키기 위하여 이러한 소경목 간벌작업시 이루어지는 임목생산작업에 적합한 국산 임업기계의 개발과 이를 보급 활용하여 생산비용을 절감하여야 한다.

우리나라에 있어서 임업기계화는 트랙터 등의 농업용 기계를 임업용으로 활용하거나, 전문적인 임업기계의 도입이나 개발 등을 통하여 이루어질 수 있다. 현재 국내에서는 일부 간단한 원치시스템만 이용되고 있으며, 이외에는 전량 외국 장비를 도입하고 있는 실정이다. 이러한 외국산 장비는 고가 장비로서 일부분은 국내의 실정에 적합하지 않은 부분도 있어 개량의 여지가 있으며 보수 유지의 측면에서도 많은 문제점을 지니고 있다. 이러한 장비를 국산화하기 위해서는 국내 임업기계 전문 생산업체의 육성을 위하여 국산화 대상기종의 선정 및 개발비의 투입, 개발한 국산 임업기계의 시장과 수요 창출 등을 통하여 임업기계의 국산화가 이루어질 수 있다.

임내를 주행하는 기계에 의한 집재작업은 경사지인 임내를 주행할 수 있는 장비가 개발되어야 하지만, 국내외적으로 아직 40% 이상의 경사지를 자유로이 주행할 수 있는 장비가 아직 개발되어 있지 않은 실정이다.

급경사지가 대부분인 우리나라의 산림에 적용될 수 있는 장비는 이미 개설된 임도 또는 작업로로 이루어진 기존 노망을 활용한 단거리(Short span)용 타워야더를 이용하는 가선집재 작업시스템이 적합하다는 것이 기존의 연구결과 밝혀져 있다.

따라서 본 연구사업의 개발대상 장비인 조재기는 급경사지에서도 사용이 가능한 타워야더와 일관된 작업시스템을 구축할 수 있는 장비로서 임업의 생산성을 향상시킬 수 있는 고성능 임목수확용 장비이다.

제 2 절 조재기의 개요와 기능 분석

1. 조재기의 개요

가. 개 요

프로세서(Processor, 造材機)의 어간인 영어의 Process란 원래 농산물에서 처리·가공을 실시하는 것을 의미하고 있으며, 프로세서는 농산물의 처리·가공기계를 지칭하는 말이다. 임업에 있어서 프로세서는 조재기(가지훅기, 통나무자르기, 집적작업)로 번역하고 있다. 프로세서(Processor, 조재기)는 프로세서에 의한 조재작업 즉, 가지훅기, 통나무자르기 등을 실행하고 별도의 나무를 통나무로 가공하는 기계로서 적어도 가지훅기 기능 또는 통나무자르기 기능 가운데 어느 한 기능을 가지고 있는 기계의 총칭으로 되어 있다. 또한 이러한 조재기능 이외에 목재를 집적(Bunching)하는 기능도 구비한 것이 보통이다.

또한 프로세서는 체인톱이나 펠러번처 등에 의해 벌도된 전목을 스키더나 타워야더에 의해 임도나 토장에 집제한 후, 집재된 전목에 대하여 가지를 훅고 통나무자르기와 쌓기작업을 전문적으로 실시하는 고성능 임업기계이다. 프로세서는 전목(Full tree)의 가지를 제거하는 가지훅기(Delimiting), 집재목의 길이를 측정하는 조재목 마름질(Measuring), 통나무자르기(Bucking) 등 일련의 조재작업을 한 공정으로 수행하여 한 곳에 모아쌓을 수 있는 다공정 임업기계이다.

프로세서는 고성능임업기계의 일종으로서 캐나다의 임업공학연구소(FERIC)에 의하면 프로세서는 하베스터, 펠러와 분류되어 있다. 고성능 임업기계란 일본 특유의 분류호칭으로서 1989년 국가의 위탁에 의한 고성능 임업기계의 개발사업이 착수되었고, 1990년 임업백서에는 북해도를 중심으로 고성능 임업기계가 급속히 보급되었다는 것이 소개되었으며, 1991년 9월 11일에 농림수산대신명으로 공표된 “고성능 임업기계화촉진 기본방침”에 언급한 다기능을 가진 벌출용, 육림용 기계로서 호칭이 일반적으로 불려지기 시

작하였다. 그때까지 프로세서와 하베스터 등의 차량형 벌목조재기계는 다기능 임업기계, 고능률 임업기계, 다공정 처리기계 등으로 불려졌다.

다시 말해 고성능 임업기계의 범주에는 벌채 및 반출용으로서 펠리번처(Feller-buncher, 벌도기), 하베스터(Harvester, 벌도조재기), 프로세서(Processor, 조재기), 스키더(Skidder, 견인집재차량), 포워드(Forwarder, 적재집재차량), 타워야더(Tower-yarder, 타워부착 집재기)의 6기종이 포함된다. 스키더는 주로 그래플 스키더를 의미하지만, 스키더와 타워야더는 단일공정 즉, 집재작업을 수행하는 기계이다.

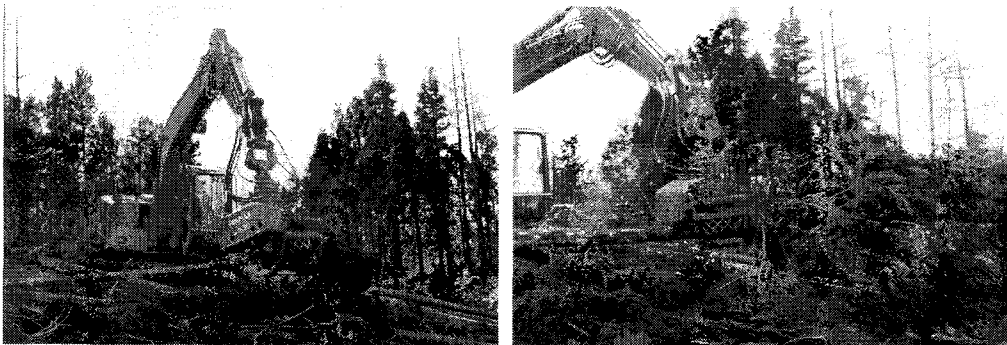


그림 2-1. 굴삭기를 베이스머신으로 한 프로세서의 모습

나. 프로세서의 기능과 특징

프로세서는 통나무자르기를 위한 톱(Saw)과 목재를 이송하는 롤러(Feed Roller), 목재를 집는 집게(Grapple) 등으로 구성되는 작업기 헤드부분과 기계를 주행시키고 오퍼레이터가 헤드에 동력을 공급하거나 조작하는 기본차량으로 구성되어 있다. 작업기와 기본차량 사이에는 봄이 있다. 현재는 굴삭기의 봄 끝에 헤드를 부착하여 일련의 복합동작을 실행하도록 한 싱글그립(Single grip) 또는 원그립(One grip)이 가장 많이 보급되어 있으며, 헤드부와 기본차량의 제작회사가 다른 경우도 있다.

체인톱(Chain-saw)은 벌목조재작업에 있어서 지금뿐만 아니라 앞으로도 없어서는 안 될 장수판매 기계로서 뛰어난 발상의 기계이지만, 취급시 어려

운 점은 고속 회전하는 예리한 톱날을 취급하는 것과 경사지에서 휴대하고 보행 이동하는 것, 작업에 있어서 몸을 앞으로 구부리는 등의 자세를 강하게 하여 허리의 부담이나 가지 등 낙하물의 위험에 노출되는 등 임업을 대상으로 하는 한 피할 수 없는 위험요소를 갖고 있다. 이러한 체인톱을 인력에 의한 야외작업용으로 사용하는 대신 굴삭기 등을 기본차량으로 하는 프로세서는 냉난방 장치, 컴퓨터 및 통신장비 등을 장착한 캐빈(조종석)내에서의 실내작업을 수행할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

또한 프로세서는 기본적으로는 1인 작업이다. 싱글그립 프로세서는 처리되는 목재를 피드롤러로 집고 롤러의 회전으로 원목을 밀어내면서 가지를 훑고, 통나무를 자르고 선회하여 원목을 쌓는 일련의 작업공정을 연속하여 복합적으로 실행할 수가 있다. 여기에 생산성 향상의 큰 해결방안이 있는 것이다. 만약 같은 처리를 체인톱으로 실행 할 경우, “가지자르기-원구까지 돌아옴-측척-원구까지 돌아옴-통나무자르기-(원구까지 돌아옴)-원목쌓기”로 되며, 극단적인 경우 벌목에서부터 원목쌓기까지 같은 나무를 따라 작업원이 3번 왕복하지 않으면 안 된다. 대상목의 길이가 15m의 나무라면 90m를 보행하게 된다. 또한 간벌작업은 피해목이 포함된 소경목을 대상으로 하기 때문에 원래 생산성은 그다지 높은 편은 아니다.

더욱이 프로세서의 기본적인 기능에 별도기능까지 갖고 있는 하베스터와 함께 프로세서는 원목의 최적 수확을 위한 계측장치를 처음부터 조합하여 벌도·가지훑기·통나무자르기·집적 등 일련의 작업을 실행하는 프로세서 시스템은 스웨덴 Stina Mickelsson 이라는 여성이 최초로 개발하였다. 1973년에 ÖSA 710 모델이 최초로 개발되었으며, 스웨덴의 임업기계는 Cut-to-Length 시스템으로서 하베스터 및 포워더 2가지 기계로 집약되게 된다.

다. 프로세서의 종류

프로세서는 기능과 구조, 기본차량 및 주행장치, 절단(통나무자르기)장치

등에 따라 다양하게 개발 보급되어 많은 종류가 있다. 현재 하베스터가 많이 보급되어 있는 유럽과 북미에서는 주로 하베스터가 프로세서의 역할을 하고 있으며, 최근 10여년 전부터 고성능 임업기계를 본격적으로 도입 활용하고 있는 일본에서는 기존의 가선계 집재작업과 급경사지 지형, 작업시스템과 임상의 조건, 굴삭기의 보급과 이용 등 여러 가지 측면에서 프로세서의 필요성이 아주 높아서 고성능 임업기계 중에서 굴삭기를 이용한 프로세서의 개발과 보급율이 가장 높으며, 하베스터와 함께 다양한 종류의 프로세서가 개발 보급되고 있다.

프로세서는 작업기(헤드)의 구조와 형태에 따라 분리형인 투그립 프로세서(Two grip processor)와 일체형인 싱글그립 프로세서(Single grip processor)로 나눌 수 있다. 한편, 그래플로 잡은 원목은 철제 또는 고무로 만들어진 송재롤러(Feed roller)에 의하여 가지훅기 작업과 동시에 절단위치를 조절하기 위한 송재작업이 이루어진다. 종류에 따라서는 신축식 붐(Telescopic boom)에 의한 원목의 가지훅기가 이루어지기도 하며, 북미지역에서는 스트레이트 붐(Straight boom)에 의하여 가지훅기와 송재작업이 이루어지는 기종을 딜리머(Delimiter)라고도 하는데, 토장에서 가지가 붙은 상태로 집재된 전목을 대상으로 작업을 실시한다.

통나무자르기 작업은 유압식 체인톱(Chain saw)에 의해 이루어지거나 고속 회전하는 디스크톱(Disk saw)에 의해 이루어지며, 가지훅기 작업은 그래플에 부착된 고정식 또는 유동식 칼날에 의해 피드롤러의 송재속도 및 송재력에 의하여 이루어진다. 프로세서의 성능은 송재속도와 송재력(Feeding force), 절단속도, 가지훅기 작업의 정밀도, 최소 및 최대 작업가능 직경 등에 따라 달라진다. 송재력은 보통 1~3톤, 송재속도는 2~4m/초, 가지훅기 작업가능 직경은 4~50cm 정도이며, 체인톱의 체인 회전속도는 절단시 원목이 자중에 의해 쪼개지는 것을 방지하기 위하여 초당 30m 이상, 상용회전수 7,000rpm으로 고속 회전한다.

프로세서는 보통 굴삭기를 기본차량으로 이용하며, 주행장치는 타이어식과 크롤러식으로 나누어진다. 또한 붐의 구조에 따라 관절(Knuckle)붐 방식과 신축(Telescopic, Straight)붐 방식으로 나뉘며, 관절붐 방식은 외견상 하베스터와 닮은 점이 많지만 입목을 별도할 수 없는 것이 구조적으로 차이가 있다. 신축붐 방식은 벌채목을 보내는 기능이 신축붐과 그래플을 이용하여 벌채목의 전후진을 거듭하면서 가지훅기를 수행한다. 송재장치는 체인부착 고무롤러식, 쇠스파이크식, 크롤러식 등으로 구분된다. 또한 작동장치에 따라 체인톱 방식과 디스크톱 방식으로 구분된다. 프로세서의 작동위치와 원목길이 계측은 로타리식 엔코더에 의해 원목의 송재거리를 측정하고 작동시의 원목직경은 각도측정 엔코더에 의해 그래플의 개폐정도를 측정하여 계측한다. 프로세서의 조작은 기본적으로 굴삭기의 조작을 위한 조이스틱 레버에 노브식 콤비네이션 스위치를 부착하여 조작한다.

현재 프로세서는 굴삭기의 붐 끝에 작업기 헤드를 장착한 싱글그립식 프로세서가 가장 많이 보급되어 있다. 최근의 작업기는 조재 처리직경이 증가하는 경향이 보이고 있다. 프로세서는 입목 1본당 처리시간이 원목의 크기에 관계없이 일정하므로 처리 가능한 최대직경의 경우가 가장 유리하게 되므로 사용상황이나 기계의 규격이 허용하는 한 처리능력을 크게 할 수 있으면 효율적으로 사용이 가능할 것이다.

절단톱 기구도 원판톱(디스크톱, Disk saw)과 체인톱(Chain saw)이 주류를 이루고 있다. 체인톱형의 경우, 톱날갈기 등의 수리정비가 중요하고 톱의 교환이 용이하게 한 기종도 있다.

또한 프로세서는 상차 또는 집적작업에도 사용하기 때문에 그래플 부분을 크게 하고 목재를 파지하기 쉽도록 형상을 개량한 기종이 증가하고 있다.

토장에서 사용하는 경우가 많은 프로세서는 기본차량으로서 목재를 파지한 경우에 기체의 안정을 취하기 쉬운 케도형이 많다. 최근에는 임업의 특성상 케도를 길게 하여 접지면적을 크게 하고 차량의 최저지상고를 높인 기종

도 개발 보급되고 있다.

일본에서는 당초 굴삭기를 이용한 조재기가 많았지만, 피드롤러를 구동하여 원목을 이송시키므로 많은 양의 작동유 공급이 필요하기 때문에 차체에 비해서 출력이 낮은 굴삭기보다는 조재기 전용 기본차량을 필요로 하게 되었다. 이를 위해 기계의 운반이동에 대형 트럭을 필요로 하거나 작업도나 교량을 통행할 시에 제한이 발생하는 경우가 있다. 간벌용으로 차폭을 1.88m로 줄이고 출력을 75마력으로 올린 소형 하이파워 프로세서가 개발되어 실용화되어 있다. 지형의 제약은 받지만 간벌 임지내에서 기동성 있게 목재를 반출하면서 조재할 수 있도록 되어 있다.

일본에서는 특히 차륜형을 개발하여 일반적인 사용을 위해 양산되는 부품 사용을 도모하고자 저가격 기종도 개발되어 있다. 차체가 가볍기 때문에 대경재를 처리할 때에는 배토판을 활용하여 차체를 고정하거나 안정장치를 장착하는 등의 조치가 필요하지만 유령목 간벌립 등의 소경재에 적합하고 작업로망 등지에서의 기동성 향상에 효과를 발휘하고 있다.

임업용 기본차량의 공통된 특징으로서 운전석의 시계확보가 중요하다. 벌도목으로부터 보호를 위해 안전망을 설치하고 강화유리를 사용하는 한편, 창을 크게 하거나 사각을 만들지 않도록 캐빈의 각을 완화하는 등 디자인상의 검토가 실행되고 있다.

미국의 자동차공학회(SAE)에서는 프로세서의 범주에 다음과 같은 기능을 가진 것도 포함하고 있다.

- 딜리머 번처(Delimiter buncher) : 가지훅기와 모아쌓기(집적) 기능을 가지는 기계.
- 슬래셔 번처(Slasher buncher) : 통나무 자르기와 모아쌓기(집적) 기능을 가지는 기계.
- 딜리머 슬래셔(Delimiter slasher) : 가지훅기와 통나무 자르기 기능을 가지는 기계.

- 딜리머 슬래셔 번처(Delimiter slasher buncher) : 가지훅기, 통나무 자르기와 모아쌓기(집적) 기능을 가지는 기계.

일본에서의 프로세서는 소형의 경우 딜리머 슬래셔가 대부분이고 대형의 경우는 딜리머 슬래셔 번처가 주종을 이루고 있다.

아래 그림 2-2는 프로세서의 구조와 기능을 구분하여 나타낸 모식도이다. 일반적으로 주행장치는 타이어식과 크롤러식이 있으며, 붐의 구조는 신축식 붐과 관절식 붐으로 나누어진다.

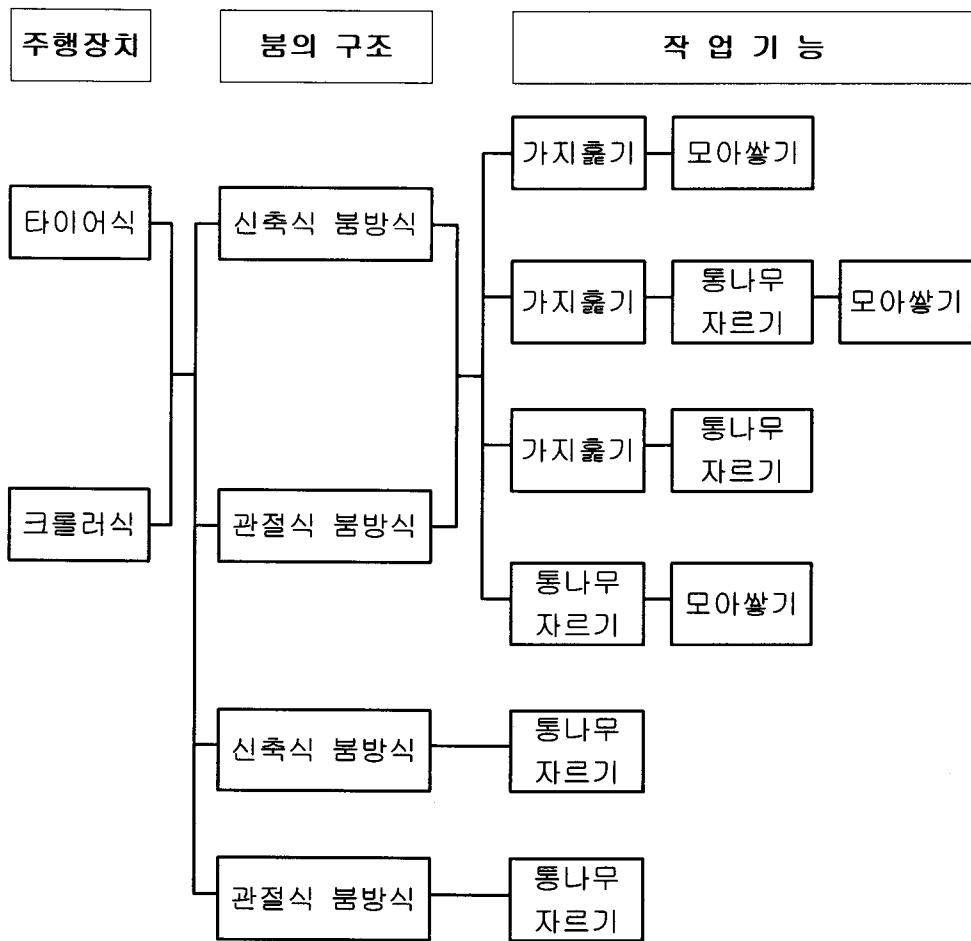


그림 2-2. 프로세서의 구조와 기능 구분

아래 그림들은 일본과 유럽, 북미 등에서 주로 개발 보급되어 있는 프로세

서를 나타낸 것이다.



그림 2-3. 너클붐 방식 프로세서

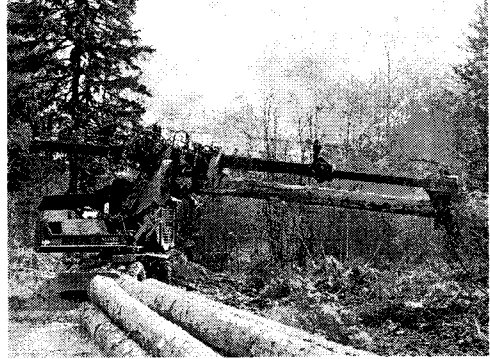


그림 2-4. 스트레이트붐 방식 프로세서

그림 2-3은 굴삭기를 이용한 너클붐(Knuckle boom, 관절식 붐)방식의 베이스머신을 이용한 일본제 프로세서이다. 일본의 임상은 삼나무, 편백, 낙엽송 등의 통직한 수종이 대부분이고 임지가 대부분 급경사지이므로 타워야더 등의 가선장비를 이용한 집재작업이 많이 이루어지므로 프로세서의 필요성과 효율성이 아주 높아서 일반 토목용으로 많이 보급되어 있는 굴삭기를 이용한 프로세서가 많이 개발 보급되어 있다.

그림 2-4는 타이어식 굴삭기를 이용하여 신축식 스트레이트붐 방식의 프로세서이다. 이 프로세서는 유럽과 북미 등에서 대경재 생산에 주로 사용되며, 피드롤러로 되어 있는 프로세서 작업기 헤드와 달리 칼날이 부착된 집재부분을 스트레이트 붐으로 밀어내면서 가지훅기를 실시하는 프로세서이다.

그림 2-5는 유럽에서 개발 보급되어 있는 차량을 베이스머신으로 한 2그립 형태의 프로세서이다. 이 프로세서는 유럽에서 펄프재 등의 활엽수 조재 작업용으로 사용되고 있다. 전목집재된 원목을 토장에서 크레인 그레플로 2, 3분씩 집어서 피드롤러부에 밀어넣으면 가지훅기와 마름질작업 및 절동작업이 이루어져 차량 옆부분으로 떨어져 모아지며 어느 정도 모아지면 크레인 그레플로 집적작업을 실시하는 프로세서이다.

그림 2-6은 굴삭기를 이용한 너클붐(Knuckle boom, 관절식 붐)방식의 일

본제 프로세서이며, 그림 2-3과 같은 형태이나 이 프로세서는 헤드, 즉 작업기의 통나무자르기 기능을 위한 절단장치로서 체인톱이 아닌 원판톱(Disk saw)을 장착한 프로세서이다.

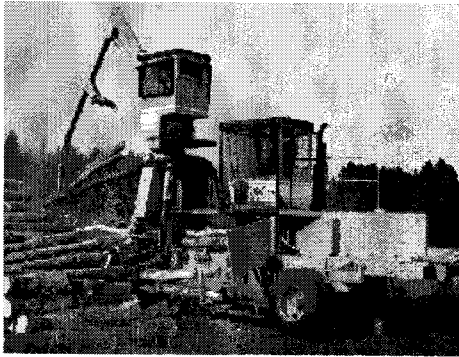


그림 2-5. 두그림 방식 프로세서

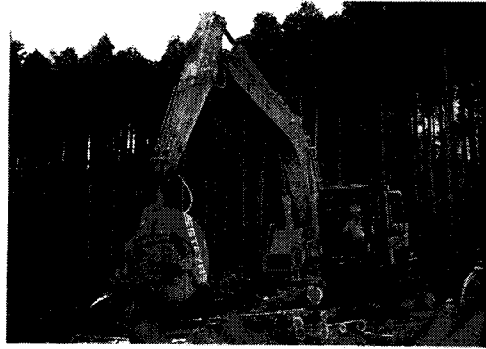


그림 2-6. 너클붐식 원판톱 프로세서

2. 프로세서의 구조와 기능

가. 프로세서 기구의 구조와 기능

(1) 구조의 개요와 명칭

프로세서는 체인톱이나 벌도기(펠러, 펠러번처) 등 다른 벌도수단으로 이미 벌도되고 짐재된 나무의 가지를 훑고 통나무자르기를 실행하고 통상적으로 통나무 또는 장재 통나무로 가공하는 기계이지만, 구조적으로는 가지훑기와 통나무자르기를 실시하는 작업유니트, 붐유니트, 베이스머신 등 3가지 부분으로 구성되어 있다.

현재 가장 일반적으로 실행되고 있는 가지훑기 방법은 고정 및 개폐식 몇 개의 칼날로 원목을 집고 적당한 방법으로 중심축 방향으로 급속히 이동시키던가, 칼날을 원목 축에 따라 강력히 미끄러트리면서 가지를 쳐서 떨어지게 하는 방법이다. 원목을 이동시키는 방법과 통나무자르기 방법에는 기종에 따라 몇 종류가 있다.

목재를 처리하는 기계부분을 작업유니트라고 하며 이것을 베이스머신에

장착할 때 생기는 구조상의 차이, 즉 작업유니트를 베이스머신에 직접 연결할 수 없고 봄을 매개로 장착되어 있느냐 아니면 직접 베이스머신에 장착되어 있느냐에 따라 명칭이 구분된다. 즉, 일체형인 싱글그립 프로세서(Single grip processor)와 분리형인 투그립 프로세서(Two grip processor)로 구분되어 있다.

싱글그립 프로세서(Single grip processor)는 원목을 집으면 가지훅기와 통나무자르기 등 일련의 처리를 실행할 수가 있으므로 통상 1그립식으로 불려진다. 더욱이 이것은 봄의 형태에 따라 관절을 가진 너클봄식과 스트레이트봄식 또는 텔레스코픽봄식으로 구분된다.

2그립 프로세서(Two grip processor)는 작업유니트가 베이스머신에 직접 장착되어 있으므로 별도목을 작업유니트에 공급하기 위해 필요한 너클봄식 그레플이 장착되어 있다. 이 형식은 그레플로 별도목을 집고 베이스머신에 장착되어 있는 프로세싱 유니트에 옮기고 다시 별도목을 유니트에서 집고 조재작업을 하므로 2회에 걸쳐 원목을 잡는 특징을 가지고 있다.

(2) 작업유니트부의 주요구조와 기능

작업 유니트부는 원목을 축방향으로 고속으로 보내는 장치, 가지훅기를 위한 고정식 또는 가동(집게식) 칼날, 통나무자르기 및 계측장치로 구성되어 있다.

(가) 원목 이송장치

너클봄식의 1그립 및 2그립식에는 2~3개의 스파이크부착 첼제롤러와 2개의 고무타이어 또는 체인을 감은 고무타이어와 여러 개의 돌기가 붙은 체인등을 원목의 표면에 압착시켜 고속으로 회전시켜 원목을 빠른 속도로 이송시킴으로서 칼날로 가지를 잘라 떨어뜨린다. 또한 신축식 봄방식에서는 봄을 직접 뺏음으로서 봄 끝에 부착된 가지훅기용 칼날이 뺏어서 가지가 잘린다.

(나) 통나무자르기 장치

개발 초기부터 대부분의 기종에 체인톱이 사용되었지만 지금은 디스크톱을 사용한 기종도 출품되고 있다. 프로세서의 톱은 통나무자르기만 하므로

입목을 벌도할 때와 같이 나무의 중량이 톱날부에 걸리는 하중은 그다지 크지 않다. 따라서 프로세서의 디스크톱은 펠러번처의 디스크톱과 같이 두껍고 튼튼한 것이 필요없고 얇은 디스크톱이 사용되고 있다. 그러나 톱날의 회전 속도는 아주 빠르다. 체인톱의 경우도 절단직전에 원목에 균열이 생기지 않게 하기 위해서는 절단속도가 빠르지 않으면 안되지만, 디스크톱에 비해서 직경이 25cm에서는 2.5초 정도, 50cm가 되면 약 11초까지 절단속도가 길어지는 것이 보통이다.

(다) 계측장치

프로세서에서의 계측은 주로 조재작업을 위한 원목의 길이와 재적을 산출하기 위한 원목의 규격을 측정한다. 계측장치는 원목을 이송시키는 롤러와 체인의 회전수로 계측하는 장치와 원목의 표면에 접촉하는 기어식 로타리엔코더로 측정하는 장치가 있는데 일반적으로 후자의 장치를 많이 사용한다. 또한 원목의 직경은 송재롤러나 그래플 집계의 벌려진 정도를 각도측정센서를 장착하여 원목의 직경을 산출한다.

(라) 가지훅기 장치

프로세서의 가지훅기 방식으로는 원목을 송재롤러로 긴 방향으로 고속으로 움직여서 칼날로 가지를 잘라 떨어뜨리는 장치와 칼날이 부착된 붐을 유압으로 밀어서 가지를 훅는 장치가 일반적인 형식이다. 이외에도 대형 처리통에 일정 길이의 가지가 붙은 원목을 여러 본 투입하고 밑바닥에 붙어 있는 나선상의 칼날이 부착된 여러 본의 롤러를 회전시킴으로서 처리통에 투입되어 있는 원목의 가지를 훅는 것도 있으며, 북유럽에서 시험 제작된 경우가 있다. 원목을 떨어뜨려 집어넣고 처리하므로 장치전체가 상당히 크고 빠르게 이동하면서 작업이 가능한 것은 아니다.

또한 가지훅기 기계로서는 체인 프레일식으로 불리는 것도 있다. 이것은 체인이 피복된 판위에 덮여진 박스 모양의 장치로서 그 속에는 여러 개의 체인이 붙어 있는 수평회전축과 이것을 구동하는 엔진으로 구성되어 있다. 미국이나 캐나다에서 많이 이용되고 있다.

나. 프로세서의 구비조건

프로세서를 효과적으로 사용하기 위해서는 생산량, 생산조직 등의 측면에서 여러 가지 조건이 부합되지 않으면 안되지만, 프로세서 그 자체에 대해서도 우리나라 지형여건 등에 적합해야 할 몇 가지 점이 있다.

(1) 프로세서의 규격

조재작업 대상으로 하는 목재생산 작업권내의 사업량은 각각의 장소 조건에 따라 일률적으로 결정되지 않는 것이 보통이다. 따라서 생산량의 관계로 크기, 처리능력 면에서 여러 가지의 다른 기종이 사용되고 있다.

(2) 베이스머신

프로세서의 베이스머신은 기계비용의 관점에서 범용기종을 이용하는 것이 아주 효과적이다. 예를 들면 토목용의 굴삭기나 그의 붐, 또는 범용형 트럭의 샤프트 등을 이용하면 전용 베이스머신과 비교해서 기계경비 전체를 저렴하게 할 수가 있다. 단, 토목용의 굴삭기를 베이스머신으로 할 경우는 작업현장간의 이동에는 시간적 경제적인 제약을 받지 않을 수 없다. 또한 이동시에 트레일러가 필요하므로 수송비도 무시할 수 없다. 빈번한 이동이 많은 경우는 차륜형 베이스머신이 유효하고 필요하다. 소형 프로세서에서는 스키더와 베이스머신 공용이 가능하지만, 선택의 폭이 적다. 따라서 6륜타입을 포함한 차륜형 범용 베이스머신의 국산화가 병행되어야 할 것이다.

(3) 임도망과의 관계

우리나라의 임도사정을 생각하면 노폭이 3~4m인 경우가 가장 많으므로 이러한 임도를 주행할 수 있는 프로세서가 요구되며, 가능하면 소형 프로세서가 필요하다고 할 수 있다.

(4) 프로세서의 작업범위

임도나 토장 등 어느 장소에서 사용하여도 붐에 의해 작업기의 도달범위는 멀수록 유리하다. 신축식 붐은 다소 기계비용이 높아도 작업능률 향상면에서 아주 좋다.

(5) 측척정도

원목의 길이는 운전원이 조종석 내에서 컴퓨터 제어로 측정하는 경우가 많으나 측척정도는 높을 필요가 있다. 통상 3~5cm 정도의 여유를 가지고 규격을 지정하지만 규정을 낮게 하는 과소한 계측오차가 있어서는 안된다.

(6) 원목의 절단속도

원목의 절단속도는 절단완료 직전에 원목이 무게에 의해 할렬되지 않도록 충분한 속도로 빠르게 절단해야 한다.

(7) 원목의 손상

표피의 벗겨짐과 손상이 적고 어느 정도 원목이 굵어도 적용할 수 있어야 하며 수중에 의해 칼날의 형태가 변할 필요성도 있어야 한다.

다. 프로세서의 기능 분석

(1) 헤드의 전체 구조

프로세서 헤드의 전체 구조는 선회부, 헤드부, 체인톱부, 제어부로 구성되어 있다.



그림 2-7. 프로세서 전체 헤드의 모습 (일본제품)

선회기부는 프로세서 헤드의 전체를 좌우로 무한히 선회시키는 기능을 가지고 있고 또한 유압, 전기를 헤드부에 전하는 중요한 역할을 가지고 있다.

헤드부는 크게 집게(Grapple), 칼날, 송재부로 구성되어 있으며, 집게 기능, 가지훅기 기능, 송재기능을 가지고 있다. 이들의 기능은 제어전기박스로부터 전달되는 전기에 의해 헤드내의 유압전자밸브에 의해 구동된다.

체인톱부는 유압모터, 가이드바의 상하기능을 위한 실린더, 체인바 스프라켓트로 구성되어 있다.

제어부는 조종석내의 전기박스과 헤드내의 로타리엔코더, 목재 직경용 리니아(옵션) 근접스위치로 구성되는 신경계통이다. 이것이 4개의 유압모터와 6본의 실린더를 제어하고 가지훅기, 측척, 통나무자르기를 제어하고 있다.

(2) 선회기부(Rotator)

선회기부는 굴삭기의 암(Arm) 끝에 설치하여 하부에 부착된 프로세서 헤드를 임의의 각도로 선회시키는 장치로서 선회장치, 로타리조인트(유압라인통로), 슬립링(전기배선통로)으로 구성되어 있다. 프로세서의 작업은 가지훅기, 토막치기, 쌓기, 선별, 지조물의 정리 등 광범위하게 쓰이므로 헤드의 선회 기능이 요구된다. 긴 벌채목이라도 자유로이 움직이기 위해서는 감속기어로 회전력을 증가시키고 있으며, 새로이 제작하거나 크레인용 로테이터를 구입 활용하고 있다.

로테이터는 너무 빨리 회전하는 것은 아주 위험하므로 회전을 억제하는 밸브, 무게에 의해 원목이 이탈되는 것을 방지하기 위한 카운터밸런스 밸브, 헤드의 회전을 정지시킬 때에 나오는 충격압을 완화하는 브레이크 밸브도 중요한 요소부품이다.

작동유의 흐름은 압력유, 되돌림유, 고속모터의 실을 보호하기 위한 드레인 회로의 3회로로 구성되어 있으며, 전기의 흐름은 슬립링을 사용하여 다중통신을 하는 신호회로를 2회로, 목재의 길이의 계측회로를 2회로, 전원회로 1의 5본으로 되어 있는 기종도 있다.

선회장치는 선회기어를 유압모터로 회전시키고 헤드부를 처리목에 대해 적절한 각도로 위치를 맞추고 긴 장재를 잡고 적절한 방향으로 돌리는 기능을 가지고 있다. 따라서 높은 선회력이 요구됨과 동시에 외력에서 오는 모터의 보호를 위해 독특한 안전장치가 부착되어 있다.

로타리조인터는 베이스머신에서 헤드부에 선회하면서 유압을 보내는 장치이다. 고압, 되돌림, 드레인의 3분의 라인이 통과하도록 되어 있다. 또한 프로세서 헤드에 필요한 200~250kg/cm²의 압력에 견딜 수 있는 오일실이 채용되어 있다.



그림 2-8. 굴삭기 붐대에 연결되어 있는 선회기부의 일례

슬립링은 회전체에 전기를 보내는 장치로서 이들 전선은 각 액츄에이터용 전자밸브를 움직이는 제어전기와 센서의 신호선 2종으로 구별되어 있고 노이즈에 의해 오작동을 방지하기 위해 각각 쉴드선을 사용되어 있다.

(3) 집게(Grapple)부

집게(Grapple)는 전목을 집는 장치로서 전방 집게와 후방 집게로 되어 있다. 전방 집게는 이동칼날을 겸하고 있다. 후방 집게에는 유도롤러가 내장되어 있어서 목재의 이송을 원활하게 하고 있다. 집게의 끝은 원목을 벌리기 쉬운 형상일 뿐만 아니라 송재시에 목재의 굴곡에 대응하도록 각각 1개의 집게에 1본의 실린더가 붙어 있다. 이 4개의 실린더로 원목은 프로세서의 집게안으로 깊게 들어 올 수 있으며, 목재를 정밀하게 송재하면 그것에 따라 더욱 조여진다. 이것이 집게의 유지기능이다. 파지하는 힘이 너무 크면 송재가 안되고 너무 작으면 무거운 원목일 경우 집게가 벌어지므로 현장에 맞추

어 압력을 조절한다.

(4) 칼날부

가지훅기를 위한 칼날은 고정날 1매, 이동날 2매, 보조날 1매, 또는 좌우 각 1매, 상부 1매의 3매날로 구성된 기종도 보편화되어 있다.

가지훅기는 원목이 이송되는 힘에 의해 가지가 지나가면서 칼날에 의해 잘려진다. 가지훅기는 집게부에 부착 또는 만들어져 있는 칼날과 송재력에 의해 이루어지며, 칼날은 각각 복잡한 곡선의 조합에 의해 가지 마디가 되도록 낮게 잘려지도록 설계되어 있다. 그러나 어떤 프로세서도 원목이 굵은 부분에서 가는 부분까지 일률로 깨끗하게 가지를 낮게 자르는 것은 불가능하다. 예를 들면 CP30 모델은 직경 12~15cm의 경우에 가지가 가장 낮게 잘려지도록 되어 있다. 이것보다 굵거나 가는 정도에 따라 가지가 높게 잘린다. 일반적으로 대형 프로세서일수록 최적 원목직경은 굵어진다.

칼날의 날각은 25도로 뒤에서 7도 떨어져 있으나 현장의 상황에 따라 연마하여 각도를 변화시킬 수 있다. 칼날부는 집게(Grapple) 기능도 겸하고 있고 목재를 집는 힘은 가지훅기의 마디높이와 관계가 있다. 칼날은 공구강으로 만들어지고 고정 칼날은 교환가능하며, 2매의 이동날은 주로 그래플 어셈블리 교환과 함께 이루어지는 일체 구조이다. 또한 송재시의 저항을 적게 하기 위해서 목재에 접촉하는 면은 파여져 있다.

또한 칼날은 목재에 접하는 형이 가는 목재에서 굵은 목재까지 대응하기 위한 형태로 되어 있으며, 칼날의 집게로 조재 대상목을 집었을 때 나무전체를 감싸 안을 수 있게 되어 있다. 가지훅기 성능을 좋게 하고 무리한 박피나 목재를 파고 들어가는 것을 방지하기 위해 칼날은 스프링에 의해 움직이도록 연동식으로 부착되어 있는 종류도 있다. 칼날은 가지훅기 작업의 질을 양호하게 하고 충격에 강하도록 적합한 경도와 칼날의 각도, 형상, 적합한 곡선을 취하도록 해야 한다.

칼날부는 마모에 의해 교체할 필요는 없으나 집게부의 휨이나 마모, 파손

등으로 인해 교체할 경우에 대비하여 분할형식으로 하고, 연마하여 사용하도록 제작한다. 또한 적합한 재질을 선택하고 칼날부는 열처리 등을 통해 마모와 파손에 대비해야 할 것이다.

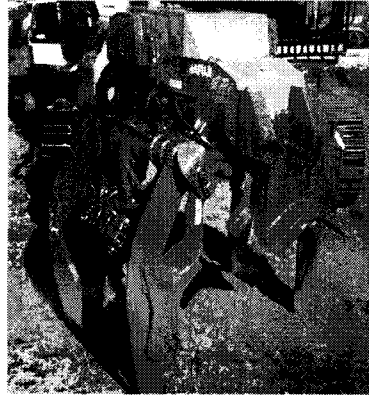


그림 2-9. 다양한 집게부와 칼날부의 모습

(5) 송재부(피드롤러)

송재용 피드롤러는 프로세서에서 가장 중요한 부분으로 원목의 가지훅기 작업을 수행하는 장치이다. 집게의 롤러 부분에 의해 하향으로부터 지지됨으로써 구부러진 벌채목도 확실히 고정되게 할 수 있다. 그러나 목재는 회전하는 롤러에 의해 지지되므로 벌채목을 송출할 때는 저항을 적게 하고, 동력을

유효하게 가지훅기 작업에 사용될 수 있다.

집계와 롤러가 일체형으로 되어 있어서 원목의 상차, 쌓기, 선별, 잔가지 정리 등 부수적인 작업도 가능하다. 그래플의 개폐는 유압 실린더로 작동하고 집계와 롤러가 동시에 작동되도록 되어 있다.

송재부의 주요부품은 유압모터, 송재롤러와 타이어 체인 또는 크롤러형 롤러, 스파이크형 롤러 등으로 이루어져 있다.

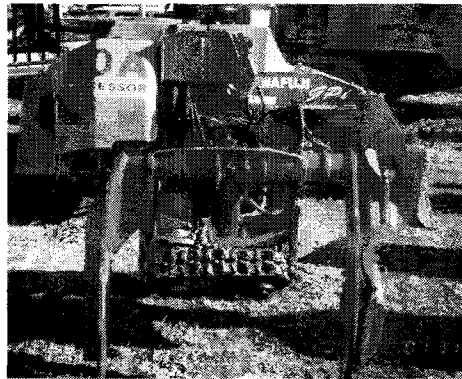
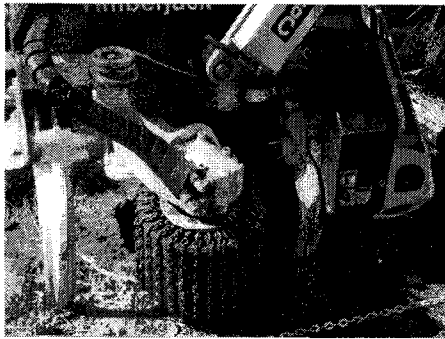
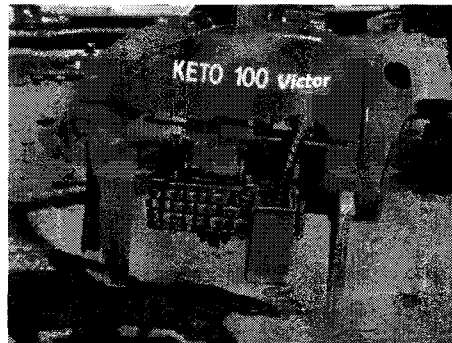
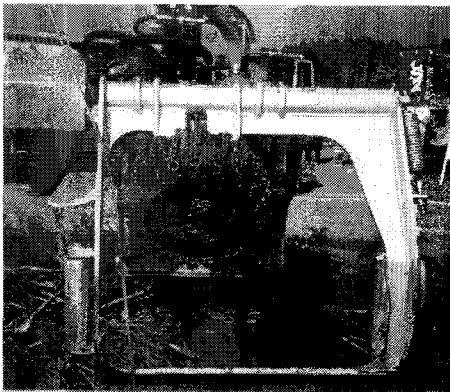


그림 2-10. 송재용 피드롤러의 다양한 모습

송재용 유압모터는 주로 400cc 혹은 500cc급의 회전 또는 피스톤 모터를 사용하며, 저속이면서 높은 토크가 특징이다. 유압모터는 2개이고 정회전, 역

회전이 가능하고 정회전시키면 원목은 정방향으로 송재되고 역회전시키면 원목은 역방향으로 송재된다. 이 모터의 샤프트에 주로 고무제의 송재롤러가 부착되어 있고 그림 2-10은 프로세서와 하베스터에 주로 사용되고 있는 송재용 피드롤러의 다양한 모습을 나타낸 것이다.

(7) 절단부

절단부 방식은 체인톱방식과 디스크톱방식이 있다. 체인톱방식은 분당 5,000회 이상 초고속으로 회전하는 직결 유압모터에 의해 체인톱을 회전시키는 동시에 모터작동 회송유를 이용하여 체인톱의 가이드바를 밀으로 밀도록 실린더를 작동시키면서 원목을 절단하는 기능을 갖고 있다. 원목절단이 끝나면 부위까지 내려가면 자동으로 체인톱이 제자리로 되돌아오도록 하고 중간에 절단작업이 이루어지지 않을 경우, 스위치를 끄면 체인톱의 회전은 정지하고 가이드바가 위로 올라오도록 한다. 또 원목의 하부에 가이드바가 걸려도 과부하가 걸리지 않도록 약한 힘으로 가이드바를 정지위치로 되돌아가도록 스프링을 장치하며, 정지위치로 돌아간 후 타이머에 의해 시간을 두고 콘트롤 밸브가 닫히게 한다. 따라서 원목에 걸려 도중에 정지하는 경우에는 한번 더 스위치를 눌러 가이드바를 내린 후 원래 위치로 되돌릴 수 있도록 한다.

체인톱 방식의 주요부품은 유압모터, 체인, 가이드바, 스프라켓 및 체인톱을 상하로 움직이게 하는 실린더로 되어 있다. 유압모터는 보통 10cc이며, 체인은 0.404" 피치의 63계지와 세미치즐 형태의 톱체인을 주로 사용하고 있다. 가이드바의 길이는 기종에 따라 다소 다르나 21"의 하베스터용을 주로 사용하고 있다.

체인톱의 톱체인 마모와 냉각 등 원활작용을 하여 회전을 원활하게 하도록 체인톱날에 오일을 공급할 수 있는 체인오일 펌프를 장착하여 별도의 체인오일 탱크에서 체인오일이 체인이 작동시 자동으로 공급되도록 설계·제작하여야 한다. 일반적으로 가이드바의 원활은 작동유의 되돌림라인에서 분

류한 작동유에 의해 이루어진다. 오일량은 소형 조절밸브로 조절하고 가이드바의 입구에 도달하면 바의 구멍을 통하여 끝 부분의 스프라켓으로 토출된다.

유압모터의 익스텐션샤프트에 부착되어 있는 구동용 스프라켓 기어는 10매 기어이고 체인은 고속으로 회전한다. 가이드바를 상하로 움직이는 유압실린더는 일반 체인톱을 사용할 때 작업원이 체인톱으로 나무를 자를 때 경급이 작은 나무는 눌러서 빨리 자르고 굵은 나무는 유연하게 눌러서 자르는 것과 같은 움직임을 하는 중요한 역할을 가지고 있다.

그림 2-11은 체인톱과 디스크톱 형태의 절단부 모습을 나타낸 것이다.

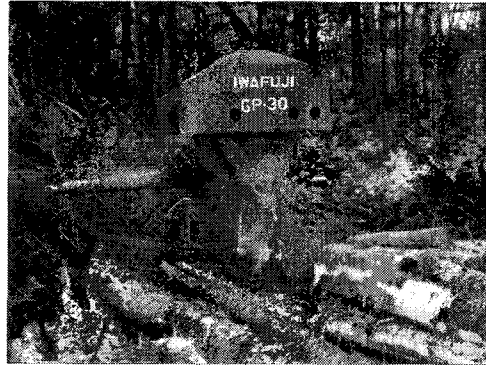


그림 2-11. 체인톱과 디스크톱형태의 절단부 모습

(8) 계측장치

원목절단시 길이 계측은 스프링으로 눌러진 스프라켓의 회전에 의해 원목의 길이를 측정한다. 또한 원목의 직경 측정은 집계부의 개폐 작동에 의한 개폐정도가 측정되어 원목의 직경을 측정하도록 되어 있다.

계측장치는 엔코더 펄스식 및 컴퓨터 제어식 등이 있으며 일반적으로 길이측정은 엔코더방식을 사용하고 직경측정은 엔코더 펄스식 및 컴퓨터 제어를 병행하여 사용된다. 더욱이 원목의 길이와 직경을 측정하여 말구직경

자승법에 의한 재적계산을 하도록 하여 조재작업 후의 전체 작업량을 파악할 수 있도록 되어 있다.

그림 2-12는 원목직경을 계측하기 위한 경사센서로서 피드롤러의 경사각을 측정하여 이를 계산하고 원목의 직경으로 산출한다. 그림 2-13은 원목의 길이를 계측하기 위한 엔코더센서로서 기어의 회전수를 연산하여 원목의 길이를 나타내도록 되어 있다.



그림 2-12. 원목직경 계측을 위한 경사센서 모습



그림 2-13. 원목길이 계측을 위한 길이 엔코더 모습

(9) 조작장치

전체 프로세서 조작용 굴삭기 캐빈안에서 기존의 굴삭기 조작스틱 2개에 노브식 콤비네이션스위치 조이스틱을 부착하여 조작하도록 되어 있다. 또한 캐빈내에 원목의 길이와 작업상태를 확인할 수 있는 디스플레이어가 부착된 패널박스를 장착하여 계측상태와 작업상태를 확인하도록 되어 있다.

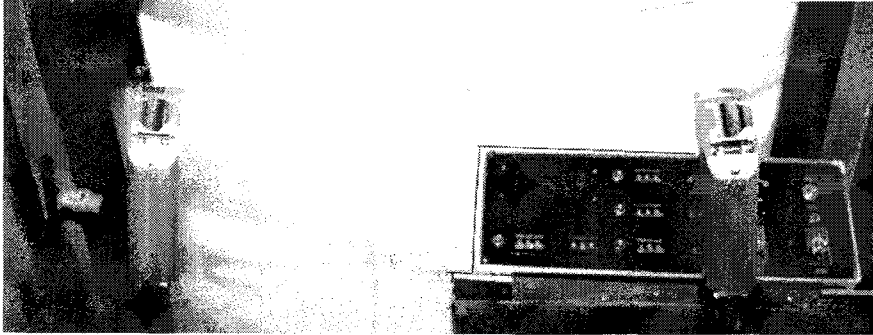


그림 2-14. 노브식 콤비네이션 조이스틱과 디스플레이 패널

(10) 유압장치

프로세서의 각 부를 움직이고 있는 것은 유압실린더와 유압모터이다. 굴삭기를 이용한 프로세서의 유압원은 굴삭기의 유압펌프이다. 굴삭기는 모든 움직임이 유압이고 프로세서의 유압원으로서 최적이다. 최근의 유압펌프는 가변토출펌프가 많이 탑재되어 있으며, 프로세서의 송재가 굵은 가지 등으로 인해 정지하여도 굴삭기의 엔진은 정지하지 않고 온도도 상승하지 않는다.

일반적으로 굴삭기의 유압펌프는 2개 있는 것이 유리하다. 그레플 개폐 등의 가벼운 작업시에는 단류, 즉 한쪽 유압펌프의 유압만이 헤드에 공급되도록 되어 있으며, 고속송재나 체인톱으로 절단작업을 실시할 경우 등 유량이 많이 필요한 작업시에는 자동적으로 합류회로로 되는 방법을 취하고 있다. 이로 인하여 각 부분의 움직임이 원활하게 할 수 있도록 되어 있다.

일반적으로 굴삭기로부터 프로세서의 헤드에는 3본의 유압라인이 장착되어 있다. 고압, 되돌림과 드레인 라인으로서 선회기에는 별도의 계통이 필요

하다. 일반적으로 분당 120ℓ의 유량을 필요로 하지만 굵은 나무의 현장에서는 분당 200ℓ가 필요하다. 따라서 0.25㎡의 굴삭기에도 장착이 가능하나 0.45㎡급 굴삭기의 유량이 필요하다. 일반적으로 프로세서내에 들어온 유압은 전기밸브에 의해 각 부속기에 분류된다.

라. 프로세서 베이스머신의 성능과 구조

크레인식 프로세서가 탑재되어 있는 베이스머신은 대부분 유압 굴삭기가 가장 일반적이다.

(1) 전체구조

프로세서용 베이스머신으로서 굴삭기를 보면 자중이 충분하고 긴 목재를 조개 처리할 경우에도 안정할 것으로 생각된다.

(2) 엔진

유압펌프를 구동하는 엔진은 보통 60~80마력이 보통이며, 이 정도의 엔진이면 충분하다.

(3) 주행장치

일반적으로 굴삭기의 주행장치는 궤도형과 차륜형이 있으나, 프로세서용으로는 작업의 안정성을 위해 궤도형을 채택하는 경우가 주를 이룬다. 그러나 넓은 범위를 이동해야 하는 경우에는 차륜형 굴삭기도 향후 도입될 것이다.

(4) 붐

굴삭기의 붐과 암은 정확히 중간이 꺾이는 형태의 크레인과 같은 기능을 가지고 있으며, 일반적으로 균형을 유지하기 위해 암이 긴 형태의 굴삭기는 잘 사용하지 않는다.

(5) 조작레버

일반적으로 굴삭기의 조작레버는 조이스틱 형태로 되어 있어서 조작이 편리하고 인간공학적으로 만들어져 있다. 그러므로 프로세서의 조작도 이와 같이 조이스틱 형태로 만들기 위해 굴삭기의 조작레버를 떼어내고 프로세서용 조이스틱 레버를 장착한다.

(6) 유압장치

굴삭기를 움직이는 것은 엔진에 직결되어 있는 유압펌프의 유압을 받아서 움직이게 하는 유압실린더와 유압모터이다. 유압펌프는 대부분 가변토출펌프가 탑재되어 있으며, 일반적으로 굴삭기의 유압펌프는 2개가 있는 경우가 많다.

3. 주요 프로세서의 재원과 성능 분석

가. 프로세서의 주요 재원

프로세서 헤드는 다양한 구조규격이 있으나 보통 전체 중량이 1,000kg 이하이며, 가지치기 장치는 최대 원목직경 50cm 이하, 최소 원목직경 5cm 이상의 가지를 절단할 수 있는 용량과 원목 절단장치는 원목직경 50cm 이하의 목재를 절단할 수 있는 용량이 일반적이다. 또한 규격을 보면, 전장 1,500mm 이하, 전폭 1,000mm 이하, 전고 1,500mm 이하의 헤드가 대부분이다.

가지훔기 칼날은 대부분 4개 이하로서 고정칼날 1개, 이동칼날 2개, 보조날 1개 등으로 이루어져 있다. 절단톱(Saw)부분은 체인톱 방식이 대부분이며 체인톱은 404"피치, 10매 기어 스프라켓과 23"이하의 가이드바가 일반적이다.

원목의 송재장치는 구동롤러와 여동롤러로 이루어져 있고 고무롤러에 각 체인을 감은 것과 크롤러식이 있으며, 롤러직경은 380mm 이하이고 원목의 손상을 방지하기 위해 여동롤러가 부착된 기종이 많다. 또한 송재력은 약 1,300~1,500kg, 송재속도는 4m/sec 이하로서 유압유량은 200ℓ/분 이하이다. 헤드의 선회각도는 360° 전선회가 가능하다. 프로세서에 의한 조재작업시 절단부 직경과 원목의 길이는 운전석에 장착된 디스플레이어에 표시되고 전체 프로세서 조작은 굴삭기 캐빈 안에서 기존의 굴삭기 조작스틱 2개에 노브식 컴비네이션 스위치 조이스틱을 부착하여 조작하고 캐빈 내에 원목의 길이와 작업상태를 확인할 수 있는 윈도우박스가 장착되어 있다.

나. 프로세서의 제원과 성능 분석

현재 일본에서 굴삭기를 베이스머신으로 이용하여 개발 도입되어 가장 널리 보급 사용되고 있는 이와후지사의 GP-30A와 GP-45 그레플 프로세서를 중심으로 제원과 성능을 분석한 결과 다음과 같다.

(1) 헤드의 전체 구조

일본 이와후지사의 프로세서는 고성능 임업기계중에서 일본에 가장 많이 보급되어 있는 것으로도 알 수 있듯이 그 필요성에 맞게 많은 연구 개발이 진행된 기종이다. 그 중에서 가장 일반적으로 보급되어 있는 GP-30A와 GP-45 모델에 대한 헤드의 전체 구조도는 그림 2-15와 같다. 또한 각 구조에 대한 명칭과 기능은 다음과 같다.

- ① 크레비스 : 전후 좌우로 무리한 힘이 걸리지 않도록 자재로 암과 헤드를 연결하고 있다.
- ② 요동방지 와셔 : 연결이 너무 자유스러우면 요동치기 쉬우므로 마찰 와셔를 넣어서 고정하고 있다.
- ③ 슬립링 : 조작신호 2개, 계측신호 2개, 주전원 1개의 5개 전류를 선회시키면서 흐른다.
- ④ 로타리 실 : 유압, 되돌림 유량, 드레인 등 3계통의 작동유를 전선회하면서 흐르는 장치.
- ⑤ 유압모터 : 헤드부분을 선회시키는 구동 모터.
- ⑥ 그레플 실린더 : 집계의 개폐를 실행하는 유압 실린더.
- ⑦ 피드롤러 : 목재의 이송을 구동하기 위하여 체인을 감아서 사용하는 슬리드타이어의 고무롤러.
- ⑧ 오일모터 : 피드롤러를 회전시키는 유압모터.
- ⑨ 상부칼날 : 원목의 가지치기는 3매의 칼날로 이루어지며, 그 중에 1매로서 상부에 붙어 있다.
- ⑩ 사이드 커터 : 가지치기를 실행하는 주요한 칼날로 스프링에 의해 연식

으로 붙어 있다.

- ⑪ 집게 : 나무를 잡는 장치.
- ⑫ 측정 유니트 : 목재의 길이를 측정하는 장치로서 운전석에 있는 디스플레이에 측정치를 전달한다.
- ⑬ 로타리 엔코더 : 측정 유니트내의 일부분으로 회전에 따른 펄스신호를 발생한다.
- ⑭ 스프라켓 : 목재 위를 미끄러지지 않고 주행하여 목재의 길이에 대한 회전하는 부품.
- ⑮ 오일 탱크 : 체인톱의 윤활유를 저장하는 탱크.
- ⑯ 콘트롤 밸브 : 목재 이송의 피드롤러를 회전시키고 목재를 집고 체인톱을 회전시켜 가이드바를 내리는 등의 3기능을 콘트롤하는 밸브.
- ⑰ 톱 모터 : 체인톱을 고속으로 회전시키는 유압모터.
- ⑱ 톱 피드실린더 : 톱 바를 움직이는 유압실린더.
- ⑲ 캐트릿지 밸브 : 집게의 그레플 압력을 조정하는 밸브.
- ⑳ 톱 가이드바 : 체인톱의 가이드 레일

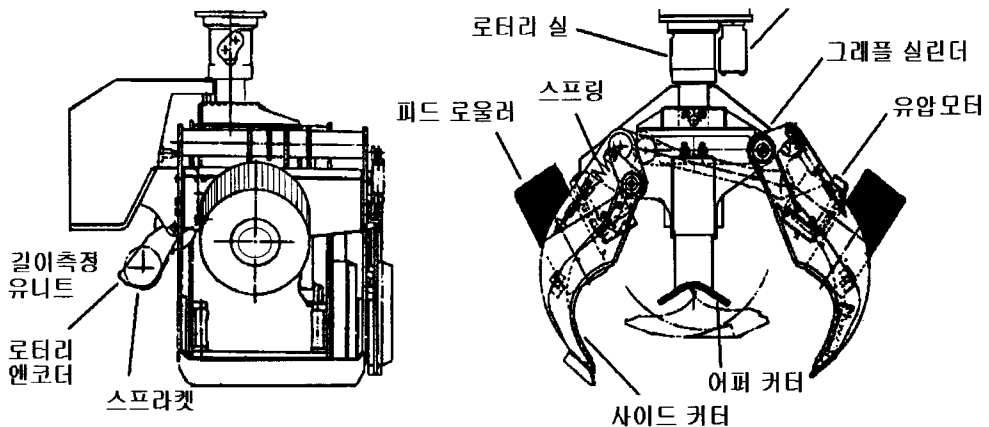


그림 2-15. 일본제 프로세서 GP 시리즈의 전체 구조도

(2) 프로세서 헤드의 제원

현재 일본에서 개발 보급되어 있는 프로세서의 주요 제원을 살펴보면 표 2-1, 2-2와 같다.

표 2-1의 이와후지 프로세서를 살펴보면, 규격(mm)은 1,300×900×1,225×1,250~1,390의 크기이며, 송재장치는 2롤러식으로 최대 송재력이 2,080 kg이고 가지훅기 장치의 최대 직경은 45cm이다.

원목절단장치는 전부 체인톱 방식을 채택하고 있으며, 최대 원목직경 55cm 까지 가능하다. 측척장치는 기어회전 펄스신호식이고 중량은 최대 1,050kg으로서 최대 허용하중은 1,500kg에 이른다. 로테이터의 선회각도는 360도 전선회가 가능하고 조작은 노브식 콤비네이션 스위치 2개로 실시하며, 유압력은 250kg/cm²이고 유량은 100~230 ℓ/분이다.

표 2-1. 프로세서의 제원 일례 1

형 식		GP-25	GP-30A	GP-45
규 격 (mm)		1,300×900×1,250	1,410×945×1,340	1,515×1,225×1,390
송재장치	형 식	2롤러식	2롤러식	2롤러식
	송재력	1,500 kg	1,650 kg	2,080 kg
가지치기 장치	형 식	3매 이동칼날	3매 이동칼날	3매 이동칼날
	직 경	30~4 cm	35~4 cm	45~4 cm
절동장치	형 식	체인톱식	체인톱식	체인톱식
	직 경	40 cm	40 cm	55 cm
측척장치	형 식	기어회전 펄스식	기어회전 펄스식	기어회전 펄스식
중 량 (kg)		600	900	1,050
최대허용하중 (kg)		800	1,000	1,500
선 회 각 도		360도 전선회		
체인오일 탱크용량		4 ℓ		
조 작 방 법		노브식 콤비네이션 스위치 2개		
유 압 력 (kg/cm ²)		250		
유 압 량 (ℓ/분)		100~120	160~180	180~230
적용 굴삭기 (m ³)		0.25~0.35	0.35~0.45	0.45~0.7

표 2-2와 같이 Singu 프로세서 CP시리즈 프로세서는 CP30형, CP45형의 2기종이 있고, CP30형은 직경 30cm까지의 원목을 처리하고 CP45형은 45cm까지의 목재를 처리한다. 송재롤러는 각체인부착 고무롤러이고 원목 손상방지를 위한 3개의 여동롤러가 집계에 부착되어 있다. 또한 송재속도는 최대 3.9m/초로서 유압량은 최대 200ℓ/분이며, 규격(mm)은 최대 1,597×960×950이다.

표 2-2. 프로세서의 제원 일례 2

모델명 제 원		新宮 CP 30	新宮 CP 45
최대 절단직경		350 mm	470 mm
최대 가지훅기직경		300 mm	450 mm
최소 가지훅기직경		50 mm	50 mm
가지훅기 칼날		고정날 1매, 이동날 2매, 보조날 1매	
송재롤러	구동롤러	각체인부착 고무롤러 320 mm	각체인부착 고무롤러 375 mm
	여동롤러	원목 손상방지용 3개	
송재속도		3.3 (m/초), 유량 160 (ℓ/분)	3.9 (m/초), 유압량 200 (ℓ/분)
체인톱		0.404"피치 11매 기어스프라켓 20"가이드바 VOLVO F11-10cc 모터	0.404"피치 11매 기어스프라켓 23"가이드바 VOLVO F11-10cc 모터
규격 (mm)		1,320×840×880	1,597×960×950
중량 (kg)		680	820
유압량		210 (kg/cm ²), 140 (ℓ/분)	210 (kg/cm ²), 200 (ℓ/분)
로테이터		GV 104(전선회장치 옵션)	
설정		원목길이 설정 : 3자리수 (예 : 2.15m) 정지점 설정 : 표시치=설정치로 정지	
표시		재장선택 : 5종 재장선택 LED램프 재장현재치 : 표시기 3자리수 최대 9.99m	
조작		로테이터 : 페달, 그래플 : 개폐스위치, 송재롤러 : 개폐스위치, 정역송재 : 정역스위치 자동송재가능, 체인톱 : 상하스위치	

로테이터는 360도 전선회가 가능하고 센서설정은 원목길이 3자리수로 설정하고 재장선택은 5종, 재장선택 LED램프가 부착되어 있다. 조작 장치로는 로테이터는 페달로 그래플 집계는 개폐스위치(손 사용), 송재롤러는 개폐스위치(손 사용), 정역송재는 정역스위치로 자동송재가 가능하고 체인톱은 상

하스위치로 실시한다. 주요한 특징은 집적된 가지부착 전목을 임내로부터 목재를 들어올리기 쉬운 점과 축척의 정밀도가 높은 점이다. 프로세서 작업시간의 약 40%은 전목을 들어올려 소정의 위치에 세트하는 시간이다.

4. 프로세서의 개발 목표

가. 외국의 개발 개요

프로세서는 가장 빠른 시기로부터 목재처리기계로서 개발되어 왔지만, 1970년대를 거쳐서 체인톱에 의한 인력벌도, 프로세서에 의한 가지훅기, 통나무자르기라는 부분적인 기계화시스템이 아주 보급되어 일반적인 작업형태로 되었다. 이 시기의 프로세서는 인력벌도를 전제로 한 것으로서 벌도재를 처리장치에 보급하는 그래플·크레인을 가진 2그립방식의 기계였다. 또한 1그립방식 중에서 스트레이트봄식은 아주 선구적인 기계이며, 오늘날 북유럽에서는 중요성이 상대적으로 낮아졌지만 대면적의 개별작업에서는 변함없는 강력한 기계이다. 이러한 작업이 많은 북미에서는 펠러번처나 스키더를 조합해서 오늘날에도 많이 이용되고 있다. 또 너클봄방식의 1그립 프로세서가 출현한 것은 1970년대의 후반부터였다. 어느 것이든지 프로세서에 의한 부분적 기계화시스템은 주벌·간벌 함께 대규모의 작업에는 그 후로도 이용되고 있다.

1970년에 들어와서 펠러번처가 출현하여 벌도에서 가지훅기·통나무자르기를 거치는 모든 공정을 기계로 처리하는 완전기계화시스템이 출현하였지만, 그러나 이 시스템은 펠러번처와 프로세서의 생산성을 공정간에 맞추는 것이 아주 어렵다는 점이 원인으로 인기가 높은 시스템은 못 되고 일부의 주벌작업에 이용되는 것에 불과하였다.

1980년대에 들어와서 벌도에서 통나무자르기까지 행해지는 하베스터가 개발되어 지형이 완만한 곳이 많은 북유럽에서는 포워더와 조합한 완전한 기계시스템이 다음으로 프로세서시스템을 대신하여 가장 일반적인 작업시스템

으로 되었다. 그 이유는 겨우 2종류의 기계만으로 작업이 이루어지기 때문에 이동경비도 작게 되고 소규모작업에도 충분히 적용할 수 있기 때문이었다. 하베스터에도 기구적으로는 2그립과 1그립의 2종류가 있다. 2그립은 개발당초에 보여진 형식으로 주별용으로 이용되어 왔으며, 1그립은 제2세대의 하베스터로서 개발되어 그의 출현에 의해 간벌작업의 완전기계화가 아주 효과적으로 행해질 수 있었다.

나. 프로세서 개발기의 목표 설정

(1) 시작기의 목표 사양

본 연구 개발에서 프로세서 개발기 헤드의 목표사양은 아래와 같으며, 베이스머신은 7톤 0.3m³급의 굴삭기를 사용하도록 하였으며, 이 굴삭기의 유량과 유압, 중량 등을 고려하여 프로세서 헤드의 사양을 결정하였다.

또한 프로세서의 기능적 제원은 기존 외국 프로세서의 각종 기능과 성능 분석을 통하여 사양을 결정하였으며, 사용된 굴삭기의 규격을 감안하여 결정하였다. 기본적인 개발기의 프로세서 사양은 다음과 같다.

- ① 크기 : 전장 1,400mm, 전폭 1,000mm, 전고 1,400mm 이하
- ② 집계 벌림폭 : 1,000mm 내외
- ③ 중량 : 1,000 kg 이하
- ④ 송재장치 : 2롤러 방식
- ⑤ 송재능력 : 1,300~1,500 kg, 2.5m/sec 이상
- ⑥ 가지훅기 방식 : 칼날방식
- ⑦ 가지훅기 원목직경 : 5~50cm
- ⑧ 가지훅기 가지직경 : 5cm 이하
- ⑨ 절단방식 : 유압구동 체인톱 방식
- ⑩ 최대 절단가능 직경 : 50 cm
- ⑪ 길이 계측장치 : 기어 회전식(로터리 엔코더 방식)
- ⑫ 직경 계측 장치 : 그래플 열림 각도 측정 방식
- ⑬ 헤드의 선회각도 : 360도 전선회
- ⑭ 체인오일 : 작동유 사용

- ⑮ 최대허용 하중 : 1,000 kg
- ⑯ 조작방식 : 노브식 콤비네이션 스위치 방식
- ⑰ 유압압력 : 200~250 kg/cm²
- ⑱ 유량 : 150~200 l/min이하
- ⑲ 헤드연결방식 : 매달림식
- ⑳ 적용 베이스머신 : 0.3m³급 너클붐식(관절식) 굴삭기

(2) 시작기 헤드의 설계 도안

시작기 헤드의 기본적인 설계도안은 우리나라에 기 보급된 스웨덴제 싱글 그립 SP 450 프로세서를 벤치마킹하여 전체적인 구조와 형태를 결정하였다.

그림 2-16은 시작기 헤드의 기본적인 설계도안을 나타낸 것이다.

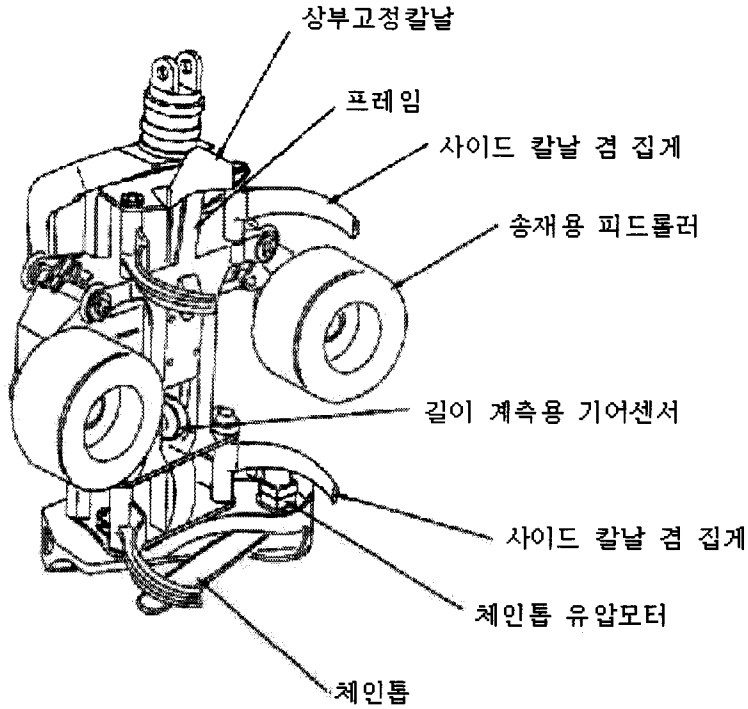


그림 2-16. 시작기 헤드의 기본적인 설계도안

다. 굴삭기 부착 조제기 제원 및 특성

개발된 프로세서의 목표치와 개발 완료된 시작품을 비교해 보면 표 2-3과 같이 성능면에서나 형식면에서 목표치를 달성한 것을 알 수 있다.

자세한 내용 중 크기는 폭과 길이가 목표치보다 약간 작게 제작되었고, 송재장치 중 송재속도는 2.5m/s로 나타났다. 절단방식은 체인톱날 방식으로 디스크 방식에 비해 작업능률이 효율적인 것을 채택하였다. 또한 프로세서 헤드의 핵심부분이라 할 수 있는 축척장치는 기어회전 펄스식으로 엔코더의 회전에 따라 원목의 길이가 측정되고 사이드 칼날 겸 집계의 개구폭으로 원목의 재적을 측정할 수 있다.

표 2-3. 프로세서의 제원

형 식	내 용	목 표 치	개 발 시 작 품
규 격	폭(mm)	1,000	800
	길이(mm)	1,400	1,300
	높이(mm)	1,400	1,400
송 재 장 치	형 식	2 롤러스파이크	2 롤러스파이크
	송재력(kg)	1,300~1,500	1,500
	재송속도(m/s)	2.0 이상	2.5 이상
가 지 훑 기 장 치	형 식	3칼날 고정식	3칼날 고정식
	절단가능직경(cm)	5 ~ 50	5 ~ 50
토 막 내 기 장 치	절단방식	체인톱	체인톱
	톱날길이(cm)	45	45
축 척 장 치	형식	기어회전 펄스식	기어회전 펄스식
중 량(kg)	헤드	1,000	760
	전체	9,000	8,200
최대허용 하중(kg)		1,000	1,000
선 회 각 도		360° 전선회	360° 전선회
체인오일 탱크용량		4 ℓ	4 ℓ
조 작 방 법		노브식 콤비네이션 스위치 2개	노브식 콤비네이션 스위치 2개
유 압 력(kg/cm ²)		220	220
유 압 량(ℓ/분)		150	150
최대작업가능 원목직경(cm)		50	50
작업가능 가지직경 (cm)		5cm 이하	5cm 이하
적용 베이스머신(m ²)		0.25~0.3	0.25

헤드의 중량은 760kg으로 당초 목표치에 줄어들었고, 베이스머신 본체 무게는

8,200kg이었다. 기본 베이스머신으로 채택한 Solar 70Ⅲ의 무게 6.8톤보다 무거운 것은 유압라인 개조나 유압호스 내의 유압오일이 충전되어 있기 때문이다.

조작방식은 노브식 콤비네이션 스위치를 이용하여 2개의 조이스틱으로 전체를 조종할 수 있도록 하였다.

적용 베이스머신은 0.25cm의 굴삭기를 사용하였으나 이것은 최소의 규격이며 이보다 큰 기종을 적용하는 것이 효율적이라고 생각된다.

제 3 절 수종별 임목형질 조사

1. 조사지 개요

조제기를 활용하기 위하여 우리나라에서 적용 가능한 수종의 형태조사를 실시하였다. 조제기를 적용하기 위한 수종은 참나무류 같은 활엽수는 가지의 굵기와 수간의 통직성, 굴곡도, 가지의 견고성 등으로 인하여 적용이 어려울 뿐만 아니라 인공림으로 조성된 면적도 많지 않다. 따라서 조립 10대 수종에 포함되며 제 1, 2차 치산녹화 기간 동안 전국에 많이 식재된 잣나무, 낙엽송, 리기다소나무 등이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 여기에 우리나라의 대표 수종인 소나무를 비롯하여 4개 수종에 대한 임목의 형태조사를 실시하였으며, 조사지는 표 2-4와 같다.

표 2-4. 임목형질 조사지 내역

장 소	수 종	임 령(년)	수 고(m)	경 굵(cm)	비 고
강원 태백 황지	소나무	35	10/6-16	14/6-28	
강원 태백 혈동	낙엽송	45	16/6-18	20/6-44	
경기 양평 지제	낙엽송	35	14/10-17	18/6-32	
경기 양평 지제	리기다소나무	43	13/5-17	20/6-34	
경기 양평 양동	잣나무	34	7/4-10	12/6-20	

2. 수종별 임목 특성

가. 소나무

소나무는 인공림이 거의 없으나 우리나라의 소나무 임분을 주로 이루고 있는 태백산맥 주위인 태백에 조사장소를 선정하였고, 2002년도 5월부터 간벌작업을 실시하는 곳으로 수령은 대부분 30~40년생이며, 자연낙지가 잘 되었다.

또한 소나무는 인공조림지가 적고 대부분 천연림이 많으며 수령 40년생 전후에 간벌기에 도달하여 근원경이 30cm 내외로 프로세서에 의한 조재작업이 가능한 것으로 판단되었다. 임목의 경우에는 가지의 고사지가 낙하하지 않은 상태로 임목에 붙어있으나 벌채시 지면과의 마찰과 넘어지는 충격에 의해 고사지가 부러져 원래의 길이보다 짧아져서 10~20cm 정도의 길이로 남아 있는 것이 대부분이었고, 지역에 따라 다르나 다른 수종에 비해 수간의 굴곡도가 크지만 프로세서에 의한 조재작업시에는 큰 어려움이 없을 것으로 사료되었다.

나. 잣나무

잣나무는 우리나라 잣나무의 주요 조림지인 홍천과 가평, 용문지역에 조사장소를 선정하였다. 잣나무는 가지치기의 유무에 따라 지하고(枝下高)의 차이가 심하며, 본 조사 장소는 가지치기를 실시하지 않아 고사지가 임목에 그대로 부착되어 있었고 고사지가 무려 수고 전체의 80% 정도까지 달려 있었다.

잣나무의 가지특성은 자연낙지가 잘 되지 않으며 고사지가 그대로 붙어있고, 수간이 다른 수종에 비하여 연하고 약하여 프로세서 조재작업시 유의하여야 할 것이다.

다. 낙엽송

낙엽송은 전국 각지에 식재되어 있는 우리나라 대표적인 수종이다. 절간생장을 하지만 잣나무, 소나무 같은 수종과는 달리 자연낙지가 잘 되고 굵은 가지가 다른 수종보다 적다. 또한 벌도시 지면과의 마찰과 충격으로 가지들

이 대부분 부러지는 특징이 있으며, 원구에서 최초 가지가 나타나는 부분이 다른 수종에 비해 길며 칼날에 의한 가지훅기도 다른 수종에 비해 비교적 쉬울 것으로 나타났다. 또한, 초두부에 가까울수록 굵은 가지가 나타나는 것으로 조사되었다.

라. 리기다소나무

리기다소나무는 경기도 지역을 중심으로 연료림 조성을 위하여 마을 주변에 많이 식재되어 있으며 경기도 용문지역은 대규모 조림지가 많다. 리기다소나무는 재질이 좋지 않아 일반 용재로는 사용하지 못하고 펄프용재로 많이 생산되고 있으며 수령 30년생 전후의 임분을 새로운 용재림 조성을 위해 갱신하고 있으며 또한 푸사리움 가지마름병으로 간별되고 있는 양이 많다.

리기다소나무의 특징으로는 다른 수종에 비해 최초 가지 출현거리가 짧고 별도로 지면과의 마찰과 충격에도 부러지는 가지가 거의 없는 것으로 나타났다. 자연낙지는 거의 이루어지지 않으며 고사지도 그대로 붙어 있어 프로세서 작업시 유의하여야 할 것이다.

3. 수종별 조사내역

각 수종별 수령, 수고, 원목의 근원경, 흉고직경, 중량, 가지의 개수, 직경, 각도, 절간길이, 무게 중심 위치 등을 조사한 결과 평균과 최대치는 표 2-5 및 2-6과 같다.

수령은 30~40년생으로서 간별적기에 해당하는 임분에서 조사하였다. 수고는 낙엽송이 가장 크고, 리기다소나무와 잣나무가 평균 12m 정도 되었다. 흉고직경은 20cm 전후이며, 임목의 형태조사를 근거로 하여 조재기의 작업가능 원목직경을 30cm 정도로 개발목표를 설정하였다. 각 수종별 최대 근원경의 직경이 30cm 이상의 본수가 소나무는 5본(20%), 잣나무는 3본(12%), 낙엽송은 5본(20%), 리기다소나무는 0(0%)본으로서 소나무와 낙엽송이 비교적 높지만 조재기에 의한 작업은 수령 30~35년생까지는 가능하리라 여겨진다.

표 2-5. 각 수종별 임목형태 요소 (평균값)

수종	조사장소	본수(본)	수령(년)	수고(m)	흉고직경(cm)	근원경(cm)	중량(kg)		가 지			절 간		무게중심	
							전체	원구	갯수	직경(mm)	각도(°)	길이(cm)	중앙직경(cm)	위치(m)	직경(cm)
소나무	강원태백	25	35	15.1	20.6	27.2	299.6	148.9	5.1	39.2	63.9	60.9	14.6	5.7	16.2
잣나무	경기용문	25	30	11.7	18.5	22.1	285.4	122.2	5.6	34.9	71.9	49.6	13.3	5.1	15.2
낙엽송	경기용문	25	38	20.4	21.4	24.4	333.3	184.2	2.9	33.6	71.0	73.4	16.2	7.0	17.5
리기다소나무	경기용문	25	40	11.7	17.4	20.8	197.6	95.7	3.4	39.8	68.5	47.3	14.5	5.1	14.0

가지의 개수에 있어서 가장 많은 수종은 잣나무로서 7개이며 평균적으로 5개 정도 되어 칼날의 제작시 전체 가지가 잘릴 수 있도록 칼날의 각도를 조정하여야 할 것이다. 최대 7개의 가지를 갖고 있는 잣나무의 경우 가지가 분포되어 있는 각도가 51도 이며, 3.9개가 부착되어 있는 리기다소나무의 경우 90도 마다 가지가 한 개씩 붙어있다.

표 2-6. 각 수종별 임목형태 요소(최대값)

구 분	소나무	잣나무	낙엽송	리기다소나무
가 지 수(개)	5.9	7.0	4.6	3.9
가지직경(mm)	39.0	40.9	45.0	39.5
가지각도(°)	67.6	74.2	77.0	75.0
절간길이(cm)	66.2	56.8	109.8	51.6
절간중앙직경(cm)	19.0	19.2	19.0	16.9
근 원 경(cm)	34	32	36	30
흉고직경(cm)	29	27	30	25
중 량(kg)	526	636	616	482

전목재 원목의 중량은 최대 636kg으로서 송재능력과 로테이터 최대허용하

중을 고려하였고, 또한 차량도 버켓 용량이 0.25m³인 대우 굴삭기 Solar 70Ⅲ를 기본차량으로 선정하였다.



그림 2-17. 중량측정 (1)



그림 2-18. 중량측정 (2)



그림 2-19. 소나무의 가지형태



그림 2-20. 잣나무의 가지형태

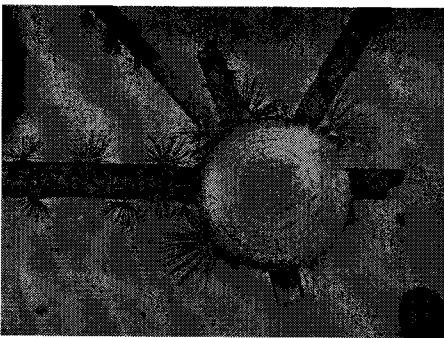


그림 2-21. 낙엽송의 가지형태



그림 2-22. 리기다소나무 가지형태

4. 가지 전단력 시험

가. 가지 전단력 시험 기구 제작

프로세서의 기계적인 구조는 유압에 의해 피드롤러를 돌려주어 그 회전력에 의하여 부착된 칼날의 절단력을 통하여 가지치기 작업을 실행한다. 이때 칼날 각도에 따라서 가지치기 작업의 능률에 많은 영향을 미치게 된다. 또한 칼날의 각도와 잘려나가는 가지의 각도도 중요하여 이를 구명하기 위하여 칼날각도가 가지치기에 미치는 전단력 시험을 실시하였다. 본 시험을 하기 위해서 그림 2-23과 같이 전체길이 500mm, 폭 250mm의 전단시험을 위한 기구를 설계 제작하였다. 그림 2-23의 우측은 상판의 프레임과 하판의 프레임이 서로 조합 제작되어 칼날의 배치각도를 준 상태에서의 평면도이다.

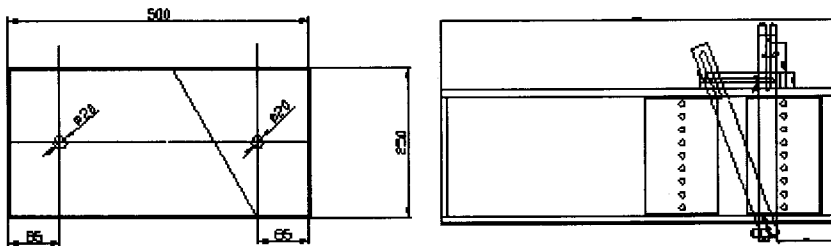


그림 2-23. 가지 전단장치 설계도

가지의 각도 구분은 20°와 30°로 구분하였고, 그림 2-24 및 2-25와 같이 프레임 하부에 가지를 꽂을 구멍을 50mm 간격으로 뚫고, 구멍의 개수는 임목의 최대 가지 개수인 9개를 설치하였다. 상판의 프레임은 하판 프레임과 맞추어져서 가지의 각도를 이루어지도록 장치하였다.

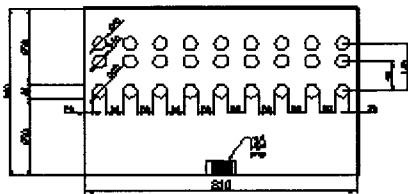


그림 2-24. 하판 프레임

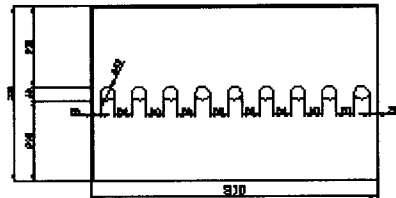


그림 2-25. 상판 프레임

그림 2-26은 가지 전단력 시험 제작 전단장치의 측면도와 정면도이며 실린더를 신축, 이완시키면서 작동하고 로드셀을 통하여 가지 전단력의 결과가 측정된다.

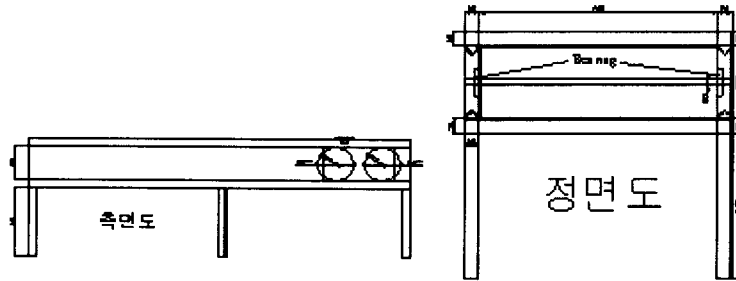


그림 2-26. 전단력 시험장치 설계도

나. 칼날 제작

가지 전단력을 시험할 칼날의 각도는 그림 2-27과 같은 바, 15°, 30°, 37°, 45° 등 4종류로 제작하였다. 현재 외국에서 사용되고 있는 프로세서의 칼날 각도는 보통 30°에서 40°사이이며, 본 시험에서도 칼날의 각도는 30°와 37°를 각각 시험하였다. 이들 4종류의 칼날에 대한 가지의 전단력을 시험하여 칼날 각도 중 전단력이 가장 적은 칼날의 각도를 선택하여 개발되는 프로세서에 적용하도록 하였다.

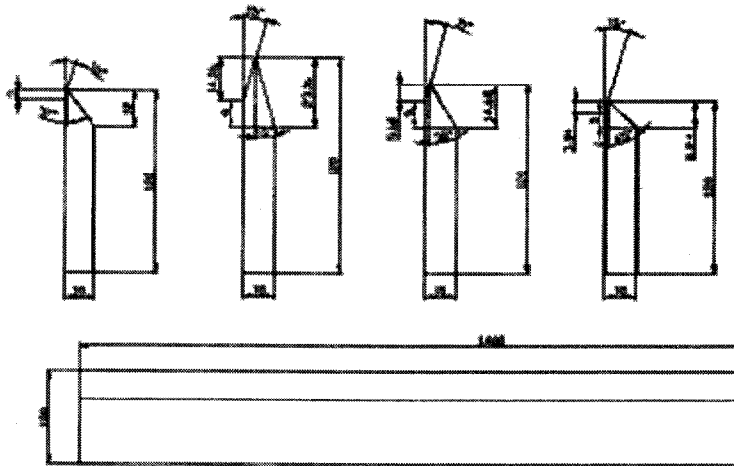
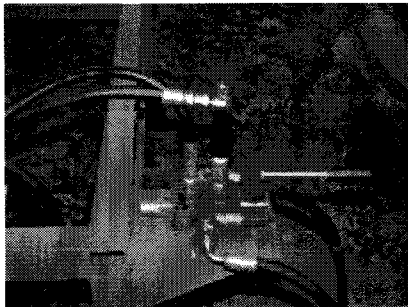


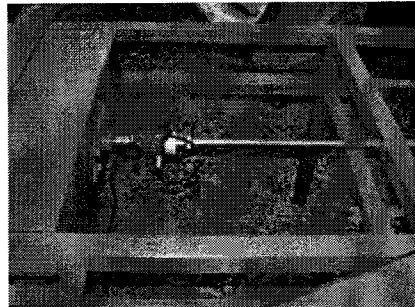
그림 2-27. 각도별 제작된 칼날 규격

다. 시험방법

가지의 전단력을 측정하기 위한 장치는 그림 2-28에 나타낸 바와 같이 전단용 칼날을 유압장치에 연결하였으며, 실험에 사용된 유압은 트랙터의 작업기 유압라인을 이용하여 실시하였다. 전단 칼날은 그림 2-28에서와 같이 프레임에 일정각도로 고정되어 있으며, 그 위치를 전단 상자가 왕복하면서 가지를 전단하도록 하였다. 가지 전단시 발생하는 전단력은 인장 압축용의 하중 변환기를 이용하여 측정하였으며, 하중변환기로부터 출력된 전기 신호는 A/D 변환을 하여 개인용 컴퓨터를 통해 그 값을 저장 분석하도록 하였다.



유압밸브



로드셀 설치광경



칼날설치



가지치기 전단력 시험

그림 2-28. 전단력 시험장치

라. 시험결과

(1) 각 수종별 전단력

가지치기 전단력 시험의 대상 수종은 잣나무, 리기다소나무, 소나무 등 3

수종을 선택하였다. 낙엽송의 경우 자연낙지가 잘되는 수종 자체의 특성으로 말미암아 가지를 얻기 힘들어서 시험을 실시하지 못하였다.

가지의 평균직경이 28.5mm 이며, 칼날각도 15°일 때 3개 수종의 전단력 시험 결과를 살펴보면 표 2-7과 같다. 표에서 나타난 바와 같이 가지각도는 칼날과의 예각 상태인 20°일 때가 30°일 때보다 전단력이 낮은 것을 알 수 있다.

또한 수종별 전단력은 대체적으로 리기다소나무의 전단력이 가장 높고, 잣나무와 소나무는 거의 비슷한 수준으로 나타났다.

표 2-7. 각 수종별 전단력 시험 (칼날 각도 15°) (단위 : kg)

수 종 가지각도	리기다소나무	잣나무	소나무
20°	338.9	318.4	318.5
30°	354.8	323.8	322.7

(2) 칼날 각도별 전단력

칼날의 각도별 전단력 시험은 가지의 평균직경 28.5mm를 사용하였고 칼날의 각도는 15°, 30°, 37°, 45°등 4종류에 대하여 실시하였다. 가지의 개수는 1개, 2개, 3개로 구분하여 실시하였는데 각 수종별 임목형태 조사에서 가지의 개수가 3~5개 정도인 관계로 전단력 조사가지 개수는 3개까지 조사하였다. 가지 1개에 대한 전단시험 결과 칼날각도에 따라 가지 전단력이 45° > 15° > 37° > 30°의 순으로 나타났다. 또한 가지 2개의 경우는 칼날각도에 따라 가지 전단력이 30°가 가장 높고, 15° > 37° > 45°의 순으로 나타났다. 가지 3개는 칼날각도에 따라 가지 전단력이 15°가 가장 높고, 30° > 45° > 37°의 순으로 나타났다. 이 결과를 종합해 보면 칼날의 각도 37°의 전단력이 타 각도에 비해 비교적 낮게 나타나 개발 목표 프로세서의 칼날은 37°를 선택하여 칼날제작에 적용하였다. 이상의 결과를 그림으로 나타내면 그림 2-29, 2-30 및 2-31과 같다.

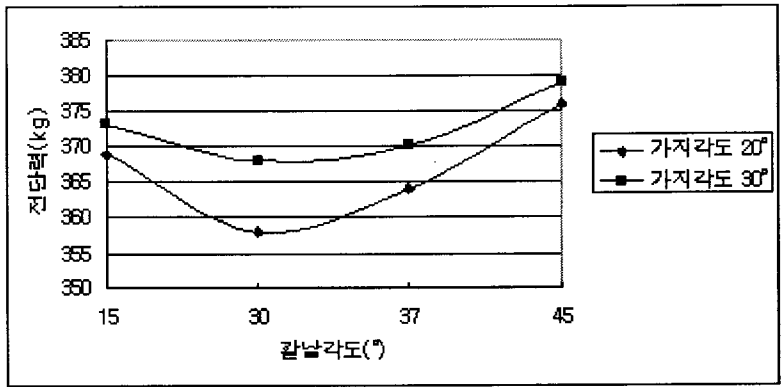


그림 2-29. 가지 1개의 전단력

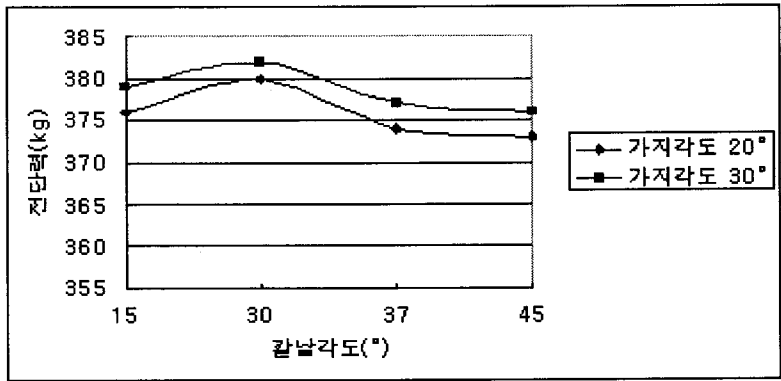


그림 2-30. 가지 2개의 전단력

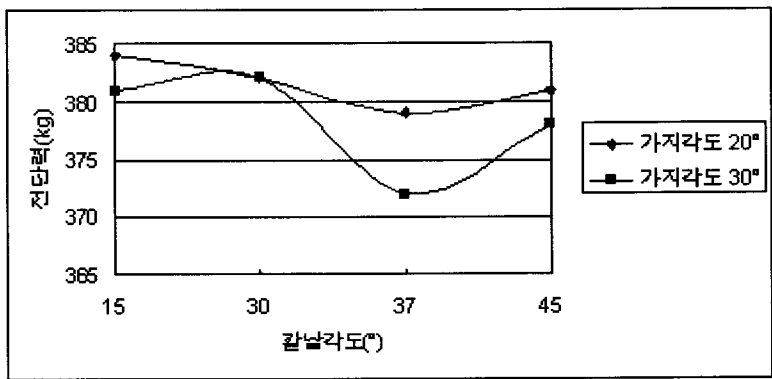


그림 2-31. 가지 3개의 전단력

제 4 절 기본차량 선정 및 유압라인 변경제작

1. 국산 굴삭기 규격 비교 및 기본차량 선정

앞에서 검토된 기존 프로세서 및 적용 가능한 임목형질 조사 분석내용을 토대로 국내에서 생산되는 기본차량에 대한 제원 및 특성을 고려하여 제 기능을 비교 검토하였다.

표 2-8. 국내 생산 굴삭기 규격 비교

구 분	단 위	D 사	D 사	V 사	H 사	
		S70-III	S55-VGP	EC55B	Robex 555MVP	
장비중량	ton	7.2	5.55	5.1	5.4	
버켓 용량	CECE	m ³	0.25	0.15	-	0.15
	PCSA	m ³	0.28	0.173	0.176	0.18
엔진	정격출력	ps/rpm	57/2,100	54/2,200	51/2,100	54/2,300
	최대토크	kg-m/rpm	20/1,800	18.5/1,400	20.4/1,400	19.4/1,600
시스템압력 (작업/주행)	kg/cm ²	280	210/210	210/190	220	
선회속도	rpm	13.3	9	9.5	9.9	
주행속도	km/h	5.0/3.5	3.7/2.1	2.2/4.1	2.3/4.3	
등판능력	도	35	35	35	35	
슈 폭	mm	450	400	350	400	
접 지 압	kg/cm ²	0.35	0.31	0.32	0.31	
굴삭력	버 켓	ton	5.13	3.7	3.7	4.2
	압	ton	3.6	2.6	2.7	2.8
작업 범위	최대굴삭반경	mm	6,290	6,150	6,100	6,100
	최대굴삭깊이	mm	4,100	3,820	3,820	3,820
	최대굴삭높이	mm	7,190	5,760	5,770	5,652
	최대덤프높이	mm	5,170	4,030	4,105	4,010
	후단선회반경	mm	1,750	1,650		
	최소선회반경	mm	1,720	2,375		
수송 제원	전 장	mm	6,275	5,850	5,900	6,004
	전 폭	mm	2,250	1,885	1,900	1,865
	전 고	mm	2,565	2,575	2,548	2,548
	최저지상고	mm	370	350	380	325
	트랙길이	mm	2,750	1,990		
	트랙중심거리	mm	1,750	1,480	1,950	1,445
도자브레이드 (폭×높이)	mm	2,250×370	1,880×350	1,920×350	1,865×350	

검토 결과 D사의 7톤급 케도형 소형굴삭기가 개발하고자 하는 목표에 부합되는 장비로 선정되었다. 선정된 가장 큰 이유는 엔진출력, 사용 가능한 유량 등 금번 프로젝트에서 개발하고자 하는 조재기가 기본적으로 갖추어야 할 기계적 특징 및 성능을 가지고 있었으며, 특히 임내에서의 주행성 및 작업의 편리성 등을 고려하여 케도식 소형 굴삭기인 본 모델을 선정하게 되었다. 검토대상 기종에 대한 각 굴삭기별 일반적인 특성 및 제원은 표 2-8과 같다.

본 기본차량에 사용된 유압펌프는 액시얼피스톤 형식의 토출유압 280kg/cm², 펌프는 2연으로서 최대토출 유량은 각각 75.6ℓ/min으로 동시에 최대 150ℓ/min의 유량이 공급될 수 있다.

2. 유압라인 변경제작

조재기는 앞서서도 언급한 바와 같이 유압 구성품의 성능이 조재기의 기능을 좌우하므로 조재기를 동작시킬 수 있는 충분한 유압 및 유량의 확보를 위해 암반 굴착을 위해 설치되어 있는 브레이커 유압라인을 개조하였다. 굴삭기 MAIN CONTROL 밸브의 우측 2번째 연에서 유압을 인출하여 조재기의 동력원으로 사용하고 적정사용 유량을 감안하여 굴삭기 붐과 암의 좌,우 측면에 3/4" P, T 배관라인을 설치하였다.

굴삭기의 릴리프 밸브는 약 330kg/cm²로 설정되어 있어 붐에 배관된 P라인의 중간에 별도의 릴리프 밸브를 장착하여 조재기의 최고 사용압력을 설정하도록 하였다. 이 때 릴리프 밸브 설정 압력은 250kg/cm²이다.

한편, 굴삭기에 조재기 동작을 위한 유압배관 탈부착의 편리함을 위하여 암의 끝단 배관라인에 콕커플링을 장착하였으며, 콕커플링은 이물질이 묻었을 경우 청결을 유지하기 위하여 면(FLAT FACE) 타입으로 장착하였다. 유압라인 배관 개조작업 광경은 그림 2-32와 같다.

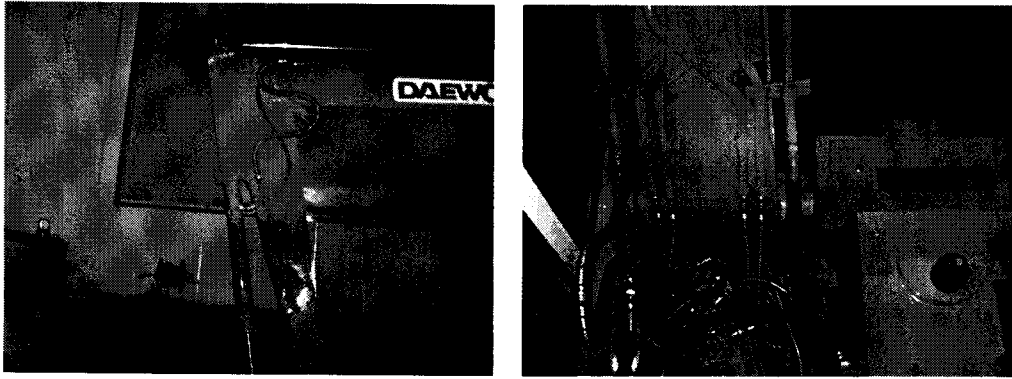


그림 2-32. 유압라인 개조 광경

제 5 절 조재기 설계 제작

1. 조재기 메인 프레임 설계제작 및 각 기능품 조립

조재기의 각 단품별 특성을 파악한 후, 기본차량으로 선정된 궤도형 소형 굴삭기(7톤급)의 허용유량 및 이에 적합한 메인콘트롤 밸브, 피드롤러 모터 및 쏘우모터 등의 부품을 선정하였다.

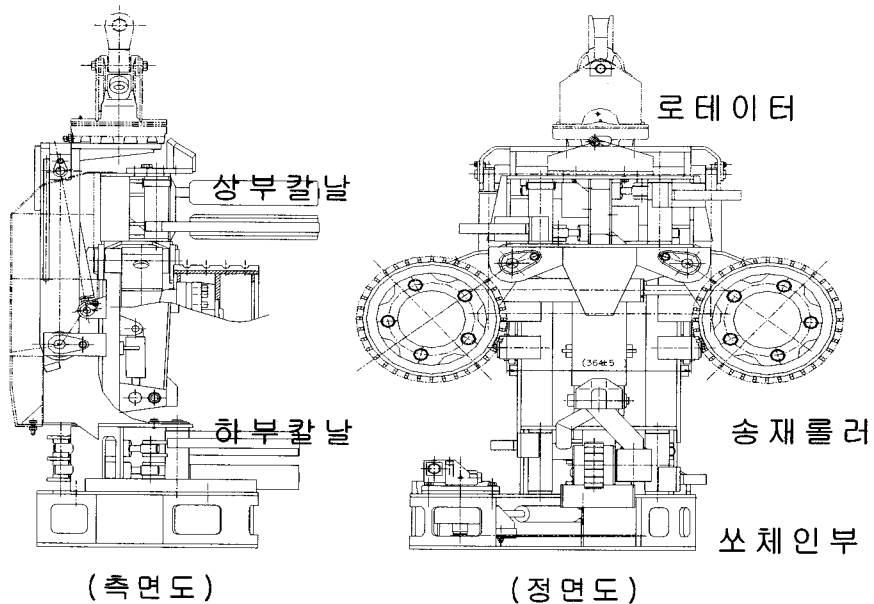


그림 2-33. 조재기 메인프레임 개념도

이 가운데서 조재기 유니트의 가장 중요한 부품인 송재롤러, 쏘우체인부 및 칼날 부분의 단품별 특성을 분석하여 전체 조립을 위한 각 단품별 설계 제작과 조립을 실시하였다. 각 부의 주요명칭은 그림 2-33의 개념도와 같다.

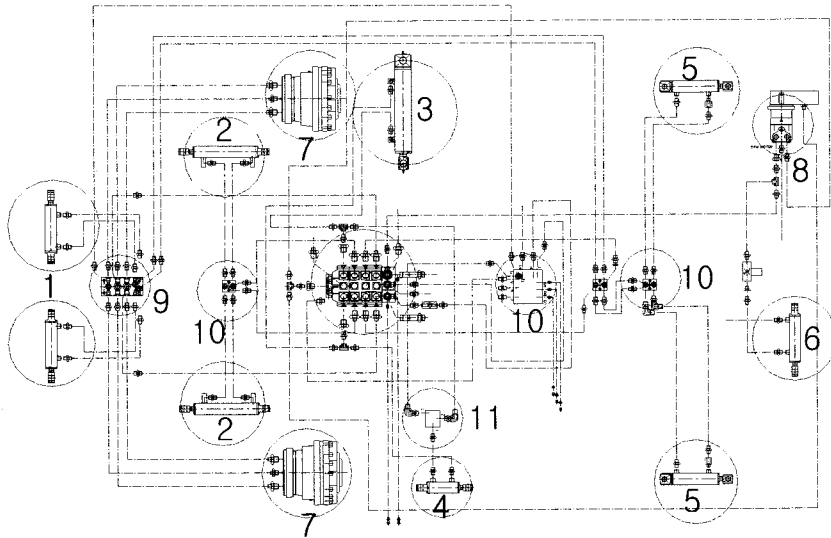


그림 2-34. 유압배관도

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Upper limbing knife cylinder | 7. Feedroller motor |
| 2. Tilting cylinder | 8. Saw driving motor |
| 3. Clamp cylinder | 9. Hydraulic control block |
| 4. Cylinder for length measuring wheel | 10. " |
| 5. Tilting cylinder | 11. Relief valve |
| 6. Cylinder for saw guide bar | |

그림 2-34에서 보는 바와 같이 조재기는 각종 기능품을 작동시키는 여러 개의 실린더와 모터 및 밸브 등으로 구성되어 있다. 1은 가지치기용 칼날을 구동시키는 상부에 부착된 실린더이고, 2는 조재기를 세워 20cm 이하의 원목을 벌목할 수 있도록 하베스터의 기능을 발휘할 수 있는 틸팅용 실린더이다. 또한 3은 집재된 원목이 지면에 있을 때 칼날을 벌려 원목을 잡을 수 있는 기능을 하는 칼날 작동용 실린더이며, 4는 직경 측정용 엔코더를 작동시키는 실린더이고, 5번의 실린더는 2번과 같은 기능을 하는 실린더로 조재기 유니

트의 하부에 부착되어 있다. 한편, 6번은 쏘우체인이 원목을 절단하도록 가이드 바를 내려주는 역할을 하는 실린더이고, 7, 8번은 모터로서 피드롤러와 쏘우의 동작을 원활히 해주는 역할을 하고 있다. 9, 10번은 유로를 변경해주는 블록이며, 11번은 유량을 조절해 주는 릴리프 밸브, 배관도 가운데 있는 밸브는 전체 유량 및 유압을 조절하는 디렉셔널 콘트롤 밸브이다.

2. 피드롤러 (Feed roller)

송재롤러는 조재기의 그래플로 원목을 잡은 후, 가지치기를 위하여 원목을 좌우측에 부착된 롤러의 힘으로 이송시키는 역할을 하는 장치로 고무롤러, 철제롤러 등이 있으나 본 연구에서는 철제롤러를 기본모델로 선정하여 제작하였다.

가. 피드롤러에 사용된 유압모터

개발되는 조재기에 사용된 피드롤러용 모터는 핀란드 Sampo 사의 BBC-02 모델로서 모터용적 783cc, 최대압력은 450 bar까지 허용할 수 있으며, 특히, 임업분야에서 로테이터와 임업용 차량의 허브모터 및 하베스터 및 프로세서 헤드의 피드롤러용으로 널리 사용되고 있다.

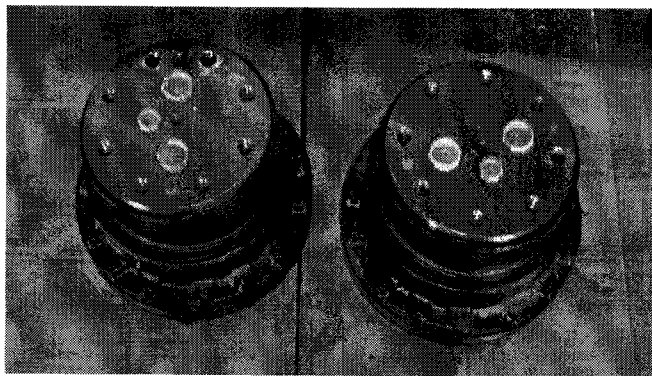


그림 2-35. 피드롤러 모터 (BBC 02)

차량의 허브모터로 사용할 수 있는 가장 큰 이유는 규격이 작아 장비의 최저지상고

의 확보가 용이하다는 특징을 가지고 있다. 그림 2-35는 피드롤러에 사용된 모터이다

나. 피드롤러 브라켓

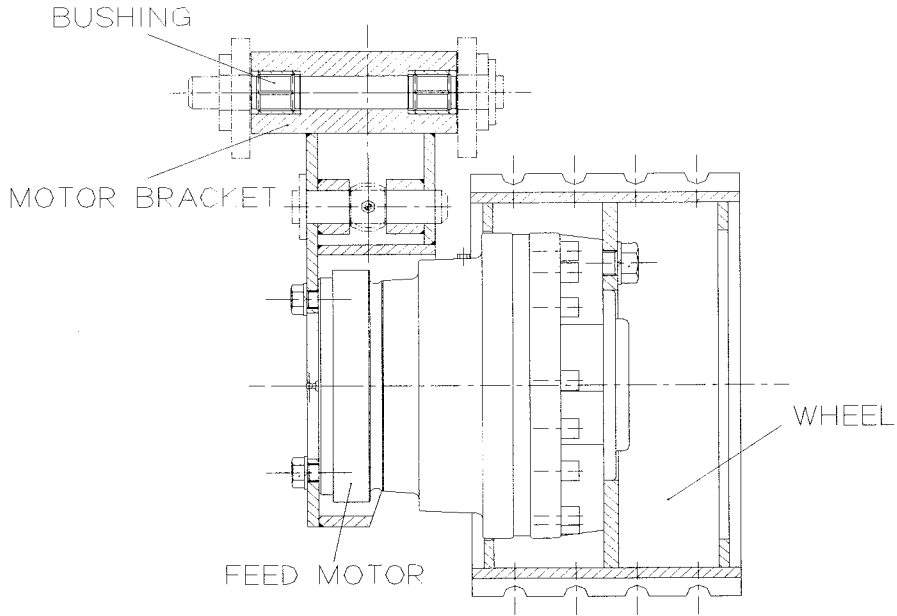


그림 2-36. 피드롤러 브라켓 설계도 (좌)

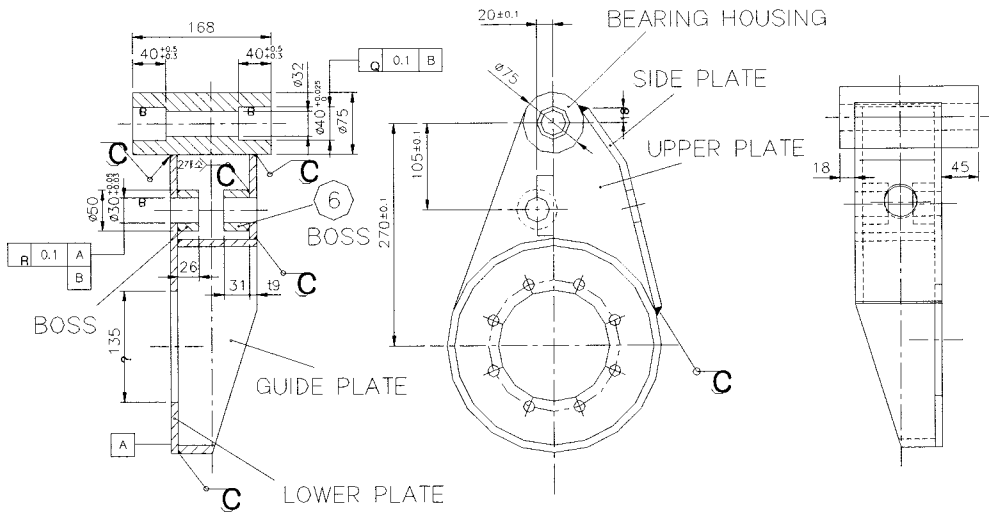


그림 2-37. 피드롤러 브라켓 설계도 (좌)

다. 피드롤러용 실린더

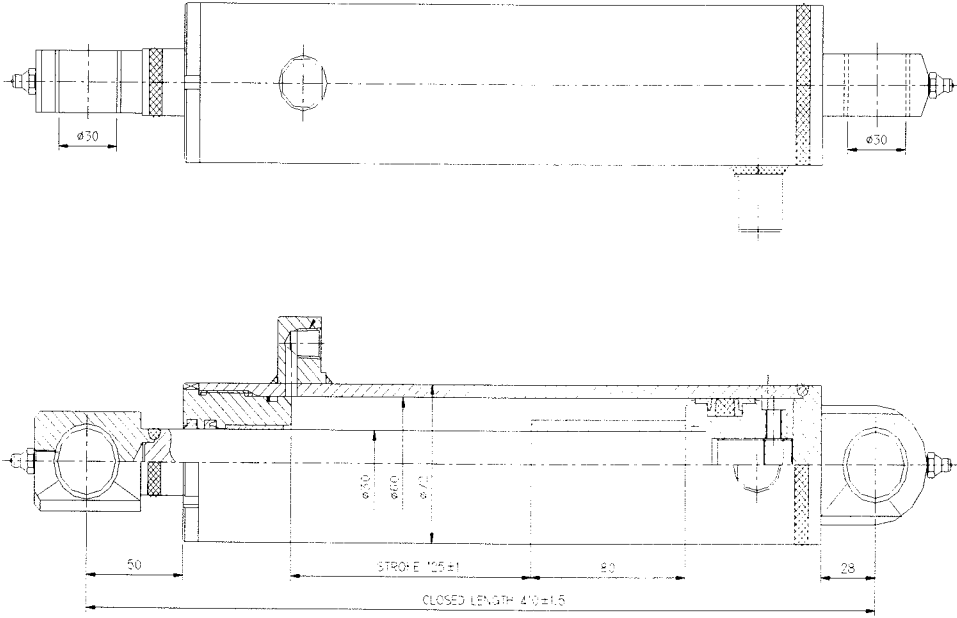


그림 2-38. 피드롤러 실린더 설계도

피드롤러에 사용되는 실린더의 역할은 집재된 원목을 잡을 때 칼날 겸용 그레플과 동시에 벌려 원목을 이송시킬 수 있도록 대상목을 잡을 수 있도록 하는 역할을 하며, 그 제원은 표 2-9와 같다.

표 2-9. 피드롤러용 실린더 제원

Tube 내 경	Φ 60 mm
R o d 외 경	Φ 30 mm
스 트 로 크	125 mm
사 용 압 력	230 kg/cm ²
T e s t 압 력	340 kg/cm ²
사 용 온 도	-30℃~100℃
Extention Force	6,503 kgf
Retraction Force	4,877 kgf

3. 쏘우체인부 설계 제작

가. 쏘우모터

쏘우체인부의 주요 부품은 유압모터, 체인, 가이드바(안내판), 스프라켓 및 체인쏘우를 상하로 움직이는 실린더 등이다. 이 가운데 쏘우체인용 유압모터는 PARKER F11 시리즈 가운데 용량 19cc/rev.를 이용하였다.

본 유압모터의 특징은 고정용적형 모터로서 다양한 분야에서 적용되고 있으며, 고속회전이 가능하고, 작동시 최대압력은 420bar까지 출력을 높일 수 있다. 샤프트와 실린더의 각도가 40도로 굽어 있어 구조가 간단하고, 경량이 다.

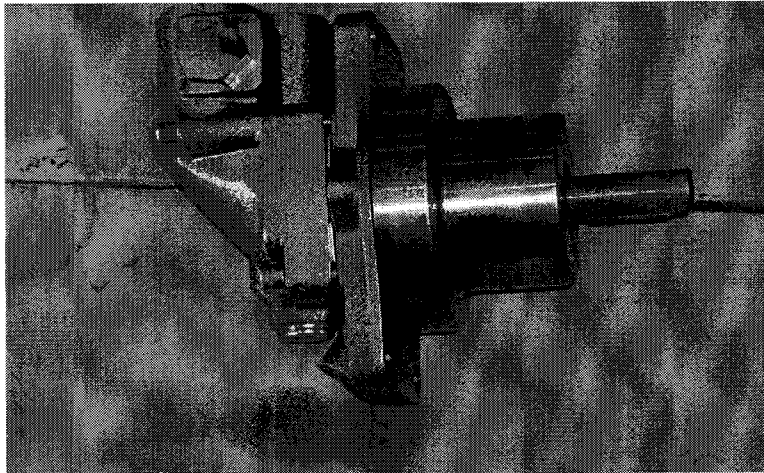


그림 2-39. 쏘우체인부에 적용된 모터

또한, F 11 모터는 하우징 샤프트에 쏘우체인 스프라켓을 직접 연결할 수 있을 뿐만 아니라 스퍼기어는 별도의 추가적인 베어링 없이 모터 샤프트에 연결이 가능하다. 그림 2-39는 조재기의 핵심부분인 원목절단용 쏘우체인부에 적용된 쏘우모터이다. 또한, 그림 2-40은 쏘우모터에 스프라켓 및 가이드바와 체인의 장착을 도식화 한 것이다.

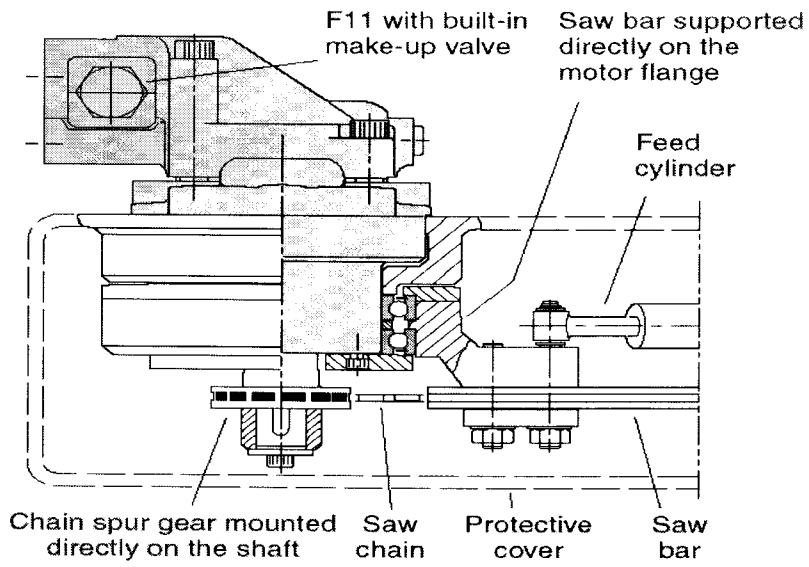


그림 2-40. 쏘우모터 체인쏘우 부착

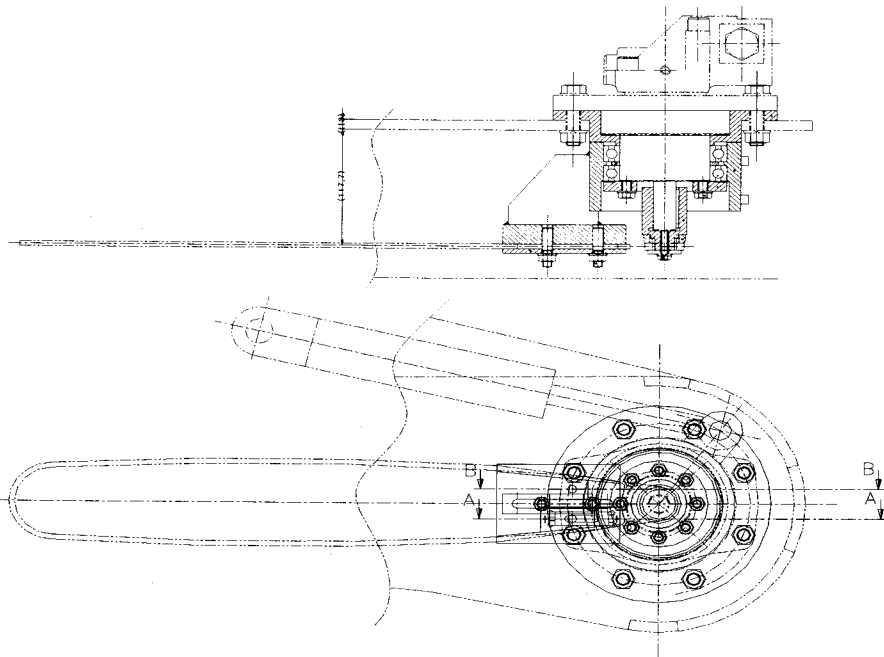


그림 2-41. 쏘우체인 설계도

나. 가이드 바 및 체인

한편, 가이드바는 하베스터 및 프로세서 전용으로 오레곤사 제품을 사용하였고, 가이드바의 길이는 450mm이며, 윤활은 유압작동유가 급유되도록 하였다.

다. 쏘우작동용 실린더

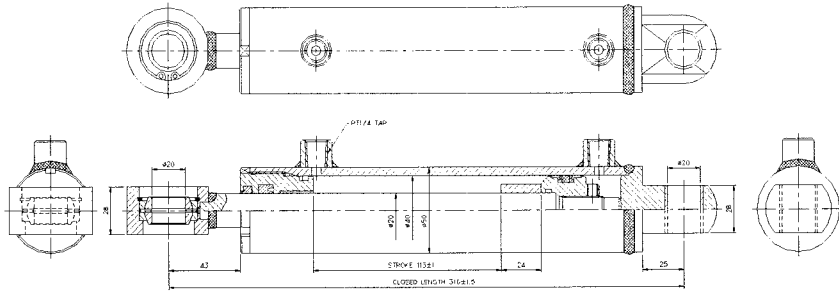


그림 2-42. 쏘우작동용 실린더 설계도

4. 절단부 설계제작

가. 칼날 설계제작

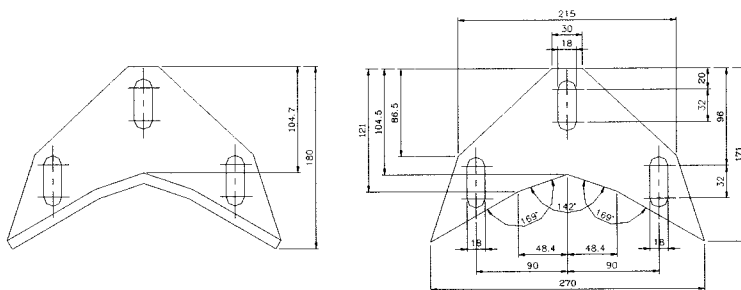


그림 2-43. 고정용 칼날 설계도

가지치기용 칼날은 조재할 수 있는 원목의 규격에 따라 제작되어진다. 즉 칼날의 열림 폭에 따라 작업 가능한 원목의 규격이 결정되고, 보통 소형 프

로세서는 30cm 내외의 원목직경을 잡을 수 있다.

여기에서 칼날은 단순히 가지를 자르는 용도로서가 아니고 집재된 원목을 피드롤러와 같이 벌려 잡을 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한 칼날은 프로세서 헤드 유니트에 고정된 칼날이 상부 및 하부에 2개가 부착되어 있으며, 유니트 좌우의 집게 겸용 칼날은 실린더에 의해 작동이 되도록 설계 제작되었다. 그림 2-43이 고정식 칼날의 설계도이고, 그림 2-44는 집게 겸용식으로 좌우에 부착된 칼날의 설계도이다.

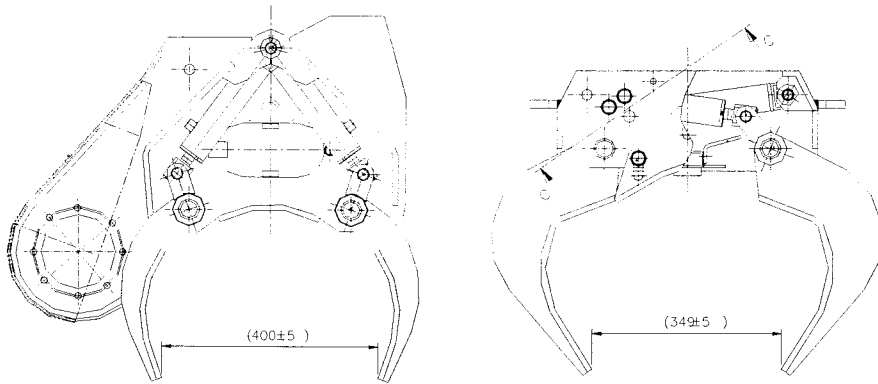


그림 2-44. 집게 겸용 가지치기 칼날의 형상 (좌:하부, 우:상부)

나. 칼날 작동용 실린더

집게 겸용의 칼날 실린더의 특징 및 제원은 그림 2-45 및 표 2-10과 같다.

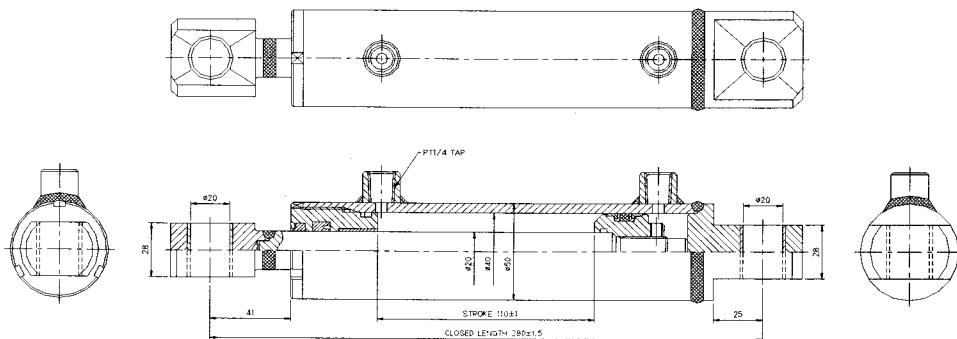


그림 2-45. 칼날 작동용 실린더

표 2-10. 쏘우 실린더 사양

Tube 내 경	Φ40 mm
Rod 내 경	Φ20 mm
Stroke	113 mm
사용 압력	230 kg/cm ²
Test 압력	340 kg/cm ²
사용 온도	-30℃~100℃
Extension Force	2,890 kgf
Retraction Force	2,168 kgf

5. 로테이터 설계제작

본 개발장비에 적용할 수 있는 로테이터는 최대하중 3톤급 이상으로서 기존 스웨덴 인텍세이터 제품이 대부분 사용되었으나, 개발된 조재기에는 국내에서 개발하여 시판 중인 K사의 CR2 모델을 적용하였다. 검토기준은 조재기 유니트의 하중과 원목을 잡고 가지치기 작업을 실시할 때 걸리는 하중에 견딜 수 있는 로테이터를 선정기준으로 하였다.

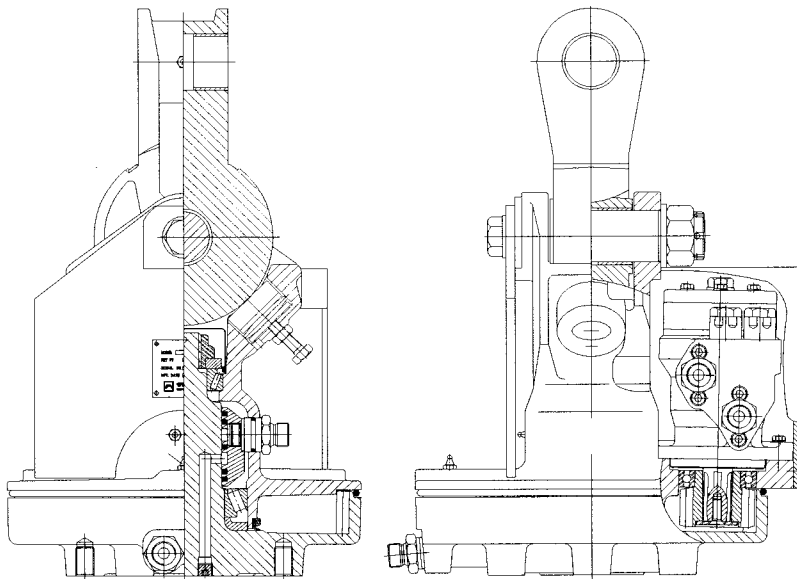


그림 2-46. 로테이터 설계도



그림 2-47. 국산 로테이터 (CR2)

6. 측정장치 설계 제작

가. 길이측정용 엔코더

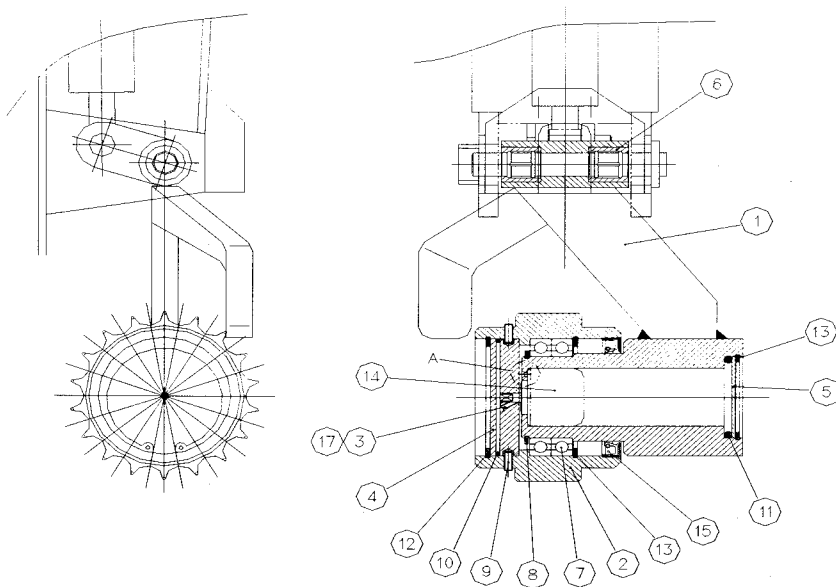


그림 2-48. 길이측정용 엔코더부 설계도

생산되는 원목의 재적산출을 위하여 이송롤러에 의해 이동되는 원목의 재장을 검출하기 위하여 조재기 헤드 유닛의 내부에 휠타입의 재장측정을

위한 로터리식 엔코더를 장착하여 원목이 이송될 때의 이송거리를 측정하여 메인보드 메모리에 재장을 기록하여 직경검측 엔코더에 의해 측정되는 직경과의 연산을 통하여 원목의 생산재적을 산출될 수 있도록 하였다.

여기에 적용된 로터리 엔코더는 섬택(Sumtak) LBL 15 시리즈 인크리멘탈 샤프트 엔코더로 응답 주파수는 100kHz, 최대허용 회전수 5,000rpm, 축허용하중은 액시알축 1kg, 래디알축 2kg이다. 그림 2-48에서 ②가 측정용 휠, ④가 적용된 엔코더이다.

나. 직경측정용 엔코더

직경 측정용 엔코더 또한 길이 측정용 엔코더와 같은 부품을 적용하였으나, 측정방법에 있어 길이측정은 측정용 휠의 회전에 따른 펄스 값을 변환하여 값을 취할 수 있으나, 직경측정은 칼날 검용 그래플의 벌어지는 각도변화에 따른 펄스 값을 취하여 변환한 후 연산을 하도록 설계되었다. 그림 2-49는 직경측정용 엔코더부 전체 설계도로서 번호 ⑧이 엔코더 부착위치이다.

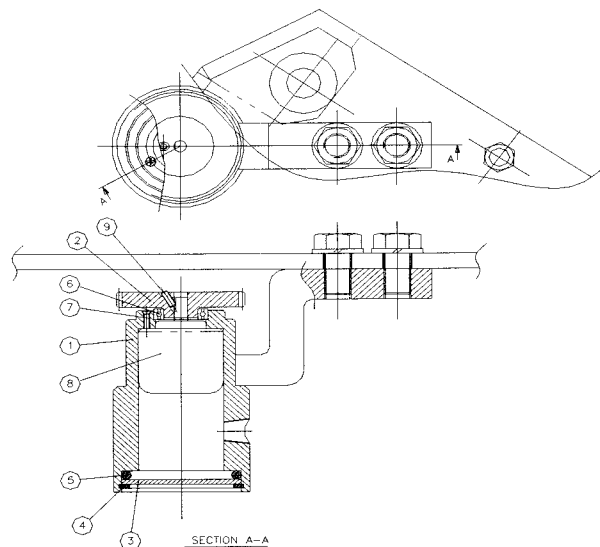


그림 2-49. 직경측정용 엔코더부 설계도

7. 기능품 조립

이상과 같이 각 단품별 설계 및 제작후에 전체적인 프레임의 제작과 배관 등을 고려하여 조제기 유니트의 조립을 실시하였다. 조립광경은 그림 2-50과 같다.

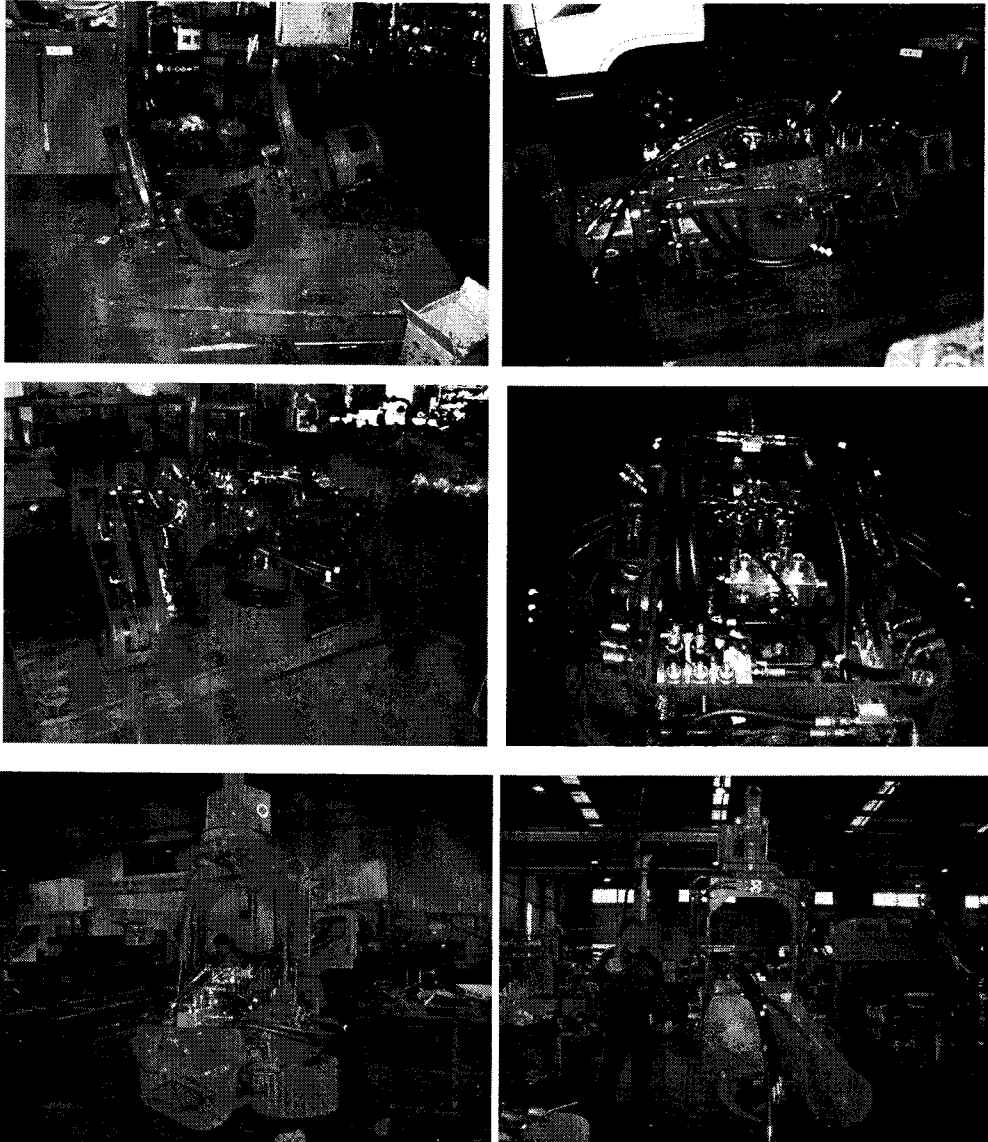


그림 2-50. 조제기 유니트 조립광경

제 6 절 유압작동

1. 개요

조재기는 굴삭기에서 공급되는 유압을 활용하여, 각각의 액츄에이터에 유압을 공급하여 그 힘에 의해 송재용 롤러가 회전함에 따라 원목이 이송되며, 이송되는 순간 칼날이 원목에 붙어 있는 가지를 제거하고, 적당한 길이로 이송된 원목은 생산자가 원하는 길이로 원목을 절단하는 작업 등을 수행하는 다기능 장비이다.

2. 작업장치 작동회로

가. 피드롤러 모터 (Feed Roller Motor)

피드롤러 모터 작동시 굴삭기에서 공급되는 유량은 바로 피드롤러 모터에 연결되며, 또한 기본차량에 별도 솔레노이드 밸브를 부착해 2연 펌프를 연결하여 브레이크 라인을 통하여 유량을 공급함으로써 피드롤러 속도를 배가하였다.(그림 2-51 참조).

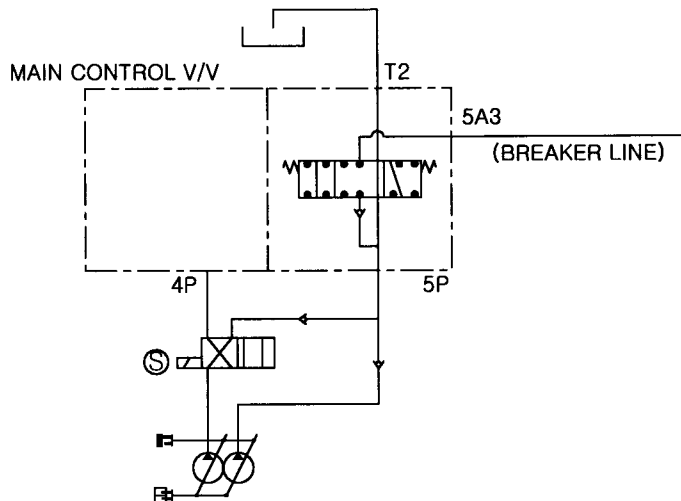


그림 2-51. 유압회로도 1

다. 틸트 실린더

틸트 작동 스위치를 누르면 B3의 592, 598 솔레노이드 밸브를 작동 B3의 스펴이 이동되어 틸트실린더에 유압이 연결된다. 이때 굴삭기에서 공급되는 유압은 바로 틸트실린더로 연결된다. 틸트실린더 양쪽 PORT 모두 T에 연결된 것을 볼 수 있다. 이는 별목 후 원목이 자연스럽게 수평상태에 놓여 가지 치기 및 절단작업이 용이하도록 하기 위함이다. 실린더와 밸브사이에 스로틀 밸브가 설치되어 있으며, 이는 조재기 헤드가 틸트될 때 작업의 안전을 고려하여 천천히 작동되도록 하기 위함이다(그림 2-54 유압회로도 4 참조).

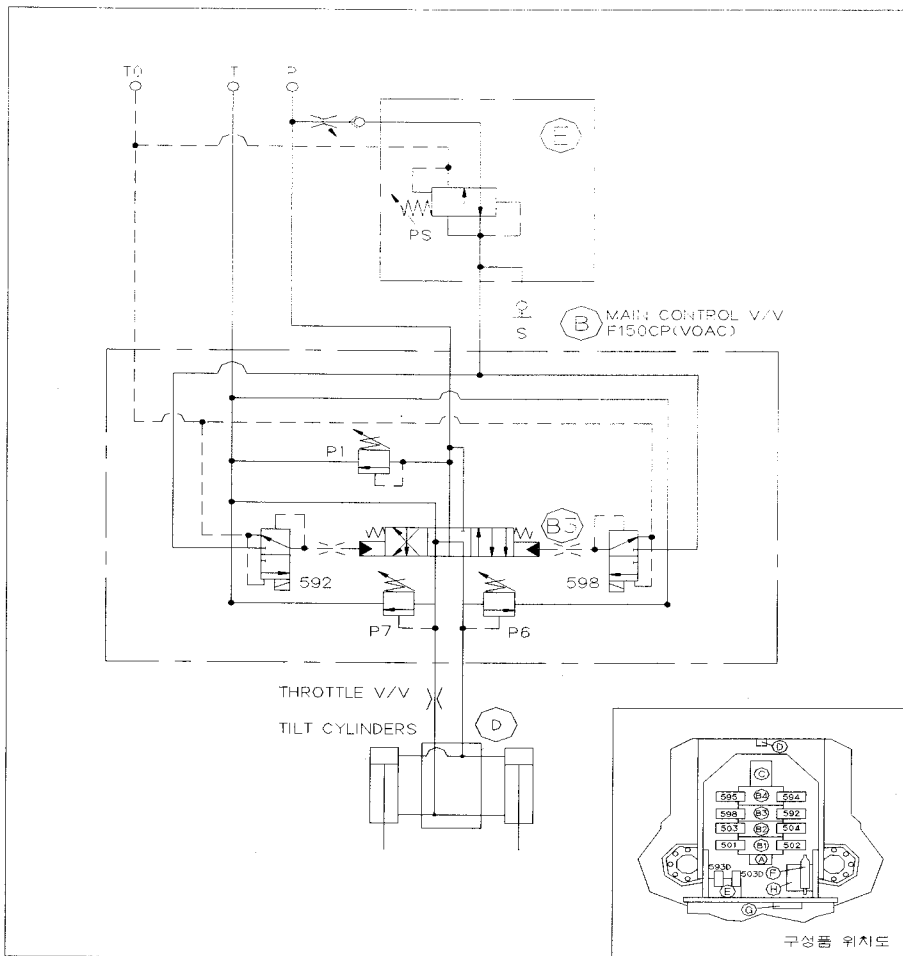


그림 2-54. 유압회로도 4

라. 쏘우, 클램핑 피드롤러, 측정용 휠

B4 밸브 조합에는 여러 가지 다양한 기능이 구비되어 있다.

즉, 서보 솔레노이드 밸브가 동작하지 않을 경우에는 피드롤러, 측정용 휠에 유압이 공급되며, 쏘우모터, 쏘우실린더에 유압 공급이 차단된다.

또한, 서보 솔레노이드 595 밸브가 동작할 경우에는 피드롤러, 측정용 휠에 유압이 공급되며, 쏘우모터, 쏘우실린더에 또한 유압이 공급된다. 그리고 서보 솔레노이드 594 밸브가 동작할 경우에는 피드롤러, 측정용 휠에 유압이 공급되며, 쏘우모터, 쏘우실린더에 유압이 차단되며 쏘우모터, 쏘우실린더 작동시 피드롤러 모터는 절대 작동되지 않도록 회로의 구성이 되어 있다. 이때에는 단지 원목의 절단작업에 활용되는 쏘우모터, 쏘우실린더에만 유압이 공급된다.

만일 B1 밸브 조합의 501, 502 서보 솔레노이드 밸브가 동작할 경우 쏘우모터, 쏘우실린더의 유량공급은 차단된다.

쏘우모터 작동시 굴삭기에서 공급되는 유량은 바로 쏘우모터에 연결되며, 피드롤러 실린더 작동시 압력컨트롤 블록 E(PRESSURE CONTROL BLOCK)에 의해 감압된다.

피드롤러 실린더의 압력이 상승시 감압밸브 LM, 솔레노이드 밸브 593D를 통하여 압력이 빠지게 되어 있으며, 피드롤러 실린더의 압력을 높이고자 할 경우 솔레노이드 밸브 593D의 유량 통과를 차단하여 릴리프 밸브 HM을 통과할 경우 HM의 설정압력만큼 힘을 증가시킬 수 있다.

쏘우실린더의 유량공급은 쏘우모터를 통하여 오일탱크로 돌아오는 유압을 활용하며, 원목절단속도 및 힘은 쏘우실린더 근처에 부착된 가변 스톱밸브로 유량을 조절하여 원하는 속도 및 힘을 얻을 수 있다. 쏘우체인의 윤활급유는 쏘우모터 작동시에만 체인 윤활밸브를 통하여 급유된다. (그림 2-55 유압회로도 5 참조)

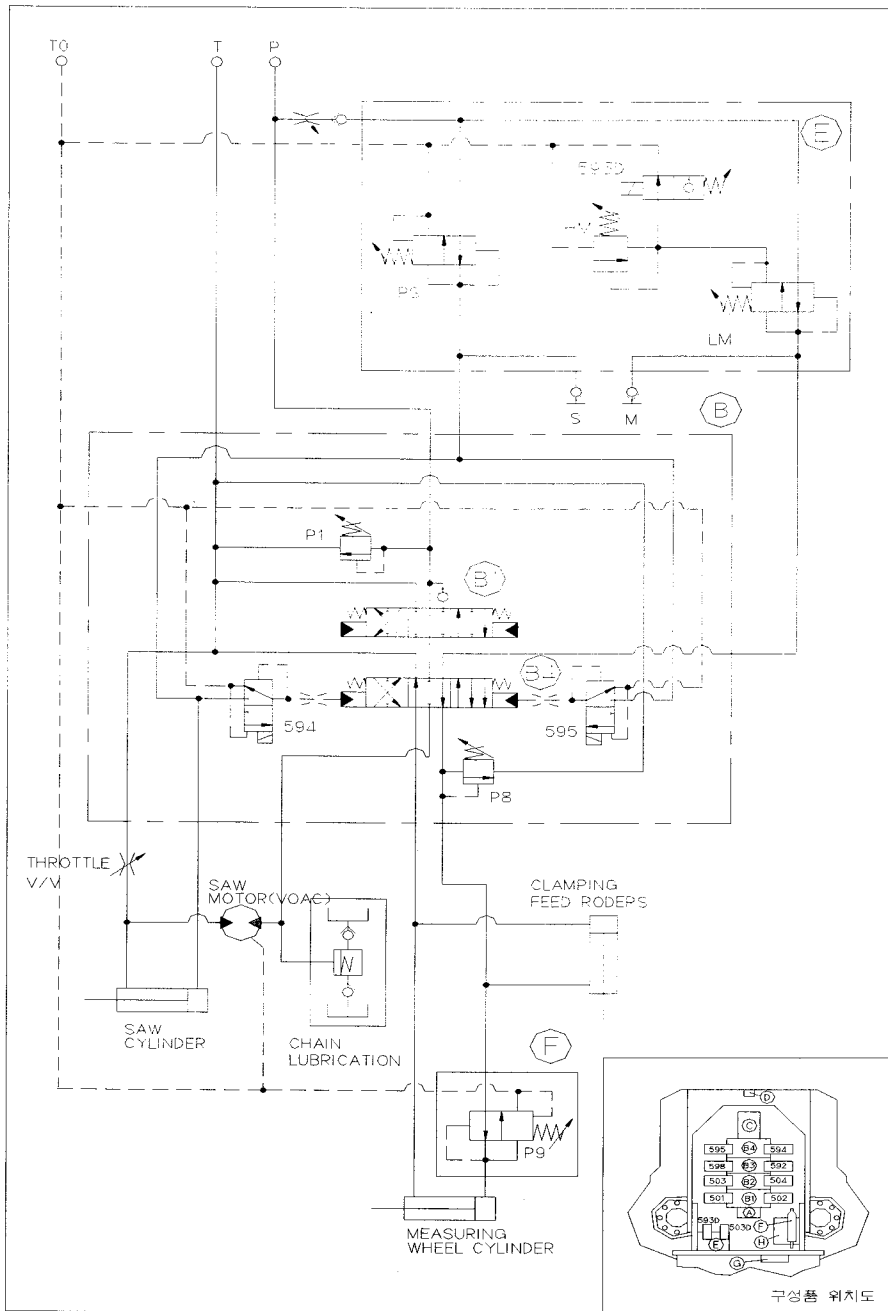


그림 2-55. 유압회로도 5

3. 작업장치 순차작동

가. 측정용 휠 및 피드롤러의 열림

아래 회로도에는 서보 밸브 594 가 작동되었을 때 작동유의 흐름을 나타낸다. 초기 "피드롤러 닫힘", "MEASURING WHEEL OUT' 상태에서 "피드롤러 열림", "MEASURING WHEEL IN' 상태로 변경되었다.(그림 2-56)

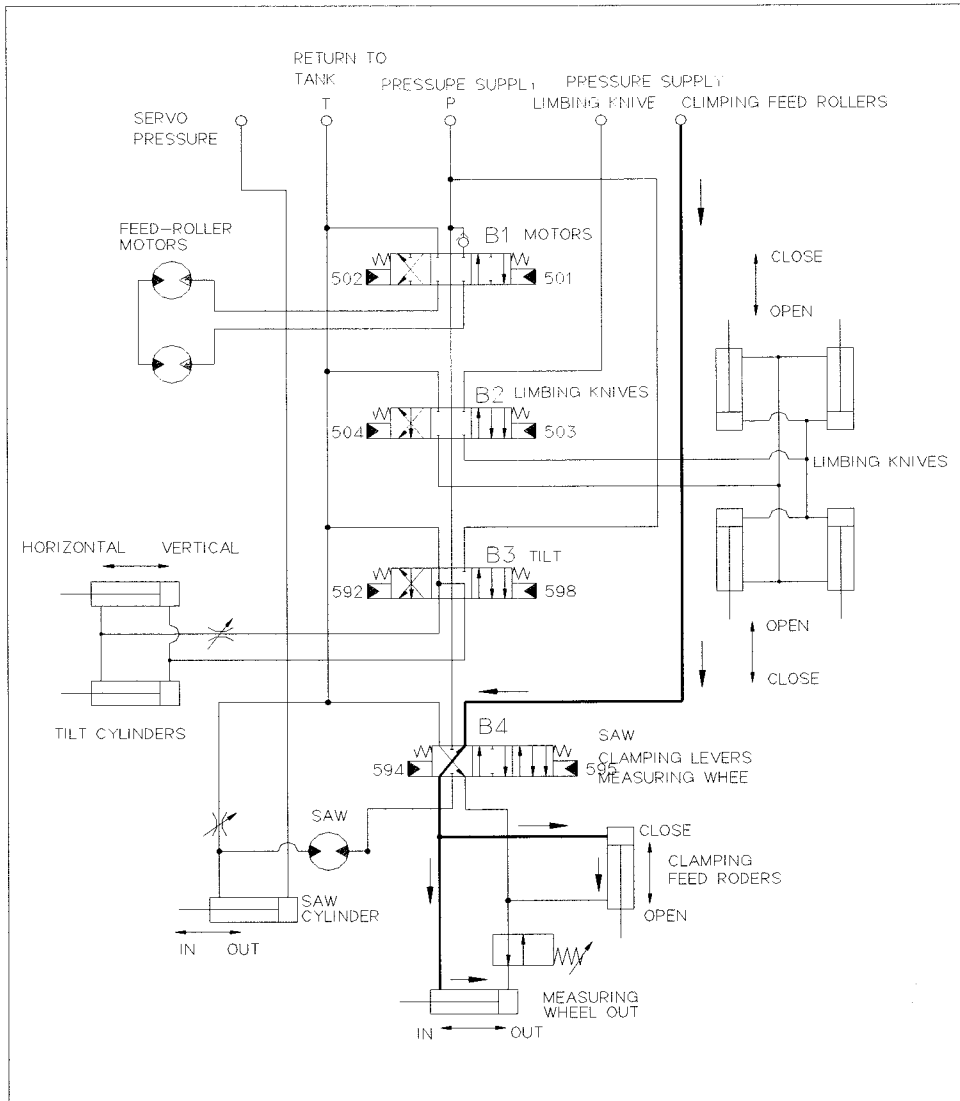


그림 2-56. 유압회로도 6

나. 조계기 유닛 세움

B3 밸브의 스푼이 중립상태에서는 틸트실린더 두 포트 모두 T (RETURN TO TANK)에 연결되어 평상시 헤드는 수평상태로 매달리게 되며, 벌목시 절단된 나무는 자연스럽게 수평상태로 놓여지게 된다. 벌목시 헤드는 수직상태로 놓여지도록 하기 위하여, 아래 회로처럼 서보 밸브 592를 작동시켜 스푼을 오른쪽으로 옮겨 틸트실린더에 연결한다.(그림 2-57)

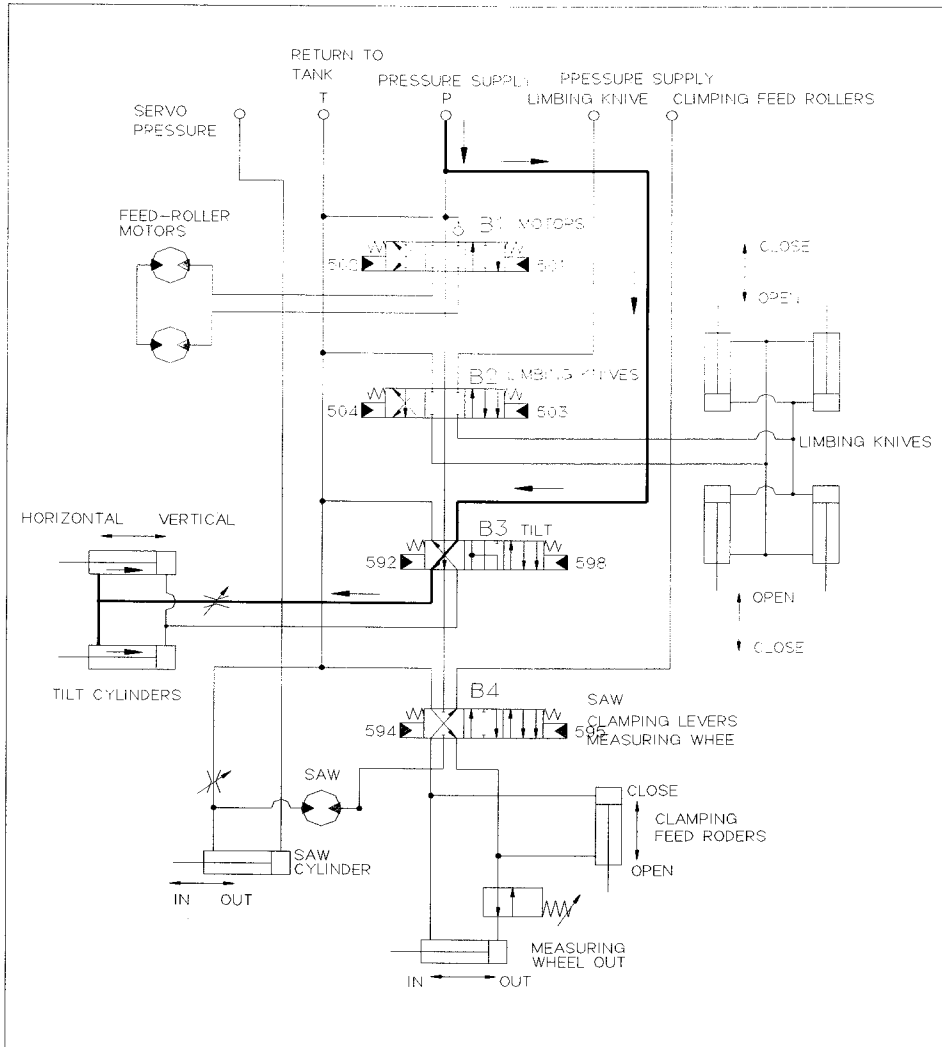


그림 2-57. 유압회로도 7

다. 피드롤러, 측정용 휠 및 칼날 단음

이미 작동되어진 서보 밸브 594는 중립상태로 옮겨져 실린더는 "피드롤러 클램핑", "MEASURING WHEEL OUT" 상태로 있게 된다. 서보 밸브 503이 작동되어 스폴을 좌측으로 옮겨놓는다. 가지치기용 칼날 실린더 상부 및 하부 모두 4개의 실린더를 작동하여 닫힘 상태로 된다. 이때 4개의 실린더는 압력조절 블록인 가압밸브의 영향을 받는다. (그림 2-58)

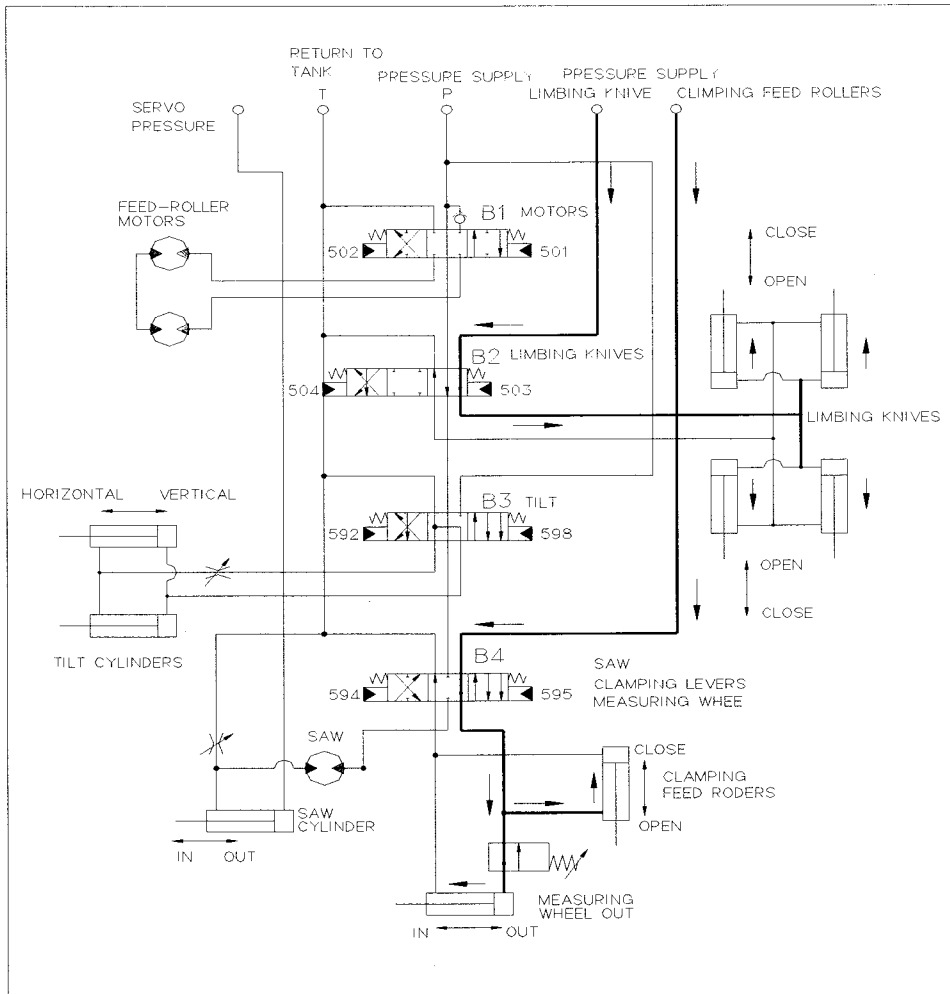


그림 2-58. 유압회로도 8

라. 체인쏘우

서보 밸브 595가 작동되어 B4의 스폴을 왼쪽으로 옮겨 놓는다. 쏘우모터가 회전한다. 이때 유압은 스톱 밸브를 통하여 T(RETURN TO TANK)측으로 흐르며, 스톱 밸브는 배압을 생성하며 이는 쏘우실린더에 영향을 주어 원목을 자르는 원동력이 된다. (그림 2-59)

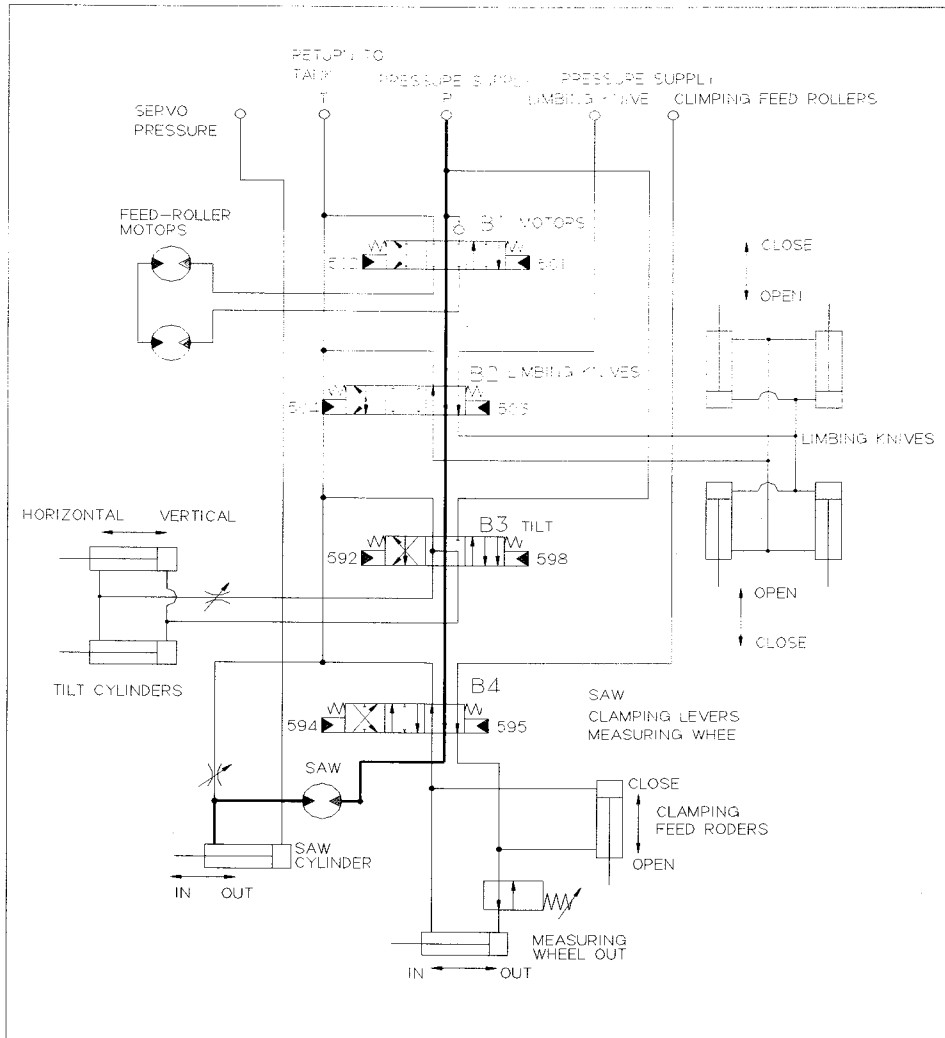


그림 2-59. 유압회로도 9

마. 피드롤러의 정회전

절단작업이 완료되면 서보 밸브 595는 닫히고 스폴은 중립상태로 이동되어 모터의 유량공급이 멈추고 쏘우 실린더가 제자리로 돌려진다.

이 때, 쏘우용 가이드바가 제자리로 돌아왔는지를 근접 센서가 인지하면 서보 밸브 502, 501 의 작동을 콘트롤러 PSC 3000A 시스템이 허락한다.

피드롤러에 의한 가지치기 작업은 아래 순서로 작동된다.(그림 2-60)

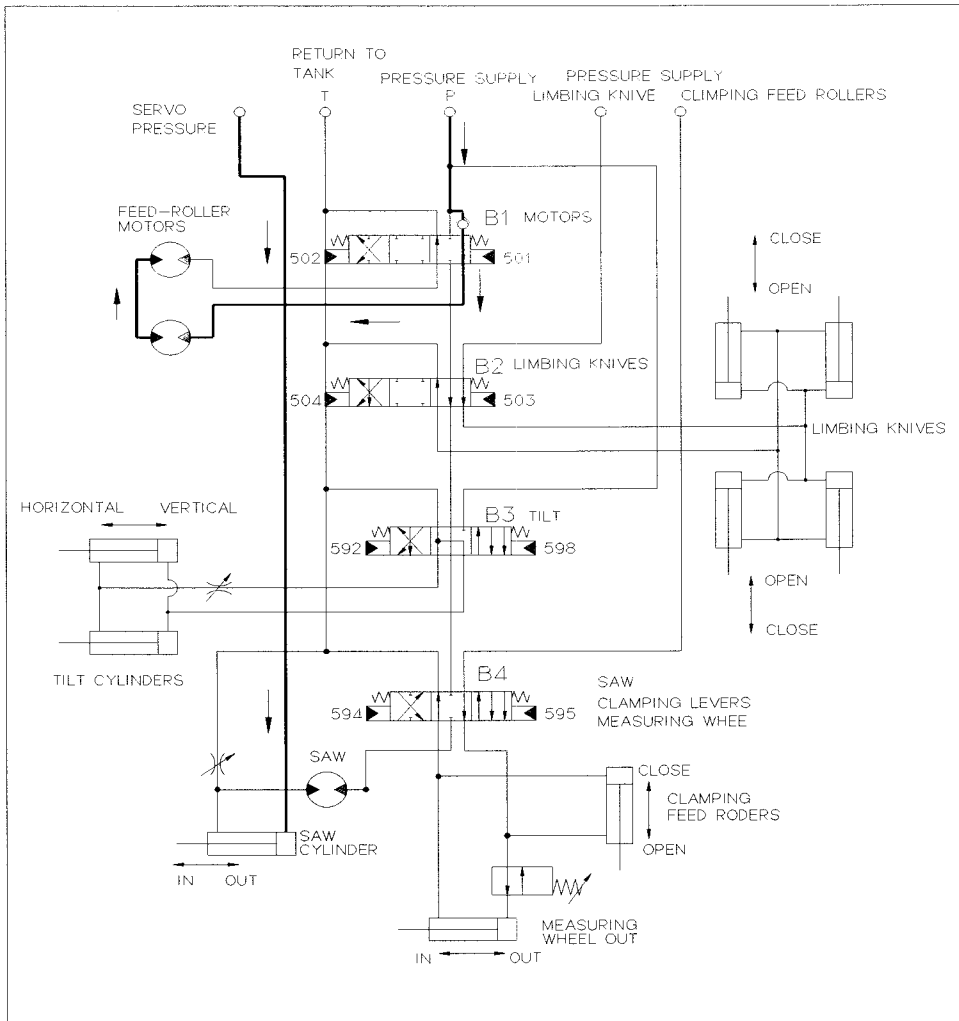


그림 2-60. 유압회로도 10

* 서보 밸브 501이 작동되어 스펀을 왼쪽으로 옮겨 놓으면, 피드롤러 모터에 유량이 공급되어 가지치기 작업이 진행된다. 그 후, 서보 밸브 502가 작동될 경우 모터는 반대방향으로 회전하여 가지치기 작업이 진행된다.

바. 피드롤러, 측정용 휠 및 칼날의 열림

가지치기 작업이 완료되었을 때 칼날작동용 실린더, 측정용 휠, 피드롤러 실린더 작동은 아래 순서에 따른다.

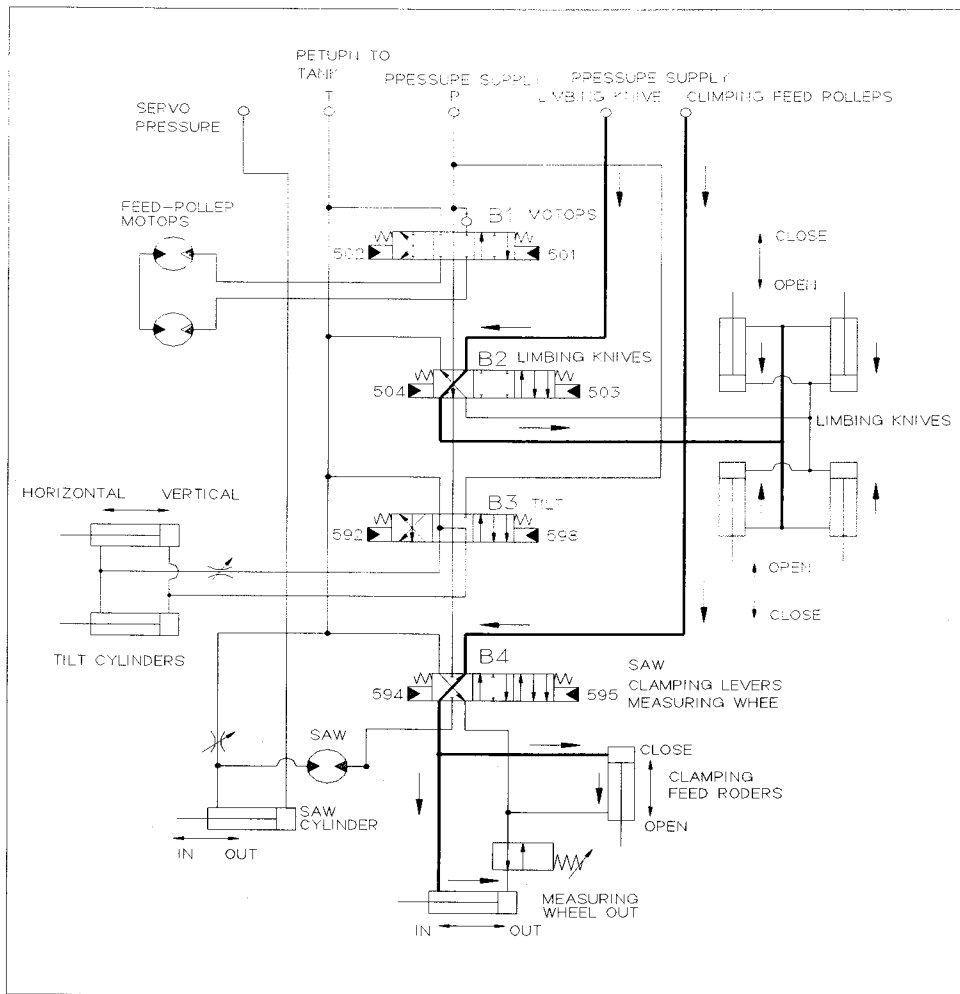


그림 2-61. 유압회로도 11

서보 밸브 594가 작동되어 B4 스펴을 오른쪽으로 옮겨 놓는다. “피드롤러 단협”, “MEASURING WHEEL OUT” 상태에서 “피드롤러 열림”, “MEASURING WHEEL IN” 상태로 바뀐다. 서보 밸브 504가 작동되어 B2 스펴을 오른쪽으로 옮겨 놓는다. 4개의 칼날작동용 실린더가 열림 상태에 놓인다.(그림 2-61)

4. 유압회로도 (HYDRAULIC CIRCUIT DIAGRAM)

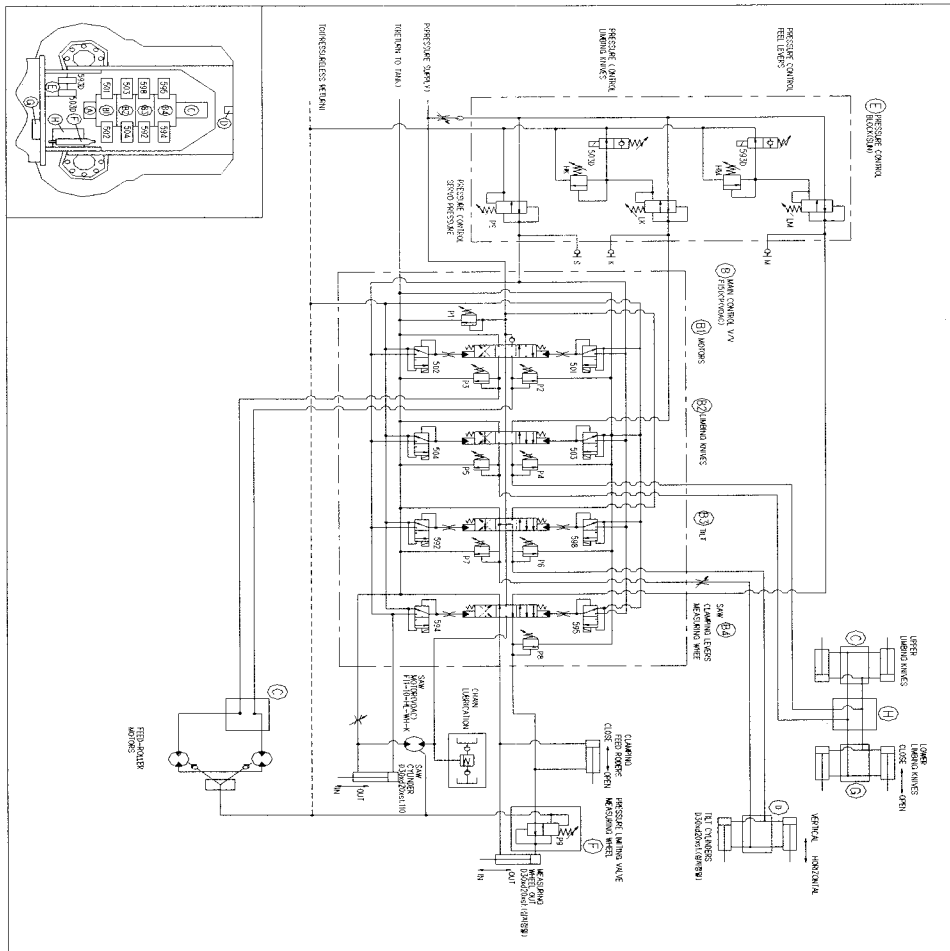


그림 2-62. 유압회로도

제 3 장 콘트롤러 설계 및 제작

제 1 절 개 요

유압기술과 일렉트로닉스는 인간에 비교하면 근육, 신경 및 두뇌에 버금간다고 말할 수 있다. 최근 공작기계를 제어하는 NC선반의 경우 여러 대의 공작기계를 한사람이 작업할 수 있게 하였다. 고성능 임업기계에서의 기계제어는 작업원 누구나가 손쉽게 운전, 조작하도록 하고 또한 연속적인 기계 작동으로 생산성을 향상시키며 동시에 작업원에게 노동부담을 덜어주기 위해서다.

1. 임업기계화와 제어기술

1970년대에 들어서서 북미나 북구에서 펠러번처가 개발되고 스웨덴에서는 T310형 로그마 프로세서를 비롯하여 많은 임업기계들이 개발되었다. 시퀀스 제어가 도입되고 1976년에는 하베스터 제어에 마이크로 컴퓨터가 도입되었다. 최근 스웨덴은 자국에서 개발된 멀티포티 다이나믹스 해석 프로그램을 사용한 임업기계를 개발하였다.

일본에서는 1950년대에 개발된 집재기(Y-25형)에 자동변속장치를 구비하여 운전의 간편화를 추진하였다. 1963년에는 무선조작 자주식 캐리지를 제작하였고 1969년에는 유선 원격조작의 집재기가 개발되었으며 1972년에는 무선조작 임업용 트랙터가 개발되었다. 1982년에는 경량화를 추진하여 무선조종 자주식 캐리지가 개발되어 현재 널리 사용되고 있다. 한편 1988년 고성능 임업기계가 도입된 이래 마이크로컴퓨터를 채용하여 근대적인 제어기술이 채용되었다. 최근에 개발된 고성능임업기계의 베이스머신은 컴퓨터에 의한 동적 해석이 가능하기도 하다.

2. 자동제어계의 기본구성

자동제어계는 제어되는 대상물과 제어장치에 따라 나누어진다. 제어장치는

조절부, 조작부에서 이루어진다. 프로세서 작업의 토막내기에 있어 수동제어와 자동제어의 기본적인 구성은 그림 3-1 및 3-2와 같다.

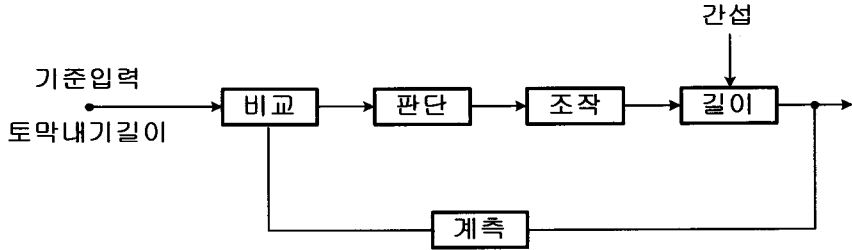


그림 3-1. 수동제어에 의한 토막내기 작업

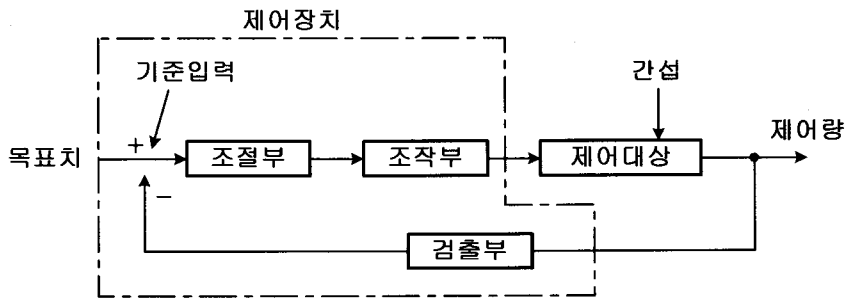


그림 3-2. 자동제어에 의한 토막내기 작업

이상의 그림에 대한 각부의 기능 및 용어의 의미는 다음과 같다.

- 목표치 : 제어계에 있어 제어량이 그 값을 얻을 수 있도록 목표에 부여하는 값어치
- 기준입력 : 목표치를 제어량에 비교하기 위해 변경한 량
- 간섭 : 제어계 내의 상태를 변화시키는 외부에서 작용하는 방해
- 검출부 : 제어장치에 있어 제어대상, 환경 등에서 제어에 필요한 신호를 받는 부분
- 조절부 : 제어장치에 있어서 목표치에 근거한 신호와 검출부에서의 신호를 따

라 제어계가 소요 움직임에 필요한 신호를 만들어 내어 조작부로 보내는 부분

- 조작부 : 제어장치에 있어서 조절부에서 신호를 조작량에 추가하여 제어대상
에 가하는 부분

제 2 절 측정 및 제어 시스템(PSC 3000A)

1. 개요

조재기(PROCESSOR)에 조립되어 조재목의 길이와 직경을 측정, 연산하여
작업생산량을 산출, 출력하며, 각 솔레노이드 밸브에 신호를 보내 조재기를
제어하는 CONTROL SYSTEM이다.

2. 시스템 사양

가. 중앙처리부 (CPU BOARD)

- CPU -ATMEGE 128
- CLOCK -14.7456 MHZ
- 전원 -DC 5V ±10%
- RTC CLOCK -32.768 KHZ

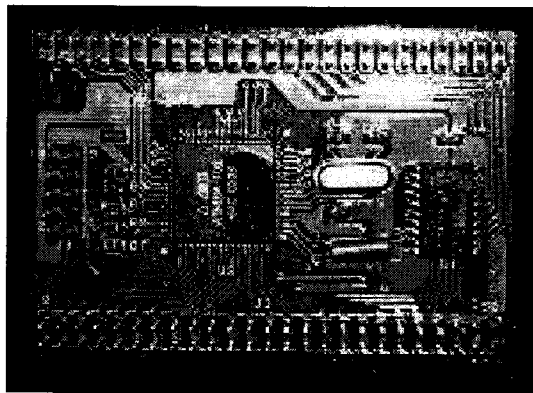


그림 3-3. CPU 보드

나. 베이스 보드 (BASE BOARD, I/O부)

- PLD -EPM7128 LC84-15
- RTC -DS 1644

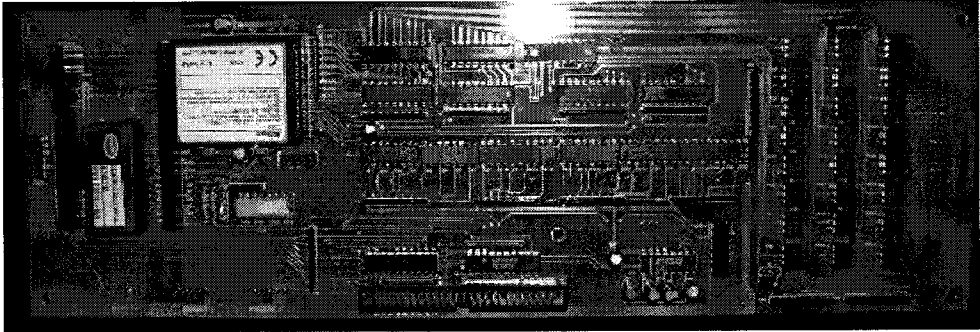


그림 3-4. 마더보드

다. 릴레이보드

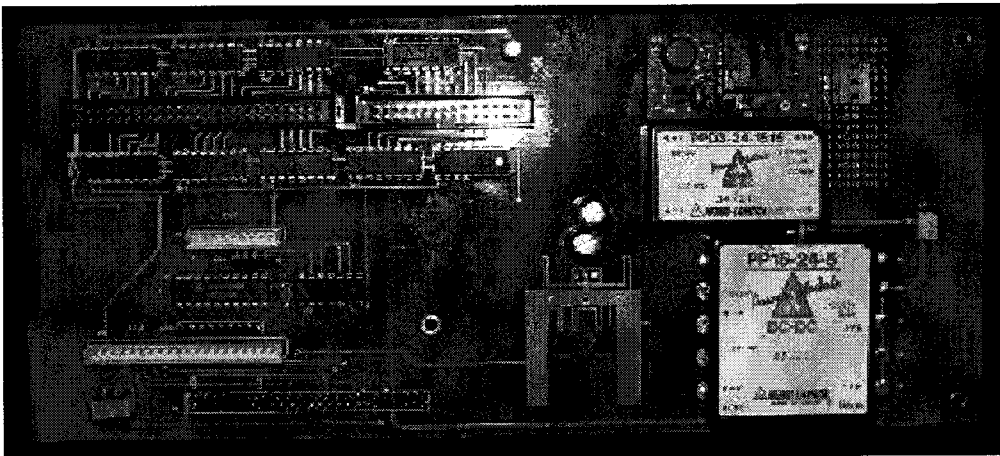


그림 3-5. 파워아웃 드라이브와 릴레이보드

라. 디스플레이/모니터보드

- DISPLAY : OPTREX 5010 240×64

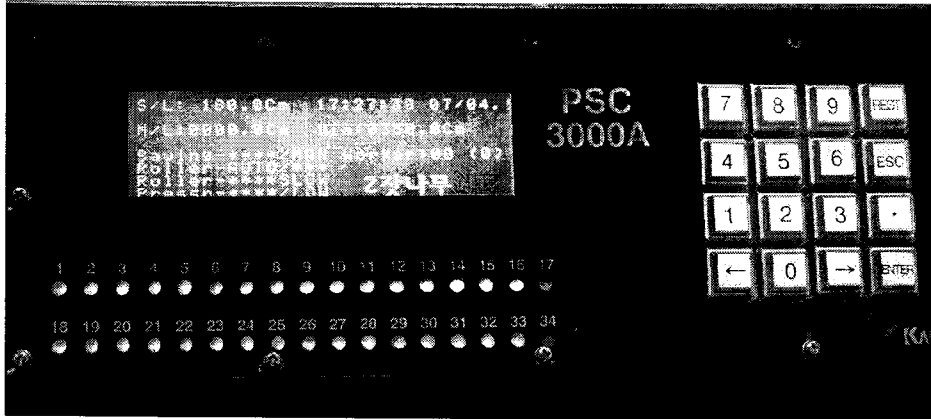


그림 3-6. 디스플레이/모니터보드

3. 시스템블록 다이어그램

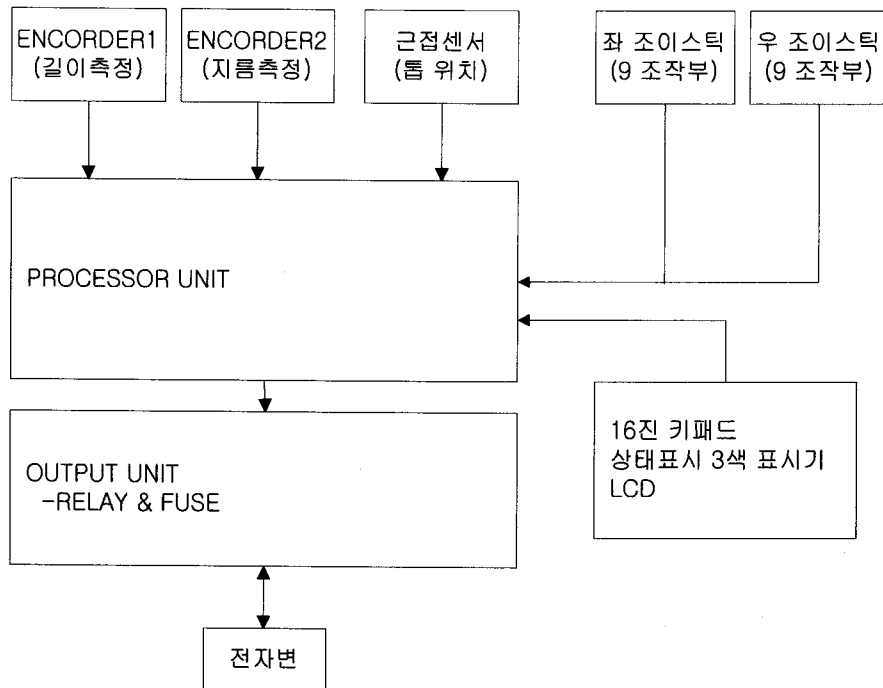


그림 3-7. 시스템 구성도

4. 데이터 저장 및 송신

- 용량 : 32 KB
 - 메모리 : DS-1644 RTC
 - 데이터 송수신 : RS-232
 - 데이터 형식 : ASCII CODE
- 'DS' 'Cnnnn' 'YYYYMMDD/HHMMSS' 'Lnnnn' 'Dnnnn' 'Wnn' 'DE'
- * 'DS' : DATA START.
 - * 'DE' : DATA END.
 - * 'Cnnnn' : COUNT 값 (보기) 'C0012' ; 12번째 작업.
 - * ' 'YYYYMMDD/HHMMSS' : 년월일시분초.
(보기) 20030511133510 ; 2003년 05월 11일 13시 35분 10초
 - * 'Lnnnn' : 나무 길이 (보기) 'L0450' : 길이 450 센티.
 - * 'Dnnnn' : 나무 직경
 - * 'Wnn' : 작업자 CODE

5. 작업자 조작 플로우 차트

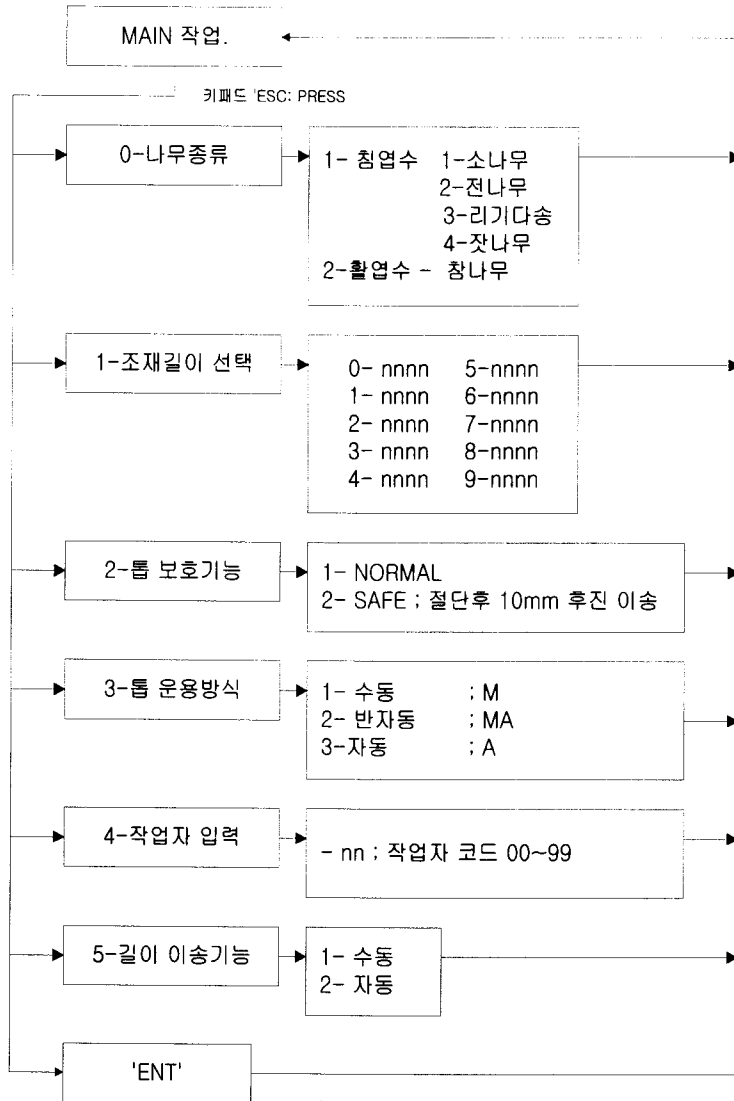


그림 3-8. 작업자 조작 시퀀스

7	8	9	RESET
4	5	6	ESC
1	2	3	.
<*	0	>#	ENTER

그림 3-9. 키패드

6. 프로그램 플로우 차트

가. 주프로그램

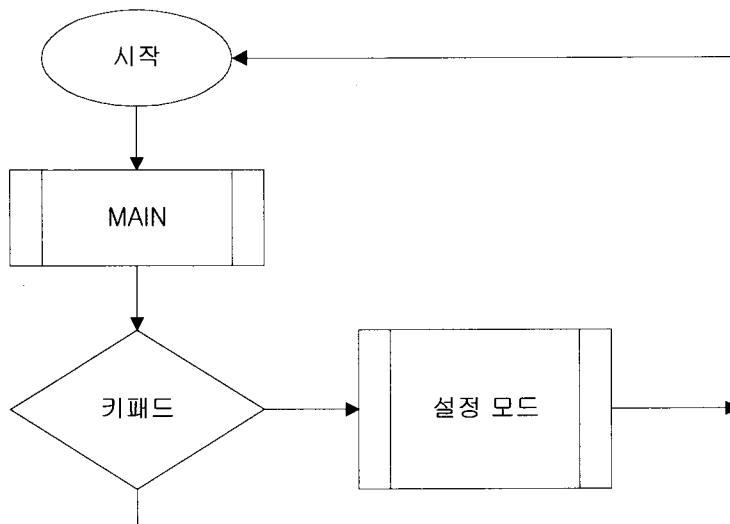


그림 3-10. 메인 프로그램

나. 메인루틴

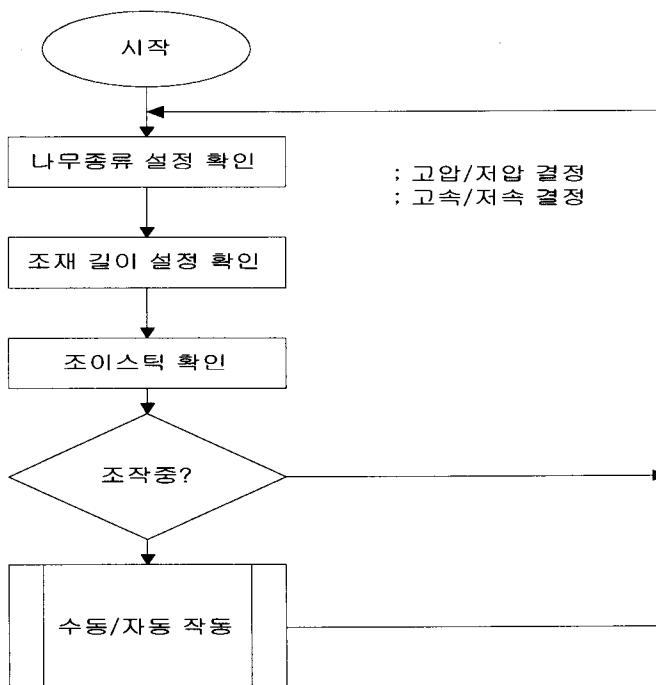


그림 3-11. 메인루틴

다. 수동/자동 절단

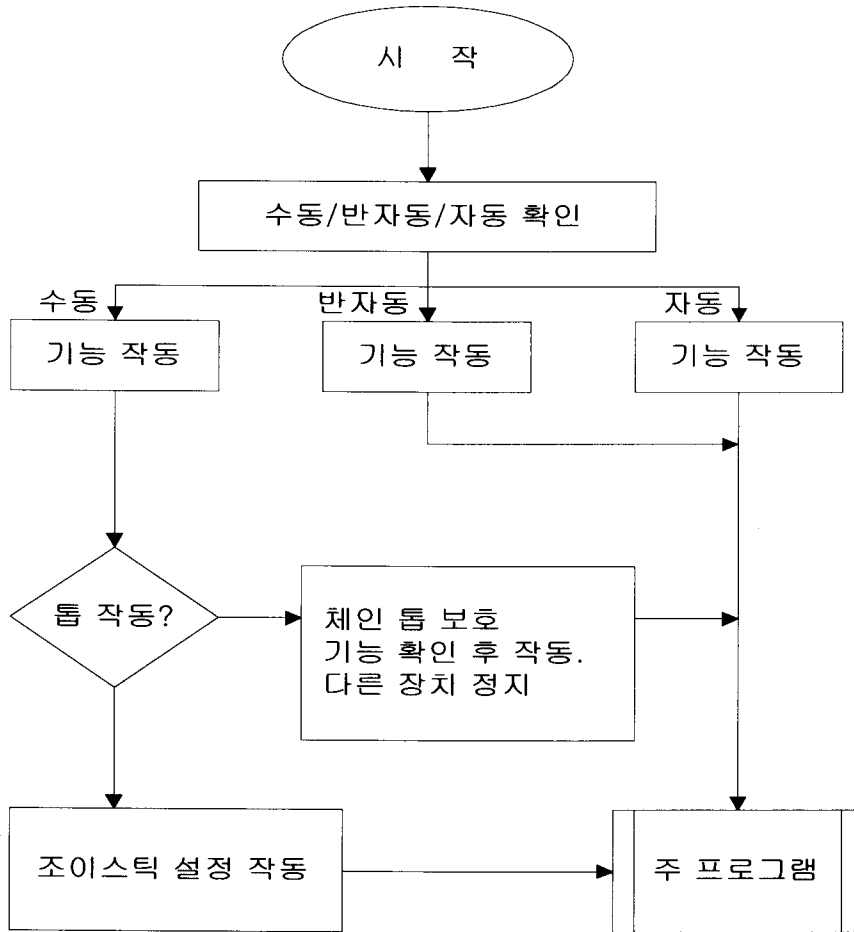


그림 3-12. 메인루틴 플로우 차트

7. 조재기 시스템 구성

- 길이측정용 로타리 엔코더*
- 직경측정용 로타리 엔코더
- 체인톱 근접 스위치 및 톱위치 센싱 시스템**
- 조재기 헤드 구동용 각종 전자변(솔레노이드 밸브S)
- 자동/수동 조작용 좌우 조이스틱스.

- 디스플레이(LCD 상태 표시용 3색 LEDs) 및 설정용 키패드

제 3 절 조 작

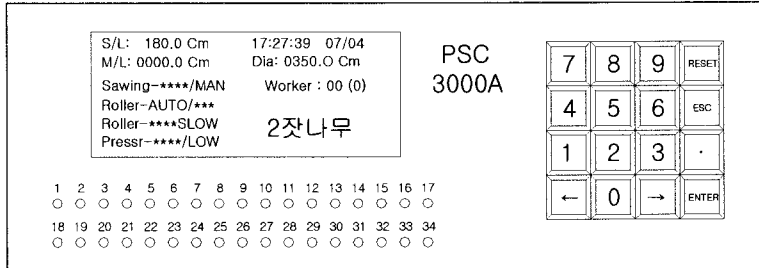


그림 3-13. LED 패널

1. 모니터 버튼사용 입력 기능

가. 원목 절단 길이 선택 (KEYPAD 8번)

원목의 재장은 10가지 이상 입력이 가능하며, 필요에 따라 변경도 가능하다

나. 작업시간, 일자(자동인식), 작업자(5명 이상) 선택 (KEYPAD 5번)

다. 체인톱 보호기능 선택 (KEYPAD 2번)

- 제자리에서 조재하는 기능선택
- 조재 후 1cm후진해 주는 기능선택

라. 수종 선택기능 (KEYPAD 0번)

- 5종 기본입력 후 스위치를 누를 때마다 수종변경가능

마. 칼날 및 송재 롤러 압력 선택

- 고압 : KEYPAD 7번
- 자동 : KEYPAD 9번

바. 송재 속도 선택

- 고속: KEYPAD 4번
- 저속: KEYPAD 6번

사. 재장(길이)이송 기능 선택

- 수동: 스위치를 누르고 있는 동안 피드롤러 회전 (KEYPAD 3번)
- 자동: 1.1)항의 선택된 길이 만큼 이동.

2. 조이스틱레버 스위치 기능

조이스틱 버튼은 굴삭기 조정레버에 각 기능별 키를 부착하여 붐의 작동과 동시에 프로세서를 컨트롤 할 수 있도록 설계제작되었다.

가. 오른손 조이스틱 버튼

(1) 모식도 (그림 3-14)

(2) 기능설명

(가) 자동길이선택 버튼("A")

"A"스위치를 한번씩 누를 때마다 기억되어 있는 조재길이가 한 단계씩 변화하며,조재길이(cm 단위)는 기본적으로 10개 이상 입력이 가능하고 사용자 필요에 따라 조재길이의 수정이 가능하도록 입력버튼을 이용하여 변경 입력할 수 있다.

(나) 송재롤러 열림 버튼("B")

"B"스위치를 누르면 이송롤러가 열려 짐재된 원목을 집을 수 있게 된다.

(다) 칼날열림("C")

"C"스위치를 누르면 칼날이 열려 송재롤러의 열림과 동시에 짐재된 원목을 잡을 수 있는 기능을 할 수 있다.

(라) 수동 재장증가 선택버튼 ("E")

"E"스위치를 누르면 현재의 표시된 재장을 cm단위로 증가시켜 임의의 조재길이 선택시 사용할 수 있다. 특히 원목이 굵었을 때 원목의 이용재장을 최대로 활용할 경우 수동에 의한 재장증가 버튼을 이용할 수 있는 장점능 가지고 있다.

(마) 수동 재장감소 선택버튼 ("E")

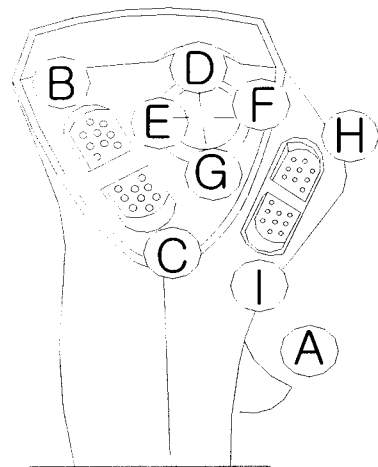


그림 3-14. 조이스틱 (우측)

"F"스위치를 누르면 현재의 표시된 재장이 cm단위로 감소하여 임의의 조재길이 선택시 사용할 수 있다.

(바) 예비버튼 ("G")

(사) 칼날/이송롤러 동시 잠김 ("H")

"H"스위치를 누르면 칼날과 이송롤러가 동시에 잠겨 집재된 원목을 잡는다. 집재된 원목을 잡은 후에는 길이측정용 센서롤러가 내려와 이송길이 측정 준비상태가 되어야 한다.

(아) 칼날/이송롤러 동시 열림 ("I")

원목의 조재 및 작동이 끝난 후 "I"스위치를 누르면 칼날과 이송롤러가 동시에 열려 조재되고 남은 후동목을 버리게 된다, 이때 길이측정용 센서롤러가 올라가야 한다.

나. 왼손 조이스틱 버튼

(1) 모식도 (그림 3-15)

(2) 기능설명

(가) 목재 전진이송 버튼 ("A")

"A"스위치를 누르면 피드롤러가 전진 이동하며 원목에 붙어 있는 가지를 자르도록 한다.

(나) 목재 후진이송 버튼 ("B")

"B"스위치를 누르면 피드롤러가 후진 이동한다. 원목에 붙어 있는 가지의 직경이 굵은 경우 수회에 걸쳐 정역회전을 통하여 가지치기를 할 수 있다.

(다) 좌선회버튼 ("C")

"C"스위치를 누르면 조재기의 헤드가 로테이터의 회전에 의해 좌회전 한다.

(라) 우선회버튼 ("D")

"D"스위치를 누르면 헤드(조재기)가 우회전한다.

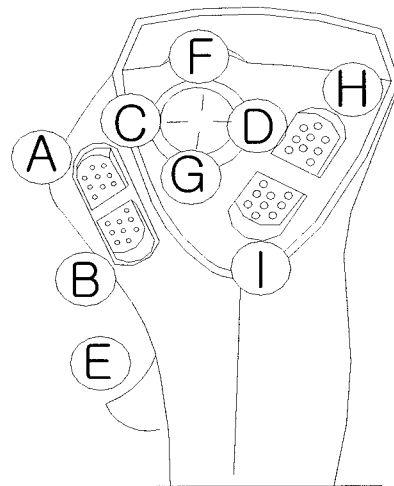


그림 3-15. 조이스틱 (좌측)

(마) 피드롤러 선택버튼 ("E")

"E"스위치를 한번 누를 때마다 수동, 자동 표시로 전환된다. 수동기능은 "A" 또는 "B" 스위치를 누르고 있는 동안 피드롤러가 이송되며, 자동기능은 "A" 스위치를 한번 누르면 재장(길이)이 선택된 길이 만큼만 피드롤러를 이송시킨다.

(바) 톱의 조재방식 버튼 ("I")

자동, 반자동, 수동모드 선택 버튼이다.

(사) 조재기 세우기 버튼 ("G")

"G" 스위치를 누르고 있는 동안 조재기가 세워진다. 이 기능은 하베스터의 기능을 할 수 있도록 란 버튼으로서 직경 20cm 이하의 소경재는 개발된 조재기에 의해 원목의 벌목작업이 가능하다.

(아) 톱회전, 자르기버튼 ("H")

"H" 스위치를 누르면 톱이 회전하여 원목을 절단한다.

다. 출력기능

(1) 모니터 표시기능

조재 선택길이, 센서 측정길이, 원목직경, 톱의 조재방식 기능, 이송롤러 기능, 이송롤러 속도, 수종이 표시된다. 여기에서 모든 치수 단위는 cm로 한다. 또한, 조재방식은 A-자동, M-수동 MA-반자동으로, ⊕ 롤러속도는 H-고속, L-저속으로 나타내고, 수종은 소나무, 낙엽송, 잣나무, 리기다소나무 및 참나무류로 나타낼 수 있다.

(2) 프린터 기능

- RS232 통신에 의해 PC에 전송이 가능하며, 원목 재적계산은 재장 6m 이상의 경우에는 원구와 말구의 직경을 측정 평균직경으로 환산하여 계산하도록 프로그램 되어 있으며, 6m 이하는 말구직경 자승법에 의한 재적계산 프로그램이 입력되어 있다.

아래 양식은 프린터 모니터의 출력양식 예이다.

일자 : 2003. 02. 05 작업시간 09:00~17:00 작업자 : WORKER 01				
수종	길이(cm)	평균직경(cm)	본 수	체적(m ³)
소나무	180	25	5	
	270	20	10	
	360	22	8	
전나무	180	18	7	
	270	26	6	
	360	30	20	
			56	0000

(3) 입력 수종 LIST

수종을 선택시 압력 및 톱회전 속도에 의해 자동 SETTING 된다.

수 종		피드롤러 실린더압력	칼날 실린더 압력	쏘우모터 속도	비 고
침엽수	잣나무	저압	저압	저속	
	낙엽송				
	소나무				
	리기다소나무				
활엽수	참나무류	고압	고압	고속	

제 4 장 장비성능 및 현지적용성 시험

개발된 조재기가 원목의 가지치기 및 절단작업 등 작동이 원활하게 수행되는가를 확인하고자 각 부분품별 작동실험 및 버켓을 탈거 후, 조재기를 부착하고 증량물인 원목을 조재할 때의 안정성 분석 실험과 현지 적용성 시험을 실시하였다.

제 1 절 기능품별 성능시험

1. 조재기 유압 변화 (무부하시)

본 시험은 유압계통의 유압성능을 시험하고자 HydroTech 사의 Multi 500 시스템을 이용하여 메인콘트롤 밸브, 피드롤러 및 가지치기용 칼날의 실린더, 원목절단용 소우 실린더 및 소우체인이 회전속도에 영향을 미치는 유압 및 유량이 설계치에 부합되는가를 실험하였다.

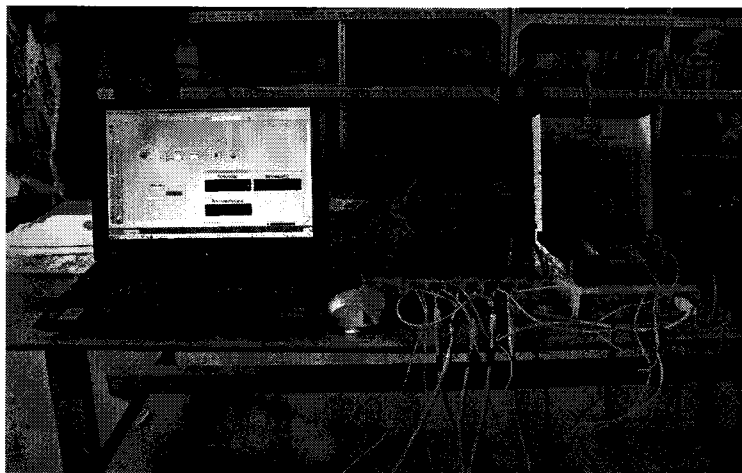


그림 4-1. 유압 측정 시스템

프로세서에 의한 조재 및 작동작업의 1사이클은 네 단계로 구분할 수 있다. 즉, 칼날겸용 그래플과 피드롤러로 나무를 잡는다. 피드롤러를 작동하여 원목을 이송시킨다(이 때 상부 고정 칼날과 짐개 겸용 칼날로 가지치기를 동

시에 실시). 쏘우체인을 이용하여 원목을 절단한다. 피드롤러 및 칼날을 별려
조제되고 남은 후동목을 프로세서에서 분리시킨다.

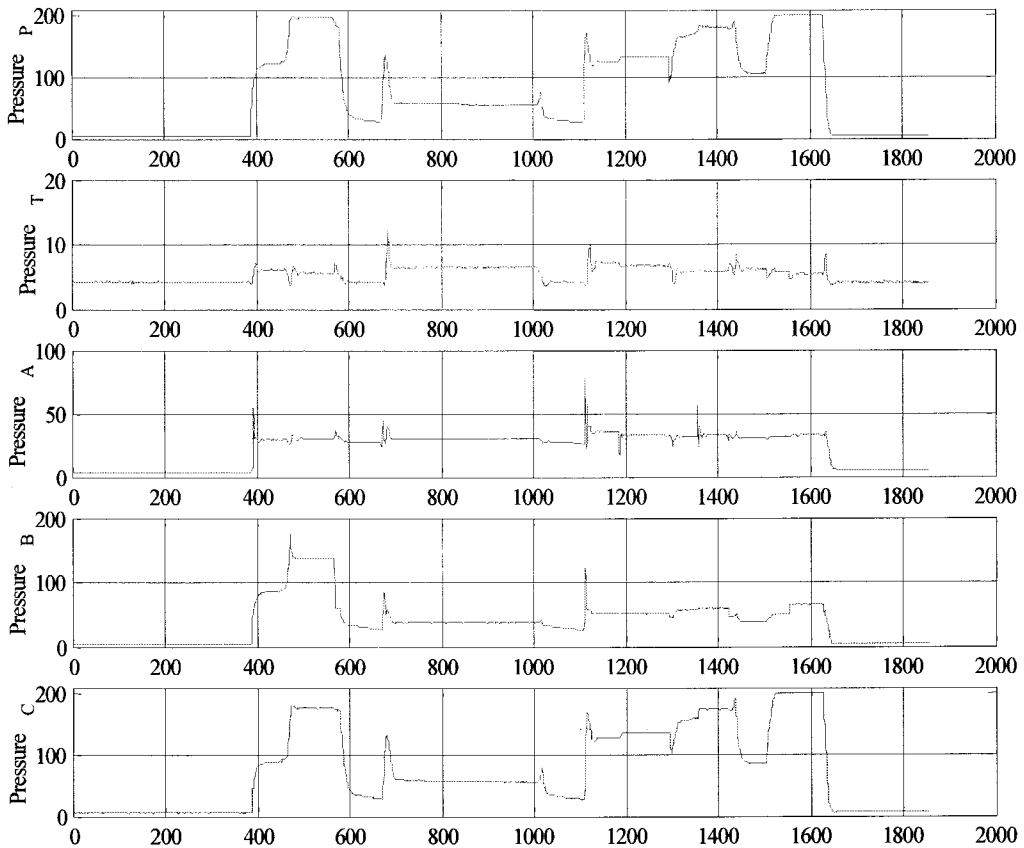


그림 4-2. 작업 주기동안 각 지점의 압력 변화(Time:100 Samplings/sec)

그림 4-2에서 각각의 포트로부터 측정된 데이터는 각 조절 밸브를 거친 유로가 어떤 역할을 하는지를 알 수 있다. 각 조절밸브를 거친 유압은 작업 조건에 따라 일정한 값을 유지하는데, 그 이유는 작업이 안정상태를 유지하기 때문이다. Pressure A는 모든 솔레노이드 밸브의 작동을 인가시키는 스위치 역할을 한다. 따라서 솔레노이드 밸브의 작동에 필요한 압력은 35bar 내외에서 충분하다고 할 수 있다. Pressure A에서의 피크는 솔레노이드 밸브 작동시에 필요한 압력 상승을 나타내고 있으며, 스위치 작동시각은 3.94

초, 6.73초, 11.11초, 13.57초이다. 첫 번째 피크는 피드롤러와 그레플로 원목을 잡는 과정이고, 두 번째 피크는 피드롤러를 작동하여 원목을 이송시키는 작업, 세 번째 피크는 원목을 절단하는 작업, 네 번째 피크는 원목을 프로세서에서 분리시키는 작업에 해당된다.

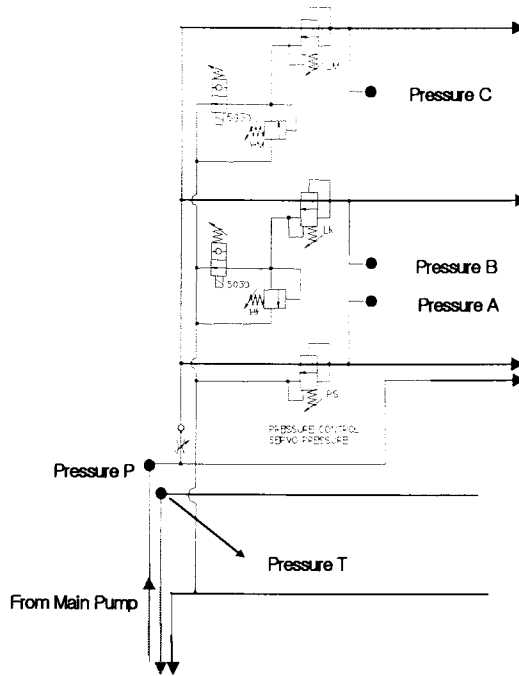


그림 4-3. 유압 압력 측정 위치

그림 4-3에서 각 유압압력 측정지점은 다음과 같이 설명할 수 있다. 즉, Pressure P는 main pump에서의 전체 유입관로, Pressure T는 main tank로 돌아가는 전체 유압관로, Pressure A는 스위치 작동 유압관로, Pressure B는 나이프 실린더에 유입되는 유압관로, Pressure C는 감압밸브로 유입되는 유압관로이다.

Pressure P는 메인 모터에서 공급하는 압력을 나타내고 있다. 최대 200bar에서 안정상태로 유지되는 것으로 보아 메인 유입 압력은 200bar로 조절밸브에서 설정되었다는 것을 알 수 있다. 이 압력이 작동단계에서 가장 높은

압력에 해당된다. Pressure T는 탱크로 돌아오는 유압을 나타내고 있으나, 작업 도중의 압력변화는 그다지 크지 않은 것으로 나타났다. 대부분 유압압력이 10bar 내외로 각 솔레노이드 밸브 구동부분에서 피크가 발생하고, 각 단계에서 Pressure P의 그래프의 유형과 유사하나 전체적으로 압력이 P보다는 현저히 작게 유지되고 있는 것으로 나타났다.

Pressure B는 나무의 가지를 절단하는 칼날의 작동범위를 설정하는 조절 밸브 출구의 압력으로 피드롤러와 항상 같이 작동하게 되어 있다. 나이프 실린더의 압력을 조절하는 역할을 한다. 따라서 함께 연동하는 피드롤러 작동 Main 압력과 유사한 모양의 그래프를 형성한다. 칼날로 원목을 잡는 작업은 Micro Processor에서 제어하며, 이 집게하중은 압력 조절밸브로 setting하여 나무의 표면을 따라 일정 압력으로 유지시키므로 작업 공간을 나무의 지름에 따라 확보하게 된다. Pressure C는 Main Pressure와 크거나 형태 면에서 가장 흡사하다. 그 이유는 메인 유량이 작동하고 있는 동안 항상 병렬로 함께 작동하여 감압밸브나 롤러의 폭을 결정하는 실린더의 압력을 일정하게 유지시키는 역할을 하기 때문이다. 이 압력은 압력조절 밸브를 Pressure C 이후 그리고 인코더롤러 앞에 설치함으로써 해결하고 있다. 그림 4-4는 유압 압력 센서 부착 광경을 나타내고 있다.



그림 4-4. 유압 압력 센서 부착 광경

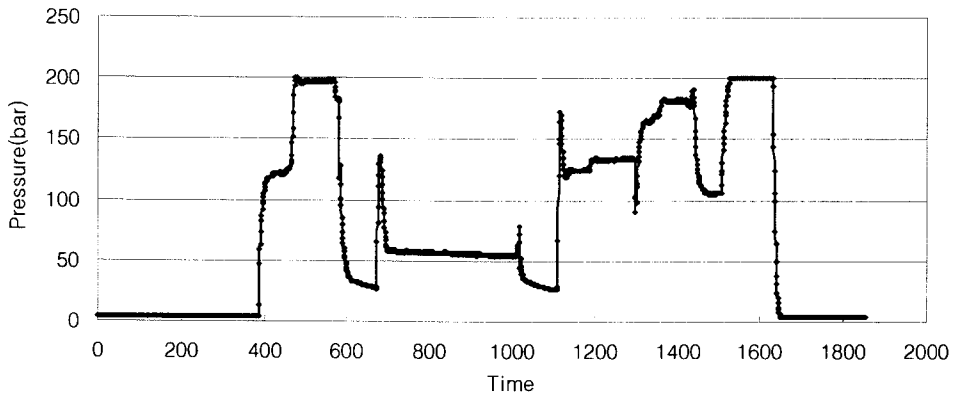


그림 4-5. 메인유압의 압력 변화

한편, Pressure P의 압력 곡선만을 살펴보면, 그림 4-5와 같다.

그림 4-5에서 첫 번째 나이프 작업에서는 200bar를 형성하며, 피드롤러 작동시에는 상대적으로 50bar 정도의 압력만 발생한다. 이는 칼날 작업시에는 다른 모든 부분이 동작을 멈추고 단지 칼날 작동 유로에만 작동유가 흐르고 피드롤러 작동시에는 Pressure B, C 두 지점으로 분리되어 흐르기 때문이다. 피드롤러는 작동 중에 가속력이 있기 때문에 오히려 칼날 집게 실린더보다도 적은 압력으로 구동이 되는 것을 알 수 있다. 그러나 피드롤러 작업 실린더의 직경이 칼날 실린더보다 크기 때문에 실질적으로 하중은 피드롤러의 집게 하중이 더 크다.

11.16초에서 13.54초까지는 쏘우 작업을 하는 부분으로 이 작동에 요구되는 유압은 모두 메인 유로에서 공급된다. 쏘우 작업이 종료되면 다시 피드롤러와 칼날을 별려 조재된 원목의 후동목을 조재기에서 분리시키는데, 그 과정이 바로 13.54초 이후의 작업이다.

쏘우 작업시의 메인압력의 변화는 그림 4-6에서 나타난 바와 같이 각 피크는 쏘우 작업 작동시작 버튼과 종료에 해당된다. 쏘우 작업 역시 작동 시작과 동시에 압력이 상승하였다가 차츰 정상상태로 압력이 떨어진다. 원목의

직경이 작아지기 시작함에 따라 작동력이 작아져 다시 압력이 떨어지게 된다. 작업시간은 2.38초이다.

여기서 데이터 샘플링은 초당 100개를 획득하였으므로 1354번째 데이터는 작업 시작시각에서 13.54초에 해당된다.

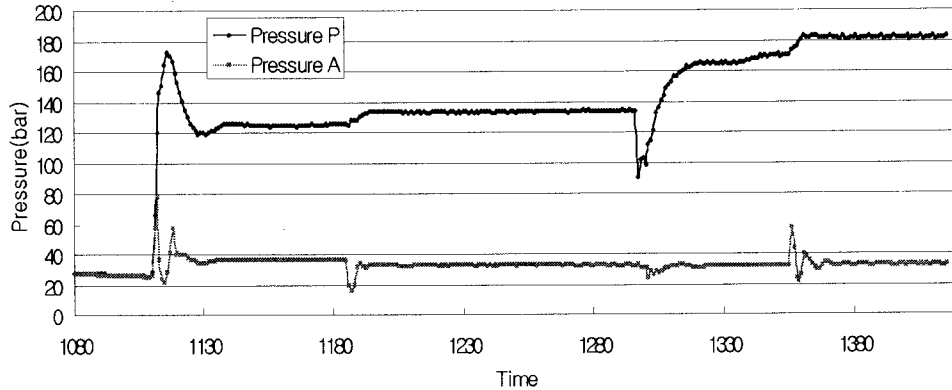


그림 4-6. 쏘우 작동시 작동유 유입에 따른 메인압력 변화

2. 작업중 쏘우모터의 유량과 유압 변화

그림 4-7과 표 4-1은 쏘우 모터의 일반 사양을 나타내고 있다. 일반적으로 휴대용 체인톱은 RPM이 6,000~9,000정도이며 20kgf(체인톱의 자중 5kgf 포함)의 절단하중을 필요로 한다. 따라서 프로세서에서 자동으로 절단하는 쏘우는 휴대용 체인톱을 기준으로 설계하였다.

표 4-1. 사용된 쏘우모터의 사양

모 델	F-11-19
중량 (kg)	11
모터 용적 (cm ³ /rev)	19.0
최대 압력 (bar)	420
최대 토오크 (Nm)	30.2 (100 bar)
모터 power (kW)	45
모터 회전속도 (rpm)	7,500

F11 cross section

- 1. Barrel housing
- 2. Valve plate
- 3. Cylinder barrel
- 4. Guide spacer with O-rings
- 5. Timing gear
- 6. Roller bearing
- 7. Bearing housing
- 8. Shaft seal
- 9. Output/input shaft
- 10. Piston with laminated piston ring

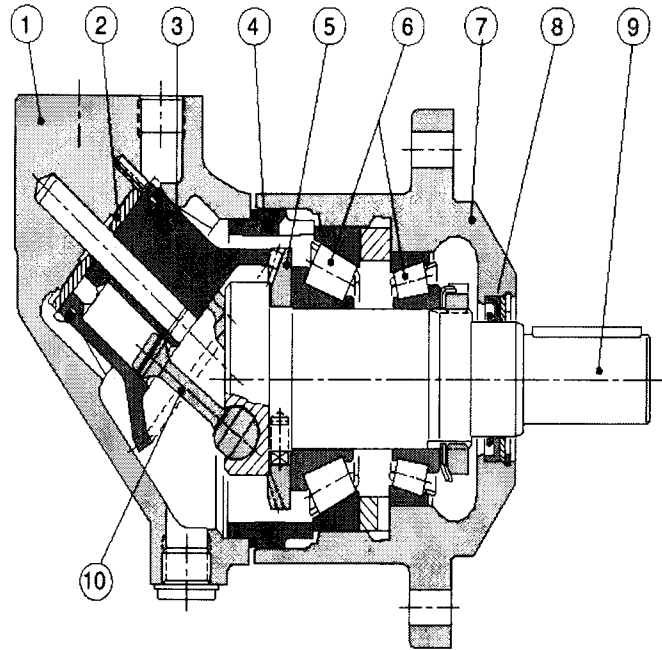


그림 4-7. 사용된 쏘우모터

쏘우체인용 유압 모터의 작동은 그림 4-11의 유압회로도 와 같이 Main Pump에서 작동하여 오리피스를 거치는 과정에서의 압력이 강하한 만큼 모터에 작동하게 된다. 모터의 유량과 압력 곡선은 그림 4-8과 같이 나타나고 있다. 쏘우 모터는 약 144bar 정도에서 일정하게 작동하고 있으며, 유량 역시 약 112.41 l/min까지 일정한 유량을 유지하고 있다. 모터의 유량은 모터의 회전 속도를 결정하는 인자로 만약 작업시 모터의 유량이 많이 변하면 이는 속도가 일정하지 않음을 의미하므로 모터의 유량은 결국 쏘우 작업의 안정성을 평가하는데 중요한 역할을 하게 된다. 실험 결과에서는 대체적으로 쏘우작업시 일정한 유량을 형성하고 있는 것으로 나타났기 때문에 대체적으로 쏘우 작업은 안정적인 작업을 한다고 할 수 있다.

한편, 작업이 144bar까지 상승하였다 순간적으로 130bar로 다시 떨어지는데, 그 이유는 쏘우 실린더와 마찬가지로 130bar에서 순간적으로 어느 정도

공회전 정지하였음을 의미한다. 여기서는 약 0.2~0.5초 정도의 시간동안 정지하였으며, 그 주요 원인은 소우 작업의 수직이송 속도에 의한 관성력으로 인하여 순간적으로 멈추게 되는 것이다.

소우체인 회전속도를 구해 보면 다음과 같다.

- 공급유량(G) = 112.41 ℓ/min
- 회전톱 모터용량(H) : 19.0cc/rev
- 회전톱 회전속도(D) = G/H
= 112,410/19.0=5916.3 rpm

사용된 소우모터는 표4-1에서 보는 바와 같이 모터 용적 19cm³/rev로 최대 7,500rpm까지 허용하며, 압력은 최대 420bar를 초과하지 못한다. 그림 4-10에서 소우모터의 최대 압력은 180bar로 모터의 사용 최대 압력인 420bar에 비해 현저히 낮으며, rpm 역시 7,500 범위 내에 있다.

소우 작업이 마무리되고 약 3초의 간격을 두고 각각의 실험을 하였을 때, 유량은 그림 4-8에서와 같이 112.41 ℓ/min으로 다시 올라간다. 각각의 작업 사이에는 모터의 작동을 멈추었기 때문에 유량은 0으로 떨어지게 된다.

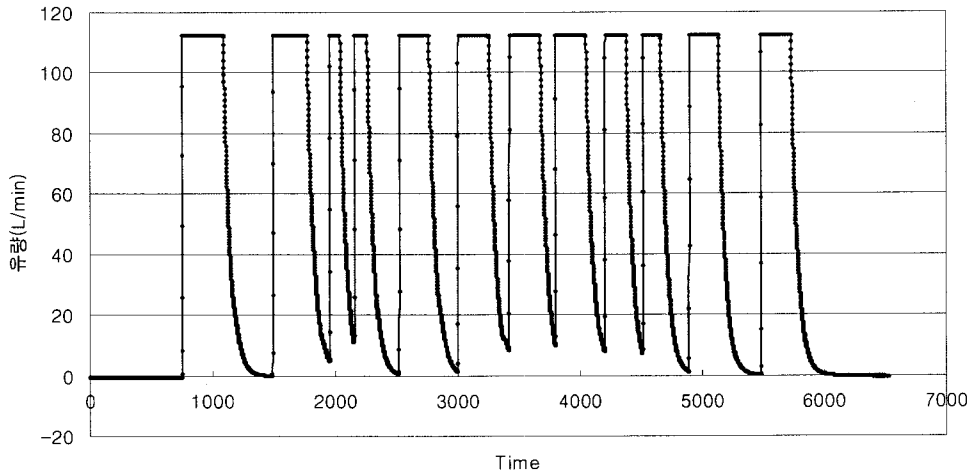


그림 4-8. 원목절단작업시 소우모터의 유량 변화

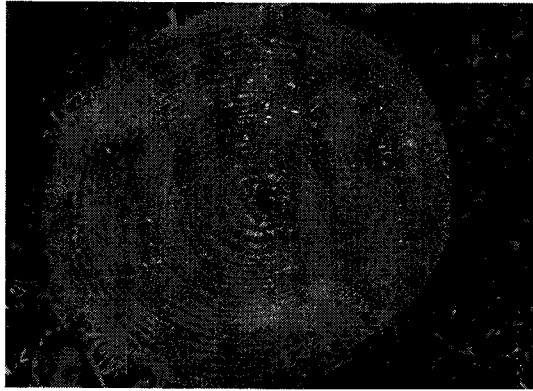


그림 4-9. 체인톱 절단에 의한 절단면

한편, 그림 4-10에서 유압은 유량과는 다르게 작업 구간 사이에 작업 관성에 의해 약간의 채터링이 발생한다. 작업 구간 사이에 시간 간격이 작기 때문에 안정 곡선에 이르지 못하고 있다. 그러나 실제 쏘우 작업은 연속으로 하는 것이 아니고 앞에서 설명한 바와 같이 3단계의 과정을 마치고 하게 된다.

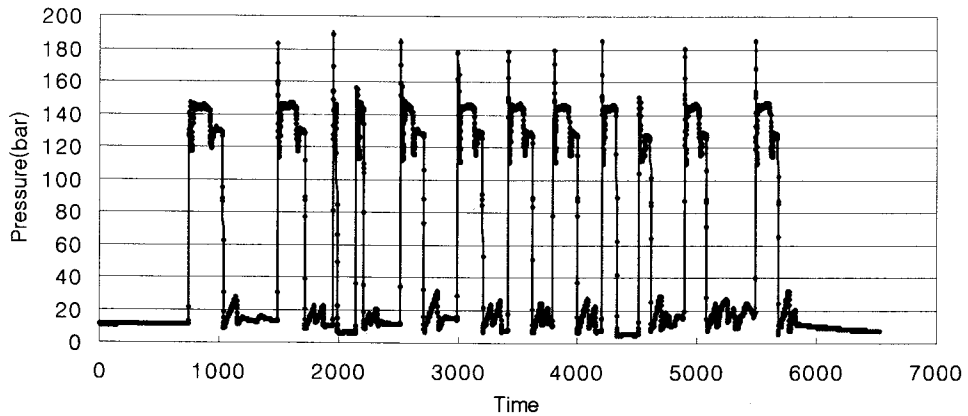


그림 4-10. 체인톱 절단 작업시 쏘우모터의 유압 변화

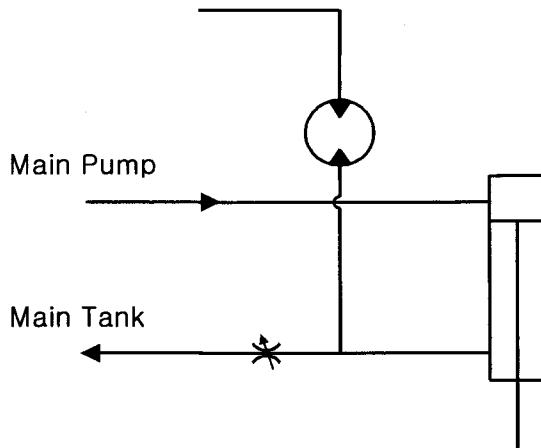


그림 4-11. 쏘우모터의 유압회로도

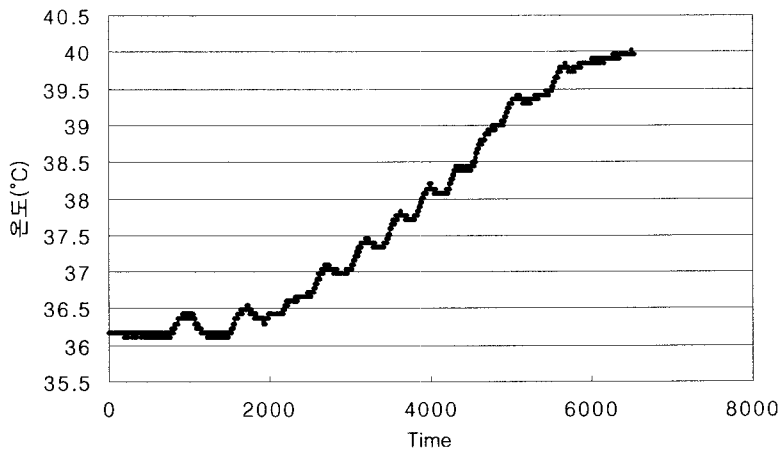


그림 4-12. 체인톱 절단 작업동안 쏘우모터의 유온 변화

쏘우 작업을 연속으로 하였을 때 그림 4-12와 같이 쏘우모터의 유온은 36.18°C에서 40°C까지 상승하며 40°C에서 안정적인 곡선을 형성하게 된다.

3. 프로세서 작업동안 쏘우 실린더의 유압과 유량 변화

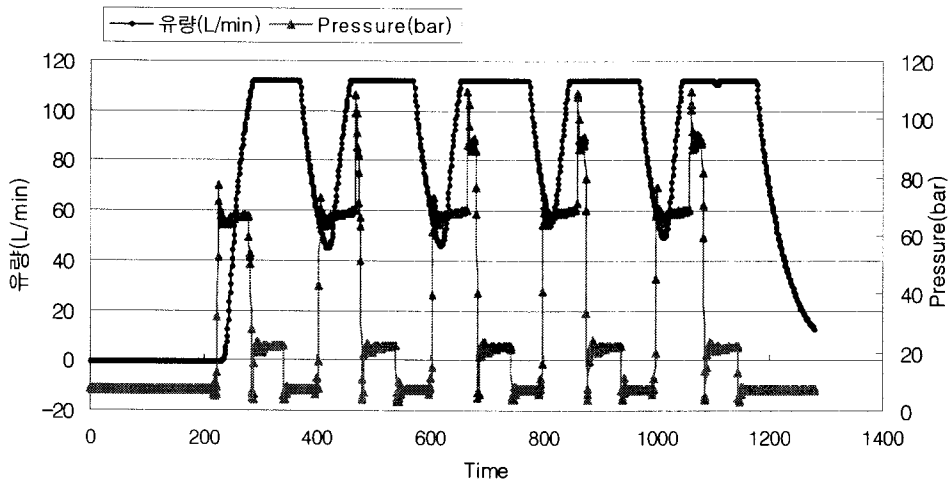


그림 4-13. 쏘우 실린더의 유압과 유량

쏘우 실린더는 쏘우 작업에 필요한 절단력을 제공하는 역할을 한다. 쏘우 실린더를 5번 연속으로 작업했을 때, 그림 4-13은 쏘우 실린더의 무부하시의 유압과 유량 변화이다. 유량은 최대 112.41 ℓ/min로 작동하며 압력은 약 66bar까지 올라갔다가 나무를 자른 후에는 잠시 약 22bar 정도로 강하하게 된다. 그 이유는 쏘우 작업을 마치고 잠시 정지상태에 있기 때문으로 약 0.5초의 시간 지연이 있는 것으로 보인다.

지연 시간 동안 압력이 22bar 정도로 유지하고 있는 이유는 그림 4-3에 나타나 있는 바와 같이 메인 유로에서 실린더로 들어오는 압력이 그대로 작용하기 때문이며 66bar에서 22bar까지 떨어지는 값, 즉, 44bar 정도는 실린더를 무부하 상태에서 작용시키는 순간적인 힘으로 볼 수 있다.

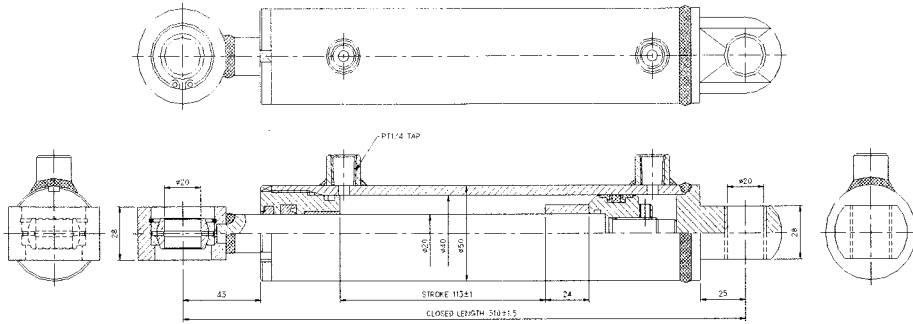


그림 4-14. 쏘우 실린더의 도면

표 4-2 쏘우 실린더 사양

Tube 내 경	Φ40 mm
Rod 내 경	Φ20 mm
Stroke	113 mm
사용 압력	230 kg/cm ²
Test 압력	340 kg/cm ²
사용 온도	-30℃~100℃
Extension Force	2,890 kgf
Retraction Force	2,168 kgf

쏘우 실린더는 쏘우 작업시 원목에 수직 절단력을 가하는데 쏘우 실린더의 단면적에서 실린더 봉의 면적을 제외한 면적으로 쏘우 실린더에 의해서 절단 하중을 구할 수 있다. 쏘우 작업시 실린더에 걸리는 유압의 압력은 그림 4-15와 같다. 절단력을 다음과 같이 계산한다.

$$- \text{절단력 } F = P \cdot \pi \cdot \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{4}$$

$$- D_1 = 40\text{mm}$$

$$- D_2 = 20\text{mm}$$

$$- 1.013\text{bar} = 1.03\text{kgf/cm}^2$$

$$- 1\text{bar} = 10^5\text{N/m}^2 = 10^{-1}\text{N/mm}^2$$

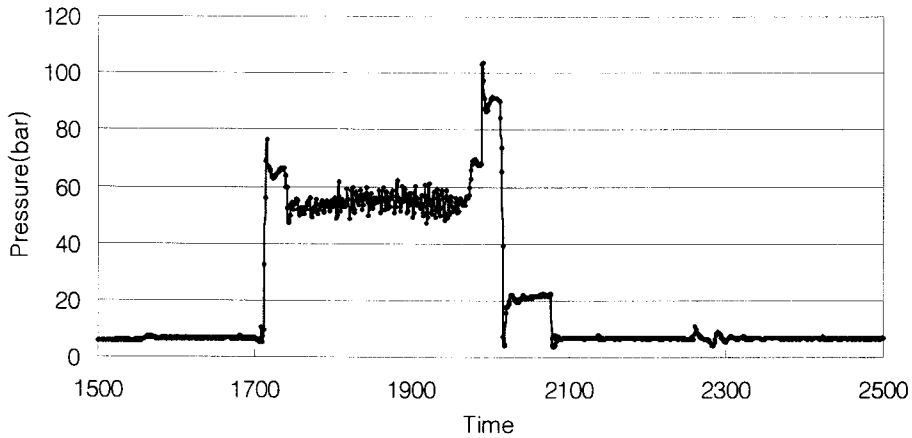


그림 4-15. 쏘우 실린더의 압력변화

그림 4-16에서 원목을 절단하기 시작할 때는 하중이 $600kgf$ 에서 절단을 시작하면 가속력이 붙어 $540kgf$ 내외에서 안정상태를 유지한다. 안정상태에서 나무의 직경은 증가하다가 감소하기 때문에 전체적으로 하중이 증가하다가 감소하는 형태를 띤다. 그러나 여기서 지나치게 많은 힘이 소요되고 있다. 보통 이 작업의 절단력은 $20kgf$ 면 충분하기 때문에 쏘우 실린더 입구에 압력조절밸브를 설치하여 작업력을 떨어지게 할 필요가 있다. 안정상태에서 작은 변화가 있는 것은 원목에 붙어 있는 가지나 여러 가지 웅이 때문에 하중이 변화하는 것으로 판단된다.

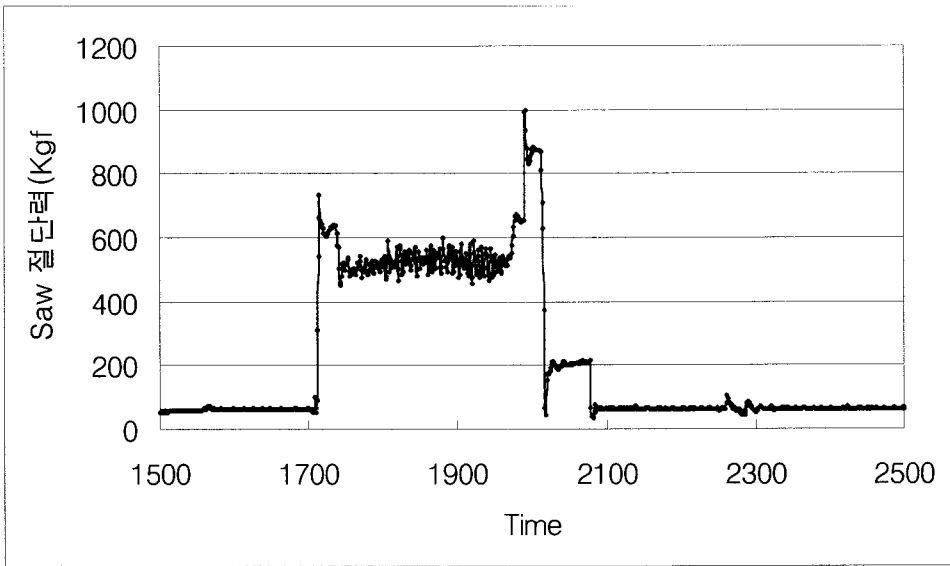


그림 4-16. 쏘우 실린더의 압축변화

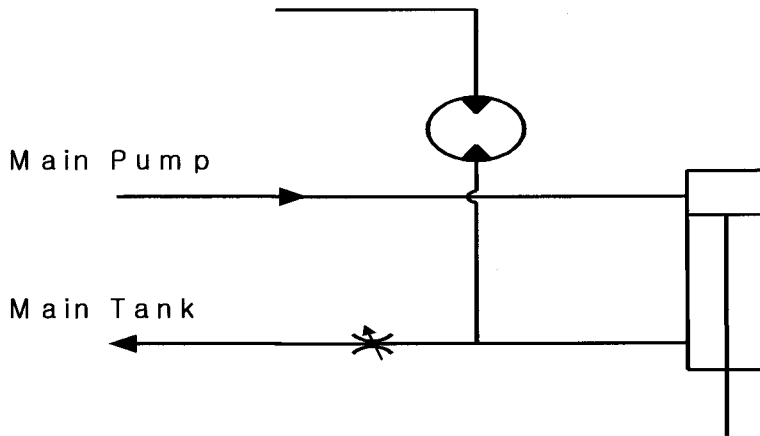


그림 4-17. 쏘우 작동 모터와 실린더

그림 4-17에서 메인 유로에서 실린더로 유압을 공급하고 실린더를 거쳐 나온 유압은 오리피스를 거쳐 압력 강하가 발생한다. 이 압력 강하로 쏘우모터를 작동시킨다. 따라서 오리피스를 조정함으로써 쏘우모터의 동력을 증가시킬 수 있다. 지나친 동력의 증가는 자칫 쏘우모터에 손상을 줄 수 있으므로 이에 알맞은 압력을 공급해야 한다.

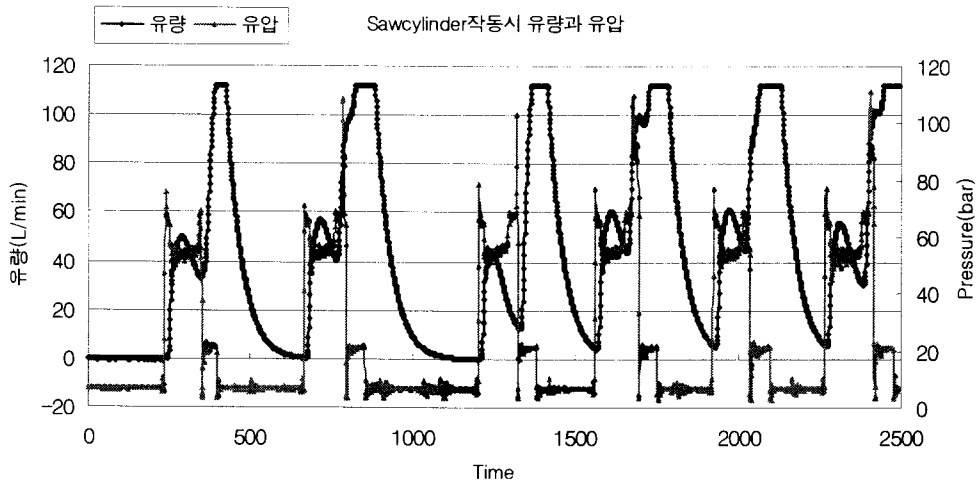


그림 4-18. 쏘우 모터 실제 작업에 따른 유량과 유압

잣나무 직경 22cm의 원목을 대상으로 실제 절단작업에 대한 압력 및 유량의 변화를 실험하였다. 그림 4-18에서 무부하 작동 그래프와 비교해 보았을 때 거의 유사한 그림을 형성하고 있다. 그러나 실제 작업시 쏘우는 상대적으로 많은 하중을 받으므로 유량이나 압력에 있어서 약간의 변화는 있다. 특히, 유량에서 처음 실린더를 작동시킬 때보다는 실제로 저항을 받는 과정인 나무를 자르는 과정에 많은 유량이 작용하고 있다. 무부하시의 실린더 작동 부분과 절단하는 부분의 차이가 없으나 실제 작업에서는 절단하는 과정에서 많은 하중을 받기 때문이다. 유량은 112.41 l/min으로 대체적으로 고르게 나옴을 알 수 있다.

4. 피드롤러의 유압 및 유량변화

피드롤러용 유압모터는 BBC 02 모델로서 규격 및 특징은 그림 4-19 및 표 4-3과 같다.

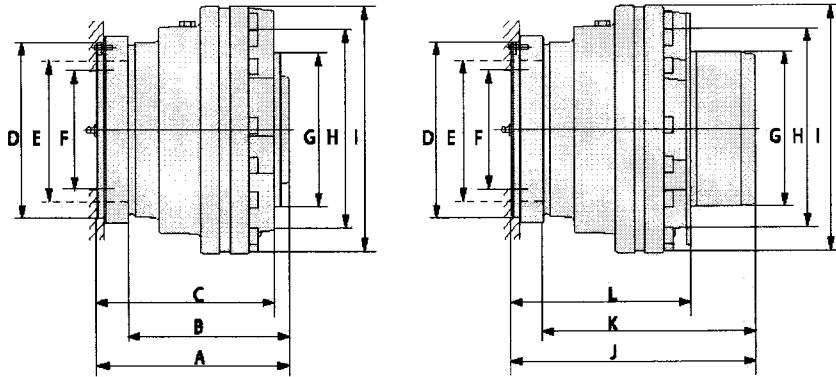


그림 4-19. 피드롤러용 유압모터

표 4-3. 피드롤러용 유압 모터의 제원

모 델		BBC 02
규 격(mm)	A	254
	B(로테이팅 파트)	212
	C	233
	D	200
	E	160, 8×M16
	F	135
	G	175.8
	H	225, 5×M22×1.5
	I	282
	J	322
	K	280
	L	236
중량 (kg)	브레이크 제외	62
	브레이크 포함	71
모터 용적 (ccm)		783
최대 압력 (bar)		450
최대 토오크 (Nm)		5,160
모터 power (kW)		42
모터 회전속도 (rpm)		201 (무부하시 1,200)
브레이크 토오크 (Nm)		6,560

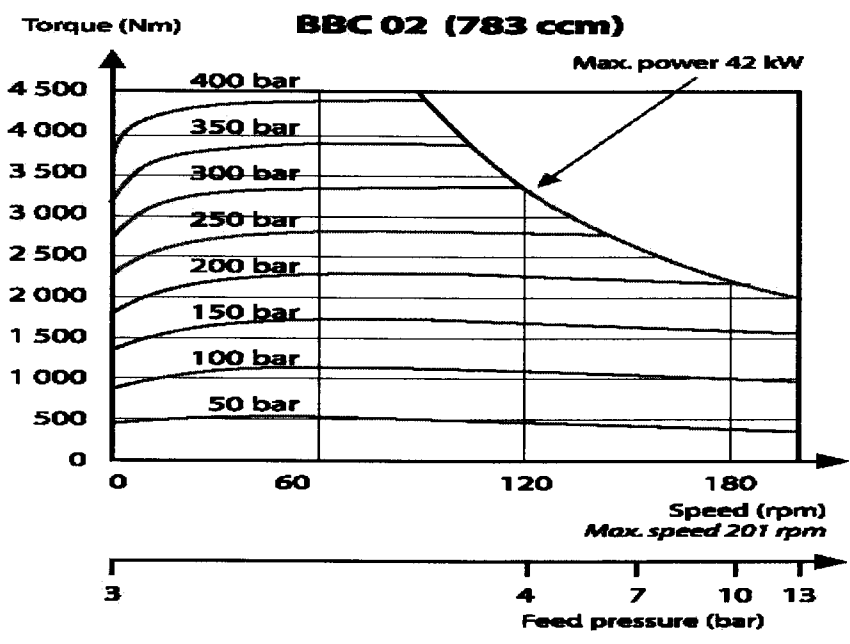


그림 4-20. 피드롤러 유압모터의 성능 데이터

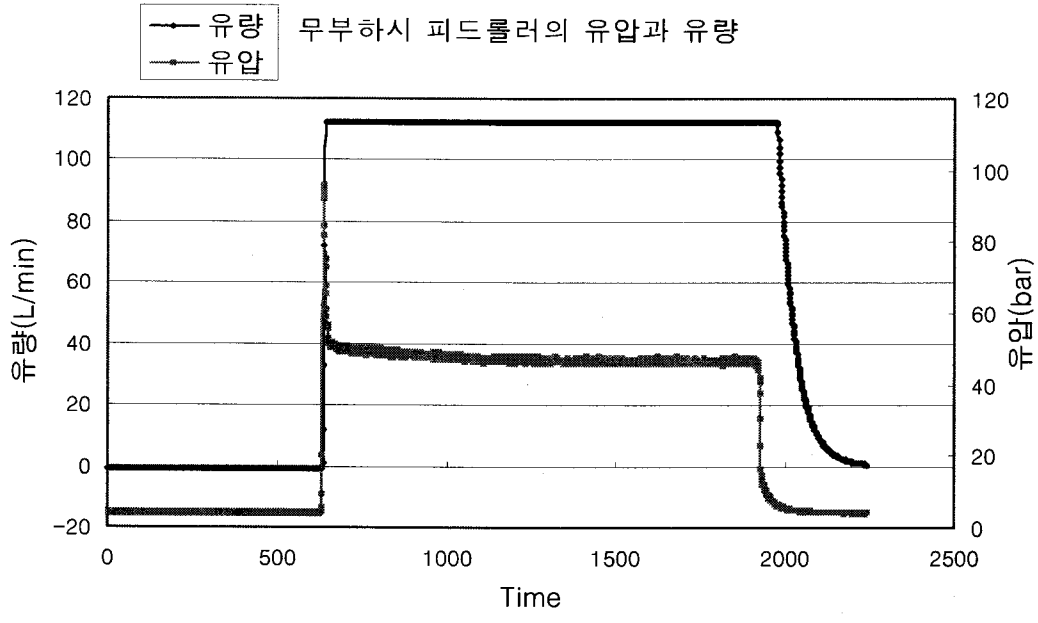


그림 4-21. 무부하시 피드롤러 유압모터의 유량과 압력

그림 4-21은 무부하시에 측정된 피드롤러 유압모터의 유량과 압력 측정 곡선이다. 피드롤러를 약 2.9초 공회전 시킨 후, 솔레노이드 밸브를 Off시키면 순간적으로 유압의 압력은 원상태로 복귀되며 이에 따른 유량도 복귀한다. 그 사이의 시간 지연은 약 0.53초이다. 피드롤러 작동시 유량은 112.41 ℓ/min로 거의 일정하며 유압은 47bar정도를 계속 유지하고 있다.

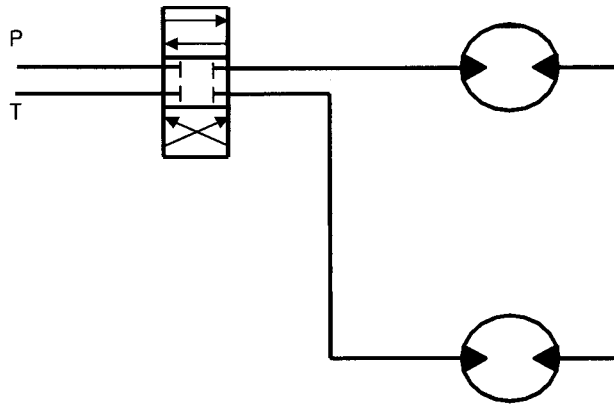


그림 4-22. 피드롤러의 유압 회로도

피드롤러는 그림 4-22에서와 같이 유압모터 두개를 직렬로 작동시키는 기능을 가지고 있다. 따라서 유량과 유압은 두 모터에 동시에 작용한다. 피드롤러를 작동시킬 때는 프로세서의 가장 중요한 작업이기 때문에 유압원은 메인 유압모터에서 직접 유입되도록 하였다. 피드롤러가 작동할 때 칼날과 피드롤러를 이용하여 원목을 잡는 간격을 조정하는 밸브는 열어 항상 일정한 압력으로 원목을 잡도록 설계되었다.

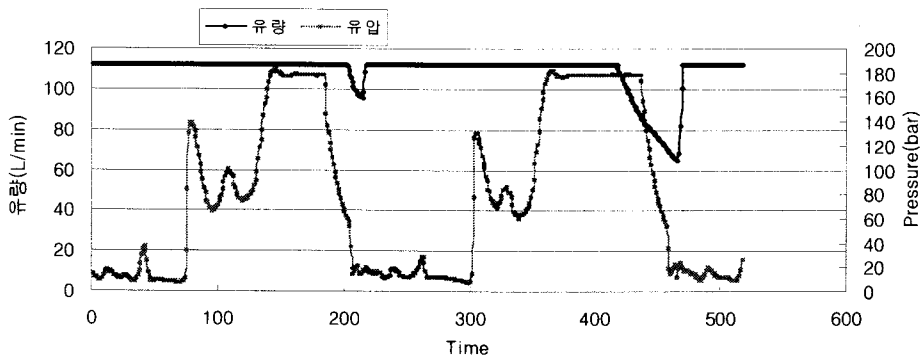


그림 4-23. 피드롤러 작동시 유량과 유압



그림 4-24. 유량센서 부착모습

피드롤러가 작동할 때 원목에는 여러 가지 저항 요소가 있다. 먼저 원목에 있는 여러 웅이나 잔가지, 그리고 급격히 변하는 나무의 직경은 피드롤러에 상당한 저항을 일으킨다. 따라서 그림 4-23에서 나타난 그래프는 각각의 저항에 따른 피드롤러의 유량과 유압의 크기를 나타내고 있다. 한편 저항의 크기는 압력의 180bar 근처에 갔을 때 집중적으로 작용한다고 할 수 있다. 특

히 압력이 180bar 근처에서 머무는 시간은 원목에 부착된 가지직경과 비례한다고 할 수 있다. 첫 번째 고압은 0.4초간 지속되고, 두 번째 고압은 0.7초간 지속된다. 한편, 유량은 가지를 자르는 동안 약간 감소하다가 다시 정상 상태를 회복한다. 이는 원목을 자르는 시간에는 피드롤러의 속도가 약간 감소함을 의미한다. 두 번째 고압에서는 첫 번째 고압에 비해 굵은 가지를 자르기 때문에 유량의 감소가 더욱 심하게 나타남을 알 수 있다. 이는 가지가 굵을수록 저항이 크고 속도는 비례해서 감소함을 알 수 있다. 유압모터의 구동토크를 통해 피드롤러의 이송력을 계산해 보면 다음과 같다.

$$- \text{Torque(Nm)} = \frac{P(\text{pa}) * H(\text{m}^3/\text{rev}) * \eta(\text{효율})}{2\pi}$$

$$- \text{Torque(Nm)} = F(\text{N})R(\text{m})$$

$$- \text{이송력 } F = \frac{P(\text{pa}) * H(\text{m}^3/\text{rev}) * \eta(\text{효율})}{2\pi R}$$

- P(pa) : 피드롤러 입구 압력

- H(m³/rev) : 모터 용량

- η : 유압모터 효율

- R(m) : 모터의 반지름

여기서, 모터용량(H) = 19.0cc/rev=19×10⁻⁶m³/rev, 모터효율(η) =0.95라고 하고, 반지름 167.5mm을 대입해서 이송력을 산출하면 시간에 따른 이송력을 얻을 수 있다.

유압모터에 저항이 작용하면 일정 압력이 릴리프 밸브에 작용하기 때문에 일정 하중인 1,264kgf가 작용하게 된다. 즉, $\frac{1,264 \times 9.8 \times 167.5}{1000} = 2074.86\text{Nm}$ 의 토크가 발생하게 된다. 최대 허용 토크 이상인 경우 모터는 작동을 할 수 없다. 따라서 모터의 허용 토크인 5,160Nm 범위 내에서 토크를 증가시켜 이송력을 증가시킬 수 있다.

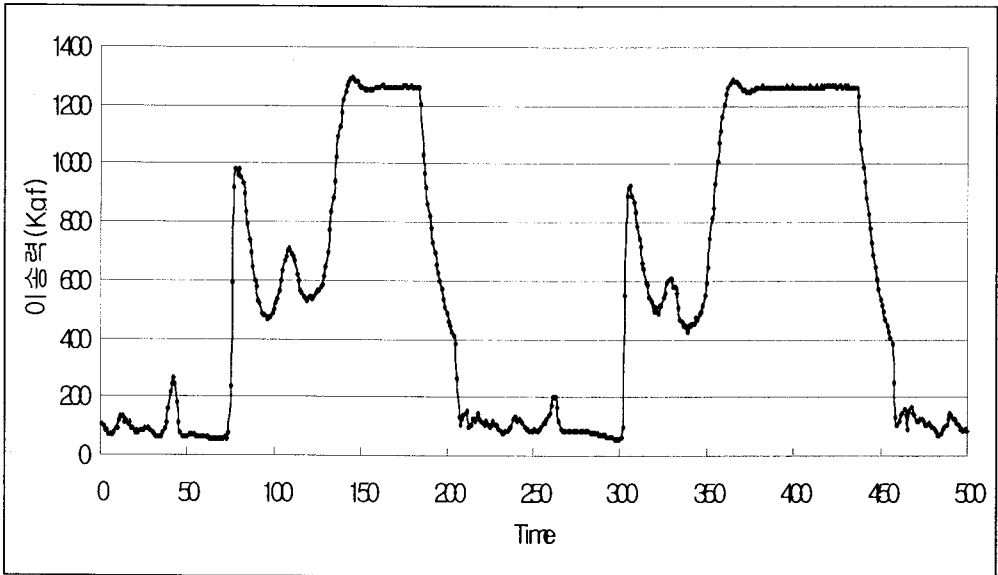


그림 4-25. 피드롤러의 이송력 (kgf)

피드롤러의 유압의 온도는 그림 4-26과 같이 37°C에서 증가하기 시작하여 47°C에서 안정상태로 진입하게 된다. 유압 시스템의 온도는 전체적으로 안정적이라고 할 수 있다.

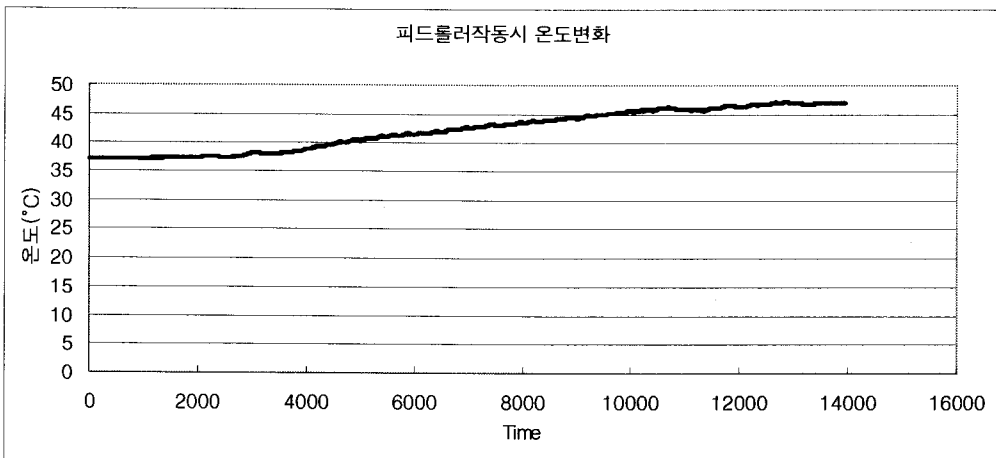


그림 4-26. 피드롤러 작동시 유압의 온도 변화

5. 작업중 피드롤러 실린더의 압축력

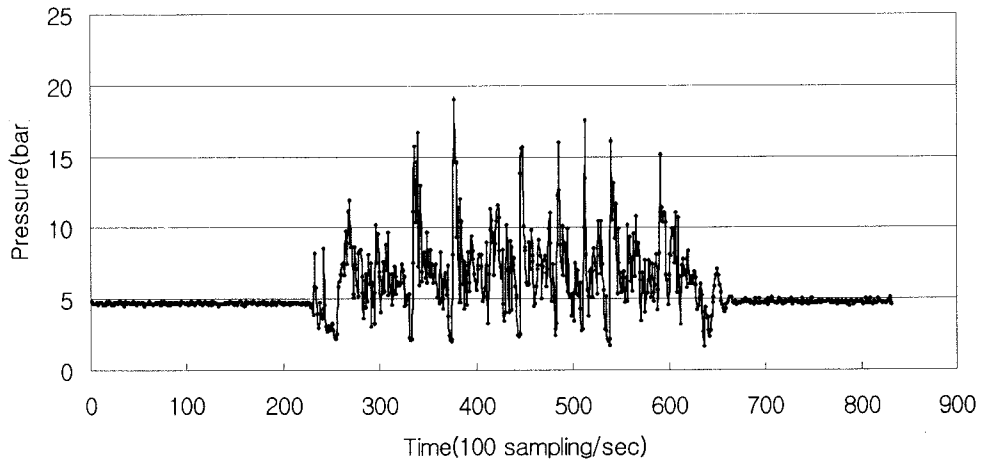


그림 4-27. 피드롤러 실린더의 압력 변화

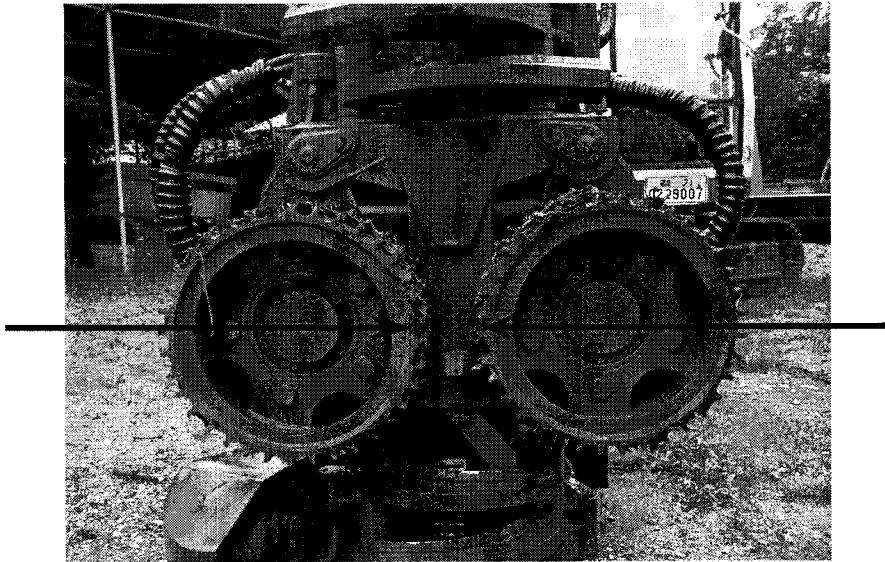


그림 4-28. 피드롤러 실린더의 압축

피드롤러의 작업 시간은 2.3초에서 6.5초까지 작동한다. 피드롤러 실린더에 작용하는 압력은 피드롤러 작동시 여러 가지 저항 요소 때문에 적은 범위에

서 변화한다. 그러나 피드롤러에는 피드롤러의 접선력 때문에 많은 힘을 요하지 않는다. 그림 4-27에서 작동부는 최소값 1.06bar에서 19.04bar까지 변화한다. 즉, 피드롤러 작동에 소요되는 압력은 20bar내외라고 할 수 있다. 평균 6.74bar에 대해 하중을 계산해 보면 아래와 같다.

$$- \text{절단력 } F = P \cdot \pi \cdot \frac{D_2^2 - D_1^2}{4}$$

$$- D_1 = 60 \text{ mm}$$

$$- D_2 = 30 \text{ mm}$$

$$- 1.013 \text{ bar} = 1.03 \text{ kgf/cm}^2$$

$$- 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

즉, 평균적으로 145.77 kgf의 압축력이 작용하게 된다.

$$F = 0.674 \times \pi \cdot \frac{60^2 - 30^2}{4} = 1428.54 \text{ N} = 145.77 \text{ kgf}$$

표 4-4. 피드롤러 실린더의 사양

T u b e 내 경	Φ 60 mm
R o d 외 경	Φ 30 mm
스 트 로 크	125 mm
사 용 압 력	230 kg/cm ²
T e s t 압 력	340 kg/cm ²
사 용 온 도	-30℃ ~ 100℃
Extention Force	6,503 kgf
Retraction Force	4,877 kgf

제 2 절 기본차량의 안정성 시험

개발된 프로세서의 안정성 검토를 위해서는 실제 작업장소에서의 안전성을 검토하는 것이 필요하다. 실제의 프로세서 작업조건은 일반 건설장비와는 달리 대부분 경사지에서 작업이 이루어진다. 따라서 평지이외의 경사지에서 안정성에 대한 검토를 실시하였다.

1. 평지에서 작용 하중에 따른 전복

전복점을 중심으로 전복이 시작되면 차체에 작용하는 수직항력이 사라지고 모멘트 평형이 이루어지며, 이 때 순간적으로 전복을 시작한다. 따라서 모멘트 평형식을 적용하면 아래와 같은 전복 하중을 유도할 수 있다.

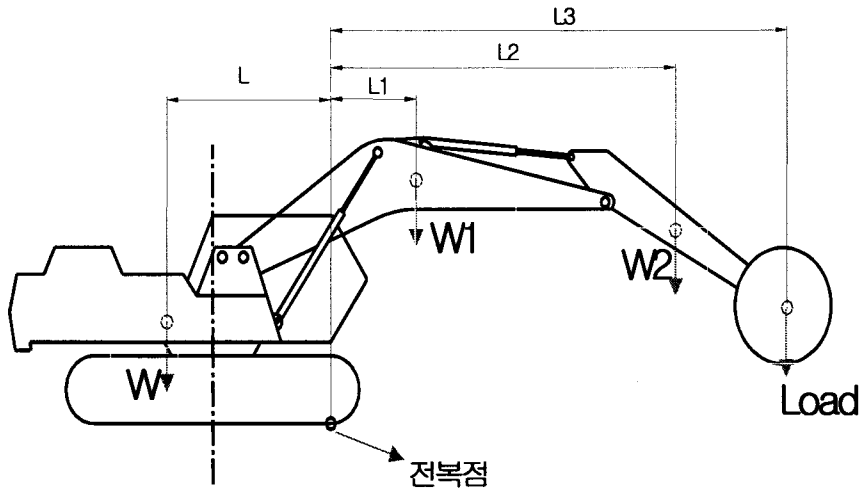


그림 4-29. 평지에서의 하중 작용

한편, 제작회사에서 공급하는 성능 데이터를 통하여 작용 하중범위를 알 수 있으며, 이는 계산식을 통하여 작업이 안전성능 범위에 들어가도록 설계할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & - W \cdot L - W1 \cdot L1 - W2 \cdot L2 - \text{Load} \cdot L3 = 0 \\
 & - \text{Load} \cdot L3 = W \cdot L - W1 \cdot L1 - W2 \cdot L2 \\
 \therefore \text{Load} & = \frac{W \cdot L - W1 \cdot L1 - W2 \cdot L2}{L3}
 \end{aligned}$$

표 4-5. SOLAR 70-III 작업범위

Boom Type	3,660 mm
Arm Type	1,630 mm
Bucket Type	0.25 m ³
Max. Loading Height	5,170 mm
Min. Loading Height	2,395 mm
Min. Swing Radius	1,720 mm
Bucket Angle	183°

프로세서 작업에 사용된 굴삭기는 SOLAR 70-III(대우 중공업)로 표 4-5와 같은 작업범위로 설계되었다.

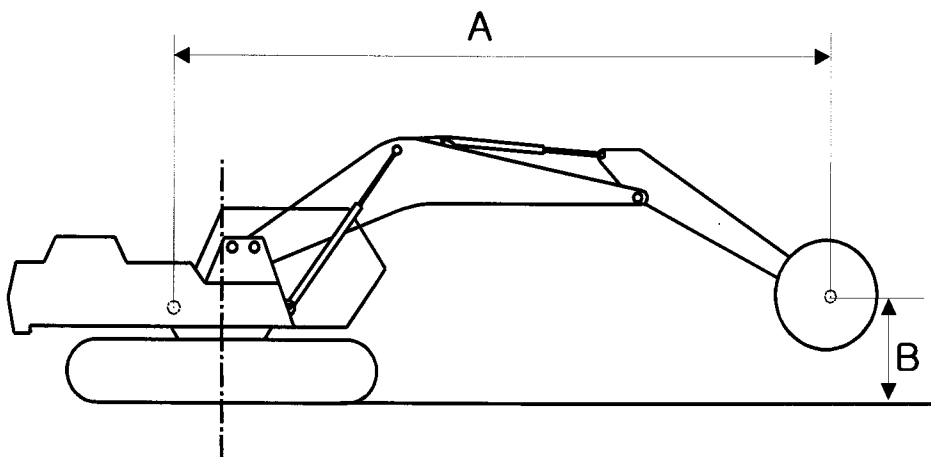


그림 4-30. 프로세서의 작업 모형

또한, 프로세서 작업을 위한 작업 범위를 예측하려면 제작회사에서 제공하는 다음과 같은 성능 데이터를 통하여 작업 범위를 예측할 수 있다.

표 4-6. 굴삭기 S70-III의 작업성능 데이터

A(m) B(m)	2m		3m		4m		5m		Maximum Reach		
	정면 작업	측면 작업	정면 작업	측면 작업	정면 작업	측면 작업	정면 작업	측면 작업	정면 작업	측면 작업	A(m)
8m											
7m											
6m									1,590	1,590	3,800
5m			2,030	2,030					1,360	1,050	4,940
4m			2,050	2,050	1,760	1,340			1,070	810	5,570
3m			2,380	2,170	1,720	1,310			920	690	5,940
2m			2,700	2,010	1,650	1,250	1,110	820	860	640	6,080
1m			2,590	1,910	1,590	1,180	1,080	790	850	630	6,040
0m	3,360	3,360	2,520	1,840	1,550	1,150			900	660	5,810
-1m	2,460	2,460	2,490	1,820	1,530	1,130			1,030	760	5,320
-2m			1,880	1,850					990	990	4,500

2. 경사 지점에서의 전복

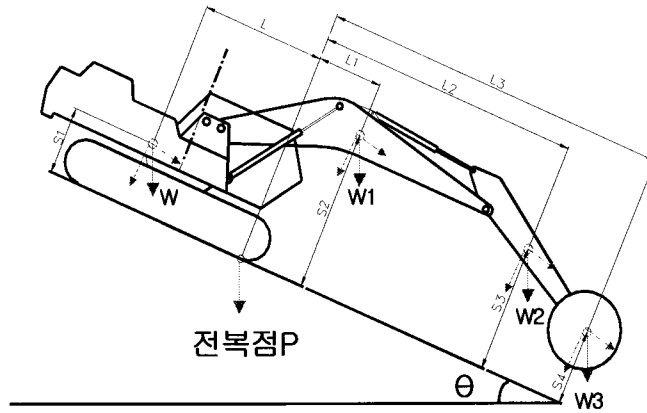


그림 4-31. 경사지형에서의 하중 작용

전복 지점인 P에서의 모멘트 평형조건을 고려한다. 경사지형에서 각 부분의 하중은 경사면을 중심으로 x, y 방향으로 분력을 나눌 수 있으며, 이를 통해 전복점을 중심으로 평지에서와 같은 방식으로 모멘트 평형식을 통하여

평형이 깨지는 각도를 구할 수 있다.

$$W \cdot \cos\theta \cdot L - W \cdot \sin\theta \cdot S_1 - W_1 \cdot \sin\theta \cdot S_2 - W_1 \cdot \cos\theta \cdot L_1 - W_2 \cdot \cos\theta \cdot L_2 - W_2 \cdot \sin\theta \cdot S_3 - W_3 \cdot \sin\theta \cdot S_4 - W_3 \cdot \cos\theta \cdot L_3 = 0 \quad (1)$$

(1)식에서,

$$W \cdot \cos\theta \cdot L = W \cdot \sin\theta \cdot S_1 + W_1 \cdot \sin\theta \cdot S_2 + W_1 \cdot \cos\theta \cdot L_1 + W_2 \cdot \cos\theta \cdot L_2 + W_2 \cdot \sin\theta \cdot S_3 + W_3 \cdot \sin\theta \cdot S_4 + W_3 \cdot \cos\theta \cdot L_3 \quad (2)$$

(2)식 양변을 $\cos\theta$ 로 나누면,

$$W \cdot L = W \cdot \tan\theta \cdot S_1 + W_1 \cdot \tan\theta \cdot S_2 + W_1 \cdot L_1 + W_2 \cdot L_2 + W_2 \cdot \tan\theta \cdot S_3 + W_3 \cdot \tan\theta \cdot S_4 + W_3 \cdot L_3 \quad (3)$$

(3)식을 $\tan\theta$ 에 대해 정리하면,

$$(W \cdot S_1 + W_1 \cdot S_2 + W_2 \cdot S_3 + W_3 \cdot S_4) \tan\theta = WL - W_1 \cdot L_1 - W_2 \cdot L_2 - W_3 \cdot L_3$$

$$\therefore \tan\theta = \frac{(W \cdot L - W_1 \cdot L_1 - W_2 \cdot L_2 - W_3 \cdot L_3)}{(W \cdot S_1 + W_1 \cdot S_2 + W_2 \cdot S_3 + W_3 \cdot S_4)}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{(W \cdot L - W_1 \cdot L_1 - W_2 \cdot L_2 - W_3 \cdot L_3)}{(W \cdot S_1 + W_1 \cdot S_2 + W_2 \cdot S_3 + W_3 \cdot S_4)} \right\}$$

3. 무게중심라인(L)의 결정

평지에서의 작업시 무게 중심라인의 결정은 최대 안정 작업범위의 결정 및 장비자체의 안정성 검토에 필요한 자료로서 그림 4-32와 같이 힘의 평형관계로부터 구할 수 있다.

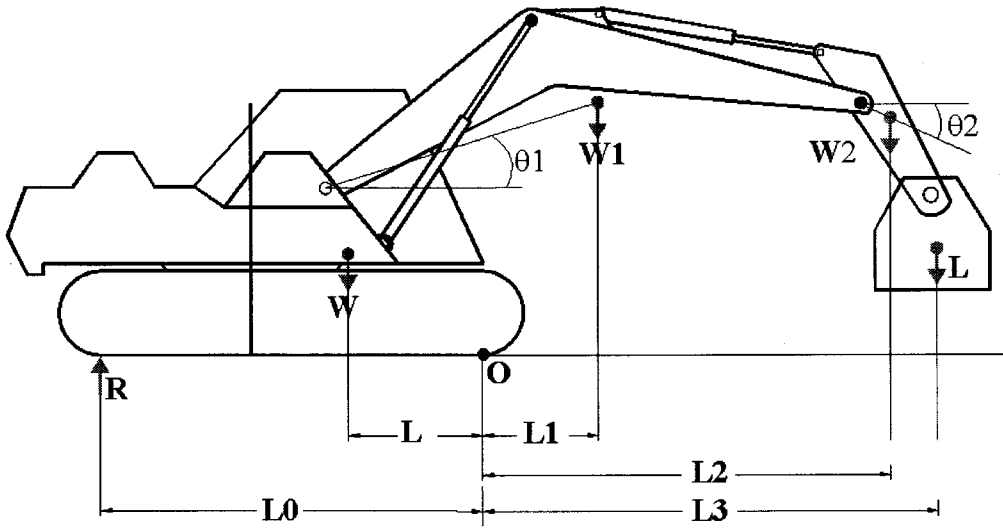


그림 4-32. 무게중심라인(L) 결정을 위한 프로세서의 힘의 자유선도

그림 4-32에서와 같이 차체의 중량을 W, 붐의 중량을 W1, 암의 중량을 W2, 프로세서 헤더의 중량을 L 이라고 하고, 각각의 힘의 작용선상으로부터 모멘트의 중심점 O 까지의 거리를 각각 L, L1, L2, L3 라고 할 때, 무게중심라인 (L)은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$L = \frac{W_2 L_2 + W_3 L_3 - W_1 L_1 + R_1 L_0}{W}$$

실제의 무게중심 라인 측정을 위해 본 연구에서는 그림 4-33에서와 같이 굴삭기의 붐과 암에 각각 경사센서를 설치하여 붐과 암의 위치를 고려한 무게 중심위치를 측정하였다.

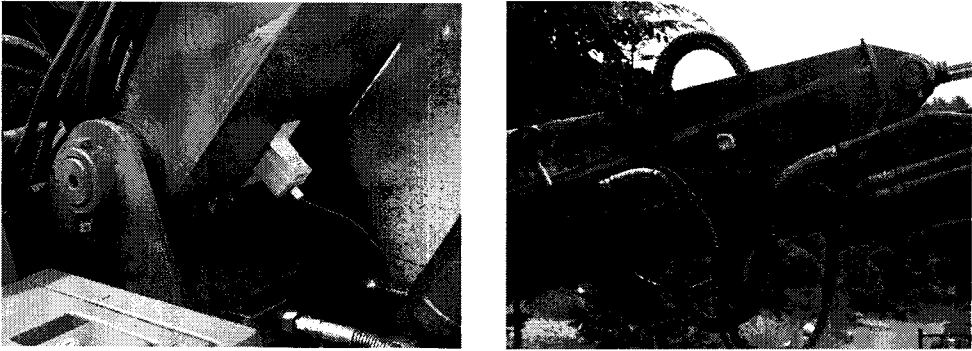


그림 4-33. 프로세서 붐과 암의 무게 중심라인 결정을 위한 경사센서의 설치

붐과 암의 경사를 측정하기 위한 사용된 경사센서는 각각 ± 30 , ± 60 의 측정범위를 가진 것으로 붐의 작동범위각 보다 암의 작동 범위각이 더 클 것으로 판단되어 붐에는 ± 30 , 암에는 ± 60 의 경사센서를 사용하였다. 설치된 경사 센서는 자료수집 장치를 거쳐 A/D 변환을 거친 후 컴퓨터 화면에서 직접 출력하도록 하였다.

또한 경사센서는 붐과 암의 무게중심위치를 프로세서의 전류 스프로킷 하부 접촉점(모멘트 원점)과의 상대적인 파악이 가능하도록 초기 각 변위를 설정한 후 세팅하였다. 추후 센서의 각 변위만을 측정하므로써 붐과 암의 위치를 상대적으로 계산 가능하도록 하였다.

센서의 세팅 후, 실제 무게 중심측정을 위해 그림 4-34와 같이 2개의 로드셀을 이용하여 전체 중량 및 전후 좌후의 중량 배분을 붐과 암의 위치에 따라 측정하였다.

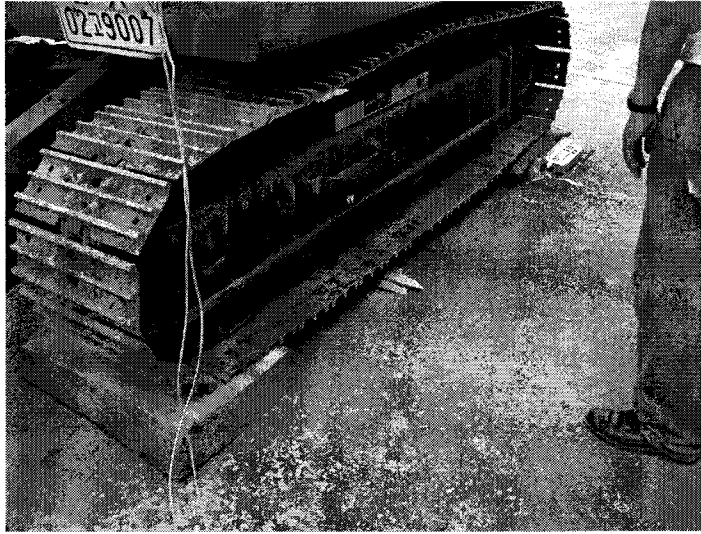


그림 4-34. 무게중심라인 결정을 위한 프로세서의 중량 측정

로드셀을 이용하여 측정한 전후의 스프로킷 하부 중량 분포 자료를 이용하여 차체의 안정성 해석에 필요한 본체의 중량과 무게 중심 위치 라인을 구하였다.

측정 결과, 총 중량 8,280kg, 실린더를 포함한 작업 붐의 무게 513kg, 암의 무게 245kg, 그리고 조재기 유니트의 실중량은 760kg 였다.

실험을 통해 구한 본체의 중량, 무게 중심 라인, 작업붐과 암의 중량과 무게중심 위치 등의 자료를 이용하여 작업 붐과 암의 위치에 따른 프로세서 평지 안정성을 검토하였다. 작업붐의 상대적인 위치는 붐의 작동원점과 무게 중심이 만나는 선이 수평면과 이루는 각을 붐의 위치로 정의하였으며 작업 암도 역시 같은 식으로 작업 암의 작동 원점과 무게중심을 연결하는 선과 수평면이 이루는 각을 작업 암의 각도로 정의하였다. 또한 전방작업과 측방작업을 구분하여 분석을 실시하였다. 현재 베이스머신으로 활용하고 있는 굴삭기는 본체의 무게 중심라인과 전도기준점이 일반적으로 전방작업의 경우가 측방작업의 경우보다 더 멀리 있기 때문에 전방작업의 경우가 더 안정하다. 본 연구에서는 프로세서 헤드의 작업을 위한 붐과 암의 작업 한계 범위를 붐의 경우 $30\sim 90^\circ$, 암의 경우 $0\sim -90^\circ$ 로 설정하고 각각 그 범위 내에

서 작업을 할 때의 정적 안정성을 실시하였다.

그림 4-32에서와 같이 후륜의 반력 R이 0이 되는 순간이 프로세서가 O 점을 중심으로 전도되는 순간이므로 후륜의 반력을 기준으로 안정성을 검토하였다.

표 4-7. 프로세서 본체의 전방 작업시 후륜 반력 (단위 : kgf)

Boom angle \ Arm angle	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°
0°	1482	1347	1217	1094	979	872	774	686	608	542	487	444	414
-5°	1473	1338	1209	1086	970	863	765	677	599	533	478	435	405
-10°	1470	1336	1206	1083	968	861	763	675	597	531	476	433	403
-15°	1475	1340	1210	1088	972	865	767	679	601	535	480	437	407
-20°	1485	1350	1221	1098	983	876	778	689	612	545	491	448	417
-25°	1502	1367	1238	1115	1000	893	795	706	629	562	508	465	434
-30°	1525	1390	1261	1138	1023	916	818	730	652	586	531	488	458
-35°	1555	1420	1290	1167	1052	945	847	759	681	615	560	517	487
-40°	1590	1455	1325	1203	1087	980	882	794	716	650	595	552	522
-45°	1630	1495	1366	1243	1128	1021	923	834	757	690	636	593	562
-50°	1676	1541	1412	1289	1174	1066	968	880	803	736	682	639	608
-55°	1727	1592	1463	1340	1224	1117	1019	931	854	787	732	690	659
-60°	1782	1647	1518	1395	1280	1173	1075	986	909	842	788	745	714
-65°	1842	1707	1577	1454	1339	1232	1134	1046	968	902	847	804	774
-70°	1905	1770	1640	1518	1402	1295	1197	1109	1031	965	910	867	837
-75°	1971	1836	1707	1584	1468	1361	1263	1175	1097	1031	976	933	903
-80°	2040	1905	1775	1653	1537	1430	1332	1244	1166	1100	1045	1002	972
-85°	2111	1976	1846	1724	1608	1501	1403	1315	1237	1171	1116	1073	1043
-90°	2183	2048	1919	1796	1681	1574	1476	1387	1310	1243	1189	1146	1115

표 4-7은 전방 작업시 프로세서 후륜의 반력을 붐과 암의 위치에 따라 계산한 결과로서 붐의 위치와 암의 위치에 상관없이 대부분의 하중이 전륜에 집중되어 있음을 알 수 있다. 특히 붐의 각도 90° ~ 70°까지는 암의 각도가 어떠한 상태가 되어도 작업시에는 안정성의 문제가 없으며, 붐 - 65°, 암 - 25° 이하일 때부터 전체 중량 8,200kg의 10% 정도만이 후륜에 작용하고 있어 실제 작업시의 관성등을 고려하면 안정성에 문제가 있는 것으로 판단되나 작업시에 약간의 주의를 기울인다면 실제 작업에는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 그렇지만 붐의 각도 40°,

암의 각도 20° 일 때부터는 전체 중량의 5%만이 후륜에 작용하여 작업시 위험 부담이 매우 커진다. 또한 실제 원목 조제작업의 경우 원목 자체의 하중까지를 고려한다면 실제 작업 범위는 작을 것으로 판단되나 관성 등의 영향으로 붐과 암의 위치 및 가속도, 캐빈의 회전가속도 등을 고려한다면 실제의 작업범위는 경우에 따라 매우 달라질 것으로 판단된다.

표 4-8은 측방작업시의 후륜의 반력을 붐과 암의 위치에 따라 계산한 결과로서 전방작업의 경우보다 전체중량에 대한 후륜의 반력비가 10% 이하인 것이 훨씬 더 많음을 알 수 있고, 이것은 측방작업이 전방작업에 비해 안정성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 붐의 각도 90° ~80° 까지는 암의 각도가 어떠한 상태가 되어도 작업시 안정성에는 문제가 없으며 붐의 각도 75° 이하일 때, 암의 각도가 30° 일 때부터 전체 중량의 10% 정도만이 후륜에 작용하고 있다.

표 4-8. 프로세서 본체의 측방 작업시 후륜 반력 (단위 : kgf)

Arm angle \ Boom angle	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°
0°	1307	1142	983	833	691	559	439	331	236	154	87	35	-3
-5°	1297	1131	973	822	680	549	428	320	225	144	76	24	-13
-10°	1294	1128	970	819	677	546	426	317	222	141	73	21	-16
-15°	1299	1134	975	824	682	551	431	323	227	146	79	26	-11
-20°	1312	1147	988	837	695	564	444	336	240	159	92	39	2
-25°	1333	1167	1009	858	716	585	465	356	261	180	112	60	23
-30°	1361	1196	1037	886	745	613	493	385	290	208	141	88	51
-35°	1397	1232	1073	922	781	649	529	421	326	244	177	124	87
-40°	1440	1275	1116	965	824	692	572	464	369	287	220	167	130
-45°	1490	1325	1166	1015	873	742	622	514	418	337	270	217	180
-50°	1546	1381	1222	1071	930	798	678	570	475	393	326	273	236
-55°	1609	1443	1284	1134	992	861	740	632	537	455	388	336	298
-60°	1676	1511	1352	1201	1060	928	808	700	605	523	456	404	366
-65°	1749	1584	1425	1274	1133	1001	881	773	678	596	529	476	439
-70°	1827	1661	1502	1352	1210	1079	958	850	755	673	606	554	516
-75°	1908	1742	1584	1433	1291	1160	1040	931	836	755	687	635	598
-80°	1992	1827	1668	1517	1376	1244	1124	1016	921	839	772	719	682
-85°	2079	1914	1755	1604	1463	1331	1211	1103	1008	926	859	807	769
-90°	2168	2003	1844	1694	1552	1420	1300	1192	1097	1015	948	896	858

또한 붐의 각도 60° , 암의 각도 30° 일 때부터는 전체 중량의 5%만 작용하여 작업시 위험 부담이 커짐을 알 수 있다.

특히, 붐의 각도가 30° 인 경우에 암의 각도에 따라 실제로 반력이 작용하지 않는 것으로 계산되어 무적재 상태에서 붐과 암의 각도에 따라라도 차체가 기울어질 수 있음을 알 수 있다.

4. 무게중심 위치의 높이 결정

경사지에서의 안정성 검토를 위해서는 차체의 무게중심 라인뿐만 아니라 무게 중심점의 위치에 대한 정보가 필요하다. 따라서 무게중심위치의 높이를 결정하기 위하여 다음과 같은 방법으로 프로세서 베이스머신의 무게중심 높이를 결정하였다.

수평위치에서는 무게중심의 수직선은 구할 수 있지만, 무게 중심위치의 높이를 결정하기 위해서는 장비를 일정각도로 기울인 상태에서 힘의 역학관계를 이용하여 구할 수 있다.

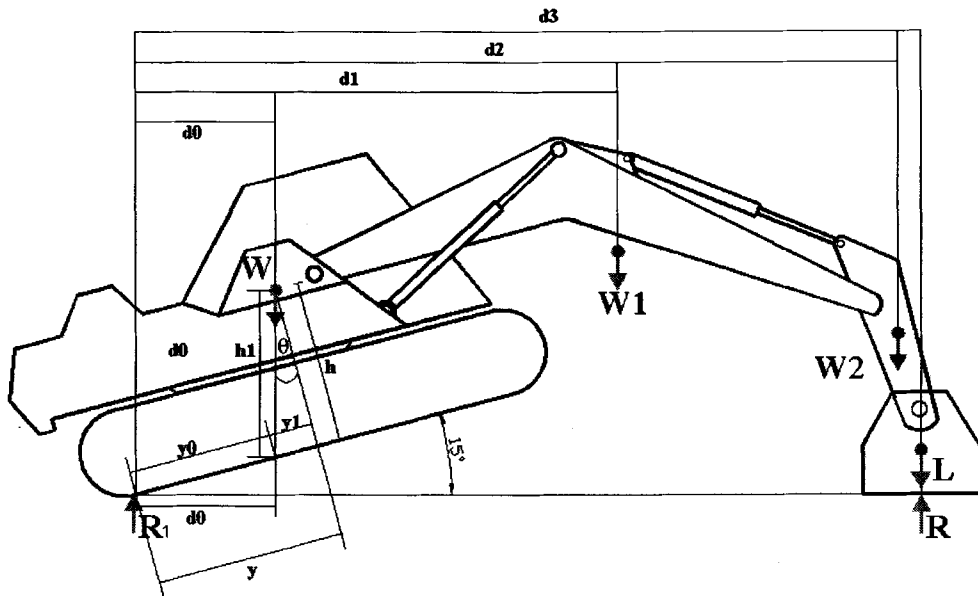


그림 4-35. 무게중심위치결정을 위한 힘의 자유선도

개발된 프로세서의 무게중심의 높이 h 는 힘의 평형과 모멘트의 평형식을 이용하여 다음과 같은 식으로 유도하였다.

$$h = \sqrt{\left(\left[\frac{y - \frac{d_0}{\cos \theta}}{\sin \theta} \right]^2 - \left(y - \frac{d_0}{\cos \theta} \right)^2 \right)}$$

여기서,

$$d_0 = \frac{R_2 d_3 - W_1 d_1 - W_2 d_2 - L d_3}{W_0}$$

앞의 식에서와 같이 굴삭붐과 암을 이용하여, 반력 R 과 그때의 굴삭붐의 각도와 암의 각도에 따른 좌표를 직접 계측을 통하여 구하도록 하였다.

무게중심위치의 높이를 결정하기 위해 그림 4-36에서와 같이 앞쪽 붐과 암을 이용하여 한쪽을 지지한 상태에서 장비의 앞쪽을 들어올린 상태에서 앞쪽 지지점의 반력을 로드셀을 이용하여 측정하였다. 반력 측정을 위한 로드셀은 최대 10톤까지 측정 할 수 있는 용량의 것을 사용하였다.

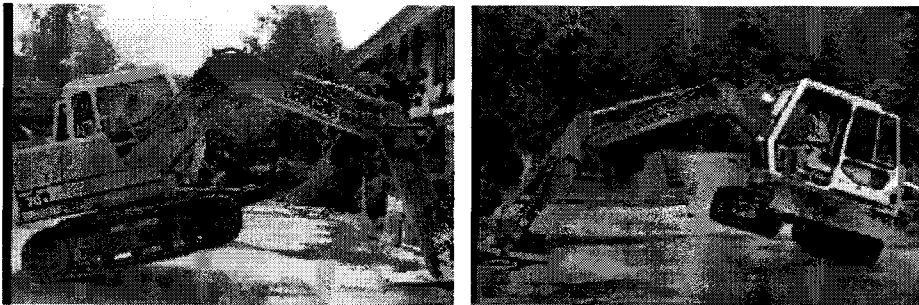


그림 4-36 무게중심높이 결정을 위한 반력 R 의 측정

반력 R 의 측정에서 개발된 프로세서의 파손방지과 계측시 운전자의 안전을 위해 프로세서를 분리한 상태에서 측정을 실시하였다. 무게 중심의 높이 계산에는 프로세서의 무게를 제외시킨 것을 고려하여 계산을 실시하였다.

그림과 같은 자세에서 반력과 동시에 각 굴삭 붐과 암의 각도를 측정하여

모멘트의 원점으로부터 붐대와 암의 무게 중심점까지의 거리를 계산하였다.

측정된 물리량을 토대로 계산한 결과 지면으로부터 0.84m 지점에 무게 중심점이 있는 것으로 계산되었다.

5. 경사지에서의 안정성 검토

경사지에서의 안정성은 그림과 같이 작업 붐의 위치가 경사면아래에 있을 때를 고려하였다. 베이스 머신으로 사용하고 있는 굴삭기는 굴삭붐과 암의 무게가 전체중량의 10%미만이지만 선단부에 작업기가 설치되고 본연구의 경우와 같이 작업기에 목재의 중량까지 합해질 경우 전체적인 무게 중심점은 작업기가 있는쪽으로 향하게 되고 자연스럽게 불안정성이 증가하게 된다. 따라서 그림과 같은 자세를 고려하여 분석을 실시하였다.

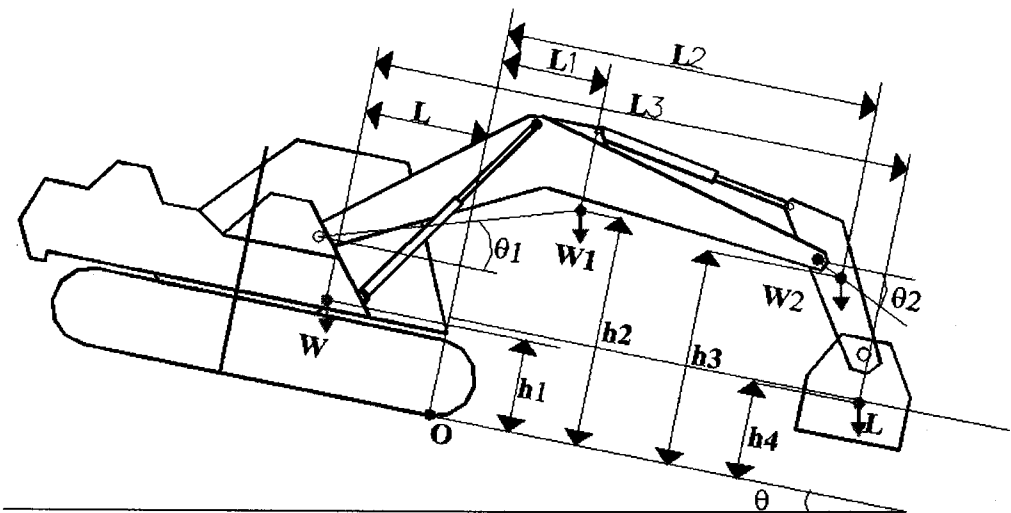


그림 4-37 경사지에서 프로세서의 힘의 자유선도

그림 4-37과 같이 경사지에서 전도가 발생하는 경우는 O점을 중심으로 발생한다. 따라서 전도 지점이 O 점을 기준으로 모멘트 평형조건을 고려하여 전도점을 중심으로 붐과 암의 위치에 따라 전도가 발생하는 경사를 다음과 같은 식으로 유도 할 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{W_1L - W_1L_1 - W_2L_2 - W_3L_3}{W_1h_1 + W_1h_2 + W_2h_3 + W_3h_4} \right]$$

즉, 계산된 전도각도는 전도가 발생하는 순간의 지면의 경사로서 적어도 계산된 각도 안에서 작업을 할 수 있도록 유도할 필요가 있다.

표 4-9, 4-10, 4-11은 전방 작업과 측방작업중 오른쪽과 왼쪽으로 구분하여 작업 붐과 암의 작업 각도에 따른 전도각을 계산 한 결과이다.

전방작업의 경우 붐과 암의 각도에 따라 최대 26.1°에서 최소 14°의 경사지에서 작업 할 수 있으며 실제 목재가 부가된 경우에는 그 작업 경사는 더 줄어 들것으로 판단된다. 또한 작업중에는 차체 및 작업 붐과 암의 관성이 발생할 것이므로 실제 작업 가능한 경사는 표 4-7 및 4-8에서 계산된 결과보다 더 줄어 들것으로 판단된다.

표 4-9 경사지에서 전방 작업중 프로세서의 전도각

Arm angle \ Boom angle	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
0	22.9	21.7	20.5	19.4	18.3	17.3	16.4	15.7	15.0	14.5	14.2	14.0	14.0
-5	22.6	21.3	20.1	19.0	18.0	17.0	16.1	15.3	14.7	14.2	13.8	13.6	13.6
-10	22.3	21.1	19.9	18.7	17.7	16.7	15.9	15.1	14.4	13.9	13.5	13.4	13.4
-15	22.1	20.9	19.7	18.6	17.5	16.6	15.7	14.9	14.3	13.8	13.4	13.2	13.2
-20	22.0	20.7	19.6	18.5	17.4	16.5	15.6	14.9	14.2	13.7	13.3	13.2	13.2
-25	21.9	20.7	19.5	18.4	17.4	16.5	15.6	14.9	14.2	13.7	13.4	13.2	13.2
-30	21.9	20.7	19.6	18.5	17.5	16.5	15.7	15.0	14.3	13.9	13.5	13.3	13.4
-35	22.0	20.8	19.7	18.6	17.6	16.7	15.9	15.1	14.5	14.1	13.7	13.6	13.6
-40	22.1	20.9	19.8	18.8	17.8	16.9	16.1	15.4	14.8	14.3	14.0	13.9	13.9
-45	22.3	21.1	20.0	19.0	18.1	17.2	16.4	15.7	15.1	14.7	14.4	14.2	14.3
-50	22.5	21.4	20.3	19.3	18.4	17.5	16.7	16.1	15.5	15.1	14.8	14.7	14.8
-55	22.8	21.7	20.7	19.7	18.7	17.9	17.2	16.5	16.0	15.6	15.3	15.2	15.3
-60	23.2	22.1	21.1	20.1	19.2	18.4	17.6	17.0	16.5	16.1	15.9	15.8	15.9
-65	23.6	22.5	21.5	20.5	19.7	18.9	18.1	17.5	17.0	16.7	16.5	16.4	16.5
-70	24.0	23.0	22.0	21.0	20.2	19.4	18.7	18.1	17.7	17.3	17.1	17.1	17.2
-75	24.5	23.5	22.5	21.6	20.7	20.0	19.3	18.7	18.3	18.0	17.8	17.8	18.0
-80	25.0	24.0	23.0	22.1	21.3	20.6	19.9	19.4	19.0	18.7	18.6	18.6	18.8
-85	25.6	24.6	23.6	22.7	21.9	21.2	20.6	20.1	19.7	19.4	19.3	19.4	19.6
-90	26.1	25.2	24.2	23.4	22.6	21.9	21.3	20.8	20.4	20.2	20.1	20.2	20.4

그러나 측방작업의 경우 작업범과 암의 위치가 정면에서 보아 중앙에 위치하고 있지 않기 때문에 측방작업의 방향에 따라 작업 범과 암의 전도각도는 큰 차이를 보이고 있다. 즉 편중된 무게 중심으로 인해 작업시 매우 주의를 요하고 있다. 표 4-10과 4-11에서 살펴보면 왼쪽 측방작업 보다 오른쪽 측방작업이 안정성에서는 위험한 것으로 나타나고 있다.

표 4-10 경사지에서 오른쪽 측방 작업중 프로세서의 전도각

Arm angle \ Boom angle	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
0	19.6	18.3	17.0	15.7	14.5	13.4	12.4	11.5	10.7	10.0	9.4	9.1	8.9
-5	19.3	17.9	16.7	15.4	14.2	13.1	12.1	11.2	10.4	9.7	9.2	8.8	8.6
-10	19.0	17.7	16.4	15.2	14.0	12.9	11.9	11.0	10.2	9.5	9.0	8.6	8.4
-15	18.9	17.5	16.3	15.0	13.9	12.8	11.8	10.9	10.1	9.4	8.9	8.5	8.3
-20	18.8	17.4	16.2	15.0	13.8	12.8	11.8	10.9	10.1	9.4	8.9	8.5	8.3
-25	18.7	17.4	16.2	15.0	13.9	12.8	11.8	11.0	10.2	9.5	9.0	8.7	8.5
-30	18.8	17.5	16.3	15.1	14.0	12.9	12.0	11.1	10.4	9.7	9.2	8.9	8.7
-35	18.9	17.6	16.4	15.2	14.1	13.1	12.2	11.3	10.6	10.0	9.5	9.2	9.0
-40	19.0	17.8	16.6	15.5	14.4	13.4	12.5	11.6	10.9	10.3	9.8	9.5	9.4
-45	19.3	18.0	16.9	15.7	14.7	13.7	12.8	12.0	11.3	10.7	10.3	10.0	9.9
-50	19.6	18.3	17.2	16.1	15.1	14.1	13.2	12.4	11.7	11.2	10.8	10.5	10.4
-55	19.9	18.7	17.6	16.5	15.5	14.5	13.7	12.9	12.3	11.7	11.3	11.1	11.0
-60	20.3	19.1	18.0	16.9	15.9	15.0	14.2	13.4	12.8	12.3	11.9	11.7	11.7
-65	20.7	19.6	18.5	17.4	16.5	15.6	14.7	14.0	13.4	12.9	12.6	12.4	12.4
-70	21.2	20.1	19.0	18.0	17.0	16.1	15.3	14.7	14.1	13.6	13.3	13.1	13.1
-75	21.7	20.6	19.5	18.5	17.6	16.8	16.0	15.3	14.8	14.3	14.0	13.9	13.9
-80	22.3	21.2	20.1	19.1	18.2	17.4	16.7	16.0	15.5	15.1	14.8	14.7	14.8
-85	22.8	21.8	20.7	19.8	18.9	18.1	17.4	16.7	16.2	15.9	15.6	15.5	15.6
-90	23.4	22.4	21.4	20.4	19.6	18.8	18.1	17.5	17.0	16.7	16.5	16.4	16.5

또한 전방 작업과 비교시 범과 암의 위치가 같을 경우 왼쪽 측방작업이 전방작업보다 안정한 것으로 분석되었다. 왼쪽 측방작업의 경우 범과 암의 각도에 따라서 최대 29.3°까지의 경사에서도 안정한 것으로 분석되었지만, 실제의 범과 암의 작업범위를 고려한다면 대략 20°내외의 경사에서도 작업이 가능할 것으로 판단된다. 경사지에서의 작업시는 오른쪽으로 작업하기보다는 가능하면 왼쪽으로 작업을 할 수 있도록 사전에 운전자에게 교육할 필요가 있다.

표 4-11 경사지에서 왼쪽 측방작업중 프로세서의 전도각

Arm angle \ Boom angle	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
0	26.8	25.7	24.6	23.6	22.7	21.9	21.2	20.6	20.1	19.8	19.7	19.8	20.1
-5	26.4	25.3	24.2	23.2	22.3	21.5	20.8	20.2	19.7	19.4	19.3	19.3	19.6
-10	26.1	25.0	23.9	22.9	22.0	21.2	20.5	19.9	19.4	19.1	18.9	19.0	19.2
-15	25.9	24.8	23.7	22.7	21.8	21.0	20.3	19.7	19.2	18.9	18.7	18.8	19.0
-20	25.7	24.6	23.5	22.6	21.7	20.8	20.1	19.5	19.1	18.8	18.6	18.6	18.8
-25	25.6	24.5	23.4	22.5	21.6	20.8	20.1	19.5	19.0	18.7	18.6	18.6	18.8
-30	25.5	24.5	23.4	22.5	21.6	20.8	20.1	19.5	19.1	18.8	18.6	18.6	18.8
-35	25.6	24.5	23.5	22.5	21.7	20.9	20.2	19.6	19.2	18.9	18.7	18.8	19.0
-40	25.7	24.6	23.6	22.7	21.8	21.0	20.4	19.8	19.4	19.1	19.0	19.0	19.2
-45	25.8	24.8	23.8	22.9	22.0	21.3	20.6	20.1	19.7	19.4	19.2	19.3	19.5
-50	26.0	25.0	24.0	23.1	22.3	21.6	20.9	20.4	20.0	19.7	19.6	19.7	19.9
-55	26.3	25.3	24.3	23.4	22.6	21.9	21.3	20.8	20.4	20.1	20.0	20.1	20.4
-60	26.6	25.6	24.6	23.8	23.0	22.3	21.7	21.2	20.8	20.6	20.5	20.6	20.9
-65	26.9	26.0	25.0	24.2	23.4	22.7	22.1	21.7	21.3	21.1	21.0	21.1	21.4
-70	27.3	26.4	25.5	24.6	23.9	23.2	22.7	22.2	21.9	21.7	21.6	21.8	22.1
-75	27.8	26.8	25.9	25.1	24.4	23.8	23.2	22.8	22.5	22.3	22.3	22.4	22.7
-80	28.3	27.3	26.5	25.7	24.9	24.3	23.8	23.4	23.1	22.9	22.9	23.1	23.4
-85	28.8	27.8	27.0	26.2	25.5	24.9	24.4	24.0	23.7	23.6	23.6	23.8	24.2
-90	29.3	28.4	27.6	26.8	26.1	25.5	25.1	24.7	24.4	24.3	24.4	24.6	25.0

제 5 장 작업시스템 개발

제 1 절 개 요

프로세서에 의한 조재작업은 원목의 지속적인 공급이 가능하다면 능률 높은 장비이다. 벌도에서 조재, 집적에 이르기까지 프로세서의 작업량을 확보하고 작업원과 기계의 대기시간을 짧게 하는 것이 작업시스템으로서의 중요한 과제이다. 집재작업과 프로세서작업의 조화는 다음과 같이 생각할 수 있으며 이러한 상황은 독립적이 아니라 복합적으로 나타난다.

- ① 임도망(작업로 포함)과 작업 토장을 정비하여 집재거리를 짧게 하면 집재작업 공정을 높일 수 있다.
- ② 집재작업량이 조재작업량에 따르지 못할 경우와 넓은 토장을 확보할 수 없을 경우에는 프로세서를 집재현장에 직접 투입한다.
- ③ 프로세서의 조재작업은 집재작업과 작업속도를 맞춘다.

한편, 능률이 높은 기계를 도입하기 위해서는 작업물량의 확보가 필요하며 가동일수를 높이기 위해서는 벌채시기를 조절한다.

프로세서의 1분당 조재시간은 가지훅기를 위한 송재시간과 통나무자르기 시간에 따라 달라지며 송재시간은 재장의 길이에 의해 결정된다.

프로세서는 임지내에 진입하지 않고 임도변이나 토장에서 작업하므로 기본차량의 주행장치에 의한 임지의 교란은 적다. 그러나 기계의 주위에 지엽 등이 쌓이므로 이를 처리해야 하는 문제가 발생한다. 작업공간을 확보하여 집재작업과 균형을 맞추어 갈 필요가 있다. 낙엽송과 같이 자연낙지가 잘 되는 수종은 프로세서에 의한 가지훅기 작업에는 어려움이 없지만 수간이 굽은 것은 가지훅기 칼날에 의해 수피가 벗겨지는 현상이 발생한다.

프로세서 사용시 피드롤러에 의해 원목표면에 상처를 주어 시장에 원목 출하시 목재가격이 떨어질 우려도 있으나 노동력 부족에 대처하기 위해서는 새로운 작업방법이 개발되어야 하겠다.

운전원은 캐빈내에서 환경조건이 쾌적하고 안전한 작업을 실행할 수가 있

고 체인톱에 의한 진동이나 중노동으로부터의 해방이라는 효과도 크다.

제 2 절 프로세서 작업방법

1. 프로세서 작업 요령

가. 작업장소의 선정

작업장소는 짐재기나 스키더 등으로 짐재한 원목을 프로세서로 쉽게 처리할 수 있는 공간과 조재된 원목을 집적할 수 있는 장소를 확보하는 것이 중요하며, 넓은 장소는 물론이고 좁은 장소에서도 작업이 가능하다.

나. 가지훅기작업 방법

작업의 능률을 올리기 위해서는 평탄한 장소를 선정하여 원목자르기를 위해 톱의 끝이 잘 보이도록 위치선택을 하도록 한다. 칼날은 가지가 있는 방향으로 향하면 간단히 가지훅기작업을 할 수 있다.

칼날 및 피드롤러로 원목의 파지가 제대로 안될 경우에는 피드롤러가 공회전하여 가지훅기가 잘 되지 않으므로 원목의 파지를 확실히 한다.

가지치기용 칼날의 연마상태는 작업 전에 매일 확인하고 보통의 줄로 같고 작업중에도 가지의 잘린 면이 깨끗하지 않을 때에는 연마가 필요하다.

다. 계측과 통나무자르기

원목의 길이 및 직경 측정은 로타리엔코더가 내장된 측정용 스프라켓 휠을 원목에 접촉시켜 그 회전수를 검출하여 측정한다. 소우체인에 의한 원목 절단시 직경이 굵은 나무는 자르기가 완료되기 전에 나무가 갈라지는 경우가 있다. 이 때에는 받침목을 준비하는 것도 필요하고 원목을 확실히 파지하여 톱을 한번에 작동시켜 절단한다.

톱에 의한 원목의 절단은 체인톱날의 연마 상태에 따라 큰 영향이 있으므로 체인톱날을 자주 연마하고 체인톱 2개 정도는 작업시 항상 예비로 준비

해 두도록 한다.

2. 프로세서 작업방법

가. 프로세서 작업 흐름

프로세서에 의한 조재작업을 요소작업별로 분류하면 이동→선회→원목파지→송재→가지치기(가지훅기)·토막내기→집적 등의 작업흐름이 진행된다. 이 일련의 작업은 생산재장에 알맞게 여러 번 반복되며, 각 요소작업에 대한 내용은 표 5-1과 같다.

표 5-1. 프로세서 요소작업 내용

요소작업	작업시간 내용
이동·선회	원목을 파지하는 지점까지 장비의 이동 또는 선회하는 시간
원목 파지	토장에 집적된 집재목을 파지 시간
원목 송재	움켜쥌(파지) 원목을 조재 위치까지 이동하는 시간
가지치기·토막내기	작업기에 장착된 헤드 롤러로 원목을 송재하면서 가지를 훅고 알정한 길이로 토막내기를 하는 시간
쌓기	토막내기가 끝난 원목을 집재하고 쌓는 시간
기타 지체	토장의 지조정리, 장해물 제거, 쏘우체인이 이탈이나 가이드바의 보수에 걸리는 시간

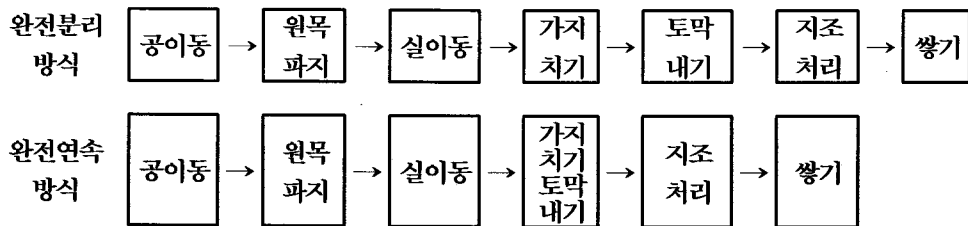


그림 5-1. 프로세서 조재작업 방법

프로세서의 조재작업은 그림 5-1과 같이 가지치기, 원목절단, 집적작업을 연속으로 하는 방식과 분리해서 하는 방식 등 2가지가 있다. 작업방식은 작

업 범위나 집적위치 등을 고려하여 선택한다.

나. 작업방법

프로세서에 의한 작업 방법은 프로세서 단일 기종으로서도 작업이 가능하지만 단위작업에 필요한 기종들이 조합을 이루어 진행되는 것이 바람직하다. 임목의 수확작업 단계는 벌채→집재→조재→운반(운재)라고 한다면 벌채는 체인톱, 집재는 타워야더, 조재는 프로세서, 운반은 트럭 등의 각 작업과정에 따라 서로 다른 기계가 투입된다. 각 작업은 연동하여 작업하는 경우도 있지만 각 공정별로 작업하는 경우도 있다.

프로세서에 의한 작업방법은 각 작업에 대한 시스템 분류로 설명할 수 있다.

(1) 생산재장에 따른 작업방법

(가) 전목작업

- 벌목작업 : 체인톱이나 전용 벌도기로 임목을 벌도한다.
- 집재작업 : 원목이 가지가 붙은 채로 집재를 하기 때문에 임목밀도가 높은 임분에서는 원목의 이동이나 선회시에 지장이 있을 뿐만 아니라 작업시 수반되는 잔존목 손상의 가능성도 크다. 벌도 방향과 집재방향에 주의하며 열상벌채, 어골상벌채, 노망의 도입 등으로 반출로 확보가 필요하다.
- 조재작업 : 토장에서 가지치기, 토막내기, 쌓기 등 요소작업이 있다. 조재작업은 임도 등 평탄장소에서 기계화작업에 알맞게 프로세서에 의해 가지치기, 토막내기, 쌓기 등의 작업을 한다. 조재와 집적작업을 동시에 할 때는 작업 범위나 집재목의 일시 저장장소가 필요하다. 초두부나 가지가 토장에 쌓이는 것은 치퍼 등으로 분쇄하여 임지에 순환시키는 방법도 고려할 수 있다.

(나) 전간작업

벌목작업 후 가지치기를 하고 전간상태로 집재하여 토장에서 조재, 쌓기작업을 하는 시스템이다.

- 벌목작업 : 체인톱이나 벌도기로 작업한다.
- 집재작업 : 지조가 달린 전목에 비하여 가볍지만 전목과 같이 소집재시는 반출로의 확보가 필요하다. 수간만을 집재하므로 한번에 많은 목재를 정리, 반출하는 것이 가능하며 집재거리나 소집재 거리가 먼 경우 또는 목재가 산재해 있는 곳은 그래플 로더 등을 이용하여 소집재 작업을 독립시켜 작업한다.
- 조재작업 : 조재작업은 임도 등의 평탄한 장소에서 작업하며 기계화작업에 적합하다. 이때 프로세서의 활용이 유리하며 조재, 쌓기작업을 동시에 할 때는 프로세서의 작업공간이나 집재목의 일시 저장장소가 필요하다.

(2) 작업원과 기계조합에 따른 방법

기계 1대당 표준적인 작업원을 표시한 것인데 펠러번처, 스키더, 프로세서 등의 고성능 임업기계는 1인작업이 가능하지만 트랙터나 타워야더 등 원치를 이용하는 집재기계는 운전원 이외에 초커설치 작업원 등 보조 작업원이 필요하게 된다.

시스템의 편성규모는 사업규모나 작업조건, 노무사정, 작업진척 상황 등에 의해 다르게 된다. 작업규모가 큰 장소에는 대형 고성능기계의 사용이나 동일 공정의 기계를 투입하는 경우가 있다. 또한 지형경사나 소집재 거리가 길어 집재조건이 열악한 장소에서는 소집재를 독립적으로 하거나 초커설치에 필요한 보조작업원을 증원하여 작업을 실시한다.

고성능 임업기계 투입형 환경사지와 범용형 급경사지 및 환경사지에 따른 작업방법은 그림 5-2와 같이 설명할 수 있다.

구분	지형	전목, 전간방식				인원	대수
		벌목	집재	조재	쌓기		
고성능형	완경사지	1인,1대 펠러번처	1인,1대 스키더	1인,1대 프로세서	1인,1대 그래플로더	4	4
		1인,1대 펠러스키더		1인,1대 프로세서	1인,1대 그래플로더	3	3
병용형	완경사지	1~2인,1대 체인톱	1인,1대 스키더	1인,1대 프로세서	1인,1대 그래플로더	4~5	4
		1~2인,1대 체인톱	1인,1대 트랙터	1인,1대 프로세서	1인,1대 그래플로더	4~5	4
	급경사지	1~2인,1대 체인톱	2~3인,1대 타워야더	1인,1대 프로세서	1인,1대 그래플로더	5~7	4
		1~2인,1대 체인톱	3~4인,1대 집재기	1인,1대 프로세서	1인,1대 그래플로더	6~8	4
		1~2인,1대 체인톱	1~2인,1대 윈치그래플	1인,1대 프로세서		3~5	3

그림 5-2. 기계조합에 의한 작업방법

제 3 절 프로세서를 이용한 작업시스템

1. 일반적인 작업 시스템

프로세서에 의한 작업시스템은 일반적으로 몇 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 체인톱 벌채→가선 집재기의 전목집재→프로세서의 조재작업, 둘째, 체인톱 벌채→트랙터 전목집재→프로세서의 조재작업, 셋째, 펠러번처 벌채→스키더 전목집재→프로세서의 조재작업, 넷째, 체인톱 벌채→타워야더 전목집재→프로세서의 조재작업 등이 있다. 그 중 체인톱 벌채→타워야더 전목집재→프로세서의 조재작업은 주로 임도밀도가 낮은 산악지에서 활용할 수 있는

각 시스템에 따라 각각의 특징을 가지고 있다.

가. 가선 집재기(Yarder) + 프로세서 작업시스템

지형이 험준하고 집재용 임도 또는 작업로를 개설하기 어려운 지형에서 적용한다. 간벌작업에도 적용이 가능하지만 집재가선의 설치와 철거작업을 고려하면 집재물량이 많은 개별작업에 적합한 방법이다. 그러나 집재기의 1일 작업량이 20m² 정도인 점을 감안하면 원목이 집재될 때까지 프로세서는 작업대상 원목이 없으므로 가선작업의 계획에 맞추어 프로세서를 순회시켜 고가의 장비에 대한 대기시간을 줄이는 시스템을 고려할 필요가 있다. 이 시스템은 대규모 작업조건에 한계가 있다.

나. 트랙터(Tractor) + 프로세서 작업시스템

트랙터의 주행이 가능한 지형에 작업로를 개설함으로써 작업이 가능하며, 개별, 비개별작업 모두 적합한 작업 시스템이다.

집재거리가 길면 토장에서 프로세서 대기시간이 증가하고, 특히 전목집재인 경우에는 전간집재에 비해서 집재효율이 떨어지게 된다. 전목재의 집재작업은 전간재 집재작업에 비해 1회당 집재량이 감소하기 때문에 집재거리에 대한 비용이 많이 든다.

집재거리와 직경급에 따라 프로세서에 의한 전목작업의 적합한 범위가 주어진다. 직경이 크거나 1회당 집재량을 늘리고 집재거리를 줄일 필요가 있다. 험준한 지형에서는 보행에 어려움이 있어 임내에서의 가지치기 작업에 필요한 이동시간이 증가하므로 경사가 급한 지형에서는 전목작업을 적용하는 것이 바람직하다.

트랙터 원치에 의한 집재작업시 낙엽송은 가지가 떨어져 나가므로 프로세서 조재작업에 지장을 주지 않는다. 트랙터 원치 전간집재의 경우에는 원목이 가지치기 한 이유로 중량이 가벼워지고 저항이 작아지므로 보통 1회당

1.0m³ 정도를 집재할 수 있다. 트랙터 윈치류 집재에 있어서 전목집재는 전간집재 효율의 약 70% 정도인 것으로 알려지고 있다.

트랙터 윈치로부터 집재된 원목을 내릴 때 프로세서의 정면에 그대로 내리고 바로 집재 현장으로 돌아가도록 한다. 토장은 프로세서와, 트랙터의 하차 장소를 생각해서 별도방향을 고려할 필요가 있다.

다. 펠러번처 및 스키더(Skidder) + 프로세서 작업시스템

현재 북미지역에서 이상적인 임목수확 작업방법의 하나로써 실행되고 있으며, 프로세서의 생산성에 맞추어 펠러번처나 그래플 스키더와의 조합에 의한 작업시스템이 실행되고 있다. 펠러번처나 그래플 스키더 등과의 조합에 의한 작업시스템에 의해 벌도, 집재, 조재작업을 1~2인에 의해 작업을 실행하고 있다.

라. 타워야더(Tower-yarder) + 프로세서 작업시스템

타워부착 집재기인 이동식 타워야더(Mobile Tower-yarder)는 소면적으로 분산된 개별이나 간벌, 택벌작업에 적합하고 간벌에서도 최대 측방집재거리 40m에서 시간당 10m³의 반출이 가능하며, 프로세서와 조합한 작업이 실행되고 있다. 타워야더의 설치와 철거작업은 1~2시간 정도로 가능하므로 프로세서로 지엽을 정리하면서 신속히 지원해 갈 수가 있다.

폭이 넓은 임도는 처리된 원목을 그대로 집적하거나 트럭에 적재할 수 있지만, 작업로와 같이 폭이 좁은 경우는 타워야더와 프로세서 간에 임내작업차나 그래플 로더 등을 투입하여 집재된 전목재나 작동된 원목을 자주 소운 반할 필요가 있다.

타워야더와의 작업조합은 지형이 평탄하면 하베스터와 포워더의 조합도 적용가능하나 프로세서와 타워야더에 의한 열상간벌 등도 충분히 생각할 수 있다.

2. 효율적인 작업 시스템

가. 환경사 작업지 집중형

작업의 흐름은 체인톱 벌채→원치 스키더(트랙터) 집재→프로세서 조재작업 또는 펠러번처 벌채→그래플 스키더 집재→프로세서 조재→로더 집적작업으로 진행된다.

환경사 작업지 집중형의 효율적인 작업시스템은 환경사지 개별작업, 일정면적 이상의 간벌작업, 일정면적 이상의 택벌작업지에 효율적으로 실행할 수 있는 작업시스템이다. 작업지가 집중되어 1개 작업지당 원목생산량이 비교적 많다. 작업 모식도는 그림 5-3과 같은 바, 펠러번처나 스키더가 집재하기 쉽도록 원목을 반출로 주변에 소집재 하여둔다. 또한 체인톱을 이용하여 스키더의 그래플이 닿는 범위까지 벌도방향을 정하여 임목을 벌도한 후, 작업로 및 임도를 통하여 넓은 토장까지 운반하여 프로세서를 활용하여 조재작업을 실시하는 시스템이다.

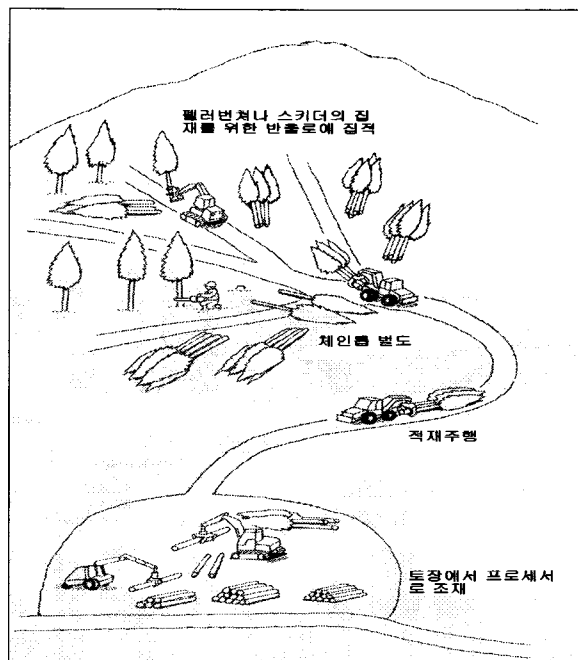


그림 5-3. 환경사지 작업지 집중형 작업모식도

프로세서를 이용한 환경사지 작업지집 중형에 있어서 조제작업과 쌓기작업의 위치관계는 프로세서를 이동하지 않고 쌓기작업을 하는 것이 능률적이다. 넓은 토장에서 조제작업시에는 그림 5-4와 같이 로더로 쌓기작업을 하여도 능률적이다.

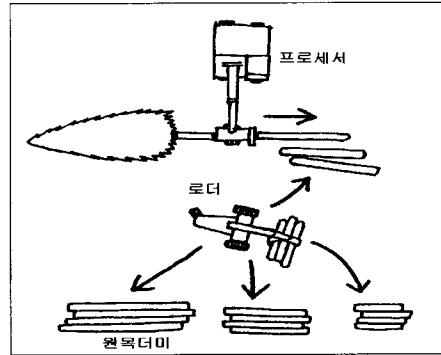


그림 5-4. 로더의 쌓기작업

토장이 좁은 지역에서는 그림 5-5와 같이 프로세서를 이동하지 않고 조제작업과 쌓기작업을 실행한다. 또한 임도변을 토장으로 이용하는 경우는 그림 5-6과 같이 프로세서를 이동해 가면서 조제작업과 쌓기작업을 실행한다.

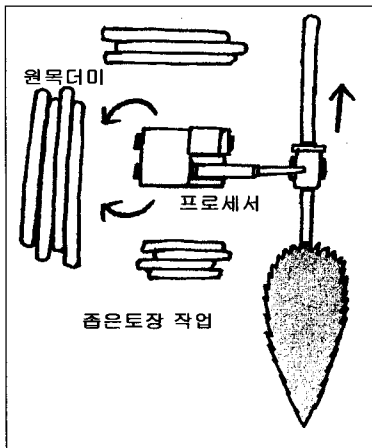


그림 5-5. 좁은 토장작업

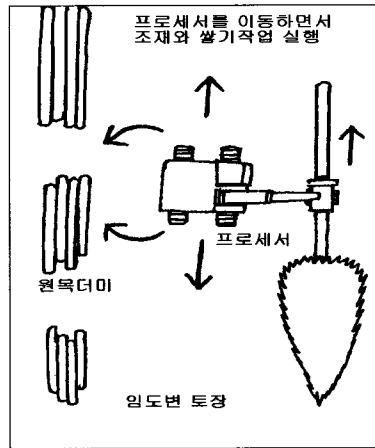


그림 5-6. 임도변 토장작업

나. 급경사지 작업시스템

급경사지에 있어서는 작업지분산형과 작업지집중형이 있으며 동시에 가선계 작업 시스템이 된다. 작업지분산형은 소형 타워야더로 실행하고 작업지집중형은 대형 타워야더를 사용하며 급후에는 모노레일의 이용도 기대된다.

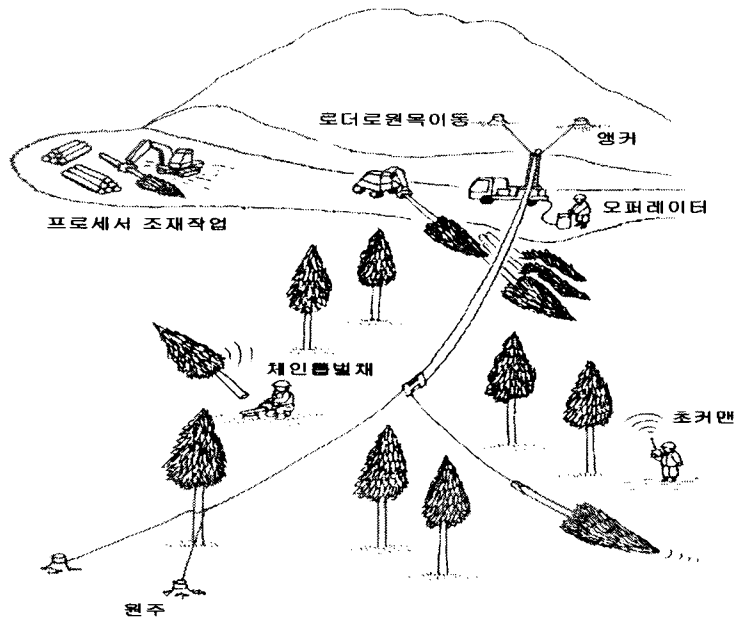


그림 5-7. 급경사지 작업시스템

작업의 흐름은 체인톱→타워야더→프로세서의 순서이다. 작업은 체인톱으로 벌도하며 이 때 타워야더의 가선과 다른 작업원을 주의하면서 측방집재가 용이하도록 벌도방향을 정하여 벌도한다. 타워야더의 캐리지를 이용하여 측방집재하고 임도까지 가선을 통하여 집재한 후, 로더를 이용하여 타워야더 가선 아래까지 집재된 원목을 토장으로 이동하여 프로세서로 조재작업을 실시한다. 작업 모식도는 그림 5-7과 같다.

다. 토장(土場, Landing area)의 규모

프로세서는 임도변 혹은 작업로변 부근에 설치하는 것이 기본적인 방법으로서 타워가 일반적으로 낮아 토장은 다른 작업장비에 비해 제한을 받는다. 여기에 프로세서 및 로더 등의 대형장비가 배치되므로 토장에 대한 레이아웃(Layout)은 작업설계상 대단히 중요하다.

배치되는 장비와 타워야더가 설치되는 지형조건에 따라 기본적인 토장의 레이아웃 몇 가지는 다음과 같다.

- 사례 1 : 가선이 토장에서 임도로 평행하게 되어 있는 경우에는 산쪽의 사면으로 타워야더와 프로세서가 작업할 수 있는 넓고, 평탄한 토장을 준비한다.
- 사례 2 : 임도와 가선이 직각으로 교차하는 경우로서 토장의 설치가 용이하며, 집재된 원목을 프로세서 처리하기 위하여 90도로 방향전환이 되어야 한다. 스키더 등으로 프로세서가 작업하는 곳까지 견인되면 효과적이다.
- 사례 3 : 토장의 넓이와 가선의 높이가 충분히 확보되었기 때문에 프로세서에 의한 전목집재된 원목의 방향전환이 가능하다.
- 사례 4 : 임도의 분기점인 평탄한 장소를 토장으로 하여 타워야더 설치장소는 토장상의 사면을 백호우 등으로 정리하였기 때문에 토장보다 약간 높게 되어있다.

이와 같이 토장의 레이아웃은 작업의 안전확보를 고려해 가면서 설계해야 하며, 다양한 조건에 맞도록 집재장소마다 결정해야 하지만 기본적으로 큰 변화는 없다.

제 4 절 우리나라의 프로세서 작업시스템 구축

1. 임목수확작업시스템의 현황

현재 우리나라에 보급되어 있는 임업기계와 이들 임업기계를 이용한 벌목 및 집재작업시스템에 의한 임목수확 생산방법을 파악한 결과, 대부분 그림 5-8, 5-9, 5-10과 같이 나타났다.

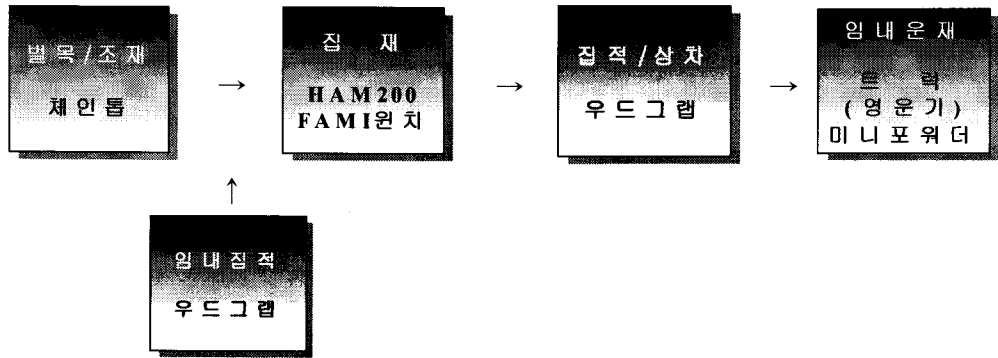


그림 5-8. 임목수확작업시스템의 사례 1

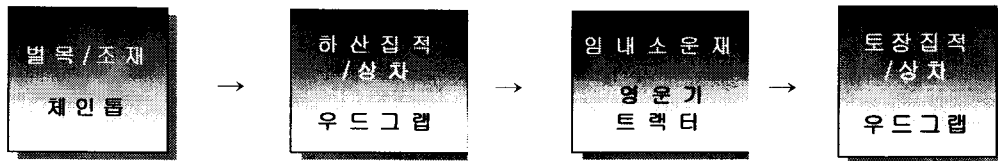


그림 5-9. 임목수확작업시스템의 사례 2

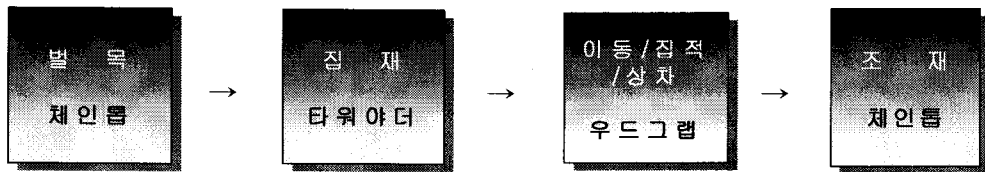


그림 5-10. 임목수확작업시스템의 사례 3

가. 사례1의 작업시스템

위의 그림을 중심으로 현재 우리나라의 임목수확 작업시스템을 설명하면 다음과 같다.

체인톱을 이용한 인력작업으로서 임목을 별목하고 임내에서 가지치기 및 토막내기의 조재작업을 실시하고 있다. 집재작업은 대부분 작업로와 운재로, 임도를 이용한 소형 단거리 가선계 집재기계인 트랙터 부착형인 HAM200 집재기와 트랙터부착 FARMI원치에 의한 단목집재 또는 전간집재를 실시하

고 있다. 벌목 집·운재 작업시스템을 분석하면, 급경사지에 적합한 가선계 집재기계보다는 차량계 집재기계를 중심으로 한 집·운재작업이 이루어지고 있는 것을 알 수 있다.

급경사지에서는 작업로를 개설하여 집재작업은 트랙터 부착형인 HAM200 집재기와 FARMI원치를 이용하고 집적과 상차는 굴삭기 부착 우드그랩을 사용한다. 임내에서의 소운재는 트럭을 불법 개조 개량한 집운재용 트럭(영운기)을 사용하기도 한다. 특히, 굴삭기 부착 우드그랩에 의한 임내의 벌도목 집적작업은 굴삭기의 임내주행과 집적으로 개설 때문에 임지훼손이 심하다. 이 작업시스템은 작업로가 많이 개설되고 노선의 대부분이 계곡부위를 중심으로 개설되고 있어 호우와 계류수에 의한 침식과 파괴가 심하다. 또한 작업로 노면의 지지력이 확보되지 않은 상태에서 무리하게 차량계 임업기계를 주행함으로써 노면의 침식과 토사유출이 심각하다.

나. 사례2의 작업시스템

사례2의 벌목집운재작업시스템을 분석한 결과, 그림 5-9와 같이 체인톱을 이용한 인력에 의해 임목을 벌목하고 임내에서 가지치기와 토막내기의 조재작업을 실시하고 있다. 집재작업은 급경사지에도 불구하고 가선계 집재기계를 사용하지 않고 거의 대부분 굴삭기부착 우드그랩을 이용하여 임목을 상부에서 하부의 트럭이 주행할 수 있는 작업로까지 집어 던져 집재하는 중하산 집재형식을 취하고 있다. 그 후 굴삭기 우드그랩에 의해 트럭(영운기)에 상차작업이 이루어져 임외 토장까지 소운반 후에 최종 소비지인 제재소 등으로 반출 운송된다.

전체 벌목 집·운재 작업시스템을 살펴보면, 급경사지에 적합한 가선계 집재기계보다는 굴삭기 우드그랩에 의한 집적과 집운재용 트럭(영운기)에 의한 소운재의 임목생산작업이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다.

급경사지에 작업로를 개설하고 굴삭기 우드그랩에 의한 집적 및 집재작업

과 소운재를 위해 트럭을 불법 개조 개량한 집운재용 트럭을 사용함으로써 전체적인 벌목 집·운재작업의 효율성이 떨어지고 있다. 특히, 임내에서 굴삭기 우드그랩에 의한 벌도목 집적작업은 임지훼손과 노면침식, 토사유출의 주요한 원인이 된다.

다. 사례3의 작업시스템

한편, 최근에 임업기계화센타를 중심으로 새로운 친환경적인 임목수확작업 시스템을 적용하여 그림 5-10과 같이 타워야더를 중심으로 한 고성능임업기계가 도입되고 있다. 이 작업은 체인톱에 의해 선행 벌목작업이 실시된 후, 타워야더에 의해 전목집재작업이 실시되며, 집재된 원목은 굴삭기 우드그랩에 의해 이동, 조재하고 집적, 상차작업이 이루어진다. 조재작업은 임도상에서 체인톱에 의해 실시되고 작업원의 구성은 운전원 1명, 초커설치작업 1명, 굴삭기 원목 그레플 1명, 조재작업원 2명 등 모두 5명이 1개조로 작업이 실시된다.

그러나 전체적인 작업시스템은 집재작업의 중심으로 임업기계가 도입됨으로서 조재작업의 기계화를 위한 프로세서나 하베스터의 도입이 이루어지지 않아 타워야더에 의해 전목집재를 하고서도 다시 인력위주의 체인톱 조재작업을 실시하고 있는 실정으로서 전체적인 작업의 효율성이 떨어지고 있다.

따라서 우리나라의 지형과 임상에 맞는 환경친화적 임목수확작업시스템의 구축, 특히 가선계를 중심으로 한 집재작업시스템이 구축하여 인력중심의 조재작업을 프로세서에 의한 조재작업으로 전환하는 것이 필요하다.

2. 인력 조재작업의 개선

그림 5-11과 같이 인력에 의한 조재작업은 인건비와 노동부담이 크므로 타워야더+프로세서의 작업시스템을 구성하는 것이 큰 효과를 거둘 수 있다.

즉, 현재 집재목의 이동과 조재작업 후 원목의 쌓기 및 상차작업을 굴삭기

우드그랩을 이용하고 있는데 향후 프로세서를 활용하여 그림 5-11과 이들 모든 작업을 프로세서 1대로 실시할 수 있기 때문에 전체 임목수확작업에 큰 효과를 올릴 수 있다.

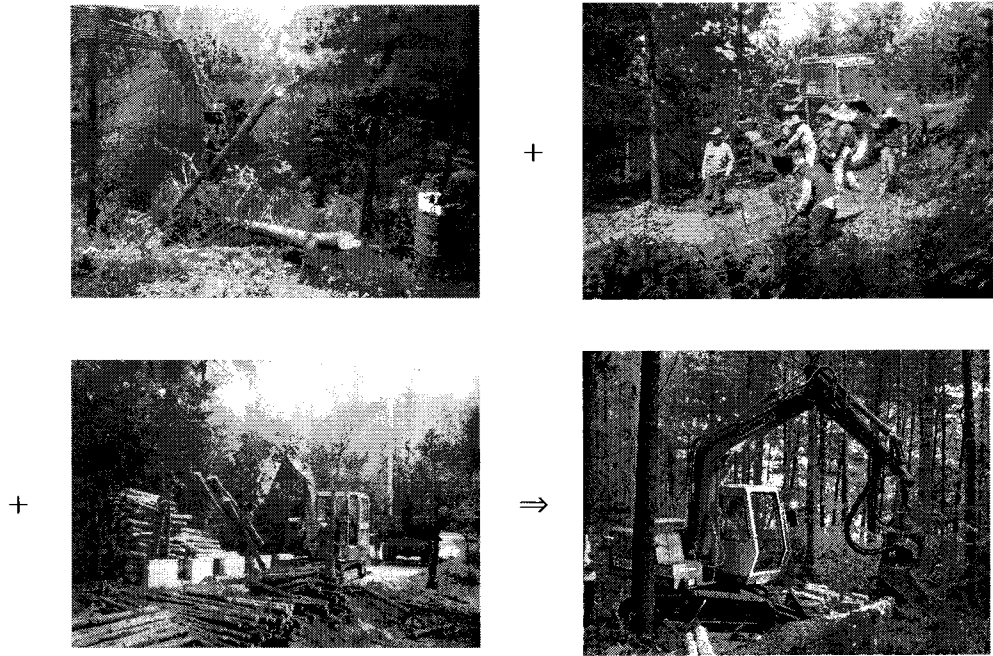


그림 5-11. 굴삭기 그레플+인력조제작업에 대한 프로세서 대체 개념

3. 프로세서를 중심으로 한 임목수확 작업시스템 구축

현재 우리나라의 일반적인 임목수확 작업시스템과 그로 인한 임지훼손문제 등을 파악한 결과를 토대로 금후에는 프로세서를 중심으로 한 효율적이고 환경친화적인 임목수확 작업시스템을 제시하였다.

프로세서를 중심으로 한 임목수확 작업시스템을 살펴보면, 그림 5-12와 같이 임업선진국의 급경사지 임목수확 작업시스템으로 널리 사용되고 있는 타워야더와 프로세서를 중심으로 한 고성능임업기계에 의한 임목수확 작업시스템이 될 것이다. 즉, 별도작업은 주로 체인톱(Chain saw)을 이용하고 일부

완경사지에서는 펠러번처(Feller-buncher)를 이용한다. 짐재작업은 타워야더(Tower-yarder)나 스윙 타워야더(Swing Tower-yarder)를 이용하며 그 후 프로세서로 조재작업을 실시한다.

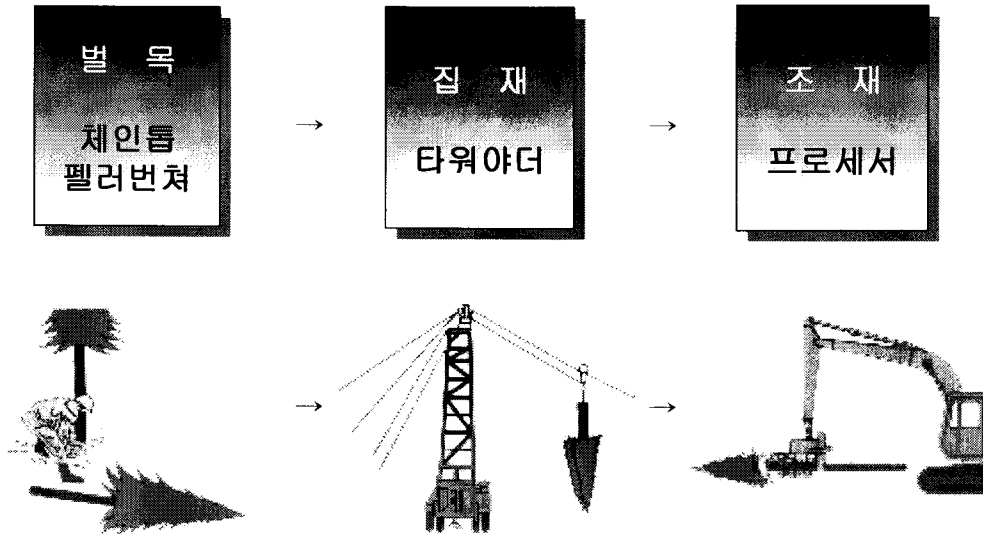


그림 5-12. 타워야더형 작업시스템

제 5 절 작업능률 및 경제성 분석

프로세서 작업의 이론적인 작업 공정식은 입목 1본당 평균 입목재적을 $V_n(\text{m}^3/\text{분})$, 1일 실동시간을 $D_o(\text{시/일})$ 로 하면, 프로세서의 생산성, 즉 1일 원목 생산량 $E_p(\text{m}^3/\text{일})$ 은 다음과 같다.

$$\text{즉, } E_p = 3,600 \times C_p \times D_o \times V_n / T \text{ ----- (1)}$$

로 된다. 여기서 C_p 는 프로세서의 작업에 대한 수정계수이다.

$$\text{즉, } C_p = C_u \times C_v \text{ ----- (2)}$$

로 된다.

C_u 는 입목재적을 원목재적으로 환산하기 위한 계수, 즉, 이용율이다. C_v 는 (1)식의 산정근거가 되는 T 가 장기간의 작업이 시간관측대로 수행되는 것은

곤란하므로 고려된 것이다. 작업난이도 또한 T 에 의해 표현하는 것은 가능하지만, C_p 에 가미할 수도 있다.

(1)식을 보면, 프로세서는 1회당 처리시간이 원목의 크기에 관계없이 대체로 같으므로 E_p 는 입목 m^3 당 정비례하고 있다. 한편, T 가 작을수록 생산성이 올라간다. 예를 들면, T 가 반으로 줄어들면, E_p 는 배로 증가한다. 이와 같이 (1)식은 단순한 구조로 되므로 현장에서의 근사치 계산도 용이하다.

또한, (1)식에 있어서 V_n 이 작을 때는 인자의 변화에 대해 E_p 의 차이가 작지만, V_n 이 크게 되면 E_p 의 차이가 벌어지므로 높은 수익이 기대되는 입목의 규격이 큰 임분에서는 특히 T 의 산정을 정밀하게 실행할 필요가 있다. 또한, T 에 포함되는 P_n 의 비율이 프로세서의 대기시간과 병행해서 아주 크다. 따라서 운전원의 기량이 중요하고 운전원의 기량이 미숙한 경우에는 원래 E_p 의 변동폭이 작은 유령림에서 훈련을 하는 것이 필요하다.

제 6 장 유지관리 및 작업안전

제 1 절 프로세서의 유지관리

1. 일반관리

프로세서의 유지관리 중 일상점검 정비사항은 표 6-1과 같다. 특히, 점검시 가장 중요한 사항은 조재기 유니트를 완전히 지면에 내려놓은 후, 엔진을 정지시킨 후 점검하도록 한다. 각 기능품별 점검사항은 다음과 같다.

로테이터는 작업시작 전 또는 매일 오일 누유상태를 점검하고 클레피스의 편이 빠지지 않도록 점검한다. 가지치기 장치는 매일, 칼날 및 송재 롤러의 마모상태, 유압모터의 누유점검, 각 부품에 체결된 볼트의 이완 등을 점검한다. 칼날의 연마는 가지치기 작업으로 칼날의 각도가 둔해진 경우나 돌 등에 부딪쳐 칼날이 둔해진 경우에 실시하는데 그림과 같이 커팅각도는 35°, 역예리성은 30°로 연마한다.

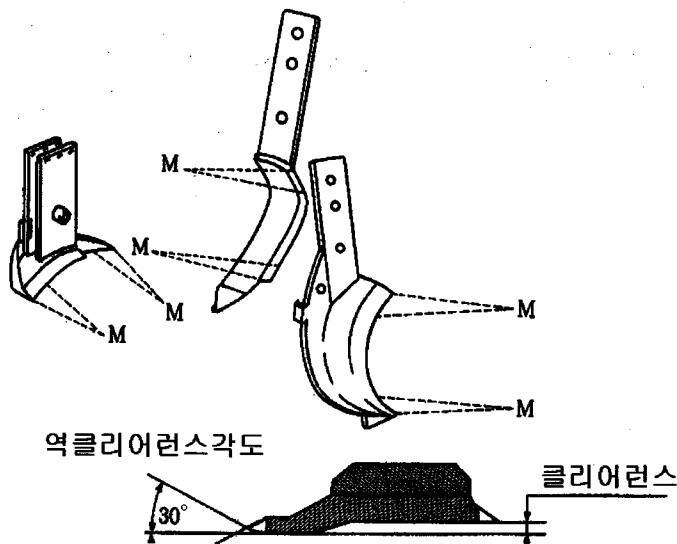


그림 6-1. 칼날의 날세우기

표 6-1. 프로세서 고장 체크리스트

점검사항		점검내용	점검방법	판정기준	점검기간			
구분	항목				시작	월간	년간	
달림부	1.클레피스	(1)편부 급유, 마모등	눈	급유됨	○	○	○	
	2.로테이터	(2)기능, 누유	눈	-	○	○	○	
그래플 암	1.프라킷	(1)변형, 쪼개짐	눈	이상없음		○	○	
	2.톤	(2)변형, 쪼개짐, 맞음	눈	이상없음				
가지 치기 장치	1.나이프	(1)날 무덤, 변형, 체결 볼트 이완	눈	충분한 연마 충분한 체결	○	○	○	
	2.피드롤러	(2)연결핀, 스톱퍼 (1)롤러마모와체결볼트이완	눈,만짐 눈, 토크렌저	좌우 크기비교	○	○	○	
토막 내기 장치	1.쏘우	(1)체인의 긴장과 마모	만짐, 눈, 스케일	칼날의 마모가 없음	○	○	○	
	2.급유장치	(2)유압모터 부착상태 (1)오일탱크 유량	눈	그래플암에 직각 체인오일 급유	○	○	○	
	3.안전장치	(2)급유량과 필터 확인 (1)쏘우 위치용 리미트스위 치 기능	조작, 눈	작동상태		○	○	
	(2)체인 벗김 방지 장치	눈			○	○		
축척 장치	1.축정유니트	(1)스프라켓 마모	눈	동작 원활함		○	○	
	2.계산기구	(2)부착링크, 핀의 움직임	눈			○	○	
유압 장치	1.전자절환밸브	(1)누유, 표시램프	조작, 눈	-	○	○	○	
	2.클램프실린더	(1)누유	눈,만짐	-	○	○	○	
		(2)부착상태, 작동 (3) lot 상처, 파손	눈	눈,만짐			○	○
	3.피드모터	(1)누유, 부착상태			-	○	○	○
		(2)좌우회전수		조작,만짐				○
4.쏘우모터	(1)누유		눈,만짐	-	○	○	○	
	(2)작동, 소음		조작,들음			○	○	
5.호스, 파이프	(1)쪼개짐, 손상, 이완		눈	-	○	○	○	
전기 장치	1.조작스위치	(1)부착상태, 이완, 기능	눈, 조작	-	○	○	○	
	2.콘트롤러	(1)부착상태, 이완	눈, 조작	-		○	○	
	3.전원의 전압	(1)전압 읽기	조작측정	-		○	○	
	4.배선,코넥터	(1)이완, 절연물 손상	눈,만짐	이완없음		○	○	

쏘우체인부는 매일 쏘우체인과 가이드바의 유격 상태와 마모상태를 점검하고, 쏘우체인에 이상이 있을 때에는 반드시 교환하여야 한다. 가이드바의 변형, 마모를 점검하고 가이드바의 마모를 균일하게 하기 위하여 가이드바의 구동축을 반대로 바꾼다. 쏘우체인이 벗겨졌을 때에는 구동용 스프라켓의 모

양을 점검한다. 또한 쏘우체인을 교환할 때에는 체인과 가이드바의 간격을 4mm 정도로 조정한다.

측척장치는 가끔(1개월) 장치의 부착부분, 가동부, 로터리엔코더 기구의 이상이 없는지 점검한다. 한편, 유압장치는 1개월마다 작동유 탱크 레벨과 작동유의 오염정도, 클램프 실린더, 솔레노이드 밸브 및 유압호스 등의 누유상태 등을 점검한다. 또한 나무가지 등이 유압장치에 끼인 것들을 제거한다.

전기장치는 매일 조작 스위치, 각 배선 연결 코넥터의 이완 및 배선의 절연부에 손상이 없는지 점검한다. 또한 매년 굴삭기의 발전기, 레귤레이터 및 배터리의 전압을 점검한다.

표 6-2. 기본차량의 고장과 대책

고 장				원인, 대책				
				기본차량(굴삭기)				
				유압		전기		
		원인	대책	원인	대책			
전혀 작동되지 않음	프로세서 헤드에 오일이	흐르지 않음			밸브 불량	수리 또는 교환	-송신기 메인소프트웨어가 없음 -배선 불량 -송신기 불량	
		흐르고 있음	수신기 파이롯트 램프 전원 조작	점 등				
				점등안됨		송신기 불량	교환	
출력이 약함				릴리프 밸브 먼지 압력조정 불량	세척, 교환 조정			
				클램프 힘이 약함				
계측되지 않음						송신기 불량	교환	
1개 S/W로 2개의 동작 (동시조작 S/W는 Off상태)		파일럿 램프 2동작 점등						
		파일럿 램프 1동작 점등						

2. 고장과 대책

고장이 났을 경우에는 전기, 전자장치의 고장과 원인을 살펴보고 고장원인이 유압계통인지 전기계통인지를 나누어서 점검한다.

표 6-3. 프로세서 유니트의 고장과 대책

원인, 대책					프로세서 유니트			
					유 압		전 기	
					원인	대책	원인	대책
전혀 작동되지 않음	프로세서 헤드에 오일이 흐르고 있음	수신파이렛 램프 전원조작	점등	메인릴리프 먼지	세척,교환			
			점등안됨			-배선불량 -슬립링절연부 불량 또는 접촉불량 -수신기불량	점검수리 점검수리 교환	
컴비네이션 S/W1,2만 작동	수신기 파이렛 램프	점등		스펠에 먼지 솔레노이드 밸브 불량	세척,교환 교환	솔레노이드 밸브 배선불량	점검수리	
		점등 않음	재송안됨			수신기불량	교환	
출력이 약함				릴리프 밸브 먼지 압력조정불량	세척,교환 조정			
			클램프힘이 약함	카트리지 밸브 먼지, 조정 불량	세척,교환 조정			
계측되지 않음	파일럿 램프 2동작 점등					배선불량 수신기불량 엔코드불량	점검수리 교환 교환	
1개의 S/W로 2개 동작 (동시조작 S/W는 Off상태)	파일럿 램프 1동작 점등					배선불량 수신기불량	점검수리 교환	
	파일럿 램프 1동작 점등		솔레노이드 밸브 불량	교환				

제 2 절 작업안전

프로세서 작업은 장비의 주위에 항상 다른 작업원이 존재하며 장비의 선회나 이동 때에 운전원이 주의하지 않아 작업기 본체나 파지한 원목에 부딪쳐서 재해를 입는 경우가 있다. 작업반경내에 진입금지 구역을 설정하고 운

전원이 작업시 주의를 하여도 재해가 일어나는 것은 작업기 본체의 구조상 사각지대가 많다. 한정된 작업범위 속에 대형 기계의 사용과 상황 변화 등에 운전원이 주의하지 않으면 안된다.

프로세서 작업시 유의하지 않으면 위험한 상황이 발생되는 데 아래의 사항을 유의하면서 작업을 실시하여야 한다.

1. 일반사항

가. 작업기계를 현장에 투입하기 전

- 작업도중 불의의 사고를 당하지 않도록 정비·점검을 철저히 하고 이상 유무를 기록해 두는 것을 습관화하도록 한다.
- 엔진오일 교환, 유압계통 이상유무기록, 와이어로프 상태, 클러치, 브레이크 작동 등

나. 작업기계를 현장에 투입할 때

- 작업지시 : 작업내용, 지휘계통, 연락방법 및 신호, 운행경로 및 제한속도, 기타 작업에 필요한 사항 및 재해방지에 필요한 사항
- 제출서류 : 작업기계의 능력 및 특성, 기타 작업기계 사용상 주의사항 등

다. 작업시작 전 점검사항

- 경보장치, 작업장치, 유압장치, 브레이크, 클러치, 와이어로프 등의 작동상태가 원활한가 확인하고 점검요령 등을 숙지시켜 실제 작동시켜 확인한다.
- 작업내용과 주위상황을 정확히 판단한다.
- 지휘계통, 작업분담을 정확히 한다.

라. 운전자 준수사항

- 작업계획 준수
- 신호는 신호담당자로부터 받을 것
- 하중이 걸려 있는 상태로 운전석 이탈 금지
- 급발진 및 급회전·급제동 금지

- 기계를 다른 용도로 사용하지 말 것
- 와이어로프가 꼬인 상태에서는 하중을 걸지 말 것

2. 작업시 주의사항

가. 운 반

프로세서를 작업지까지 운반하기 위해서는 트레일러와 같은 화물자동차를 이용하는데 이때 유닛이 넘어지거나 떨어지지 않게 주의하여야 한다. 가능한 평탄한 장소에서 싣고, 내리기를 하고 사다리 등을 사용할 때에는 충분한 길이와 폭, 강도를 가진 것을 사용하고 경사가 적절하도록 한다.

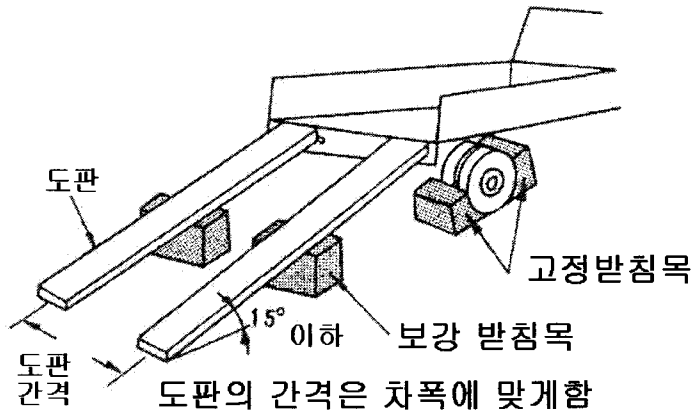


그림 6-2. 프로세서 상차 방법

운반 중에는 기계가 움직이지 않도록 와이어로프로 묶고 또한 차륜이나 크롤러가 움직이지 않도록 각재 등으로 고정시킨다.

나. 운 전

프로세서를 운반한 후 작업지로의 이동, 운전은 주행하기 전에 굴삭기의 좌우전후를 확인한다. 경사지에서는 방향전환을 지양하고 주행로 지면상태에 맞는 속도를 유지한다. 또한 벌근 등 장애물을 피하여 주행하며 주행방향을 향하여 가능한 낮은 자세를 취하고 봄의 리치를 길게 하는 것은 피한다.

다. 작업기 선회

작업기를 선회할 때에는 안전하게 선회할 수 있도록 충분한 공간을 확보한다. 선회의 범위 내에는 다른 작업자나 장애물이 없는 것을 확인하고 적절한 속도를 유지하고 고속선회하지 않도록 한다.

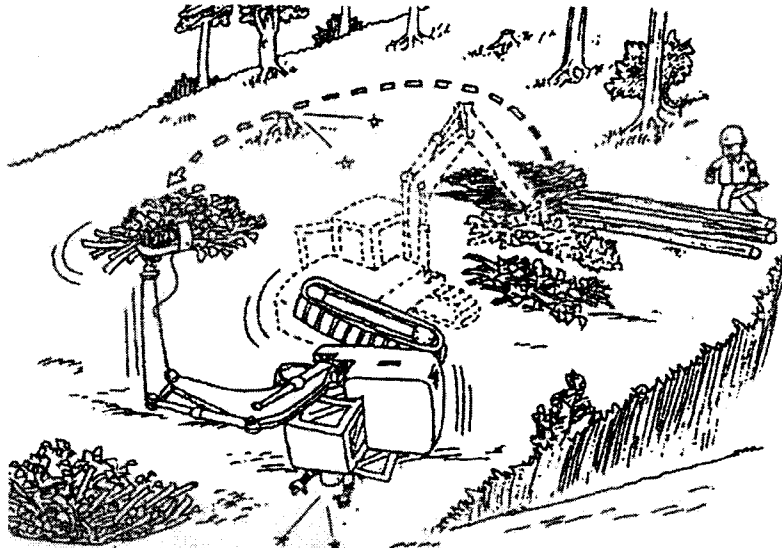


그림 6-3.작업기 선회

조재작업 중 굴삭기의 붐과 암의 도달거리 2배의 반경내와 원목의 송재 전후 방향이 위험지역이다. 다른 작업자는 이 위험구역에서 벗어난 장소에서 작업을 한다. 또한 운전원은 사전에 지나 원목더미 등 장애물이 없는지를 확인한다.

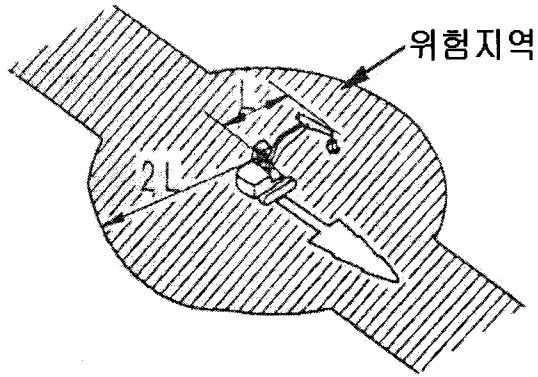


그림 6-4 위험구역

라. 가지치기, 송재

원목을 파지하거나 송재할 때는 다른 작업자가 없는지 또는 장애물 등이 없는지 확인한 후에 작업을 실행한다. 원목이 측면을 향하도록 하고 작업기는 가능한 낮은 자세로 취한다.

가지치기와, 송재시 원목의 직선이동은 고속이다. 파지한 원목의 원구를 운전석 방향으로 향하지 않도록 하고 또한, 원구를 전방으로 향하게 하는 경우에도 가지가 운전석에 부딪칠 위험이 있다. 따라서 가지치기 작업은 원목을 옆으로 향하도록 하는 것이 필수적이다.

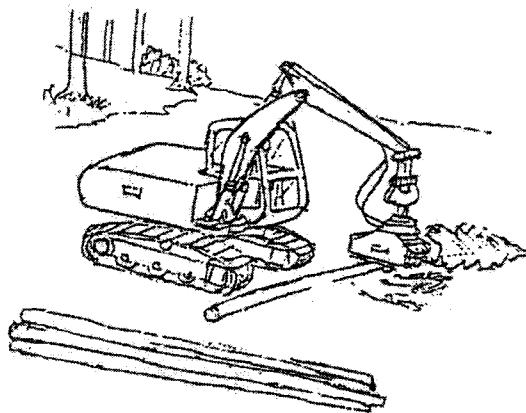


그림 6-5. 가지치기 및 송재시 자세

마. 토막내기

토막내기 작업은 순식간에 이루어진다. 체인톱이 내려갈 때 땅에 닿지 않도록 주의하고 체인톱에 원목이외의 것이 접촉하지 않도록 충분한 여유공간을 확보한다. 토막난 원목은 작업기를 향하여 구르지 않도록 주의하고 작업기 바로 앞에 충분한 여유를 갖는 것이 필요하다.

바. 쌓기작업

원목쌓기 작업은 쌓아진 원목더미가 구르거나 미끄러지지 않도록 주의한다. 원목더미에 충격이 가지 않도록 하고 굴삭기의 회전이동 할 때에는 다른 기계와의 접촉에도 주의한다. 쌓기의 높이는 안전하게 작업하기 쉬운 높이로 허용하중을 초과하지 않도록 한다. 원목 파지시 원목을 놓치지 않도록 하고 공중에서 원목을 파지한 상태로 엔진을 정지하거나 운전석을 떠나지 않도록 한다.

제 7 장 결론 및 고찰

고성능 임목수확장비인 조재기는 유압, 전자, 센싱기술 등이 집결된 임업 기계의 최첨단 장비로서 집중하고 있는 산림작업의 인력부족 현상을 타개하기 위하여 선진 임업국가에서는 1980년대부터 개발되어 현재는 보편적으로 사용되고 있는 장비이다. 이러한 장비를 국내의 기술력으로 개발하여 그동안 외국장비 위주의 임목수확장비 운영을 국산화하여 우리나라의 임업기계화에 전반적인 기술향상을 가져오게 되었다.

본 장비는 특히 우리나라와 같은 급경사지에서 타워야더 및 트랙터원치, 스키더 등에 의해 전목으로 집계된 원목을 임도 또는 작업로 변에서 가지치기 및 조재작업 등 과거 임내에서 체인톱으로 실행되던 한계강도 40% 이상의 고강도 임목수확작업을 굴삭기 캐빈내에서 조이스틱의 조작에 의해 할 수 있는 최첨단의 장비이다. 이와 같이 작업원 환경개선의 정착을 통한 노동력 확보와 생산성 향상을 통한 임목생산비용의 절감으로 임업의 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

□ 기본차량 선정 및 프로세서 개발 목표 설정

본 연구 개발에서 프로세서 시작기 헤드의 목표사양은 기본차량으로 선정된 7톤급 궤도형 소형굴삭기의 유량과 유압, 중량 등을 고려하여 프로세서 헤드의 사양을 결정한 바, 다음과 같이 개발목표를 설정하였다.

- ① 크기 : 전장 1,400mm, 전폭 1,000mm, 전고 1,400mm 이하
- ② 짐게 벌림폭 : 1,000 mm 내외
- ③ 중량 : 1,000 kg 이하
- ④ 송재장치 : 2롤러 방식
- ⑤ 송재능력 : 1,300~1,500 kg, 2.5m/sec 이상
- ⑥ 가지훅기 방식 : 3커트 칼날방식
- ⑦ 가지훅기 원목직경 : 5~35cm
- ⑧ 가지훅기 가지직경 : 5cm 이하

- ⑨ 절단방식 : 유압구동 체인톱 방식
- ⑩ 최대 절단가능 직경 : 35 cm
- ⑪ 길이 계측장치 : 기어회전식(로터리 엔코더)
- ⑫ 직경 계측장치 : 그래플 열림 각도 측정 방식
- ⑬ 헤드의 선회각도 : 360도 전선회
- ⑭ 체인오일 : 작동유 사용
- ⑮ 최대허용 하중 : 1,000 kg
- ⑯ 조작방식 : 노브식 콤비네이션 스위치 방식
- ⑰ 유압압력 : 200~250 kg/cm²
- ⑱ 유량 : 150~200 ℓ/min이하
- ⑲ 헤드연결방식 : 로테이터 매달림식

□ 프로세서의 기능 분석

프로세서 헤드의 전체 구조는 선회부, 헤드부, 체인톱부, 제어부로 구성되어 있다. 국산 프로세서 1호기를 개발하고자 국내 도입 기종의 벤치마킹을 실시한 결과, 선회부는 프로세서 헤드의 전체를 좌우로 무한 선회시키는 기능을 가지고 있고 또한 유압, 전기를 조재기 유니트에 전달하는 중요한 역할을 가지고 있다.

헤드부는 크게 집게(Grapple), 칼날, 송재장치로 구성되어 있으며, 집게 기능, 가지치기 기능, 원목의 이송기능을 가지고 있다. 이들의 기능은 제어 프로그램에 의해 조재기 유니트 내부의 솔레노이드 밸브에 신호를 보내 구동된다.

체인톱 부분은 유압모터, 바의 상하기능을 위한 실린더, 체인바 스프라켓트로 구성되어 있으며, 제어부는 캐빈내의 전기장치와 유니트 내부의 로터리 엔코더, 근접스위치로 구성되는 신경계통이다. 이것에 의해 유압모터와 실린더를 제어하므로써 가지치기, 측척, 원목절단 등을 실행할 수 있다.

□ 수종별 임목형질조사 및 가지 전단력시험

조재기를 활용하기 위하여 우리나라에서 적용 가능한 수종의 형태조사를 실시하였다. 조재기를 적용하기 위한 수종은 참나무류인 활엽수는 가지의 굵기와 수간의 통직성, 굴곡도, 가지의 견고성 등으로 인하여 적용이 어려울 뿐만 아니라 인공림으로 조성된 면적도 많지 않다. 따라서 조림 10대 수종에 포함되며 제 1, 2차 치산녹화 기간 동안 전국에 많이 식재된 잣나무, 낙엽송, 리기다소나무 등이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 여기에 우리나라의 대표 수종인 소나무를 비롯하여 4개 수종에 대한 임목의 형태조사를 실시한 결과, 수령은 30~40년생이 대부분이었고, 수고는 낙엽송이 가장 크고 리기다소나무와 잣나무가 평균 12m 정도였다. 흉고직경은 20cm 전후이며, 임목의 형태조사를 근거로 하여 조재기의 작업가능 원목직경을 30cm 정도로 개발목표를 설정하였다. 각 수종별 최대 근원경의 직경이 30cm 이상의 본수가 소나무는 5본(20%), 잣나무는 3본(12%), 낙엽송은 5본(20%), 리기다소나무는 0(0%)본 으로서 소나무와 낙엽송이 비교적 높지만 조재기에 의한 작업은 수령 30~35년생 까지는 가능하다는 결론을 얻었다.

한편, 가지치기 전단력 시험의 대상 수종은 잣나무, 리기다소나무, 소나무 등 3 수종을 선택하였다. 낙엽송의 경우 자연낙지가 잘되는 수종 자체의 특성으로 말미암아 가지를 얻기 힘들어서 시험을 실시하지 못하였다.

가지의 평균직경이 28.5mm 이며, 칼날각도 15°일 때 3개 수종의 전단력 시험 결과, 가지각도는 칼날과의 예각 상태인 20°일 때가 30°일 때보다 전단력이 낮은 것을 알 수 있다. 또한 수종별 전단력은 대체적으로 리기다소나무의 전단력이 가장 높고, 잣나무와 소나무는 거의 비슷한 수준으로 나타났다.

□ 조재기 설계제작 및 성능시험

이상의 결과에서 얻어진 자료를 분석하여 조재기에 사용될 각 단품별 특성을 파악한 후, 기본차량으로 선정된 궤도형 소형굴삭기(7톤급)의 허용유량

및 이에 적합한 메인콘트롤 밸브, 피드롤러 모터 및 소우모터 등의 부품을 선정하였다. 이 가운데서 조재기 유니트의 가장 중요한 부품인 송재롤러, 소우체인부 및 칼날 부분의 단품별 특성을 분석하여 전체 조립을 위한 각 단품별 설계제작과 조립을 실시하였으며, 제작 후, 각 기능품별 성능시험을 실시한 결과, 소우체인용 유압모터는 약 144bar 정도에서 일정하게 작동하고 있으며, 유량 역시 약 112.41 ℓ/min까지 일정한 유량을 유지하고 있다. 모터의 유량은 모터의 회전 속도를 결정하는 인자로 만약 작업시 모터의 유량이 많이 변하면 이는 속도가 일정하지 않음을 의미하므로 모터의 유량은 결국 소우 작업의 안정성을 평가하는데 중요한 역할을 하게 된다. 실험 결과에서는 대체적으로 소우작업시 일정한 유량을 형성하고 있는 것으로 나타났기 때문에 대체적으로 소우 작업은 안정적인 작업을 한다고 할 수 있다.

소우체인의 회전속도는 약 6,000rpm 으로 측정되어 원목의 절단작업에 무리가 없는 것으로 나타났다.

한편, 프로세서 작업동안 소우 실린더의 유압과 유량 변화에 대한 실험결과 소우 실린더는 소우 작업시 원목에 수직 절단력을 가하는데 소우 실린더의 단면적에서 실린더 봉의 면적을 제외한 면적으로 소우 실린더에 의해서 절단 하중을 구할 수 있다. 소우 작업시 절단력은 하중이 600kgf에서 절단을 시작하면서 가속력이 붙어 540kgf 내외에서 안정상태를 유지한다. 안정상태에서 나무의 직경은 증가하다가 감소하기 때문에 전체적으로 하중이 증가하다가 감소하는 형태를 띤다. 그러나 여기서 지나치게 많은 힘이 소요되고 있다. 보통 이 작업의 절단력은 20kgf면 충분하기 때문에 소우 실린더 입구에 압력조절밸브를 설치하여 작업력을 떨어지게 할 필요가 있다. 안정상태에서 작은 변화가 있는 것은 원목에 붙어 있는 가지나 여러 가지 웅이 때문에 하중이 변화하는 것으로 판단된다.

피드롤러의 유압 및 유량변화 측정 후 피드롤러의 이송력을 계산한 결과 유압모터에 저항이 작용하면 일정 압력이 릴리프 밸브에 작용하기 때문에

일정 하중인 1,264kgf가 작용하게 된다.

□ 프로세서를 중심으로 한 임목수확 작업시스템 확립

현재 우리나라의 일반적인 임목수확 작업시스템과 그로 인한 임지훼손 문제 등을 파악하여 프로세서를 중심으로 한 효율적이고 환경친화적인 임목수확 작업시스템을 제시하였다.

프로세서를 중심으로 한 임목수확 작업시스템은 급경사지 지역이 많은 지역에 적용할 수 있는 작업시스템으로 널리 사용되고 있는 타워야더와 프로세서를 중심으로 한 고성능 임업기계에 의한 임목수확 작업시스템이 될 것이다. 즉, 벌도작업은 주로 체인톱을 이용하고 집재작업은 타워야더를 이용하며, 그 후 프로세서에 의한 조재작업으로 생산성 향상을 기할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 김응서. 1991. 자동차공학 시리즈 2 새시(I). 집현사. 326pp.
- 2) — . 1991. 자동차공학 시리즈 2 새시(II). 집현사. 303pp.
- 3) 김재원, 노재후, 우태명, 이해주. 1989. 간벌작업의 작업강도 및 집재기계화에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 120~141
- 4) 김현욱. 1994. 한국농업 및 농산업기술의 발전구상. 국제화시대의 농업구조 개선전략. 서울대 농업생명대학 부속 농업개발 연구소.
- 5) 노재후. 1981. 임업기계에 의한 산림작업의 생력화. 한국임학회지 No. 54 : 90~102.
- 6) 노재후. 1993. 집재작업시스템의 작업능률분석에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문. 123pp.
- 7) 노재후, 김재원. 1988. 로깅부기의 사용방법 및 타당성 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 135~144.
- 8) 노재후, 김재원, 김사일. 1988. 로그라인 집재공정 및 경제성에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 154~165.
- 9) 노재후, 김재원, 박문섭. 1988. 케이블 크레인의 국내 적용 가능성에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 145~153.
- 10) 대광서림 편집부. 1990. 표준 기계설계 도표편람. 개정 증보 2판. 대광서림. 1291pp.
- 11) 이광원, 김기원, 차두송. 1993. 산림생산기반 조성과 임도 및 임업기계화. - 농산촌 소득증대를 위한 산림자원의 합리적 이용개발 모형 연구[7].- 한국농촌 경제연구원. 296pp.
- 12) 이광원, 석현덕. 1994. UR 이후의 산촌진흥 대책. UR 이후의 산촌대책 방향 세미나. 농촌경제연구원.
- 13) 이돈구. 1993. 국제경쟁력 제고를 위한 산림자원 조성방안. 제 13회 산림

세미나 논문집 - 개혁시대의 한국임업 - .한솔종합임산.

- 14) 산림청. 1999. 간추린 임업통계. 63pp.
- 15) 송태영, 박문섭, 김재원, 강건우. 1998. 케도형 집재차의 집재작업방법에 따른 작업비용 비교연구. 산림경제연구 제6권 제2호 pp. 20~28.16
- 16) 禹保命. 1987. 임업토목공학. 향문사. pp. 12~144
- 17) 禹保命 외. 1998. 산림공학. 광일문화사. pp. 315~434
- 18) 유병일, 박명규. 1979. 산림의 노동력 변화에 관한 연구. 한국임학회지 45 : 37~45
- 19) 유병일, 김철상. 1990. 사유림의 산림 작업노동연구. 임업연구원 연구보고 41 : 63~75
- 20) 은정표, 신창선. 1996. 자동차 구조학. 동신출판사. 622pp.
- 21) 임업시험장. 1971. 도입기계 적용시험. 임시연보: 13~25.
- 22) 임업연구원. 1994. 임업기계화 장기기본계획. 148pp.
- 23) 조기현, 백이. 1999. 농업기계학 개론 및 정비. 동진출판사. pp. 27~178
- 24) 중부임업시험장. 1997. 한국형 임업기계·장비개발. 제1차년도 중간보고서. 128pp.
- 25) 중부임업시험장. 1998. 한국형 임업기계·장비개발. 제2차년도 중간보고서. 115pp.
- 26) 중원사 자동차연구회. 1997. 자동차 공학. 중원사. 552pp.
- 27) 廣部伸二. 1997. タワーヤーダの索張力特性および遠隔操作の可能性に関する研究. 61pp.
- 28) 今富裕樹. 1998. 高性能林業機械によるシステム化作業への取り組み. -平成九年度林業機械化推進シンポジウムの概要- 山林 98(8) : 52~58
- 29) 片岡秀夫. 1980. 林業工学. 日本林業調査會. 473pp.
- 30) 加藤誠平. 1959. 林業用索道設計法. 金原出版株式會社. 223pp.
- 31) 南方 康. 1991. 機械化・路網・生産システム. -低コスト林業確立のために

- 265pp.

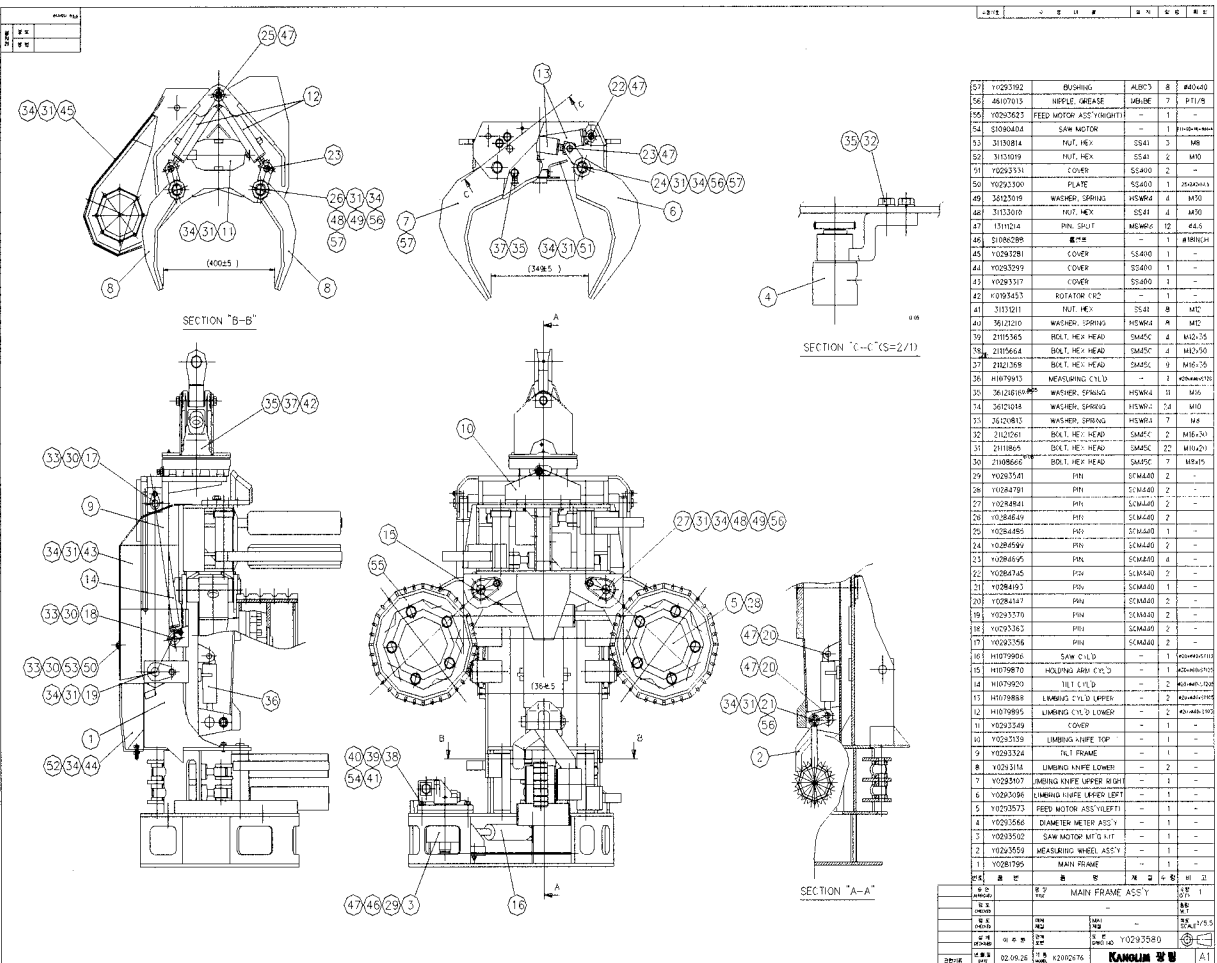
- 32) 文部省. 1983. 林業土木. 實教出版(株). pp. 121-252.
- 33) 永井芳郎. 1997. 自走式搬器による集材作業システムの検討. 東京大. 38pp.
- 34) 小川康夫, 砂山隆司, 高橋和美, 沓澤 繁. 1982. リモコンウインチによる間伐材の集材方法について. 機械化林業 340 : 24~36.
- 35) 大河原昭二. 1991. 林業機械學. 文永堂出版. 254pp.
- 36) 朴相俊. 1997. タワーヤードによる集材作業システムと適正路網に関する研究. 東京大 博士學位論文. 180pp.
- 37) 林業機械化協會. 1983. 小型林内作業用機械とその作業. 林業機械シリーズ No. 70. 263pp.
- 38) 林業機械化協會. 1986. 機械化による効率的な間伐作業の進め方. 林業機械シリーズ No. 75. 269pp.
- 39) 林業機械化協會. 1989. 非皆伐施業における効率的搬出方法. 林業機械シリーズ No.78. 319pp.
- 40) 林業機械化協會. 1991. 急傾斜地作業に活躍するタワーヤードとその作業. 林業機械シリーズ No. 80. 189pp.
- 41) 林業機械化協會. 1995. 林業機械に使われるメカトロニクス. 林業機械シリーズ No. 85. 161pp.
- 42) 林業機械化協會. 1996. 林業機械便覽. 252pp.
- 43) 林業機械化協會. 1997. 疑問に答える高性能林業機械. 林業機械シリーズ No. 87. 168pp.
- 44) 林業機械化推進研究會. 1990. 機械化のビジョン. 177pp.
- 45) 林野廳. 1997. 高性能林業機械による最適作業方法システムの開発に関する調査. 116pp.
- 46) 林野廳. 1995. 高性能林業機械による作業システムの定着・實用化に関する調査. 105pp.

- 47) 瀧本義彦, 黄箭波. 1988. 中國製チェーンソーの特性について. 京都大演習林報告 No. 60 : 219~231.
- 48) スリーエム研究会編(山脇三平監修). 1981. 改訂林業機械ハンドブック. スリーエム研究会. 603pp.
- 49) 東條三男 외 2인. 1982. 트라クタ集材作業における機械の效率的使用について. 機械化林業 341 : 55~63.
- 50) 辻隆道, 渡部歴三郎. 1965. 林業作業測定の前め方. 地球出版(株). 301pp.
- 51) 山脇三平, 大里正一, 鈴木正之, 森岡昇, 小島幸治. 1980. 林業機械學. 朝倉書店. 243pp.
- 52) 全國林業改良普及協會. 1993. 機械化のデザイン. 195pp.
- 53) Branz, H. 1991. Möglichkeiten der Entwicklung und des Einsatzes von Forstschleppern in der Republik Korea. GTZ Eschborn. 38pp.
- 54) Bort, U., Mahler, G. und Pfeil, C.. 1993. Mechanisierte Holzernte. FTI 11. S. 121~124.
- 55) Grammel, R. 1988. Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 242pp.
- 56) Grapple yarder & Super-snorkel Handbook. 181pp.
- 57) Grim, B.. 1999. Long span intermediate support logging in medium and large timber. International Mountain Logging and 10th Pacific Northwest Skyline Symposium. March 28-April 1, 1999. Corvallis, Oregon, USA Proceedings. pp. 167~172.
- 58) Johnson, L.R.. 1999. Combining cut-to-length and cable yarding operations. pp. 43~52.
- 59) K.A.G. Staff, N.A. Wiksten. 1984. Tree harvesting techniques. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dordrecht. 371pp.
- 60) KWF. 1993. Der Forstwirt. Verlag Eugen Ulmer. pp. 348~396.

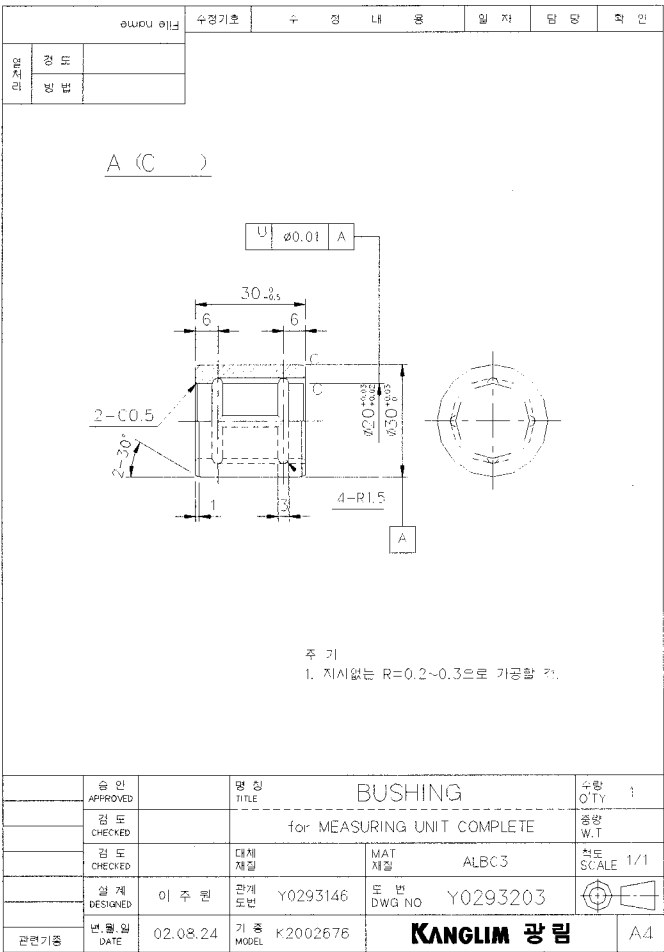
- 61) Leppanen, K. 1987 Case study on plastic log chute in steep terrain thinning operations. FAO.
- 62) L. Sanktjohanser. 1981. Probleme kleinflächiger Nutzungen im steilen Gelände-Geometrisch-Physicalish Zusammenhänge bei der Holzbringung. Proc. X VII IUFRO Congress, Div. 3, 179~188.
- 63) MacDonald, A. J.. Harvesting systems and equipment in British Columbia. 1999. British Columbia, Ministry of Forests, Forest Practice Branch. 197pp.
- 64) Mahler,G. Pfeil, C. and Bacher, M.. 1999. Mechanized thinning in steep terrain: Experiences with different harvesting and logging techniques. International Mountain Logging and 10th Pacific Northwest Skyline Symposium. March 28-April 1, 1999. Corvallis, Oregon, USA Proceedings. pp. 246~254.
- 65) Samset, I. 1985. Winch and cable systems. Martin Nijhoff/DR W.Junk Publishers, Lancaster. 359pp.
- 66) Schiess,P. and Jaross,W.. 1999. Comparing long-span vs. conventional skyline design options: Economics and Silvicultural options. International Mountain Logging and 10th Pacific Northwest Skyline Symposium. March 28-April 1, 1999. Corvallis, Oregon, USA Proceedings. pp. 264~275.
- 67) Strehlke, E. G., Sterzik, H.K. and Strehlke B. 1970. Forstmaschinenkunde. Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin. 277pp.
- 68) Sundburg U. and Siversides. 1988. Operational efficiency in forestry. Kluger Academic Publishers. Dordrecht, Boston and London. pp. 219

부 록 APPENDICES

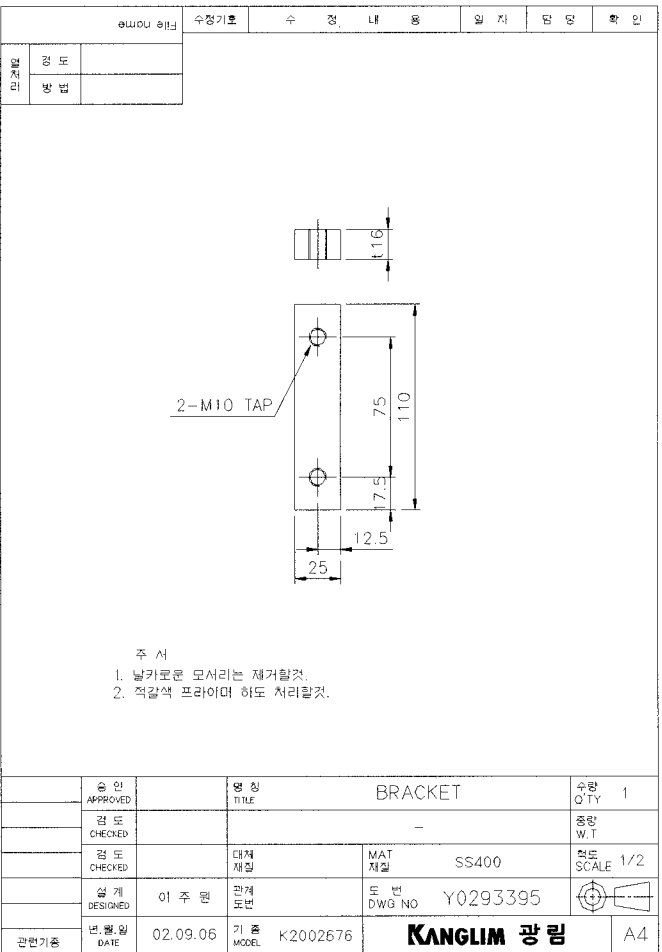
1. 조계기 설계도면 ○ Main Frame ASS'Y



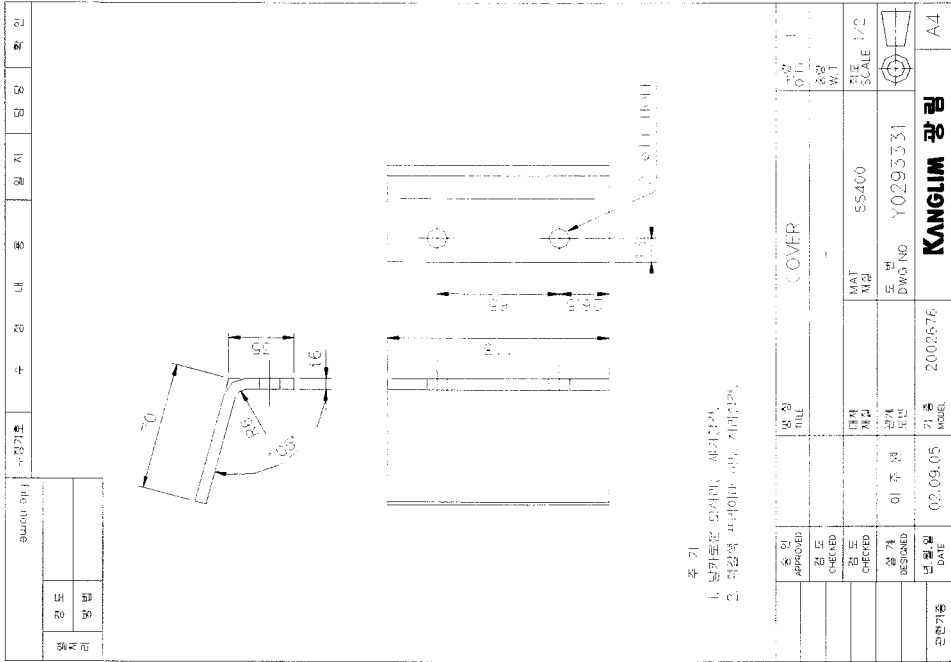
○ Bushing



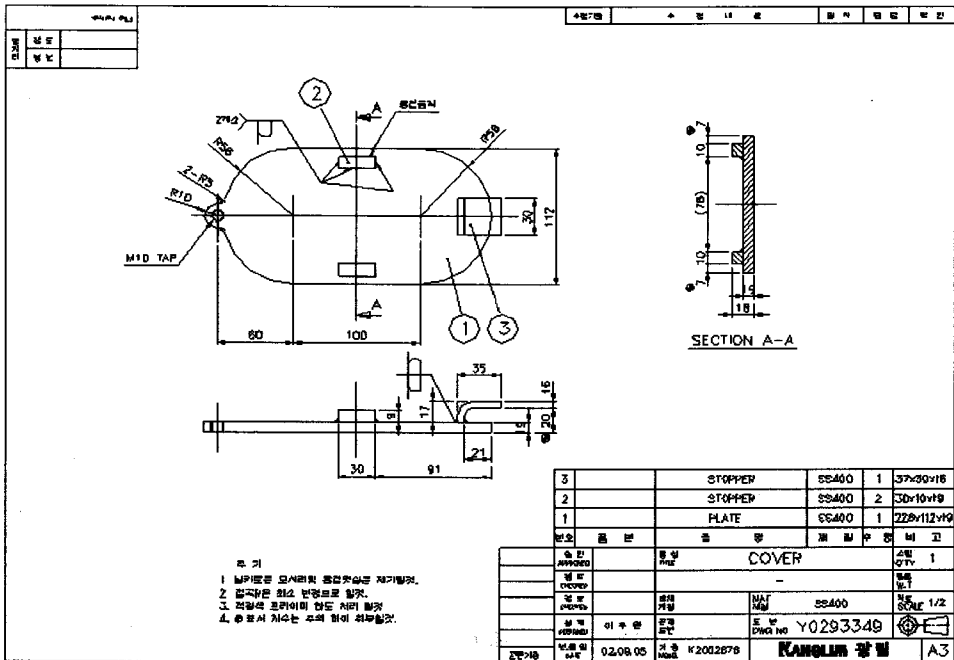
○ Bracket



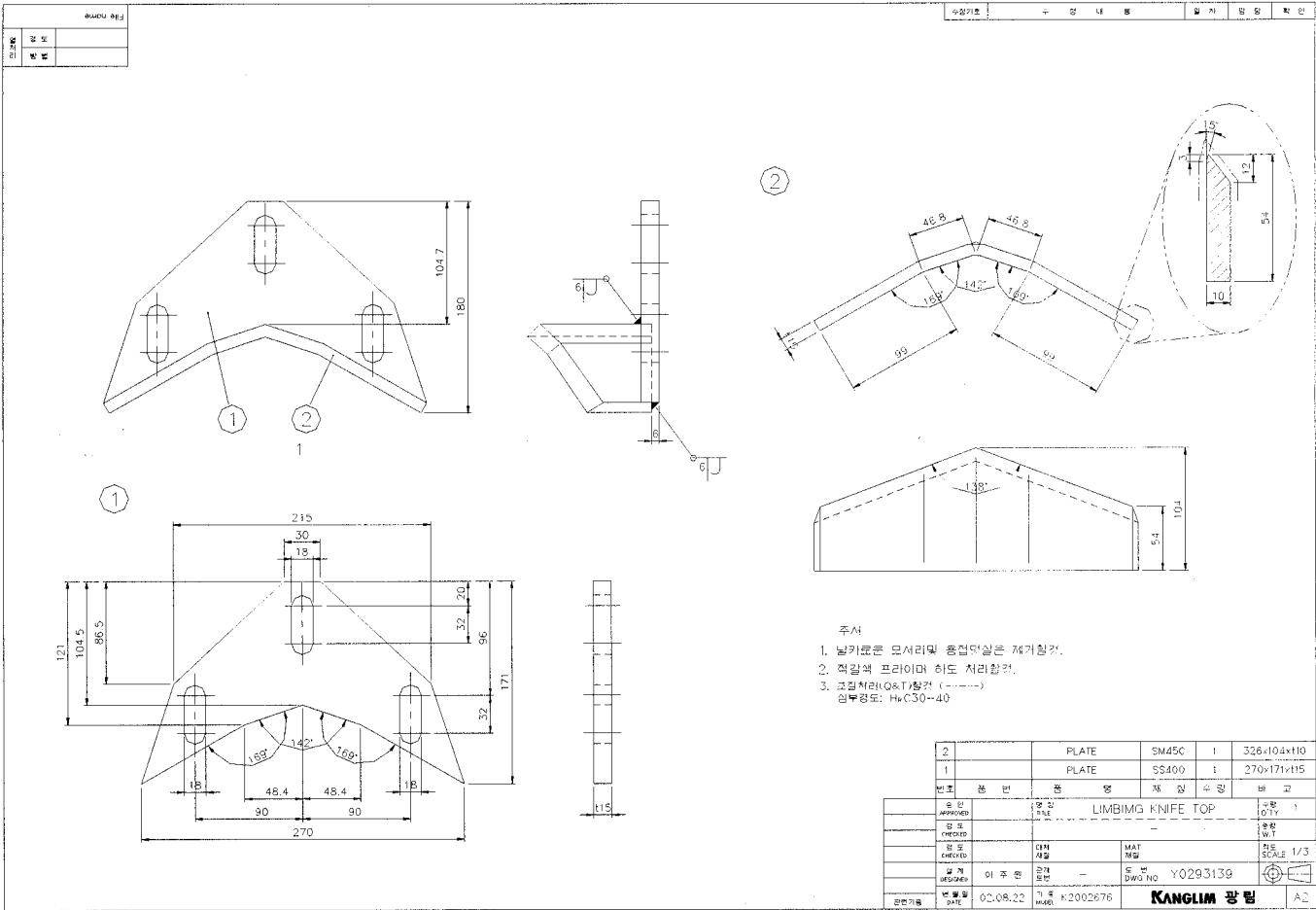
○ Cover

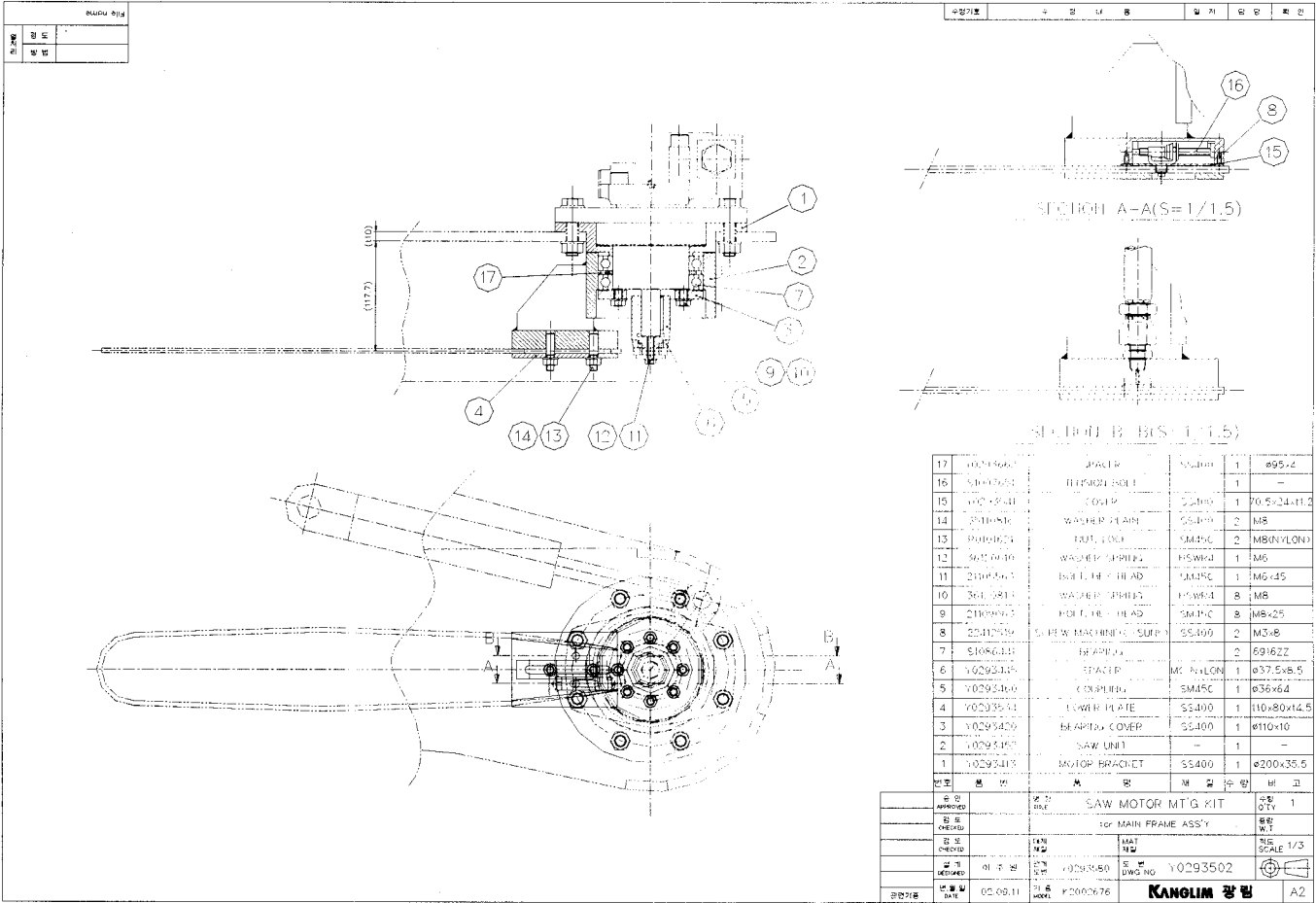


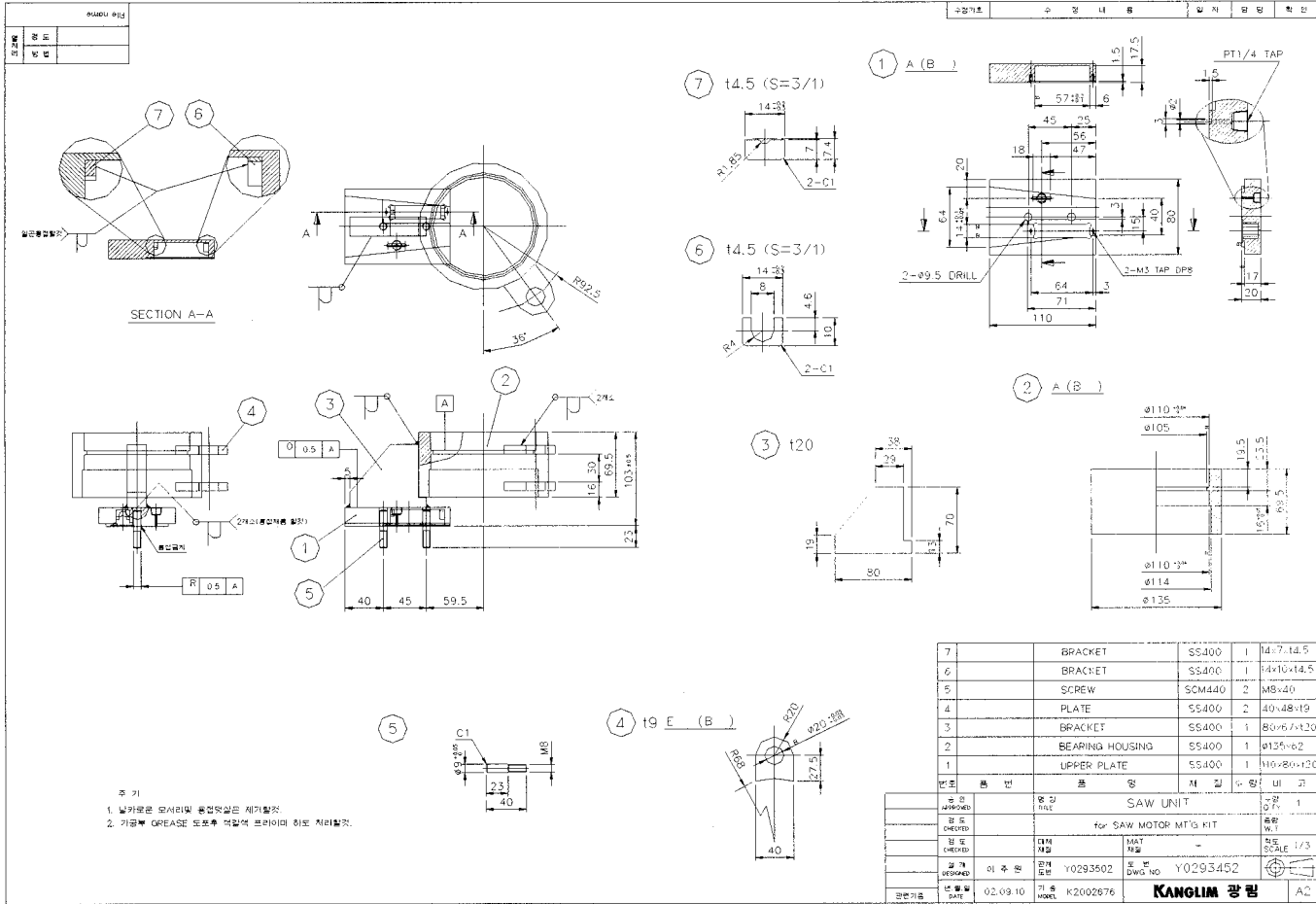
○ Cover



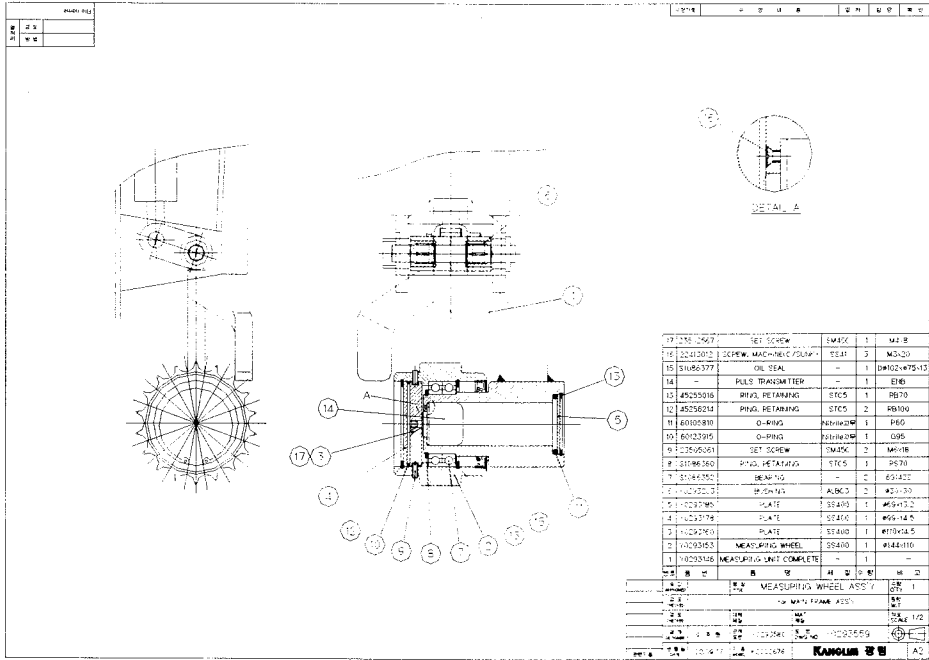
○ Limbing Knife Top



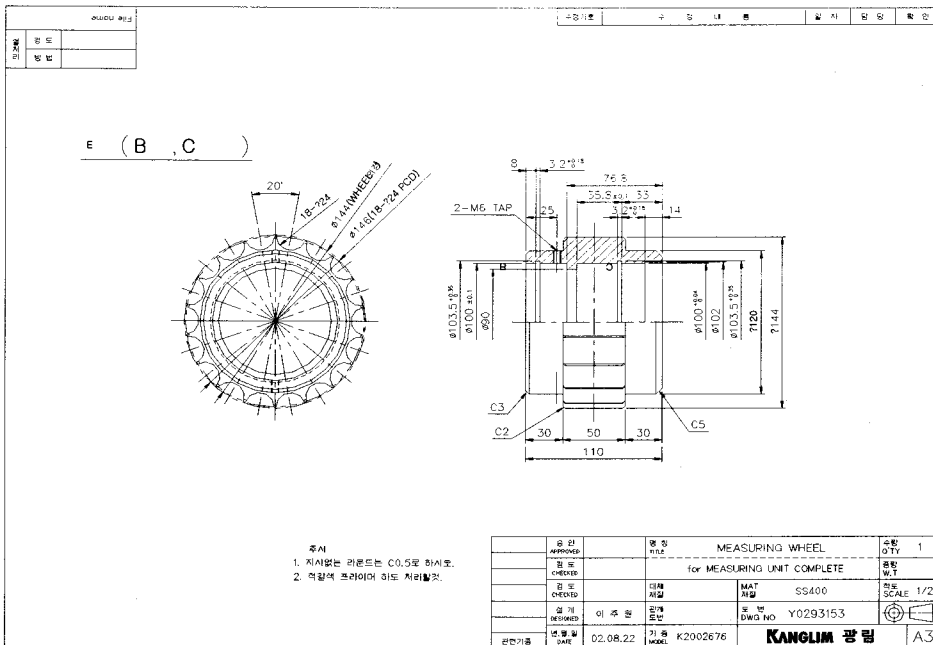




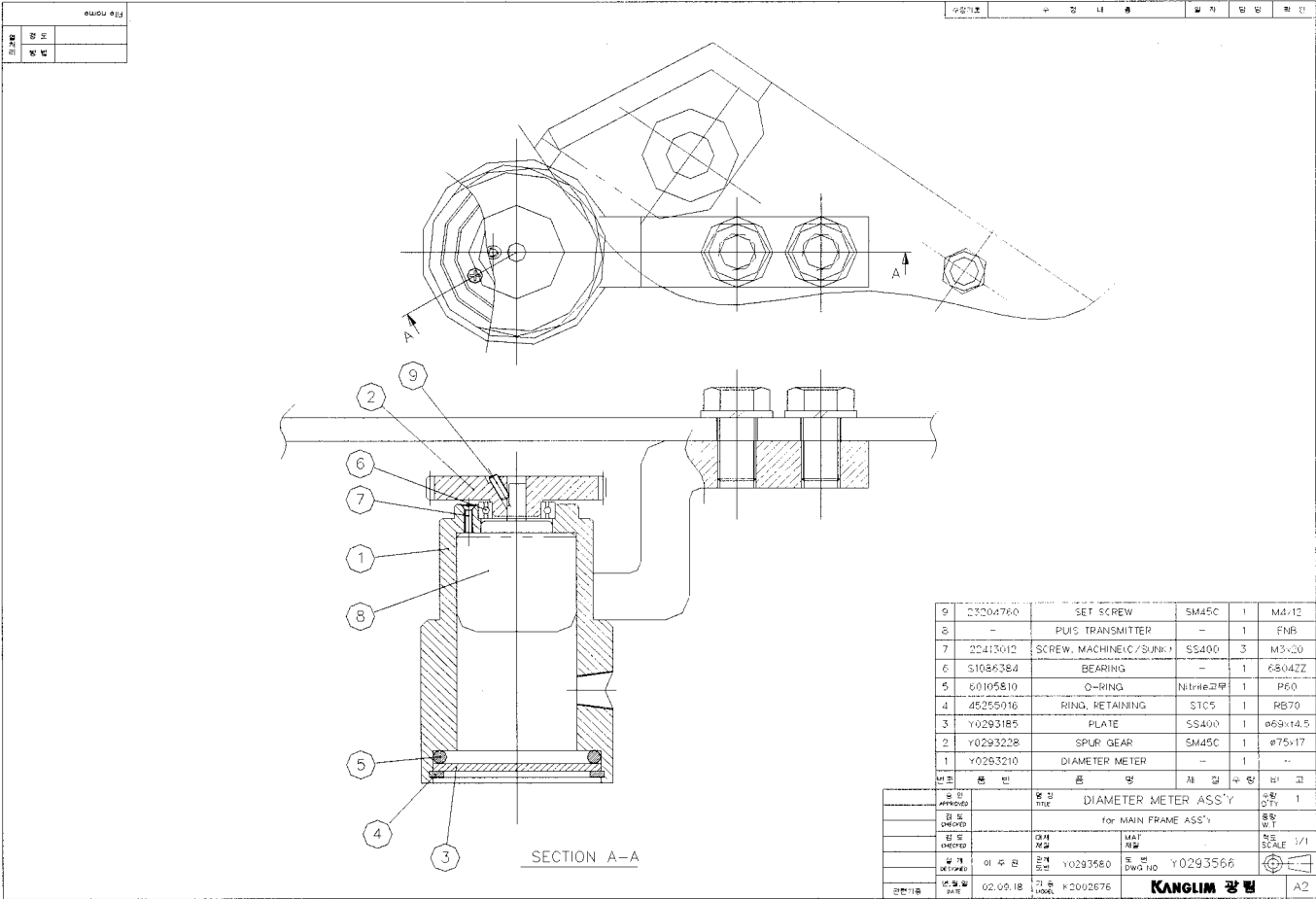
○ Measuring wheel ASS'Y



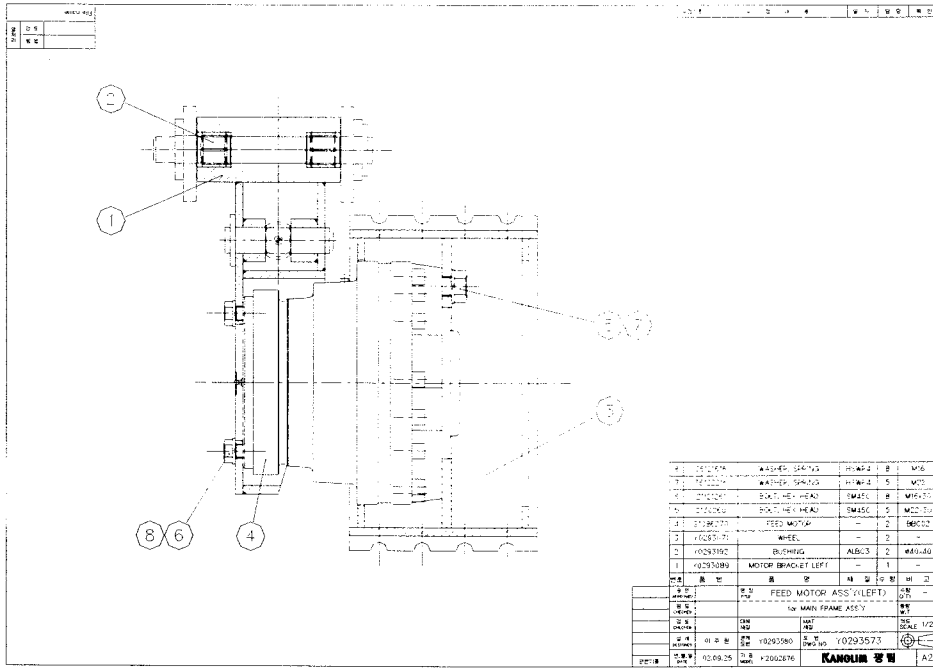
○ Measuring Wheel



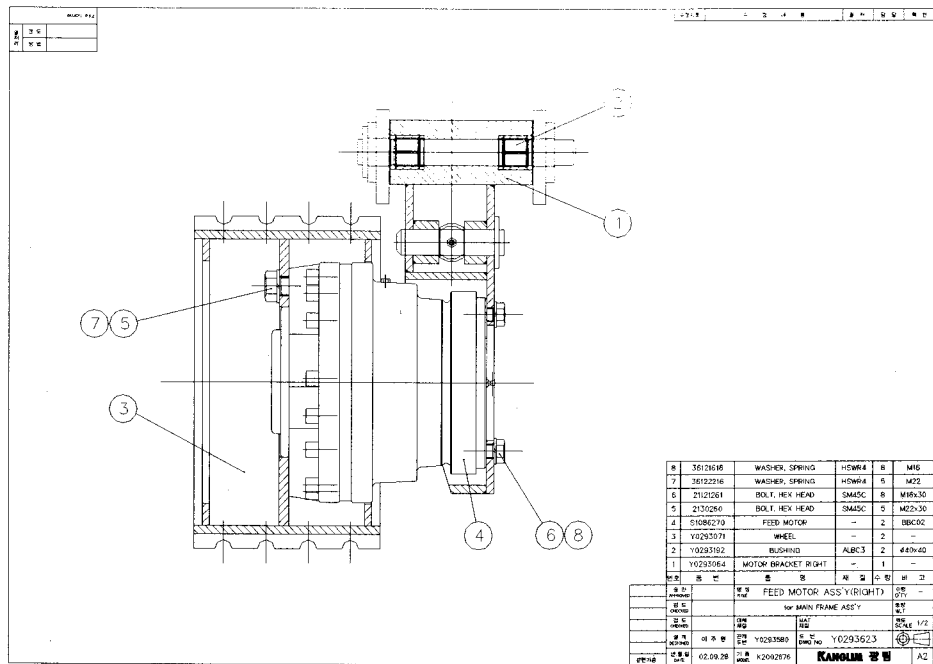
○ Diameter Meter ASS'Y



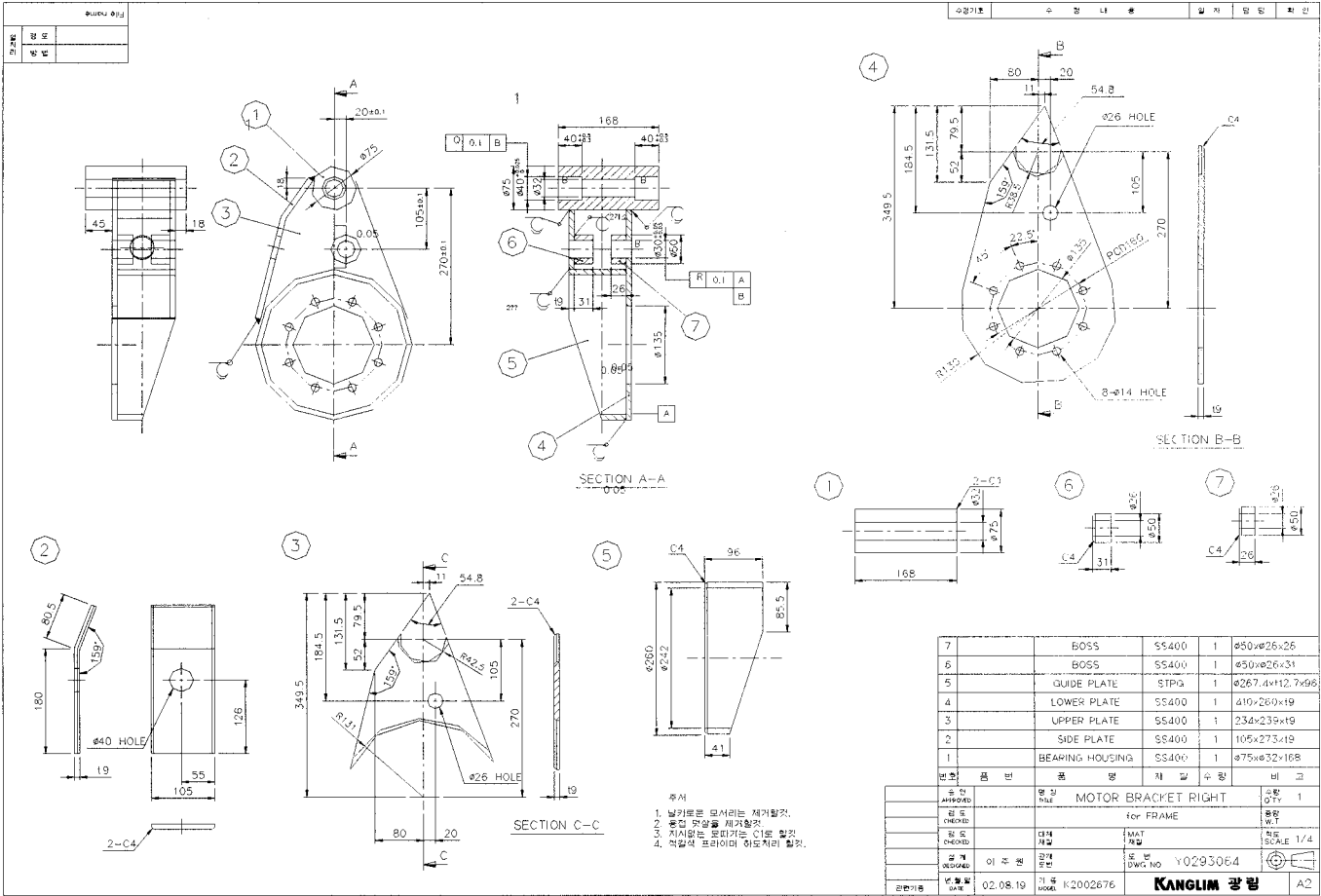
○ Feed Motor ASS'Y(Left)

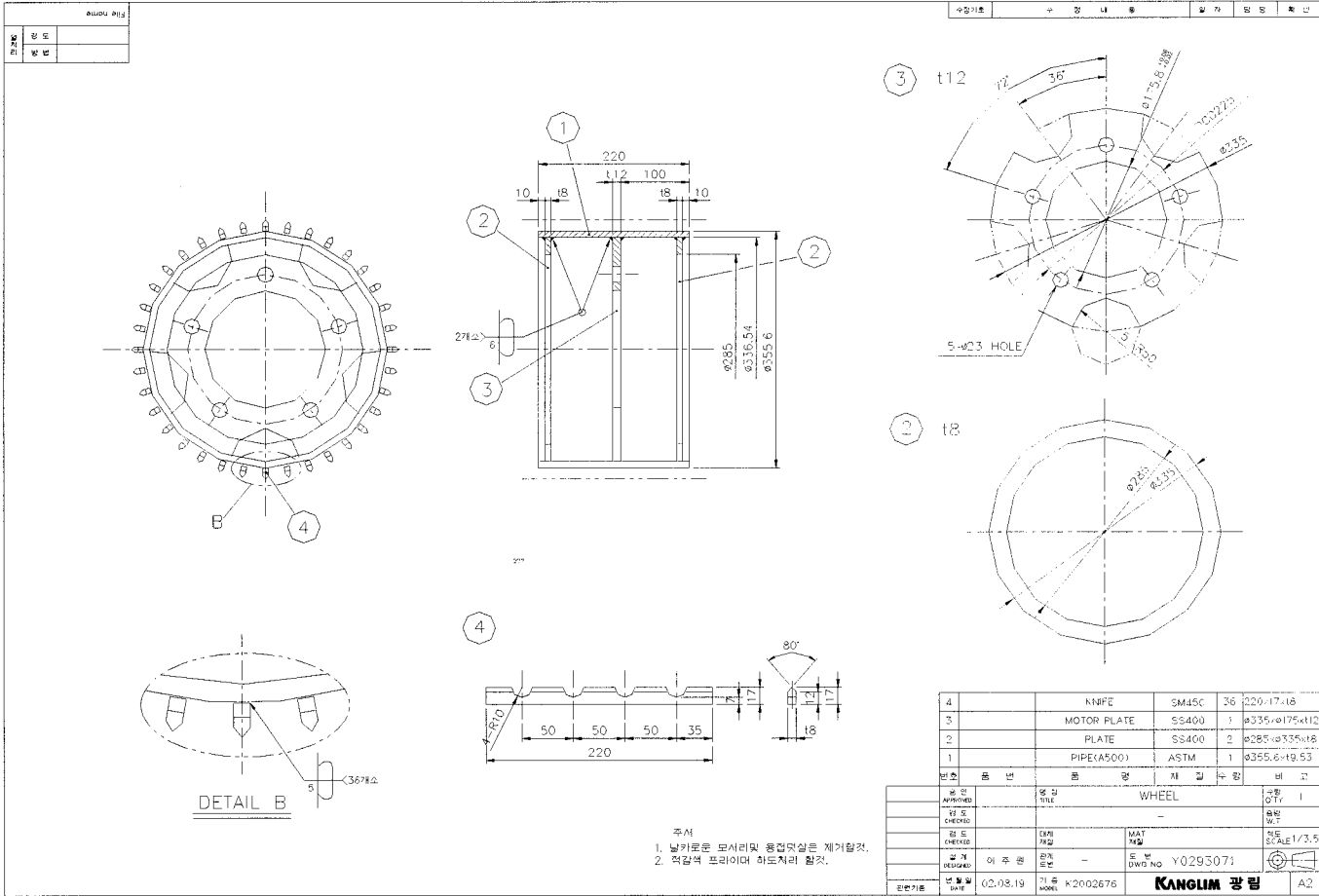


○ Feed Motor ASS'Y(Right)



○ Motor Bracket(Right)





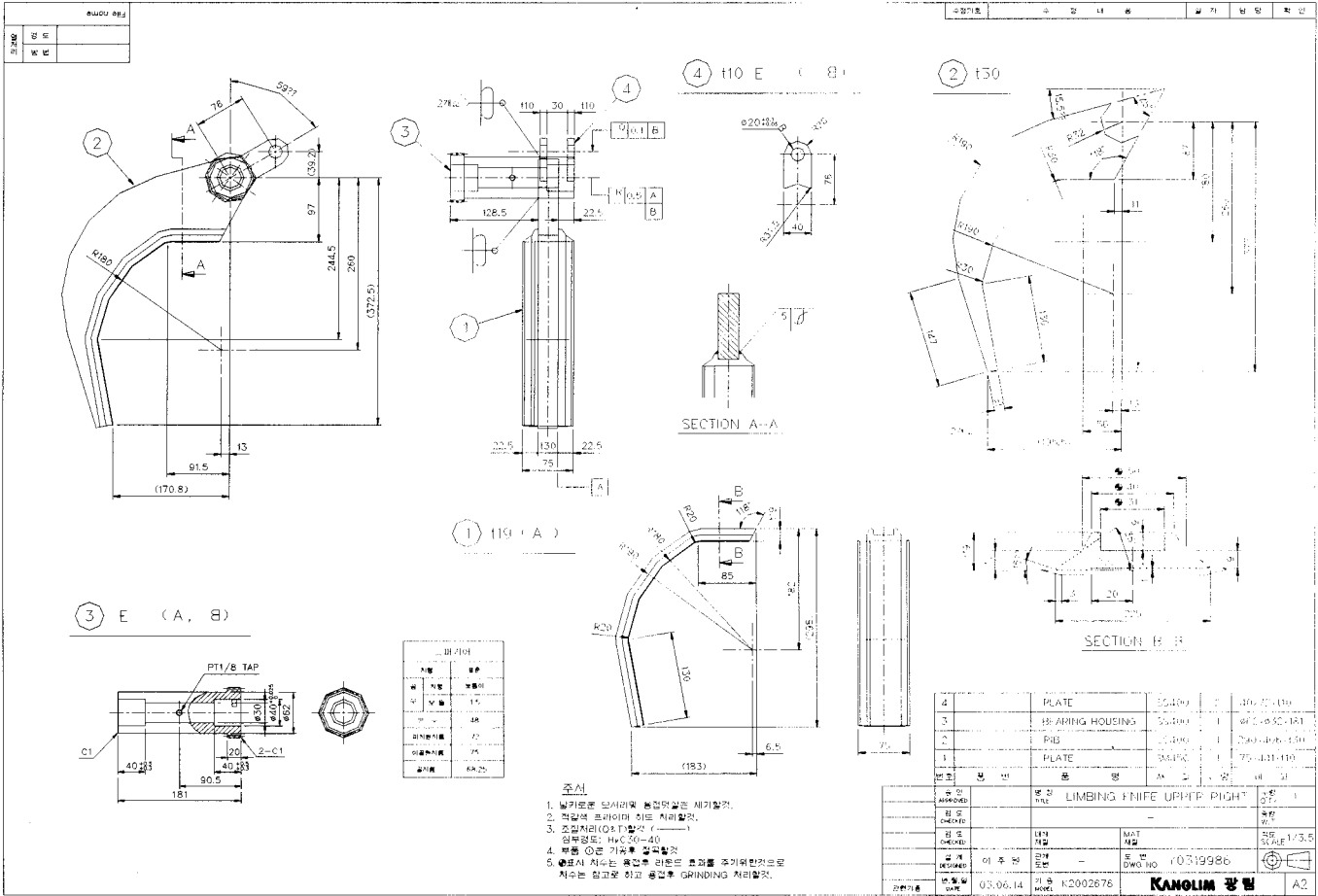
주석
 1. 날카로운 모서리 및 용접점실은 제거할것.
 2. 직각에 프라이머 히도처리 할것.

4	SM45C	36	220x17x18
3	MOTOR PLATE	SS400	1
2	PLATE	SS400	2
1	PIPE(A500)	ASTM	1

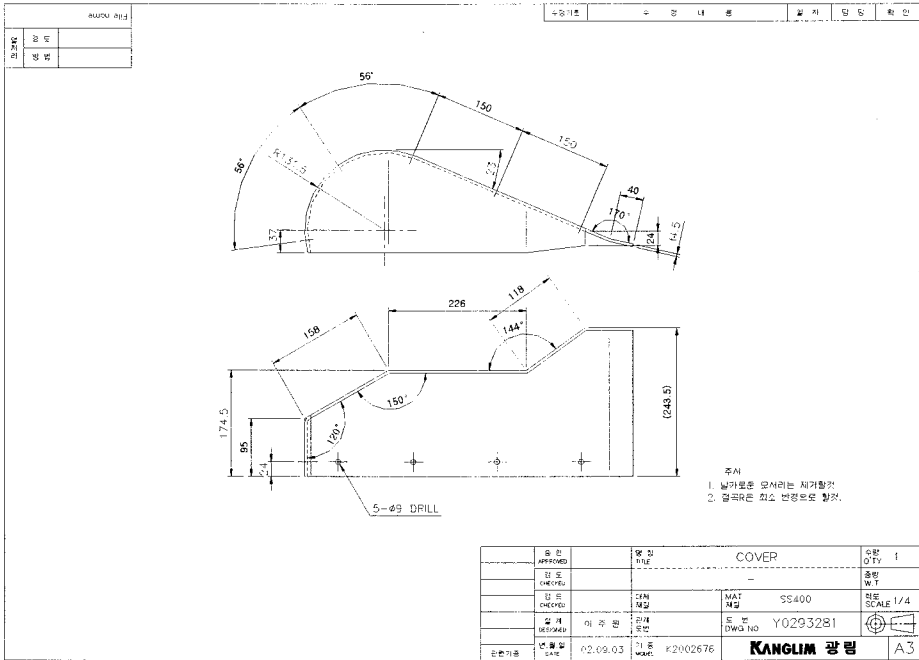
번호	품명	수량	단위	비고
01	WHEEL	1	개	

제출 일자	02.08.19	제출 번호	K2002675
설계	이주원	확인	이주원
도면 번호	Y0293071	SCALE	1/3.5
회사명	KANGLIM 광림		
판형	A2		

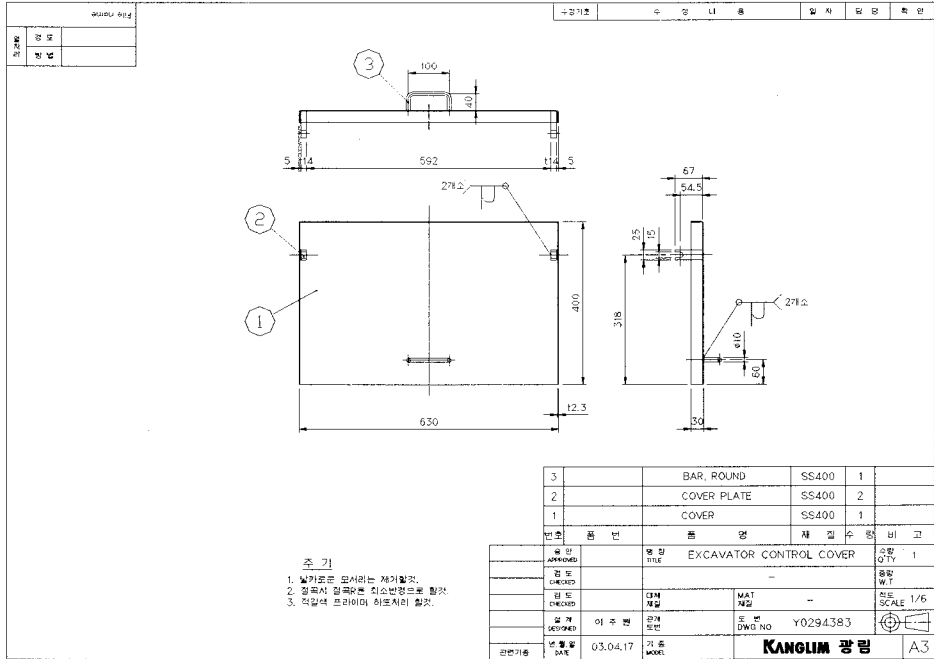
○ Limbing Knife Upper Right



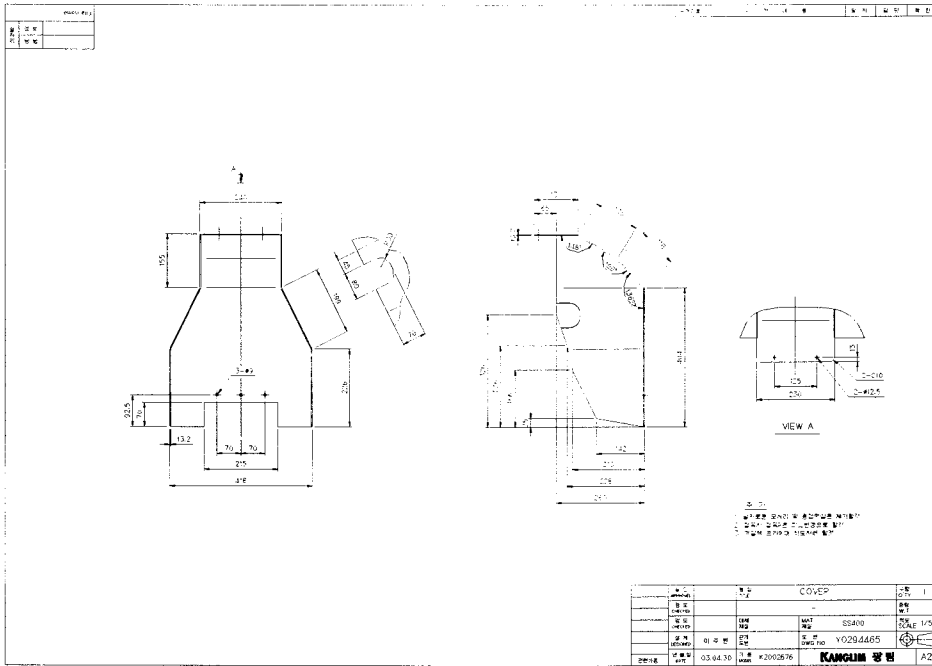
○ Cover



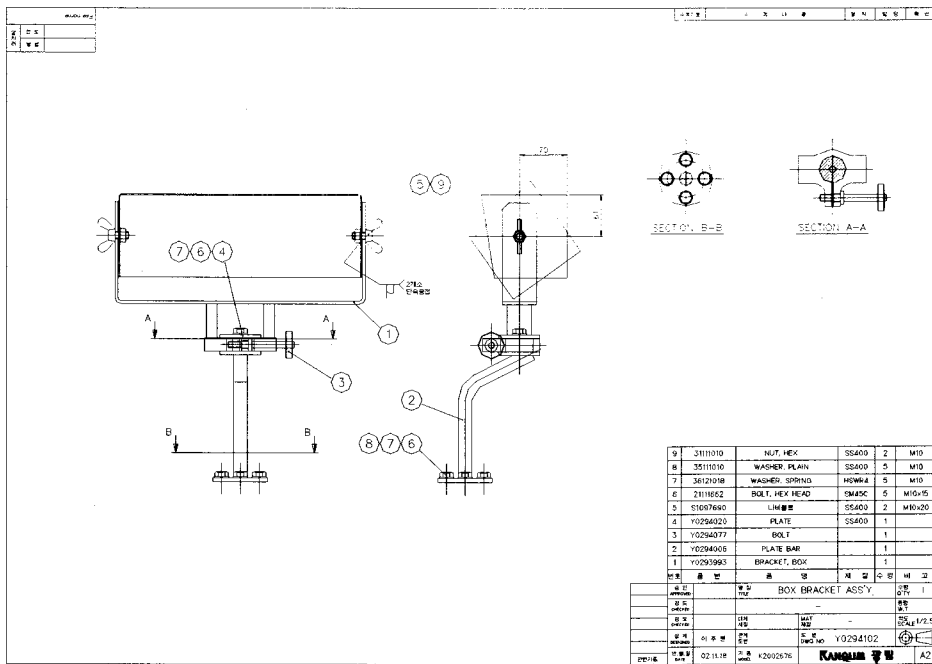
○ Excavator Control Cover



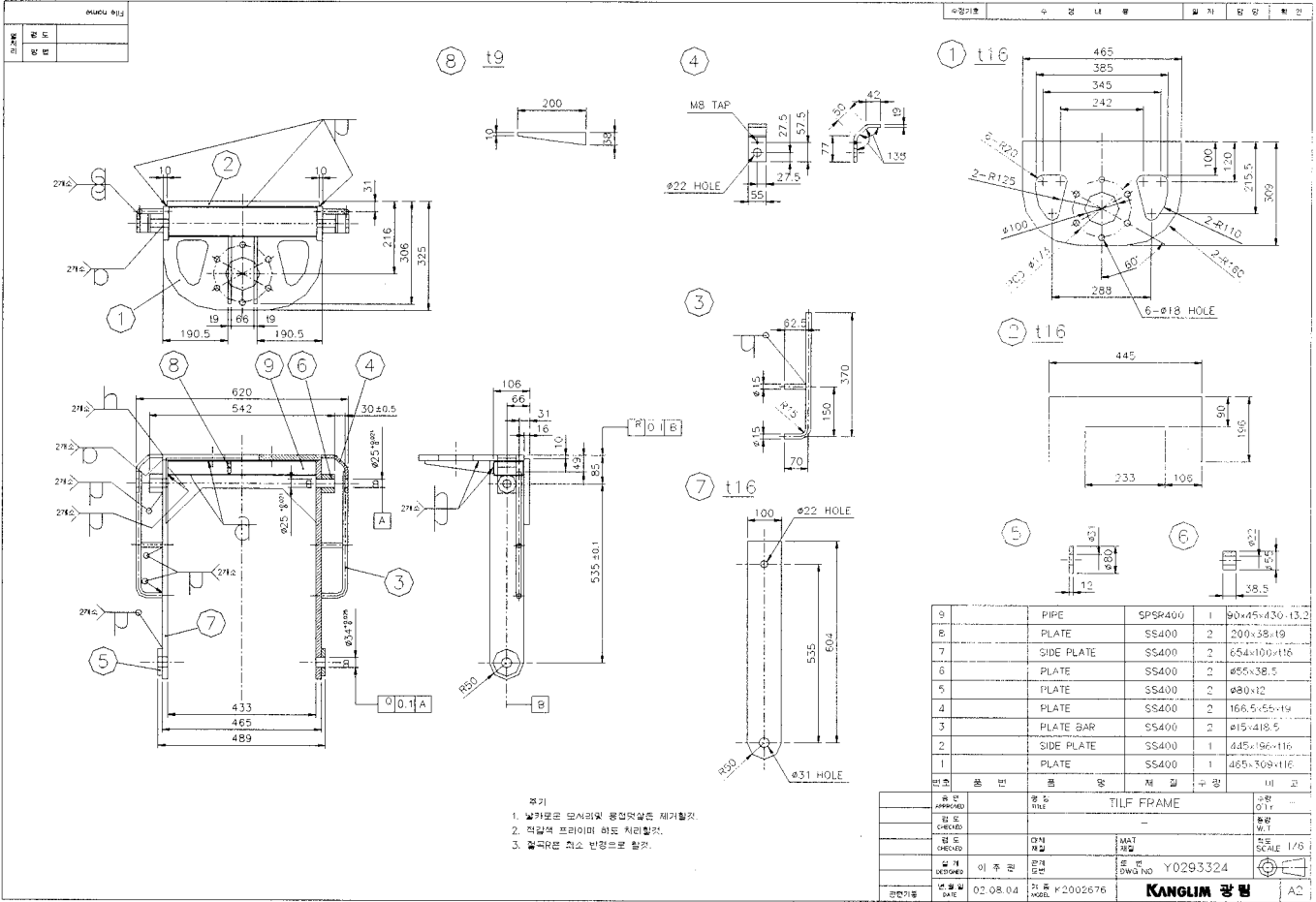
○ Cover



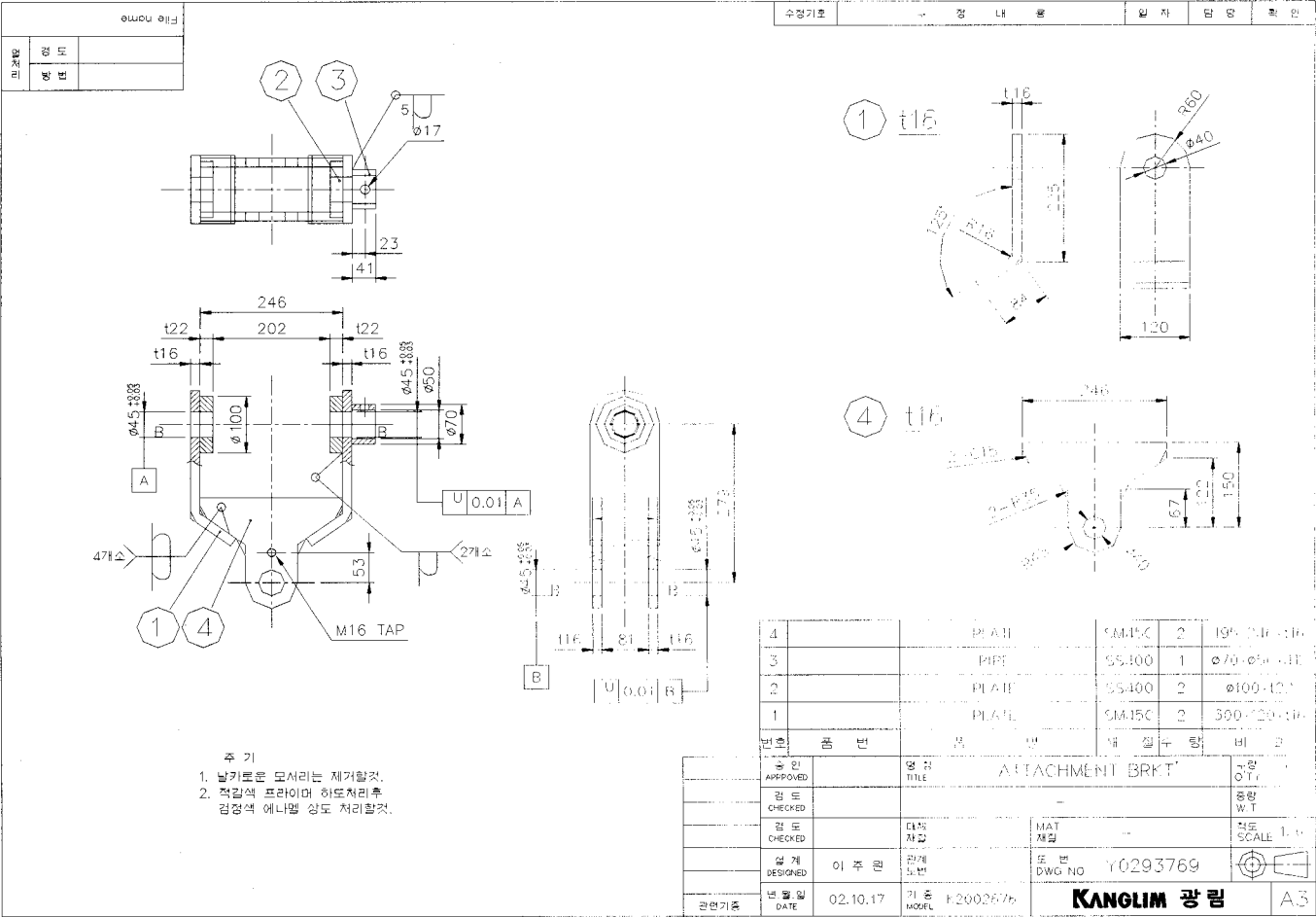
○ Box Bracket ASS'Y

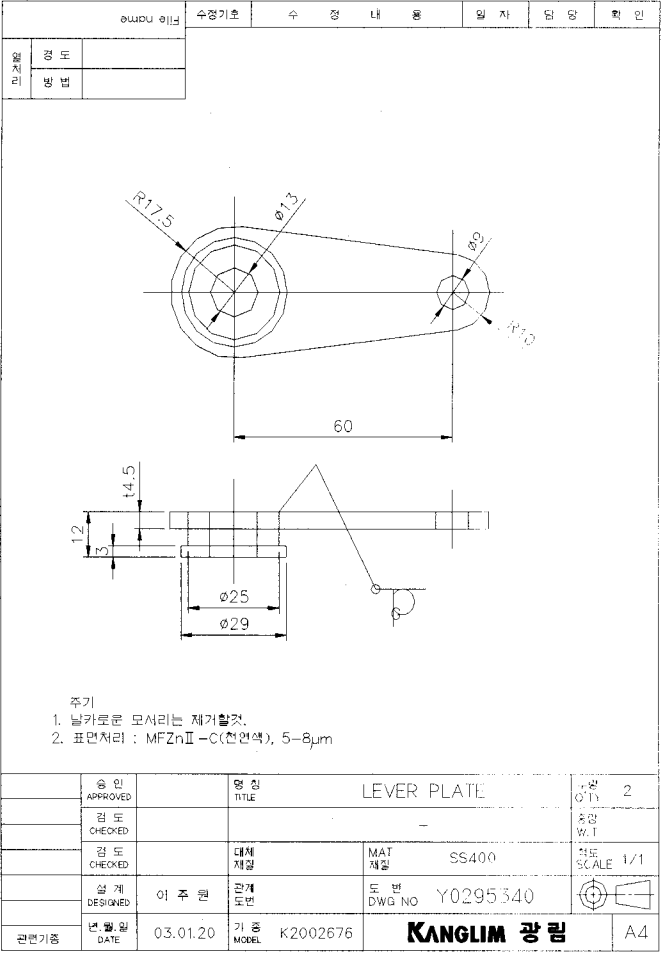


○ Tilt Frame

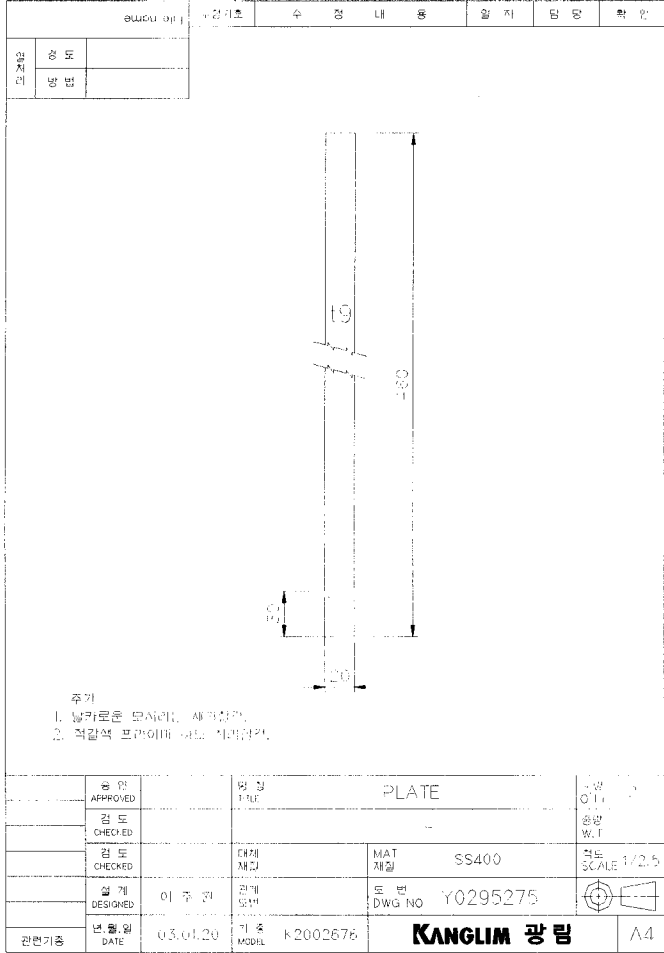


○ Attachment Bracket



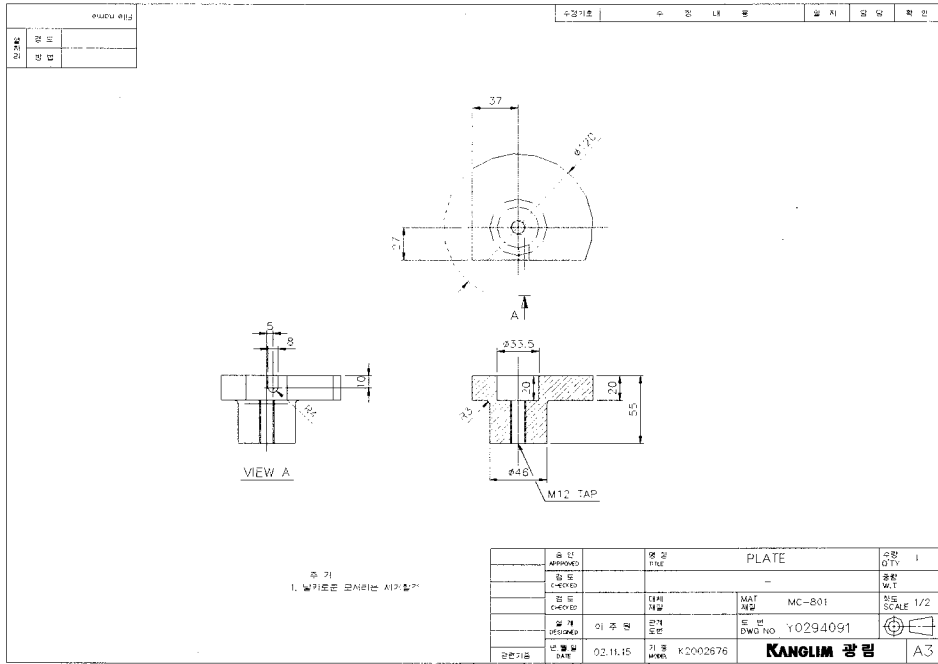


○ Level Plate

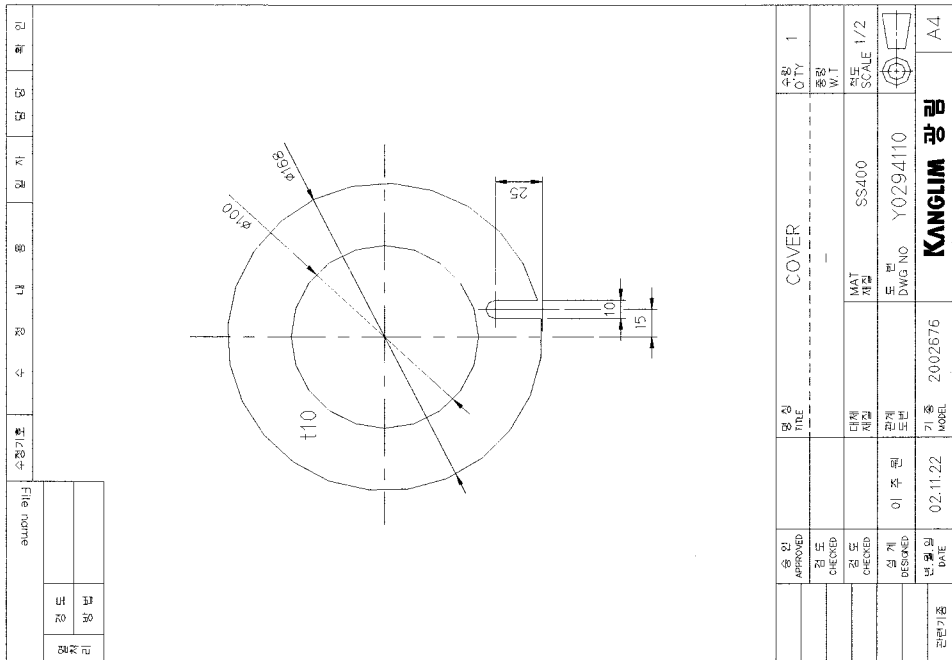


○ Plate

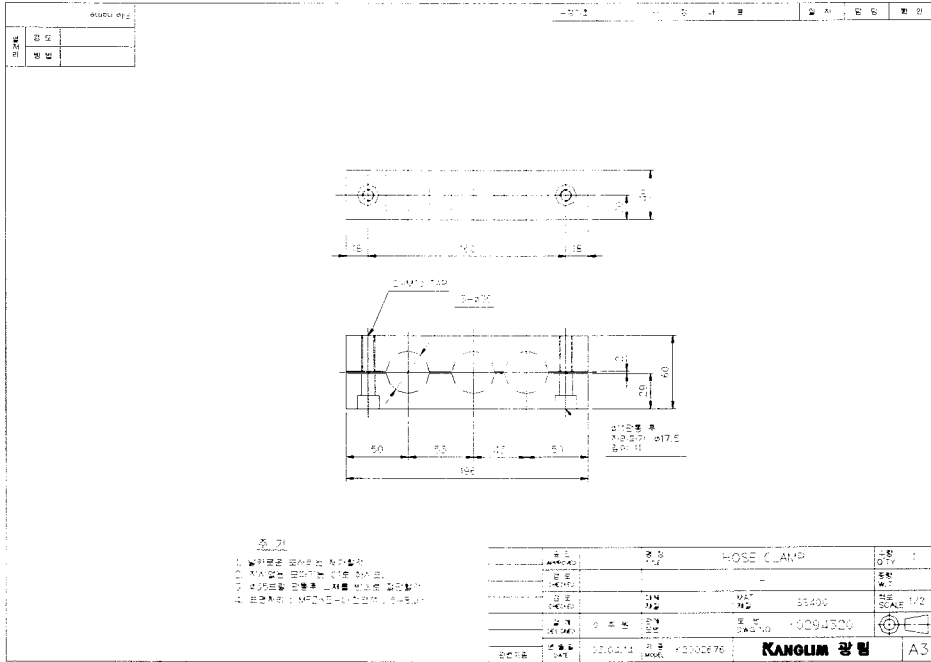
○ Plate



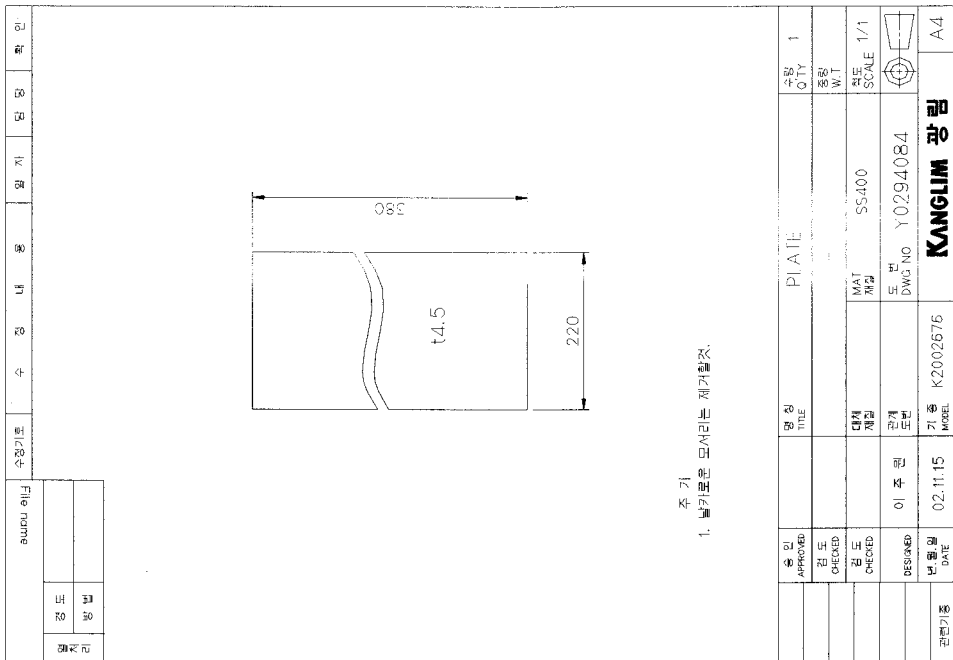
○ Plate



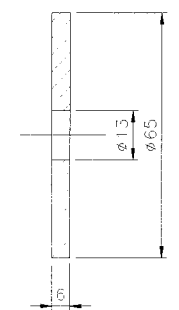
○ Hose Clamp



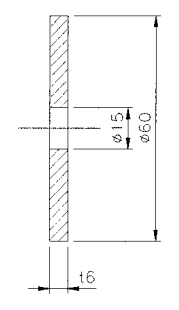
○ Plate



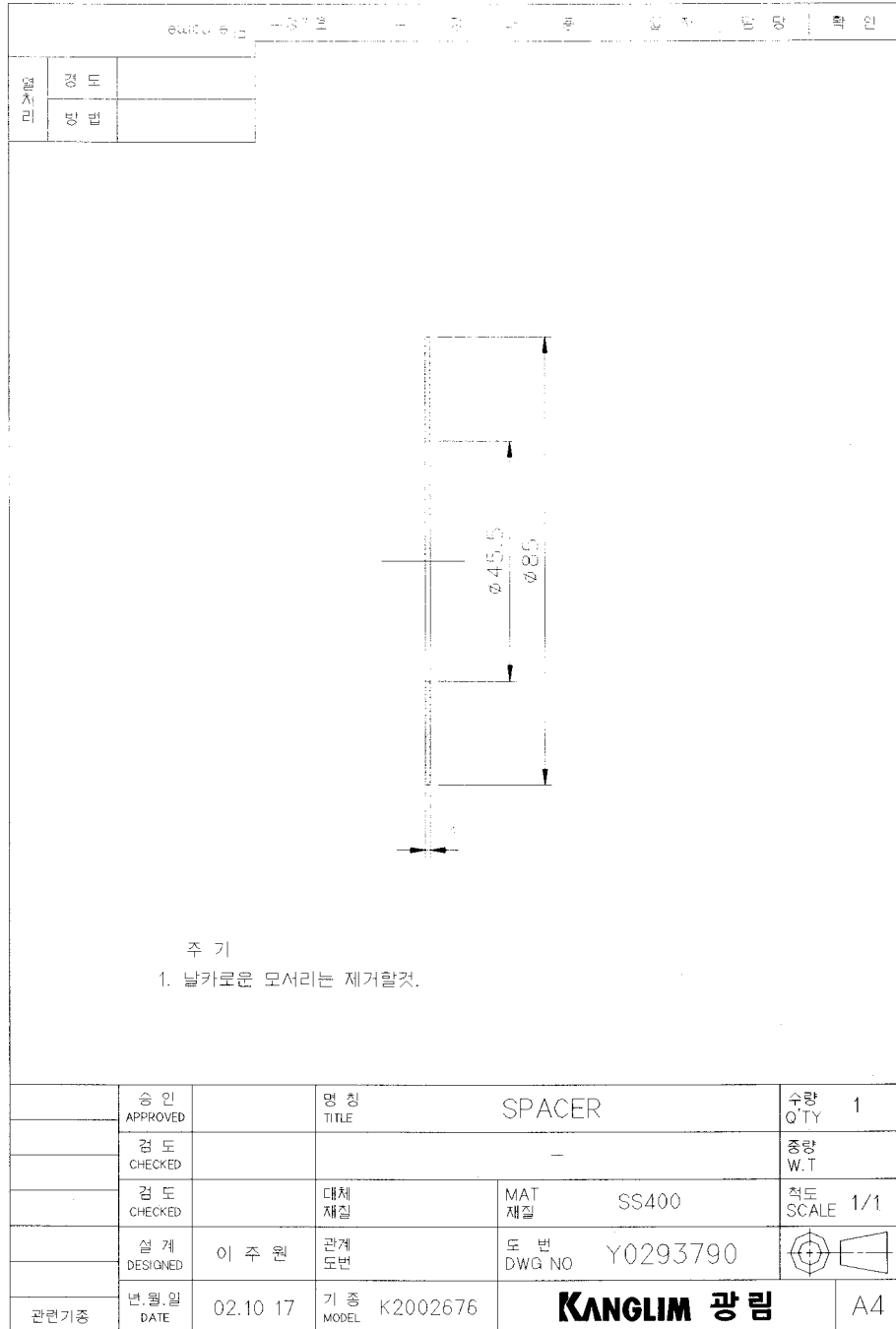
○ Washer

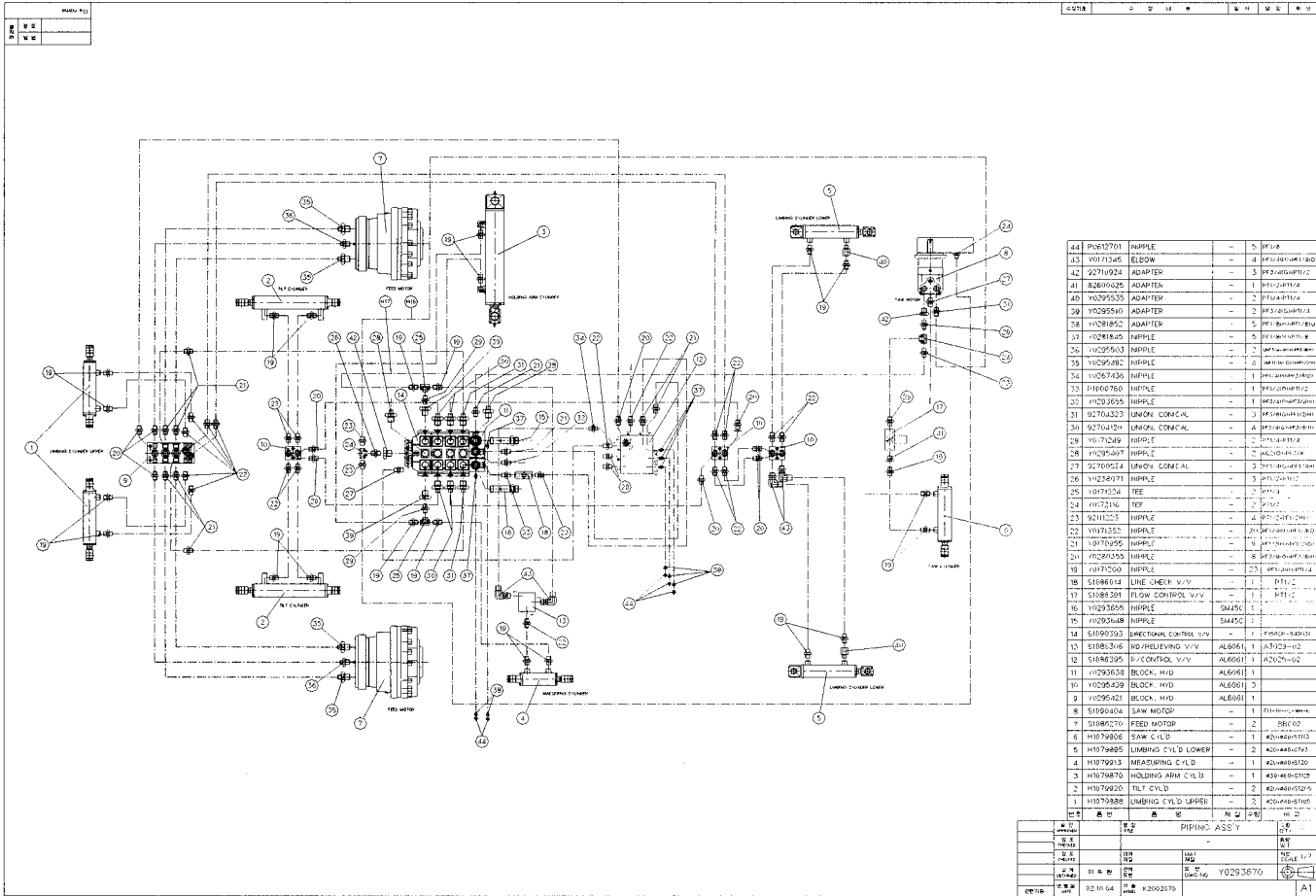
인	검	방	의	장	부	내	수	검	수	검	기	수	File name												
인	검	방	의	장	부	내	수	검	수	검	기	수	수검기호												
																									
														비율		1:1		3:1		2:1		1:1		1:1	
														제1차		제2차		제3차		제4차		제5차		제6차	
<p>주 기</p> <ol style="list-style-type: none"> 날카로운 모서리는 제거할것. 지시없는 코타기는 C1로 하시오. 표면처리 : MFZnII-C(전연석),5-8μm. 모든치수값 도면주의 치수임. 																									
승 인		APPROVED		명 칭				TITLE				PLATE		수량		QTY		1							
검 도		CHECKED		대체				재질				MAT		SS400		중량		W.T							
검 도		CHECKED		설 계				도면				DESIGNED		이 주 민		척도		SCALE		1/1					
년,월,일		DATE		02.11.15		기 종		MODEL		K2002676		KANGLIM 광림		A4		도 번		DWG NO		Y0294020					

○ Plate

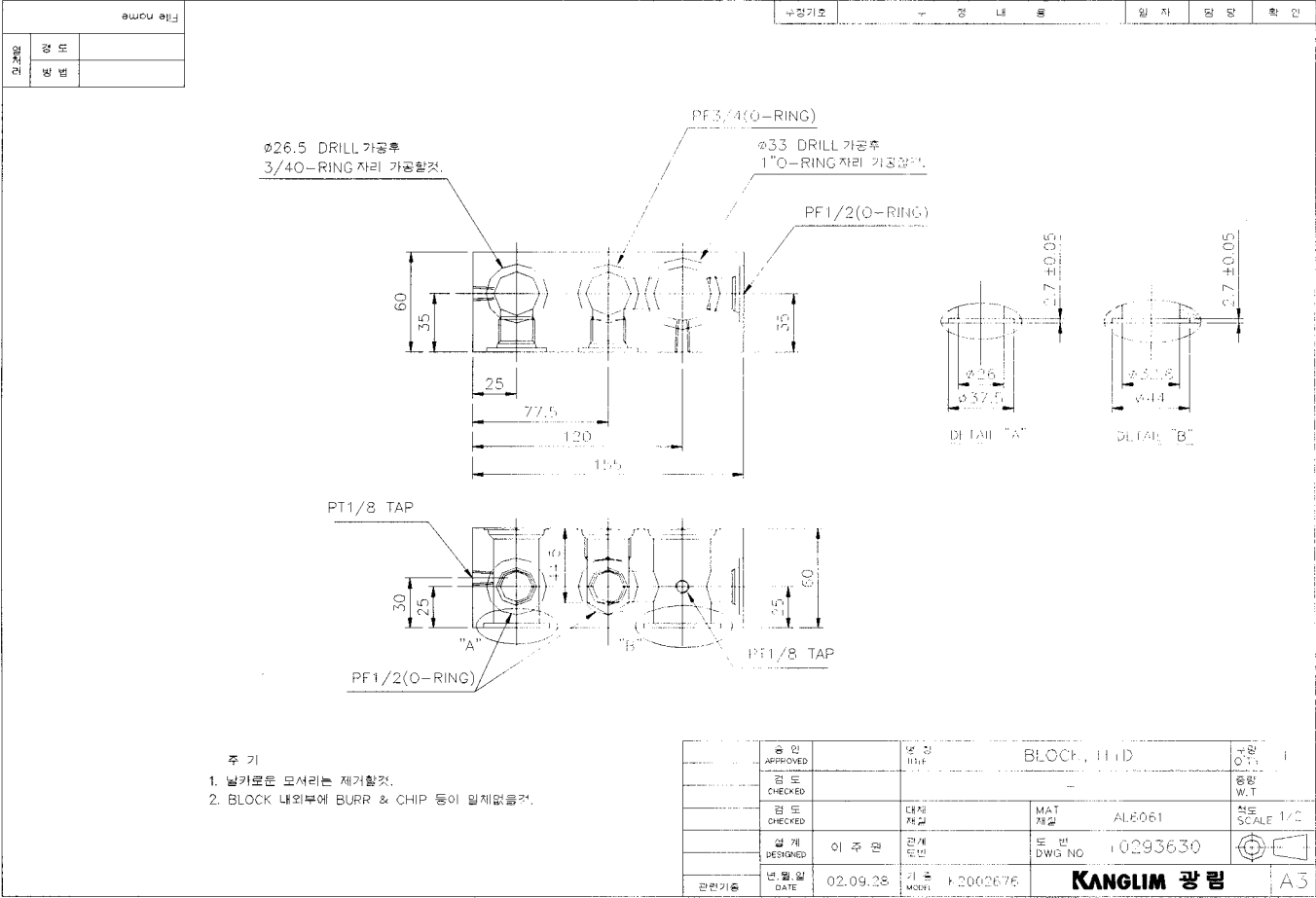
인	검	방	의	장	부	내	수	검	수	검	기	수	File name												
인	검	방	의	장	부	내	수	검	수	검	기	수	수검기호												
																									
														비율		1:1		3:1		2:1		1:1		1:1	
														제1차		제2차		제3차		제4차		제5차		제6차	
<p>주 기</p> <ol style="list-style-type: none"> 날카로운 모서리는 제거할것. 표면처리 : MFZnII-C(전연석),5-8μm. 																									
승 인		APPROVED		명 칭				TITLE				PLATE		수량		QTY		1							
검 도		CHECKED		대체				재질				MAT		SS400		중량		W.T							
검 도		CHECKED		설 계				도면				DESIGNED		이 주 민		척도		SCALE		1/1					
년,월,일		DATE		02.11.15		기 종		MODEL		K2002676		KANGLIM 광림		A4		도 번		DWG NO		Y0294020					

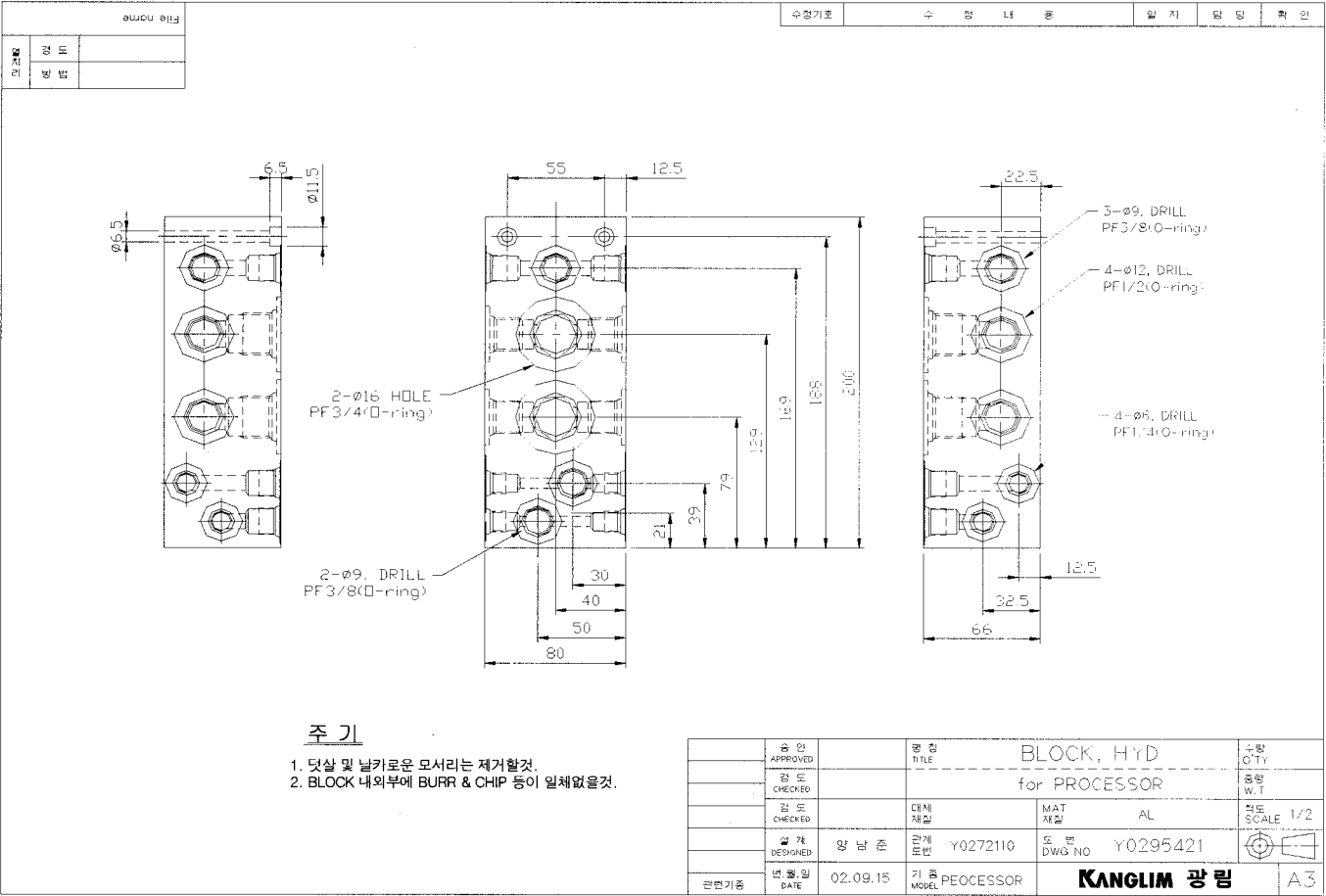
○ Spacer

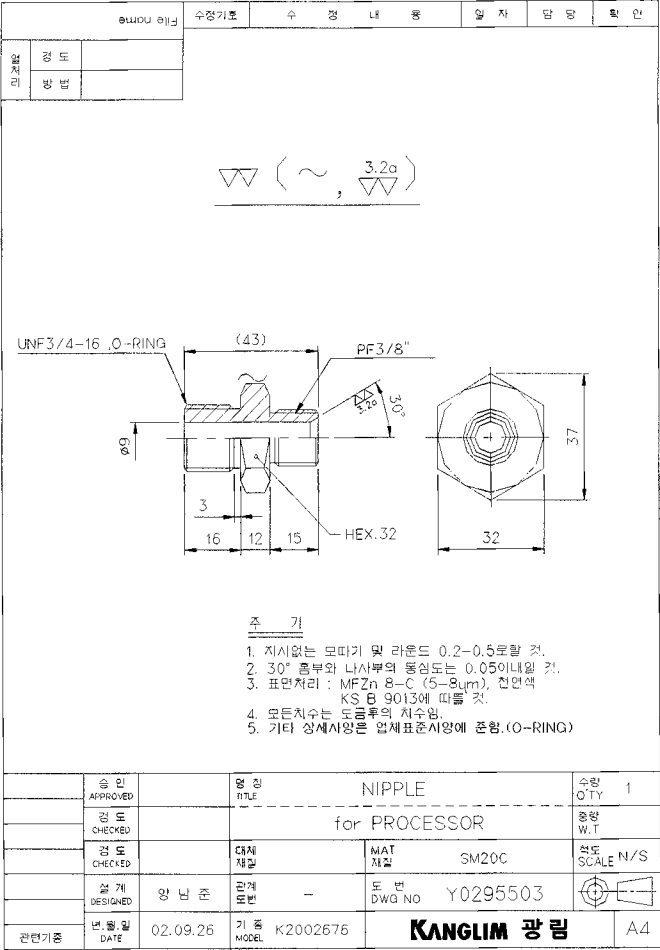




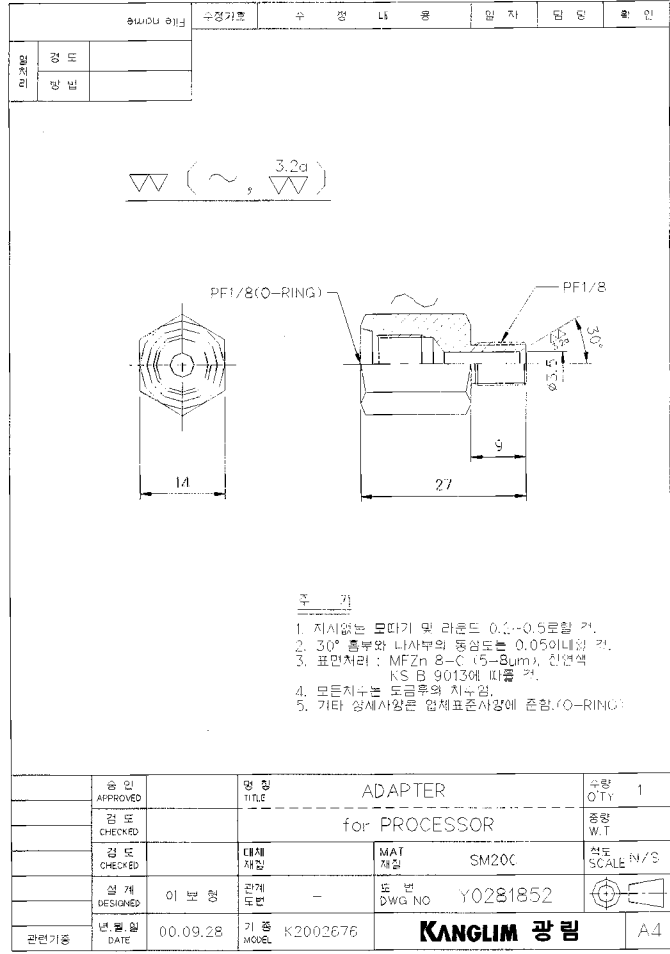
○ Piping ASSY





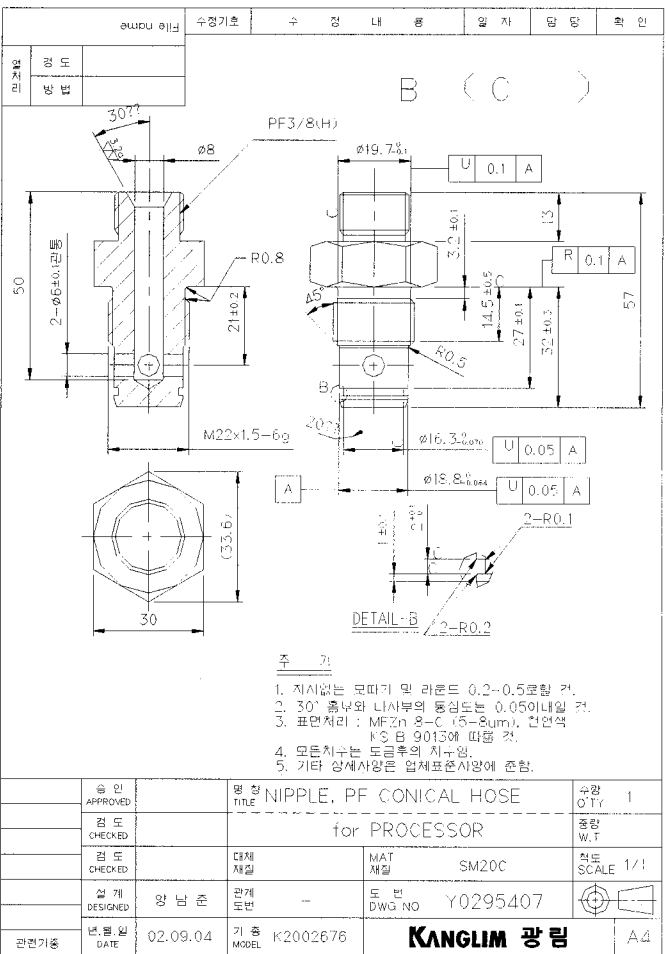


○ Nipple

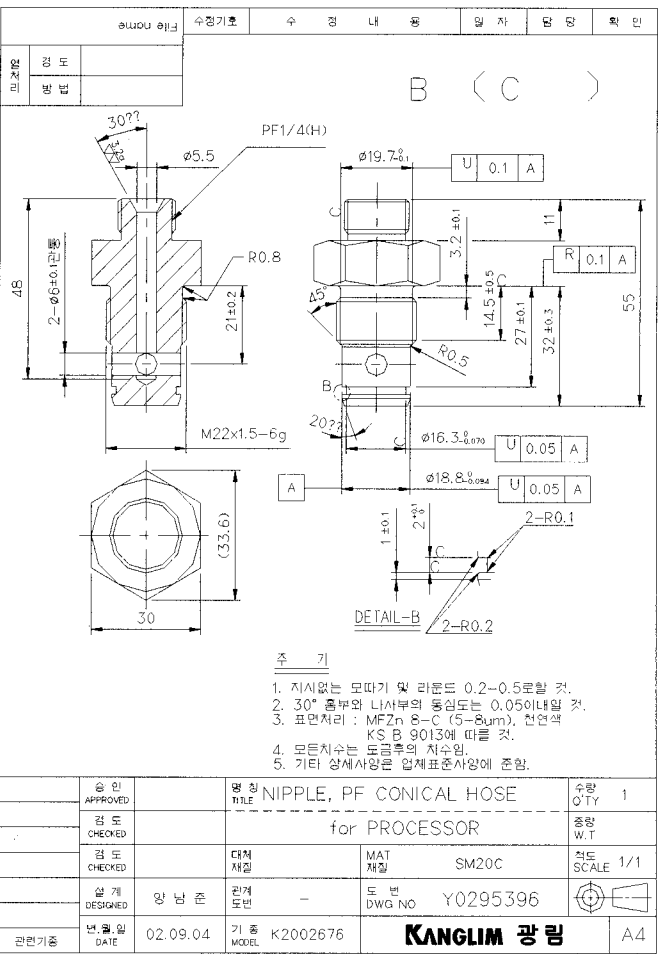


○ Adapter

○ Nipple, PF Control Hose



○ Nipple, PF Control Hose



○ Limbing Cyl'd Lower

File Name	
Version	
Author	
DATE	

Part No.	
Part Name	
Quantity	
Unit	

T U B E 내경	ø40 mm
P O D 외경	ø20 mm
S T R O K E	95 mm
사 용 압 력	230 kg/cm ²
T E S T 압 력	340 kg/cm ²
사 용 온 도	-30°C ~ 100°C
EXTENSION FORCE	2890 kg.f
RETRACTION FORCE	2168 kg.f

주 기

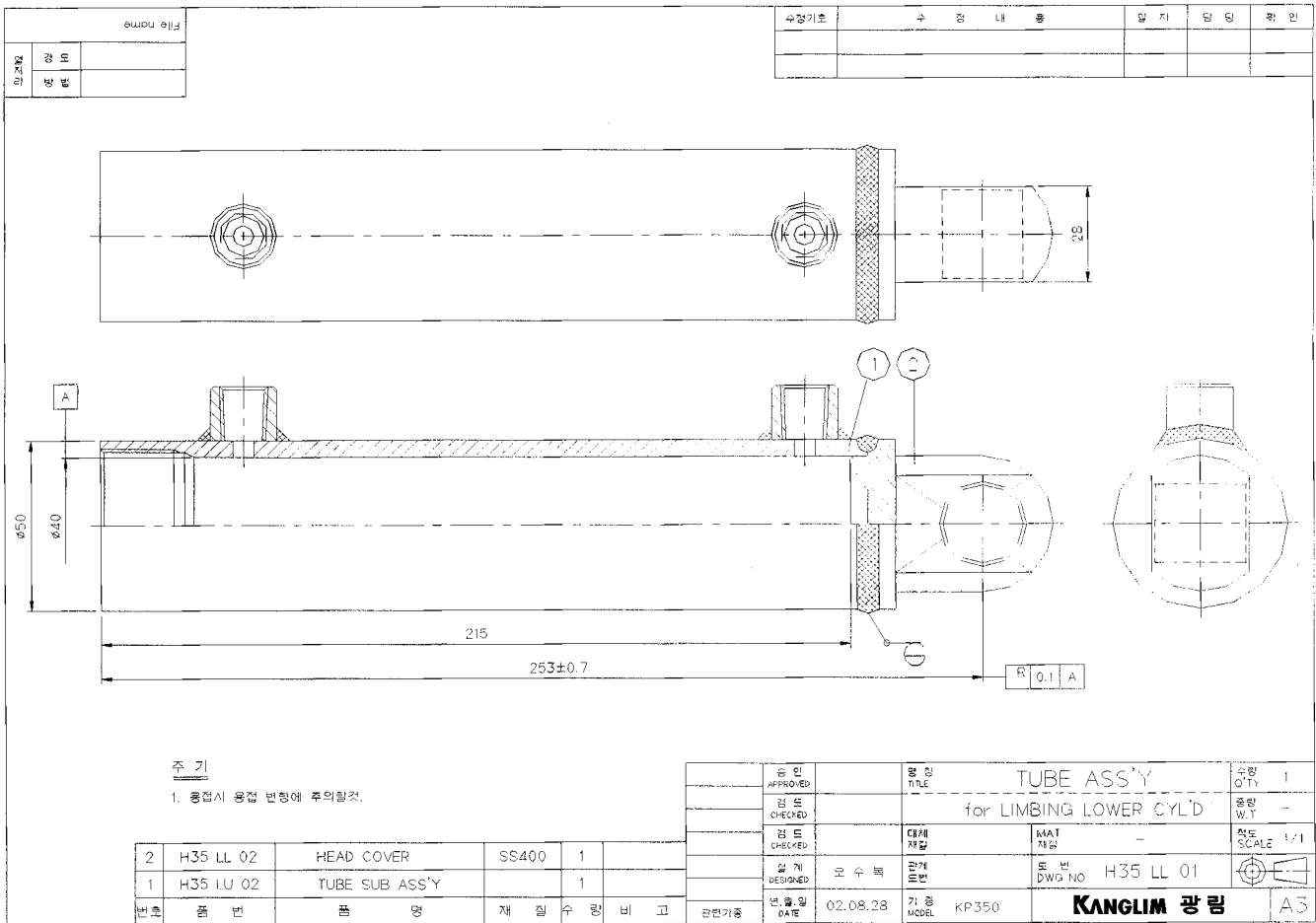
1. 호일 및 TEST 관용 ▶ PORTV DUST CAP (14) 필요함.
2. PISTON 및 SET SCHW MOUNT LOG. ROLL (1) 필요함.
3. ROD COVER 체결시 THHT BOND (11) 필요함.
4. 호일파리방지,

참조 : URETOP BSP 9040 그림1

번호	부품명	수량	비고
14	호일	2	M820300U
12	H35-L1-103	1	SPAL-1C
10	220416M6	1	SETAL135
11	60050001	1	IB-P20
10	60050002	1	IB-P20
9	H027109	1	TELECT #
8	60050001	1	T2-035
7	60050001	1	IB-035
6	40000010	1	M820200U
5	ST055901	1	J-PAL-H30
4	21050000	1	URE
3	H027108	1	ROD COVER
2	H35-L1-103	1	ROD ASS'y
1	H35-L1-103	1	URE ASS'y

품명	LIMBING CYL'D LOWER			수량	1
품도	ø20 x ø40 x ST93			별첨	W/T
품도	1/1	MAT	-	5/5	N/S
출력	출력	출력	출력	SCALE	
출력	출력	DWG NO	H1079895		
출력	출력	기종	VP350	KANGLIM 광림	A2

○ Tube ASS'Y



주 기

1. 용접시 용접 면상에 주의할것.

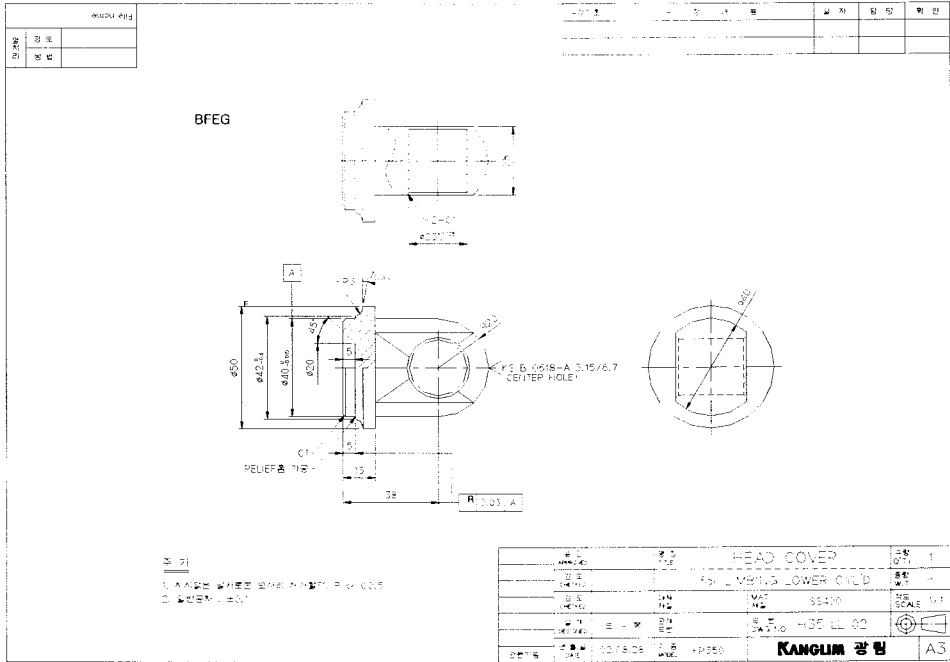
2	H35 LL 02	HEAD COVER	SS400	1		
1	H35 LU 02	TUBE SUB ASS'Y		1		
번호	용	번	품	명	재	질 수 량 비 고

승 인	APPROVED	공 명	TUBE ASS'Y		수량	1
검 토	CHECKED	제 목	for LIMBING LOWER CYL'D		중량	-
검 토	CHECKED	대개	재질	MAT	척도	1/1
설 계	DESIGNED	관 계	번호	DWG NO	H35 LL 01	
변 용	DATE	기 종	MODEL	KP350	KANGLIM 광림	
02.08.28						A3

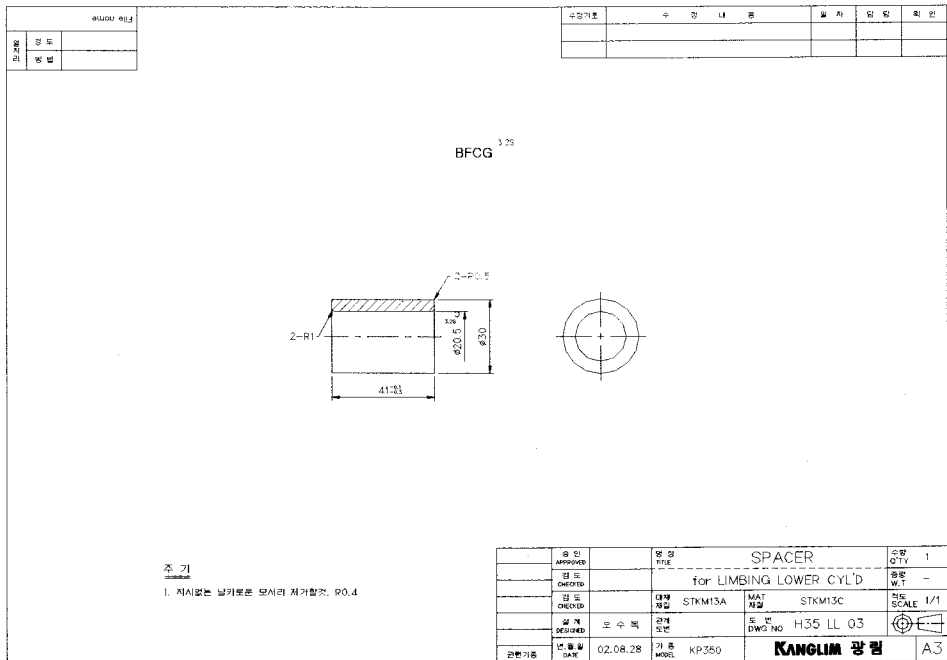
File name	
작성	
검 토	
승 인	

수	장	내	용

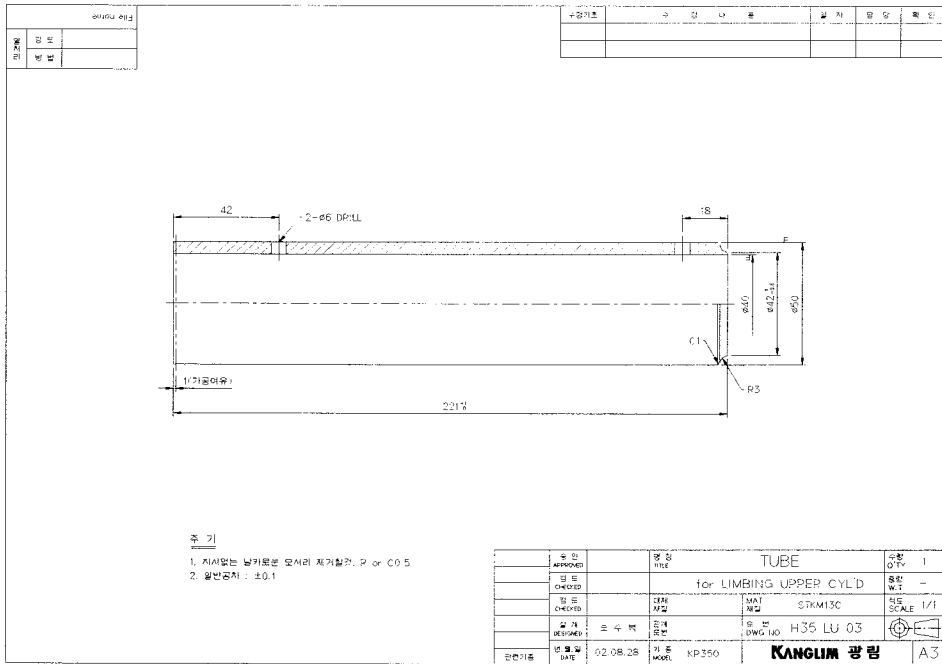
○ Head Cover



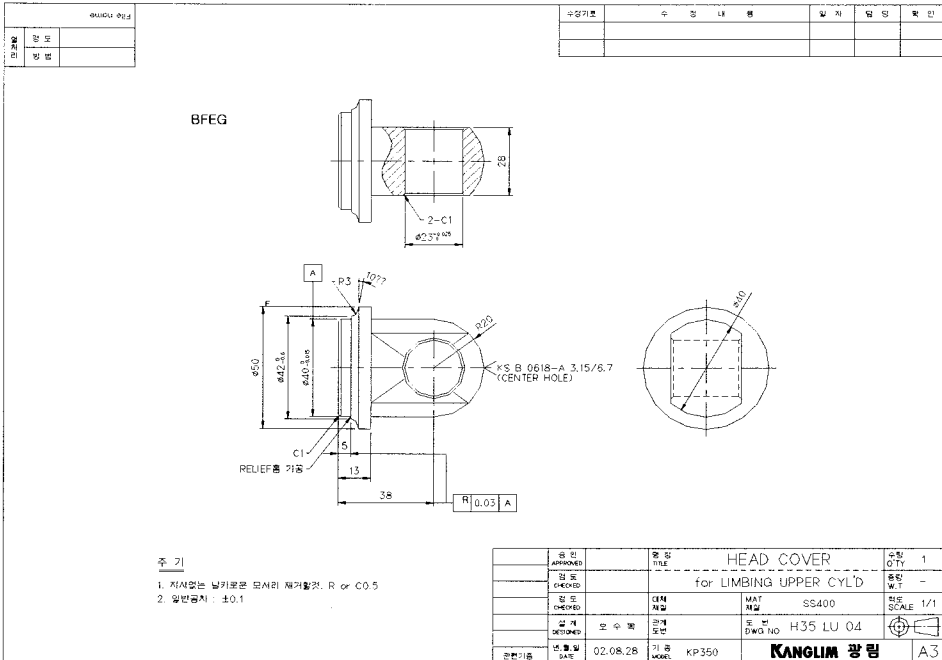
○ Spacer



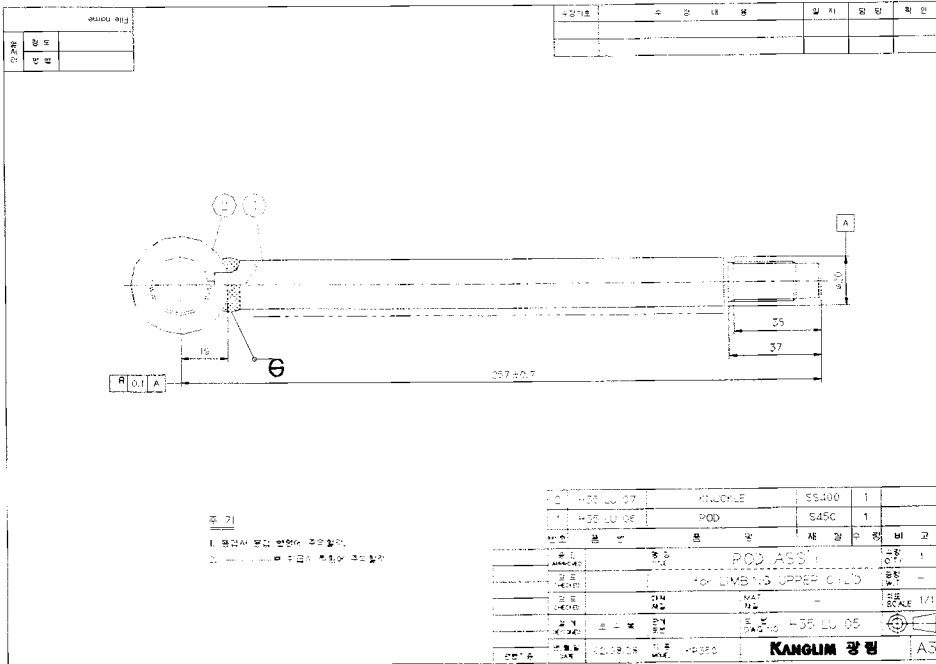
○ Tube



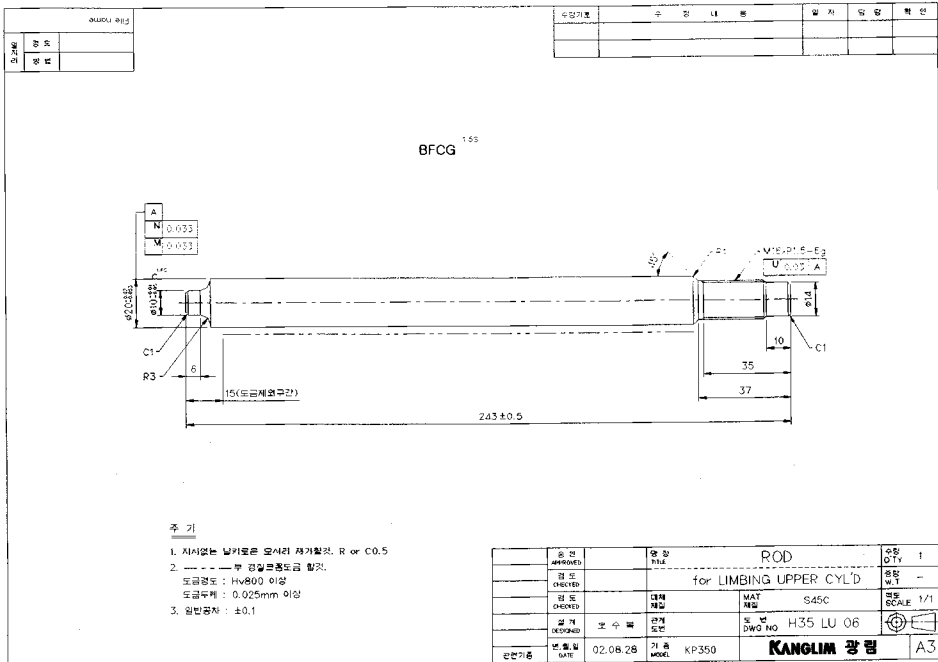
○ Head Cover



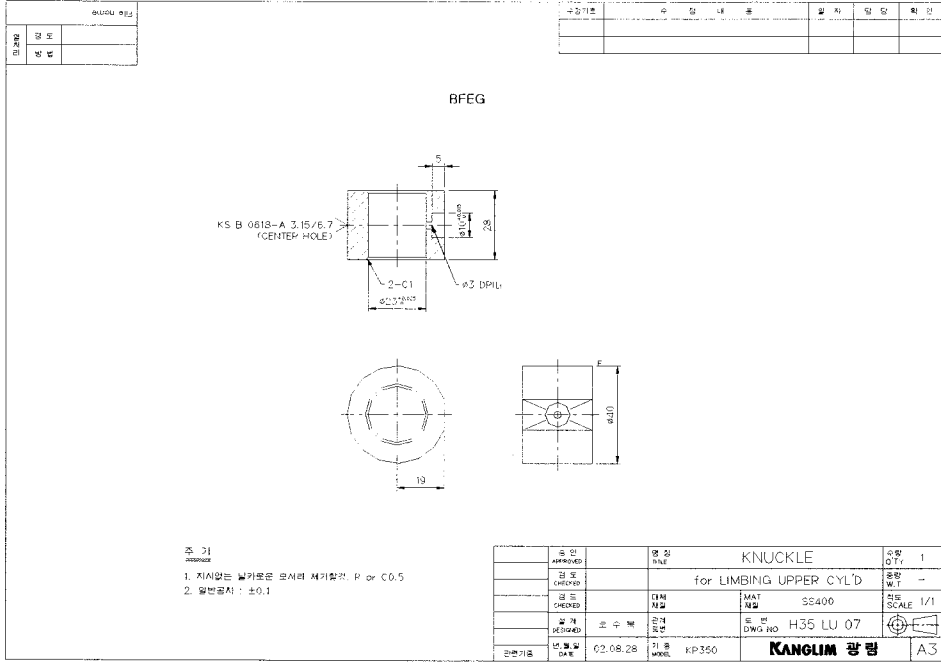
○ Rod ASS'Y



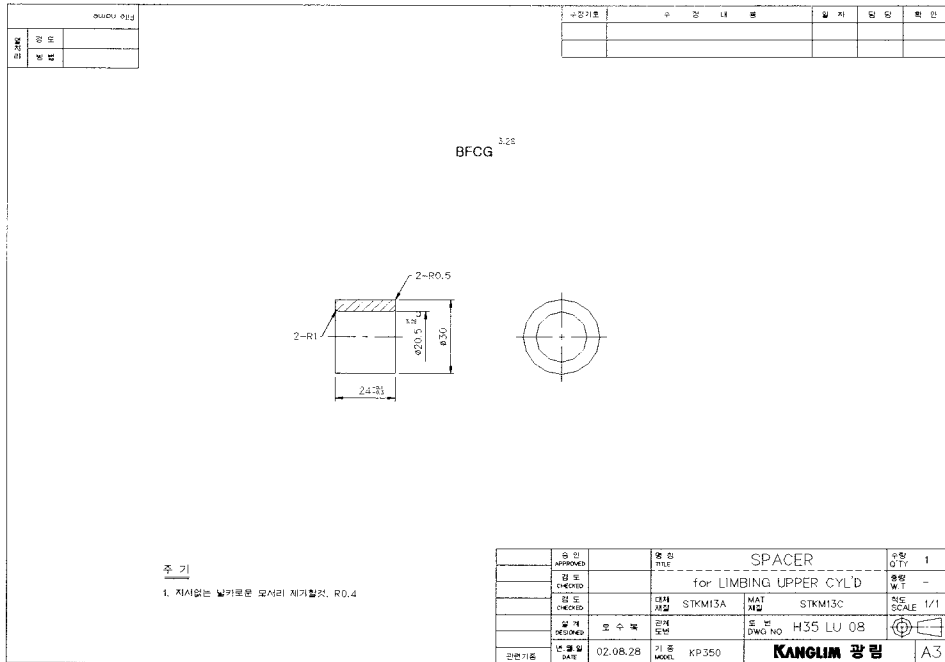
○ Rod



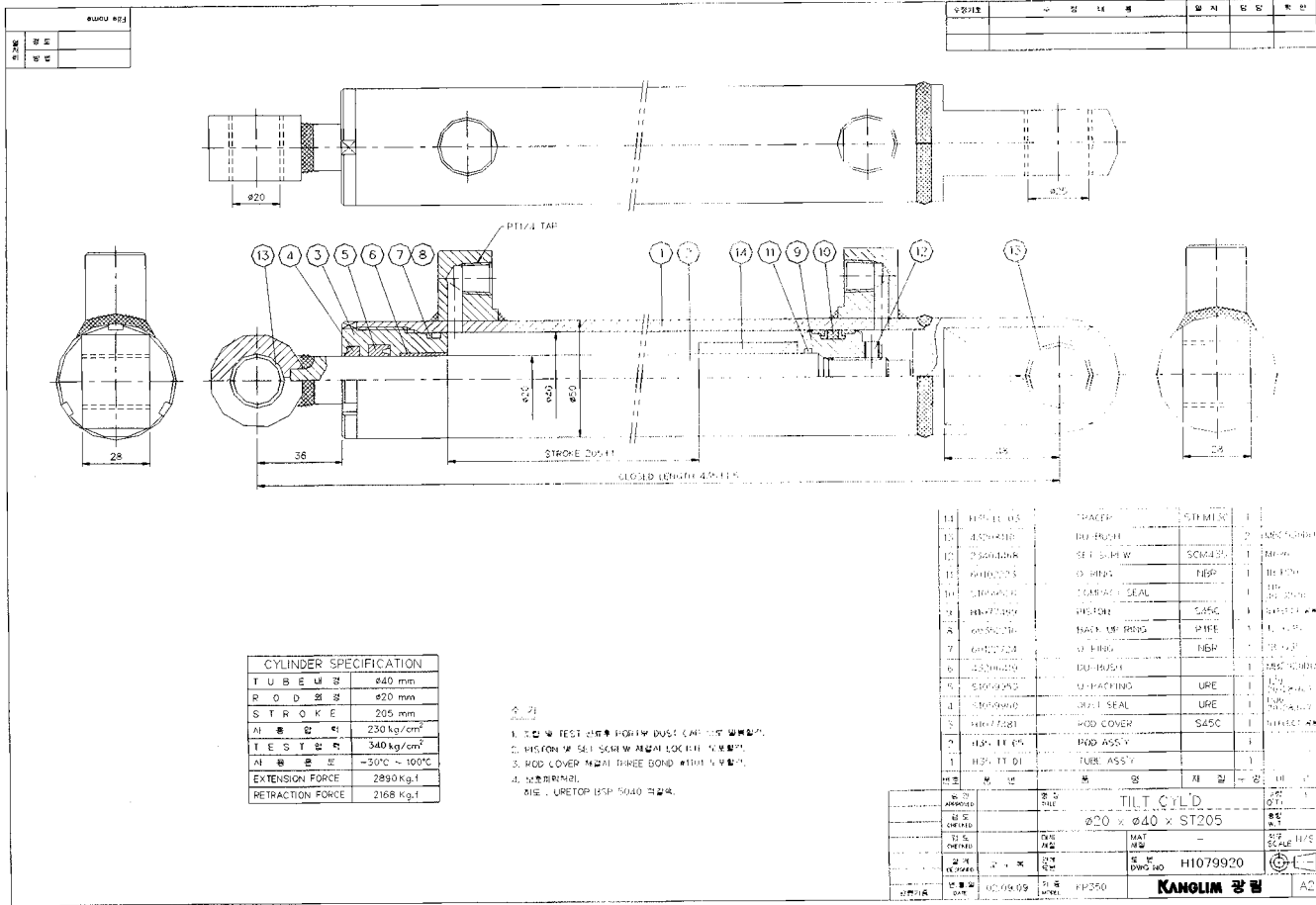
○ Knuckle



○ Spacer



O Tilt Cyl'd



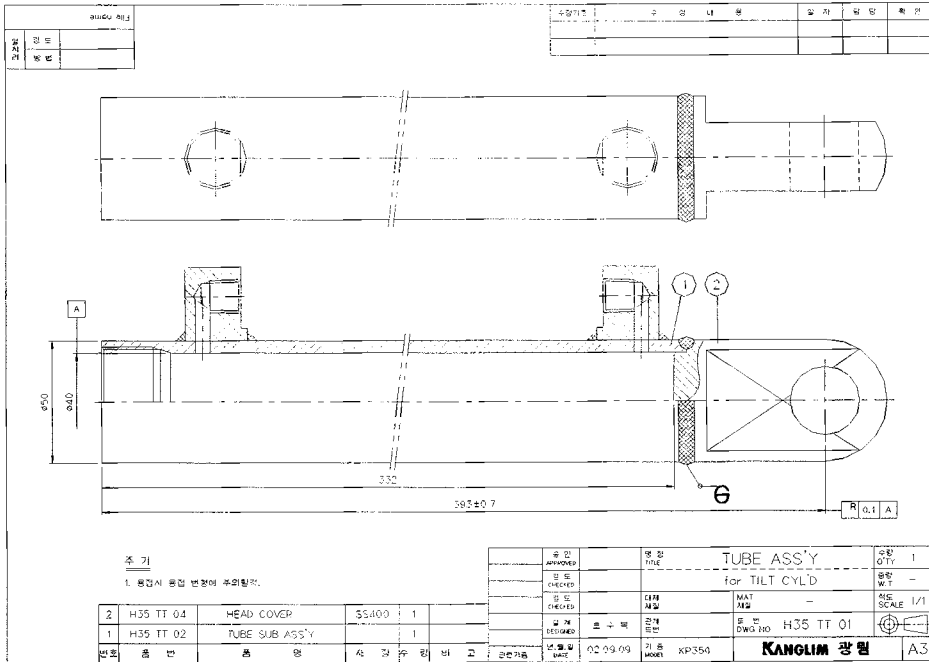
CYLINDER SPECIFICATION	
T U B E 내径	220 mm
R O D 径	220 mm
S T R O K E	205 mm
사 용 압 력	230 kg/cm ²
T E S T 압 력	340 kg/cm ²
사 용 온 도	-30°C ~ 100°C
EXTENSION FORCE	2890 Kg.f
RETRACTION FORCE	2168 Kg.f

- 주 기 사항
1. TIGHT TEST 2000 PSI FOR DUST CAP TEST 필요함.
 2. HSF0818 541 SCH W 체결시 LOCKER 사용함.
 3. ROD COVER 체결시 BONE BOND 사용 필요함.
 4. 호스용 리미트, 호스 : URETOP B5P 5040 사용함.

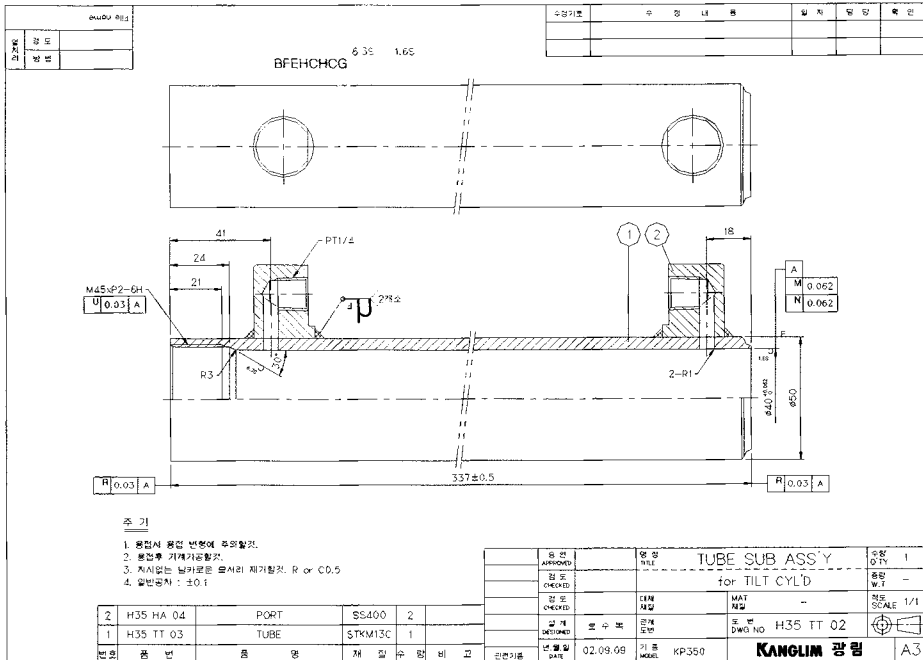
번호	부품명	소재	수량	
11	H1011105	TRACER	SCM435	1
13	430V410	DU-BUSH	SCM435	2
12	2504006	SEAL-BUSH W	SCM435	1
15	6400223	O-RING	NBR	1
14	6400004	O-RING SEAL	S45C	1
16	6400209	ROD END	S45C	1
8	6400216	BACK UP RING	NIFE	1
7	6402224	V-RING	NBR	1
6	6304020	DU-BUSH	SCM435	1
5	5300003	U-RING	URE	1
4	3000000	WELL SEAL	URE	1
3	H1077263	ROD COVER	S45C	1
2	H1011105	ROD ASSY		1
1	H1011101	TUBER ASSY		1

번호	부품명	소재	수량	
1	H1011101	TUBER ASSY	1	
2	H1011105	ROD ASSY	1	
3	H1077263	ROD COVER	1	
4	3000000	WELL SEAL	1	
5	5300003	U-RING	1	
6	6304020	DU-BUSH	1	
7	6402224	V-RING	1	
8	6400216	BACK UP RING	1	
9	6400209	ROD END	1	
10	6400004	O-RING SEAL	1	
11	H1011105	TRACER	SCM435	1
12	2504006	SEAL-BUSH W	SCM435	1
13	430V410	DU-BUSH	SCM435	2
14	6400223	O-RING	NBR	1
15	6400224	V-RING	NBR	1
16	6400209	ROD END	S45C	1
17	6400004	O-RING SEAL	S45C	1
18	6400216	BACK UP RING	NIFE	1
19	6304020	DU-BUSH	SCM435	1
20	5300003	U-RING	URE	1
21	3000000	WELL SEAL	URE	1
22	H1077263	ROD COVER	S45C	1
23	H1011101	TUBER ASSY		1

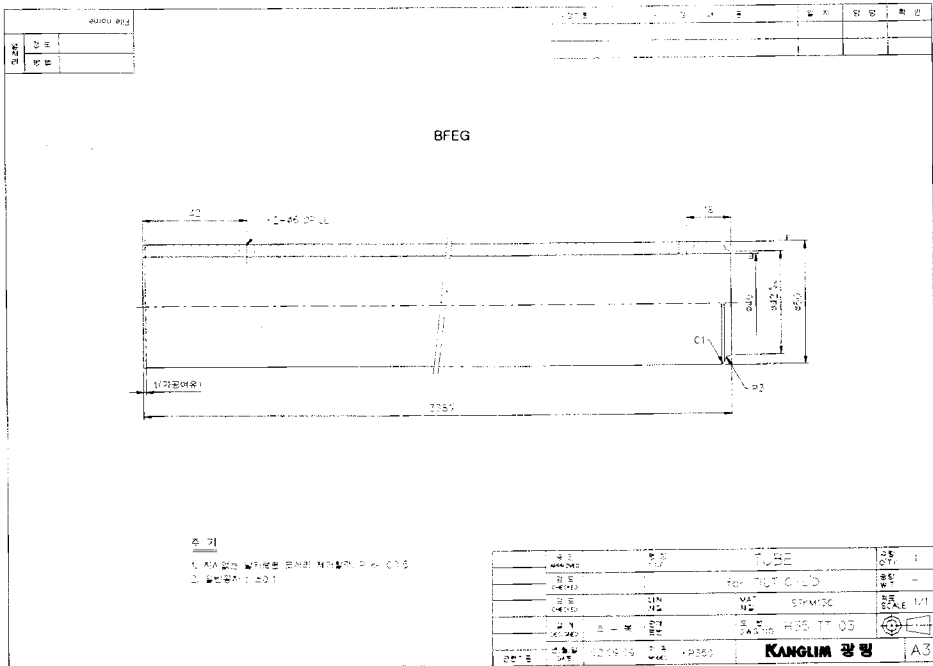
○ Tube ASS'Y



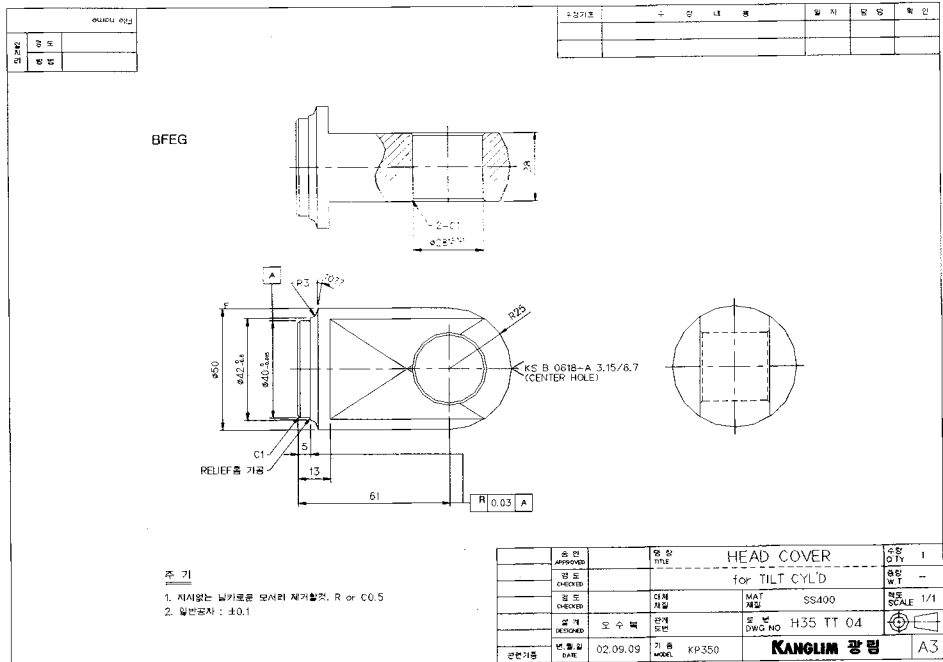
○ Tube Sub ASS'Y



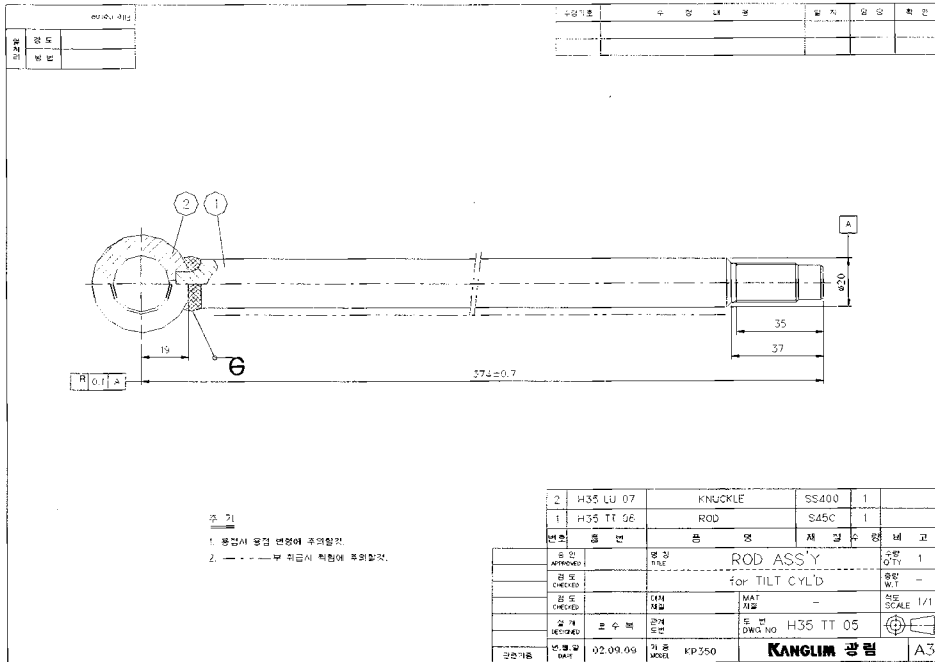
○ Tube



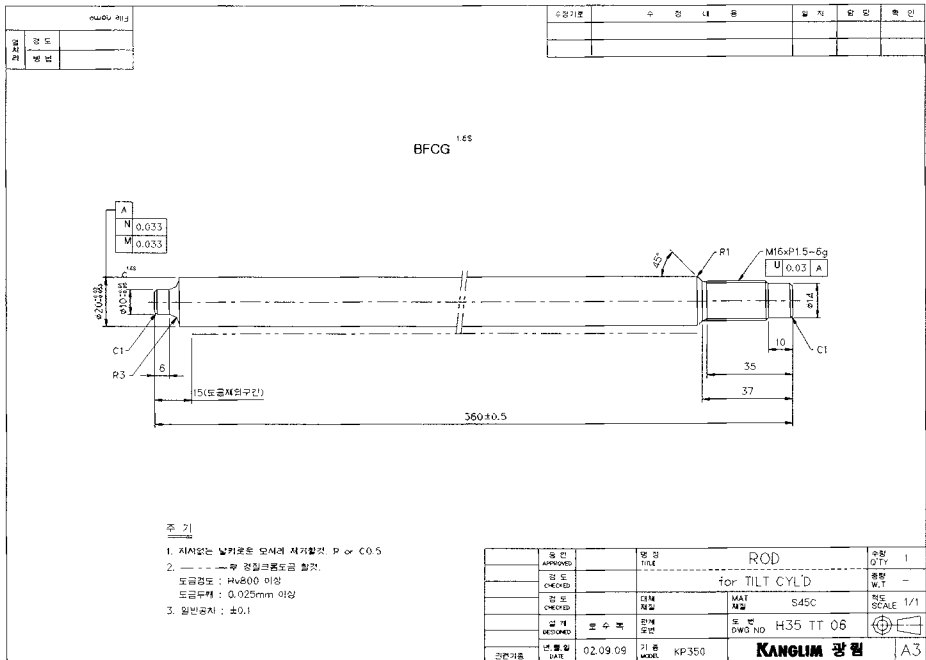
○ Head Cover



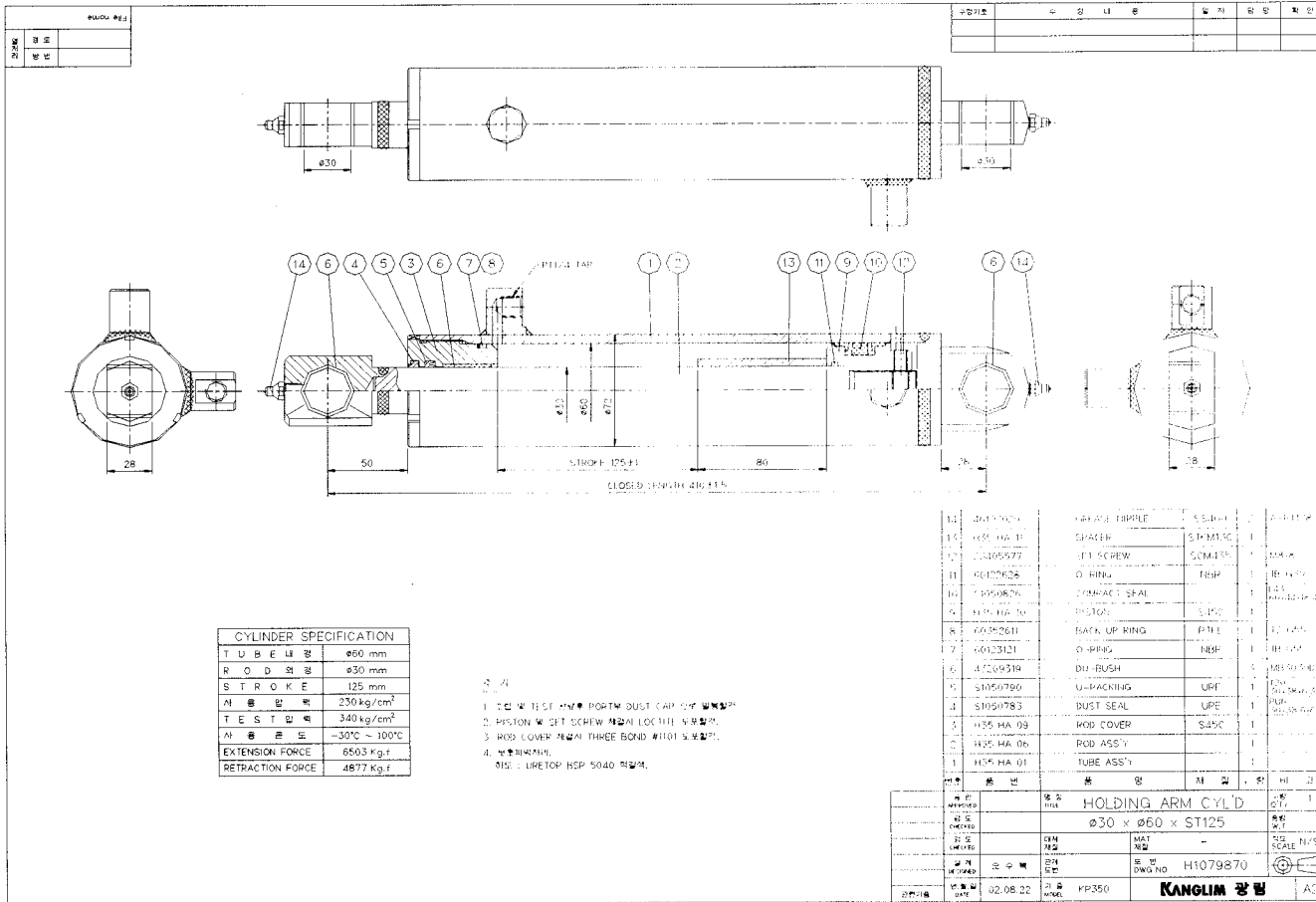
○ Rod ASS'Y



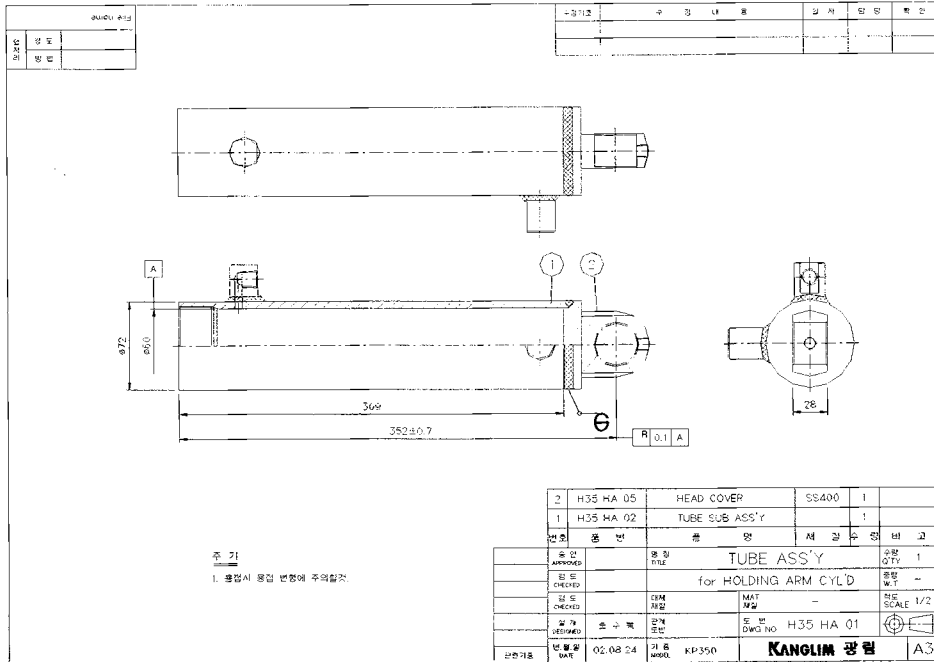
○ Rod



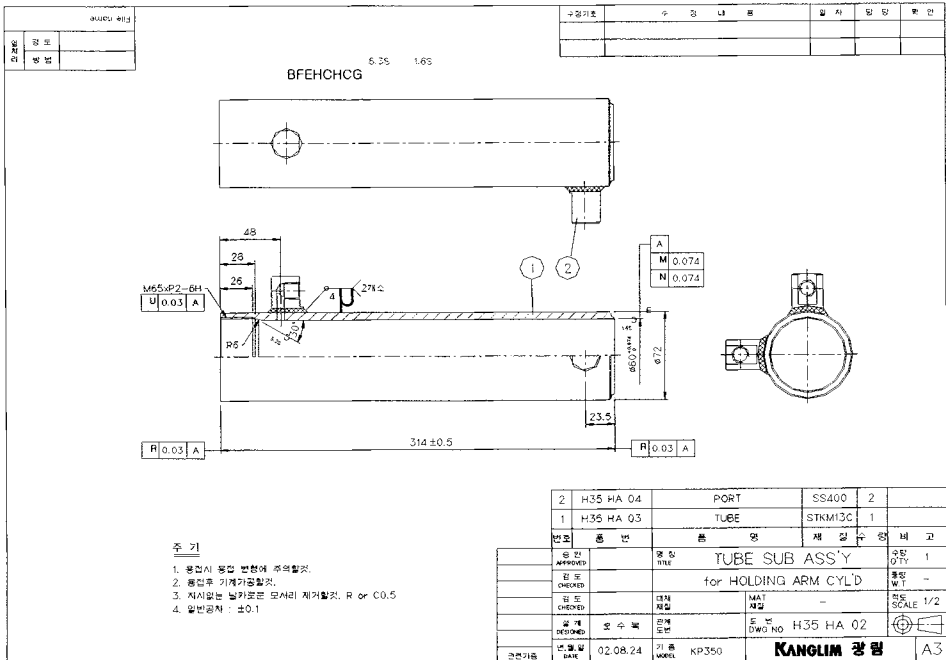
○ Holding Arm Cyl'd



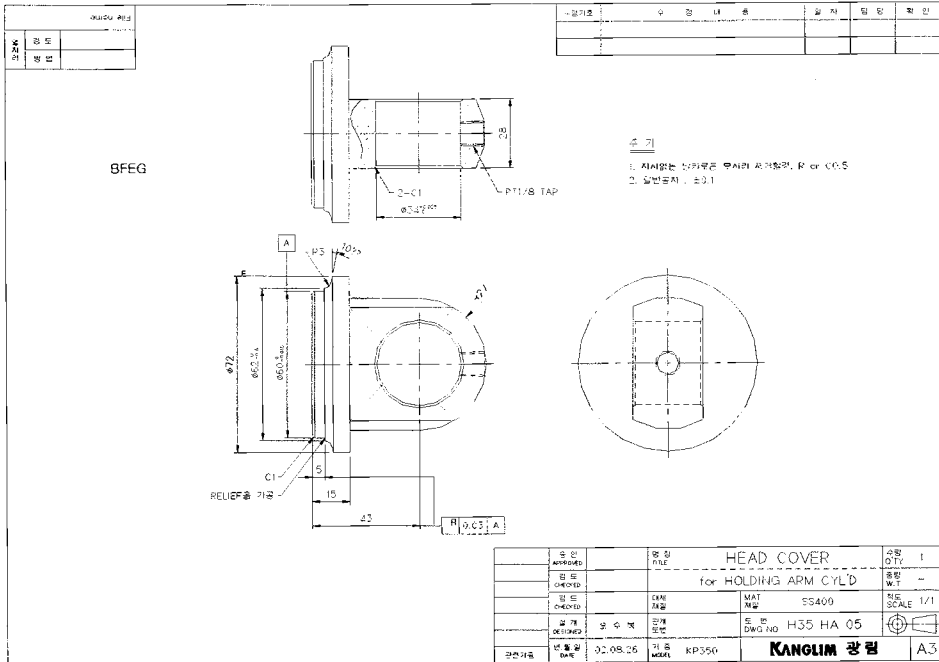
○ Tube ASS'Y



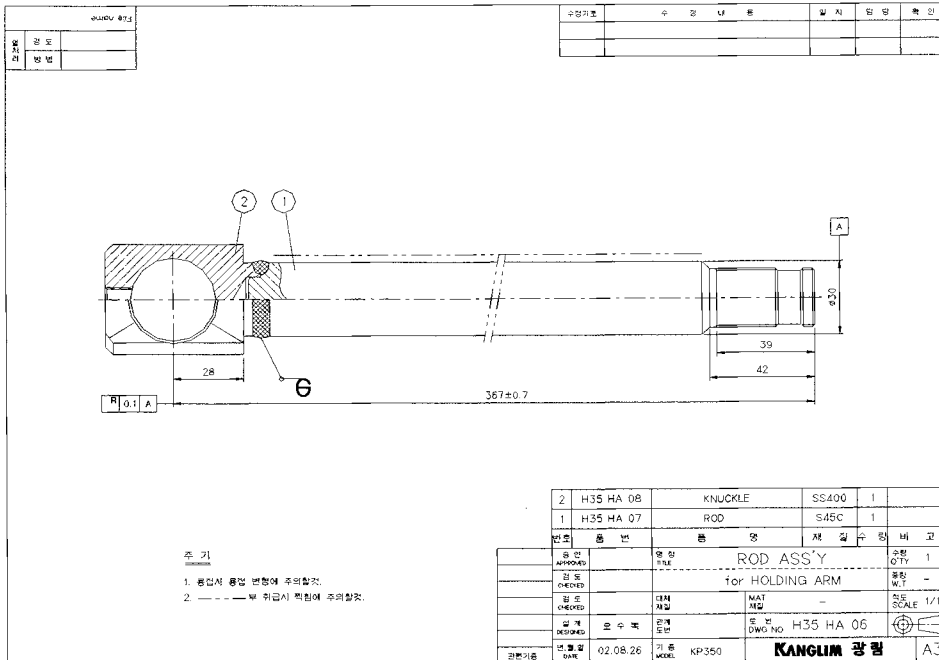
○ Tube Sub ASS'Y



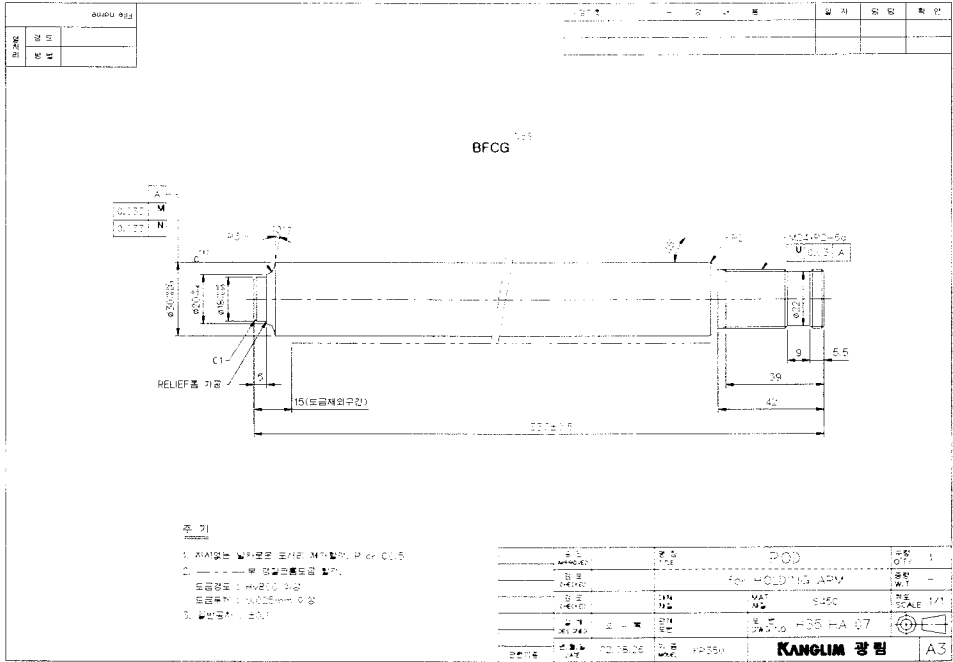
○ Head Cover



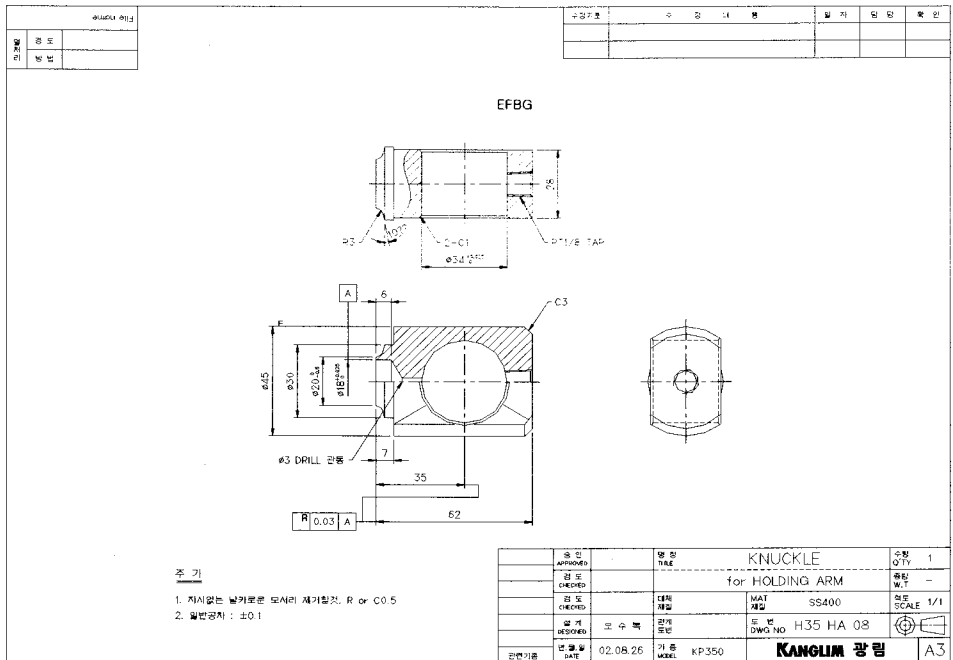
○ Rod ASS'Y



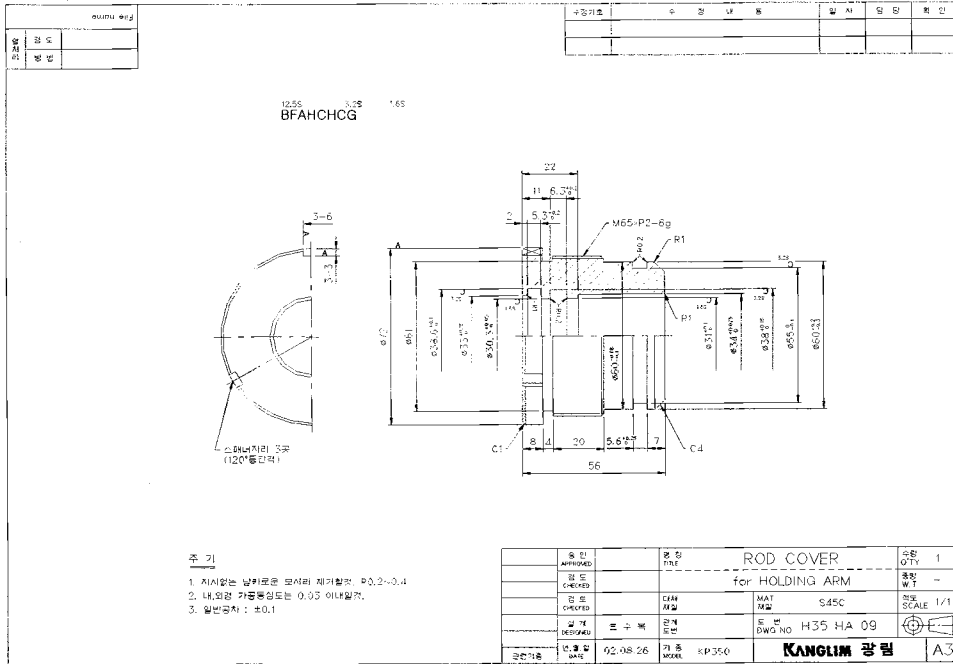
○ Rod



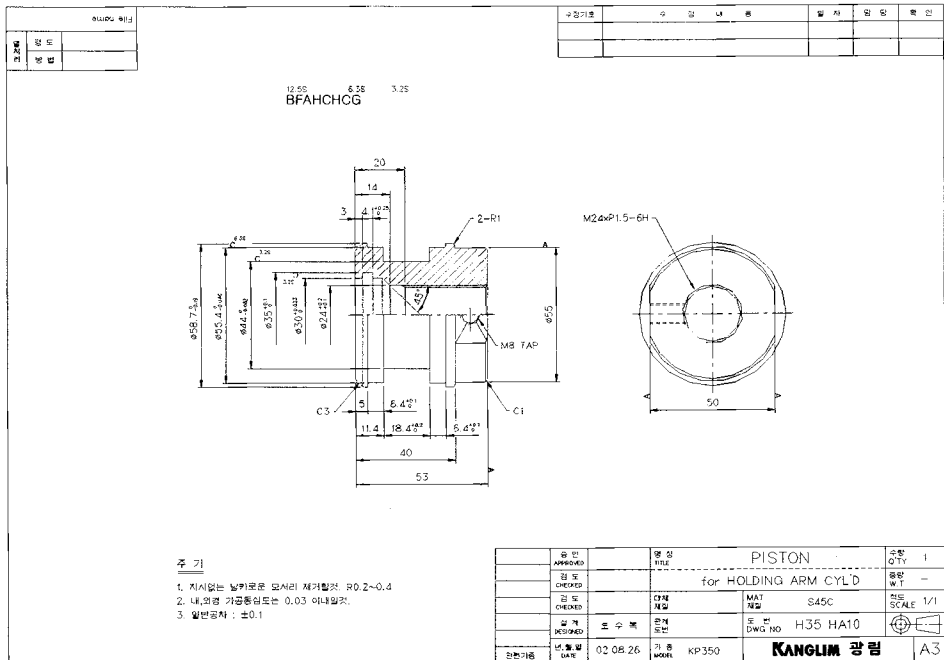
○ Knuckle



○ Rod Cover



○ Piston



T U B E 내 경	40 mm
R O D 외 경	20 mm
S T R O K E	113 mm
사 용 압 력	230 kg/cm ²
T E S T 압 력	340 kg/cm ²
시 용 온 도	-30°C ~ 100°C
EXTENSION FORCE	2890 Kg.f
RETRACTION FORCE	2168 Kg.f

주 기

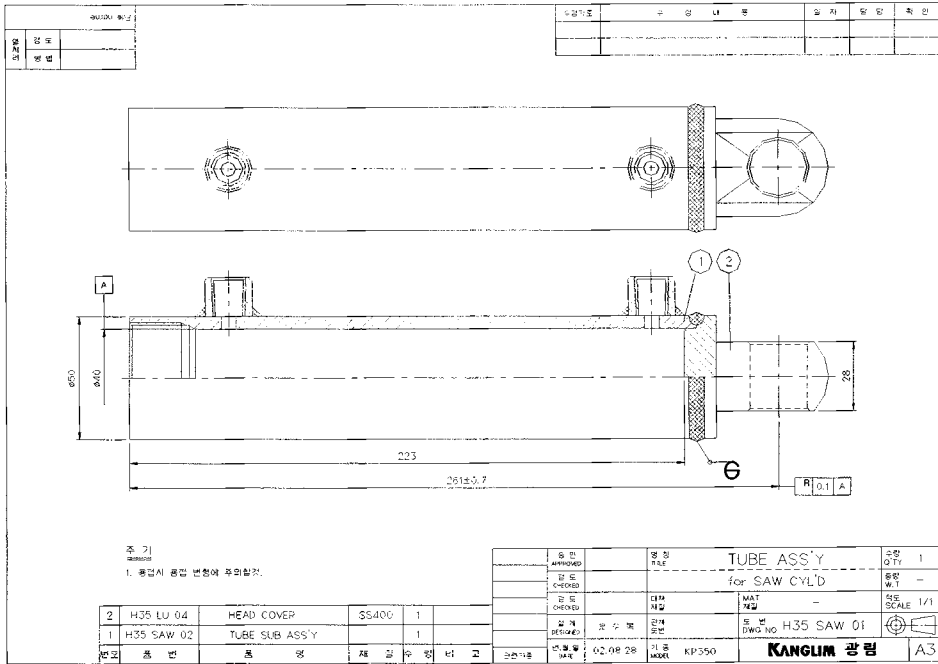
1. 코팅 및 TEST 전후 FOR DUST CAP 사용 필요함
2. PISTON 및 SET SCREW 체결시 LOCKING 필요함
3. ROD COVER 체결시 THREE BOND 사용 필요함
4. 보수필수없음.

비고 : URETON BSP 사용 권장.

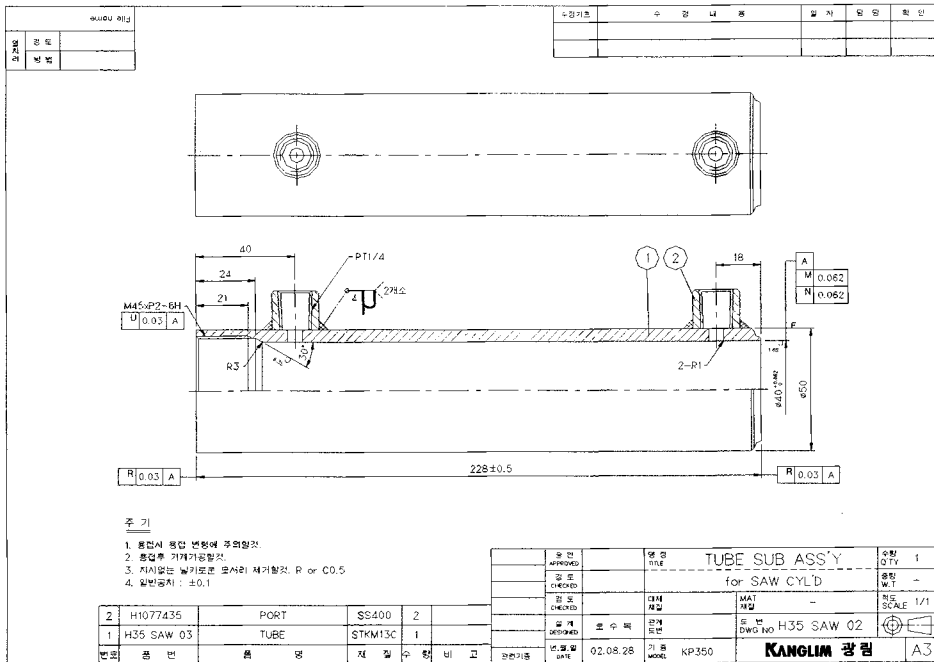
번호	부품명	수량	비고
16	H1079908	SPACER	3M MISC 1
15	41255111	PISTON R-PISTON	STC5 1 RB 01
14	41274296	SPHERICAL BEARING	68-1415
13	41296631	ROD BUSH	1 M80-0400
12	2530446A	SET SCREW	SCM435 1 MC 01
11	41307225	O-RING	NER 1 RB 01
10	51059574	CONNECTOR	370 3905-001
9	H1072269	PISTON	S45C 1 REBHT 01
8	40352736	BACK UP RING	P1CC 1 T1 01
7	40352737	O-RING	1BP 1 RB 01
6	41296630	ROD BUSH	1 M80-0400
5	51059565	U-PACKING	URE 1 120 2802-001
4	51059560	DUST SEAL	LRE 1 120 2802-001
3	H1072081	ROD COVER	S45C 1 REBHT 01
2	H1079903	ROD ASSY	1
1	H1079901	TUBE ASSY	1

제 품 명	SAW CYL'D	수량	1
제 품 규격	20 x 40 x ST113	중량	WT
제 품 코드	H1079901	제 도	SCALE N/5
제 품 번호	H1079906	제 도 번호	
제 품 번호	02.08.23	제 품 번호	KP350
제 품 번호		제 품 번호	KANOLIM 광림
제 품 번호		제 품 번호	A2

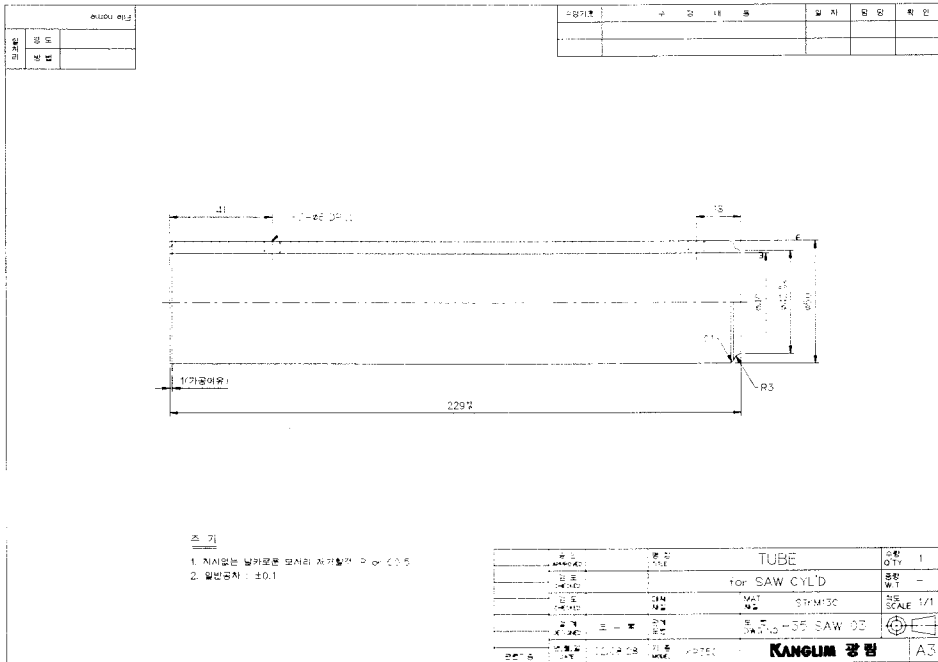
○ Tube ASS'Y



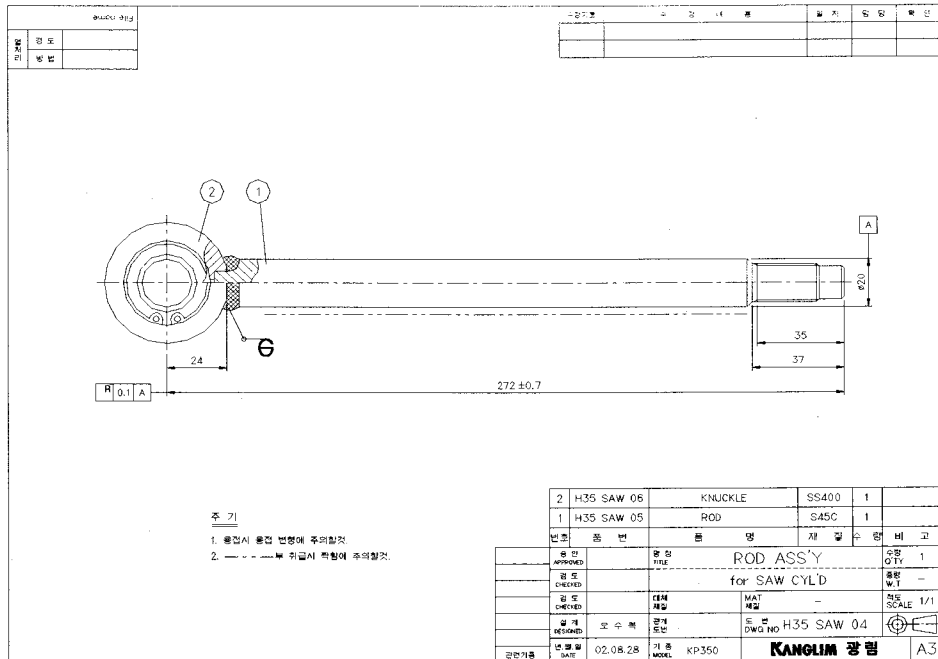
○ Tube Sub ASS'Y



○ Tube



○ Rod ASS'Y



2. 콘트롤러 PSC 3000 개발 프로그램

```
#include <iom128v.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdarg.h>
#include <string.h>
#include <macros.h>
#include <mathx.h>
#include "ascii.h"
#include "8eng.h"
#include "han.h"

struct job {
    int cnt;           // 2
    char cod;         // 1

    unsigned char sc;    // 1
    unsigned char mn;    // 1
    unsigned char hr;    // 1
    unsigned char date;  // 1
    unsigned char month; // 1
    unsigned char year;  // 1

    char worker; // 1

    int length; // 2
    int dia;    // 2
    int volume; // 2
};

typedef unsigned char BYTE;

typedef struct
{BYTE hana;    BYTE dule;    } Hbyte

union Htype
{Hbyte b; unsigned int i; };

struct {unsigned Bjn :1; unsigned Mit :1; } attr;

const table[3][32]= {
    { 0, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
```

```

15, 16, 17, 18, 19, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 },

{ 0, 0, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 0, 0, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
  0, 0, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 0, 0, 18, 19, 20, 21, 0, 0 },

{ 0, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
  15, 16, 0, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 0, 0 }
};

const BYTE firtbl[2][22]={
  { 0,0,0,0,0,0,0,0,1,3,3,3,1,2,4,4,4,2,1,3,0},
  { 1,5,5,5,5,5,5,5,6,7,7,7,6,6,7,7,7,6,6,7,5}};

const BYTE midtbl[2][20]={
  { 0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,1},
  { 2,2,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,2,3,3,3}};

const BYTE lastbl[22] =
  { 0,0,2,0,2,1,2,1,2,3,0,2,1,3,3,1,2,1,3,3,1,1};

unsigned char ja_bitmap[32];

const int johab_cd_ja[]={0,2,4,5,7, 8, 9,11,13,14,16,17,18,19,20, 3,6,10,12,15}
const int
johab_cd_mo[]={3,5,7,11,13,19,20,26,27,29,28,4,6,10,12,14,15,18,21,22,23,};
const int johab_cd_jo[]={0,2,5,8,9,17,19,21,23,24,25,26,27,28,29, 3,6,7,10,22};
const int
jo_to_ch[]={0,0,2,3,0,4,0,0,5,7,0,0,0,0,0,0,8,0,9,0,11,12,13,14,16,17,18,19,20}

const char keyv[]={ 0, 7, 8, 9, 10,
                    4, 5, 6, 11,
                    1, 2, 3, 15,
                    12,0,14, 13 };

union b_w { char hl[2];  int i;  };

#define e_rd1    (* (volatile unsigned char *)0x2008) //u6 74hc245
#define e_rd2    (* (volatile unsigned char *)0x200c) //u7 74hc245
#define e_rd3    (* (volatile unsigned char *)0x2010) //u8 74hc245
#define e_rd4    (* (volatile unsigned char *)0x2014) //u9 74hc245

#define e_wr1    (* (volatile unsigned char *)0x2014) //u3 74hc574
#define e_wr2    (* (volatile unsigned char *)0x2018) //u4 74hc574
#define e_wr3    (* (volatile unsigned char *)0x201C) //u5 74hc574

```

```

#define e_en1h    (* (volatile unsigned char *)0x2000) //ENCODER1 HIGH
DATA
#define e_en1l    (* (volatile unsigned char *)0x2001) //ENCODER1 LOW
DATA
#define e_en2h    (* (volatile unsigned char *)0x2002) //ENCODER2 HIGH
DATA
#define e_en2l    (* (volatile unsigned char *)0x2003) //ENCODER2 LOW
DATA

#define e_dal     (* (volatile unsigned char *)0x2000) //data low 7128
#define e_dah     (* (volatile unsigned char *)0x2004) //data high 7128
#define e_dareg   (* (volatile unsigned char *)0x2008) //control reg

#define lcd_data  (* (volatile unsigned char *)0x4000) //lcd selector 0
#define lcd_stts (* (volatile unsigned char *)0x4003) //lcd selector 1
#define lcd_comd  (* (volatile unsigned char *)0x4003) //lcd selector 1

#define          ot0          0
#define          ot1          1
#define          ot2          2
#define          ot3          3
#define          ot4          4
#define          ot5          5
#define          ot6          6
#define          ot7          7
#define          W_open       (out2 |=0x01)
#define          W_close     (out2 &=0xfe)
#define          P_in        (out1 |=0x20)
#define          P_out       (out1 &=0xdf)
#define          W_ccw_x     (out1 &=0xf7)
#define          W_ccw_on;   (out1 |=0x08)
#define          W_cw_x      (out1 &=0xef)
#define          W_cw_on     (out1 |=0x10)
#define works    ( (struct job *) 0x8000)

#define d_cnt    (*(int *) 0xfe00)

#define leds     ( (unsigned char *) 0xfe10)
#define leds0    (*(unsigned char *) 0xfe10)
#define leds1    (*(unsigned char *) 0xfe11)
#define leds2    (*(unsigned char *) 0xfe12)
#define leds3    (*(unsigned char *) 0xfe13)
#define leds4    (*(unsigned char *) 0xfe14)
#define leds5    (*(unsigned char *) 0xfe15)

```

```

#define leds6  (*(unsigned char *) 0xfe16)
#define leds7  (*(unsigned char *) 0xfe17)
#define leds8  (*(unsigned char *) 0xfe18)

#define l_sel   (*(unsigned char *) 0xfe19)
#define w_sel   (*(unsigned char *) 0xfela)
#define saw_w   (*(unsigned char *) 0xfelb)
#define saw_s   (*(unsigned char *) 0xfelc)
#define rollf   (*(unsigned char *) 0xfeld)
#define rolls   (*(unsigned char *) 0xfele)
#define workr   (*(unsigned char *) 0xfelf)

#define wlens   ( (          int *) 0xfe20)
#define wlen0   (*(          int *) 0xfe20)
#define wlen1   (*(          int *) 0xfe22)
#define wlen2   (*(          int *) 0xfe24)
#define wlen3   (*(          int *) 0xfe26)
#define wlen4   (*(          int *) 0xfe28)
#define wlen5   (*(          int *) 0xfe2a)
#define wlen6   (*(          int *) 0xfe2c)
#define wlen7   (*(          int *) 0xfe2e)
#define wlen8   (*(          int *) 0xfe30)
#define wlen9   (*(          int *) 0xfe32)
#define wlena   (*(          int *) 0xfe34)
#define wlenb   (*(          int *) 0xfe36)
#define wlenc   (*(          int *) 0xfe38)
#define wlend   (*(          int *) 0xfe3a)
#define wlene   (*(          int *) 0xfe3c)
#define wlenf   (*(          int *) 0xfe3e)

#define l_scale (*(          double *) 0xff00)
#define d_scale (*(          double *) 0xff04)

#define fst_pwr (*(          int *) 0xffe8)

#define rtc_com (*(unsigned char *) 0xffff8)
#define rtc_sec (*(unsigned char *) 0xffff9)
#define rtc_min (*(unsigned char *) 0xffffa)
#define rtc_hou (*(unsigned char *) 0xffffb)
#define rtc_day (*(unsigned char *) 0xffffd)
#define rtc_mon (*(unsigned char *) 0xffffe)
#define rtc_yer (*(unsigned char *) 0xfffff)

#define      num_x_pixel      240

```

```

#define    num_y_pixel    64

#define XMAX  239
#define XMIN  0
#define YMAX  63
#define YMIN  0

#define T_BASE    0x1000
#define G_BASE    0x0000 // BASE ADDRESS OF GRAPHICS MEMORY

#define BYTES_PER_ROW    30

int cur_x, cur_y;
char keyi;
char lmti;

char uart_r[256];
char uart_t[256];
char uart1r[256];
char uart1t[256];

unsigned char i1[32], i2[32], i3[32];

char t_0s, t_3s;

unsigned char sdat, edat, sdat1, edat1;
unsigned char txed;
unsigned char dats, datg, dats1, datg1;
unsigned char txed1;

unsigned char inp1, inp2, inp3, inp4;

unsigned char out0, out1, out2;

unsigned char dath, datl, datc;

char hilo, rapid;

char msg_[][16]=
{
    {'0',':',0x90, 0x61, 0xa2, 0x81, 0xb9, 0xb7, 0x9f, 0x41, 0 },
    {'1',':',0xb9, 0xa1, 0xb9, 0x41, 0xac, 0xe5, 0xc8, 0x82, 0x8b, 0xa9
0xb7, 0xa1, 0 },
    {'2',':',0xc1, 0x41, 0xb7, 0xa5, 0xc9, 0xb3, 0xa5, 0xa1, 0xd1, 0xa1, 0 }
}

```

```

    {'3',':',0xc9, 0xb3, 0xb9, 0xa1, 0xb9, 0x41, 0xa4, 0x77, 0xaf, 0xa2, 0 },
    {'4',':',0x8b, 0xa9, 0xb7, 0xa1, 0xb7, 0xa1, 0xad, 0xb7, 0xa4, 0x77, 0xaf
0xa2, 0 },
    {'5',':',0xb8, 0x62, 0xb4, 0xf3, 0xb8, 0x61, 0 },
    { ' ',0xad, 0x45, 0xac, 0xe1, 0xc3, 0x62, 0xb8, 0xf7, 0x8b, 0xa9
0xb7, 0xa1, 0 },
    { '(', 0xc3, 0xb1, 0xb5, 0x73, 0xae, 0x81, ' ', ' ', ' ', 0 },
    { ' ', 0xd1, 0xc9, 0xb5, 0x73, 0xae, 0x81, ')', ' ', ' ', 0 },
    { '1', 0x90, 0x62, 0xb5, 0x7c, 0xad, 0xb7, ' ', ' ', ' ', 0 },
    { '2', 0xb8, 0x75, 0x90, 0x61, 0xa2, 0x81, ' ', ' ', ' ', 0 },
    { '3', 0xad, 0xa1, 0x90, 0x61, 0xa2, 0x81, ' ', ' ', ' ', 0 },
    { '4', 0x9f, 0xa1, 0x8b, 0xa1, 0x94, 0x61, 0xad, 0xb7, ' ', 0 },
    { '5', 0xc0, 0x71, 0x90, 0x61, 0xa2, 0x81, ' ', ' ', ' ', 0 },

    { ' ', 0x8b, 0xa9, 0xb7, 0xa1, 0 },
    { ' ', 0xcd, 0x77, 0x8b, 0x45, 0xbb, 0xa2, 0x89, 0x77, 0 },
    { ' ', 0xae, 0x81, 0x9c, 0xb7, 0 },
    { ' ', 0xb7, 0xa9, 0xb8, 0x61, 0 },
    { ' ', 0xb8, 0x62, 0xb4, 0xf3, 0xaf, 0xa1, 0x88, 0x65, 0 },
    { ' ', 0xb8, 0x62, 0xb4, 0xf3, 0xb8, 0x61, 0 },
    { ' ', 0xb8, 0xe1, 0xb4, 0x73, 0x89, 0xa1, 0xb4, 0x73, 0 },
    { ' ', 0xb8, 0xe1, 0xad, 0xa2, 0x89, 0xa1, 0xad, 0xa2, 0 },

    { ' ', 0xb6, 0xa5, 0xa1, 0xa2, 0xbb, 0xa2, 0x89, 0x77, 0 },
    { ' ', 0xc9, 0xb3, ' ', 0xb9, 0xa1, 0xb9, 0x41, 0xa4, 0x77, 0xaf, 0xa2
0 },
    { ' ', 0xb7, 0xa1, 0xad, 0xa9, 0x9d, 0xa9, 0x9c, 0xe1, 0x8b, 0xa1
0x93, 0x77, 0 },
    { ' ', 0xb7, 0xa1, 0xad, 0xb7, 0x9d, 0xa9, 0x9c, 0xe1, 0xad, 0xa2
0x95, 0xa1,0 }
};

```

```

void Reverse_Img(BYTE *dest, int cnt)
{
    register char i;
    for (i = 0; i < cnt; i++) *(dest+i) =~*(dest+i);
}

```

```

void Under_Img(BYTE *dest,int bytes)
{
    if (bytes == 16)
        dest[bytes-1] = 0xff;
    else {

```

```

        dest[bytes-2] = 0xff;
        dest[bytes-1] = 0xff;
    }
}

/*-----+
|           Copy Font Function.           |
+-----*/
void cpyfnt(BYTE *des, BYTE *src, int cnt)
{
    register char c;
    for(c=0; c<cnt; c++) *des++=*src++;
}

/*-----+
|           Or Image processing           |
+-----*/
void or_img(BYTE *des, BYTE *src, int cnt)
{
    register char c;
    for(c=0; c<cnt; c++) *des++ |=*src++;
}

void port_init(void)
{
    PORTA = 0xFF;
    DDRA  = 0x00;

    PORTB = 0xf0;
    DDRB  = 0x0f;

    PORTC = 0xFF;
    DDRC  = 0x00;

    PORTD = 0xFF;
    DDRD  = 0x00;

    PORTE = 0xFF;
    DDRE  = 0x00;

    PORTF = 0xFF;
    DDRF  = 0x00;

    PORTG = 0x1F;
}

```

```

DDRG = 0x00; }

//Watchdog initialisation
// prescale: 16K cycles
void watchdog_init(void)
{ WDR(); //this prevents a timeout on enabling
  WDTCR = 0x08; //WATCHDOG ENABLED - dont forget to issue WDRs }

//TIMER0 initialisation - prescale:32
// WGM: Normal
// desired value: 10KHz
// actual value: 10.017KHz (0.2%)
void timer0_init(void)
{ TCCR0 = 0x00; //stop
  ASSR = 0x00; //set async mode
  TCNT0 = 0xD2; //set count
  OCR0 = 0x2E;
  TCCR0 = 0x03; //start timer }

#pragma interrupt_handler timer0_ovf_isr:17
void timer0_ovf_isr(void)
{ TCNT0 = 0xD2; //reload counter value
  t_0s=1; }

//TIMER3 initialisation - prescale:8
// WGM: 0) Normal, TOP=0xFFFF
// desired value: 20KHz
// actual value: 20.035KHz (0.2%)
void timer3_init(void)
{ TCCR3B = 0x00; //stop
  TCNT3H = 0xFF; //setup
  TCNT3L = 0xA4;
  OCR3AH = 0x00;
  OCR3AL = 0x5C;
  OCR3BH = 0x00;
  OCR3BL = 0x5C;
  OCR3CH = 0x00;
  OCR3CL = 0x5C;
  ICR3H = 0x00;
  ICR3L = 0x5C;
  TCCR3A = 0x00;
  TCCR3B = 0x02; //start Timer }

#pragma interrupt_handler timer3_ovf_isr:30

```



```

void timer3_ovf_isr(void)
{ //TIMER3 has overflowed
  TCNT3H = 0xFF; //reload counter high value
  TCNT3L = 0xA4; //reload counter low value
  t_3s=1; }

//UART0 initialisation
// desired baud rate: 9600
// actual: baud rate:9600 (0.0%)
// char size: 8 bit
// parity: Disabled
void uart0_init(void)
{ UCSR0B = 0x00; //disable while setting baud rate
  UCSR0A = 0x00;
  UCSROC = 0x06;
  UBRR0L = 0x5F; //set baud rate lo
  UBRR0H = 0x00; //set baud rate hi
  //UCSR0B = 0xF8;
  UCSR0B=(1<<RXCIE0)|(1<<TXCIE0)|(1<<RXEN0)|(1<<TXEN0); }

#pragma interrupt_handler uart0_rx_isr:19
void uart0_rx_isr(void)
{ //uart has received a character in UDR
  uart_r[dat+ ] = UDRO;      /* read byte for UART data buffer */ }

#pragma interrupt_handler uart0_udre_isr:20
void uart0_udre_isr(void)
{ //character transferred to shift register so UDR is now empty
  CLI();
  if(sdat>edat) {
    UDRO =uart_t[edat+ + ]; }
  else { UCSR0B=(1<<RXCIE0)|(0<<UDRE0)|(1<<RXEN0)|(1<<TXEN0);
    txed=0; }
  SEI(); }

#pragma interrupt_handler uart0_tx_isr:21
void uart0_tx_isr(void)
{ CLI();
  if(sdat-edat) {
    UDRO=uart_t[edat+ + ]; /* write byte to data buffer */ }
  else { UCSR0B =(1<<RXCIE0)|(0<<TXCIE0)|(1<<RXEN0)|(1<<TXEN0)
    txed=0; }
  SEI(); }

```

```

//UART1 initialisation
// desired baud rate:9600
// actual baud rate:9600 (0.0%)
// char size: 8 bit
// parity: Disabled
void uart1_init(void)
{ UCSR1B = 0x00; //disable while setting baud rate
  UCSR1A = 0x00;
  UCSR1C = 0x06;
  UBRR1L = 0x5F; //set baud rate lo
  UBRR1H = 0x00; //set baud rate hi
  UCSR1B = 0xF8; }

#pragma interrupt_handler uart1_rx_isr:31
void uart1_rx_isr(void)
{ //uart has received a character in UDR
  uart1r[dat1++ ] = UDR1; /* read byte for UART data buffer */ }

#pragma interrupt_handler uart1_udre_isr:32
void uart1_udre_isr(void)
{ //character transferred to shift register so UDR is now empty }

#pragma interrupt_handler uart1_tx_isr:33
void uart1_tx_isr(void)
{ //character has been transmitted
  CLI();
  if(sdat1-edat1) {
    UDR1=uart1t[edat1++ ];
    edat1&=0x7f; }
  else { UCSR1B=(1<<RXCIE1)|(0<<TXCIE1)|(1<<RXEN1)|(1<<TXEN1)
    txd1=0; }
  SEI(); }

//call this routine to initialise all peripherals
void init_devices(void)
{ //stop errant interrupts until set up
  CLI(); //disable all interrupts
  XDIV = 0x00; //xtal divider
  XMCRA = 0x0a; //external memory -->> 2 wait states.

  port_init();

  //watchdog_init();

```

```

timer0_init();
timer3_init();

uart0_init();
uart1_init();

MCUCR = 0x80;
EICRA = 0x00; //extended ext ints
EICRB = 0x38; //extended ext ints
EIMSK = 0x60;

TIMSK = 0x01; //timer interrupt sources
ETIMSK= 0x04; //extended timer interrupt sources
SEI(); //re-enable interrupts
//all peripherals are now initialised }

unsigned char rcv(void)
{ return uart_r[datg+ + ]; }

unsigned char rcv1(void)
{ return uart1r[datg1+ + ]; }

void putch(unsigned char pch)
{   unsigned char ch;
    WDR();
    do { ch=UCSR0A; } while(!(ch&0x20));
    UDR0=pch; }

void putch1(unsigned char pch)
{ unsigned char ch;
    WDR();
    do { ch=UCSR1A; } while(!(ch&0x20));
    UDR1=pch; }

void iputch(unsigned char pch)
{
    if(!txed) {
        txed =1;
        UCSRB=(1<<RXCIE0)|(1<<TXCIE0)|(1<<RXEN0)|(1<<TXEN0)
        UDR0 =pch;
    }
    else {
        uart_t[sdat+ + ]=pch;
    }
}

```

```

}

void iputch1(unsigned char pch)
{
    if(!txed1) {
        UDR1 =pch;
        txed1 =1;

UCSR1B=(1<<RXCIE1)|(1<<TXCIE1)|(1<<RXEN1)|(1<<TXEN1)
    }
        else {
            uart1t[sdat1++]=pch;
        }
        WDR();
    }

void put_bin(unsigned char pb)
{
    char ch;
    for(ch=0; ch<8; ch++) {
        if((pb>>(7-ch))&1) iputch('1');
        else iputch('0');
    }
}

void mputs(char *mstr)
{ while(*mstr) iputch(*mstr++); }

void putss(char *mstr)
{ while(*mstr) putch(*mstr++); }

char chk_rcv(void)
{ return dats-datg; }

char chk1rcv(void)
{ return dats1-datg1; }

void put_byte(unsigned char by)
{ unsigned char ch, cl;

    ch=by>>4;
    cl=by&0x0f;

    if(ch<10) putch('0'+ ch);

```

```

        else putchar('A'+ch-10);

        if(cl<10) putchar('0'+cl);
        else putchar('A'+cl-10);
    }

char sskey(char pp)
{
    char ch=0;

    switch(pp) {
        case 1: ch=1; break;
        case 2: ch=2; break;
        case 4: ch=3; break;
        case 8: ch=4; break;
    }
    return ch;
}

#pragma interrupt_handler int5_isr:7
void int5_isr(void)
{ //external interrupt on INT5
    lmti=1; }

#pragma interrupt_handler int6_isr:8
void int6_isr(void)
{ //external interrupt on INT6
    keyi=1; }

void S4094(void)
{ unsigned char ch, ci;
  int cn;

  leds[0]=leds[1]=leds[2]=leds[3]=0x00;
  leds[4]=leds[5]=leds[6]=leds[7]=leds[8]=0x00;

  if(out0 & 0x01) leds[0]|=0x01; //1r
  else          leds[0]|=0x02; //1g

  if(out0 & 0x02) leds[0]|=0x04; //2r roller go frd
  else          leds[0]|=0x08; //2g

  if(out0 & 0x04) leds[0]|=0x10; //3r roller go back
  else          leds[0]|=0x20; //3g
}

```

```

if(out0 & 0x08) leds[0]|=0x40; //4r
else          leds[0]|=0x80; //4g

if(out0 & 0x10) leds[1]|=0x01; //5r roller catch
else          leds[1]|=0x02; //5g

if(out0 & 0x20) leds[1]|=0x04; //6r
else          leds[1]|=0x08; //6g

if(out0 & 0x40) leds[1]|=0x10; //7r
else          leds[1]|=0x20; //7g

if(out0 & 0x80) leds[1]|=0x40; //8g
else          leds[1]|=0x80; //8r
//=====

if(out1 & 0x01) leds[2]|=0x01; //9g
else          leds[2]|=0x02; //9r

if(out1 & 0x02) leds[2]|=0x04; //10g
else          leds[2]|=0x08; //10r

if(out1 & 0x04) leds[2]|=0x20; //11g
else          leds[2]|=0x40; //11r

if(out1 & 0x08) leds[2]|=0x80; //12g
else          leds[3]|=0x01; //12r

if(out1 & 0x10) leds[3]|=0x02; //13g
else          leds[3]|=0x04; //13r

if(hilo==1   ) leds[3]|=0x08; //14g
else          leds[3]|=0x10; //14r

if(rapid==1  ) leds[3]|=0x20; //15g
else          leds[3]|=0x40; //15r

if(out2 & 0x01) leds[3]|=0x80; //16g
else          leds[4]|=0x01; //16r roller open

ch=PINE & 0x20; // limit switch check.

if(!ch)      leds[4]|=0x02; //17r
else          leds[4]|=0x04; //17g

```

```

if(inp4 & 0x01) leds[5]=0x01; //18g
else          leds[5]=0x02; //18r

if(inp1 & 0x02) leds[5]=0x04; //19g
else          leds[5]=0x08; //19r  roller open.

if(inp1 & 0x04) leds[5]=0x10; //20g
else          leds[5]=0x20; //20r  roller catch.

if(inp1 & 0x08) leds[5]=0x40; //21g
else          leds[5]=0x80; //21r

if(inp1 & 0x10) leds[6]=0x01; //22g
else          leds[6]=0x02; //22r

if(inp1 & 0x20) leds[6]=0x04; //23g
else          leds[6]=0x08; //23r

if(inp1 & 0x40) leds[6]=0x10; //24g
else          leds[6]=0x20; //24r

if(inp1 & 0x80) leds[6]=0x40; //25g
else          leds[6]=0x80; //25r  cal catch input.

if(inp2 & 0x01) leds[7]=0x01; //26r  cal open input.
else          leds[7]=0x02; //26g

if(inp3 & 0x02) leds[7]=0x04; //27r  roller frd input
else          leds[7]=0x08; //27g

if(inp3 & 0x04) leds[7]=0x20; //28r
else          leds[7]=0x40; //28g

if(inp3 & 0x08) leds[7]=0x80; //29r
else          leds[8]=0x01; //29g

if(inp3 & 0x10) leds[8]=0x02; //30r
else          leds[8]=0x04; //30g

if(inp3 & 0x20) leds[8]=0x08; //31r
else          leds[8]=0x10; //31g

if(inp3 & 0x40) leds[8]=0x20; //32r
else          leds[8]=0x40; //32g

```

```

if(inp3 & 0x80) leds[8]=0x80; //33r
else          leds[4]=0x10; //33g

if(out1 &=0x20) leds[4]=0x60; //34o
if(inp3 & 0x01) leds[4]=0x20; //34r
if(inp1 & 0x01) leds[4]=0x40; //34g

DDRB =0x0f;
PORTB=0x00;

for(cl=0; cl<9; cl++) {
    WDR();
    for(ch=0; ch<8; ch++){

        PORTB &=0xfd;          //clk low
        for(cn=0; cn<5; cn++);

        if((leds[8-cl]>>(7-ch))&1) {
            PORTB |=0x01;//DATA }
        else { PORTB &=0xfe;    //DATA }
            PORTB |=2;        //CLK high
            for(cn=0; cn<5; cn++);
            PORTB &=0xfd;          //clk low
            for(cn=0; cn<5; cn++); }
        for(cn=0; cn<10; cn++); }

    e_dareg=0x80;
    e_dareg=0x80;
    e_dareg=0;
    PORTB =0x0f; }

char keypad(void)
{
    char ch, ci;

    EIMSK =0;

    PORTB =1;
    for(ci=0; ci<100; ci++) WDR();

    ch =sskey(PINB>>4); // 7 8 9 RES
    if(ch) {
        EIMSK = 0x60;
        return ch;
    }
}

```



```

}

PORTB =2;
for(ci=0; ci<100; ci+ +) WDR();

ch  =sskey(PINB>>4);      // 4 5 6 ESC
if(ch) {
    EIMSK = 0x60;
    return ch+ 4;
}

PORTB =4;
for(ci=0; ci<100; ci+ +) WDR();

ch  =sskey(PINB>>4);      // 1 2 3 .
if(ch) { EIMSK = 0x60;
    return ch+ 8; }

PORTB =8;
for(ci=0; ci<100; ci+ +) WDR();
ch  |=sskey(PINB>>4);      // < 0 > ENT
if(ch) { EIMSK = 0x60;
    return ch+ 12; }

EIMSK = 0x60;
return 0;
}

void lcd_com(unsigned char cmd)
{
    unsigned char ch;
    WDR();
    do {
        ch=lcd_stts;    // read lcd status.
    } while((ch&03)!=03);

    lcd_comd=cmd;
}

void lcd_dat(unsigned char dat)
{
    unsigned char ch;

    WDR();

```

```

    do {
        ch=lcd_stts;    // read lcd status.
    } while((ch&03)!=03);

    lcd_data=dat;
}

void lcd_aat(unsigned char dat)
{
    unsigned char ch;
        WDR();
    do {
        ch=lcd_stts;    // read lcd status.
    } while((ch&8)!=8);

    lcd_data=dat;
}

unsigned char lcd_read(void)
{
    char ch;

        lcd_com(0xc1);
        WDR();
    do {
        ch=lcd_stts;    // read lcd status.
    } while((ch&03)!=03);

    ch=lcd_data;

        return ch;
}

void lcd_set(unsigned char d1, unsigned char d2, unsigned char cmd)
{
    lcd_dat(d1);
    lcd_dat(d2);
    lcd_com(cmd); }

void lcdset1(unsigned char d1, unsigned char cmd)
{
    lcd_dat(d1);
    lcd_com(cmd); }

void lcd_init(void)
{

```

```

int addr;

lcd_com(0x80);
lcd_com(0xa5);

addr=G_BASE;
lcd_set(addr%256, addr>>8, 0x42);
lcd_set(BYTES_PER_ROW, 0, 0x43);

addr=T_BASE;
lcd_set(addr%256, addr>>8, 0x40);
lcd_set(BYTES_PER_ROW, 0, 0x41);// text area 240 * 64 ; 1e=30

cur_x=0;
cur_y=0;

lcd_set(cur_x,cur_y,0x21); // cursor at 0,0
lcd_com(0x94); // TEXT ON.
}

void lcd_clr_graph(void)
{
int i,addr;

addr=G_BASE;
lcd_set(addr%256, addr>>8, 0x24);

for(i=0; i<8192; i++){
lcd_dat(0);
lcd_com(0xc0);
}
}

void lcd_clr_text(void)
{
int i,addr;

addr=T_BASE;
lcd_set(addr%256, addr>>8, 0x24);

for(i=0; i<320; i++) {
lcd_dat(0);
lcd_com(0xc0);
}
}

```

```
}
```

```
void lcd_xy(int x, int y, char ch)
```

```
{
```

```
    char c;  
    int addr;
```

```
    addr=T_BASE + (y* BYTES_PER_ROW) + x;  
    lcd_set(addr%256, addr>>8, 0x24);
```

```
    c=ch-0x20;  
    if(c<0) c=0;
```

```
    lcd_dat(c);  
    lcd_com(0xc0);
```

```
}
```

```
void lcd_put(char ch)
```

```
{
```

```
    char c;  
    int addr;
```

```
    addr=T_BASE + (cur_y* BYTES_PER_ROW) + cur_x+ +  
    lcd_set(addr%256, addr>>8, 0x24);
```

```
    if(cur_x==30) {  
        cur_x=0;  
        cur_y+ +;  
    }
```

```
    c=ch-0x20;  
    if(c<0) c=0;
```

```
    lcd_dat(c);  
    lcd_com(0xc0);
```

```
}
```

```
void lcd_print(char *string)
```

```
{ while(*string) lcd_put(*string+ +); }
```

```
void lcd_setpix(int col, int row)
```

```
{
```

```
    int addr;
```

```

        addr=G_BASE + (row*BYTES_PER_ROW) + col/8;
        lcd_dat(addr%256);
        lcd_dat(addr>>8);
        lcd_com(0x24);
        lcd_com(0xf8 | (7-(col%8))); }

void lcd_resetpix(int col, int row)
{
    int addr;
    addr=G_BASE + (row*BYTES_PER_ROW) + col/8;
    lcd_dat(addr%256);
    lcd_dat(addr>>8);
    lcd_com(0x24);
    lcd_com(0xf0 | (7-(col%8))); }

void vput(unsigned char cd)
{
    unsigned char ch;
    int i,addr;

    addr=G_BASE + (cur_y*BYTES_PER_ROW) + cur_x/8

    if(cd>=0x20) {
        ch=cd-0x20;
        for(i=0; i<8; i++) {
            lcd_dat(addr%256);
            lcd_dat(addr>>8);
            lcd_com(0x24);
            addr+=BYTES_PER_ROW;
            lcd_dat(ffont[ch][i]<<1);
            lcd_com(0xc0);
        }
    }
    cur_x+=8;
}

void lputch(unsigned char asc)
{
    int i,addr;

    addr=G_BASE + (cur_y*BYTES_PER_ROW) + cur_x/8

    for(i=0; i<16; i++) {
        lcd_dat(addr%256);
        lcd_dat(addr>>8);

```

```

        lcd_com(0x24);
        addr+=BYTES_PER_ROW;

        lcd_dat(ascii[asc][i]);
        lcd_com(0xc0);
    }

    cur_x+=8;
}

void lputs(char *string)
{
    while(*string) lputch(*string++);
}

void v6put(unsigned char cd)
{
    unsigned char ch, cc;
    int i,n;

    if(cd<0x20) {}
    else {
        cc=cd-0x20;
        for(i=0; i<8; i++) {
            ch=ffont[cc][i]<<2;
            for(n=0; n<6; n++) {
                if((ch>>(7-n))&1)
                    lcd_setpix(cur_x+n, cur_y+i);
                else
                    lcd_resetpix(cur_x+n, cur_y+i)
            }
        }
    }

    cur_x+=6;
}

void v5put(unsigned char cc)
{
    unsigned char ch;
    int i,n;

    for(i=0; i<8; i++) {
        ch=ffont[cc][i]<<2;
        for(n=0; n<6; n++) {
            if((ch>>(7-n))&1)

```

```

                                lcd_setpix(cur_x+n, cur_y+i);
                                else
                                lcd_resetpix(cur_x+n, cur_y+i)
                                }
                                }
                                cur_x+=6;
}

```

```

void v_puts(char *str)
{
    while(*str) vput(*str++);
}

```

```

void v6puts(char *str)
{
    while(*str) v6put(*str++);
}

```

```

void v5puts(char *str)
{
    while(*str) v5put(*str++);
}

```

```

void lcd_clr_window(void)
{
    int i,n,addr;

    addr=G_BASE + 22*BYTES_PER_ROW;

    for(i=0; i<30; i++) {
        lcd_dat(addr%256);
        lcd_dat(addr>>8);
        lcd_com(0x24);

        addr+=30;
        for(n=0; n<30; n++) {
            lcd_dat(0x00);
            lcd_com(0xc0);
        }
    }
}

```

```

void hline(int x,int y,int dx)
{
    int i;

    for(i=0; i<(dx-x); i++) lcd_setpix(i+ x,y);
}

```

```

void rhline(int x,int y,int dx)

```

```

{
    int i;

    for(i=0; i<(dx-x); i++) lcd_resetpix(i+ x,y);
}

void vline(int x,int y,int dy)
{
    int i;
    for(i=0; i<(dy-y); i++) lcd_setpix(x,i+ y); }

void rvline(int x,int y,int dy)
{
    int i;
    for(i=0; i<(dy-y); i++) lcd_resetpix(x,i+ y); }

void set_han(unsigned int hcd)
{
    union Htype _code;

    char cb, jb, job;

    unsigned char tmp1, tmp2;

    int k1, k2, k3, cho, jun, jon, i;

    _code.i=hcd;

    tmp1=_code.b.hana;
    tmp2=_code.b.dule;

    k1=(tmp1& 0x7c)>>2;
    k2=(tmp1& 0x03)<<3 | (tmp2>>5)& 7;
    k3=(tmp2& 0x1f);

    k1=table[0][k1];
    k2=table[1][k2];
    k3=table[2][k3];

    if(k3) {
        cb =firtbl[1][k2];
        jb =midtbl[1][k1];
        job=lasttbl [k2];
    }
    else {
        cb =firtbl[0][k2];

```



```

    jb =midtbl[0][k1];
}

cho= cb*20+ 0+k1;
jun= jb*22+ 160+ k2;
jon=job*28+ 248+ k3;

for(i=0; i<32; i++) {
    i1[i]=hfont[cho][i];
    i2[i]=hfont[jun][i];
    i3[i]=hfont[jon][i];
}

if(k1) {
    cpyfnt(ja_bitmap, i1,32);
    if(k2)
        or_img(ja_bitmap, i2,32);
    if(k3)
        or_img(ja_bitmap, i3,32);
}
else
if(k2) {
    cpyfnt(ja_bitmap, i2,32);
    if(k3)
        or_img(ja_bitmap, i3,32);
}
else
if(k3)
    cpyfnt(ja_bitmap,i3,32);

if(attr.Bjn)
    Reverse_Img(ja_bitmap,32);
else
if(attr.Mit)
    Under_Img(ja_bitmap,32);
}

void hput(unsigned int hcd)
{
    int i,addr;

    set_han(hcd);

    addr=G_BASE + (cur_y*BYTES_PER_ROW) + cur_x/8

```

```

        for(i=0; i<16; i++) {
            lcd_dat(addr%256);
            lcd_dat(addr>>8);
            lcd_com(0x24);
            addr+=BYTES_PER_ROW;

            lcd_dat(ja_bitmap[i*2+0]);
            lcd_com(0xc0);
            lcd_dat(ja_bitmap[i*2+1]);
            lcd_com(0xc0);
        }
        cur_x+=16;
    }

void hputs(unsigned char *string)
{
    union Htype han;

    while(*string) {
        han.b.hana=*(string++);

        if(han.b.hana<128) {
            lputch(han.b.hana);
        }
        else {
            han.b.dule=*(string++);
            hput(han.i);
        }
    }
}

void reverse_ln(int in)
{
    char ch;
    int ix, iy, addr;

    for(iy=0; iy<16; iy++) {
        for(ix=0; ix<30; ix++) {
            addr=G_BASE + (iy+in*16)*BYTES_PER_ROW + ix
            lcd_dat(addr%256);
            lcd_dat(addr>>8);
            lcd_com(0x24);

            ch=lcd_read();

```

```

        addr=G_BASE + (iy+ in*16)*BYTES_PER_ROW + ix
        lcd_dat(addr%256);
        lcd_dat(addr>>8);
        lcd_com(0x24);
        lcd_dat(~ch);
        lcd_com(0xc0);
    }
}

```

```

unsigned char to_bcd(char *dt)
{
    unsigned char ch, cl;

    ch=dt[0]&15;
    cl=dt[1]&15;

    iputch('/');
    iputch(dt[0]);
    iputch(dt[1]);

    return (ch*16 + cl);
}

```

```

void tide_set(void)
{
    char tmode=1,bfc,cc;

    char tmm[24], ch, ct,fl=1,cv='y';
    int i;

    strcpy(tmm," YYMMDD - HHMMSS...");

    lcd_init();
    lcd_com(0x9c);
    lcd_clr_graph();
    lcd_clr_text();

    while(1) {

        if(keyi) {
            if(ch=keypad()) {
                if(ch!=bfc) {
                    cc=keyv[ch]+'0';

```

```

        iputch(cc);
        ct=cc;
        tmm[tmode+ + ]=ct;
        if(tmode==7) tmode=10;
        if(tmode>20) tmode=20;
        fl=1;
    }
}

    bfc=ch;
keyi=0;
    if(cc=='=') break;
}

if(t_0s) {
    t_0s=0;
    WDR();

    if(i+ + >2000) {
        S4094();

        cur_x =85;
        cur_y =55;

        if(fl) {
            fl=0;
            cv=tmm[tmode];
            tmm[tmode]=' ';
        }
        else {
            fl=1;
            tmm[tmode]=cv;
        }
        v_puts(tmm);
    }
}

if(tmode>=15) {
    rtc_yer=to_bcd(&tmm[1]);    /*" YYMMDD - HHMMSS
    rtc_mon=to_bcd(&tmm[3]);
    rtc_day=to_bcd(&tmm[5]);
    rtc_hou=to_bcd(&tmm[10]);
    rtc_min=to_bcd(&tmm[12]);

```

```

        rtc_sec=to_bcd(&tmm[14]);

        rtc_com=0x80;
        rtc_com=0x80;
        rtc_com=0;
    }
}

void menu(void)
{    tide_set(); }

char to_hex(char ch,char cl)
{
    if(ch>='0' && ch<='9')
        ch-='0';
    else
        ch =ch-'A'+ 10;

    if(cl>='0' && cl<='9')
        cl-='0';
    else
        cl =cl-'A'+ 10;

    return cl+ ch*16;
}

void out_lst()
{
    char str[64];
    int i;

    mputs("WnWn working list.....Wn");
    for(i=0; i<d_cnt; i++) {sprintf(str,
        "Wn(%04d/%02x)    %02x:%02x:%02x    %02x/%02x/20%02x
%02d:%06d,%06d",
        works[i].cnt,
        works[i].cod,
        works[i].sc,
        works[i].mn,
        works[i].hr,
        works[i].date,
        works[i].month,
        works[i].year,

```

```

        works[i].worker,
        works[i].length,
        works[i].dia);
    mputs(str);
}

void main(void)
{
    char mstr[32],mm[8], bc, cs, saw_sw=0,codee=0;
    char lmt_sw=0, outcnt=0, outmd=0;
    char left_a=0, left_e=0, left_i=0, left_h=0;
    char right_a=0, right_e=0, right_f=0, right_d=0;
    char roll_run=0, roll_back=0, saw_run=0, roll_mar=0

    char ch, cl,cc, t0_c=0, str[64], bfc=0, scnt=0;
    char press=0, bwsel=0, blsel=0;

    unsigned char bsec,bmin;

    int i, tn0s=0, di=0, slen=0, len=0, ilen=0, dia, idia;
    int bdia=0, diasec=0;
    int ktime=0, saw_tm=0, lmt_p=0, saw_cnt=0;

    double length, diameter, volume;

    init_devices();

    for(i=0; i<100; i+ ) {

        leds[0]=0;
        leds[1]=0;
        leds[2]=0;
        leds[3]=0;
        leds[4]=0;
        leds[5]=0;
        leds[6]=0;
        leds[7]=0;
        leds[8]=0;
        hilo =0;
        rapid=0;
        out0 =0;
        out1 =0;
        out2 =0;

```

```

    e_wr1=~out0;
    e_wr2=~out1;
    e_wr3=~out2;
    S4094());

    iputch(0xff);

    sdat=0;
    edat=0;
    dats=0;
    datg=0;
    txed=0;
    sdat1=0;
    edat1=0;
    dats1=0;
    datg1=0;
    txed1=0;

    t_0s=0;
    t_3s=0;

    keyi=0;
    lmti=0;

    dath=0;
    datl=0;
    datc=0;

    e_dareg=2;
    e_dareg=0;

    e_dareg=4;
    e_dareg=0;
}

if(fst_pwr!=0xaaaa) {
    fst_pwr =0xaaaa;

    l_scale= 0.4480;
    d_scale= 1.5730;
    d_cnt=0;
}

L_sel=1; // 0 ~ 9

```

```

w_sel=1;      // 0 ~ 5
saw_w=0;     // 0 ~ 2
saw_s=0;
rollf=0; // 0 ~ 1
rolls=0; // 0 ~ 1
workr=0;

wlen0= 45*1;
wlen1= 45*2;
wlen2= 45*3;
wlen3= 45*4;
wlen4= 45*5;
wlen5= 45*6;
wlen6= 45*7;
wlen7= 45*8;
wlen8= 45*9;
wlen9= 45*10;
wlena= 45*11;
wlenb= 45*12;
wlenc= 45*13;
wlend= 45*14;
wlene= 45*15;
wlenf= 45*16;

slen=wlen1;

rtc_com=0x80;
rtc_com=0x80;
rtc_com=0;

lcd_init();
lcd_com(0x9c);
lcd_clr_text();
lcd_clr_graph();

for(i=0; i<255; i++) {
    putchar('*');
}

do {
    WDR();

    while(chk_rcv()) {
        ch=rcv();

```



```

        if(ch=='1') outmd=1;
        else
        if(ch=='0') outmd=0;
        else
        if(ch=='A') {
            out_lst();
            outmd=2;
        }
        else
        if(ch=='C') d_cnt=0;
    }

```

```

while(chk1rcv()) {
    WDR();

```

```

    cc=rcv1();

```

```

    if(cc=='s' && bc=='d') {
        scnt=0;    }

```

```

    else

```

```

    if(cc=='e' && bc=='d') {
        mstr[scnt-1]='W0';

```

```

        ch=mstr[0];
        cl=mstr[1];
        mm[0]=to_hex(ch,cl);
        cs +=mm[0];

```

```

        ch=mstr[2];
        cl=mstr[3];
        mm[1]=to_hex(ch,cl);
        cs+ =mm[1];

```

```

        ch=mstr[4];
        cl=mstr[5];
        mm[2]=to_hex(ch,cl);
        cs+ =mm[2];

```

```

        ch=mstr[6];
        cl=mstr[7];
        mm[3]=to_hex(ch,cl);
        cs+ =mm[3];

```

```

        ch=mstr[8];

```

```

        cl=mstr[9];
        mm[4]=to_hex(ch,cl);
        cs+=mm[4];
            if(cs==0) {
                len=mm[0]*256+ mm[1];
                dia=mm[2]*256+ mm[3];
            }
        }
    else { mstr[scnt++]=cc;
            scnt%=32;    }

        bc=cc;
}

if(lmti) {
    lmti=0;
}

if(keyi) {
    keyi=0;
    if(cc=keypad()) {

        ktime=5;

        cc=keyv[cc]+'0';

        if(cc!=bfc) {
            if(cc=='=') codee=0x99
            else
            if(cc==';') {
                menu();
                bwsel=0;
                lcd_init();
                lcd_com(0x9c);
                lcd_clr_text();
                lcd_clr_graph()
            }
            else
            if(cc=='<') {
                saw_s=1;
            }
            else
            if(cc=='>') {
                saw_s=0;
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        else
        if(cc=='7') press=1;
        else
        if(cc=='9') press=0;
        else
        if(cc=='4') rolls=1;
        else
        if(cc=='6') rolls=0;
        else
        if(cc=='1') rollf=1;
        else
        if(cc=='3') rollf=0;
        else
        if(cc=='0') {
            w_sel++;
            w_sel%=5;
        }
    }
    bfc=cc;
}

if(t_0s) {
    t_0s=0;
    WDR();

    ch=PINE & 0x20; // limit switch check.
    if(lmt_sw && ! ch) saw_cnt++;
    lmt_sw=ch;

    if(bmin!=rtc_min) {
        lcd_init();
        lcd_com(0x9c);
        bsec--;
    }

    if(bsec!=rtc_sec) {
        sprintf(str,"%02x/%02x.%02x:%02x:%02x",
            rtc_hou, rtc_min, rtc_sec, rtc_mon, rtc_day)
            outcnt=0;
        cur_x =14;
        cur_y =0;
        lcd_print(str);
    }
}

```

```

}

bsec=rtc_sec;
    bmin=rtc_min;
}

if(t_3s) {
    t_3s=0;
    WDR();
    length =(double)(len-ilen)*l_scale; // mm

    if(l_sel!=blsel) {
        slen =wlens[l_sel];
    }

    diameter=(double)(dia-idia)*d_scale+ 385.46-bdia; // mm
    volume =length*3.14*diameter*diameter/4;

    cur_x =0; cur_y =0;
    sprintf(str,"S/L:%4d.0Cm ",slen);
    lcd_print(str);

    sprintf(str,"M/L:%05d Cm ",(int)(length));
    str[9]=str[8];
    str[8]='.';
    cur_x =0;
    cur_y =2;
    lcd_print(str);

    sprintf(str,"D/L:%05d Cm ",(int)(diameter));
    str[9]=str[8];
    str[8]='.';
    lcd_print(str);

    // 0123456789abcde
    sprintf(str,"Sawing~****/**");

    if(saw_s) {
        str[1]='A';
        str[2]='W';
    }

    if(saw_w==0) {
        str[12]='M';str[13]='a';str[14]='n';
    }
}

```

```

else
if(saw_w==1) {
    str[ 7]='A';str[ 8]='U';str[ 9]='T';str[10]='O'
    str[12]='M';str[13]='A';str[14]='N';
}
else
if(saw_w==2) {
    str[ 7]='A';str[ 8]='U';str[ 9]='T';str[10]='O'
}
cur_x =0; cur_y =4;
lcd_print(str);

sprintf(str," Worker:%02d (%d)", workr, saw_cnt%10)
lcd_print(str);
sprintf(str,"Roller-****/****");
if(rollf==0) {
    str[12]='M';str[13]='A';str[14]='N';
}
else
if(rollf==1) {
    str[ 7]='A';str[ 8]='U';str[ 9]='T';str[10]='O'
}
cur_x =0; cur_y =5;
lcd_print(str);

sprintf(str,"Roller-****/****");
if(rolls==0) {
    str[11]='S';str[12]='L';str[13]='O';str[14]='W'
}
else
if(rolls==1) {
    str[ 7]='H';str[ 8]='T';str[ 9]='G';str[10]='H';
}
cur_x =0; cur_y =6;
lcd_print(str);

sprintf(str,"Pressr-****/****");
if(press==0) {
    str[12]='L';str[13]='O';str[14]='W';
}
else
if(press==1) {
    str[ 7]='H';str[ 8]='T';str[ 9]='G';str[10]='H';
}

```

```

        cur_x =0; cur_y =7;
lcd_print(str);

        inp1 = ~e_rd1;      // u6 74hc245 read
inp2 = ~e_rd2;      // u7 74hc245 read
inp3 = ~e_rd3;      // u8 74hc245 read
inp4 = ~e_rd4;      // u9 74hc245 read

        out0=0;
        out1=0;
        out2=0;

        length =(double)(len-ilen)*L_scale;
        diameter=(double)(dia-idia)*d_scale+ 385.46-bdia; // mm
        volume =length*3.14*diameter*diameter/4;

        if(press) {
                out1 |=0x01;
        }

        if(inp1 & 0x01) { //RIGHT-A
                if(!right_a) {
                        right_a=1;
                        L_sel++;
                        L_sel%=10;
                        slen=wlens[L_sel];
                }
        }
        else
                right_a=0;

        if(inp1 & 0x02) { // RIGHT-B e_wr3.0
                out2 |=0x01; // feed roller open.
        }
                // 16r

        if(inp1 & 0x04) { // RIGHT-C e_wr1.4
                out0 |=0x10; // cutter open.
                idia=dia;
                diasec=10;
        }
                // 5r roller catch

        if(inp1 & 0x08) { // RIGHT-D
                if(!right_d) {
                        right_d=1;

```

```

        w_sel++;
        w_sel%=5;
    }
}
else
    right_d=0;

if(inp1 & 0x10) { //RIGHT-E
    if(!right_e) {
        right_e=1;
        slen++;
    }
}
else
    right_e=0;

if(inp1 & 0x20) { //RIGHT-G
    out0 |=0x08;
}

if(inp1 & 0x40) { //RIGHT-F
    if(!right_f) {
        right_f=1;
        if(slen) slen--;
    }
}
else
    right_f=0;

if(inp1 & 0x80) { //RIGHT-H 25r calnal close
    out0 |=0x08;
    out0 |=0x01;
}

if(inp2 & 0x01) { //RIGHT-I 26r calnal open
    out0 |=0x10;
    out2 |=0x01; //
    idia=dia;
    diasec=10;
}

if(diasec) {
    idia=dia;
    diasec--;
}

```

```

}

/*****
if(inp3 & 0x02) { //LEFT-A FEED ROLLER GO AHEAD
                    // 27r
    if(rollf==0) {
        out0 |=0x02; //2r roller go frd

        if(rolls)
            out1 |=0x04;
        roll_run=0;
    }
    else
    if(rollf==1) {
        e_dareg=4;
        e_dareg=0;

        if(!left_a) {
            left_a=1;
            roll_run=1;
        }
    }
}
else
    left_a=0;

if(inp3 & 0x04) { //LEFT-B FEED ROLLER GO BACK.
    out0 |=0x04; //28r
    if(rolls) out1 |=0x04;
}

if(inp3 & 0x10) { //LEFT-C
    W_ccw_on; //out1 |=0x08
    out1 &=0xFE; //low pressure
    out1 &=0xFB; //LOW SPEED
}
if(inp3 & 0x40) { //LEFT-D
    W_cw_on; //out1 |=0x10
    out1 &=0xFE; //low pressure
    out1 &=0xFB; //LOW SPEED
}

if(inp3 & 0x01) { //LEFT-E
    if(!left_e) {

```



```

        left_e=1;
        rollf++;
        rollf%=2;           // 0 1
    }
}
else
    left_e=0;

if(inp3 & 0x08) { //LEFT-F encoders clear
    ilen=len;
    idia=dia;
}

if(inp3 & 0x20) { //LEFT-G
    out0|=0x40;
}

if(inp4 & 0x01) { //LEFT-I
    if(!left_i) {
        left_i=1;
        saw_w++;
        saw_w%=3;
    }
}
else
    left_i=0;

if(roll_run==1) {
    lmt_p=0;

    e_dareg=4;
    e_dareg=0;

    P_in;
    out0 |=0x02;
    S4094();

    do {
        inp3 = ~e_rd3;

        if(inp3 & 0x02) {
            if(!left_a) {
                left_a=1;
                roll_run=0;
            }
        }
    } while(1);
}

```

```

        }
    }
    else
        left_a=0;

WDR();
/*
    if(t_0s) {
        t_0s=0;
        WDR();

        if(lmt_p++>200) {
            if(enc0.i<10)
                roll_run=0;
        }
    }
*/
length =(double)(len-ilen)*l_scale;

sprintf(str,"MsL:%05d Cm. ",(int)(length))
str[9]=str[8];
str[8]='.';
cur_x =0;
cur_y =2;
lcd_print(str);

if(rolls) out1 |=0x04;

if((slen-3)>(int)length) {
    out0 |=0x02;
    out0 &=0xfb;
}
else
if((slen+ 3)<(int)length) {
    out0 |=0x04;
    out0 &=0xfd;
}
else
    roll_run=0;

P_in;

e_wr1 =~out0;
e_wr2 =~out1;

```

```

        if(t_3s) {
            t_3s=0;
            WDR();
        }
    } while(roll_run);

    out0 &=0xfd;
    P_out;
    e_wr1 =~out0;

    roll_run=0;

    if(saw_w==2) saw_run=1;
}

/*
struct {
    int count;      // 2
    char cod;      // 1
    char sec;      // 1
    char min;      // 1
    char hour;     // 1
    char date;     // 1
    char month;    // 1
    char year;     // 1
    char worker;   // 1

    int length;    // 2
    int dia;       // 2
    int volume;    // 2
} job;
*/
    if(inp3 & 0x80 && (saw_w==0)) { //LEFT-H
        out0 |=0x80; //SAWING.
        saw_tm=25;
        left_h=0;
        if(saw_sw==0) {

            works[d_cnt].cnt =d_cnt;
            works[d_cnt].cod =codee;

            works[d_cnt].year =rtc_yer;
            works[d_cnt].month=rtc_mon;
            works[d_cnt].date =rtc_day;
            works[d_cnt].hr   =rtc_hou;

```

```

        works[d_cnt].mn    =rtc_min;
        works[d_cnt].sc    =rtc_sec;

        works[d_cnt].worker=workr;
        works[d_cnt].length =(int)length;
        works[d_cnt].dia    =(int)diameter
        works[d_cnt].volume =(int)volume;

        d_cnt++;
        if(d_cnt>=1500) d_cnt=1500;
        if(codee==0x99) codee=0;
        saw_sw=1;
    }

    ilen=len;
}
else
if(inp3 & 0x80 && (saw_w==1)) {

    saw_sw=0;

    if(!left_h) {
        left_h=1;
        if(!saw_run)
            saw_run=1;
        else
            saw_run=0;
    }
}
else {
    saw_sw=0;
    left_h=0;
}

if(saw_run) {

    out0 |=0x80; //SAWING.
    saw_tm=25;

    if(saw_s) {
        if(saw_cnt>=3) {
            roll_back=2;
            roll_mar=10;

```

```

        saw_run=0;
    }
}
else
if(length>150) { if(saw_cnt>=3) {saw_run=0;}
}
else {
    if(saw_cnt>=2) {
        saw_run=0;
    }
}
}

if(roll_mar) {roll_mar--;}

if(roll_back) {roll_back--;
    out0 |=0x04; //back
    out0 |=0x80; //SAWING.
    len =ilen;}

if(out0 & 0x80) {/8r
    out0 &=0xff; //00000000
    out0 &=0xfd;
    out0 &=0xfe;
    out1 &=0x1f; //xxo00000
    out2 &=0x00; //xxxxxxx0
    out1 |=0x04;}

out0 &=0xff; //00000000
out1 &=0x1f; //xxo00000
out2 &=0x01; //xxxxxxx0

if(out0 | out1 | out2 || saw_tm) {P_in;}
else {P_out;}

e_wr1 =~out0;
e_wr2 =~out1;
e_wr3 =~out2;

e_dareg= datc;
e_dal = datl;
e_dah = dath;
datc = 0;

```

```

        if(outcnt==0 && outmd) {
            sprintf(str,"Wn%02x/%02x/%02x:%02x:%02x",
                rtc_hou, rtc_min, rtc_sec,
                rtc_mon, rtc_day);
            //mputs(str);
        }

        if(!(outcnt++ %6) && outmd!=2) {
            sprintf(str,"Wn%02d /%02x %02x %02x/ %02x
%02x %02x L=%04d A=%04d",outcnt/3, inp1, inp2, inp3, inp4, out0, out1,
out2, len, dia);
            mputs(str);
        }

        S4094();

        if(ktime)
            ktime--;
        else
            bfc='!';
        if(saw_tm)
            saw_tm--;
        else
            saw_cnt=0;
        if(bwsel != w_sel) {
            cur_x=150;
            cur_y= 48;
            hputs(msg_[9+ w_sel]);
            switch(w_sel) {
                case 0: press=0; rolls=0;break;
                case 1: press=0; rolls=0;break;
                case 2: press=0; rolls=0;break;
                case 3: press=0; rolls=0;break;
                case 4: press=1; rolls=1;break;
            }
        }
    }

    bwsel=w_sel;
    blsel=l_sel;

} while(1);
}

```

3. 조제기제작 및 작업환경 관련사진



조제기 헤드 조립 (광림)



조제기 헤드 조립 (광림)



조립 후 시운전 광경 (광림)



현지적용시험 (양평)



현지적용시험 (양평)



현지적용시험 (양평)



프로세서 성능시험 (광릉)



프로세서 성능시험 (광릉)



개발 프로세서 전경 (광릉)



개발 프로세서 전경 (광릉)



프로세서 작업광경 (광릉)



프로세서 작업광경 (광릉)