GOVP1200723279

최 종
연구보고서

트랙터부착형 타워집재기 개발

Development of Tower-yarder with Tractor

주관연구기관
경 북 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “트랙터 부착형 타워집재기 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 4월 24일

주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 박 상 준

책 임 연 구 원 : 김 태 한

선 임 연 구 원 : 김 두 한

선 임 연 구 원 : 권 기 열

선 임 연 구 원 : 김 보 균

참여기업명 : (주)유림기계

책 임 연 구 원 : 오 경 춘

선 임 연 구 원 : 박 기 정

선 임 연 구 원 : 조 영 욱

협동연구기관명 : 임업기능인훈련원

협동연구책임자 : 이 근 태

선 임 연 구 원 : 윤 여 형

선 임 연 구 원 : 최 병 채

요 약 문

Ⅰ. 제 목

트랙터 부착형 타워집재기(Tower-yarder) 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 산림은 성공적인 치산녹화사업과 산림자원화정책으로 이제는 자원화할 수 있는 기본적인 바탕은 조성되었으며, 전체 산림의 약 68%가 아직 30년생 이하의 어린 나무이기 때문에 앞으로 대경 우량목 생산을 위해서 간벌작업과 보육작업 등 더욱 산림자원화 사업이 필요하며, 그 일환으로 간벌작업과 보육작업 등 산림자원화 사업과 숲 가꾸기 작업이 이루어지고 있다.

그러나 어린 산림을 대상으로 간벌작업과 보육작업 등 산림자원화 사업과 숲 가꾸기 작업에 투입되는 노동력은 농촌노동력에 의존하고 있으나 농촌인구의 절대적인 부족과 고령화로 임업노동력 확보에 많은 어려움을 겪고 있는 실정으로서 노동력 부족에 대처할 방안이 필요하다. 따라서 부족하고 고령화된 농산촌의 인구에 따른 임업노동력을 대체하고 안전하고 쾌적한 산림작업을 위하며, 앞으로 증가할 국산재의 수요 및 간벌 등의 산림작업에 대처하기 위한 임업기계화가 시급한 과제이다.

현재 우리나라의 대표적인 임목수확작업시스템은 주로 벌목업자들에 의해 행해지고 있는 시스템으로서 체인톱을 이용한 벌도 및 조재작업과 굴삭기부착 우드그랩에 의한 하산집재작업 및 집적작업과 작업로 개설, 작업로를 이용한 소운재용 트럭(영운기)에 의한 소운재의 임목생산작업 방법이다. 따라서 급경사지에 적합한 가선계 중심의 임목생산기계가 아닌 차량계 중심의 임목생산기계로 인한 효율성 저하와 산지 훼손이 심각한 실정이므로 가선계 임업기계인 타워집재기 등을 이용한 임목수확작업시스템이 필요하다.

본 연구에서는 우리나라의 급경사지 지형과 간벌사업 등의 소경재 임목생산과 소규모 벌채작업 등에 효율적인 가선계 타워집재기와 고가인 임업기계의 도입

보급 문제를 해결할 수 있는 방안으로서 일반 농림업용 트랙터를 베이스머신으로 이용하고 트랙터의 회전 PTO(동력취출장치, Power Take-off)의 동력을 이용하여 트랙터에 부착하는 가선계 임목 집재기계로서 Inter Locker 기능이 장착된 Two Drum 방식의 타워 집재기(Tower-yarder)를 개발하는데 그 목적이 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 트랙터 기본차량의 선정 및 동력원 파악

타워 집재기의 기본차량이 될 국내 농업용 트랙터의 각종 제원, 특히 엔진의 마력수와 견인력, 등판력, PTO, 링크히치 등을 파악하였으며, 현재 가장 많이 보급되어 있고 또 임업용으로 도입되어 있는 기종을 파악하여 베이스머신 기종을 선정하였다. 또한 타워 집재기의 동력원으로서 선정된 트랙터의 PTO에 대해 회전속도와 회전력 등을 파악하였다.

2. 타워 집재기(Tower-yarder) 개발

타워 집재기는 크게 타워부, 윈치부, 반송기부, 조작부의 4개부분과 타워 집재기 고정을 위한 보조라인부로 구성되어 있으며, 윈치부의 드럼에 와이어로프가 감겨 있으며, 타워부는 윈치부를 지지하고 일체가 되어 전체 차체부분으로서 주로 구조물로 구성되어있다. 트랙터의 후방 3점히치(3-point linkage hitch)에 장착하여 주행할 수 있도록 하였고 4개의 아웃트리거(Outrigger)를 이용하여 집재작업시 안정성을 도모하였고 견인하여 이동할 수 있도록 바퀴를 장착하였다.

타워 집재기의 타워는 굴절식으로 제작하고 유압 실린더에 의하여 평상시 트랙터상부에 격납되도록 하였으며 6각 파이프를 이용하여 가벼우면서 강성이 강한 6각 파이프를 이용하였으며 트러스부에 장착시 실린더 반대편에 고정용 핀을 설치하여 탈부착이 편리하도록 개발하였다.

가선의 삭장방식은 상하향집재가 용이하고 가설 및 철거가 쉽고 집재작업이 간단하여 일반적으로 타워 집재기에 많이 사용되고 있는 런닝스카이라인방식(Running skyline system)을 채택하였다. 가선은 런닝스카이라인 삭작방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위한 작업 드럼은 2개, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼을 장착하도록 하였다.

작업 드럼의 회전은 먼저 이를 위해 회전 PTO를 이용하는 3개의 유압펌프를 장착하여 2개의 펌프는 2개의 캡스턴드럼(Capstan drum) 회전용으로 유압모터 2개를 장착하고 이 유압모터 회전은 각각의 유압펌프에서 나오는 유압력을 이용하여 회전시키도록 하였다. 마지막 하나의 유압펌프는 저장드럼과 타워실린더, 아웃트리거 실린더 등을 작동시킨다.

타워 집재기의 2개 드럼, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼의 동조를 위해 유압식 Inter locker 장치를 장착하여 집재작업시에 드럼의 폭주나 집재목의 낙하 등을 방지하고 작업과 조작이 원활히 수행되도록 타워 집재기를 개발하였다.

반송기(Carriage)는 런닝스카이라인 삭장방식에 맞고 쵸킹작업이 용이하도록 하였고 수하율에 의한 집재목의 처짐을 방지하기위하여 lock장치를 장착하였다.

타워 집재기의 조작은 작업이 용이하고 조작이 손쉽고 편리하도록 유선 리모콘 조작방식을 채택하여 기본 런닝스카이라인작업과 인터록크 및 엔진속도조작이 가능하도록 개발하였다.

3. 트랙터 부착형 타워 집재기를 이용한 작업시스템 개발

트랙터 부착형 타워 집재기에 의한 집재작업에서 작업공정을 조사 분석하여 트랙터 부착형 타워집재기에 의한 집재작업에 있어서 집재작업시스템의 개선사항을 파악하였다. 트랙터 부착형 타워집재기의 기본적인 임목수확작업시스템을 개발하여 현장에 구축시켰다.

타워집재기에 의한 임목수확작업시스템에서 전체 임목수확작업시스템의 공정을 분석하고, 이를 통한 트랙터 부착형 타워집재기의 경제성을 분석하였다. 트랙터 부착형 타워집재기의 가선 장력과 전도 등을 조사하여 작업의 안전성을 테스트를 하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

임업 선진국에 널리 보급되어 있는 고성능임업기계화에 부응하고 임목생산작업에서 가장 힘들고 어려운 집재작업을 안전하고 능률적인 집재작업의 기계화와 임목수확작업시스템 기술을 구축할 수 있다.

아직 미비한 임업기계의 개발 기술을 확보하고 임업기계의 설계능력과 제작기술을 확보함으로서 임업기계 제작회사의 사업 다각화와 새로운 시장 확보가 가

능하며, 임업기계의 국산화를 촉진시킬 수 있다.

타워 집재기에 의한 임목 집재작업으로 간벌작업 및 육림작업 등을 촉진시키고 건전한 산림조성과 산림소득 향상 효과가 기대되며, 개발된 생력화 장비로 많은 작업량을 단시간 내에 수행이 가능하여 작업비 절감과 생산성 향상을 도모하여 임업의 수익성 증대와 침체된 임업을 활성화시킨다.

임업기계 개발과 도입에서 기존에 보급된 트랙터를 이용함으로 농업기계와 임업기계의 공동 활용이 가능하여 농산촌의 기계화에 경제적 부담을 줄이며, 기 보급된 트랙터의 활용도와 개발 기계의 보급률을 높이고 임업기계 구입비용 부담을 줄일 수 있음으로서 임업기계의 보급촉진과 산주의 소득증대에 기여할 수 있다.

특히, 우리나라 간벌사업 촉진과 숲가꾸기 사업에 따른 산물수집, 재선충으로 인한 피해목의 집재 등에 본 개발 타워집재기를 적극적으로 활용할 수 있도록 정책 제안과 현장 보급 활동을 실시할 계획이다.

SUMMARY

I . Title

Development of Tower-yarder with Tractor

II. The Needs and Objective for Study

The objective of this study was to develop the tower-yarder with tractor for agriculture and forestry. After successful fulfillment of very strict and deliberate reforestation policies of forest authority(Korea Forest Service) during several decades, the most of the devastated forest lands have been converted to well stocked artificial forests. But, almost 68% of forest stands are under the age of 30 years, and these need a lot of thinning.

However, thinning operations need a lot of work force which depend on mostly unkilled workers, because of low mechanization in logging operation. The deficiency and ageing of labor in rural area brought some difficulties for getting the man power needed for forest operations, and the rapid increase of labor costs due to raising of general wage level. To solve those problems related on thinning operations in Korea, introduction of mechanization will be one of solutions to reduce the labor input and work load in thinning and logging operations.

Now, the logging operation in korea is conducted with chain-saw and wood-grapple, mini-forwarder in steep terrains and the damage of forest land is heavy. It needs the logging operation with cable yarding system of tower-yarder for reduction of forest land damage.

Tower-yarder is most suitable for early stage of mechanization in consideration to moderate and steep terrains for present status of technology and for multi purpose application. To reduce the logging costs and environment impacts in harvesting operations, it is recommendable to apply the cable logging operation with tower-yarder. Therefore, the objective of this study was to develop the tower-yarder which is adopted the running skyline system and inter-lock function, the inter-locker clutch for the alignment function of two double-capstan drum.

Ⅲ. Research contents and scope

1. The selection and power unit grasp of tractor

It is grasped the horse power, pulling capacity, mound power, PTO and link hitch about agriculture tractor as base machine. It is selected the tractor as base machine which it was supplied most plentifully and introduced for forestry operation. It is grasped about the rotation speed and rotary power of PTO in tractor selected as base machine of tower-yarder.

2. The Development of Tower-yarder

Tower-yarder is composed of tower department, winch department, carriage department, controller department and guy line department for tower-yarder fixation, and wire rope is rolled in the winch drum. The tower department as the whole body include winch department is composed of the infrastructure mainly. Tower-yarder is attached in rear 3-point linkage hitch of the tractor and it is moved by linkage hitch. It is adapted 4 outrigger for stabile in yarding operation.

The tower of Tower-yarder is refraction type by oil-hydraulic cylinder and is made hexagon pipe. It established the fixation pin in the cylinder opposition side in order to the fixation and crisis to be convenient.

The cable yarding system adopted in the tower-yarder is the running skyline system. The running skyline system need 2 lines of the main-line and the haulback-line. So, it is need 2 drums which affix the maine line drum and the haulback-line drum.

The power source of tower-yarder was used three hydraulic pump connected to PTO of tractor. Two hydraulic pumps of 63cc are used in rotation of two capstan drum motors. One hydraulic pump of 26cc are used in the rotation of the storage drum and tower cylinder and outrigger cylinder.

The alignment function of the main-line drum and the haul-back line drum is used a hydraulic inter locker clutch. As the result of the calculation on the torque and traction force of double-capstan drum and the line speed in order to obtain the objective value, the winch torque of double-capstan drum

was 191kg · m, the traction force of double-capstan drum was 1,910kgf, the number of rotation of double-capstan drum was 110rpm, and the line speed was 69.23m/min. These results was showed to equal the objective value. And it was known that the optimum flange diameter of the main and haulback storage drum was about 360mm and about 460mm in order to storage the main line length of 250m and the haulback line length of 450m when the diameter and width of drum is 165mm and 250mm.

Carriage was made as a simple structure for the running skyline system. it was designed to lock function to prevent fall down of tree.

The control of tower-yarder is conducted by wire-remote-controller which has running skyline system working, inter lock function and engine speed control. The control of the winch function part of tower-yarder was designed to operate by wire remote controller in order to the inter-lock function and the convenience of control and the efficiency of yarding.

3. The development of logging system by Tower-yarder with tractor

This research was conducted to investigate the efficiency of yarding operation and to establish the yarding operation system by tower-yarder with tractor.

Ⅳ. Results and Discussion

It comes true in the advanced forestry mechanization which is supplied widely in forestry advanced nation. It was established to mechanize the thinning operation. The tower-yarder promotes to the thinning and the growing with the yarding operation. It is expected that forest creation and forest income improvement effect.

This research is intended to decrease the cost at developing and purchasing forestry machines and to progress yield efficiency of thinned timber and production rate of forestry. The domestic forestry machine production company is which it can obtain the enterprise many-sidedness anger and the new market security. It follows in mechanization and the necessity rise of the

young specialty technician and job creation effect is expected.

It will be able to provide a technical know-how to development of the forestry machine. Currently the forestry machine which depends in importing the localization of the forestry machine it will transfer and it will be able to promote.

The developed tower-yarder could be utilized for thinning operation in Korea to overcome shortage of labor force and to facilitate the utilization of small dimensioned timbers in logging operations.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction ····· 15
Section 1. The Objectives of the Research ····· 15
Section 2. The Needs for Technology Development ····· 16
Section 3. The Scope of the Research ····· 19

Chapter 2. Trends of Domestic and Foreign Research ····· 21
Section 1. History and Supply status of Forestry Machine ····· 21
1. History of Forestry Machine ····· 21
2. Supply status of Forestry Machine ····· 23
Section 2. Status of Research in Foreign and Domestic ····· 25
Section 3. View of Research and Development ····· 26

Chapter 3. Research Contents and the Results ····· 27
Section 1. Function Analysis of Tractor ····· 27
1. Structure Analysis of Tractor ····· 27
2. Power Source and Function Analysis of Tractor ····· 32
Section 2. Function Analysis of Tower-yarder with Tractor ····· 42
1. The Kind of Tower-yarder in Foreign and Domestic ····· 42
2. Function Analysis of Tower-yarder with Tractor ····· 47
Section 3. The Research Objective Establishment of Tower-yarder ····· 51
1. Selection of Tractor as Base Machine ····· 51
2. Winch Function ····· 52
3. Development the First Protype of Tower-yarder ····· 57
Section 4. Development of Tower-yarder with Tractor ····· 62
1. Selection of Base Machine Tractor ····· 62
2. Development of Truss and Tower Department ····· 63
3. Development of Winch Department ····· 67

4. Development of Carriage Department ····· 78
5. Development of Remote Control Department ····· 79
6. Development of Guyline Drum ····· 80
7. PTO and Rink-hitch ····· 81
8. Tire Roadability and Out-rigger ····· 81
Section 5. Road Test of Tower-yarder with Tractor ····· 83
Section 6. Yarding System Development of Tower-yarder with Tractor ····· 84
1. Trends of Forest Harvest Operation System ····· 84
2. Process Analysis of Tower-yarder with Tractor ····· 86
3. Yarding System Spread of Tower-yarder with Tractor ····· 92
4. Economical Analysis of Harvest Operation System ····· 94

Chapter 4. The Achievement of the Goal and Contributions ····· 96
Section 1. The Achievement of the Goal ····· 96
Section 2. The Contribution of the Related Fields ····· 98

Chapter 5. The Application Plan of Achieved Results ····· 100
Section 1. Extension Plan ····· 100
Section 2. Industrialization Plan ····· 100
Section 3. Technology Transfer Plan ····· 101
Section 4. Papers Publication Plan ····· 101

Chapter 6. Foreign Technology Information ····· 102

Chapter 7. References ····· 106

[Appendices] ····· 109

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 15

제 1 절 연구개발의 목적 15

제 2 절 연구개발의 필요성 16

1. 기술적 측면 17

2. 경제·산업적 측면 17

3. 사회·문화적 측면 18

제 3 절 연구개발의 범위 19

1. 트랙터 기본차량의 선정 및 동력원 파악과 개조 19

2. 타워 집재기(Tower-yarder) 개발 20

3. 트랙터 부착형 타워 집재기를 이용한 작업시스템 개발 20

제 2 장 국내외 기술개발 현황 21

제 1 절 우리나라 임업기계의 연혁 및 보급 현황 21

1. 임업기계화의 연혁 21

2. 임업기계의 보급 현황 23

제 2 절 국내외 기술개발 현황 25

제 3 절 향후 기술 개발의 전망 26

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 27

제 1 절 트랙터의 기능 분석 27

1. 트랙터의 구조 규격 분석 27

2. 트랙터의 동력원과 기능 분석 32

제 2 절 트랙터 부착형 타워집재기의 기능 분석 42

1. 국내외 주요 타워집재기의 종류 42

2. 트랙터 부착형 타워 집재기(Tower-yarder)의 기능 분석 47

제 3 절 트랙터 부착형 타워집재기 개발의 목표설정 51

1. 베이스머신 트랙터의 선정 51

2. 윈치(Winch)부 기능 ····· 52
3. 1차 시제품 개발 ····· 57
제 4 절 트랙터 부착형 타워집재기의 개발 ····· 62
1. 베이스머신 트랙터의 선정 ····· 62
2. 트러스부 및 타워(Tower)부 개발 ····· 63
3. 윈치(Winch)부 개발 ····· 67
4. 반송기(Carriage)부 개발 ····· 78
5. 조작부 개발 ····· 79
6. 버팀줄(Guyline) 드럼 개발 ····· 80
7. PTO와 히치 ····· 81
8. 타이어 주행장치와 아우트리거(Out rigger) ····· 81
제 5 절 트랙터 부착형 타워집재기의 현장 적응성 시험 ····· 83
제 6 절 트랙터 부착형 타워집재기의 작업시스템 개발 ····· 84
1. 우리나라 임목수확작업시스템의 현황 ····· 84
2. 트랙터 부착형 타워집재기의 집재작업 공정 분석 ····· 86
3. 트랙터 부착형 타워집재기의 집재작업시스템 구축 ····· 92
4. 환경친화적 임목수확작업시스템의 경제성 평가 ····· 94

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도 ····· 96

제 1 절 목표달성도 ····· 96
제 2 절 관련분야의 기여도 ····· 98

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 100

제 1 절 현장보급 방안 ····· 100
제 2 절 기술이전 방안 ····· 100
제 3 절 산업화 계획 방안 ····· 101
제 4 절 논문 발표 계획 ····· 101

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 102

제 7 장 참고문헌 ····· 106

[부 록] ····· 109

여 백

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

우리나라의 산림은 1, 2차 치산녹화 10개년계획(1973~1988)과 3차 산지자원화 10개년계획(1989~1997)을 거치면서 황폐산지의 녹화에 성공하였으며, 이제는 산림을 자원화할 수 있는 기본적인 바탕은 조성되었다. 그러나 아직 전체 산림의 약 68%가 30년생 이하의 어린 나무이기 때문에 앞으로 대경 우량목 생산을 위해서 간벌작업과 보육작업 등 더욱 산림자원화 사업이 필요하며, 그 일환으로 어린 산림을 대상으로 간벌작업과 보육작업 등 산림자원화 사업과 숲 가꾸기 작업이 이루어지고 있다.

임업노동력은 농촌노동력에 의존하고 있으나, 농촌인구의 절대적인 부족과 고령화로 인력의 확보에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 또한 산림작업은 1차 산업 중 작업환경이 가장 열악하여 젊은 노동력확보가 어려운 실정이며, 산림작업은 대부분 인력에 의존하는 노동집약 형태로서 인건비 상승에 따라서 작업비가 급등하고 있으므로 인력위주의 작업을 기계화하여 장기적으로 인건비의 상승과 노동력 부족에 대처할 방안이 필요하다. 따라서 부족하고 고령화된 농산촌의 인구에 따른 임업노동력을 대체하고 안전하고 쾌적한 산림작업을 위하며, 앞으로 증가할 국산재의 수요 및 간벌 등의 산림작업에 대처하기 위한 임업기계화가 시급한 과제이다.

현재 우리나라의 대표적인 임목수확작업시스템은 주로 벌목업자들에 의해 행해지고 있는 시스템으로서 체인톱을 이용한 벌도 및 조재작업과 굴삭기부착 우드그랩에 의한 하산집재작업 및 집적작업과 작업로 개설, 작업로를 이용한 소운재용 트럭(영운기)에 의한 소운재의 임목생산작업 방법이다. 따라서 급경사지에 적합한 가선계 중심의 임목생산기계가 아닌 차량계 중심의 임목생산기계로 인한 효율성 저하와 산지 훼손이 심각한 실정이므로 가선계 임업기계인 타워집재기 등을 이용한 임목수확작업시스템이 필요하다.

한편, 국내에 다수 도입되어 운행되고 있는 대표적인 가선계 타워집재기(Tower-yarder)로는 일본 오이까와사의 RME-200T 기종과 RME 300T, 오스트리아 Koller사 K-300시리즈 타워집재기, 트랙터부착 집재기인 FARMI 윈치와 같

은 외국기종이 있으며, 일부 국내에서 개발 보급되어 있는 트랙터부착 집재기인 HAM200과 춘천집재기 등이 있다. 이들 가선계 집재기계는 외국의 도입기종이거나 국내에서 타워 윈치형태로 개발된 기종으로서 우리나라 실정에 적합한 기종이나 도입 가격과 A/S문제 등의 외국 도입기종에 따른 국내 사용상 애로사항이 많은 실정이다. 또한 국내 개발기종도 아직 기술적인 문제와 기계적인 문제 등으로 다소 효율성이 떨어지는 실정이다.

따라서 본 연구사업에서는 우리나라의 급경사지 지형과 간벌사업 등의 소경재 임목생산과 소규모 벌채작업 등에 효율적인 가선계 타워집재기와 고가인 임업기계의 도입 보급 문제를 해결할 수 있는 방안으로서 일반 농림업용 트랙터에 부착하여 사용할 수 있는 타워집재기(Tower-yarder)를 개발을 목표로 수행하였다.

제 2 절 연구개발의 필요성

우리나라의 산림은 성공적인 치산녹화사업과 산림자원화정책으로 이제는 자원화할 수 있는 기본적인 바탕은 조성되었으며, 전체 산림의 약 68%가 아직 30년생 이하의 어린 나무이기 때문에 앞으로 대경 우량목 생산을 위해서 간벌작업과 보육작업 등 더욱 산림자원화 사업이 필요하다.

그러나 어린 산림을 대상으로 간벌작업과 보육작업 등 산림자원화 사업과 숲가꾸기 작업에 투입되는 노동력은 농촌노동력에 의존하고 있으나 농촌인구의 절대적인 부족과 고령화로 임업노동력 확보에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

한편, 우리나라 농업부분의 기계화율은 수도작의 경우 거의 100%에 육박하고 있지만 산림작업의 경우 기계화율은 체인톱에 의한 인력 벌채작업 이외에 다른 산림작업, 특히 기계화가 가장 필요로 하는 임목 집재작업에서의 기계화는 아주 저조한 실정이다.

또한 산림작업은 1차 산업 중 작업환경이 가장 열악하여 젊은 노동력확보가 어려운 실정이며, 산림작업은 대부분 인력에 의존하는 노동집약 형태로서 인건비 상승에 따라서 작업비가 급등하고 있으므로 인력위주의 작업을 기계화하여 장기적으로 인건비의 상승과 노동력 부족에 대처할 방안이 필요하다.

따라서 부족하고 고령화된 농산촌의 인구에 따른 임업노동력을 대체하고 안전하고 쾌적한 산림작업을 위하며, 앞으로 증가할 국산재의 수요 및 간벌 등의 산림작업에 대처하기 위한 임업기계화가 시급한 과제임이 틀림없다.

1. 기술적 측면

우리나라의 임목생산작업은 대부분 인력위주의 작업시스템으로 이루어지고 있으며, 노동생산성이 임업 선진국에 비해 1/10 수준에 불과한 실정이며, 이로 인한 작업원의 생리적 부담이 높고 안전사고 등 재해율이 아주 높아서 전체 산업중 산재보험율이 가장 높은 실정이므로 임업기계화를 통한 노동 생산성 증대와 재해율 감소를 필요로 하고 있다.

현재 임목생산작업에 있어서 벌목작업과정은 대부분 체인톱에 의한 벌목 조재작업과 인력 및 소형 굴삭기부착 우드그랩에 의한 중하산 집재작업이 이루어지고 있으며, 이로 인한 산지훼손 또한 심각한 실정이다.

특히, 급경사지가 대부분인 우리나라 산악지에서의 임목 집재작업은 무리한 작업도 개설과 굴삭기 우드그랩에 의한 차량계 중하산 집재작업이 이루어져 작업도 붕괴와 임지 교란 등 산림훼손이 심각하므로 시급히 경사지용 가선계 집재기계가 도입되어야 할 것이다.

한편, 우리나라의 임업기계 분야 연구·개발은 아주 극히 저조한 실정이고 이로 인한 임업기계 제작업체도 빈약하여 임업기계화의 수준이 답보상태이다. 그러나 일반 기계 및 농업기계분야의 기술수준은 국제적 수준이므로 이들의 기술을 임업기계분야에 적용할 경우 임업기계분야의 연구·개발에 큰 효과가 있을 것이다.

산림지대에서는 경사가 급하고 장해물이 많으므로 원목을 들어 올려 끌어당기고 내릴 수 있는 타워 및 가선이 필요하며 또 원목은 무거우므로 견인력이 높은 동력이 요구된다.

현재 농업용으로 많이 보급되어 있는 트랙터(Tractor)를 이용한 임업기계가 선진 임업국에서는 활발히 개발 보급되어 있고 우리나라에서도 이러한 외국기계가 일부 도입되어 있으며, 이를 활용한 가선계 목재 집재기계로서 타워집재기(Tower-yarder)의 개발이 요구되고 있다.

따라서 우리나라 급경사 임목 집재작업에 적합하고 좁은 임도나 작업도 등에서 이동과 설치 등 취급이 용이한 농업용 트랙터에 부착하여 원목을 집재할 수 있는 타워 집재기(Tower-yarder)의 개발이 필요하다.

2. 경제·산업적 측면

현재 우리나라의 임상은 대부분 30년생의 어린나무로서 더욱 육림작업이 필요

하고 또 일부 수종에 대해서는 간벌과 주벌 등의 산림작업이 필요하며 이를 위한 집재작업의 기계화로 노동력의 부족에 대응하고 작업능률의 향상을 도모하여야 한다.

임업기계화가 시급한 실정이지만 임업기계의 보급과 도입에는 많은 비용이 요구되므로 임업기계의 도입에 따른 경제적 산업적 비용을 감안하고 임업의 활성화시키기 위한 방안이 필요하다. 이를 위한 방안으로서 농업용으로 널리 보급되어 있는 트랙터를 이용하여 임업기계를 개발함으로서 기 보급된 농업용 트랙터의 활용도를 높이고 임업기계의 보급과 도입 비용을 줄일 수 있어서 산림작업과 임업을 활성화시킬 수 있다.

우리나라의 지형과 임상에 적합한 임업기계의 개발과 보급으로 산림작업의 생산성 향상과 국산재 이용을 높이고 국산재 이용의 부가가치의 향상으로 목재이용과 가공 등 목재산업 등 관련 산업을 활성화시킬 수 있다.

우리나라 실정에 맞는 임업기계의 개발과 보급의 부족으로 목재생산 등에 의한 산주의 소득 증대가 불가능하고 건전한 산림의 육성이 지체되고 있으므로 이들 임업기계의 개발로 산주의 소득증대 방안이 요구된다.

현재 임업기계의 필요성이 고조되어 임업기계의 보급이 증가하고 있으나 국내에 관련 임업기계의 부재로 인해 우리나라에 다소 적합하지 않는 외국의 장비가 도입되고 있으며, 이로 인한 외화의 낭비와 사용법의 보급과 고장 등에 따른 AS 문제 등이 발생하고 있으므로 임업기계의 국산화가 필요한 시점이다. 임목 집재기를 외국에서 수입할 수도 있으나 고가이며, 또 우리나라에서 제조된 트랙터에 알맞는 장치를 부착하여 산지에 효율적인 집재기를 개발하고 집재기에는 많은 부속품이 들어가고 소모성이므로 국내에서 개발하면 외화를 절약할 수 있다.

국내 많은 농업기계 관련 회사가 있고 이들 제작회사가 충분한 기술을 확보하고 있으므로 새로운 기계의 개발과 사업 영역확보 측면에서 임업기계의 개발이 필요하며, 임업기계의 연구·개발로 임업기계의 국산화를 실현할 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

우리나라 농업에 있어서 기계화는 산업화와 더불어 농업기계의 연구·개발로 인하여 급속히 발전되어 왔다. 그러나 공업화와 도시화 등으로 인한 농림업의 노동력은 급속히 감소하여 이제 농림업의 노동력 확보는 심각한 실정이며, 특히 농업에 비하여 기계화 발전수준이 현저히 낮은 산림작업에서는 심각한 실정이다.

공업화 및 도시화와 더불어 인구의 도시집중으로 인한 농산촌의 가용 인력난이 심화되고 더욱이 3D 직종의 기피현상에 따라 임업의 노동력 부족은 갈수록 심화되고 있으며, 이로 인한 산림작업의 기계화가 우수한 기능인 확보가 필요하다.

산악지에서는 경사가 급하고 원목이 무거우므로 집재 및 운반작업은 위험하고 또 힘드는 작업이므로 3D현상으로 임업노동력 확보가 더욱 어려워져 앞으로 더욱 필요하게 된 육림작업과 목재생산작업에 투입될 기능인력의 부족은 전체 산림작업을 위축시키고 나아가 임업의 활성화에 큰 지장이 될 것이다.

농업용 등으로 기 보급된 트랙터가 많으므로 여기에 타워 집재기를 부착하여 임업용기계로 충분히 활용할 수 있고 보급된 트랙터의 활용도를 높일 수 있다. 따라서 우리나라 기 보급된 트랙터를 이용하여 우리나라 산림실정에 맞는 임업기계를 개발함으로서 산림작업환경의 개선과 산림작업의 전문화, 임업의 기계화에 따른 임업의 매력 상승 등으로 인하여 우수한 기능인력과 젊은 노동력의 확보 및 고용창출효과가 있다.

제 3 절 연구개발의 범위

일반적으로 농림업용으로 많이 사용되고 있는 트랙터를 베이스머신으로 이용하고 트랙터의 PTO(동력취출장치, Power Take Off)의 동력을 이용하여 트랙터에 부착하는 가선계 임목 집재기계로서 Inter locker 기능이 장착된 Two drum 방식의 타워 집재기(Tower-yarder)를 개발한다. 구체적인 연구개발의 범위는 아래와 같다.

1. 트랙터 기본차량의 선정 및 동력원 파악과 개조

○ 타워 집재기의 기본차량이 될 국내 농업용 트랙터의 각종 제원, 특히 엔진의 마력수와 견인력, 등판력, PTO, 히치 등을 파악하며, 현재 가장 많이 보급되어 있고 또 임업용으로 도입되어 있는 기종을 파악하여 베이스머신 기종을 선정한다.

○ 타워 집재기의 동력원으로서 선정된 트랙터의 유압 PTO와 회전 PTO에 대해 유압량 및 유압력과 회전속도, 회전력 등을 파악하고 타워 집재기(Tower-yarder)의 작동 등에 적합한 베이스 머신의 개조작업을 실시한다.

2. 타워 집재기(Tower-yarder) 개발

○ 타워 집재기는 크게 타워부, 윈치부, 반송기부, 조작부의 4개부분과 타워 집재기 고정을 위한 보조라인부로 구성되어 있으며, 윈치부의 드럼에 와이어로프가 감겨 있으며, 타워부는 윈치부를 지지하고 일체가 되어 전체 차체부분으로서 주로 구조물로 구성된다.

○ 트랙터의 후방 3점 또는 4점 히치(3, 4-point linkage hitch)에 부착하여 주행시 들어 올리거나 바퀴를 장착하여 이동하고 작업시 고정할수 있도록 타워 집재기를 개발한다.

○ 타워 집재기의 타워는 굴절식으로 제작하고 유압 실린더에 의해 타워를 세우고 접어서 높이를 조절할 수 있도록 개발한다.

○ 가선의 삭장방식은 상하향집재가 용이하고 가설 및 철거가 쉽고 집재작업이 간단하여 일반적으로 타워 집재기에 많이 사용되고 있는 런닝스카이라인 삭장방식(Running skyline system)을 채택한다.

○ 가선은 런닝스카이라인 삭작방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고, 이를 위한 작업 드럼은 2개, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼을 장착한다.

○ 작업 드럼의 회전은 먼저 이를 위해 회전 PTO를 이용하는 유압펌프를 장착하고, 2개의 드럼 회전용으로 유압모터 2개를 장착하고 이 유압모터 회전은 유압펌프에서 나오는 유압력을 이용하여 회전시키도록 한다.

○ 타워 집재기의 2개 드럼, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼의 동조를 위해 유압식 Inter locker 장치를 장착하여 집재작업시에 드럼의 푹주나 집재목의 낙하 등을 방지하고 작업과 조작이 원활히 수행되도록 타워 집재기를 개발한다.

○ 반송기(Carriage)는 런닝스카이라인 삭장방식에 맞고 쵸킹작업이 용이하도록 고안 개발한다.

○ 타워 집재기의 조작은 작업이 용이하고 조작이 손쉽고 편리하도록 유선 리모콘 조작방식을 채택하고 유선 리모콘을 개발한다.

3. 트랙터 부착형 타워 집재기를 이용한 작업시스템 개발

○ 트랙터 부착형 타워 집재기에 의한 집재작업에서 작업공정을 조사한다.

○ 트랙터 부착형 타워집재기에 의한 집재작업에 있어서 집재작업시스템과 기본적인 임목수확작업시스템을 구축한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 우리나라 임업기계의 연혁 및 보급 현황

1. 임업기계화의 연혁

우리나라에 임업기계가 도입된 것은 일제시대에 산림철도와 인크라인(地面索道, incline) 등의 삭도(索道, ropeway)시설이 우리나라의 산림자원을 수탈하기 위한 방편으로 압록강 및 두만강 유역 원시림에 설치되었던 것이 시발점이다

그 후에도 해방 후 최근까지 강릉영림서 관내와 일부 산림지역에 산림철도 및 목마(木馬)를 이용하며 벌출작업을 실시한 흔적이 남아 있었으나, 해방 후에는 6.25전쟁을 거치면서 미국제 군용 체인톱이 민간인에 사용되면서 근대적 의미의 임업기계가 우리나라에 소개되었다.

가. 1950년대

해방 후 미국제 군용트럭인 6륜구동 트럭(GMC트럭)이 민간용으로 활용되면서 임업 분야에서도 벌채된 원목을 산지에서 제재소까지 운반하는 유일한 운송수단으로 사용되었고 미국제 군용 체인톱을 민간인이 사용하면서 근대적 의미의 임업기계가 우리나라에 소개되었다.

나. 1960년대

1967년 산림청이 개청되어 산림사업이 활발히 이루어지기 시작하였다. 그 이후 대일 청구권자금에 의해서 1969년에 도입된 일본제 임업기계 중 체인톱(Rabbit), 예불기(Robin), 식혈기(Robin), 불도저(Komatsu사, 4D- 120) 등은 국유림에 보급되었으며, 중형 야더집재기(Iwafuji사, Y-28D)는 시험용으로 활용되었다.

다. 1970년대

체인톱이 널리 보급되기 시작하여 손톱과 도끼에 의한 벌채작업을 대체하기 시작한 시기이다. 그리고 일본에서 당시 널리 사용되던 단선순환식(單線循環式) 가선집재방법(모노케이블 집재방식, Mono cable system)이 도입되어 일부 사방사업 현장에서 자재 운반용으로 이용되었다. 한편, 1979년 임업연구원 산림경영

과에 임업기계화연구실이 설치되어 임업기계화에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다.

라. 1980년대

1974년부터 착수된 한·독 산림경영사업의 1단계 사업인 사유림 협업경영사업을 마치고, 1982년 강원도 강릉에 임업기계훈련원이 설립되어 임업기능인력 양성을 위한 훈련사업이 시작되었다. 기능교육의 일환으로 독일제 체인톱, 예불기, 육림장비 등과 양묘용 장비인 묘목이식기, 단근기 등 훈련장비가 도입되었다. 1985년부터 오스트리아제 이동식 타워야더(Koller사, K-300)와 독일제 다목적트랙터(Mercedes-Benz사, MB-trac 900)에 집재용 윈치(Werner winch)를 탑재한 장비가 도입되었다. 이와 더불어 트랙터부착형 윈치(Farmi winch)와 오스트리아제 썰매형 윈치(Ackja winch) 및 독일제 소형 윈치(Multi KBF winch) 등이 도입되었다.

그리고 국제연합개발계획(UNDP)사업의 일환으로 1985년부터 임도 및 산림수확에 관한 교육과정이 임업연수원에 개설되었으며, 이때 오스트리아제 집재용 플라스틱 수라(Logline) 등이 국내에 소개되었다. 또한 중경사지에서 사용 가능한 트랙터 견인식 트레일러에 탑재한 영국제 타워야더(Timber Master)와 농업용 트랙터에 부착하여 사용할 수 있는 오스트리아제 집재기(Holzknecht사, Logging Bogie) 등이 임업연구원에 도입되었다.

마. 1990년대

1990년대 초 민간기업에서 일본제 중형 야더집재기(Iwafuji사, Y-28DE), 원격조정 자주식 반송기인 라디케리 집재기(Iwafuji사, BCR 08SP) 등의 장비를 수대씩 도입하였고, 오스트리아제 썰매형 윈치(Ackja winch)와 유사한 소형 윈치를 국내에서 자체 제작하여 보급하였다.

사유림에서도 널리 보급된 소형굴착기에 국산 집재용 원목집게(Log grapple)를 부착하여 집재작업과 원목싣기(上車, loading) 작업에 활용하기 시작하였다. 1992년에 산림청은 오스트리아제 트레일러 탑재형 타워야더(Hinteregger사, Urus I)와 농용 트랙터(John Deere사)에 독일제 2드럼식 집재용 트랙터부착형 윈치(Rietter사) 등을 국유림에 도입하였다.

한편, 1992년 직제개편에 따라 중부임업시험장에 임업기계화연구실과 임도연구

실이 분리 설치됨으로써 임업기계 개발연구가 활발히 이루어져 트랙터 윈치와 플라스틱 수라의 국산화, 트랙터부착형 2드럼 윈치, 리모콘 윈치, 다목적 집재차 한국형 임업기계·장비개발 등이 개발되었으며, 민간기업을 중심으로 트랙터부착형 집재기(HAM 200), 굴착기부착형 윈치(동수집재기), 트랙터부착형 유선리모콘 윈치 등이 개발되어 보급된 바 있다.

바. 2000년대

2000년대는 임내차 및 트럭 탑재형 일본제 타워집재기(오이카와사, 200T와 300T)와 오스트리아제 타워집재기(Koller사, K300) 등 외국의 고성능임업기계와 기존의 트랙터부착형 집재기(HAM 200)등이 임업기계지원센터를 중심으로 보급되기 시작하였다.

산림청 임업기계화 정책에 의해 임업기계지원센터가 2001년 산림조합중앙회 임업기능인훈련원에 처음 설치되기 시작하여 2002년 임업기술훈련원, 2003년 순천산림조합, 2004년 평창산림조합, 2005년 청주청원산림조합, 2006년에는 산청군산림조합에 각각 설치되었으며, 이 임업기계지원센터를 중심으로 임목생산을 위한 다양한 임업기계가 보급되기 시작하였다.

2. 임업기계의 보급 현황

가. 임업장비 보급 현황

2006년말 현재 산림청, 지자체, 산림조합 등 임업관련 기관에 보급된 임업장비는 다음과 같다(산림청, 2006a; 그림 2-1 참조).

- 양묘장비(트랙터, 경운기, 동력분무기, 이식기, 단근기 등) 621대
- 조림육림장비(식혈기, 예불기, 고지절단기 등) 6,713대
- 임목생산장비(체인톱, 가선계 집재기, 차량계 집재기, 수라 등) 10,640대
- 산림보호장비(천공기, 농림방제차, 살분무기, 동력펌프 등) 6,765대
- 임도건설장비(불도저, 덤프트럭, 굴착기, 착암기, 진동롤러 등) 529대
- 목재가공장비(톱밥제조기, 목재파쇄기, 박피기 등) 500대
- 기타행정장비(승합차, 이륜차, 트럭, 단속선 등) 1,612대

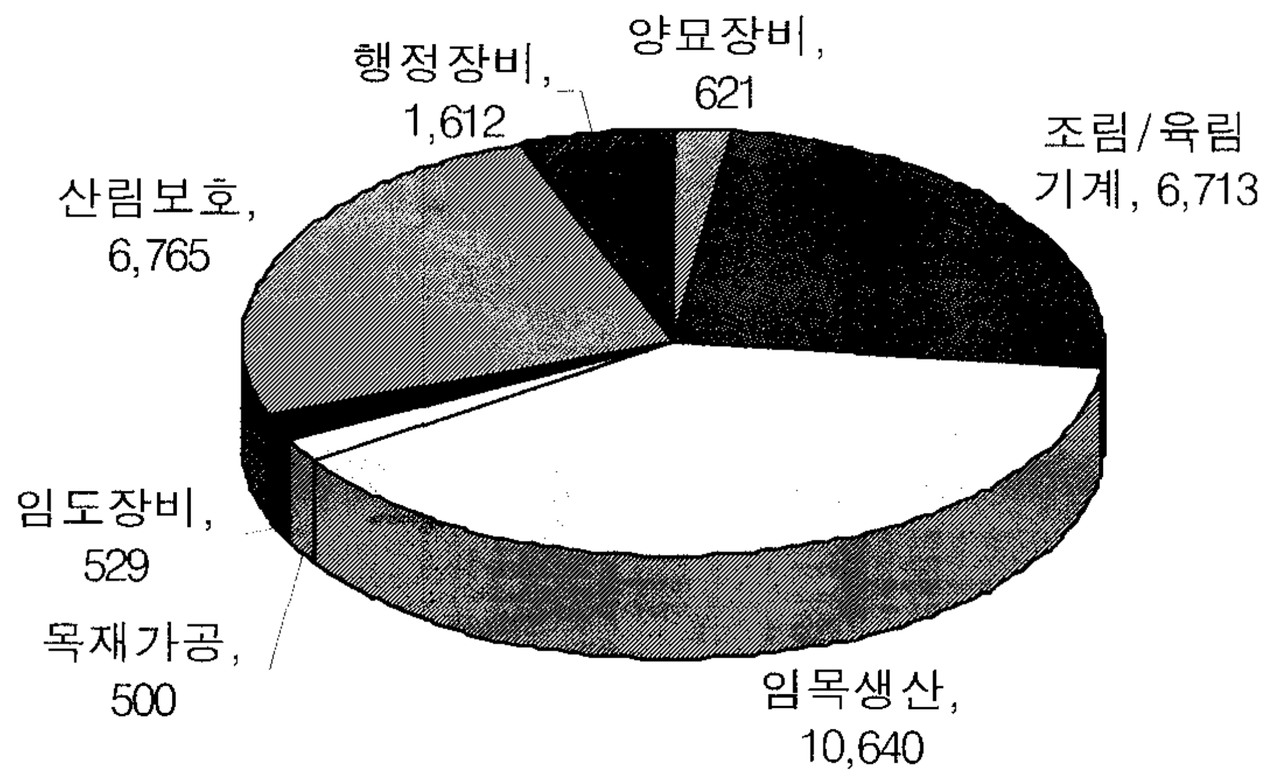


그림 2-1. 임업장비 보급현황(2006년말 현재)

나. 임목생산장비 보급 현황

보급된 임업기계 중에서 임업기계화의 핵심이라고 할 수 있는 임목생산장비의 보급현황을 보면 그림 2-2와 같이 대부분 체인톱과 같은 소형장비 위주로 보급되어 있음을 알 수 있다.

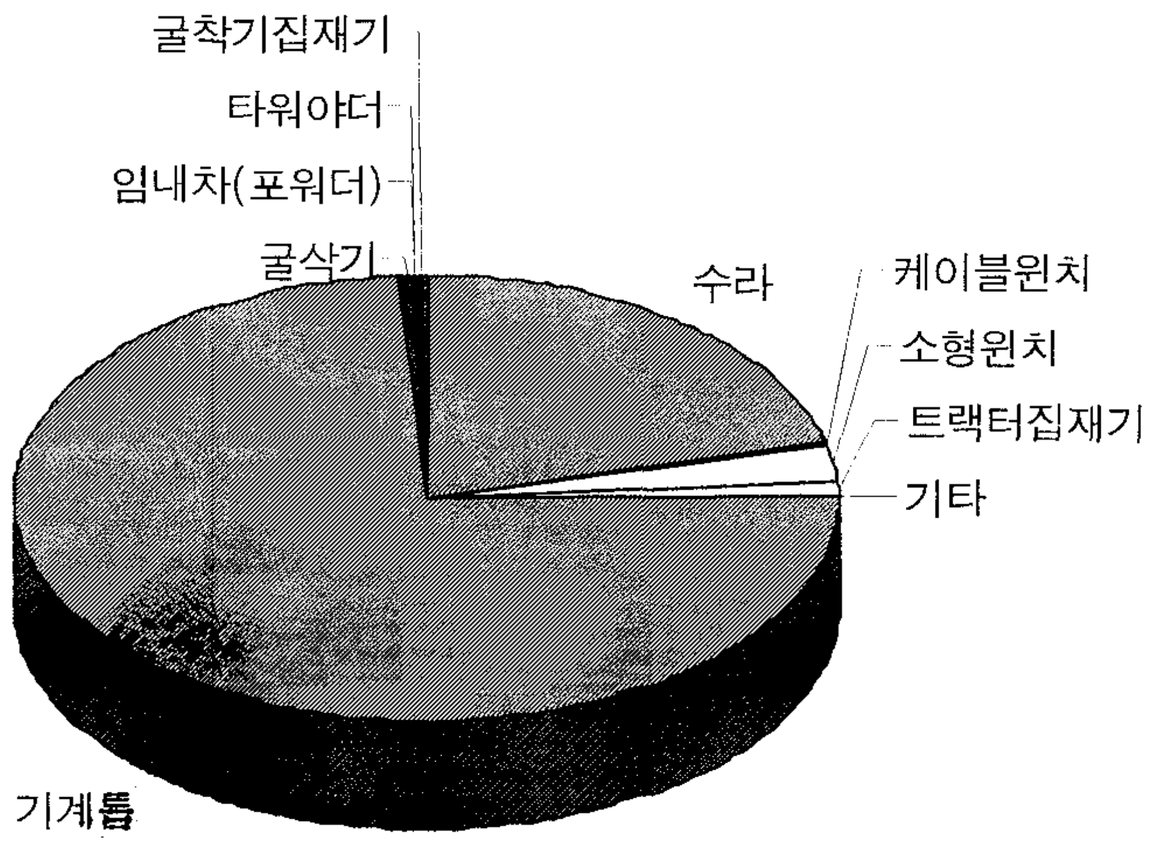


그림 2-2. 임목생산장비 보급현황(2006년말 현재)

제 2 절 국내외 기술개발 현황

우리나라에서의 임업기계 연구 개발은 1982년 국립산림과학원의 묘포장용 단근기 개발을 시작으로 1986년도에 국립산림과학원에서 외국에서 도입한 트랙터용 윈치, 임내작업차 등에 대한 적용성 시험, 소형 집재차, 트랙터부착 소형윈치를 개발한 바 있다(산림청, 1999). 우리나라의 주요 임업기계 연구 개발 상황을 살펴보면, 밤 수집기 개발(국립산림과학원, 1996)과 배부식 자동지타기 개발(국립산림과학원, 1998)로 밤 수집기와 자동지타기를 개발하였으며, 한국형 임업기계·장비개발(국립산림과학원, 1999)과제의 일환으로 타워야더와 도져블레이드 및 로그그래플 크레인을 장착한 4륜구동 다목적 집재차와 썰매형 2드럼 윈치와 농용운반차 탑재형 2드럼 무선 리모콘 윈치, 휴대용 1드럼 무선 리모콘 소형윈치 등을 개발하였다. 또한 국립산림과학원(2001)에서 원목운반용 미니 포워더를 개발하였으며, 굴삭기를 이용한 조재기 개발(국립산림과학원, 2003)과 궤도식 소형 임내작업차 개발(국립산림과학원, 2006)등이 수행되었다. 한편, 임업기계훈련원(1997)에서는 트랙터부착 윈치형 타워집재기(HAM200)를 개발·실용화시켰으며, 박상준(2002)이 굴삭기를 이용한 타워집재기 및 원목집게톱을 개발하였다. 한편, 일반 기계제작회사에서는 썰매형 아키야윈치, 플라스틱수라, 자동수간주사기, 표고목 천공기 및 성형기 등을 개발하여 보급하였으며, 산림청에서는 현장 직무발명으로 춘천집재기와 북부집재기, 시용집재기라는 가선계 집재기를 개발 보급하였다(산림청, 1999; 2006a; 2006b).

그러나 임업기계에 대한 연구·개발의 역사는 아주 짧고 연구·개발 기종도 많지 않으며, 인터록크 기능과 런닝스카이라인 삭장방식을 채택한 트랙터 부착형 또는 차량 탑재형의 고성능 타워집재기와 같은 타워집재기(Tower-yarder)의 연구·개발은 아직 실행되지 않고 있다.

한편, 일본에서는 1989년부터 고성능임업기계화 사업의 추진으로 다양한 고성능임업기계가 산학관에서 연구 개발되어 2005년말 약 3,000여대가 보급되어 있다. 특히, 산악지형에 적합한 가선계 집재기계인 타워집재기와 스윙야더가 많이 보급되어 간벌작업 등에 효율적으로 사용되고 있다. 또한 독일, 스웨덴, 핀란드 등 유럽의 선진 임업국에서는 입목을 벌목, 가지흙기, 토막내기, 쌓기 작업까지 일관작업을 할 수 있는 하베스터와 프로세서, 벌목전용기계인 펠러번쳐등 고성능 임업기계를 활용하여 높은 노동생산성을 달성하고 있는 수준이다. 특히 스위스와 오스트리아의 중부유럽과 미국과 카나다의 서부 산악지 등에서는 험준한 산악지

의 임목생산작업에 대형 타워집재기와 트랙터 부착형 타워집재기가 개발 보급되고 판매되어 많이 사용되고 있는 실정이다.

제 3 절 향후 기술 개발의 전망

우리나라 산림은 앞으로 숲가꾸기 사업에 따른 산물수집과 간벌작업 등에 따른 집재작업 물량은 계속 증가할 추세이므로 향후 10년 후에는 현재보다 약 2배 이상의 집재작업 물량이 증가할 것으로 파악된다. 그러나 집재작업 등에서 현행과 같은 인력위주의 작업을 실시할 경우 더욱 많은 임업노동력이 필요할 것이지만 임업노동력 확보는 갈수록 어려워질 것으로 예측된다.

한편, 현재 타워집재기는 전량 수입에 의존하고 있으나 가격이 비싸고 부품조달의 어려움 등으로 도입이 힘든 상태이므로 가격이 저렴하고 부품 조달이 용이하여 구입이 쉽고 작업조건 및 국내 작업환경에 적합한 타워집재기의 국산화가 시급한 실정이다. 그러나 임업기계에 대한 시장성이 협소하여 국내에서 임업용 장비생산에 관심을 가지는 기업체가 극히 적고 그나마 관심을 가지는 기업체에서도 관련 분야의 기술과 정보가 없어서 임업기계의 개발 보급에 많은 어려움이 있다.

따라서 본 연구과제에서 연구 개발된 트랙터 부착형 타워집재기는 우리나라 실정에 맞는 임업기계의 개발로 다양한 산림작업에 효율적으로 사용될 것이며, 임업기계 연구 개발 분야의 기술축적과 기술 이전으로 관련 기업체의 개발역량 및 기술축적이 가능할 것이다.

또한 개발된 트랙터 부착형 타워집재기의 현장 보급으로 임목벌채작업에 의해 발생되는 산지훼손을 줄이는 환경친화적인 임목수확작업시스템을 구축할 수 있을 것이며, 향후 증대될 임업기계의 수요에도 대비할 수 있을 것이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 트랙터의 기능 분석

현재 트랙터의 용도는 공업용, 농업용, 특수용등이 있고 크기에 따라 소형, 중형, 대형 등으로 구분한다. 그 중 일반적으로 농임업용으로 사용되고 있는 트랙터는 시중에 유통되고 있는 15마력에서 120마력까지의 다양한 트랙터가 보급되어 있으며, 특히 임업용으로 사용되고 있는 트랙터는 60마력~100마력의 트랙터를 이용하고 있다. 국내업체로는 동양물산기업과 LS농기계가 있으며 JOHN DEERE, NEW HOLLAND, KUBOTA등이 있다.

농임업용 트랙터는 다목적으로 각종 작업기를 부착 또는 탑재할수 있도록 표준화된 PTO와 3점히치(3-Point linkage hitch)를 장착하고 있다.

1. 트랙터의 구조 규격 분석

아래 표 3-1은 A사 트랙터(MF390A)의 구조 규격에 대한 사양의 일례를 나타낸 것이다.

표 3-1. A사 트랙터(MF390A) 사양 일례

항 목			사 양
엔진	제조회사		MF사양의 퍼킨스 디젤
	형식		A4.248
	점화순서		4기통 - 1, 3, 4, 2
	공회전속도		750±25rev/min
연료 장치	연료 리프트 펌프		수동으로 주입
	연료필터		투명한 침전물 용기의 CAV필터
	시동보조		CAV 써모스타터
클러치	형식		듀우얼 또는 스프리트 토오크
	규격		305mm (12in)
	케이블 작동클러치		기본적으로 조정이 필요치 않음
	클러치 페달 높이	로우 프로파일 캡	150mm
		하이라인 캡	140mm
		페달유격	안전프레임 트랙터
		모든 모델	20-25mm
		듀우얼 클러치	10-15mm(3/8-5/8in)
동력 취출 장치 (PTO)	1속 상시회전형 PTO		듀우얼 클러치, 페달로 작동
	1속 독립 PTO		유압클러치, 하나의 레버로 작동
	독립 PTO		유압클러치, 하나의 레버로 작동
	표준형 PTO속도	표준펌프	540rpm : 엔진회전수 1793rpm
		고용량 펌프	540rpm : 엔진회전수 1893rpm
		고용량 펌프	1000rpm : 엔진회전수 1900rpm
	2속 PTO 속도	540rpm	엔진회전수 1902rpm
		1000rpm	엔진회전수 2000rpm
	동력 절약형 PTO 속도	표준형 540rpm	엔진회전수 1979rpm
		절약형 540rpm	엔진회전수 1421rpm
	PTO축	직경	35mm(1.375in)
		스플라인수 540rpm	6
		스플라인수 1000rpm	21

표 3-1. A사 트랙터(MF390A) 사양 일례(계속)

항 목			사 양		
조향 장치	형식		오비톨 유압파워 스테어링		
	펌프		오일 탱크가 있는 기어펌프 또는 보조 탠덤펌프		
	전륜 토우인		0-5mm(0-3/16in)		
	핸들 회전수		4.1		
	핸들대		경사지게 조정가능		
안전프레임 트렉터			자동 고정장치나 유압고정장치가 있으며 측면 구동으로 동력연결은 기계식 또는 유압식		
전륜축 (4륜 구동)	형식	캡 트렉터	유압 고정장치가 있으며 측면 구동으로 동력 연결은 유압식		
		최대 회전각	50°(회전각을 35°, 40°, 50°로 조절가능)		
		회전반경	페사에서 출판된 트렉터 안내책자를 참조		
바퀴, 림의 너트, 볼트 토오크	전륜축 - 4륜	바퀴너트	270Nm (200 1 bf ft)		
		림과 디스크	190Nm (140 1 bf ft)		
	후륜바퀴 - 프레스형	바퀴너트	325Nm (240 1 bf ft)		
		림과 디스크	240Nm (177 1 bf ft)		
	후륜바퀴 - 주조디스크	바퀴너트	325Nm (240 1 bf ft)		
		림 클램프 너트(PAVT)	260Nm (192 1 bf ft)		
차륜 폭 조정	전륜폭		1370 - 1955(54 - 77in)		
	후륜폭		1425 - 2130(56 - 83in)		
	후륜폭 : 주조디스크 휠		1395 - 2100(55 - 77in)		
전기 장치	베터리		570CCA(12V×100AH)×1개 또는 420CCA(12V×55AH)×2개		
시동 모터	종류		피니언이 연결된 솔레노이드, 안전장치 기어와 PTO레버에 의해 작동		
	규격	모든 모델	2.2KW		
	알티네이터	안전프레임 트렉터	40Amp 기계감지		
		캡 트렉터	70Apm 기계감지		
		전압조정기	14.2V		
	전구크기		와트(W)	캡	형식
		전조등	45/40	P45t	UEC
		작업등	55	PK22x	H3
		측면등	5	BAY15s	SCC
		브레이크등과 미등	5/21	BAY15d	SBC index
	트레일러 소케트		7핀		
	캡 공기흡입 송풍기		필터를 통하여 공기가 흡입되는 3단 송풍기		
	캡 난방송풍기		재 순환 공기를 사용하며 2단 송풍기		

표 3-1. A사 트랙터(MF390A) 사양 일례(계속)

항 목			사 양
유압장치	링키지 펌프		PTO축의 전면 끝에서 구동되는 4실린더 스카치 요크펌프는 링키지 램 실린더와 4개의 외부 취출점에서 일정압력의 오일을 공급함.
	펌프최대유량 : 엔진2,200rpm시	표준펌프	16.7리터/분 (4.4US gal/min)
		절약형 PTO가 부착된 표준 펌프	22.0리터/분 (4.4US gal/min)
		고용량 펌프	27.6리터/분 (4.4US gal/min)
	허용출력	표준펌프	4.7Kw (6.3hp)
		고용량 펌프	7.6Kw(10.2hp)
	여과		140미크론의 세척가능한 여과기
	보조유압 펌프	유량	35리터/분 (9.2Us gal/min)
		압력	175 bar (2530 1bf/in^2)
		허용출력	9.1Kw (12.2hp)
	여과	첫째	140미크론의 세척가능한 여과기
		둘째	20미크론의 용기 교환식 여과기
	반송구	크기	7/8-14×370 JIC 숫나사
		위치	좌측 변속기 측면 카버
	유량	표준펌프	52.6리터/분 (13.6US gal/min)
		절약형 PTO가 부착된 표준펌프	58.6리터/분 (15.5US gal/min)
		고용량 펌프	63.6리터/분 (13.6US gal/min)
	최대압력		175bar
	허용출력	표준펌프	10.1kW (13.6hp)
		고용량 펌프	16.0kW (21.5hp)
		변속기에서 이송되는 오일량	23리터
스윙드로우바 용량(표준형)	드로우바 클레비스에 PTO축간 거리	내부위치	241mm (9.5in)
		중간위치	355mm (14in)
		외부위치	400mm (16in)
끼움형 드로우바	드로우바 클레비스와 PTO축	내부위치	235mm (9.3in)
		중간위치	400mm (153/4in)
		외부위치	485mm (19in)
	최대수평 견인력		6795kgf (14980 1bf)
	너트 - 드로우바 프레임과 변속기 케이스	너트 토오크	420Nm (310 1bf ft)

표 3-2. A사 트랙터(MF390A) 기본 규격

항 목		규 격
전고	A. 배기관 까지	2485mm(98in)
	B. 운전대 까지	1781mm(70in)
	C. 안전프레임	
	2포스트(ROPS)	2524mm(99in)
	4포스트	2640mm(104in)
	D. 전폭(트랙 최소폭)	1871mm(74in)
전장	E. 스페이서가 있을 때	3761mm(148in)
	스페이서가 없을 때	3611mm(142in)
	4륜 구동	3990mm(157in)
	륜 간격	
	F. 스페이서가 있을 때	2286mm(90in)
	스페이서가 없을 때	2136mm(84in)
	4륜 구동	2350mm(93in)
지면 간격	G. 기어박스 밑면 까지	470mm(18in)
	H. 4륜구동 박스 밑면 까지	480mm(19in)
	I. 드로우바 프레임 밑면 까지	379mm(15in)
	J. 전륜축(2륜구동)밑면 까지	530mm(21in)
	K. 4륜구동 차동장치 밑면 까지	430mm(17in)
전폭	A. 트랙 최소폭	1871mm(74in)
전장	B. 스페이서가 있을 때	3490mm(137in)
	스페이서가 없을 때	3660mm(144in)
	륜간 거리	
	C. 스페이서가 있을 때	2183mm(86in)
	스페이서가 없을 때	2210mm(87in)
전고	D. 배기관까지	2460mm(97in)
	E. 캡 - 로우 프로필	2355mm(93in)
	- 하이라인	2475mm(97in)
	- 에어컨이 부착된 하이라인	2525mm(99in)
지면 간격	F. 전륜축(2륜구동)밑면까지	602mm(24in)
	G. 4륜구동 차동장치 밑면까지	302mm(12in)
	H. 드로우바 프레임까지	286mm(11in)

2. 트랙터의 동력원과 기능 분석

가. 동력취출장치(PTO)

표 3-3. PTO축 회전을 PTO축 교환에 의한 제원

축의 종류	축 경	축 규 격	A
540rpm	35mm($1^3/_8$in)	6스프라인	356mm(14in)
1,000rpm	35mm($1^3/_8$in)	21스프라인	406mm(16in)

1. 1속 PTO

- 1속PTO는 듀우얼 클러치에 의해 연결된다.

- 클러치 페달을 밟으면 엔진 동력이 주행 변속기에만 동력이 끊기고 PTO 작동에는 영향을 주지 않는다.

- PTO 동력 연결시: 페달을 완전히 밟고 레버를 앞쪽(A)으로 한다.

- PTO 동력을 끊으려면 페달을 완전히 밟고 레버를 중립(N)위치로 합니다.

2. 1속 독립형 PTO

- 1속 540rpm의 PTO는 주행클러치를 사용하지 않고 별도의 유압클러치 작동에 의하여 동력이 연결되고 끊어집니다.

- 동력을 연결할 때에는 엔진회전을 1,600rpm 이하로 하여야 한다.

3. 2단 변속 독립형 PTO

- 변속 가능한 독립형 PTO는 축의 교환 없이 레버의 작동으로 변속이 가능하며, 540/1,000의 사향과 540/540E 형이 있다.

- 독립형 PTO는 PTO 구동장치와 PTO가 구동장치를 보호하기 위하여 엔진회전을 1,600rpm이하에서 연결하고, 연결과 끊김이 완전한지 반듯이 확인 하여야 한다.

표 3-4. PTO 종류에 따른 PTO 회전수와 엔진회전수

PTO 540/1,000		PTO 540/540E	
PTO 회전수	엔진회전수	PTO 회전수	엔진회전수
540(rpm)	1,902(rpm)	540(rpm)	1,974(rpm)
1,000(rpm)	2,000(rpm)	1,421(rpm)	540(rpm)

나. 유압 승강장치

1. 견인제어 : 작업기의 경심을 조정할 때 사용

2. 위치제어 : 작업기의 작업 높이를 조정하는데 사용

3. 하강속도 제어 : 작업기나 하부링크의 하강 속도를 조정하는데 사용

- 손잡이를 시계방향(+)으로 돌리면 빠르게, 시계반대방향(-)으로 돌리면 느리게 하강

4. 선택제어 : 유압 흐름을 링키지 펌프레서 승강장치 또는 보조유압 밸브로 유압의 흐름을 바꾸며 선택합니다.

5. 보조유압 : 이 레버는 트레일러, 로우더, 유압모터 등과 같이 유압동력을 필요로 하는 외부 장비를 조정하는데 사용합니다.

6. 레버 스톱퍼 : 이 스톱퍼는 원하는 작업 깊이나 높이를 고정할 수 있다.

다. 보조유압

1. 보조유압 제어밸브: 단동 또는 복동을 제어하는 제어스핀들

2. 유압제어밸브. 스프링 작동레버

- 제어밸브레버는 스프링 작동하여 사용 후에는 항상 자동으로 중립위치로 되돌아온다.

3. 유압제어배브, 멈춤레버

4. 유압제어밸브, 플로트 멈춤레버

5. 유압모터

- 멈춤절환 키트가 반듯이 부착되어야 한다.
- 모터의 급송부를 커플러에 연결한다.
- 유압모터를 부착할 때는 유압회로가 충분히 작동할 수 있는지 확인 점검

라. 리프팅 링키지

하부링크는 승강암에 의해 상승, 하강하며 작업기에 의해 가해지는 대부분의 하중을 흡수합니다. 하부링크의 끝부분은 볼죠인트로 되어 있어 작업기를 상승시키거나 하강할 때 좌우로 약간 움직입니다.

- 주요부품

상부링크, 조절 가능한 리프트 로드, 간격 스프링, 하부링크, 고정체인, 안전장치, 좌측리프트 로드, 리프트 보조램.

1. 상부링크

- 상부링크의 길이는 래치를 뒤로 당기고 슬리브를 돌려서 조정하며, 작업기를 부착 할 때 전후의 기울기를 조정하는데 사용

2. 리프트 로드의 조정

- 리프트 로드의 하부 포크형 끝 부분은 작업기의 폭의 넓이에 따라 조정

3. 고정체인

- 고정체인 하부링크가 바깥쪽으로 쏠리는 것을 방지합니다.

4. 안전장치

- 작업기를 부착하여 이동하거나 작업할 때 하부링크의 좌,우 흔들림을 조정하는데 사용

5. 리프트 보조램

- 유압리프트 보조램은 단동으로 작동하며 하부링크의 상승 능력을 증가시킵니다.

마. 작업기의 부착과 분리

하부링크 끝부분종류 : 볼 교환형, 고정형, 관절형, 훅형, 끼움형

하부링크의 간격스프링 : 대형 트랙터에는 양측 하부링크 사이에 스프링을 부착하여 사용할 수 있다 이 스프링은 하부사이의 간격을 일정하게 유지해 준다.

1. 작업기 부착

- 견인제어 레버를 상승 끝부분으로 이동

- 하부링크를 내리고 트랙터 후진시킨 다음 작업기의 연결핀과 같은 선상에 있도록 하부링크를 올린다.

- 먼저 좌측 하부링크를 부착하고 린치 핀으로 고정 시킨다.

- 상부링크는 3개의 연결구멍 중 상부연결구멍은 가벼운 견인작업기로 최대 깊이가 100-150mm인 낮은 깊이로 작업할 때 사용, 중앙연결구멍은 무거운 견인작업기로 50mm-300mm깊이로 작업할 때와 작업기를 장시간 매달아 작업할 때 사용, 하부연결구멍은 매우 무거운 작업기를 깊게 또는 낮은 경심작업과 압축압력과 인장력 의 영향을 감소시킬 필요가 있을 때 사용

표 3-5. 링키지 형식에 따른 제원

링키지형식	하부 링크폭 "A"	상부 링크높이 "B"
카테고리 1형	683mm	460mm최소
카테고리 2형	825mm	510mm최소

- 만약 우측 하부링크를 용이하게 장착하기 위하여 수평조절기를 사용하였을 경우는 작업기가 수평이 되도록 리프트로드의 나사를 회전시켜 조정

2. 작업기의 분리

- 평탄한 곳에 주차
- 위치 제어레버 이용 하여 작업기를 지면에 내린다.
- 엔진 정지
- 하부링크를 분리하고 축과 PTO 보호덮개를 분리 한다.
- 유압호스를 분리하고 제어밸브의 커플링에 덮개를 씌운다.

바. 압력릴리프 밸브

압력릴리프 밸브에서 계속 오일이 토출되지 않도록 트랙터의 유압장치를 사용하고, 계속하영 오일이 토출되면 하부링크를 계속 상승시켜 과부하가 작동하는 원인이 된다.

사. 자동히치

자동히치는 링형 드로우바 아답터로 작업기를 쉽게 보다 빠르게 연결하는 장치로서 끼움형 드로우바 축을 사용하도록 설계 되었다.

히치훅의 최대 적정부하용량은 2,268kg(5,000 1b)이다.

아. 안전체인

작업기를 견인할 때는 트랙터에 견인되는 작업기의 중량보다 인장강도가 강한 안전체인을 사용해야 한다.

자. 스윙드로우바 - 자동히치

이 형식의 드로우바는 자동 트레일러 히치를 부착할 때 사용한다.

표 3-6. 스윙드로우바의 최대정적 수직부하와 간격

형식	지점	드로우바클레비스	
		PTO 축 끝부분에서의 거리	최대 정적부하
일반형	안 쪽	245mm	1,00kgf
	바깥쪽	236mm	775kgf
강력형	안 쪽	254mm	1,633kgf
	바깥쪽	256mm	1,179kgf

차. 프론트웨이트와 주행속도표

프론트웨이트 부착 프레임은 프레임은 전면 지지구조물 볼트로 고정되어 있다. 최대8개의 45kg 또는 8개의 27kg 무게추를 장착할 수 있다.

표 3-7은 여러 종류의 변속기 또는 후륜축에 대하여 트랙터의 주행속도를 km/hr(mile/hr)로 표시하였습니다. 속도는 엔진 회전수가 2,200rpm일때의 기준입니다. 속도표를 참조하여 여러분의 트랙터에 부착하고자 하는 타이어 규격을 선택하시오.

표 3-7. 주행 속도표

(단위 : km/hr(mil/hr)

12단 - 동기맞물림식 기어박스			12단 -셔틀기어박스		
속도(단)		365.375.390A	속도(단)		365.375.390A
전진	◆저속 느리게 1단 2단 3단 빠르게 1단 2단 3단	1.9(1.2) 2.5(1.5) 2.9(1.8) 3.7(2.3) 5.4(3.3) 6.8(4.2)	전진	◆저속 1단 2단 3단 4단 ◆중속 1단 2단 3단 4단 ◆고속 1단 2단 3단 4단	1.7 (1.0) 2.2(1.4) 2.9(1.8) 3.8(2.3) 4.7(2.9) 6.2(3.8) 8.1(5.0) 10.6(6.6) 12.8(7.9) 16.7(10.4) 21.9(13.6) 28.7(17.8)
	◆고속 느리게 1단 2단 3단 빠르게 1단 2단 3단	8.0(5.0) 10.1(6.3) 12.0(7.5) 15.2(9.4) 22.0(13.7) 27.9(17.3)	후진	◆저속 1단 2단 3단 4단 ◆중속 1단 2단 3단 4단 ◆고속 1단 2단 3단 4단	1.8(1.1) 2.4(1.5) 3.1(1.9) 4.1(2.5) 5.1(3.2) 6.7(4.2) 8.8(5.5) 11.5(7.2) 13.8(8.6) 18.1(11.2) 23.7(14.7) 31.1(19.3)
후진	느리게 1단 2단 빠르게 1단 2단	2.9(1.8) 3.7(2.3) 12.0(7.5) 15.2(9.4)	미속 - 전진 1단 2단 3단 4단		0.37(0.24) 0.40(0.25) 0.65(0.40) 0.48(0.52)

파. 타이어 하중과 공기압

타이어의 적정 공기압은 농용 타이어의 만족한 성능을 유지하는데 가장 중요한 요소이다. 정확한 공기압은 차축에 부과되는 하중에 의하여 결정되며, (예 : 작업기를 장착하여 들어 올린 위치에서의 뒤 차축에 부과되는 하중)이와 관련된 타이어 하중과 공기압은 다음 표를 참조하십시오. 타이어의 부하는 밸런스 웨이터와 밸러스트, 연료 탱크에 연료를 가득 채운 상태에서 계산하여야 한다. 농용 타이어는 속도를 줄이거나 높은 하중이 작용할 때, 경사지에서의 작업, 단단한 포장지에서 장시간 작업, 도로를 주행할 때는 공기압을 증가시켜야 합니다. 타이어 하중 운송 능력은 속도에 따라 변화하므로 다음 표에 표시한 압력 보다 저속에서는 가끔 하중을 증가시키고, 고속에서는 하중을 감소시킵니다. 표 3-8에서 하중 단위는 kg이며, lbs로 환산할 때는 2.205를 곱하여 준다.

- 4륜구동의 전륜과 후륜의 레디얼 타이어 압력과 허용하중

하중(kg) - 30km/hr에서 공기압(bar - lbf/in2)

표 3-8. 타이어 하중과 공기압

타이어규격	0.5bar 7 1bf/in^2	0.6bar 9 1bf/in^2	0.8bar 12 1bf/in^2	1.0bar 15 1bf/in^2	1.2bar 17 1bf/in^2	1.4bar 20 1bf/in^2	1.6bar 23 1bf/in^2
12.4R 20	760	885	960	1040	1115	1225	1340
9.5R 24	580	675	735	800	955	955	1045
11.2R 24	715	830	905	1050	1155	1155	1265
12.4R 24	830	965	1045	1210	1335	1335	1455
13.6R 24	875	1015	1105	1285	1415	1415	1550
14.9R 24	1000	1165	1275	1495	1655	1655	1820
14.9R 26	1030	1200	1315	1425	1540	1705	1875
16.9R 26	1290	1500	1640	1775	1915	2125	2335
18.4R 26	1520	1765	1915	2070	2220	2450	2675
11.2R 28	760	885	960	1040	1115	1225	1340
12.4R 28	875	1015	1105	1195	1285	1415	1550
13.6R 28	920	1070	1170	1265	1365	1515	1660
14.9R 28	1060	1230	1345	1465	1580	1750	1925
16.9R 28	1335	1550	1690	1835	1975	2185	2395
14.9R 30	1090	1265	1385	1505	1625	1800	1980
16.9R 30	1380	1605	1750	1890	2035	2245	2460
18.4R 30	1610	1875	2035	2195	2355	2595	2835
12.4R 32	900	1045	1140	1230	1325	1465	1605
16.9R 34	1470	1710	1860	2005	2155	2380	2600
18.4R 34	1700	1980	2150	2320	2490	2740	2995
12.4R 36	945	1100	1200	1305	1405	1560	1710
13.6R 36	1030	1200	1315	1425	1540	1705	1875
13.6R 38	1060	1230	1345	1465	1580	1750	1925
15.5R 38	1275	1475	1590	1720	1860	2065	2270
16.9R 38	1565	1820	1975	2135	2290	2520	2755
18.4R 38	1795	2085	2260	2430	2605	2930	3210
20.8R 38	2170	2525	2755	2985	3215	3560	3905

하. 정비와 조정

1. 최초 점검

- 최초 50시간 작업 후 반드시 기본점검을 실시하여야 하며, 이것은 트랙터의 점검, 조정, 오일량 점검, 오일과 필터교환을 실시하여야 한다.

2. 일상점검

- 장비효과를 높이기 위하여 규칙적인 정비가 매우 중요하다.

- 오일은 반드시 양질의 제품을 사용하고 그리이스 주유부는 깨끗이 닦고 그리이스를 주입한다

- 배유플러그와 필터플러그를 분리할 때에는 주의를 깨끗이 하여야 한다.

- 오일과 연료 주입시에는 깨끗한 통을 사용하여 이물질이 유입되지 않게 한다.

3. 수시정비

- 트랙터의 작업과 운전조건에 따라 점검 및 정비시간을 기계사용자가 설정

4. 시간 표시계

- 엔진 가동시간을 표시하며 시간표 시계는 우측 둘째 자리까지의 숫자는 100분의 1시간을 표시한다.

예) 0025380일 때 253시간 48분(우측둘째자리 까지 숫자80→80/100×60분=48분)

5. 점검·정비시 안전사항

- 오일을 교환할 때는 적당한 크림을 손에 발라준다.

- 방호복과 PVC 장갑을 착용한다.

- 오일교환이 끝나면 물과 비누로 깨끗이 씻는다.

- 더러운 오일을 장기간 접촉하면 건강에 영향을 미치므로 위의 내용을 반드시 준수

6. 트랙터 작동 및 정비시 유의사항

- 손, 연장, 옷 등은 트랙터의 작동부위로부터 멀리하여 안전사고 예방

- 배기파이프나 매니폴드에 피부가 닿지 않도록 하고 화상의 위험으로부터 주의

- 리프팅 잭만으로 트랙터를 받친 후 그 아래에서 작업을 하지 말고 반듯이 적당한 지지대를 반치고 안전한 작업에 임할 것

- 어린이나 트랙터 안전교육을 받지 않은 사람은 기대에 접근을 못하도록 해야 한다.

7. 점검 및 정비 일람표

점검 및 정비 일람표		주기				
		수시	매100시간	매250시간	매500시간	매1,000시간
그리이스 주유	4륜구동축 유니버셜 죠인트, 커플러에주유				1	
	4륜구동 전륜 액슬 유니버셜 죠인트에 주유				2	
엔진	모든 그리이스 닛플에 주유		3			
	엔진오일 점검과 보충	4				
	엔진오일과 필터 교환			5		
	밸브팁 간격 점검과 조정	6 매 2,000시간				
연료장치	연료필터 컵의 침전물 배수	7				
	연료필터 엘레멘트 교환				8	
	연료분사너즐 점검, 엔진오일과 필터 교환	6 매 2,000시간				
	연료분사펌프 청소(여과기)				10	
공기청정기	예비청정기 점검	11				
	건식공기청정기의 엘레멘트 점검과 청소	12				
	건식공기청정기의 엘레멘트 교환				8	
냉각장치	라디에이터 냉각수 점검과 보충	14				
	라디에이터와 오일냉각핀, 에어컨 청소	15				
	냉각장치의 배수, 청소, 재 보충					16
전기장치	베터리 청소, 석유젤리로 연결부 닦음. 충전상태 점검			17		
	발전기 팬벨트의 장력 점검			18		
조향장치	앞바퀴 허브 조정상태 점검(2륜 구동)				19	
	앞바퀴 정렬상태 점검					20
변속기와 유압장치	변속기(밋션)오일 점검과 보충		21			
	후륜 유성치차케이스 오일점검과 보충(강력형)			22		
	변속기(밋션)오일 교환					23
	후륜 유성치차케이스 오일 교환(강력형)					24
	보조유압펌프 여과기 청소					25
	보조유압펌프 오일필터 엘레멘트 교환			26		
	링키지 펌프 오일여과기청소					27
브레이크	브레이크 점검 및 조정			28		
	유압브레이크 액 점검과 보충			29		
	브레이크 액 교환과 브레이크파이프 라인 점검	매 2,000시간, 매2년				
4륜 구동	4륜구동 전륜축과 유성치차 케이스 오일 점검과 보충			30		
	4륜구동 전륜축과 유성치차 케이스 오일 교환					31
휠과 타이어	타이어 공기압 점검		32			
	휠너트 조임상태 점검			33		
캡	유리세척수 점검과 보충	34				
	캡 에어필터 청소	35				
	캡 에어필터 교황					36
	에어컨 작동상태 점검			37		
	에어컨 콤프레샤의 벨트장력 점검				38	
기 타	오일 윤활부			39		

제 2 절 트랙터 부착형 타워집재기의 기능 분석

타워집재기(Tower-yarder)는 주로 급경사지 임내의 임목을 임도 또는 토장으로 집재하는 가선계 집재기계로서 임업 선진국에서는 고성능임업기계로 개발 도입되어 있으며, 타워집재기는 자체에 타워를 장착하고 있어 설치 및 철거가 용이하여 간벌작업 등에서 효율적으로 사용되고 있는 집재 기계이다.

1. 국내외 주요 타워집재기의 종류

국내외 개발 보급되어 있는 주요 타워집재기는 자주식과 견인 이동식이 있으며, 대부분 임내차 및 트럭 탑재형으로 되어 있고 일부 트랙터 부착형 또는 견인형으로 개발 보급되어 있다.

해외에 주로 개발 보급되어 있는 타워집재기는 다양하며, 특히 산악지가 많은 중유럽과 북미, 일본 등지에서 많이 개발 보급되어 있다. 그림 3-1의 타워야더는 급준한 산악지가 많은 스위스와 오스트리아 등지에서 개발 보급되어 있는 타워집재기로서 대표적인 기종으로서 오스트리아 Koller사 K-300시리즈 등이 있다.

또한 그림 3-2와 같이 미국과 카나다의 산악지를 중심으로 개발 보급되어 있는 대형 타워집재기도 있다. 그림 3-3과 3-4는 우리나라와 지형적인 조건이 비슷한 일본에서 개발 보급되어 있는 타워집재기로서 오이까와(及川)사의 RME-200T 및 RME-300T 기종 등이다.

오스트리아 Koller사의 타워집재기는 런닝스카이라인 삭장방식도 가능하나 대체로 고정식 스카이라인 삭장방식을 이용하고 있으며, 오이까와사 타워집재기는 스카이라인 본선도 장착이 되어 있으나 주로 런닝스카이라인 삭장방식을 이용하고 있다. 런닝스카이라인 삭장방식은 고정스카이라인에 비해 비교적 설치 및 철거작업시간을 단축시킬 수 있으며 사용도 용이하다.

트랙터 부착형 타워집재기(Tower-yarder)는 그림 3-5와 3-6, 3-7과 같이 다양한 기종이 있으며, 자력(自力)이동 및 동작이 불가능하고 트랙터에 견인 이동되며 동력원이 트랙터의 PTO(동력취출장치, Power Take Off)에 의하여 작동되거나 견인형 중에서 자체 동력원이 장착된 타워집재기가 있다.

그림 3-1. 중유럽지역에서 사용되는 주요 타워집재기

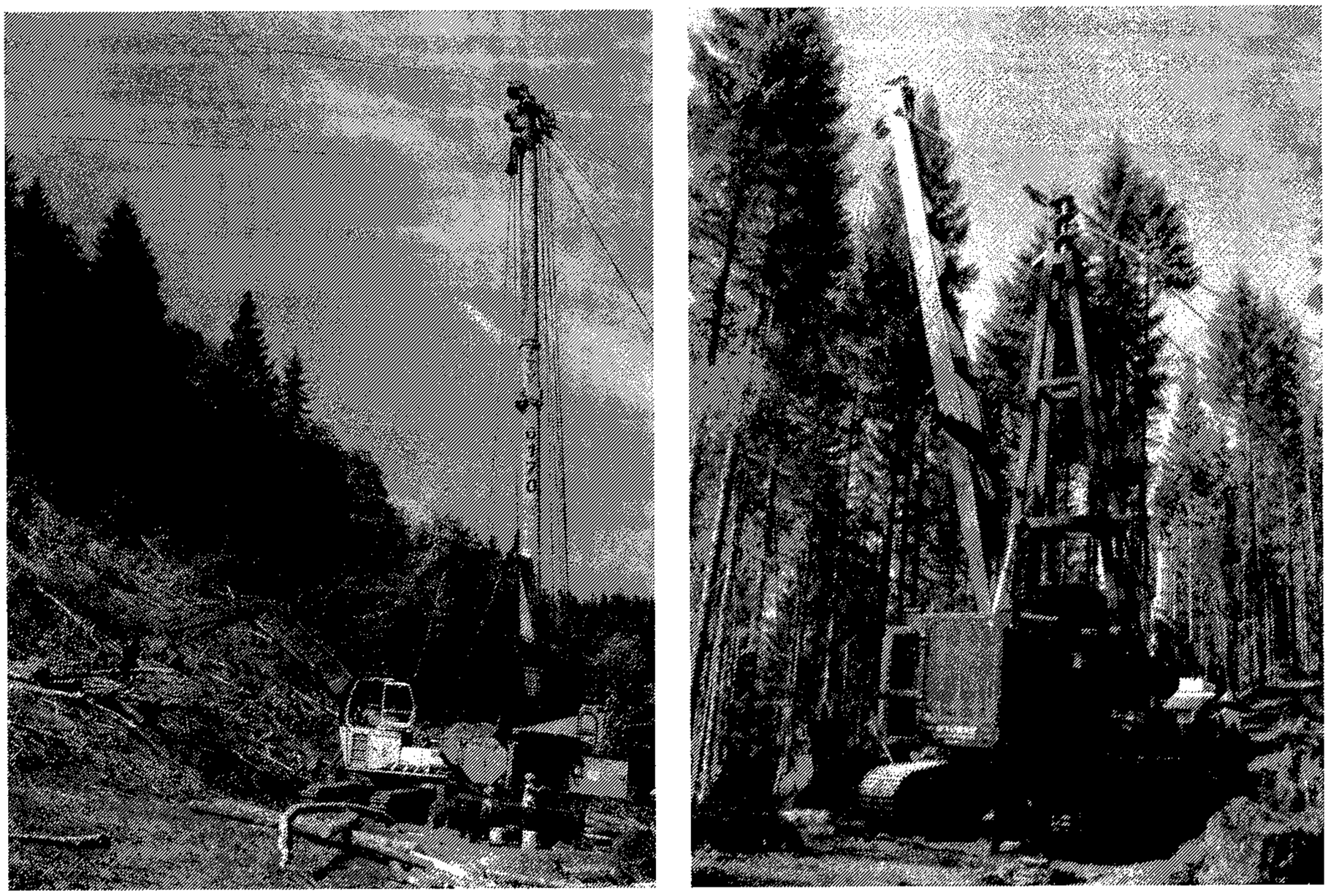


그림 3-2. 북미지역에서 사용되는 주요 타워집재기

그림 3-3. 일본에서 사용되는 주요 타워집재기

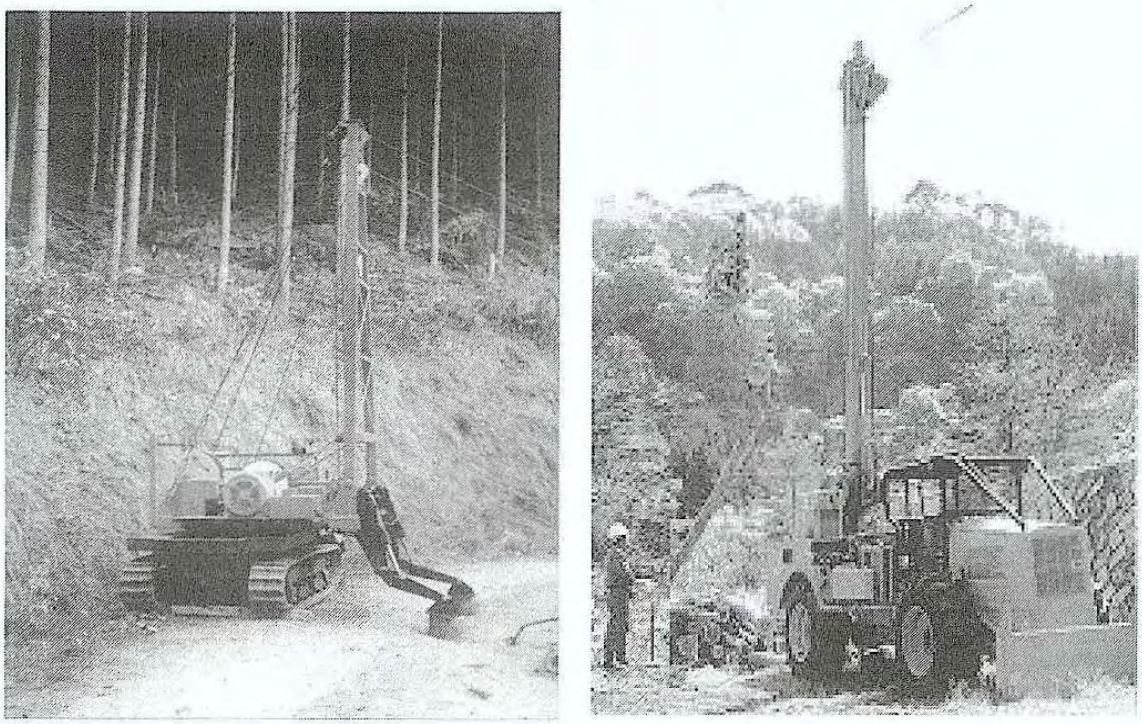


그림 3-4. 일본에서 사용되는 주요 타워집재기

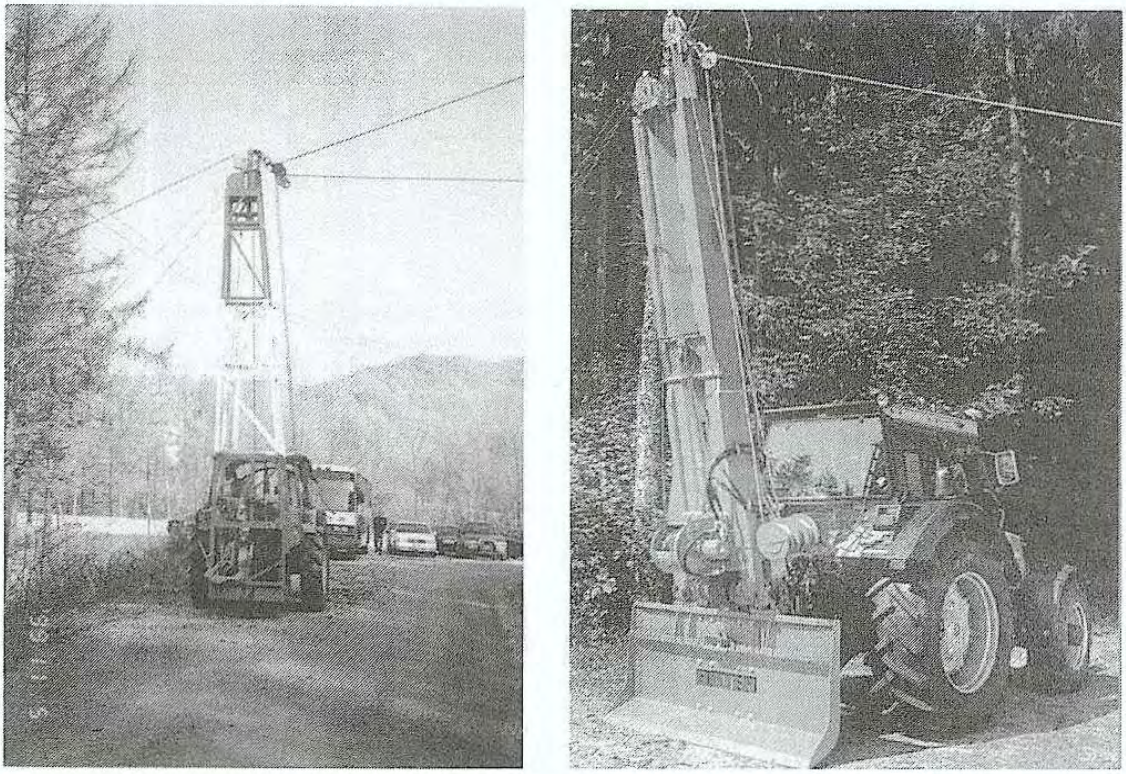


그림 3-5. 트랙터 부착형 타워집재기

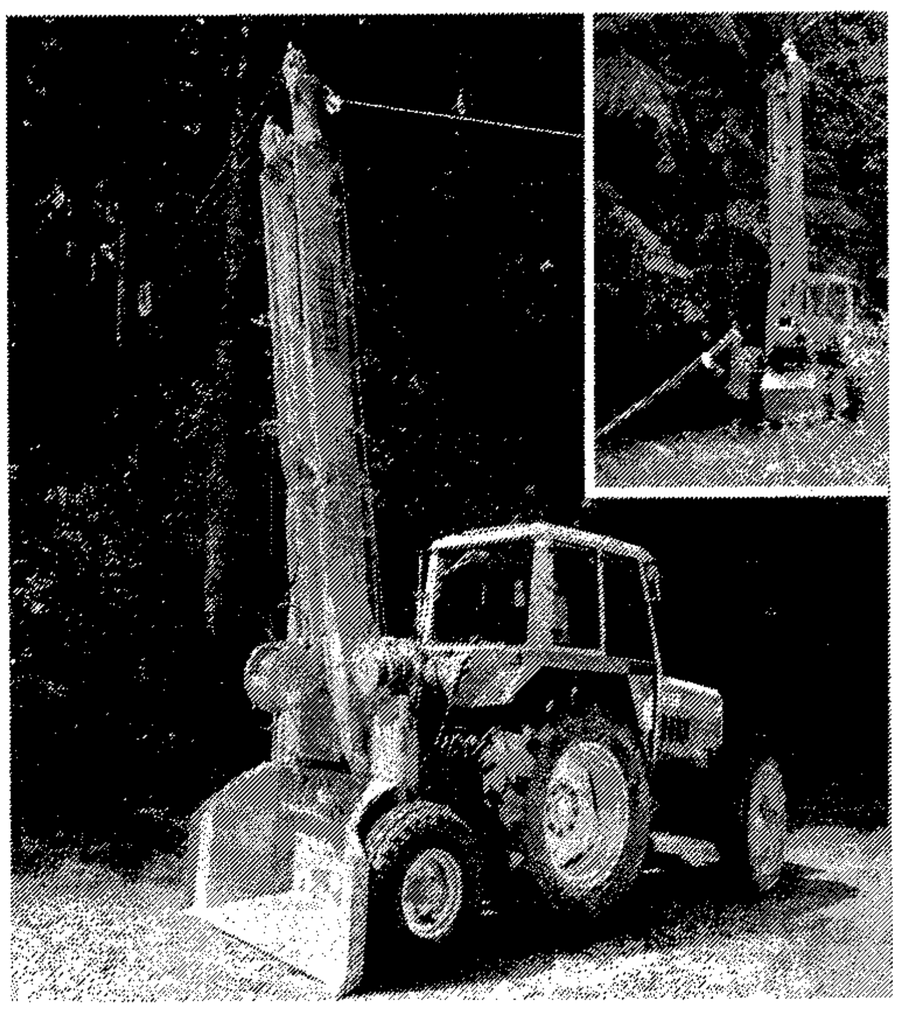
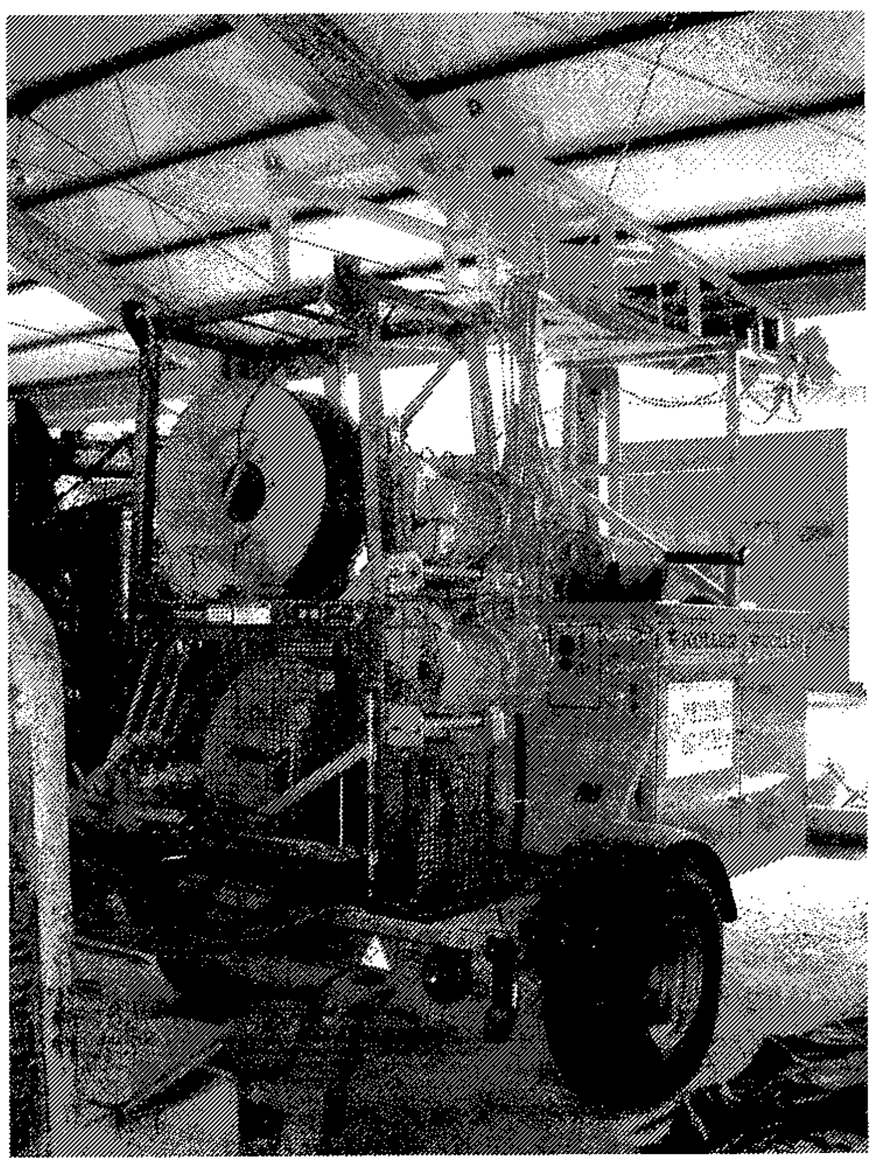


그림 3-6. 트랙터 부착형 타워집재기



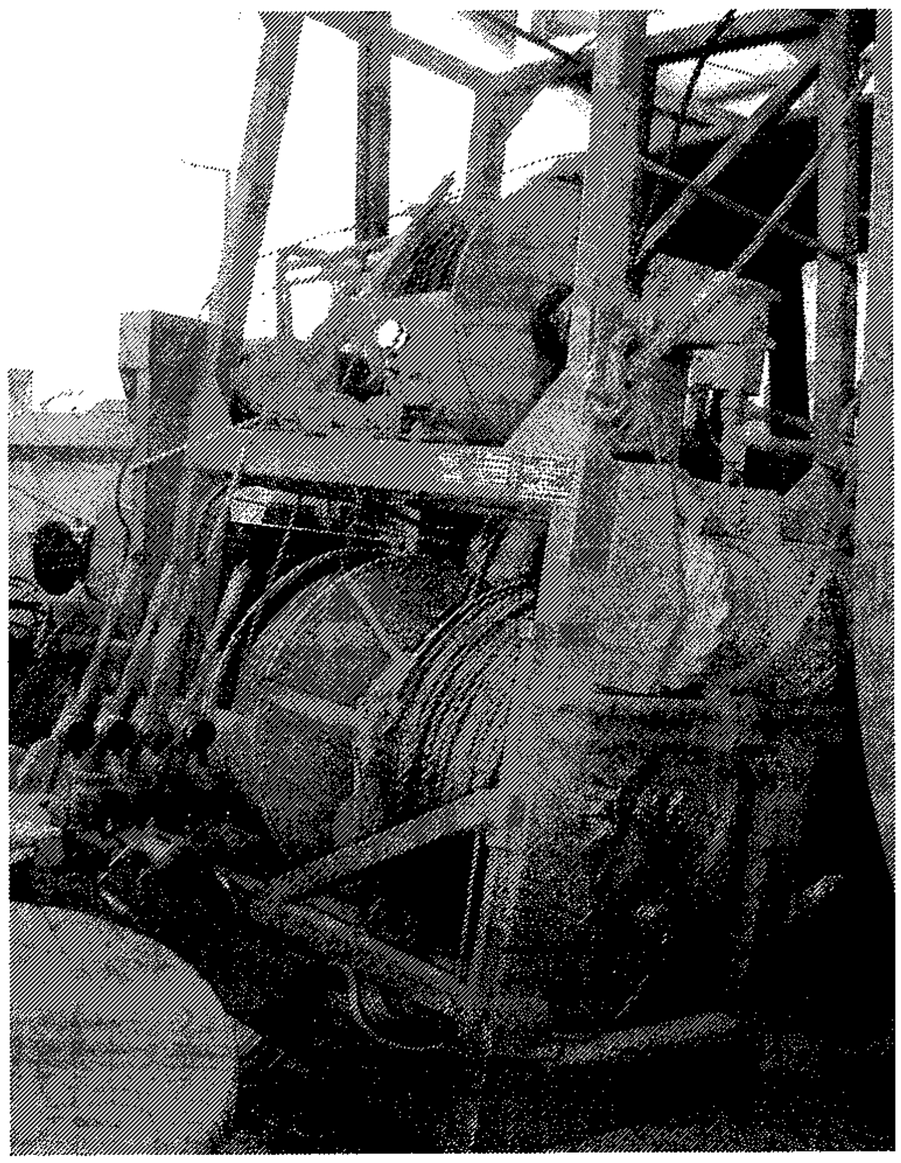


그림 3-7. 트랙터 부착형 타워집재기

한편, 우리나라에서 개발된 타워집재기와 트랙터 부착형 타워집재기는 그림 3-8과 같으며, 기존 외국의 타워집재기 및 트랙터 부착형 타워 집재기에 비해 크기와 형태가 다소 다르다. 특히, 가선 삭장방식이 간단하고 하향집재 등의 기능과 성능이 다소 떨어진다.

국내에서 개발된 트랙터 부착형 타워집재기는 윈치부와 삭장방식에서 보편적인 원리로 제작되어있지 않고 기능면이나 작업능률적인 측면에서 다소 비효율적으로 제작되어 있었다. 국내 도입된 외국 기종은 삭장방식과 구조규격 측면에서 복잡하고 커기 때문에 우리나라의 소경목 임상과 소규모 벌채작업과 간벌작업 등에 다소 부적합 측면이 있다.

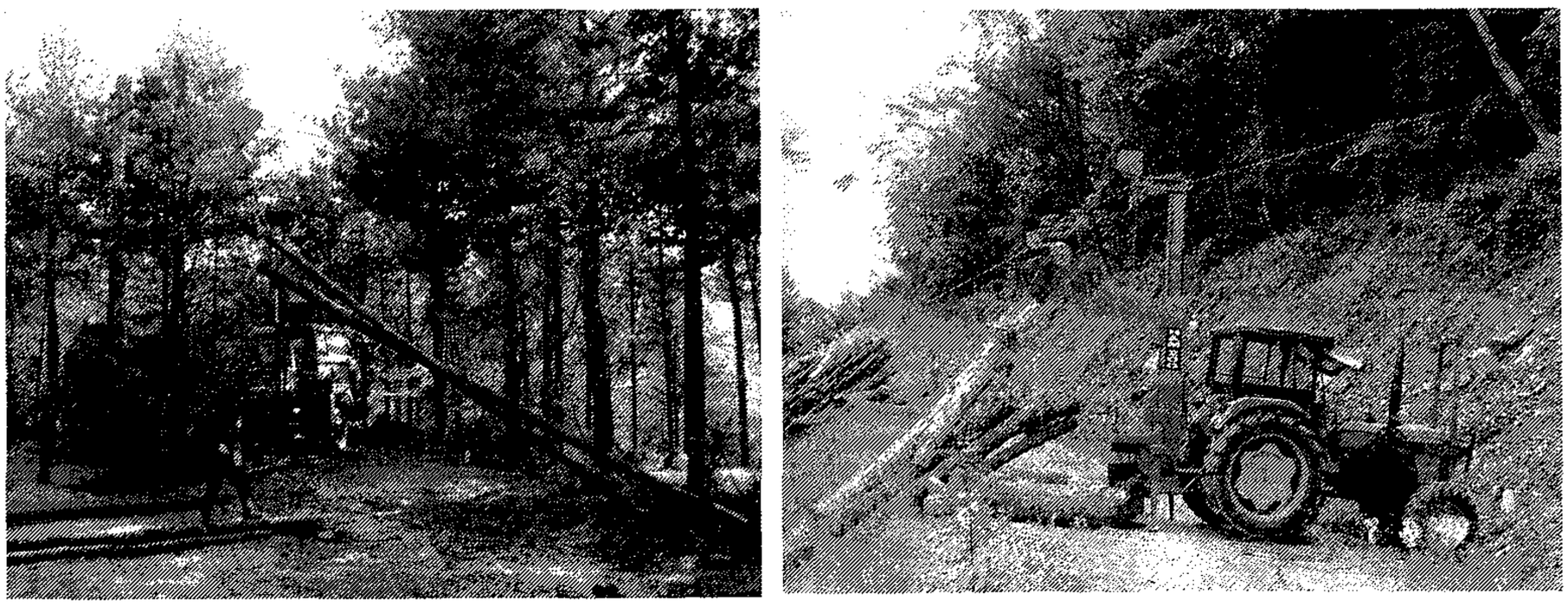


그림 3-8. 국내 개발된 타워집재기 및 트랙터 부착형 집재기

2. 트랙터 부착형 타워 집재기(Tower-yarder)의 기능 분석

타워 집재기는 주로 급경사지 임내의 임목을 임도 또는 토장으로 집재하는 가선계 고성능 집재기계로서 타워가 부착되어 가선의 설치 및 철거가 용이하다. 타워 집재기는 크게 타워부와 반송기부, 조작부의 4개부분과 타워 집재기 고정을 위한 보조라인부로 구성되어 있다. 타워 집재기의 윈치부의 드럼에 와이어로프가 감겨 있으며, 타워부는 윈치부를 지지하고 일체가 되어 전체 차체부분으로서 주로 구조물로 구성되어 있다. 타워집재기의 일반적인 기능을 분석하였다.

트랙터 부착형 타워 집재기는 트랙터의 후방 3점히치(3-point linkage hitch)에 장착되어 주행시 들어올려서 이동하거나 설치 철거할 수 있도록 되어 있다. 타워 집재기의 타워는 굴절식 또는 신축식으로 제작되어 있고 유압 실린더에 의해 타워의 높이를 조절하거나 굴절되도록 되어 있다.

윈치부는 와이어에 견인력을 발생시키는 부분으로 타워 집재기의 가장 중요한 부분 중의 하나이다. 본 연구에서는 가선을 이용한 십여개의 삭장방식 중 상하향 집재가 용이하고 가선의 설치 및 철거가 쉽고 일반적인 타워 집재기에서 많이 채택되고 있는 런닝스카이라인방식(Running skyline system)을 채택하였다. 가선은 런닝스카이라인 삭작방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위한 작업 드럼은 2개, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼을 장착하고 있다. 작업 드럼의 회전은 먼저 이를 위해 회전 PTO를 이용하는 1개의 유압펌프를 장착하고 있고 2개의 드럼 회전용으로 유압모터 2개를 장착하고 있다. 이 유압모터 회전은 유압펌프에서 나오는 유압력을 이용하여 회전시키도록 되어 있다.

런닝스카이라인 삭장방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위해 작업드럼을 2개 사용하였다. 따라서 상향집재와 하향집재와 작업의 효율성 및 안전성을 위하여 드럼의 동조작용을 위해 윈치부에 인터록크(Inter locker)장치를 장착하고 그 중에서도 드럼의 동조와 브레이크 기능을 수행하는 유압식 인터록크(Inter locker)장치를 채용하였다. Inter locker 장치를 장착하여 집재작업시에 드럼의 푹주나 집재목의 낙하 등을 방지하고 작업과 조작이 원활히 수행되도록 되어 있다. 인터록크란 복수의 보통드럼을 관계시켜서 하중(중력)의 움직임에 의하여 중동측 드럼에 발생하는 회전력을 구동측 드럼의 구동측 드럼의 구동력의 활용하는 합리적인 운전기구를 의미한다.

반송기(Carriage)는 런닝스카이라인 삭장방식에 맞고 쵸킹작업 등 취급이 용이하고 충격에도 강하도록 구조가 간단하다.

타워 집재기의 조작은 집재작업이 용이하고 조작이 손쉽고 편리하도록 유선리모콘 조작방식이나 레버식 조작방식을 같이 채택하고 있다.

가. 기본차체

트랙터 부착형 타워집재기는 자주식과 견인 이동식이 있다. 우리나라에 도입된 외국기종 일부만 트랙터 부착형으로 나와 있으며, 대부분 임내차 및 트럭 탑재형으로 되어있다.

트랙터 부착형의 경우 차체가 타워와 일체인 경우 타워의 하부에 윈치 및 구동부가 장착되어 있으며 기본차체를 가지고 있는 타워집재기는 타워와 별도의

공간에 윈치 및 구동부가 위치해 있으며 타워는 차체의 중간부분에 장착되어 있다.

나. 타워부

타워집재기의 타워부는 상부에 도르레를 장착하여 가선의 이송을 도우는 부분으로 보통 신축식과 굴절식으로 되어 있다. 상부 도르레는 기본 스카이라인 도르레와 메인라인, 홀백라인 그리고 3개이상의 가이라인(Guy line) 도르레로 구성되어있다.

타워의 형태는 트러스(Truss)와 4각 혹은 6각 붐으로 되어 있으며 타워는 힘을 가장 많이 받는 구조중의 하나이다.

다. 동력원

자체에 별도의 엔진이 장착된 것 이외에는 트럭, 임내차 그리고 트랙터의 PTO를 이용하여 동력원으로 사용한다. 유압의 발달로 기계적인 윈치보다는 유압모터를 이용하여 각 부분을 작동시킨다.

라. 윈치부

윈치부는 타워집재기의 집재기로서 역할을 수행하는 부분으로 스카이라인 작업시 작업줄을 풀거나 당기는 역할을 한다. 그리고 타워집재기는 2드럼을 사용하여 스카이라인 삭장방식을 이용한다.

런닝스카이라인 삭장방식에서는 메인라인과 홀백라인의 이송속도를 일정하게 하기위하여 캡스턴드럼을 사용하기도 하고 엔코더에 의하여 드럼의 속도를 조절하여 작동되도록 되어있다. 스카이라인 삭장방식에서는 작업본줄을 작동시킨다.

별도의 캡스턴드럼이 없을 경우에는 윈치자체가 저장드럼의 역할을 같이 수행한다. 윈치부는 와이어에 견인력을 발생시키는 부분으로 타워 집재기의 가장 중요한 부분 중의 하나이다. 본 연구에서도 가선을 이용한 십여개의 삭장방식 중 상하향집재가 용이하고 가선의 설치 및 철거가 쉽고 일반적인 타워 집재기에서 많이 채택되고 있는 런닝스카이라인 삭장방식(Running skyline system)을 채택하였다.

가선은 런닝스카이라인 삭작방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위한 작업 드럼은 2

개, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼을 장착하고 있다. 작업 드럼의 회전은 먼저 이를 위해 회전 PTO를 이용하는 1개의 유압펌프를 장착하고 있고 2개의 드럼 회전용으로 유압모터 2개를 장착하고 있었다. 이 유압모터 회전은 유압펌프에서 나오는 유압력을 이용하여 회전시키도록 되어 있었다.

런닝스카이라인 삭장방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위해 작업드럼을 2개 사용하였다. 따라서 상향집재와 하향집재와 작업의 효율성 및 안전성을 위하여 드럼의 동조작용을 위해 윈치부에 인터록크(Inter locker)장치를 장착하고 그 중에서도 드럼의 동조와 브레이크 기능을 수행하는 유압식 인터록크(Inter locker)장치를 채용하였다. Inter locker 장치를 장착하여 집재작업시에 드럼의 푹주나 집재목의 낙하 등을 방지하고 작업과 조작이 원활히 수행되도록 되어 있었다.

인터록크(Inter locker)란 복수의 보통드럼을 관계시켜서 하중(중력)의 움직임에 의하여 중동측 드럼에 발생하는 회전력을 구동측 드럼의 구동측 드럼의 구동력의 활용하는 합리적인 운전기구를 의미한다.

마. 유압 동력부

타워집재기의 대부분의 동작이 유압펌프에서 나오는 유압력으로 작동되므로 트랙터의 PTO의 작동 및 회전수와 관계가 크다.

그러므로 타워집재기는 유압의 조절을 위하여 각종밸브가 장착되어 있고 이 유압밸브들이 각 기관의 유압모터와 유압실린더를 작동시킨다.

바. 반송기 및 조작부

반송기(Carriage)는 런닝스카이라인 삭장방식에 맞고 쵸킹작업 등 취급이 용이하고 충격에도 강하도록 제작되었으며, 구조가 간단하였다.

또한 타워 집재기의 조작은 집재작업이 용이하고 조작이 손쉽고 편리하도록 유선 리모콘 조작방식이나 레버식 조작방식을 병행해서 채택하고 있었다.

제 3 절 트랙터 부착형 타워집재기 개발의 목표설정

1. 베이스머신 트랙터의 선정

트랙터를 이용한 타워집재기의 윈치부 개발에서 트랙터는 타워집재기의 동력원 및 견인차량이다. 일반적으로 농림업용으로 많이 보급되어 있고, 또 임목 집재용 윈치의 견인력 등 동력원으로서 충분한 성능을 구비하고 있는 트랙터를 선정하였다. 타워집재기의 윈치부 주요 성능은 유압모터 및 유압실린더의 회전과 유압력이므로 타워집재기의 충분한 유압력을 발휘할 수 있는 트랙터를 베이스머신의 목표로 선정하였다. 타워집재기의 윈치부와 타워부 등 모든 동력원은 트랙터의 PTO(동력취출장치, Power take-off)의 동력을 이용하므로 트랙터의 동력원을 파악하여 유압라인과 PTO 회전 샤프트를 개조할 수 있어야 한다. 타워집재기의 견인은 트랙터 후방 3점히치(3-point linkage hitch)를 이용하도록 하였고 트랙터와 타워집재기의 견인을 위하여 연결 장치가 장착되어야 한다. 따라서 본 연구에 적용될 베이스머신 트랙터의 목표 제원은 표-1과 같으며, 엔진출력은 85마력이상, 최저 지상고는 400mm이상, PTO의 회전수는 500rpm이상의 트랙터를 선정하였다.

표 3-9. 베이스머신 트랙터의 목표 제원

엔 진	출력/회전수(ps/rpm)	85/2,200
	형식	디젤엔진
차량규격	전장(mm)	4,000
	전폭(mm)	2,000
	높이(mm)	2,600
	중량(kg)	3,500
	최소회전반경(mm)	3,500
PTO	형식	독립
	회전수(rpm)	500-700

2. 윈치(Winch)부 기능

타워집재기는 주로 급경사지 임내의 임목을 상하향으로 임도 또는 토장으로 집재하는 가선계 집재기계로서 선진 임업국에서는 고성능임업기계로 개발 도입되어 있으며, 타워가 부착되어 있으므로 가선의 설치 및 철거가 용이하여 간벌작업 등에 많이 이용된다. 타워집재기의 윈치부는 윈치기능부와 윈치조작부로 구성되어 있다.

가. 윈치 기능부

윈치기능부는 타워집재기의 가장 중요한 부분으로서 드럼을 이용하여 와이어를 감아 견인력을 발생시키고 와이어를 저장하는 부분이다.

본 연구에서는 상하향집재작업이 용이하고 가설 및 철거가 쉽고 집재작업이 간단하여 일반적으로 타워집재기에 많이 사용되고 있는 런닝스카이라인식(Running skyline system)을 채택하였다(그림 3-9). 가선은 런닝스카이라인 삭장방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위한 작업용 드럼은 2개, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼을 장착하도록 고안하였다. 또한 메인라인과 홀백라인을 감는 메인드럼과 홀백드럼은 견인력을 발생시키는 더블캡스턴 드럼(Double capstan drum)과 저장 드럼(Storage drum)으로 분리하도록 고안하였다.

드럼의 크기는 가선의 길이와 와이어로프 직경을 감안하여 각각의 드럼 크기를 고안하였으며, 윈치 기능부의 메인 및 홀백 2개의 드럼은 각각 회전형 유압모터를 장착하여 회전시키도록 고안하였다. 유압모터는 하향집재시 집재속도를 유지시키기 위해 브레이크가 내장된 기능품으로 선정하였다. 또한 유압모터는 트랙터의 회전 PTO에 의해 구동되는 유압펌프를 장착하고 이 유압펌프에서 나오는 유압력을 이용하여 유압모터를 회전시키도록 개발 목표를 설정하였다.

타워집재기에서 상향집재와 하향집재에서 드럼의 폭주나 집재목의 낙하 등을 방지하고 작업과 조작이 원활히 수행되도록 2개 드럼, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼의 동조와 브레이크 기능이 중요한 부분을 차지하므로 드럼의 동조를 위해 유압을 이용한 기계식 인터록크(Inter-locker) 장치를 장착하도록 타워집재기의 윈치 기능부를 목표로 선정하였다(그림 3-10).

윈치부에 사용되는 와이어로프는 일반적으로 타워집재기에 많이 사용되는 스트랜드심을 마심으로 한 보통 꼬임의 와이어로프를 사용하며, 규격은 Ø9mm정도

의 와이어로프를 사용하고 최대집재거리가 200m까지 가능하도록 메인라인 250m와 홀백라인 450m를 저장할 수 있도록 저장드럼을 고안하였다.

본 연구에 적용할 윈치 기능부의 목표 제원은 표 3-10과 같다.

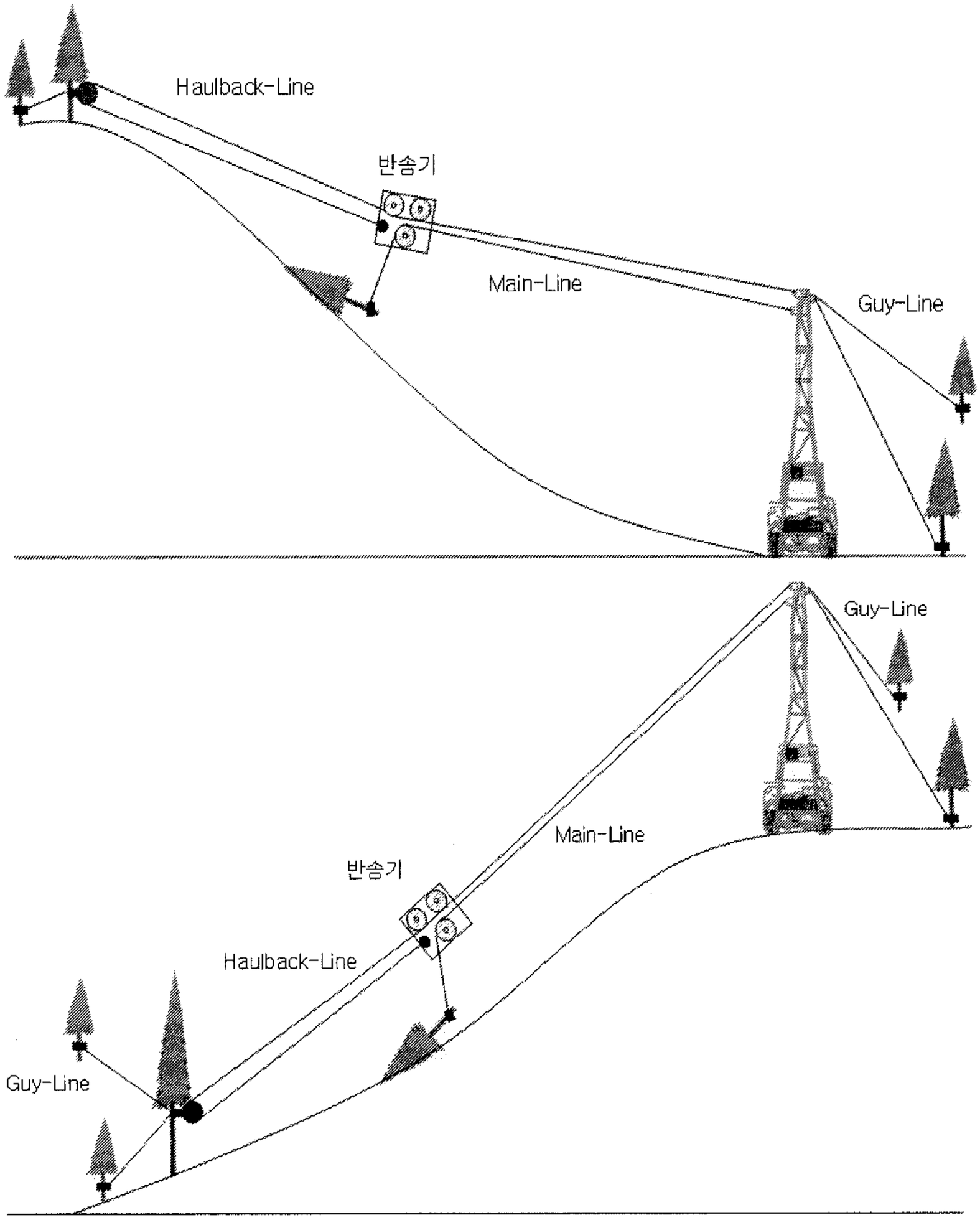


그림 3-9. 런닝스카이라인 삭장방식의 모식도

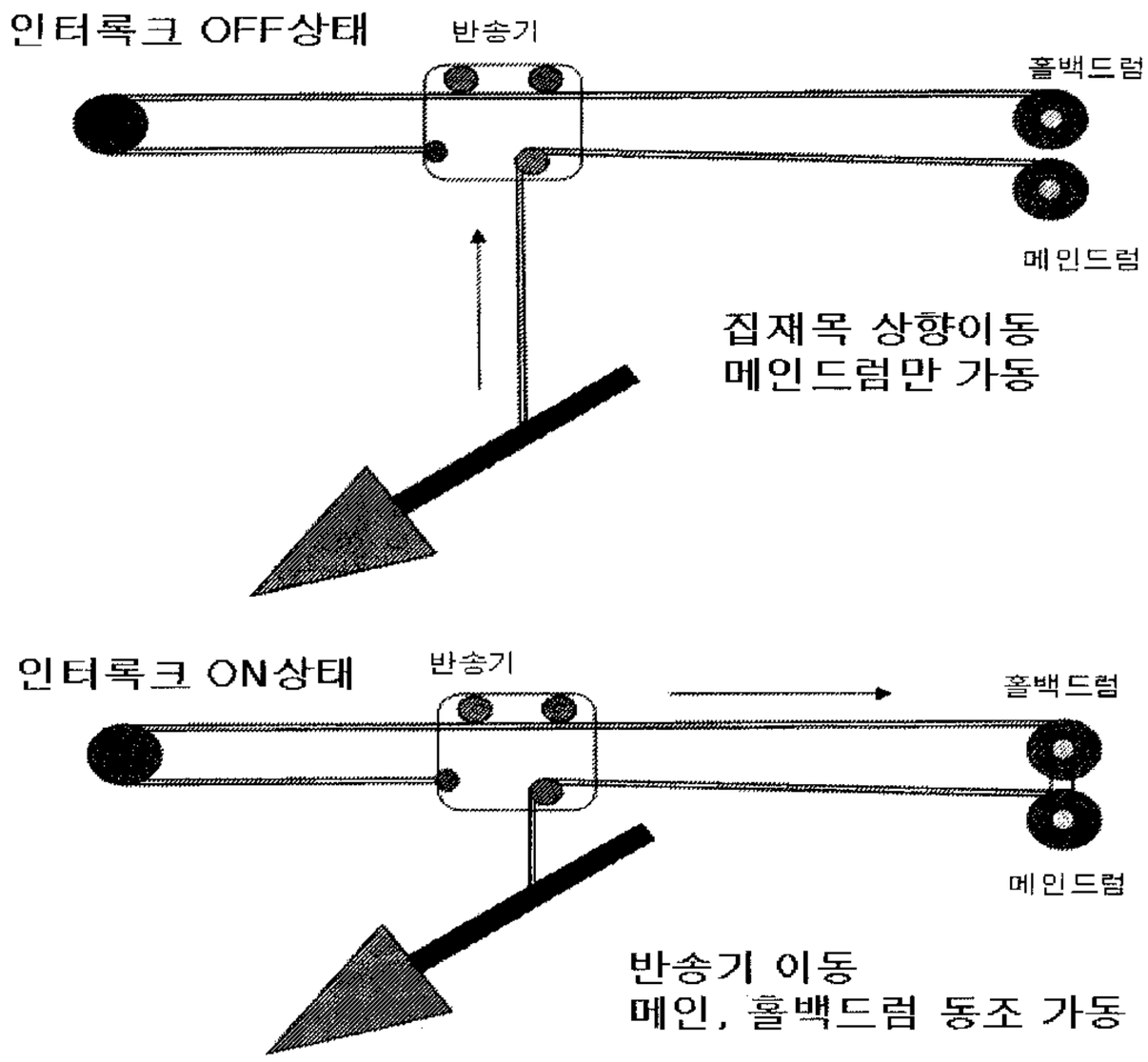


그림 3-10. 인터록크 기능 모식도

표 3-10. 타워집재기 윈치 기능부의 목표 제원.

구분 \ 형식		2드럼 형식	
드 럼 명		Mainline Drum	Haulbackline Drum
드럼형식		Double Capstan Drum	
드럼작동방식		독립작동(연동가능)	독립작동(연동가능)
드럼직경(mm)		200	200
드럼폭(mm)		240	240
인장력	최저(t)	1.0	1.0
	최고(t)	2.0	2.0
집재속도	최저(m/min)	40	40
	최고(m/min)	70	70
와이어용적	Ø9mm(m)	250	450
브레이크방식		유압식(모터내장)	
인터록크 방식		유압실린더에 의한 기계식	
삭장방식		Running skyline system	
적용 트랙터		85마력 이상, PTO 회전 500rpm이상	

나. 윈치 조작부

윈치부의 조작은 기본적으로 유선 리모트 콘트롤러(Wire remote controller) 조작방식을 채택하였고, 유선 리모콘은 집재작업이 용이하고 조작이 간편하도록 두 가선라인을 별도의 조작레버로 작동시키고 드럼의 주행속도는 별도로 제어할 수 있도록 고안하였다. 또한 비상시 조작 및 작업이 중지될 수 있도록 비상 보턴을 구비한 간이식 조작 장치로 고안하였다. 유선 리모콘과 별도로 기계적으로 조작이 가능하도록 유압벨브 조작레버에 의한 조작방식을 채택하여 비상시나 필요시 유선 리모콘 조작장치 없이 조작이 가능하도록 개발 목표를 설정하였다.

본 연구에 적용할 윈치 조작부의 목표 제원은 표 3-11과 같으며, 타워집재기의 전체 목표 제원은 표 3-12와 같이 설정하였다. 그림 3-11은 본 연구과제에서 벤치마킹한 외국에서 개발 상용화된 트랙터부착형 타워집재기를 나타낸 것이다.

표 3-11. 윈치 조작부의 목표 제원.

구 분	목표 사양
주 조작방식	유선 리모콘
부 조작방식	유압밸브조작 레버
드럼조작	상중하 위치고정 레버
비상정지	버튼 스위치
엔진회전수 조작	회전 스위치
리모콘 와이어용적(mm)	800

표 3-12. 타워집재기의 전체 목표 제원.

구 분	목표 사양
전장(mm)	1,200
전폭(mm)	2,000
전고(mm)	7,000
격납시 전고(mm)	3,000
중량(kg)	2,000
격납방식	굴절식
골격구조	트러스트
격납동력	유압실린더
이동방법	바퀴부착 견인식
메인라인용량	Ø9mm × 250m
홀백라인용량	Ø9mm × 450m
가이드라인용량	Ø10mm × 50m(3본)
드럼 견인력(kgf)	2,000
드럼 속도(m/min)	70

그림 3-11. 벤치마킹 대상의 외국 트랙터 부착형 타워집재기

3. 1차 시제품 개발

가. 연구개발 목표설정

타워 집재기의 개발 목표는 일반적으로 농업용으로 많이 사용되고 있는 농업용 트랙터를 베이스머신으로 사용하고, 이 트랙터의 유압 PTO(동력취출장치, Power Takeoff)와 회전 PTO의 동력을 이용하도록 트랙터에 부착하는 타워 집재기를 개발하도록 하였다.

가선계 임목 집재기계로서 Inter Locker 기능, 즉 드럼의 동조기능을 장착하여 Two drum 방식의 타워 집재기(Tower-yarder)를 개발하도록 하였다.

나. 트랙터 기본차량의 선정 및 동력원 파악과 개조

타워 집재기의 기본차량이 될 국내 농업용 트랙터의 각종 제원, 특히 엔진의 마력수와 견인력, 등판력, PTO, 링크히치 등을 파악한 결과, 그림-1 및 표-1과 같은 대형의 트랙터가 임업기계용으로서 적당하다고 파악되어 모델로 사용하였다. 또한 현재 임업용 많이 보급되어 있고 임업용으로 사용과 기능이 효율적인 기종으로 파악되어 모델로 사용하였다.

타워 집재기의 동력원으로서 트랙터의 유압 PTO와 회전 PTO에 대해 유압량 및 유압력과 회전속도, 회전력 등을 파악한 결과, 농업용 트랙터가 효율적이고 적당하다고 판단되어 타워 집재기(Tower-yarder)의 베이스 머신으로 결정하였다.

다. 타워 집재기(Tower-yarder) 개발 목표

타워 집재기는 크게 타워부, 윈치부, 반송기부, 조작부의 4개부분과 타워 집재기 고정을 위한 보조라인부로 구성되도록 개발 목표를 설정하였다. 트랙터의 후방 3점 또는 4점 링크히치(3, 4-point linkage hitch)에 장착하여 주행시 들어올려서 이동하거나 설치 철거할 수 있도록 하였다.

타워 집재기의 타워는 트랙터의 구조와 격납의 효율성을 고려하여 굴절식으로 제작하고 유압 실린더에 의해 타워가 격납되도록 고안하였다. 가선의 삭장방식은 상하향집재가 용이하고 가설 및 철거가 쉽고 집재작업이 간단하여 일반적으로 타워 집재기에 많이 사용되고 있는 런닝스카이라인 삭작방식(Running skyline system)을 채택하였다.

가선은 런닝스카이라인 삭작방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과

홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인으로 구성하고, 이를 위해 작업 드럼은 2개, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼을 장착하도록 고안하였다.

작업 드럼의 회전은 먼저 이를 위해 회전 PTO를 이용하는 1개의 유압펌프를 장착하고, 2개의 드럼 회전용으로 유압모터 2개를 장착하도록 하였으며, 이 유압모터 회전은 유압펌프에서 나오는 유압력을 이용하여 회전시키도록 고안하였다.

타워 집재기의 2개 드럼, 즉 메인라인 드럼과 홀백라인 드럼의 동조를 위해 유압에 의해 기계적 동조기능이 발휘하도록 Inter locker 장치를 장착하였으며, 이로 인해 집재작업시에 드럼의 푹주나 집재목의 낙하 등을 방지하고 작업과 조작이 원활히 수행되도록 고안하였다. 반송기(Carriage)는 런닝스카이라인 삭장방식에 맞고 쵸킹작업이 용이하도록 간단한 구조로 고안하였다.

타워 집재기의 조작은 작업이 용이하고 조작이 손쉽고 편리하도록 유선 리모콘 조작방식을 채택하도록 하였고 유선 리모콘을 개발하도록 목표를 설정하였다.

타워 집재기의 목표사양은 다음과 같다.

- 크기 : 전장 1,100㎜, 전폭 2,000㎜, 전고 7,500㎜ 내외
- 중량 : 1,500 ㎏ 내외
- 타워 높이 : 최고 8m(격납시 약 3m)
- 메인라인 용량 : Ø10mm×200m
- 홀백라인 용량 : Ø10mm×450m
- 가이드라인 용량 : Ø10mm×80m(2본)
- 드럼 견인력 : 1.5~2톤
- 메인 및 홀백라인 드럼속도 : 최대 50~100m/분
- 유압압력 : 200~250 bar
- 유량 : 100~150ℓ/min
- 적용 베이스머신 트랙터 : 80~100마력급
- 타워 격납방식 : 굴절식 및 신축식
- 조작방식 : 유선 리모콘 방식 및 레버식

바. 1차 시제품 제작 및 기능품 선정

주요 기능품, 즉 유압펌프와 유압모터, 유압실린더, 감속기, 벨브, 냉각팬, 조작레버 등에 대해서 기능과 설계에 맞추어 기능품을 선정하였다.

아래의 그림은 주요 시제품 기능품과 시제품 제작 모습을 나타낸 것이다.

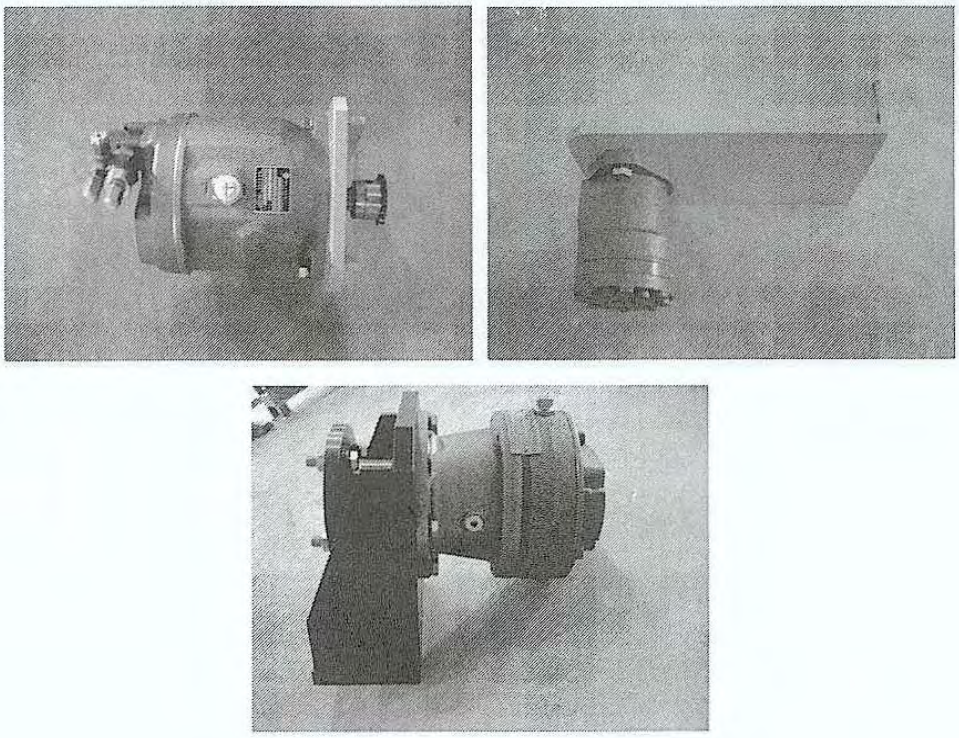


그림 3-12. 유압모터와 감속기

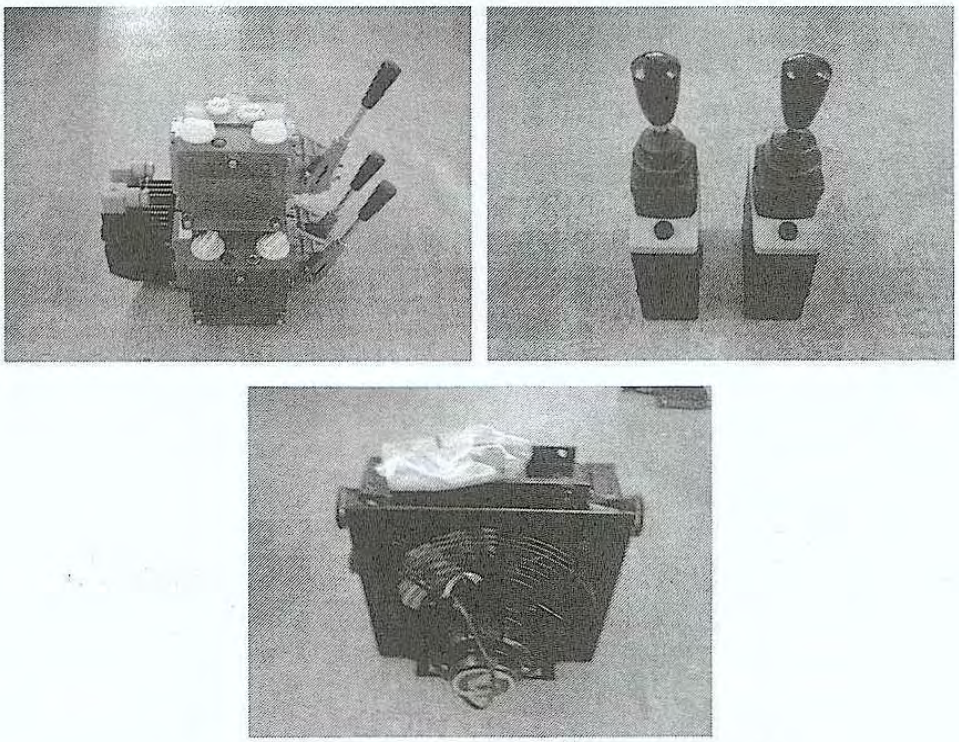


그림 3-13. 유압밸브와 조작레버, 냉각팬

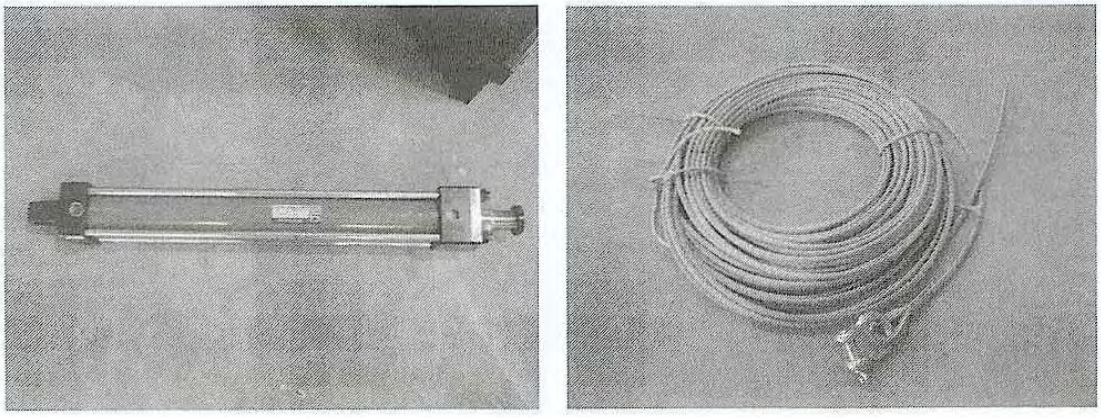


그림 3-14. 유압실린더와 와이어로프

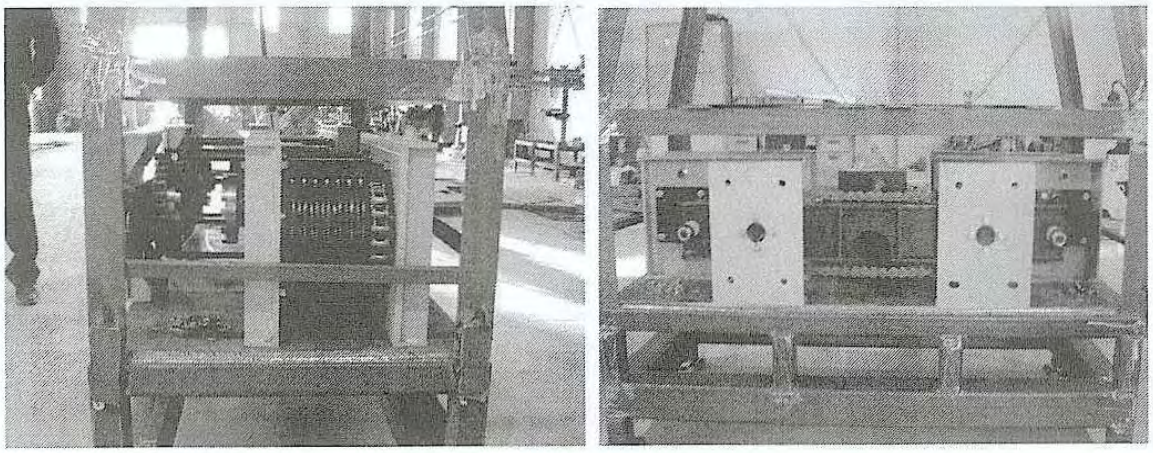


그림 3-15. 1차 시제품 윈치부의 제작

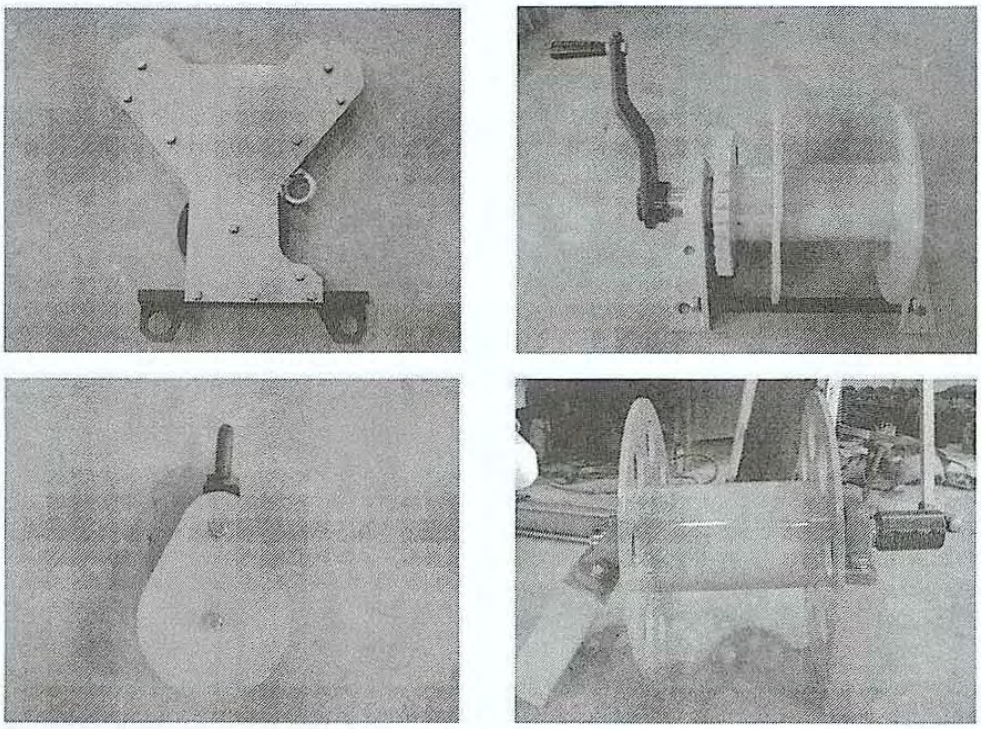


그림 3-16. 반송기와 가이라인 드럼, 저장 드럼 등 1차 기능품 제작

그림 3-15. 1차 시제품 제작과 기능 테스트

제 4 절 트랙터 부착형 타워집재기의 개발

1. 베이스머신 트랙터의 선정

베이스머신 트랙터는 현재 산림청과 산림조합, 시군에 농림업용으로 보급되어 있는 주요 트랙터를 파악한 결과, 본 연구의 목표에 적합한 성능과 기능, 크기, 구조를 갖춘 J사의 5410 모델을 베이스머신 트랙터로 채택하였다.

채택한 트랙터의 주요 제원은 표-1와 같으며, PTO는 듀얼샤프트(Dual shaft)에 의해 연결되어 있으며, 동력 연결은 PTO 레버를 이용하여 작동시킨다. PTO는 2단 변속 독립형이고 회전수는 540-740rpm이다.

트랙터와 타워집재기를 연결할 수 있는 링크히치는 하부 2개와 상부 1개로 구성되어 있는 3점히치(3-point linkage hitch)를 장착하고 있다. 링크히치의 최대 적정부하용량은 약 1,500kg이며, 약 2톤정도의 타워집재기를 들어 올리지는 못하나 링크히치와 견인고리를 이용하여 견인에는 용이하게 되어 있다. 또한 링크와 타워집재기의 탈부착이 용이하도록 볼 교환형으로 되어있고, 도킹고정용 핀을 장착하였다.

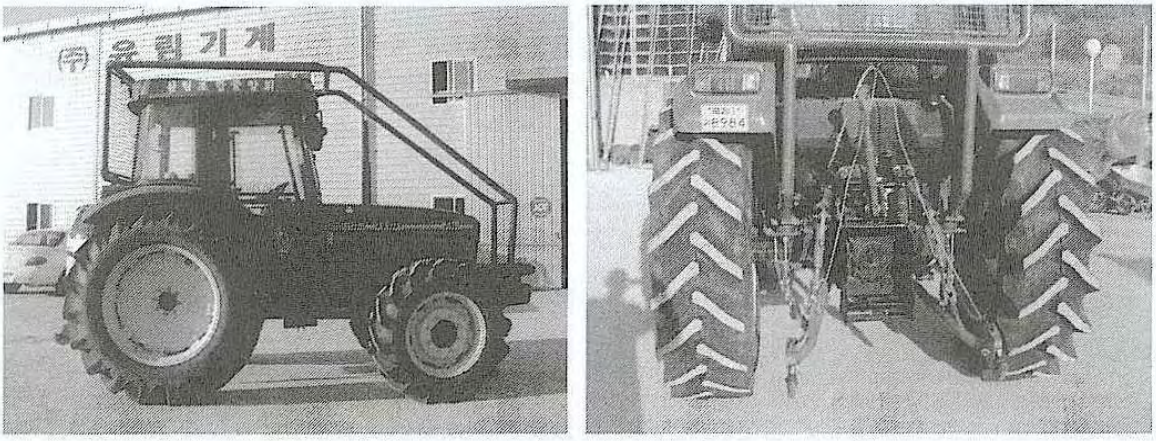


그림 3-16. 베이스머신 모델의 트랙터

표 3-13. 선정된 베이스머신 트랙터의 주요 제원.

모 델 명	J사의 5410	
엔진	출력/회전수(ps/rpm)	85/2,200
	형 식	4기통 대젤엔진
	총배기량(cc)	3,989
	최대 토크(Nm/rpm)	243/1,400
차량규격	전장(mm)	4,320
	전폭(mm)	1,985
	높이(mm)	2,610
	축간거리(mm)	2,142
	최저지상고(mm)	425
	중량(kg)	3,620
	최소회전반경(mm)	3,325
PTO	형식	독립
	회전수(rpm)	540-740
	PTO마력(kw)	51(68hp)

2. 트러스부 및 타워(Tower)부 개발

타워부는 하부 트러스부와 상부 타워부로 구분되어 있다. 트러스부는 바퀴와 아웃트리거, 그리고 트러스 내의 오일탱크와 타워 집재기(Tower-yarder)의 가장 중요한부분인 윈치부가 있고 각종 유압기관, 각종 드럼부와 보조라인부가 장착되어있다. 마지막으로 상단부는 평상시는 트랙터 위에 격납되어 있다가 작업시 실린더에 의하여 하단부에 장착되며 각종 도르레로 구성되어있다.

타워부는 굴절형태로 되어있고 트러스부는 트러스형태로 설계 제작하였다. 타워

부와 트러스부 높이는 3,120mm이고, 하단부는 2,420mm로 타워의 총 높이는 5,540mm로 설계 제작하였다. 트러스는 100×100×6T의 각 파이프로 되어 있고 하부는 200×100×6T의 각 파이프로 되어있다.

가. 트러스(Truss)부

트러스부는 트러스내에 오일탱크를 장착하여 공간의 절약과 무게중심을 낮추어 견인이동시 흔들림 방지와 전복방지의 효과를 두고 있다. 그리고 후방 3점히치(3-point linkage hitch)의 최대적용하중이 1,500kg이므로 약 2,300kg의 타워 집재기 견인을 위하여 차하부에 좌, 우액슬(axle)을 달고 바퀴를 장착하였고 바퀴는 각각 1,500kg의 하중을 견딜수 있어 총 3,000kg의 하중을 지지할 수 있다. 타워 집재기의 전체무게는 약 2,300kg으로 이동시 충격이나 작업시 충격 등에도 별무리가 없다.

본체부 측면에 4개의 아웃트리거(outrigger)를 장착하여 런닝스카이라인식(Running skyline system) 작업이나 하이리드식(High lead system)작업에서 벌도목이 타워 집재기에 충격을 주는 것을 방지하여 타워 집재기의 흔들림이나 전복 등의 안전을 고려하였다.

이동시 아웃트리거는 올라가있어 좌우측 바퀴가 지면에 닿아 견인되고 작업시는 유압실린더에 의하여 내려오고 고정되므로 안전하게 작업을 할 수 있다.
그리고 본체부는 타워 집재기에서 가장 중요한 윈치부를 장착하고 있으며 유압펌프, 유압모터 등 각종 유압관련 부품도 장착되어있다.

가선은 런닝스카이라인 삭작방식에서 채택되는 메인라인(Mainline, 작업줄)과 홀백라인(Haulbackline, 되돌림줄)의 2라인이 필요하고 이를 위한 저장 드럼은 2개, 즉 메인라인 저장드럼과 홀백라인 저장드럼을 장착하고 있고 집재거리 250m를 집재할 수 있게 와이어로프가 저장되어있는 메인라인 저장드럼(Mainline-storage drum)과 홀백라인 저장드럼(Haulbackline-storage drum)이 각각 250m, 450m의 Ø9mm 와이어로프를 가지고 있다.

트러스부에는 트랙터의 3점 링크와 부착을 위하여 3개의 링크고리를 만들어 설치하였다. 견인시 샤프트의 부하를 줄이기 위하여 듀얼샤프트(Dual shaft)를 사용하였다.

타워부접이식 실린더는 트랙터쪽에 부착하고 상단부의 무게를 감안하여 실린더 장착부에 2개의 보강 파이프를 장착하였다.

각 파이프 200×100×6T을 사용하여 트러스형태로 만들었고 윈치부와 각종 유압부품은 20mm강판에 볼트로 고정시켜서 이동이나 충격에 의한 이탈을 방지하였으며 트랙터쪽으로 윈치부를 장착하여 PTO와의 거리를 최소로 하였다.

작업시 타워 집재기의 좌측에서 런닝스카이라인 삭장방식으로 작동되므로 메인라인 저장드럼은 좌측에 홀백라인 저장드럼은 우측에 장착하였고 유압조절레버는 정면 좌측에 장착하여 조작의 편의성을 도모하였다.

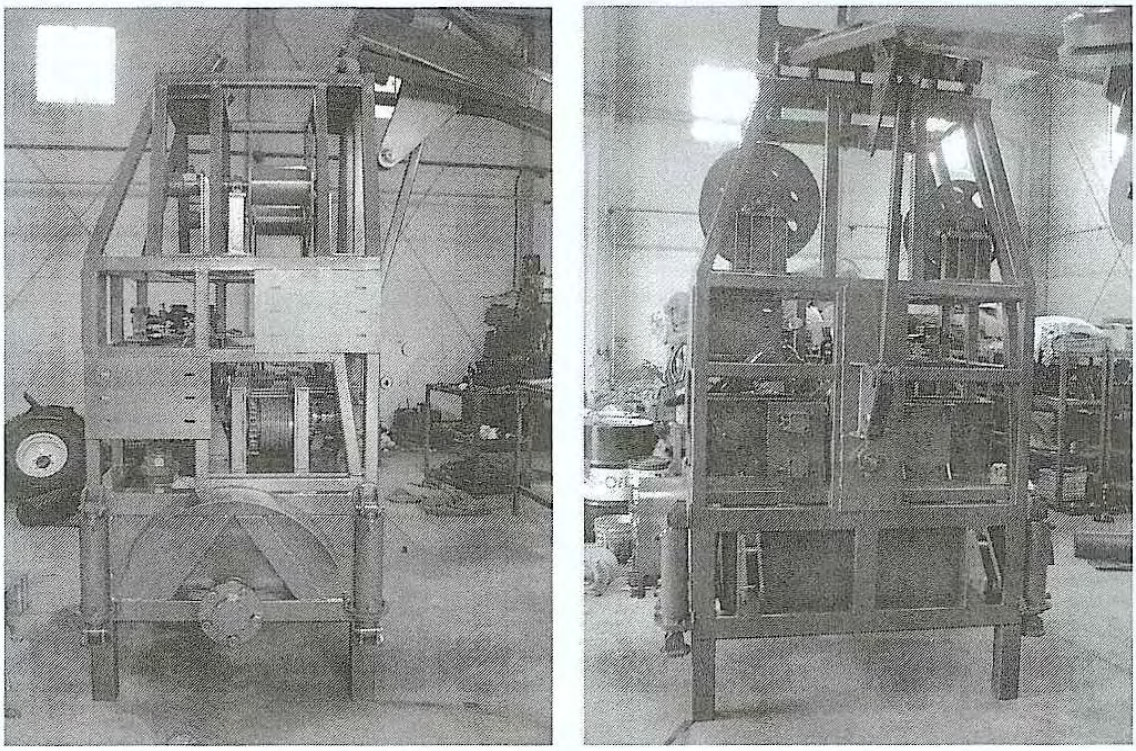


그림 3-17. 트러스(Truss)부

나. 타워(Tower)부

타워부는 작업시 윈치부에서 와이어로프가 올라와 도르레를 통하여 집재작업을 하는 부분이다. 평상시 유압실린더에 의하여 트랙터상부에 격납되므로 재질이 강하고 가벼운 151mm× 6T의 6각파이프를 사용한다. 가이드라인 와이어로프는 상부의 바깥쪽으로 와서 도르레에 장착된다. 이때 와이어로프의 충격이나 하중에 의한 킹크현상을 방지하기 위하여 시브도르레의 직경을 와이어로프직경의 20배인 Ø200mm로 개발하였다. 이는 메인라인, 홀백라인 도르레에도 적용하였다.

상단부는 유압실린더에 의하여 쉽게 트러스부에 장착할 수 있으며 장착시 실린

더 반대쪽에 고정용 핀을 설치하여 탈부착에 편리하도록 개발하였다. 그리고 유압실린더의 작동은 반드시 유선리모콘이 아닌 타워 집재기 우측편에 붙어있는 유압조절레버를 이용하여야 하므로 유선리모콘의 오작동을 원천봉쇄하여 개발하였다.

상단부의 전고는 3,120mm이고 전폭은 1,000mm, 전장은 520mm이다.

유압실린더 작동시 와이어로프를 느슨하게 하여 걸림이나 꼬임을 방지하여야 한다.

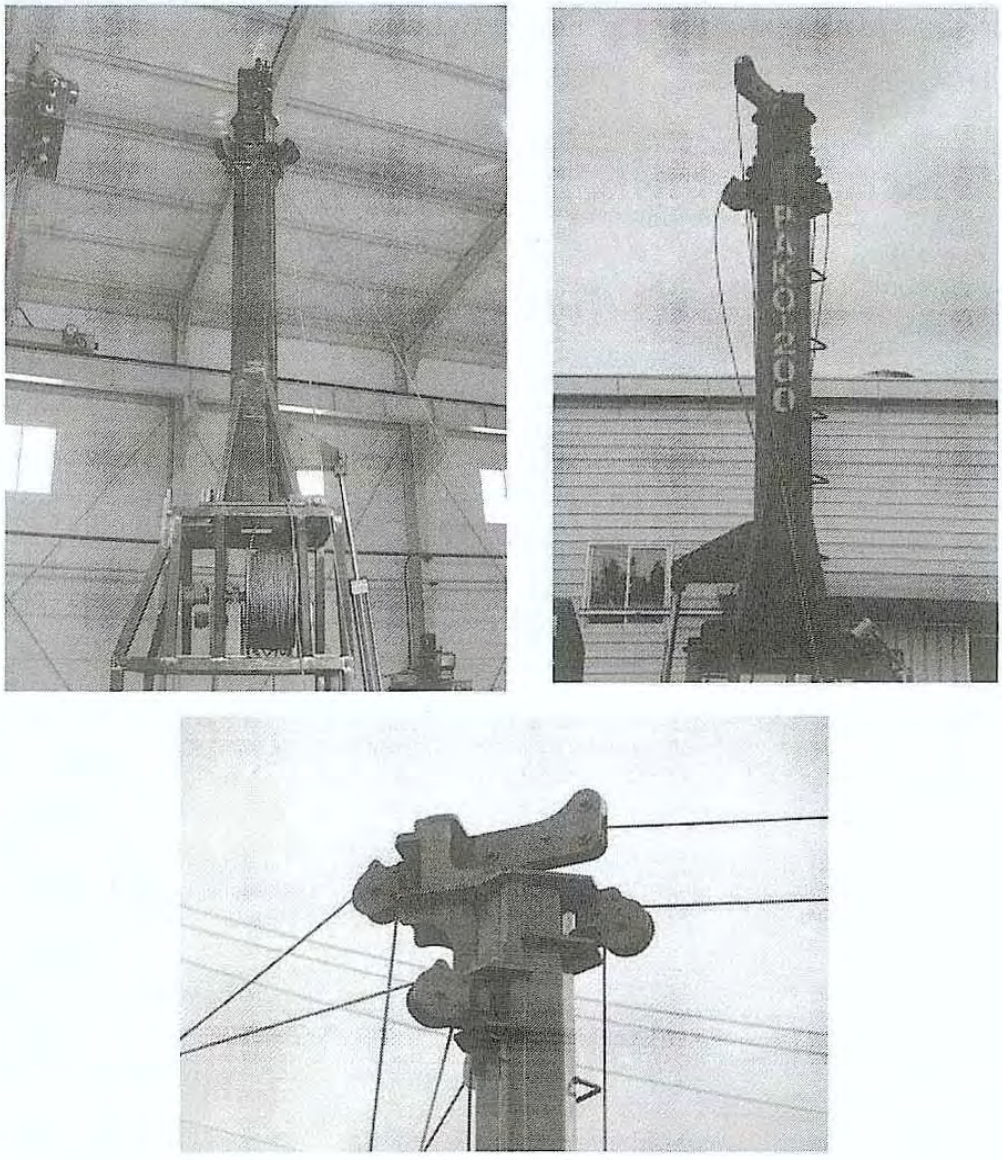


그림 3-18. 타워(Tower)부

3. 윈치(Winch)부 개발

가. 윈치 기능부 개발

윈치부는 PTO의 동력을 받아 유압펌프를 이용하여 타워집재기를 작동시키는 타워집재기의 동력부분이다. 윈치부는 유압동력을 발생시키는 윈치 기능부와 저장 드럼부로 나누어져 있다.

타워집재기의 기본 삭장방식은 가선의 설치와 철거가 쉽고 상향 및 하향집재가 효율적인 런닝스카이라인 삭장방식(Running skyline system)을 채택하고, 이 방식에 적합하고 효율성 및 안전성을 위하여 드럼의 동조 기능인 인터록크(Inter-locker) 기능을 적용하였다.

윈치 기능부는 와이어의 견인력을 발생시키는 더블캡스턴 드럼과 인터록크 기능을 발생시키는 인터록크 클러치로 구성하였다. 윈치 기능부의 주요 제원은 표 3-14와 같이 고안하였다.

표 3-14. 윈치 기능부의 주요 제원.

구 분	제 원	
더블캡스턴 드럼	전장(mm)	275
	전폭(mm)	506
	높이(mm)	350
인터록크 클러치	전장(mm)	174
	전폭(mm)	823
	높이(mm)	350

1) 유압회로와 유압부품 구성

전체 동력원은 유압력에 의해 구동되도록 고안되어 있으며, 유압력은 타워집재기의 동력으로서 트랙터의 PTO와 연결된 3연의 유압펌프 3개에서 나오는 3개 유압라인의 유압동력을 사용하였다.

유압펌프는 각각 63cc 2개와 26cc 1개로 구성되어 있고 63cc 유압펌프 2개 중

에서 1개의 펌프는 100cc의 메인라인용 더블캡스턴드럼 모터를 구동시키기 위한 것이고, 다른 1개의 펌프는 와 홀백라인용 100cc의 더블캡스턴드럼 모터를 구동시키는데 사용된다. 그리고 26cc의 펌프는 메인라인 및 홀백라인의 저장드럼모터와 인터록크용 클러치 실린더, 타워접이용 실린더, 아웃트 리거(Out-rigger) 실린더를 작동시키는데 사용되도록 고안하였다.

또한 메인라인과 홀백라인의 저장드럼 모터로 유압력이 전달되기 전에 릴리프 밸브(Relief valve)를 통하여 구동되도록 고안하였다. 릴리프 밸브(Relief valve)는 저장드럼 모터의 와이어로프를 일정한 장력(Tension)으로 유지시켜 런닝스카이라인 삭장방식 도중 메인라인 및 홀백라인의 처짐이나 당김 현상을 방지하고 작업정지와 최초 작업시에 와이어로프의 풀림 등을 방지하여 작업의 안전성을 도모하도록 고안하였다.

런닝스카이라인 삭장방식에서 인터록크를 가능하게 하는 부분이 메인 및 홀백 캡스턴드럼을 연결하는 클러치이다. 본 타워집재기 윈치의 클러치는 메인 및 홀백 캡스턴드럼을 체인으로 연결하고 유압실린더 2개에 의하여 기어를 전·후진시켜 연결되도록 기계식 클러치를 사용하였다. 이는 기존 타워집재기에서 주로 사용하고 있는 전자식 클러치에 비하여 내구성이 강하고 전기의 합선이나 전기 신호 오류에 의한 오작동 우려가 적은 장점이 있다.

인터록크 클러치는 인터록크를 작동시킬 때만 작동하도록 고안하였으며, 메인라인과 홀백라인의 동조가 필요할 때만 작동되고 메일라인과 홀백라인이 각각 작동될 경우에는 인터록크 기능이 작동되지 않게 된다.

인터록크(Inter-locker)란 복수의 보통드럼을 관계시켜서 하중(중력)의 움직임에 의하여 종동측 드럼에 발생하는 회전력을 구동측 드럼의 구동력에 활용하는 합리적인 운전기구를 의미한다. 인터록크 기능을 위한 방법으로는 크게 무단변속기의 응용, 치차기구의 이용, 유압기구의 활용, 슬리퍼 클러치의 도입 등 크게 4가지로 나누어지며 기계식과 유압식으로 대별된다(大河原, 1991; (社)林業機械化協會, 1997).

본 타워집재기는 일본제 오이카와사의 RME시리즈에서 사용된 같은 방식의 클러치를 사용하도록 하였으나, RME시리즈의 전기식 클러치가 내구성이 약하고 캡스턴드럼에 걸리는 2ton의 하중을 견뎌 내어야하므로 본 타워집재기 윈치부에서는 내구성과 강한 하중에 잘 견디는 유압실린더에 의해 작동되는 기어형 기계식 클러치로 고안하였다.

타워접이용 실린더와 아웃트리거 실린더는 타워집재기를 설치할 때와 작업완료 후 철거할 때만 작동되므로 26cc의 펌프를 이용하더라도 클러치의 유압력에는 영향을 주지 않는다.

트랙터 PTO의 회전수가 540~740rpm이므로 이를 증속시키기 위해 1:3.1 증속변속기를 부착하여 유압펌프의 속도를 3.1배 증가시켰으며, 유압펌프는 1,674~2,294rpm까지 증속이 가능하게 되었고, 유압펌프는 3,000rpm까지 회전이 가능한 유압펌프가 사용되었다.

그림 3-19는 유압 모터 및 유압밸브와 유압라인 조립 모습이고 그림 3-20은 타워집재기의 전체 유압회로 모식도를 나타낸 것으로서 윈치 기능부의 유압회로와 유압 작동원리를 나타낸 것이다. 기본적으로 유압오일(Hydraulic oil)은 유압펌프에서 각종 유압 제어밸브(Hydraulic control valve)에 전달되고 밸브를 통하여 액추에이터(Actuator, 작동체)로 이동하여 작동되며, 타워집재기의 각 기능부를 가동시킨 후 라디에이터(Radiator, 냉각기)에서 온도가 낮추어져 유압탱크로 보내어진다. 이때 각 액추에이터와 라디에이터, 유압탱크 전후에 여과기와 어큐뮬레이터(Accumulator, 축압기)등이 설치되어 있다.

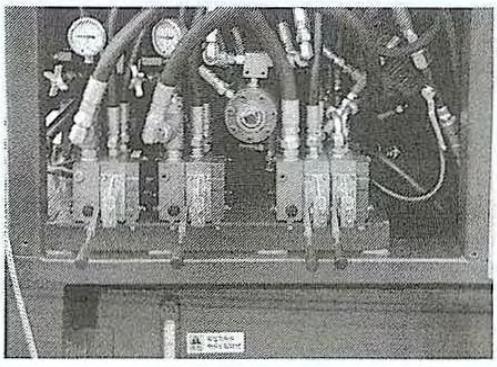


그림 3-19. 유압 모터 및 유압밸브와 유압라인 조립 모습

* 注

E : Engine

M,V : Main valve

C,C : Clutch cylinder

O,C : Outrigger cylinder

T,C : Tower cylinder

C,V : Clutch control valve

R,V : Relief valve

M,S,M : Main storage motor

M,C,D : Main capstan drum

M,S,D : Main storage drum

M,L : Main line

H,S,M : Haulback storage motor

H,C,D : Haulback capstan drum

H,S,D : Haulback storage drum

H,L : Haulback line

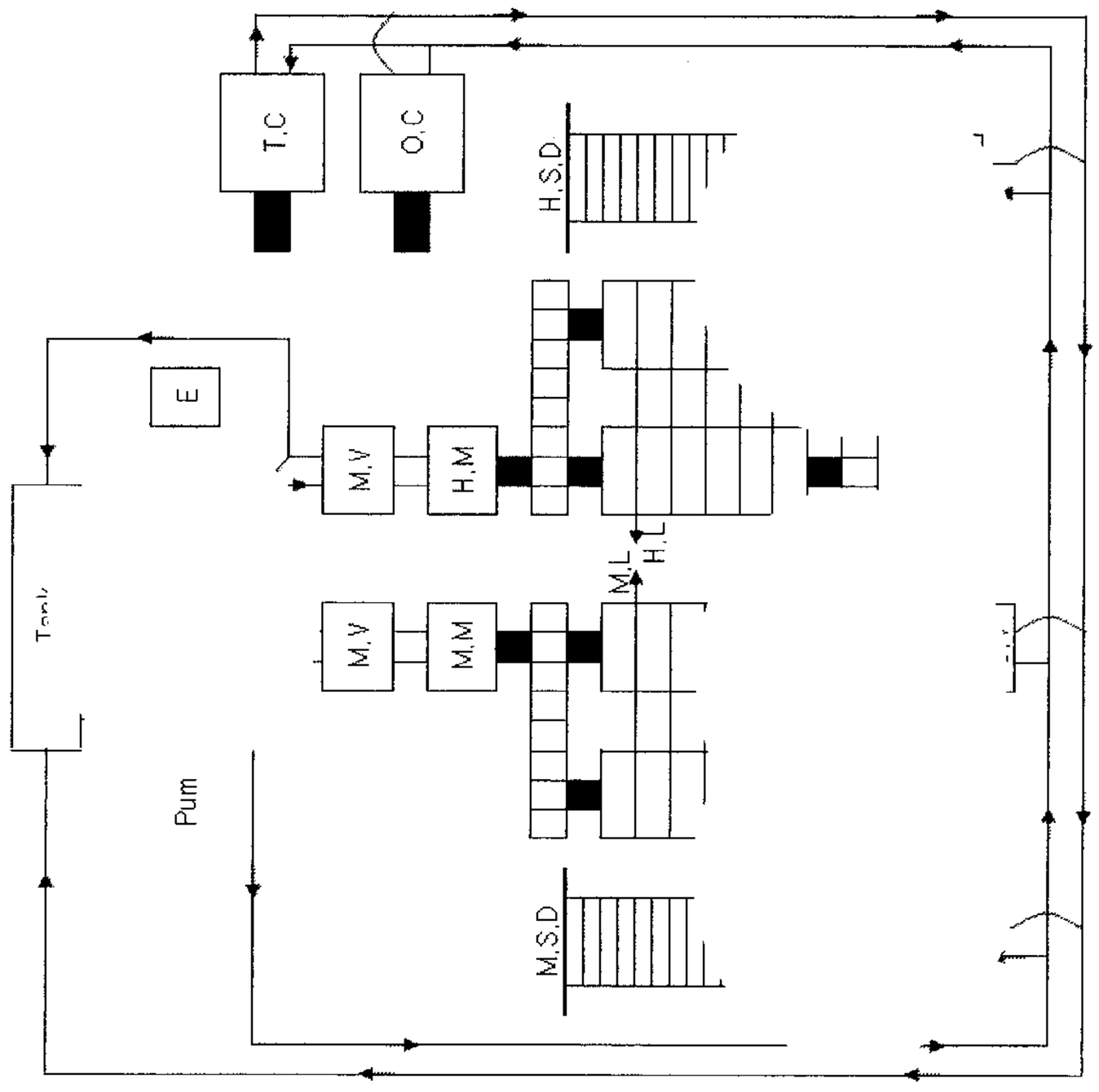


그림 3-20. 타워집재기의 전체 유압회로 모식도(보안상 일부 삭제)

2) 윈치 구동드럼의 개발

가선의 견인력은 윈치 구동드럼의 회전력에 의해 이루어지며, 이를 위해 두 개의 캡스턴드럼이 고안하였다.

캡스턴드럼에 의한 구동력은 유압력에 의하여 캡스턴드럼 모터가 구동되면 캡스턴 드럼에 의하여 메인라인과 홀백라인이 작동된다. 캡스턴드럼은 주로 뱃전이나 조선소에서 밧줄과 케이블, 쇠사슬 등을 이용해 무거운 물체를 이동시키는데 사용되는 기계장치로 조차장(操車場)에서 화차를 배치하는데 사용되기도 한다.

인력·증기력·전기력 등에 의해 움직이는 1개의 몸통으로 구성되어 있으며, 밧줄 또는 케이블·쇠사슬을 감으며 축을 중심으로 회전하게 되어 있다. 밧줄과 몸통 사이의 쥐는 힘은 서로의 마찰력과 몸통에 감긴 밧줄의 횟수에 달려 있다. 무거운 물체를 감는 속도는 밧줄과 캡스턴 사이의 미끄러짐을 조정하여 조절하며, 받침판에 있는 톱니형 궤도(래칫)와 폴(pawl)은 몸통의 역회전을 방지하는 드럼이다((社)林業機械化協會, 1991; 1996; 1997).

캡스턴드럼에서 와이어로프와 드럼사이의 미끄러짐을 방지하기 위하여 드럼내에 홈을 만들어 와이어로프를 유도하고 있다. 드럼의 홈이 나선형일 경우 와이어로프가 풀어지는 현상이 발생하나 일자형 홈에서는 2조의 캡스턴드럼을 동조시켜 와이어로프의 이탈을 방지하고 힘의 효과도 극대화 할 수 있다. 그리고 2개의 캡스턴드럼을 홈의 산과 골이 만나도록 교차시켜 만들어 와이어로프와 홈의 산과 접촉면적을 최소화하여 와이어로프의 저항을 최소화하였다. 이것이 더블캡스턴 드럼(Double capstan drum)이다. 이 더블캡스턴 드럼은 드럼앞쪽에 장착된 1:1 체인에 의하여 연동되어 구동되고 동력원은 안쪽 캡스턴드럼에 장착된 유압모터로 이루어지고 더블캡스턴 드럼에 감겨있는 와이어로프의 이탈을 방지하고 저장드럼에서 나오는 와이어로프의 안내를 위하여 5개의 와이어로프 이탈 방지봉이 부착되어 있다. 이탈 방지봉은 와이어로프의 이탈방지는 물론 양쪽 끝이 볼트로 고정하고 있어 캡스턴드럼의 고정과 드럼의 수평을 맞출 수 있도록 조정이 가능하다. 캡스턴드럼의 양쪽 베어링은 열처리된 사다리꼴 베어링을 사용하여 드럼의 이탈을 방지하고 볼베어링에 비하여 횡압력에 의한 파손과 이탈로부터 캡스턴 드럼을 보호한다. 또한 더블캡스턴 드럼은 인터록크기능시 메인라인의 속도와 홀백라인의 속도를 같게 하여 런닝스카이라인 삭장방식에서 당김줄과 되돌림줄의 속도를 같게 하기 위해 같은 직경의 더블캡스턴 드럼을 구동시켜 당김줄과 되돌림줄의 속도를 같게 한다. 그러나 같은 용량의 모터를 사용하더라도 유량에 따라 속도의 차이가 발생하므로 반드시 인터록크 클러치를 작동시켜야만 두 가선이 처지지 않고 런닝스카이라인 삭장방식을 구동시킬 수 있다.

메인라인과 홀백라인에 각각의 더블캡스턴 드럼(Double capstan drum)을 장착하여 구동하게 고안하였다. 그림 3-21은 윈치 기능부인 더블캡스턴 드럼부의 모습이다.

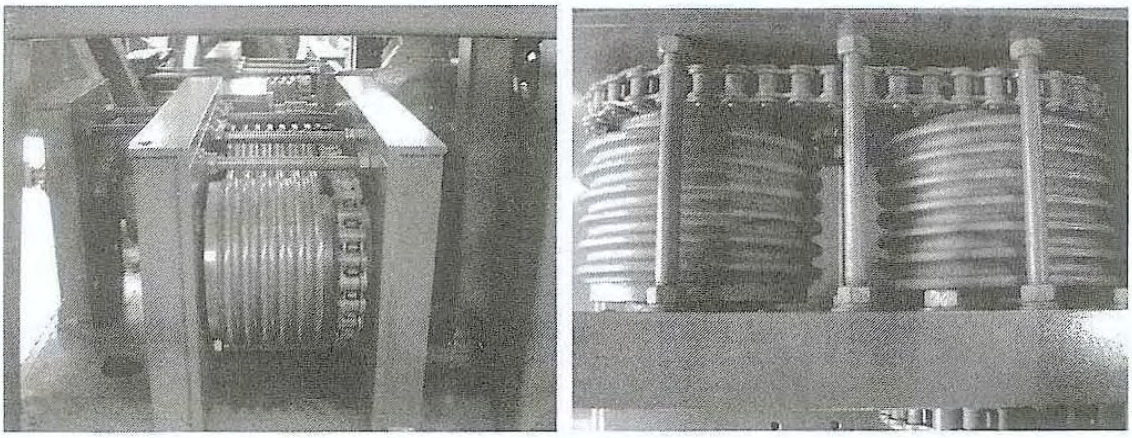


그림 3-21. 더블캡스턴 드럼(Double capstan drum)의 모습

또한 인터록크 클러치를 작동시켜 더블캡스턴 드럼을 구동시킬 경우 메인드럼과 홀백드럼은 같은 방향으로 구동하게 된다. 그러므로 메인라인과 홀백라인은 서로 반대로 장착되어야만 집재목을 집재할 경우에 메인라인은 감기고 홀백라인은 풀리게 되어 집재작업이 가능하게 된다. 반대로 반송기를 임내로 보낼 경우에는 메인라인은 풀리고 홀백라인은 감기게 되어 반송기 이송이 가능해진다. 이때 메인라인과 홀백라인은 서로 동조가 이루어진다. 집재목의 이송이나 반송기의 이송시에만 클러치가 작동되며, 로프풀기와 쵸커설치, 쵸커제거 등의 작업시에는 클러치가 해지되고 메인라인이나 홀백라인 중 한쪽라인만이 이용된다. 그림 3-22는 인터록크 클러치의 제작된 모습을 나타낸 것이다.

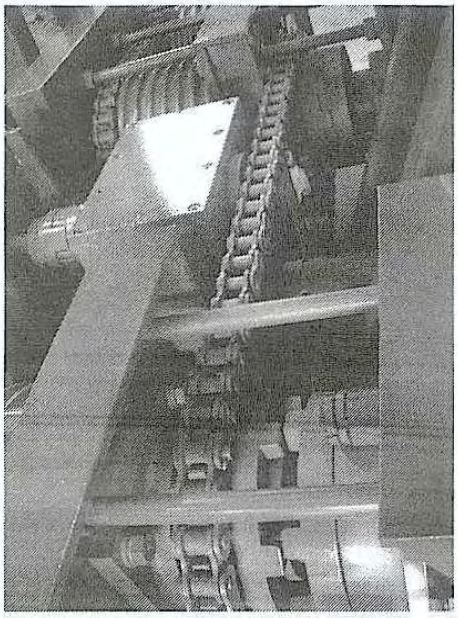


그림 3-22. 인터록크 클러치의 모습

윈치 구동력(토크) 및 견인력과 가선의 이송속도는 타워집재기의 기능중에서 아주 중요한 요소이다. 따라서 윈치 구동력(토크) 및 견인력과 가선의 이송속도를 계산하기 위해 아래의 식을 이용하였다(주재호, 1997).

$$\cdot \text{ 드럼의 토크}(Tmth) = \frac{Vp \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot 100} \quad (1)$$

$$\cdot \text{ 드럼의 견인력}(Lp) = \frac{Tmth \cdot i \cdot 2}{D} \quad (2)$$

$$\cdot \text{ 드럼의 회전수}(Nw) = \frac{Vp \cdot Np}{Vm \cdot i} \quad (3)$$

여기서 Vp는 펌프용적(cc), P는 펌프 유압력(kgf/㎠), i는 모터 감속비, D는 드럼 직경(mm), Np는 펌프의 회전수(rpm), Vm은 모터용적(cc)이다.

상기의 식 (1)과 (2), (3)를 이용하여 윈치 구동력(토크) 및 견인력, 가선 이송속도를 계산하기 위해 본 연구과제에 적용한 기능품들에 의해 표 3-15와 같은 기본 자료를 이용하였다. 여기서 캡스턴 드럼의 직경은 200mm이고 드럼폭은 154.2mm이며, 2개의 캡스턴 드럼을 연결하는 체인부의 폭 24.2mm를 빼면 캡스턴드럼의 폭은 130mm가 된다.

표 3-16은 표 3-15의 기본 자료와 상기 계산식을 이용하여 얻어진 계산 값들이다. 표 3-16에서 윈치 구동력(토크) 및 견인력, 가선 이송속도를 계산한 결과, 메인라인 및 홀백라인의 더블캡스턴 드럼의 윈치 구동력(토크)는 191kg·m이고 이를 이용한 더블캡스턴 드럼의 견인력은 1,910kgf이었다. 또한 더블캡스턴 드럼의 회전수는 110rpm이었으며, 드럼의 회전수에 따라 가선의 이송속도는 69.23m/min으로 나타났다. 따라서 이 결과들은 본 타워집재기의 윈치 기능부의 목표제원과 일치한다.

표 3-15. 윈치 기능부의 제원 계산에 사용된 수치.

구 분		수 치
트랙터 PTO 회전수	*Ne*	700
펌프 변속비	*ip*	1 : 3
펌프 용적	*Vp*(cc)	63
펌프 토크	*Tp*(kg · m)	9.5
펌프 회전수	*Np*(rpm)	2,100
펌프 유압력	*P*(kgf/㎠)	200
모터 용적	*Vm*(cc)	100
모터 감속비	*i*	6 : 1
드럼 직경	*D*(mm)	200

표 3-16. 윈치 기능부의 제원 계산값.

구 분		계 산 값
드럼 토크	*Tmth*(kg · m)	191
견 인 력	*Lp*(kgf)	1,910
드럼 회전수	*Nw*(rpm)	110
가선 속도	*S*(m/min)	69.23

나. 저장 드럼부 개발

저장드럼은 캡스턴드럼에서 나오는 와이어로프를 저장하는 역할을 한다. 저장드럼은 메인라인 저장드럼과 홀백라인 저장드럼으로 구성되어 있고, 메인 및 홀백 저장드럼은 메인 및 홀백 캡스턴드럼의 회전방향과 동일하게 하여 메인라인 캡스턴드럼이 구동되면 메인라인 저장드럼이 구동되고 홀백라인 캡스턴드럼이 구동될 때는 홀백라인 저장드럼이 구동되도록 고안하였다.

저장드럼 모터는 26cc의 유압펌프에서 나온 유압력이 릴리프밸브를 거쳐 캡스턴드럼 모터에 전달되어 구동된다. 여기서 릴리프밸브는 메인 및 홀백라인이 풀어질 때 와이어로프가 느슨하게 되어 캡스턴드럼에서 헛돌지 않게 일정한 장력

(Fixed tension)을 갖도록 하기 위해 장착하였다. 즉, 저장드럼이 와이어로프를 감을 때는 유량이 전부 저장드럼의 모터로 유입되다가 와이어로프를 풀 때는 유량의 일부가 저장드럼의 모터로 가서 모터가 와이어로프를 감으려고 하는 힘에 의해 와이어로프의 장력을 유지시켜 주며, 이때 릴리프밸브가 나머지 유량을 오일탱크로 보내는 기능을 한다. 따라서 와이어로프의 풀림에 의한 두 가선의 처짐이나 안전사고를 방지할 수 있다.

저장드럼에 감기는 와이어로프는 가급적 평평하고 드럼에 골고루 감기게 하기 위해 플래트 앵글(Flat angle)을 최대한 작게 하는 것이 좋다(大河原, 1991; 산림과 임업 Ⅲ, 2000). 따라서 본 연구에서도 저장드럼의 배럴과 플랜지의 각도는 와이어로프가 안전하게 감길 수 있도록 90°로 하였고, 플래트 앵글을 최대한 작게 하였다. 그러나 본 연구에서는 저장드럼에 감기는 와이어로프의 장력은 캡스턴드럼에서 최대 30kgf까지 줄어져서 감기게 되어 있으므로 플래트 앵글은 큰 영향이 없게 된다. 또한 저장드럼에 와이어로프를 감는 방법으로서 Z꼬임의 와이어로프는 시계 반대방향으로 감고 S꼬임의 와이어로프는 시계방향으로 감는 것이 와이어로프의 소선과 스트랜드가 풀리지 않는다(산림과 임업 Ⅲ, 2000). 따라서 본 연구에서 적용된 Z꼬임의 와이어로프를 위해 집재작업시 장력과 부하가 큰 메인라인을 저장드럼에 시계 반대방향으로 감기도록 고안하였다.

최대 집재거리를 200m로 설정하여 메인라인의 저장드럼 용량은 250m, 홀백라인의 저장드럼은 450m가 되도록 고안하였다. 메인라인과 홀백라인의 저장을 위한 저장드럼의 크기를 결정하여야 한다. 저정드럼의 크기는 드럼의 직경 및 폭에 따라 드럼의 플렌지 직경이 달라진다. 따라서 드럼의 직경 및 폭과 플렌지 직경을 산출하기 위해 아래의 식을 이용하였다(국립산림과학원, 1999). 단 여기서 와이어의 감김에 있어서 와이어의 직경크기만큼 겹쳐지는 것으로 본 산출식이다. 즉, 와이어를 둥근와이어가 아닌 사각형 와이어로 본 산출식으로서 계수 K를 1로 본 산출식이다.

$$\cdot \text{ 가선의 길이}(L) = \frac{\pi \cdot B \cdot (A^2 - C^2)}{4 \cdot d^2} \quad (4)$$

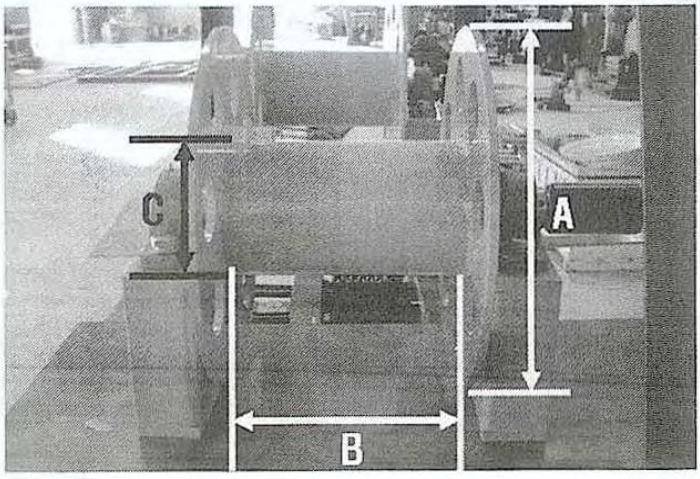
$$\cdot \text{ 레이어의 수 (N)} = \frac{(A - C)}{2 \cdot d} \quad (5)$$

여기서 L은 드럼에 감기는 와이어로프의 길이(m), B는 드럼폭(mm), A는 플렌지 직경(mm), C는 드럼직경(mm), d는 와이어로프 직경(mm)이다.

그림 3-23과 같은 구조의 저장드럼을 제작할 경우, 가선의 길이에 따른 저장드럼의 폭 및 직경과 플렌지 직경을 상기의 식 (4)과 (5)를 이용하여 계산한 결과는 표 3-17 및 표 3-18과 같다.

표 3-17에서 메인라인의 길이를 250m로 하고 드럼의 직경은 보통 와이어로프 직경(Ø9mm)의 약 20배가 적절하므로 여기서는 드럼의 직경을 165mm로 결정하고, 플레트 앵글과 레이어의 수 및 저장드럼의 공간 등을 감안하여 드럼의 폭을 250mm로 산정 할 경우, 플랜지의 직경은 약 360mm가 최적이라는 것을 알 수 있었다. 이때 저장 드럼에 감기는 와이어로프의 레이어 수는 24개이었다. 또한 표 3-18에서도 홀백라인의 길이를 450m, 드럼의 직경을 메인드럼의 직경과 같이 165mm로 결정하고, 또한 플레트 앵글과 레이어의 수 및 저장드럼의 공간 등을 감안하여 드럼의 폭을 메인드럼과 같이 250mm로 산정 한 경우, 플렌지의 직경은 약 460mm가 최적이라는 것을 알 수 있었다. 이때 저장 드럼에 감기는 와이어로프의 레이어 수는 37개이었다.

따라서 최대 집재거리가 200m가 될 수 있도록 메인라인 저장용량은 250m, 홀백라인 저장용량은 450m로 할 경우에 드럼의 폭 및 직경과 그에 따른 플렌지의 직경을 알 수 있었으며, 이를 이용하여 각 저장드럼의 세부설계를 작성하였으며, 그림 3-24와 같은 메인 및 홀백 저장드럼을 제작할 수 있었다



(A : 플렌지 직경, B : 드럼폭, C : 드럼직경)

그림 3-23. 저장드럼의 모습

표 3-17. 메인라인(Mani line)의 길이에 따른 저장드럼의 제원

구분	계 산 값					
C(mm)	165	165	165	165	165	165
L(m)	250	250	250	250	250	250
d(mm)	9	9	9	9	9	9
B(mm)	100	150	200	250	300	350
A(mm)	534.02	446.31	395.22	361.12	336.47	317.69
N(개)	41	31	26	24	21	17

표 3-18. 홀백라인(Haulback line)의 길이에 따른 저장드럼의 제원

구분	계 산 값					
C(mm)	165	165	165	165	165	165
L(m)	450	450	450	450	450	450
d(mm)	9	9	9	9	9	9
B(mm)	100	150	200	250	300	350
A(mm)	701.11	580.32	509.30	461.47	426.61	399.86
N(개)	66	51	43	37	32	29

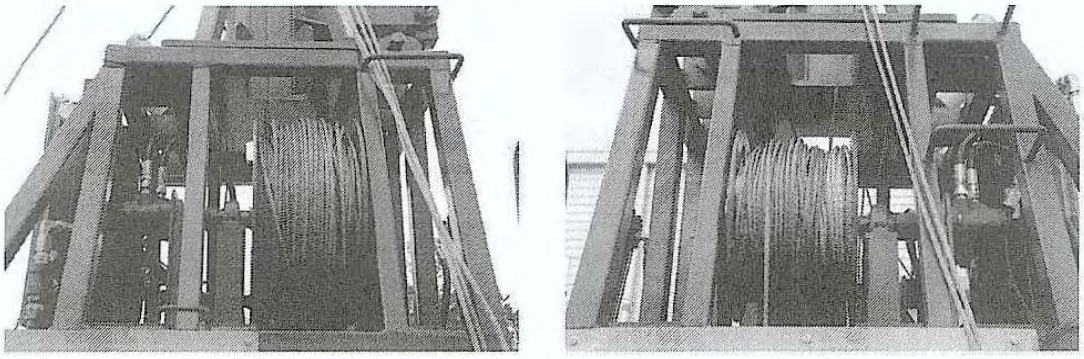


그림 3-24. 홀백라인 저장드럼(좌)와 메인라인 저장드럼(우)의 모습

4. 반송기(Carriage)부 개발

반송기부는 일반적인 스카이라인 삭장방식에 두루 사용되고 있으며 본 타워 집재기에서는 스카이라인 삭장방식중 인터록크 기능이 있는 런닝스카이라인 삭장방식을 이용하므로 메인라인과 홀백라인이 서로 꼬이거나 각 라인의 부하를 고려하여 작업사양에 맞게 개발하였다. 반송기는 홀백라인에 의하여 상부 2개의 도르레가 연결되고 홀밸라인은 스카이라인 지수목에 연결된 도르래를 지나 반송기 우측 하단에 고정되고 메인라인은 반송기 좌측 하단을 통하여 하부로 연결되는데 이 메인라인에 벌도목을 고정시킨다. 그러므로 상부에 시브도르레 2개와 메인라인방향을 조절하는 도르레 1개로 총 3개의 시브도르레가 사용되었고 우측하단에 홀백라인을 고정시키는 연결고리를 마련하였다.

반송기내에 집재목을 고정시킬수 있는 고정장치를 장착하여 수하율에 의하여 집재목의 처짐을 방지하였다. 반송기의 집재작업시 원목의 하중과 반송기 자체의 하중에 의하여 와이어로프의 파손이 일어날 수도 있으므로 반송기의 도르레 크기는 와이어로프의 Ø9mm의 20배 이상인 216mm로 하였다(그림 3-25).

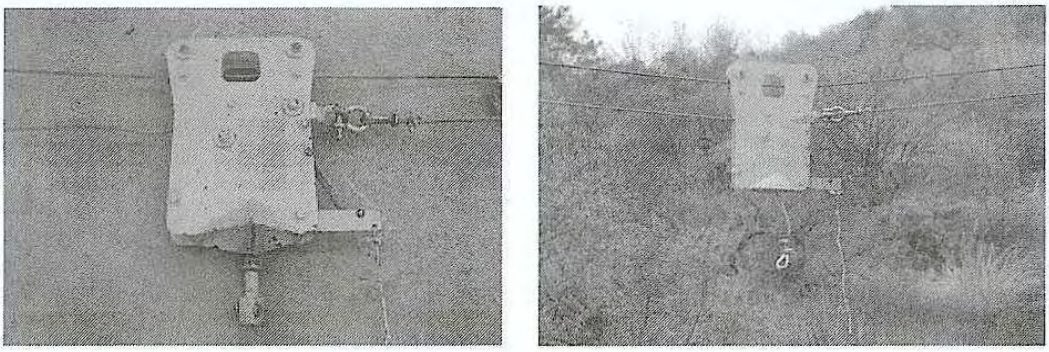


그림 3-25. 반송기(Carriage)부의 모습

5. 조작부 개발

타워집재기의 전체 작동은 기본적으로 각 기능부의 밸브에 부착된 레버에 의해서 조작되도록 하였다. 특히, 인터록크 기능이 요구되는 윈치 기능부의 작동은 유선 리모트 콘트롤러(Wire remote controller)에 의하여 조작되도록 고안하여 조작이 용이하고 작업의 효율성을 도모하도록 하였다. 또한 윈치 기능부의 메인라인부(메인드럼, 메인라인저장드럼)와 홀백라인부(홀백드럼, 홀백라인저장드럼)의 단순 조작은 윈치 기능부 조작용 솔레노이드 밸브에 부착된 레버를 이용할 수도 있다.

런닝스카이라인 삭장방식에서 가선의 처짐을 방지하고 견인력을 강화하기 위해 채택된 인터록크 기능을 작동시키기 위해서 유선 리모트 콘트롤러에 의해 작동되도록 하였다. 즉, 집재목의 집재시와 반송기의 이송시에는 메인 및 홀백라인이 동시에 작동되어야 하고 인터록크 기능이 필요하므로 클러치가 작동되어야 한다. 따라서 집재목 집재와 반송기 이송을 위해 메인 및 홀백드럼 조작용 레버를 동시에 작동시킬 경우, 인터록크 클러치도 동시에 작동되도록 전기 신호방식에 의해 클러치 기어가 맞물리도록 클러치 실린더에 전기 신호를 보내도록 유선 리모트 콘트롤러를 고안 제작하였다.

그림 3-26은 유선 리모트 콘트롤러의 모식도를 나타낸 것이며, 유선 리모트 콘트롤러의 와이어 길이는 쵸킹수의 상황을 육안으로 확인할 수 있는 위치에서 조작할 수 있도록 8m로 길게 고안하였다. 유선 리모트 콘트롤러의 기본전원은 트랙터에 부착된 24V의 전원을 채택하였다. 또한 유선 리모트 콘트롤러에는 엔진 시동정지 스위치와 붉은색의 비상정지 버튼, 상중하 위치고정 형식의 메인드럼 및 홀백드럼 레버를 장착하였으며, 가선속도 조절용 트랙터 rpm가속 회전스위치를 장착하고 클러치 작동 가부를 위한 클러치 ON/OFF 스위치를 장착하도록 고안하였다. 또한 그림 3-26과 같이 임내 쵸킹수와 타워집재기 오퍼레이터간의 연락 및 신호를 위해 트랙터의 크락숀 조작을 위한 무선 신호장치를 고안 개발하였다. 그림 3-27은 유선 리모트 콘트롤러와 연결하여 전기공급과 동시에 콘트롤러의 제어에 따라 각 솔레노이드 밸브의 작동을 제어하고 중계하는 콘트롤 박스이며, 트랙터 본체 케이블 커넥션은 트랙터 본체로부터의 전기연결과 트랙터 RPM조절용 실린더 제어를 위해 연결하는 케이블이다.

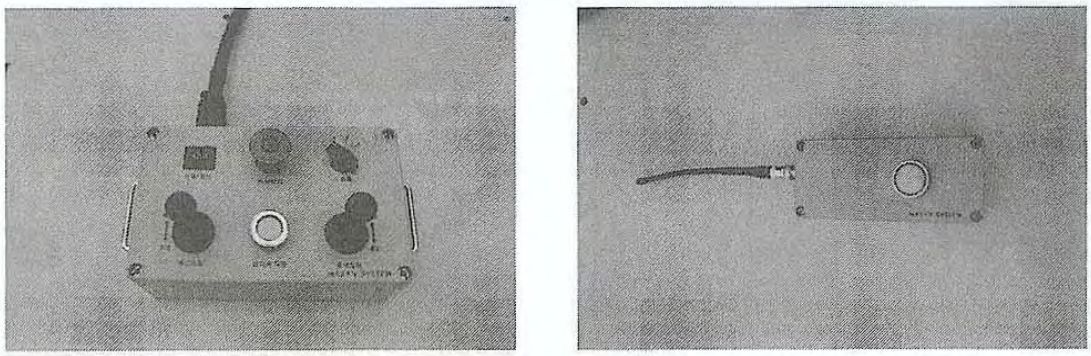


그림 3-26. 유선 리모트 콘트롤러(좌)와 무선 신호장치(우) 모습

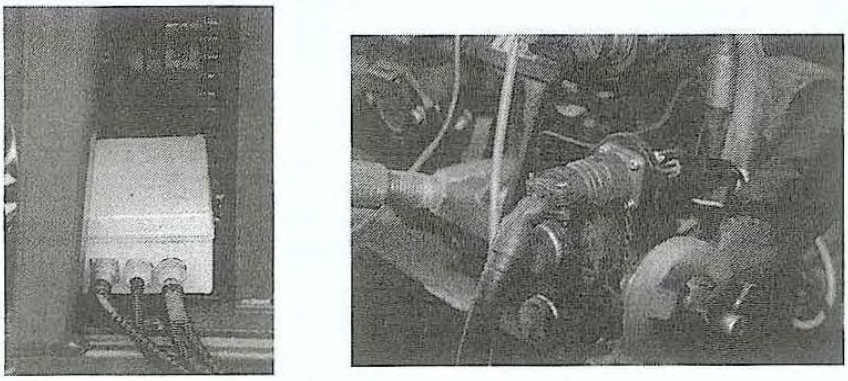


그림 3-27. 콘트롤 박스(좌)와 트랙터 본체 케이블 커넥션(우) 모습

6. 버팀줄(Guyline) 드럼 개발

타워집재기의 안전과 작업의 효율성을 높이기 위해 가선 설치의 반대방향으로 버팀줄(가이라인)을 고정하기 위해서 그림 3-28과 같이 3개의 버팀줄용 드럼을 고안 제작하였다. 버팀줄의 길이는 충분한 거리와 안전성을 확보하기 위해 Ø10mm×50m의 와이어를 채택하고 이를 저장할 수 있는 규격의 드럼을 고안 제작하였다.

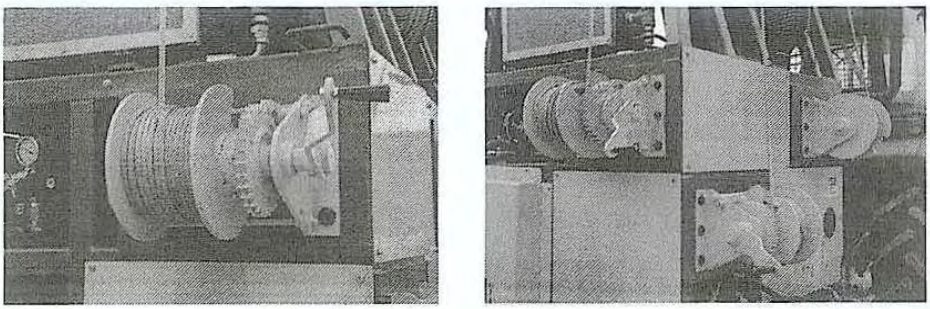


그림 3-28. 가이라인 드럼 모습

7. PTO와 히치

그림 3-29는 타워집재기의 유압펌프에 회전동력을 전달할 PTO와 타워집재기의 견인과 트랙터 부착 및 고정을 위한 3점히치를 나타낸 것이다. PTO와 연결히치는 기본적으로 트랙터에 사용되고 부착되어 있는 것을 사용하여 트랙터에 대한 타워집재기의 활용도를 높였다.

그림 3-29. PTO와 3점히치 연결 모습

8. 타이어 주행장치와 아우트리거(Out rigger)

그림 3-30은 트랙터에 의한 타워집재기의 견인 이동을 위해 장착된 2개의 타이어 주행장치와 타워집재기의 안전 및 정차를 위해 고안 제작된 4개의 아우트리거를 나타낸 것이다. 타워집재기는 트랙터에 견인 이동되므로 중량의 타워집재기를 견인 이동시 히치에 의해 들어 올려지기가 어려우므로 견인 이동을 위해 타이어를 장착하였으며, 타워집재기의 작업시 안전과 장시간 정차시 사용하기 위해 아우트리거를 장착하였다.

그림 3-30. 타이어와 아우트리거

그림 3-31. 트랙터 부착 타워집재기(모델명 PAKO-200) 완성 모습

제 5 절 트랙터 부착형 타워집재기의 현장 적응성 시험

개발된 트랙터 부착형 타워집재기의 현장 적응성 시험을 위해 각 기능부의 기능을 테스트하였다.

표 3-19와 표 3-20은 트랙터의 PTO rpm을 540과 740을 기준으로 두고 유선 리모트 콘트롤러의 rpm 회전수 조절 레버를 1~4단으로 조절했을 때 각 기능부의 기능에 대해 테스트한 결과이다. 예를 들면, 트랙터의 PTO rpm을 540으로 조절하고 리모콘 단수를 2단으로 두고 테스트 한 결과를 보면, PTO 회전수는 250rpm이고 펌프의 회전수는 750rpm, 모터 회전수는 79rpm으로 나타났으며, 이때 가선의 집재속도는 약 49m/min으로 나타났다.

그리고 트랙터 부착형 타워집재기의 회전반경을 측정한 결과 약 6.85m로 나타났다. 또한 트랙터 부착 타워집재기의 주행을 시험한 결과, 경사 15도에서 트랙터가 최고 20km/hr까지 주행할 수가 있었다.

표 3-19. 트랙터 PTO rpm 540 기준에서의 각 기능부의 기능

리모콘 단수 (단)	1	2	3	4
PTO 회전수 (rpm)	200	250	300	350
변속기 증속비 (1/N)	1/3	1/3	1/3	1/3
펌프 회전수 (rpm)	600	750	900	1050
펌프용량 (cc)	63	63	63	63
모터 감속비 (N/1)	6/1	6/1	6/1	6/1
모터 용량 (cc)	100	100	100	100
모터 회전수 (rpm)	63	79	95	110
집재속도 (m/min)	40	49	59	69

표 3-20. 트랙터 PTO rpm 740 기준에서의 각 기능부의 기능

리모콘 단수 (단)	1	2	3	4
PTO 회전수 (rpm)	300	350	400	450
변속기 증속비 (1/N)	1/3	1/3	1/3	1/3
펌프 회전수 (rpm)	900	1050	1200	1350
펌프용량 (cc)	63	63	63	63
모터 감속비 (N/1)	6/1	6/1	6/1	6/1
모터 용량 (cc)	100	100	100	100
모터 회전수 (rpm)	95	110	126	142
집재속도 (m/min)	59	69	79	89

제 6 절 트랙터 부착형 타워집재기의 작업시스템 개발

1. 우리나라 임목수확작업시스템의 현황

현재 우리나라 임목생산작업에서 도입되어 활용되고 있는 임목생산작업 형태별 주요한 임업기계를 살펴보면 표 3-21과 같다.

표 3-21에서 보는 바와 같이 벌목 및 조재작업은 주로 체인톱에 의해 이루어지고 있으며, 집적과 집재작업은 소형 굴착기부착 우드그랩과 플라스틱수라, 소형윈치인 아크야윈치, HAM 200과 FARMI윈치와 같은 트랙터부착 집재기, 굴착기부착 윈치, 소형 임내차 등이 있으며, 소운재는 개조 개량된 집운재용 트럭인 영운기와 트랙터 견인 트레일러, 미니포워더, GMC트럭에 의해 이루어지고 있다. 또한 운재작업은 일반 상업용 트럭과 GMC트럭 등에 의해 이루어지고 있는 실정이다. 이를 볼 때, 대부분 인력위주의 벌목 및 조재작업이 이루어지고 있고, 집적 및 집재작업(중하산작업)은 벌채지내에 작업도 개설과 함께 소형 굴착기부착 우드그랩으로 임지내의 작업도까지 집재 및 집적작업을 실시하고 있으므로 굴착기

의 주행에 의한 임지의 훼손이 심각한 실정이다. 또 플라스틱수라와 소형윈치(아크야윈치)와 같은 집재기계에 의해서도 집재작업이 이루어지고 있으나 이들도 인력위주의 집재작업기계이다.

특히, 우리나라 대부분의 임목생산작업을 실시하고 있는 벌목업자(목상)의 임목수확작업에서 사용하고 있는 임업기계는 체인톱에 의해 벌목 조재작업과 굴착기부착 우드그랩에 의한 집재 및 집적작업, 굴착기부착 우드그랩에 의한 작업도 개설과 이를 이용한 트럭개조형 집운재용 트럭(영운기)이나 트랙터 트레일러 등에 의한 토장까지의 소운재가 이루어지고 있다(북부지방관리청, 2001; 이근태·박상준, 2001; 2002; 2003)..

표 3-21. 임목생산작업 형태별 주요 임목수확작업기계

벌 목 및 조 재	집 적 및 집 재	소 운 재	운 재
체인톱	굴착기 우드그랩 플라스틱 수라 소형윈치 트랙터부착 집재기 (HAM 200, FARMI) 타워야더	집운재용 트럭 (영운기) 트랙터 트레일러 GMC트럭 미니 포워더	트 럭 GMC트럭

우리나라의 대표적인 임목수확작업시스템을 살펴 보면, 그림 3-32와 같이 체인톱을 이용하여 벌도작업을 실시한 후, 임내에서 가지자르기 및 원목 절동작업의 조재작업을 실시하고 있었다. 집재작업은 벌도 및 조재작업후 급경사지에도 불구하고 가선계 집재기계를 사용치 않고 전부 0.3㎥급 굴삭기에 부착한 우드그랩을 사용하여 벌목·조재된 단목을 상부에서 하부의 집재로 즉, 집재용 트럭이 주행할 수 있는 작업도까지 집어 던져 내려와 집적하는 하산 집재방식을 취하고 있었다. 하산 집재방식은 일반적으로 굴삭기 우드그랩이 임지의 상부로 올라가면서 한쪽으로는 지엽을 모아쌓고 또 한쪽으로는 단목을 모아쌓기를 한 후에 다시 임지의 상부에서 하부로 내려오면서 지엽을 한쪽으로 쌓고 단목은 올라가면서 쌓아놓은 쪽으로 모으면서 전체 단목을 집어던져 내려와 모으는 방식이다.

소운재작업은 굴삭기 우드그랩에 의해 개설된 작업도를 집운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에 의해 임외 집하장 또는 토장까지 소운재되고 있었

다. 이때 운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에의 상차작업은 하산집재작업에 사용되는 굴삭기 우드그랩에 의해 이루어지고 있었다. 그리고 임외 집하장 또는 토장에서의 하차작업은 운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러의 자체 덤프기능에 덤프하차가 이루어지고 있었다.

임외 집하장 또는 토장에 소운재된 원목은 다시 굴삭기 우드그랩에 의해 집적작업이 이루어져 원목을 쌓아 놓았다. 이는 다시 최종 소비지인 제재소 등으로 반출 운송되고 있었으며, 우드그랩이 운재를 위한 트럭 상차작업도 병행하고 있었다.

따라서 전체 벌목집운재작업시스템을 살펴 보면, 급경사지에 적합한 가선계 집재기계보다는 굴삭기 우드그랩에 의한 집적과 집운재용 트럭(영운기) 또는 트랙터부착 트레일러에 의한 소운재의 임목생산작업이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있었다. 급경사지에 작업도를 개설하고 굴삭기 우드그랩에 의한 집적 및 집재작업과 소운재를 위해 트럭을 불법 개조 개량한 집운재용 트럭과 트랙터부착 트레일러를 사용함으로서 전체적인 벌목집운재작업의 효율성이 떨어지고 있었다. 특히, 상하차작업에서 자체적으로 상하차작업이 가능하도록 크레인 집게가 부착되어 있지 않으므로 상하차작업을 위해 글삭기 우드그랩을 사용함으로서 임목생산작업에 큰 효율성을 떨어뜨리고 있었다. 또한 임내의 벌도목 집적작업을 위한 굴삭기 우드그랩의 임내주행과 집적로 개설은 임지훼손과 노면침식, 토사유출의 주요한 원인이 되고 있었다.

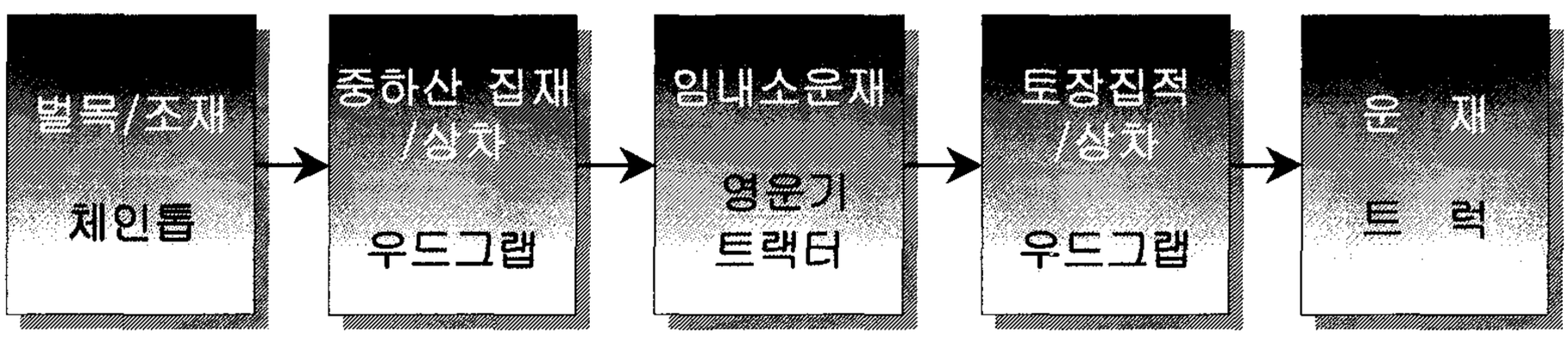


그림 3-32. 우리나라의 대표적인 임목수확작업시스템

2. 트랙터 부착형 타워집재기의 집재작업 공정 분석

급경사지에서 임지훼손을 최소화하면서 고능률적인 자연친화적 임목수확작업시스템인 타워야더형(Tower-yarder Type) 임목수확작업시스템에 있어서 고성능 임업기계인 트랙터 부착형 타워집재기(Tower-yarder)에 의한 집재작업에서 공정

을 조사 분석하였다.

가. 조사지의 개요

조사지와 집재작업의 개요는 표 3-22와 같으며, 본 조사지는 전북 진안군내 리기다소나무 인공림 개벌지역이다. 조사지의 평균 임지경사 30°, 평균임령 약 35년, ha당 평균 입목본수 약 1,200본/ha, 평균 흉고직경 16cm, 평균수고 15m, 평균 입목재적 0.15㎥/본, ha당 평균 입목축적 약 180㎥/ha이다.

집재작업의 선행작업인 벌도작업은 체인톱에 의한 1인 1조의 하향벌도작업을 실시하였다. 집재작업은 하향집재로 실시하였으며, 최대 가선거리는 약 70m이고 집재 1회 1본씩 집재작업을 실시하였다.

그림 3-33은 본 조사에 사용된 트랙터부착형 타워집재기로서 본 연구개발에 의해 완성된 트랙터부착형 타워집재기이다.

나. 조사내용 및 방법

트랙터부착형 타워집재기에 의한 집재작업 공정을 조사하였으며, 조사는 스톱워치(Stop watch)를 이용한 연속작업시간을 측정하여 분석하였다. 이를 통해 트랙터부착형 타워집재기에 의한 전체 집재작업의 요소작업시간 및 작업공정을 분석하였다.

표 3-22. 조사지와 집재작업의 개요

항 목	내 용
조 사 지	전북 진안군내
수 종	리기다소나무
임 종	인공림
평균경사	30°
임 령	35년
입목본수	약 1,200 본/ha
평균직경	15 cm
평균수고	15 m
평균 입목재적	0.15 ㎥/본
평균 입목축적	180 ㎥/ha
시 업 법	개 벌
집재방법	하향집재
가선거리	최대 70 m
사용기계	트랙터부착 타워집재기

그림 3-33. 조사에 사용된 트랙터부착형 타워집재기

다. 조사결과

1) 요소작업시간 분석

트랙터부착형 타워집재기에 의한 개벌 전목집재작업에서 관측한 총 작업시간은 28사이클 118분 35초이며, 이중 주체작업시간으로 판단되는 작업시간은 73분 16초로서 총 작업시간의 62%를 차지하였으며, 부대작업시간으로 판단되는 작업시간은 45분 19초로서 총 작업시간의 38%로 나타났다. 표 3-23은 조사지에 있어서 트랙터부착형 타워집재기에 의한 개벌작업의 집재작업에서 집재작업 1사이클당 각 요소작업의 평균작업시간과 비율을 나타낸 것이다.

표 3-23에서 주체작업에서는 집재작업시간이 26.6%로서 가장 많은 비율을 차지하고 그 다음으로 반송기 보내기 13.9%, 쵸킹작업 10.2%, 짐풀기 8.0%, 가로끌기 6.6% 등의 순으로 나타났다. 여기서 집재거리가 멀기 때문에 집재작업시간과 반송기 보내기시간이 높은 비율을 차지하였으며, 그 다음으로 쵸킹작업시간이 높은 비율을 차지하였는데 이는 집재작업의 일반적인 결과로서 쵸킹수의 숙련도가 낮기 때문에 나타나는 현상이라고 할 수 있다. 또한 쵸킹수의 신호 및 대피시간이 높은 비율로 나타났는데 이는 타워집재기 오퍼레이터와 쵸킹수의 연락과 작업조건의 불합리 등으로 인해 나타나는 현상이라고 하겠으며, 이를 해소하고 작업의 효율성을 높이기 위해 사전에 충분한 작업조건의 숙지와 작업방법의 검토, 원활한 의사전달 요령 등의 준비작업이 필요하다.

부대작업에서는 타워집재기의 가설과 철거가 큰 비중을 차지하였으며, 이는 일반적인 타워집재기의 집재작업에서 나타나는 현상이다.

전체적으로 타워집재기에 의한 개벌집재작업을 분석해 보면, 벌도방향과 벌도목의 겹침정도에 의해 작업의 효율성이 많이 다르므로 효율적인 집재작업을 위한 벌도작업에 좀 더 효율적인 기술이 필요하겠다. 또한 쵸킹작업자의 작업요령과 방법이 익숙하지 않아 작업의 효율이 떨어지고 있으므로 이를 줄이기 위한 작업자의 교육과 훈련이 필요하며, 타워집재기의 큰 특징이라고 할 수 있는 가설 및 철거작업시간을 줄이기 위한 숙련도 향상에 많은 교육과 훈련이 필요하겠다.

표 3-23. 집재작업에서 1사이클당 요소작업 시간과 비율

작 업 명		요 소 시 간	
		시 간 (초)	비 율 (%)
주체작업	반송기 보내기	27.2	13.9
	반송기 내리기	3.0	2.3
	쵸킹수 이동	1.6	1.2
	가로끌기	8.7	6.6
	쵸킹작업	13.4	10.2
	신호 및 대피	8.5	6.4
	메인라인 당기기	5.8	3.1
	가로집재	7.1	4.4
	집 재	35.1	26.6
	짐내리기	4.7	3.6
	짐 풀 기	10.5	8.0
	반송기 올리기	6.4	4.8
합 계		132.0	100
부대작업	가 설	1,380.0	57.2
	철 거	1,022.0	42.4
	기 타	11.1	0.5
합 계		2,413.1	100

2) 타워집재기의 집재작업 공정 분석

조사지에서 최대집재거리 약 70m, 최대가로집재거리 약 15m에 대한 타워집재기의 집재작업 공정을 조사한 결과 표 3-24와 같은 결과를 얻었다.

표 3-24에서 타워집재기에 의한 집재작업 공정을 살펴보면, 2인 1조의 1일당 평균 집재재적은 12.0㎥/일이고 1일 1인당 평균 집재재적은 6.0㎥/일·인로 나타났다. 또한 개벌 집재목의 평균 입목재적이 아직 임령 35년생의 유령목이므로 집재목의 평균 입목재적이 큰 대경목 임상에 대한 집재작업의 경우, 1일 평균 집재재적은 더 크게 나타날 것이다.

한편, 본 타워집재기에 의한 집재작업공정은 집재목의 크기가 0.158㎥/본으로서

본 조사지와 같은 기존의 연구결과(마상규 외 4인, 1997)에서 인력에 의한 하향 집재 작업공정인 1일 1인 작업추정량 1.03㎥/일·인과 플라스틱수라에 의한 인력 집재작업 공정인 1일 1인 작업추정량 1.01㎥/일·인보다 약 6배 높게 나타났다. 또한 기존의 연구(이근태와 박상준, 2003)에서 본조사지와 같은 지역의 리기다소나무 임상을 대상으로 한 타워야더(RME-300)에 의한 집재작업공정과 거의 비슷하게 나타났다. 따라서 본 연구개발 타워집재기의 성능이 우수하다고 할 수 있겠다.

표 3-24. 트랙터부착형 타워집재기에 의한 집재작업 공정

항 목		작 업 공 정
측정치	집재회수 (회)	28
	집재 재적 (㎥)	3.8
	실동시간 (분)	118.5
	작업원수 (인)	2
집재 1회당 평균	집재재적 (㎥/회)	0.14
	사이클타임 (분/회)	4.2
실동 1시간당 평균	집재회수 (회/시)	14.3
	집재재적 (㎥/시)	2.0
1일당 평균	집재회수 (회/일)	85.8
	집재재적 (㎥/일)	12.0
1일 1인당 평균	집재회수 (회/일·인)	42.9
	집재재적 (㎥/일·인)	6.0

주) 1일은 실동 6시간으로 계산함.

3. 트랙터 부착형 타워집재기의 집재작업시스템 구축

가. 환경친화적 임목수확작업시스템 개요

현재 우리나라에 보급되어 있는 가장 일반적인 임목수확작업시스템을 중심으로 환경친화적인 임목수확작업시스템을 제시하면 다음과 같다.

우리나라와 같이 산지가 급경사이고 임도 및 작업도 등 노망개설이 부족하며, 임목이 소경재이고 간벌작업과 주로 소면적 개벌작업의 단목생산 위주의 임목생산작업에서는 가선계 중심의 집재작업을 통한 임목수확작업시스템이 효과적이다. 즉, 임업선진국에서 이미 급경사지 임목수확작업시스템으로 널리 사용되고 있는 고성능임업기계인 타워집재기와 스윙야더, 트랙터부착 타워집재기 등 가선집재기 등을 중심으로 한 가선계 임목수확작업시스템이 효율적이다. 따라서 그림 3-34와 같이 가선계 고성능임업기계인 타워집재기(Tower-yarder)와 조재기계인 프로세서(Processor)를 중심으로 한 타워집재기형 임목수확작업시스템(Tower-yarder Type Harvesting System)이 될 것이다. 즉, 벌도작업은 우리나라와 같이 주로 급경사지에서 일반적으로 체인톱(Chain saw)을 이용하고 집재작업은 급경사지에서 효율적인 상하향집재가 가능한 고성능임업기계인 타워부착 집재기인 타워집재기와 굴삭기를 이용한 스윙 타워야더(Swing Tower-yarder), 트랙터부착 타워집재기를 이용한다. 조재작업은 체인톱을 이용한 임내 또는 전목집재후 토장이나 임도상에서 실시하거나 통직한 수종에 아주 효율적인 고성능 조재기인 프로세서를 이용한다. 또한 조재된 원목의 운재는 작업도와 저규격의 임도를 따라 토장까지 임내 소운재를 할 수 있는 소형 포워더(Mini forwarder)를 이용하거나 크레인 부착 트럭으로 실시한다.

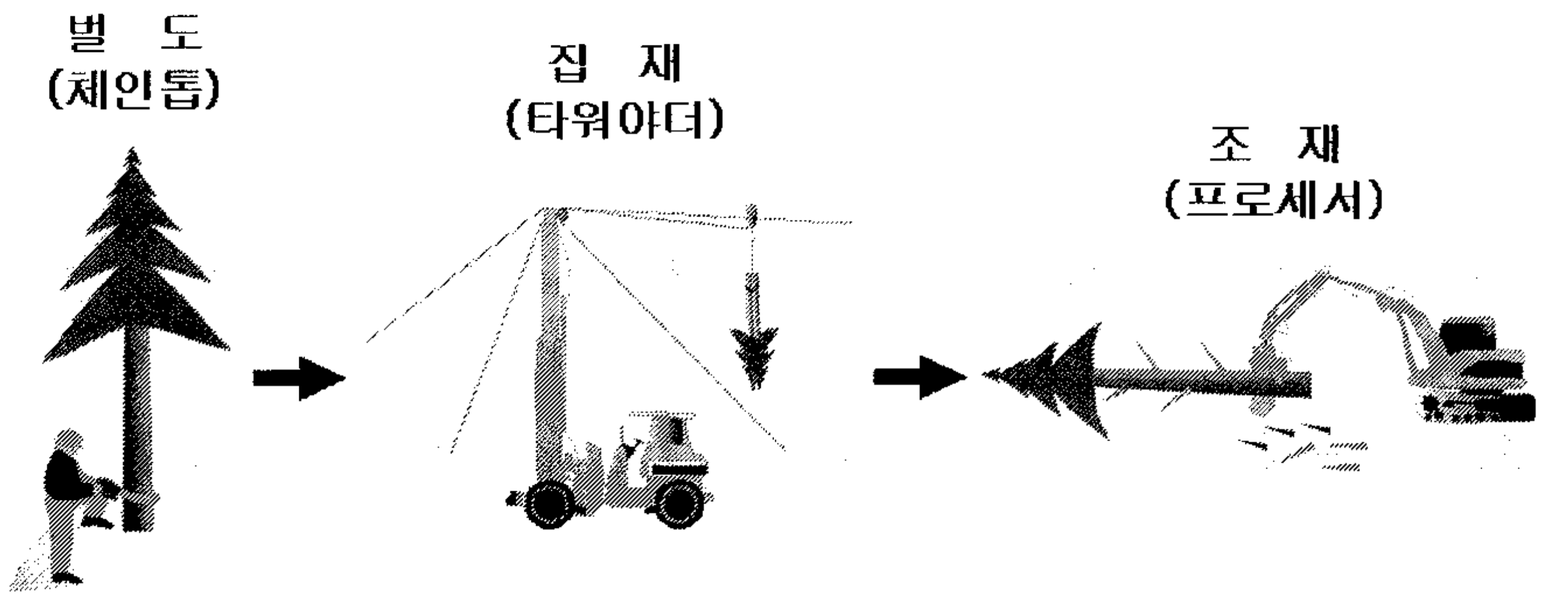


그림 3-34. 타워집재기형(Tower-yarder type) 임목수확작업시스템의 모식도

나. 트랙터 부착형 임목수확작업시스템 구축

현재 우리나라에 가장 실용성이 높은 집재기계인 타워집재기를 이용한 환경친화적 임목수확작업시스템을 구축하기 위해 지형과 임상, 임도망, 임목생산 규모적인 측면을 구분하여 몇 개의 가선계 집재기계를 중심으로 한 환경친화적 임목수확작업시스템을 제시하면 아래 그림 3-35와 같다.

따라서 본 연구과제에서 연구 개발한 트랙터 부착형 타워집재기(PAKO-200)의 임목수확작업시스템을 구축하기 위해서는 아래 그림 3-35와 같은 임목수확작업시스템을 구축하고 이를 중심으로 한 임목수확작업시스템이 구축되면 우리나라에 실용성이 높은 환경친화적 임목수확작업시스템의 구축이 가능하게 될 것이다. 특히, 벌목작업은 우리나라와 같이 주로 급경사지에서 많이 사용하고 전문 기능인이 많이 확보되어 있고 기술수준이 높은 체인톱(Chain saw)을 이용하여 실시하고, 집재작업은 급경사지와 임상, 임도망, 임목생산규모 등을 고려하여 트랙터 부착형 타워집재기와 같은 가선 집재기를 중심으로 임목수확작업시스템을 구축하면 소면적의 중경재 개벌 및 간벌작업과 숲가꾸기 산물수집 등에 아주 효율적인 집재작업을 실시할 수 있겠다.

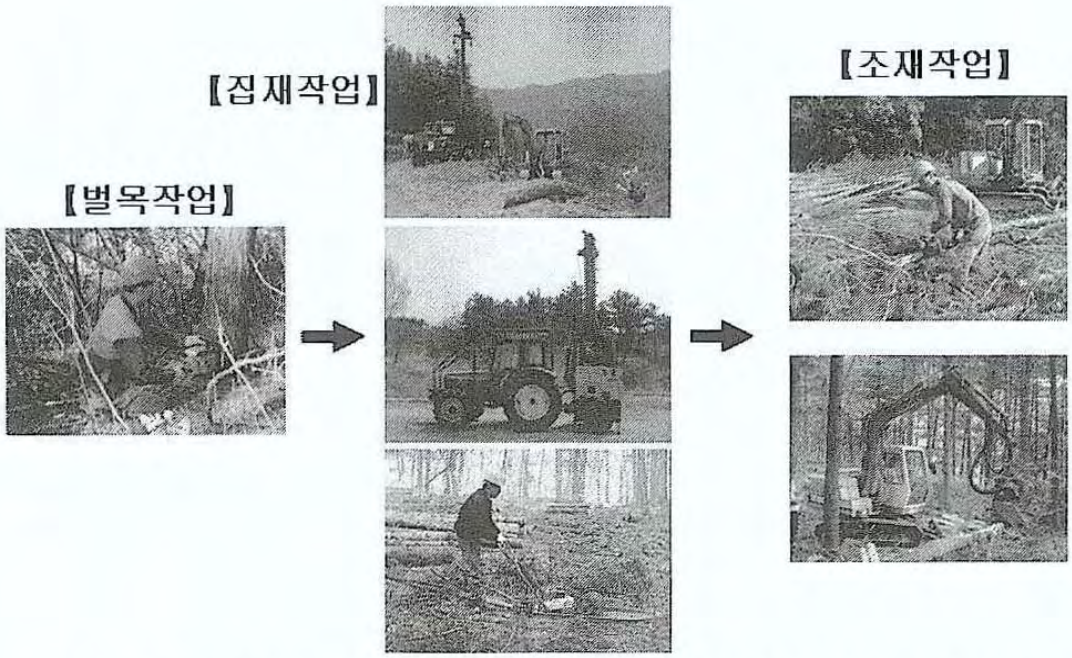


그림 3-35. 가선계 집재기계를 중심으로 한 임목수확작업시스템 사례

다. 타워집재기에 의한 임목수확작업시스템의 효과 일례

우리나라 실정에 가장 적합한 타워집재기와 같은 효율적인 가선계 집재기계에 의한 환경친화적 임목수확작업시스템에 의한 효과에 대해서 설명하면 다음과 같다.

아래 그림 3-36은 기존 임목수확작업방식인 굴삭기 우드그랩을 중심으로 한 중하산 집재작업후의 모습(좌)과 가선계 타워집재기에 의한 집재작업후의 모습(우)을 나타낸 것이다. 굴삭기 우드그랩에 의한 중하산 집재작업후의 모습(좌)에는 임목 중하산집재작업과 지엽 모으기작업을 위한 굴삭기 우드그랩의 주행과 영운기에 의한 소운재작업을 위해 개설된 작업도로 인해 굴삭기의 주행적지 및 임지 훼손과 임지내의 지엽이 보인다. 반면, 타워집재기에 의한 집재작업후의 모습(우)에는 타워집재기에 의한 가선 집재작업에 의해 굴삭기 주행적지와 작업도 개설, 토사유출 등 임지의 훼손이 전혀 나타나지 않고 전목집재로 인한 임지내의 지엽이 전혀 방치되어 있지 않다. 따라서 가선계 타워집재기에 의한 환경친화적인 임목수확작업시스템에 의해 임지 훼손이 없고 또 전목집재에 의한 지엽의 임내방치 방지와 이들의 바이오매스 이용을 추진할 수 있다는 점에서 매우 효율적이고 높은 생산성 효과를 달성할 수 있겠다.

그림 3-36. 굴삭기 우드그랩에 의한 중하산 집재작업후(좌)와 타워야더에 의한 집재작업후(우)의 임지 훼손 비교 모습

4. 환경친화적 임목수확작업시스템의 경제성 평가

우리나라 실정에 가장 적합한 타워집재기를 중심으로 한 환경친화적 임목수

확작업시스템과 현재의 대표적인 임목생산방법인 굴삭기 우드그랩 중심의 임목수확작업시스템에 대한 경제성에 대해 기존의 연구결과(이근태 · 박상준, 2003) 등을 참고하여 분석하면 다음과 같다.

전라도지역의 리기다소나무림에 대한 굴삭기 우드그랩 중심의 임목수확작업과 타워집재기를 중심으로 한 임목수확작업에서 먼저 굴삭기 우드그랩 중심의 톤당 임목생산비용은 25,000원/톤 또는 약 30,000원/톤인 반면, 타워집재기를 중심으로 한 톤당 임목생산비용은 53,322원/톤이며, 타워집재기와 굴삭기 우드그랩의 기계임대료를 제외한 순수 임목생산비용만을 환산하면 톤당 19,648원/톤이 된다.

굴삭기 우드그랩에 의한 임목생산비용이 타워집재기를 중심으로 한 임목생산비용보다 적게 나타났지만, 타워집재기와 굴삭기 우드그랩의 임대료를 제외한 순수 임목생산비용과 비교하면 오히려 타워집재기를 중심으로 한 임목생산비용이 더 낮다. 따라서 앞으로 좀 더 많은 임목수확작업을 통해 작업의 숙련도와 작업능력이 향상된다면 큰 경제적 효과가 있을 것이며, 기존의 굴삭기 우드그랩에 의한 임목생산작업에 의한 임지훼손의 심각성과 지엽의 바이오메스적 활용성을 감안한다면 단순히 목재생산비용만의 비교보다 더 큰 경제적 효과가 있으므로 향후 트랙터 부착형 타워집재기와 같은 가선계 고성능임업기계에 의한 임목수확작업이 더 많이 도입될 필요가 있겠다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제 1 절 목표달성도

트랙터 부착형 타워집재기를 개발하기 위해 트랙터 및 타워집재기의 기능분석과 벤치마킹한 외국제품을 조사 분석하고 연구 개발 목표를 설정하였다. 또한 이를 기초로 하여 트랙터 부착형 타워집재기의 목표사양을 결정하고 시작기의 설계 도안작업과 각종 구조물을 설계 제작하여 시작기를 완성하였다.

트랙터 부착형 타워집재기의 베이스머신이 되는 트랙터의 기능과 외국제품의 성능과 구조규격, 원리 등을 통해 타워집재기의 목표 방향 및 사양을 설정하고 연구 방법 등을 파악하였다. 이 목표사양과 연구 방법을 중심으로 유압동력원의 사양을 산정하고 각 기능품의 성능을 파악하였으며, 각 기능품 선정과 구조물을 제작하여 1차 시제품을 제작 조립하여 각 기능품별 기능과 성능을 파악하였다.

1차 시제품을 통하여 확인된 결과를 중심으로 트랙터 부착형 타워집재기의 시작품 기능 및 성능에 대한 최종 설계도 및 기능품을 선정하고 각 기능품 및 구조물을 제작하여 트랙터 부착형 타워집재기의 시작품을 제작 조립하였다.

제작 완료된 트랙터 부착형 타워집재기의 시작품을 대상으로 기능 및 성능과 현지 적응성, 작업시스템 등을 분석 개발하였다. 전체적으로 트랙터 기본차량의 선정 및 동력원 파악하고 타워 집재기(Tower-yarder) 설계 및 시작기 제작을 완료하였으며, 현장 적응성과 트랙터 부착형 타워 집재기(Tower-yarder)를 이용한 작업시스템을 개발을 수행하여 최종적인 연구 개발과제를 완료하였다.

표 4-1. 연구개발 목표 및 달성도

연 도	연구목표 및 내용	달성도(%)
1차년도 (2005)	타워 집재기 개발 목표 설정 - 개발목표 확정 및 외국제품 비교	100%
	트랙터의 구조 규격 및 동력원과 기능분석 - 트랙터의 구조 및 규격 분석 - 트랙터의 동력원 분석 - 트랙터의 기능 분석	100%
	타워 집재기의 각종 기능 분석 - 기초적인 기능분석	100%
	타워 집재기의 설계 도안 - 각종 구조물 및 세부 기능품의 기본 설계 도안	100%
	기능확인 및 기능품 선정 - 각종 기능 확인 - 각종 기능품 선정 및 메이커 파악	100%
	각종 구조물 및 기능품 세부 설계- 각종 구조물 세부 설계 - 각종 기능품 세부 설계	100%
	설계 사양 확인 - 각종 구조물 및 세부 설계사양 확인	100%
	각종 구조물 및 일부 기능품 시제품 제작- 각종 구조물 및 기능품 시제품 제작	100%
	각종 시제품의 기능 테스트 - 각종 시제품의 기능 테스트	100%
2차년도 (2006)	시작기 제작 및 조립 - 시작기 제작 및 조립	100%
	시작기 기능 및 성능 테스트와 보완 - 시작기 전체 작동 테스트 보완 및 제작	100%
	현지 적응성 시험 - 현지 적응성 시험	100%
	작업시스템 개발- 타워 집재기를 이용한 작업시스템 개발	100%
	안전성 테스트 - 안전성 테스트	100%

제 2 절 관련분야의 기여도

현재 우리나라의 임업기계에 의한 임목 집재작업은 대부분 굴삭기에 부착된 우드그랩으로 굴삭기가 경사지의 임내를 주행하면서 산 아래로 던져 내리는 중하산 집재방식을 사용하고 있으며, 가선계 집재기계에 의한 임목집재작업은 극히 일부분에 지나지 않고 있다. 그나마 주로 보급된 집재기계가 아크야윈치와 플라스틱수라가 대부분이고 일부 트랙터부착 집재기와 최근에 임업기계지원센타에 보급된 외국 수입제품인 타워 집재기가 일부 사용되고 있는 실정이나 아크야윈치와 같은 집재기계는 지면끌기식 집재장비이므로 경사가 급하고 근주나 지장목, 돌부리 등이 많은 지역에서는 사용에 많은 어려움이 있어 현장에 잘 사용되지 않고 있는 실정이다.

앞으로 임목 집재기계의 보급으로 임업기계화에 의한 임목 집재작업의 기술보급과 작업원들의 장비사용에 대한 인식의 전환이 필요하며, 임업기계의 이용과 도입사업이 미비하여 시장성의 협소로 인하여 국내에서의 임업용 기계에 대한 개발 및 생산에 관심을 가지는 메이커가 적어 임업기계의 개발 및 보급에 어려움이 많을 것이다. 또한 농용 트랙터에 간이 타워식 2드럼 윈치를 부착하여 사용할 수 있는 집재장비도 개발되어 있으나 이는 기계식의 윈치로서 드럼의 폭주와 집재목의 낙하 등에 대처할 수 있는 브레이크 장치 등이 없어서 하향집재작업이 어렵고 사용에 다소 위험성과 효율성이 떨어지고 있다. 임업기계에 의한 임목생산작업으로 작업원들의 신체적 부담을 경감하고 산림 작업 환경을 개선하여 작업안전을 도모하며, 노동생산성을 향상시키고 외국제에 비해 가격이 저렴하고 우리나라 임도와 작업도에 적합하고 운전 조작이 쉬운 집재기계의 국산화가 요구되고 있다. 따라서 우리나라의 지형과 임상에 맞고 임업기계화가 가장 요구되는 임목 집재작업용 임업기계의 개발과 도입이 시급히 요구되고 있으며, 특히 급경사지에 좁은 임도나 작업도 등에서 이동 설치가 용이하고 간벌작업 등에 아주 효율적이며, 개발비와 도입비가 적게 드는 기존의 장비 즉, 농업용 트랙터를 이용하여 사용이 용이하고 부착형으로서 취급이 간편한 가선계 집재기계인 타워 집재기의 개발은 집재작업 및 각종 산림작업에 노동 강도와 노동 피로도를 줄이고 향후 고성능임업기계의 보급에 앞장설 것으로 판단된다.

특히, 임업기계 개발과 도입에서 기존에 보급된 트랙터를 이용함으로 기 보급된 트랙터의 활용도와 개발 기계의 보급률을 높이고 이로 인해 농촌의 소득증대에 기여하며, 도입비용이 큰 임업기계에 대한 산주의 경제적 부담을 줄여줌으로

서 임업기계의 보급촉진과 산주의 소득증대에 기여할 수 있을 것이다. 또한 트랙터를 이용함으로서 농업기계와 임업기계의 공동 활용이 가능하여 농산촌의 기계화에 경제적 부담을 줄일 수 있으며, 산림작업이 간편하고 작업강도가 낮은 개발기종의 보급으로 임업 노동재해를 줄일 수 있고 노동력의 활용도를 높여 인력의 효율적인 활용이 가능할 것이다. 더욱이 우리나라의 지형과 임상 등 실용성이 높은 임업기계의 자체 설계능력과 제작기술의 확보로 현재 수입에 의존하는 임업기계를 대체하고 임업기계의 국산화를 촉진시키며, 임업기계 관련회사의 기술확보와 사업을 확대시킬 수 있을 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

정부의 시책에서도 보면 간벌사업 촉진과 숲가꾸기 사업에 따른 산물수집, 재선충으로 인한 피해목의 집재 등 집재기의 사용은 갈수록 늘어나고 있으며, 기존의 작업방식으로는 여러 가지 문제와 한계가 있으므로 고성능임업기계인 타워집재기를 중심으로 한 환경친화적 임목수확작업시스템의 도입이 시급한 실정이다. 또한 수입기종의 도입에 따른 초기 구입비용 부담이 너무 크서 보급의 어려움이 있다. 따라서 향후 본 연구과제에서 개발된 트랙터 부착형 타워집재기의 보급으로 우리나라 임업기계화의 발전에 크게 기여할 것으로 사료된다.

제 1 절 현장보급 방안

굴삭기 우드그랩과 영운기를 중심으로 한 비합리적인 임목수확작업에서 타워집재기의 개발과 기술 보급으로 집재작업의 기계화와 작업의 안전화 및 능률을 향상시키도록 지도한다. 주로 단목 집재작업에 따른 집재작업의 비효율성 개선과 전목 집재작업의 기술보급과 전목 집재에 따른 지엽과 초두부의 생산 등으로 목질계 바이오매스 활용 등 산림부산물의 이용을 활성화 시키도록 기술 지도를 실시한다.

타워 집재기의 개발로 각 지방산림관리청 및 산림조합 등 임업현장과 농촌 등에 보급되어 있는 트랙터에 부착하여 임업 생산성을 향상시키도록 현장 지도를 실시하고 산림청과 산림조합, 농촌 등에 타워 집재기와 활용방법을 보급하고 기술을 지도하여 타워 집재기를 활용한 자연친화적인 집재작업을 유도한다.

제 2 절 기술이전 방안

농업용 트랙터를 이용한 임목집재기계인 타워집재기(Tower-yarder)의 핵심기술이라고 할 수 있는 상하향 집재작업이 가능하도록 한 인터록크 기능과 트랙터의 유압을 이용한 드럼의 회전력 및 견인력, 리모콘에 의한 조작기능 등은 우리나라의 산악지형에 실용성이 높은 임목 집재작업기계이다. 따라서 트랙터 부착 타워집재기계의 생산과 이를 이용한 임목생산작업과 임업의 기계화에 적극적으로 활용하도록 유도한다.

또한 농업용 트랙터를 이용한 타워집재기(Tower-yarder)의 핵심기술인 상하향 집재작업이 가능한 인터록크 기능과 드럼의 회전력 및 견인력, 리모콘방식의 조작기능은 아직 국내에 특허등록이 없으므로 관련 기술을 특허출원하며, 이를 관련 기업체에 기술 이전하여 개발기계의 상품화를 통하여 산림작업에서 가장 어려운 임목집재작업의 애로사항을 해결하고 나아가 임업의 발전과 관련 산업의 육성, 임업기계 제작회사의 발전 및 기술축적 등 임업소득 증대와 관련 산업체의 이익 증대에 활용할 것이다.

제 3 절 산업화 계획 방안

국내에서 제작 보급된 트랙터를 베이스머신으로 활용함으로서 개발된 타워 집재기의 도입이 유리할 것이며, 수리 및 부품공급 등 유지 보수가 편리하고 생산비가 저렴할 것으로 기대되며, 주문생산방식을 통해 공동 개발회사의 상품화 및 기업화가 가능할 것이다. 타워집재기의 부품개발에 필요한 비용을 최소화하고 외국의 제품에 비해 가격이 저렴한 장비의 생산 보급이 가능하며 초기 투자가 많이 필요하지 않은 중소기업에서도 생산이 가능하므로 기술 이전 및 산업화를 위한 적극적인 마케팅을 실시할 것이다.

또한 타워집재기에 관련된 기술이 가선집재기계 기술로서 충분한 특허출원자격이 있을 것으로 사료되므로 관련기술을 특허출원하고 산업체 기술이전 및 상품화를 위해 관련기업과 접촉한다. 기존의 트랙터를 이용한 임업기계 개발이므로 농업기계 관련 기업이나 임업기계 관련 유망 중소기업이나 참여기업으로 참여하는 기업에 기술이전이 가능할 것이며, 이를 위한 적극적인 기술이전 사업을 추진하고 기술이전 후 기술사용료를 징수한다. 집재작업 기술 보급과 이를 위한 개발기계의 보급촉진 및 판매를 위해 관련 임업 사업체에 적극적으로 홍보한다.

제 4 절 논문 발표 계획

연구성과에 대해서는 2006년도에 한국임학회에 학술발표를 실시하였으며, 최종 연구결과를 관련 국내외 학회 등에 논문으로 발표할 계획이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구 과제를 수행하기 위해 수집한 주요한 해외과학기술정보는 본 연구 과제인 트랙터 부착형 타워집재기의 주요한 기능과 구조에 대해 해외의 주요한 타워집재기에 대한 과학기술정보를 수집하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

타워집재기의 삭장방식은 대부분 메인라인과 홀백라인에 의해 구동되는 런닝 스카이라인 삭장방식(Running skyline system)을 채택하고 있었으며, 상하향집재 작업이 원활하고 안전하게 수행되도록 메인드럼과 홀백드럼의 동조기능을 위해 인터록크 기능이 채택된 것을 알 수 있었다.

그림 6-1은 트랙터 부착형 타워집재기의 모델과 형태에 대해 해외 주요 기종을 파악한 자료이며, 다양한 형태의 모델이 있었다.

그림 6-2는 타워집재기의 가장 핵심적인 부분인 윈치부의 특징과 형태를 나타낸 것이다. 특히, 일본에서 개발된 타워집재기의 윈치드럼방식과 인터록크 기능의 정보를 수집하였으며, 본 연구과제에 많은 참고가 되었다.

그림 6-3은 유압펌프의 종류와 형태를 나타낸 것으로서 유압펌프는 독립적인 동력을 확보하기 위해 대부분 2-3개의 직렬연결 형태로 구성되어 있었다.

그림 6-4는 타워집재기의 타워의 종류와 형태를 나타낸 것으로서 4각 또는 6각의 각기둥과 트러스 형태가 대부분이었으며, 본 연구과제에서는 6각 형태의 각기둥 타워를 채택하였다. 또한 그림 6-5는 타워집재기의 중요한 부분인 조작장치로서 유선 리모트 콘트롤러의 종류와 형태를 나타낸 것이다.

그림 6-6은 타워집재기의 집재장비인 반송기의 종류와 형태를 나타낸 것으로서 런닝스카이라인 삭장방식에 맞추어 제작된 반송기이며, 본연구과제에서 많은 참고가 되었다. 또한 그림 6-7은 타워집재기를 트랙터에 부착 고정하고 견인하기 위해 위한 링크히치의 형태를 나타낸 것으로서 일반적인 트랙터의 부속장치를 장착하기 위한 형태로 구성되어 있었다.

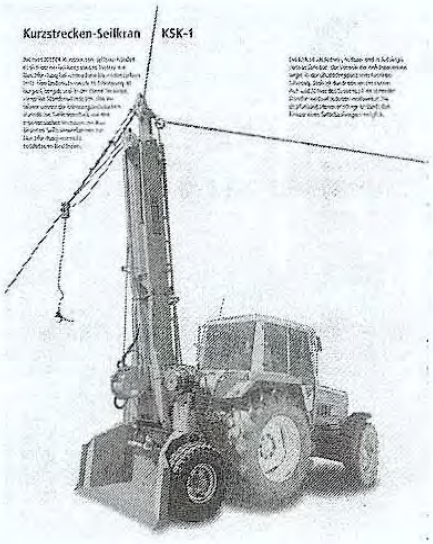
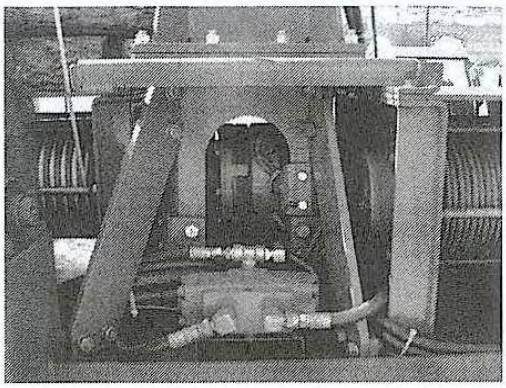


그림 6-1. 해외의 주요 트랙터 부착형 타워집재기 모델과 형태



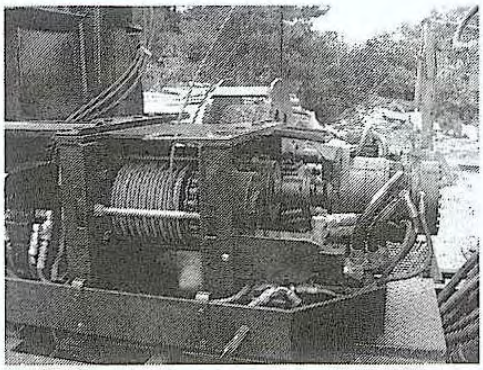


그림 6-2. 타워집재기의 윈치부의 특징과 형태

그림 6-3. 유압펌프의 종류와 형태

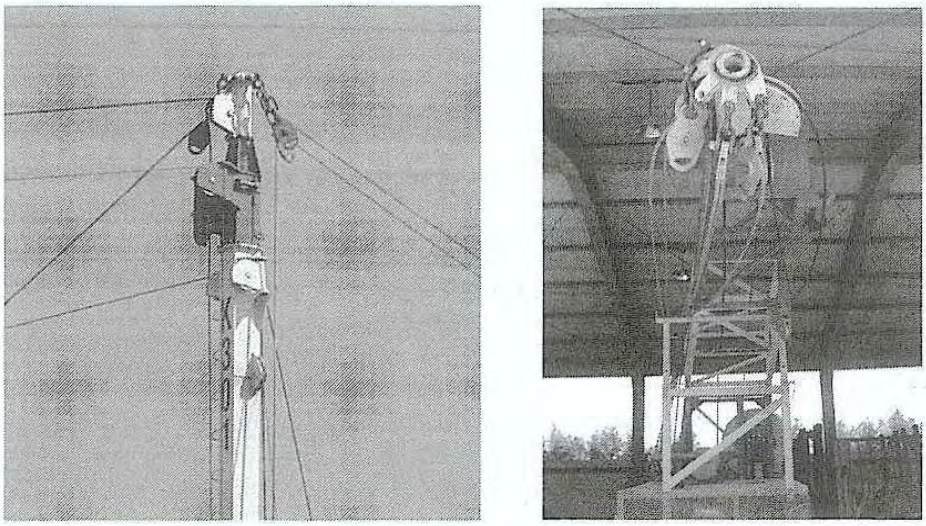


그림 6-4. 타워부의 종류와 형태

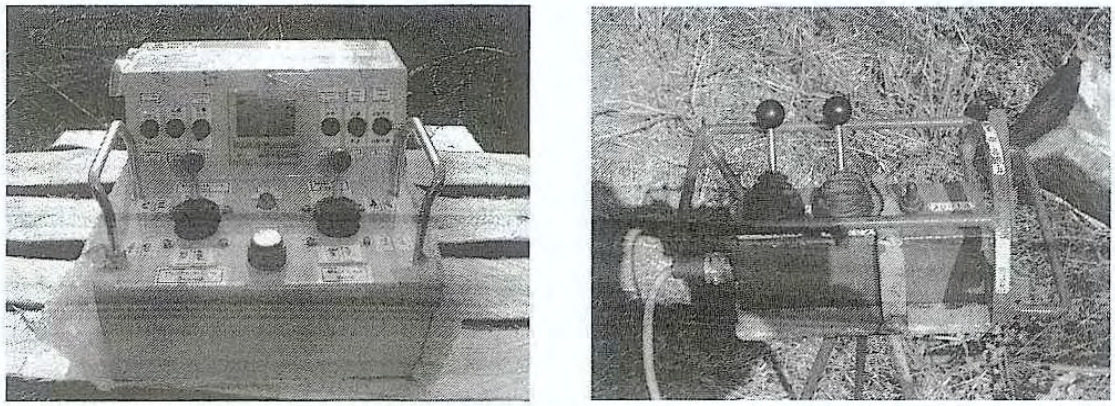


그림 6-5. 유선 리모트 콘트롤러의 종류와 형태

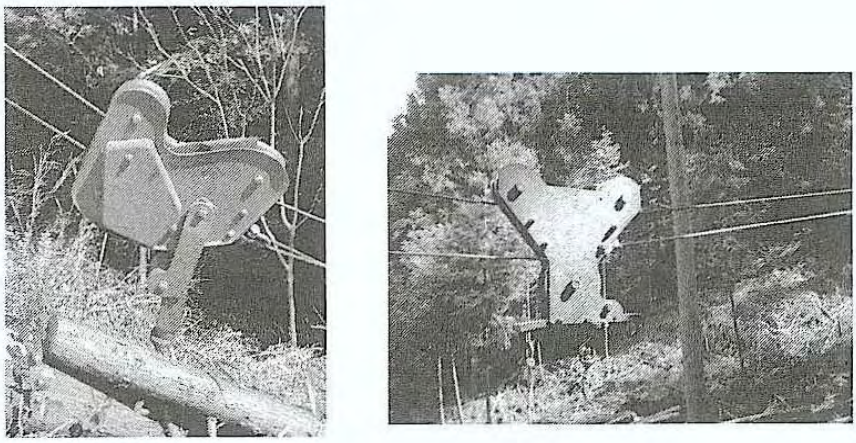


그림 6-6. 반송기의 종류와 형태

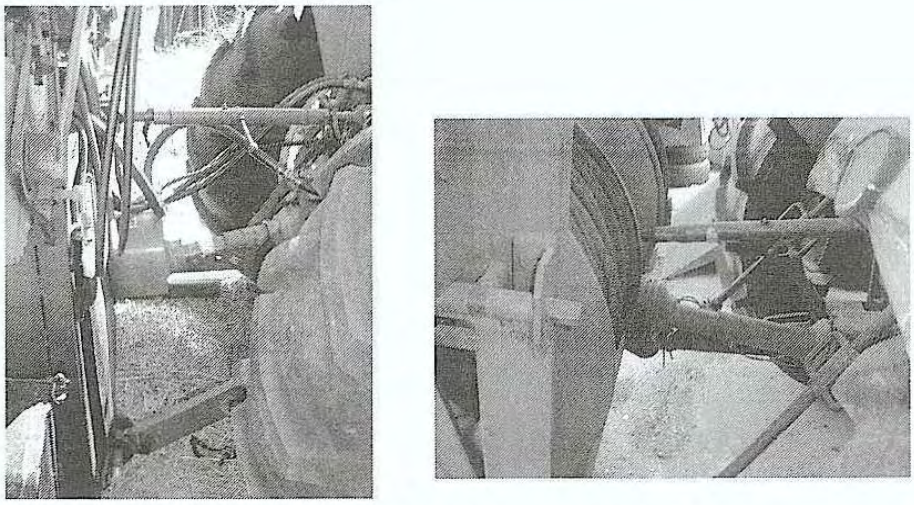


그림 6-7. 트랙터 부착용 히치의 형태

제 7 장 참고문헌

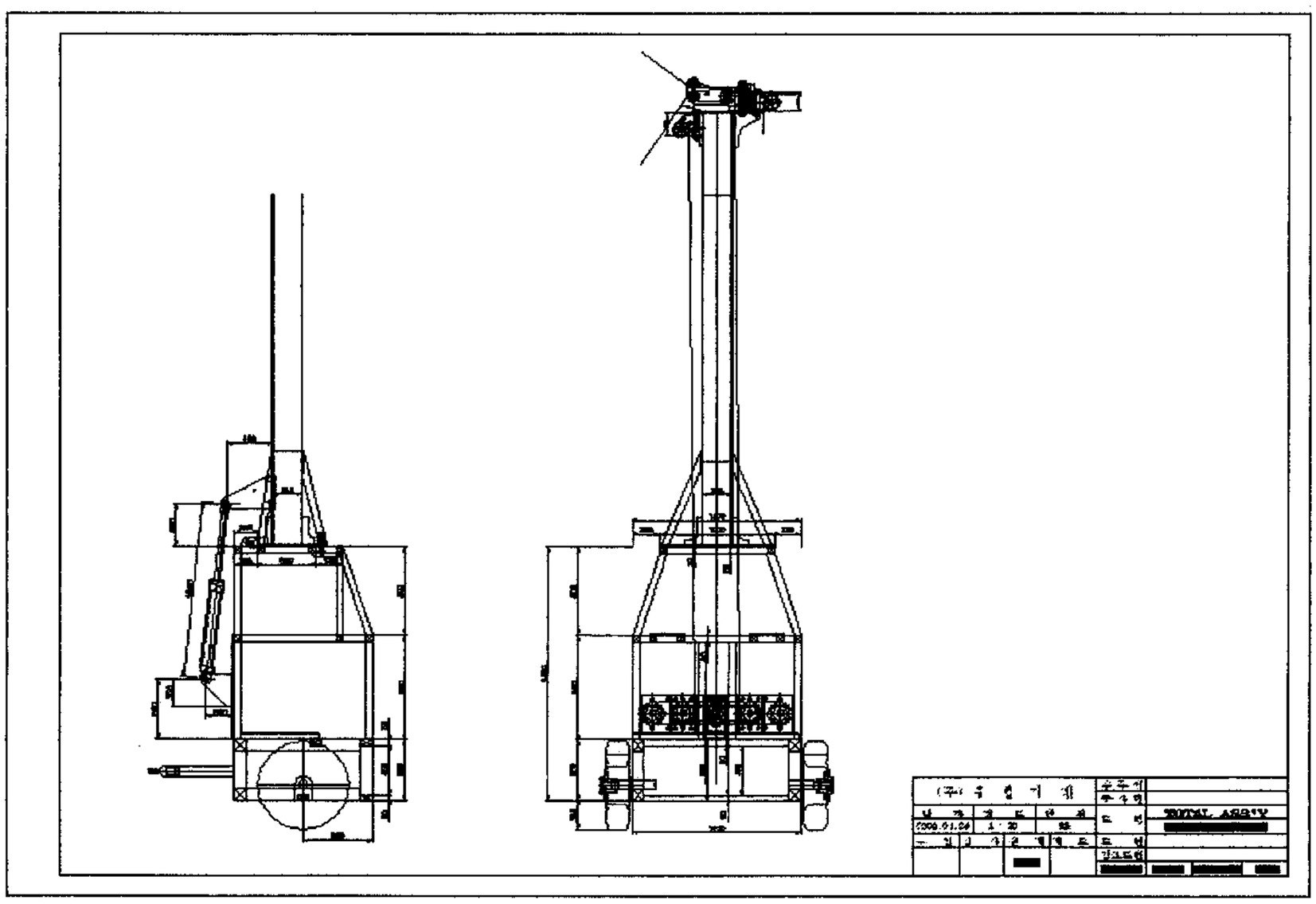
1. 국립산림과학원. 1994. 임업기계화 장기기본계획.
2. 국립산림과학원. 1996. 밤 수집기 개발. 농림부. pp.118.
3. 국립산림과학원. 1998. 다관절 무궤도 차량을 이용한 다목적 육림작업기계 개발. 농림부. pp.102
4. 국립산림과학원. 1999. 한국형 임업기계·장비개발. 농림부. pp.269.
5. 국립산림과학원. 2003. 굴삭기를 이용한 조재기 개발. pp.2003.
6. 국립산림과학원. 2001. 원목운반용 미니포워더 개발. 농림부. pp.158~162.
7. 국립산림과학원. 2006. 궤도식 소형 임내차 개발. 농림부. pp.24~25.
8. 김의경 외 4인. 2000. 국산재 생산·공급체계 구축을 위한 합리적 방안 연구. 산림청. pp. 20-24
9. 김재원. 1996. 트랙터 부착용 집재윈치의 국산화 개발. 임업정보 66 : 42-44.
10. 노재후, 김재원, 박문섭. 1988. 케이블 크레인의 국내 적용 가능성에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 145~153.
11. 마상규 외 5인. 1997. 사유림 간벌재 생산기계화 기술개발에 관한 연구. 농림부. pp. 480.
12. 박상준. 2002. 굴삭기를 이용한 타워집재기 및 원목집게톱 개발. 한국임학회 91(3) : 322-333.
13. 박상준. 2002. 트랙터부착 집재기에 의한 집재작업공정 분석. 한국임학회지 91(3) : 287-295.
14. 박상준·함영철. 2002. 굴삭기형 타워집재기 및 원목집게톱의 作業能率과 作業費用 分析. 한국임학회지 91(4) : 507-516.
15. 박종명. 1997. 작업량에 따른 적정 집재기계의 선정. 한국임학회지 86(4) : 450-458.
16. 북부지방관리청. 2001. 우리나라 국유림지형에 맞는 임목수확작업시스템 개발 및 시범운영. 연구용역보고서. pp. 188.
17. (사)한국임업기계화협회. 2001. 우리나라 국유림 지형에 맞는 임목수확작업시스템 개발 및 시범운영. 산림청. pp.188.
18. (사)한국임업기계화협회. 2002. 임업기계화 사업의 활성화 및 임업기계 오퍼레이터 양성 방안. 산림청. pp.195.

19. 산림청. 1999. 임업기계화의 방향과 활용. pp.186.
20. 산림청. 2000. 산림과 임업기술 [Ⅲ]산림경영. pp.755.
21. 산림청. 2006a. 임업통계연보 제36호. pp.482.
22. 산림청. 2006b. 현장 모니터링을 통한 기계화 및 임업노동력 육성 정책방향 연구. pp.127.
23. 이근태, 박상준. 2001. 환경친화적 임목수확모델 개발 및 공정조사에 관한 연구. 산림조합중앙회. pp 114.
24. 이근태, 박상준. 2002. 환경친화적 임목수확모델 개발 및 공정조사 사업. 산림조합중앙회. pp.89.
25. 이근태, 박상준. 2003. 환경친화적 임목수확모델 개발 및 공정조사 사업. 산림조합중앙회. pp.86.
26. 이광원, 김기원, 차두송. 1993. 산림생산기반 조성과 임도 및 임업기계화. 한국농촌 경제연구원. pp.294~299
27. 이주성. 2000. 유·공압공학. 대광서림. pp.470.
28. 이징구. 1994. 알고 싶은 유압(기초편). 기전연구사. pp.74.
29. 임업기계훈련원. 1997. 사유림 간벌재 생산기계화 기술개발에 관한 연구. 농림부. pp. 480.
30. 주해호. 1997. 최신유압공학. 대광서림. pp.168.
31. 大河原昭二. 1991. 林業機械學. 文永堂出版.
32. 全國林業改良普及協會. 1993. 機械化のデザイン. pp.195.
33. 朴相俊. 1997. タワーヤーダによる集材作業システムと適正路網に關する研究. 東京大學 博士學位論文.
34. 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關する研究.
35. 林業機械化推進研究會. 1990. 機械化のビジッン.
36. (社)林業機械化協會. 1991. 急傾斜地作業に活躍するタワーヤーダとその作業. 林業機械シリズ No. 80. pp.189. 日本.
37. (社)林業機械化協會. 1994. 高性能林業機械メンテナンスの基礎. 林業機械シリーズ No. 84.
38. (社)林業機械化協會. 1996. タワーヤーダの考え方と作業マニュアル. 林業機械シリズ No. 86. pp.171. 日本.
39. (社)林業機械化協會. 1996. 林業機械便覽.

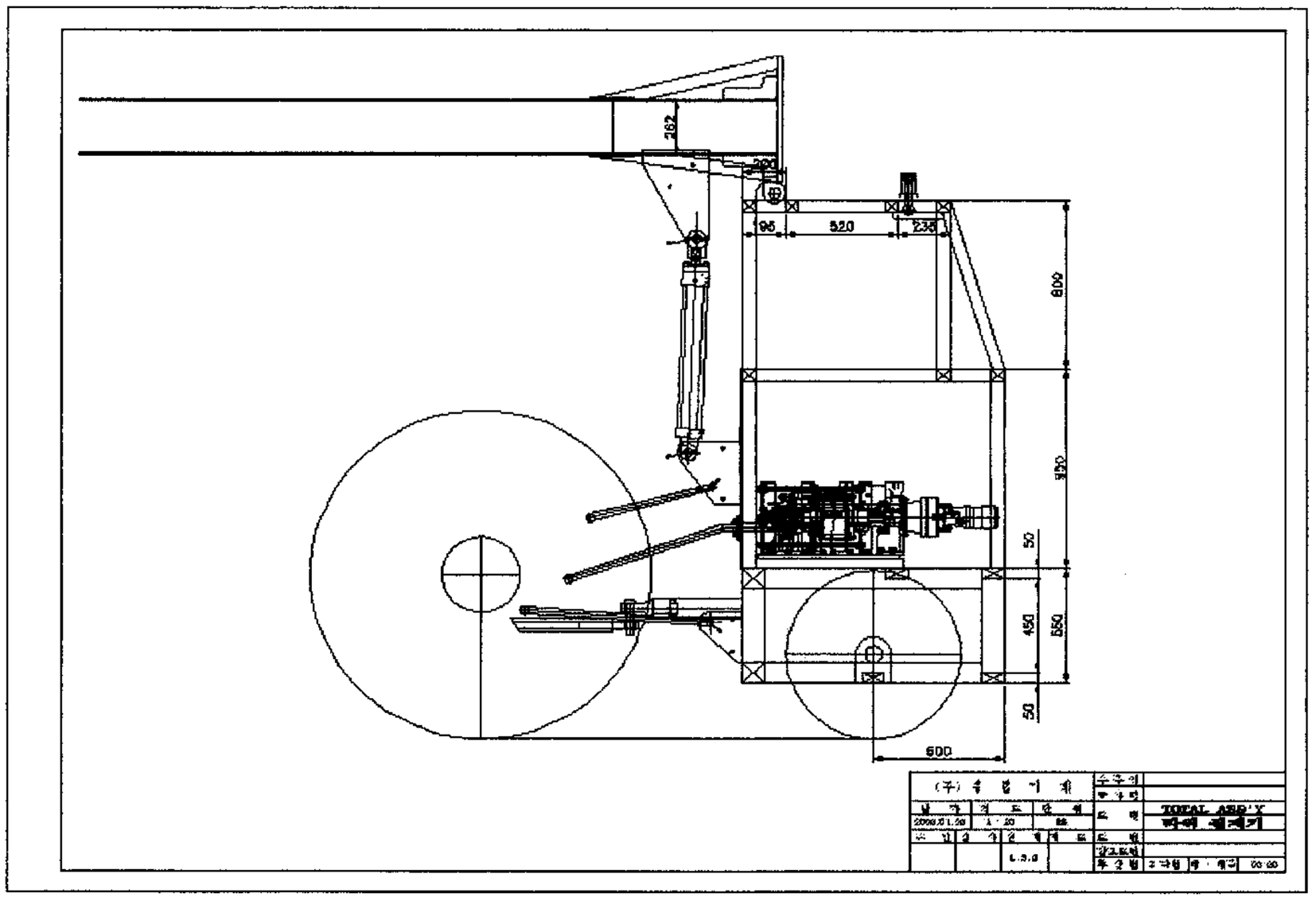
40. (社)林業機械化協會. 1997. 疑問に答える高性能林業機械. 林業機械シリーズ No. 87.

[부 록]

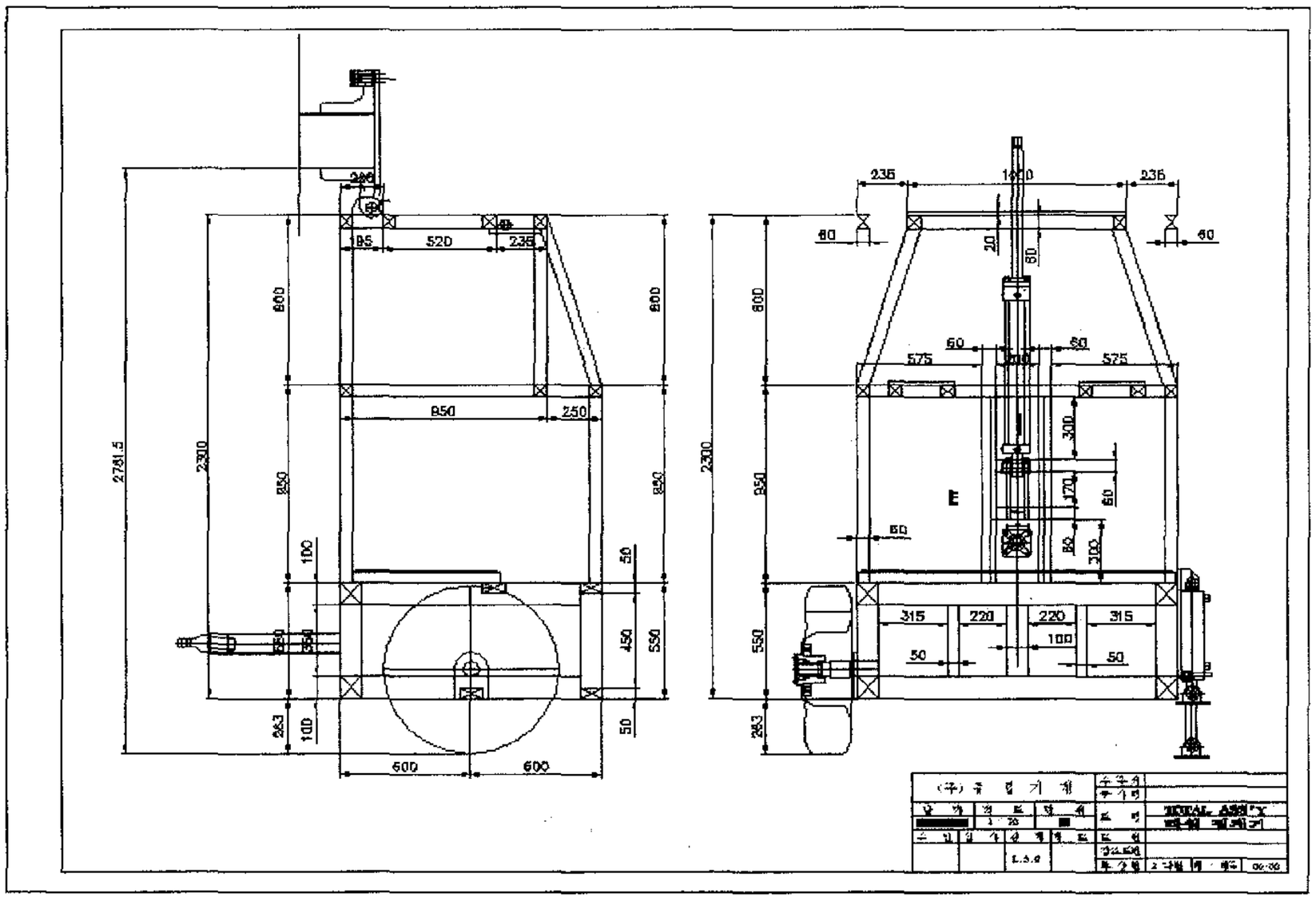
1. 전체외관도



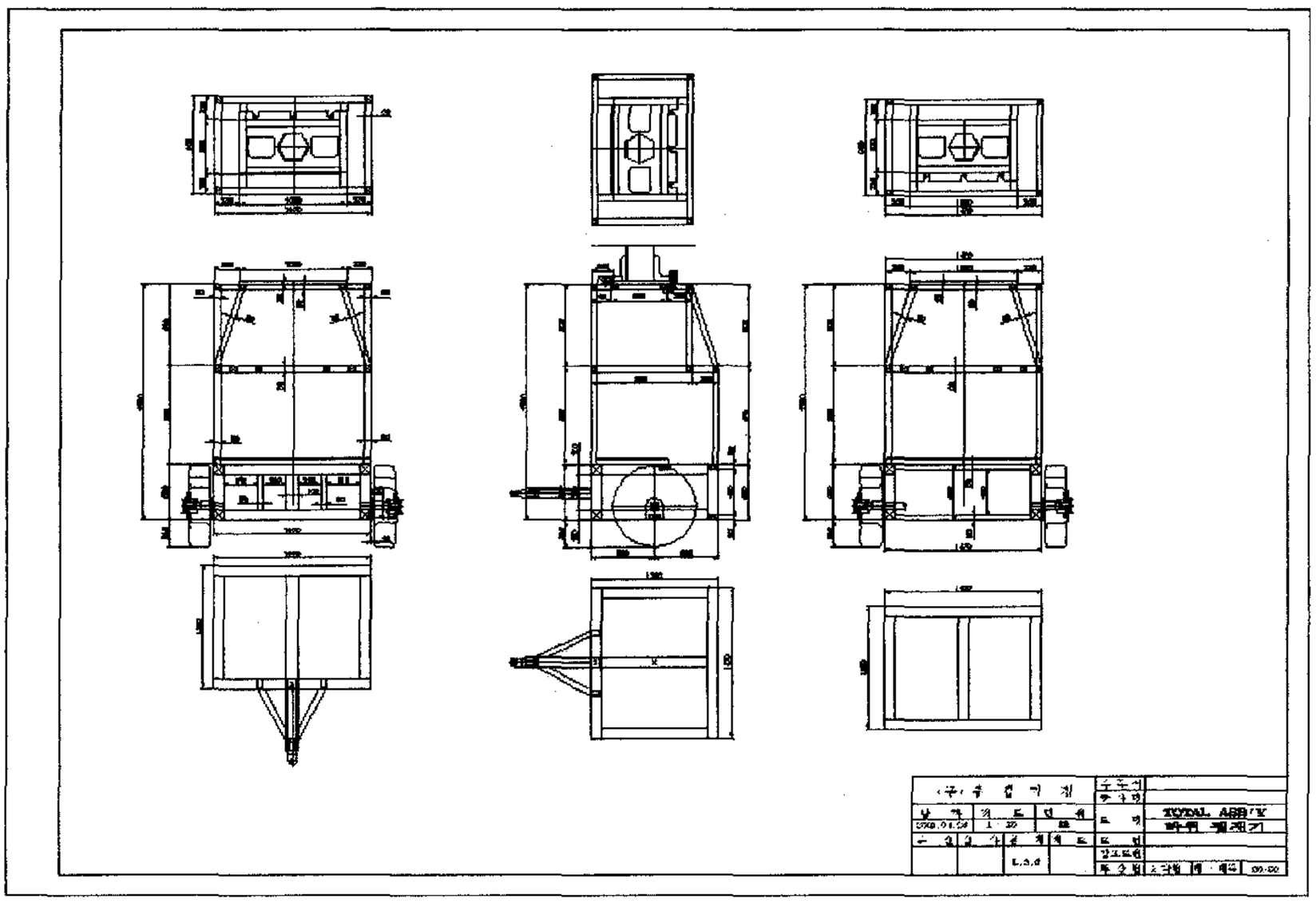
2. 트랙터 연결부위 포함 전체외관도



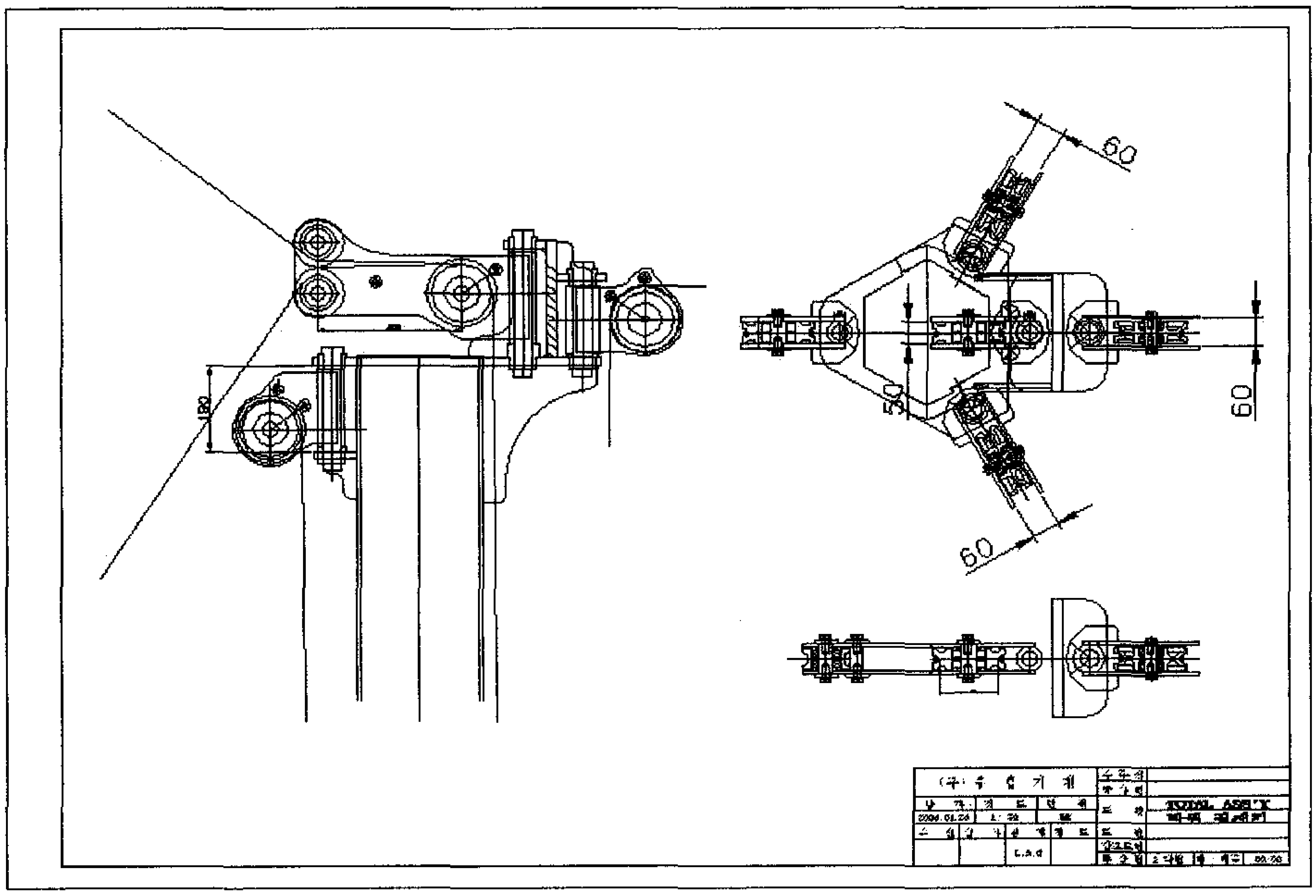
3. 트러스부



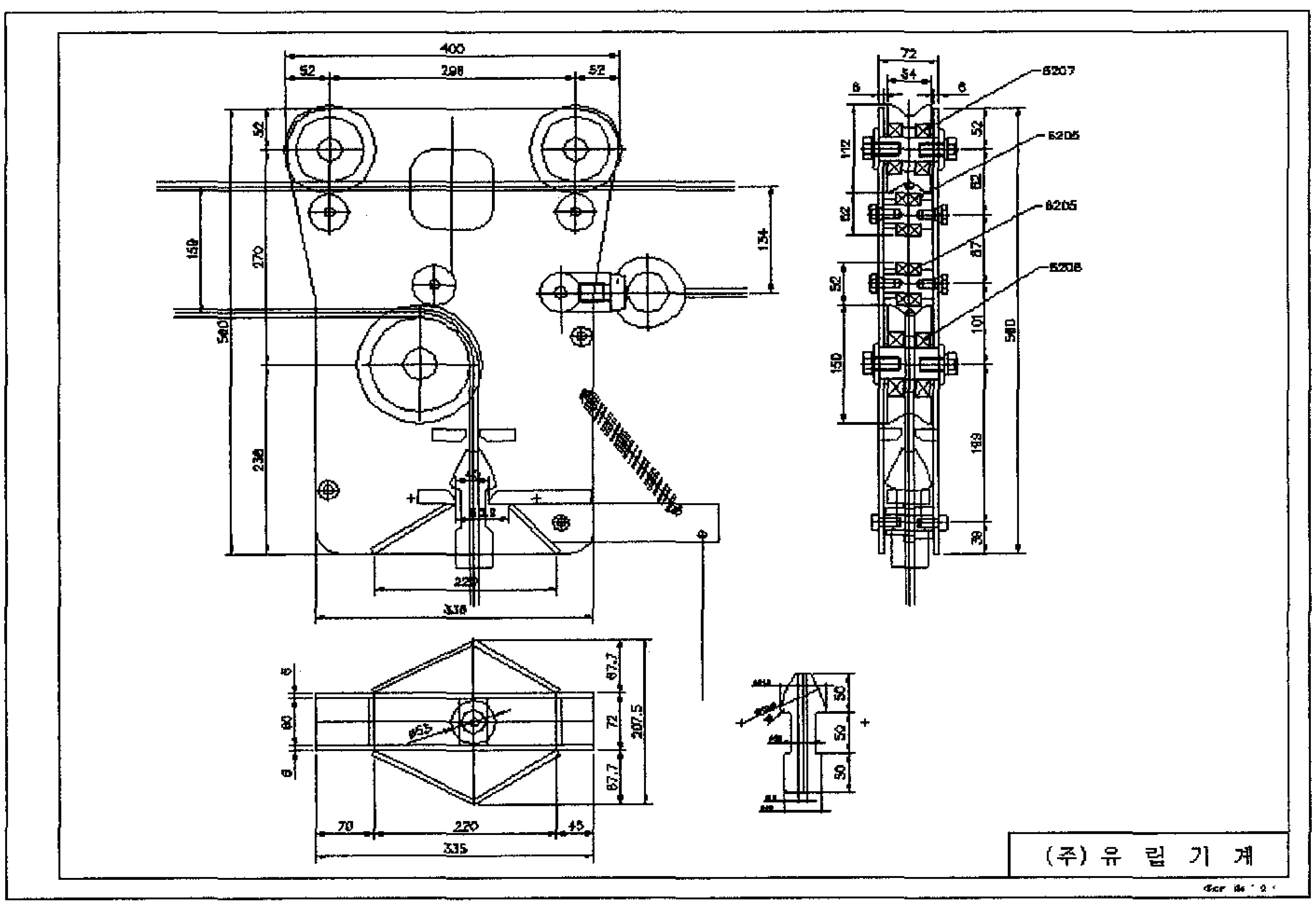
4. 프러스 프레임



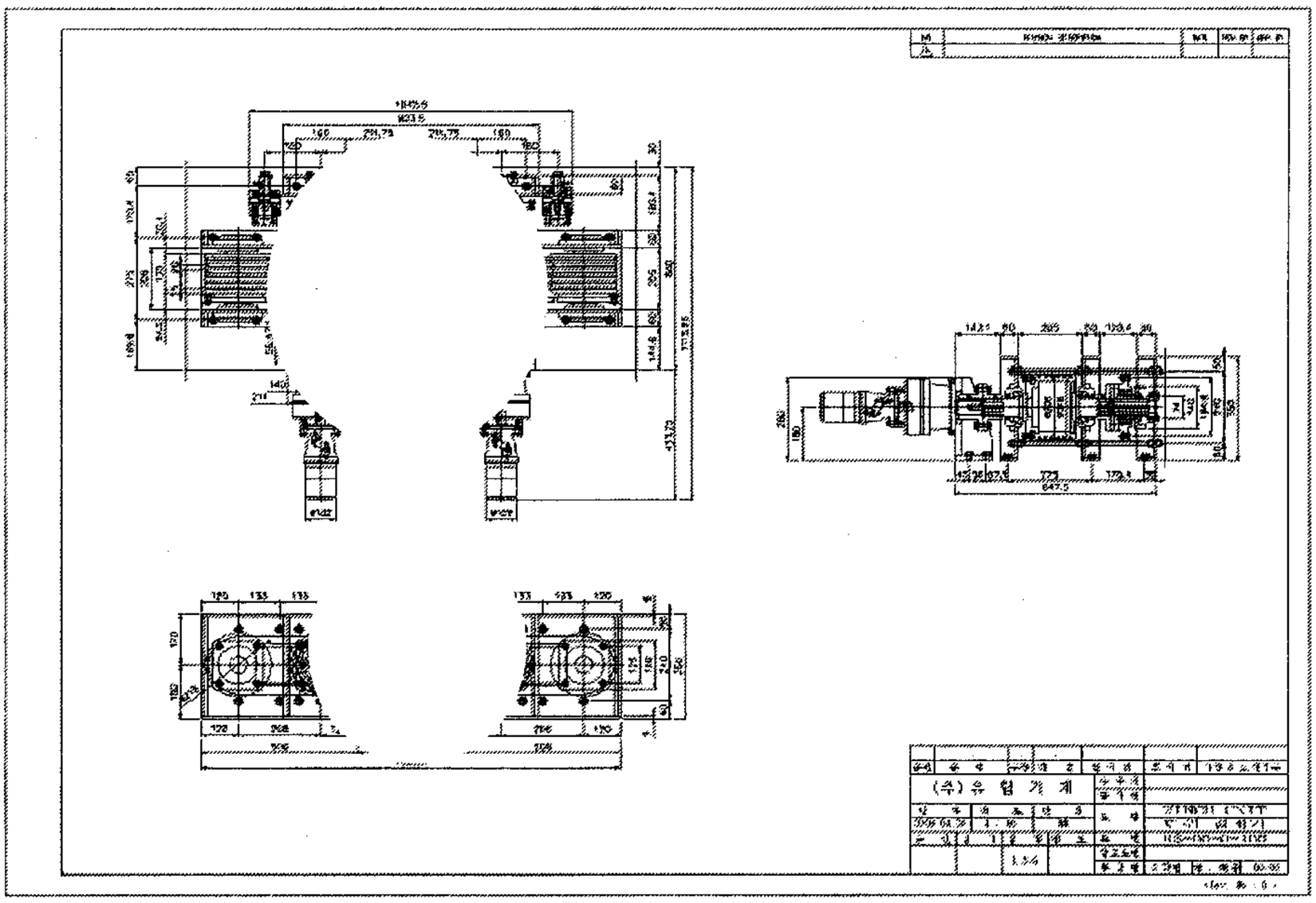
5.타워 도르레


60
60
60
50
180
(주) 유 림 기 계
TOTAL ASS'Y

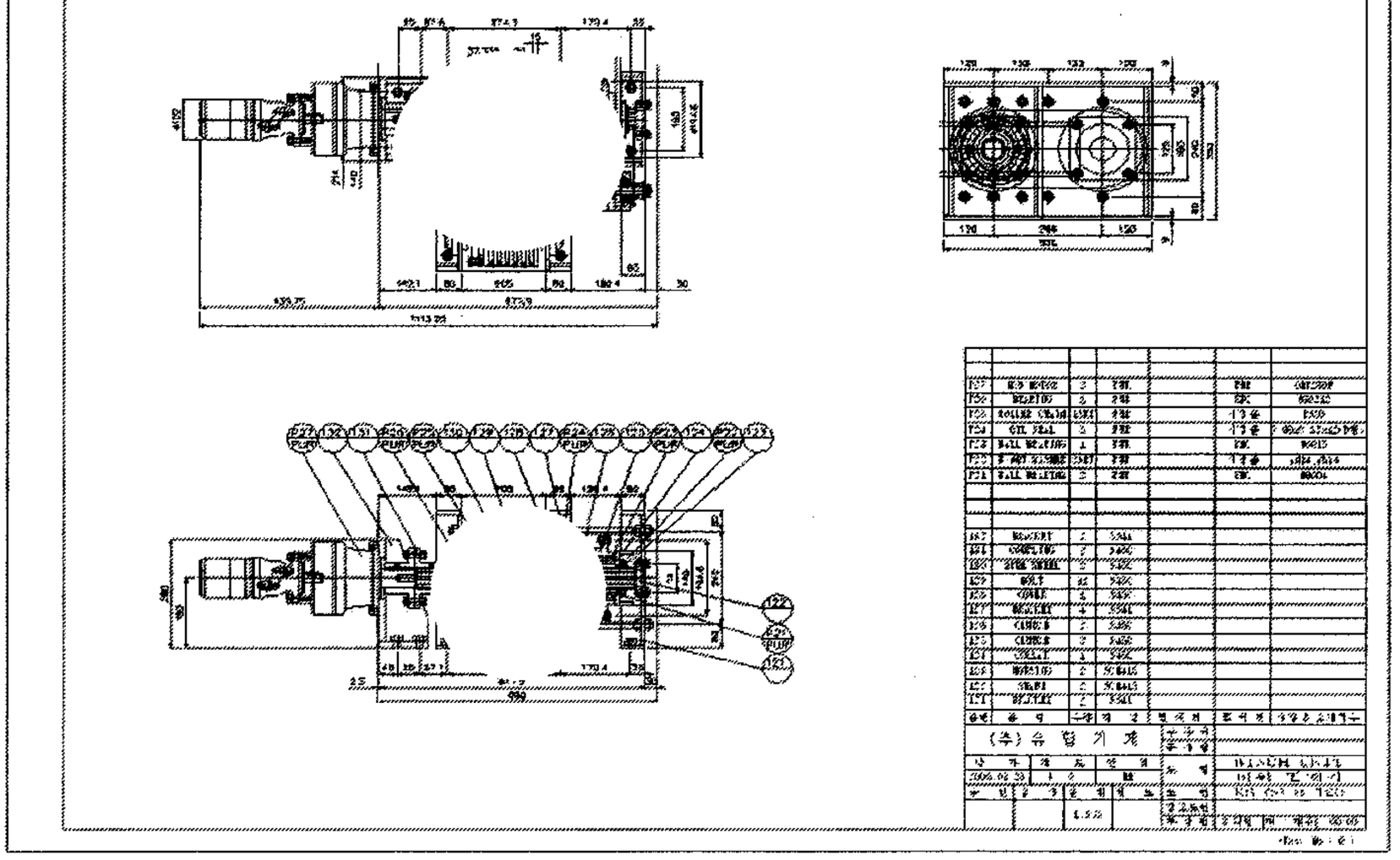
6. 반송기


400
52
298
52
52
159
270
560
236
134
220
336
72
54
6
6
6207
6205
6205
6208
112
52
82
62
87
52
101
150
560
189
39
5
80
6
87.7
72
207.5
87.7
ø65
70
220
45
335
50
50
50
(주) 유 림 기 계

7. 윈치부

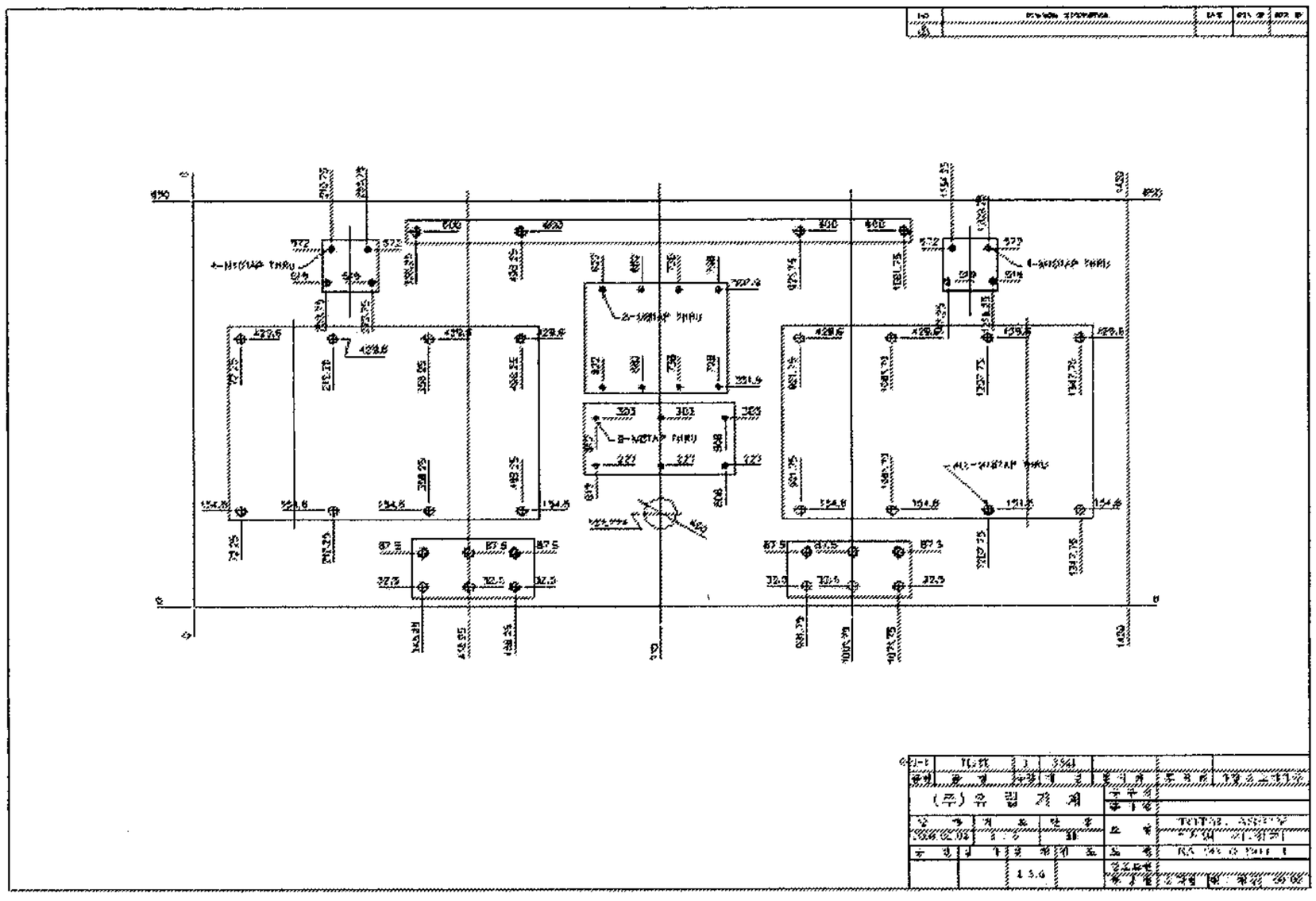


8. 메인라인 윈치부

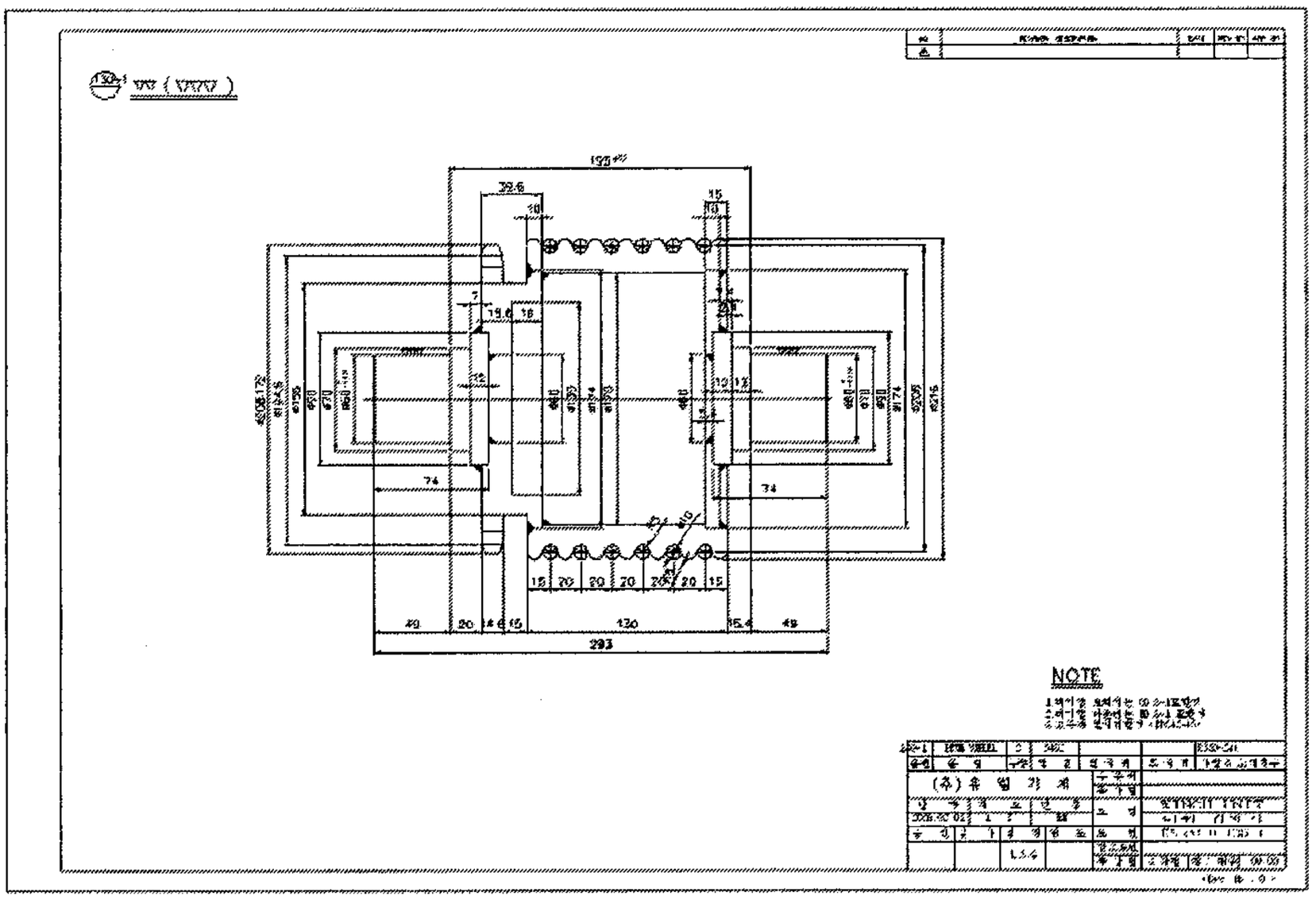


※ 보안상 일부 삭제

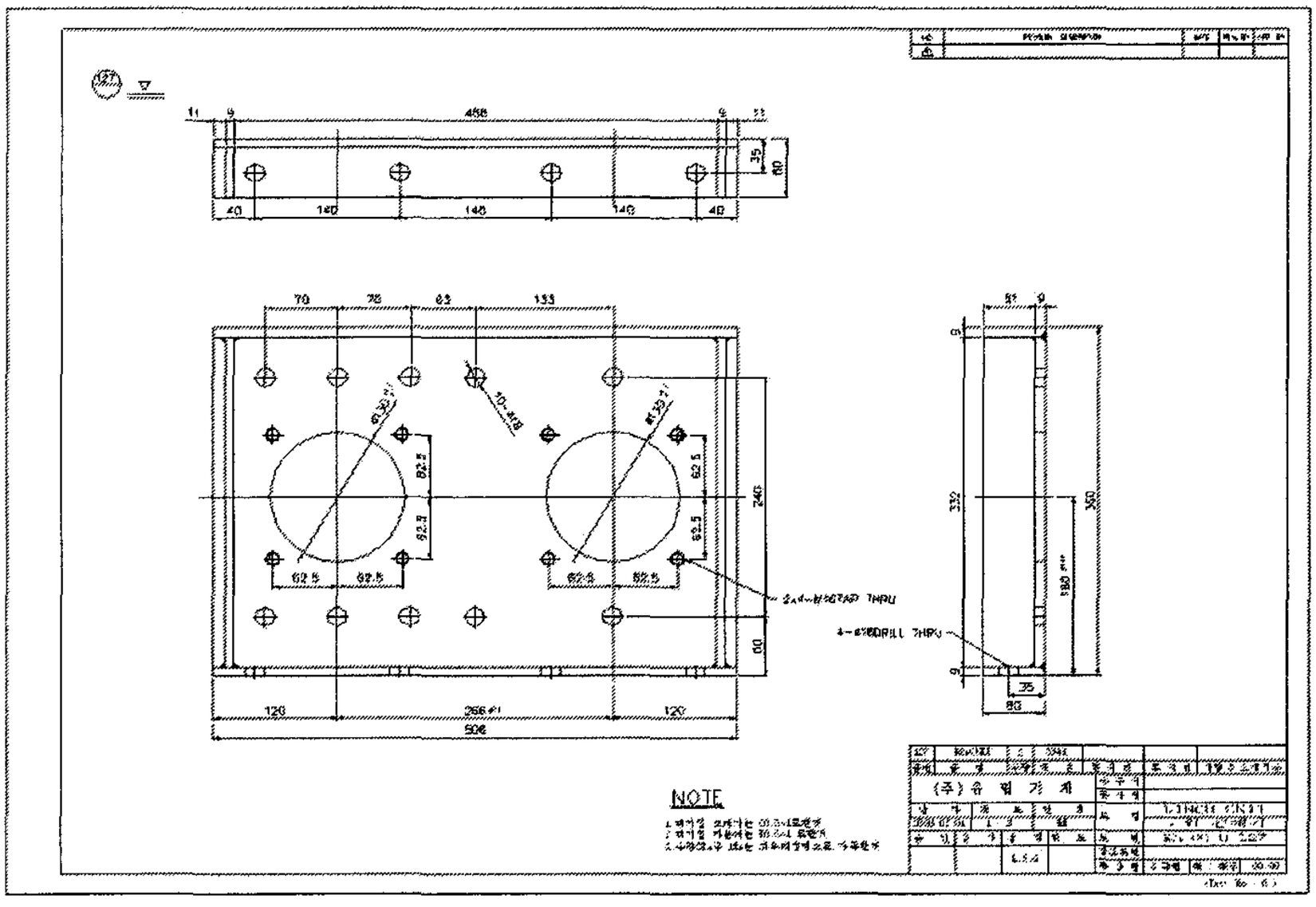
9. 윈치부 프레임



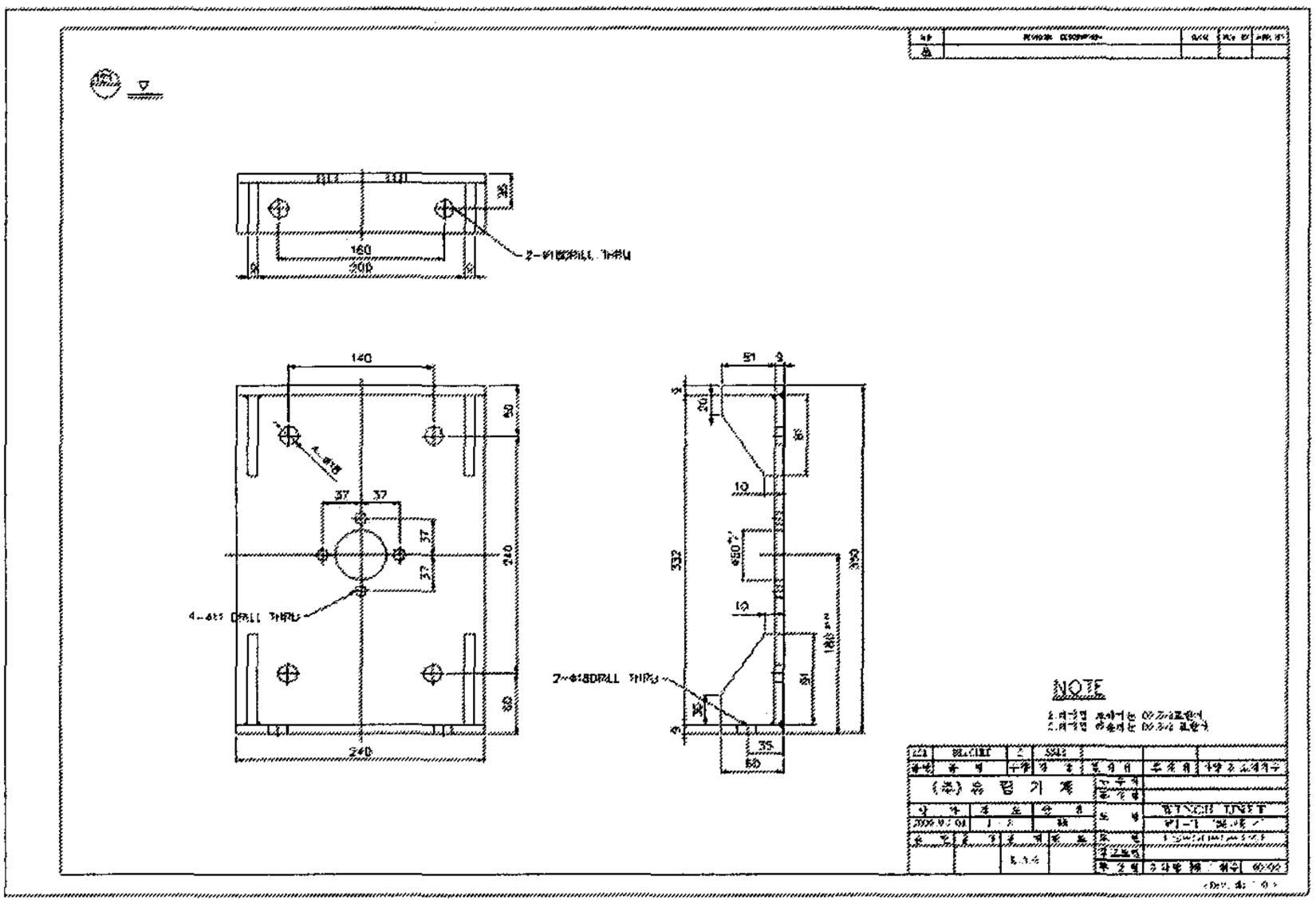
10. 캡스턴 드럼



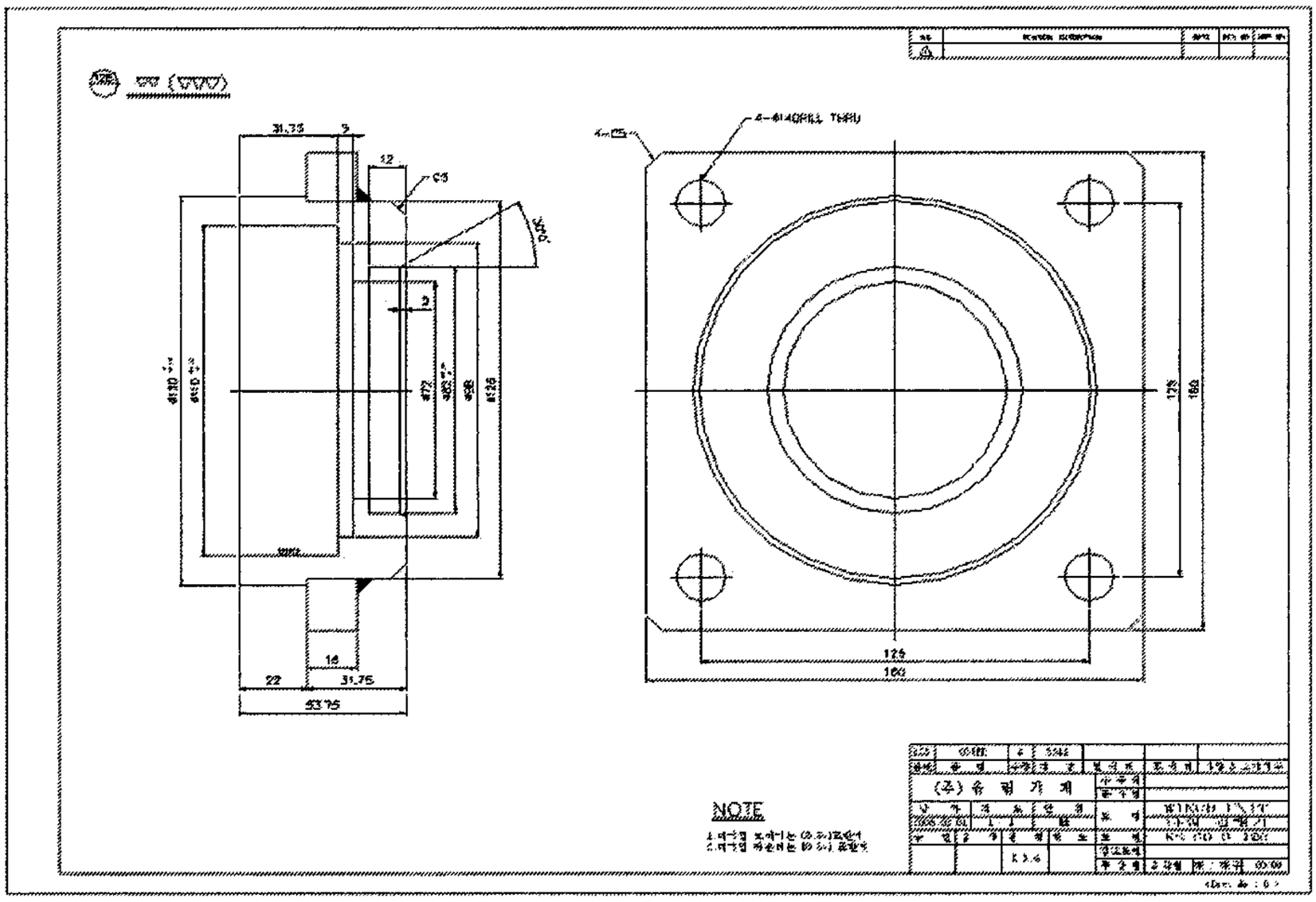
11. 윈치 고정틀



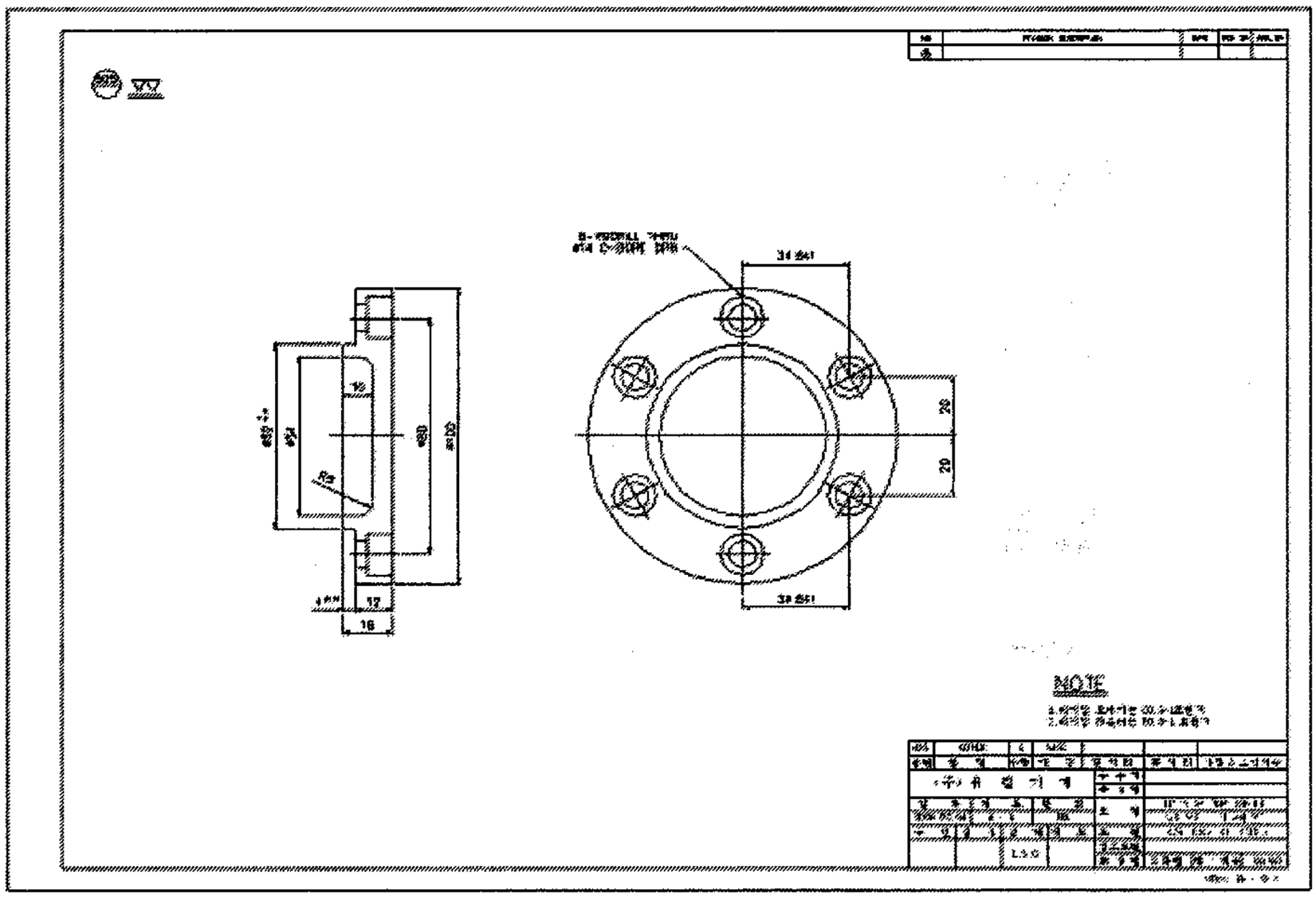
12. 캡스턴드럼 클러치 고정틀



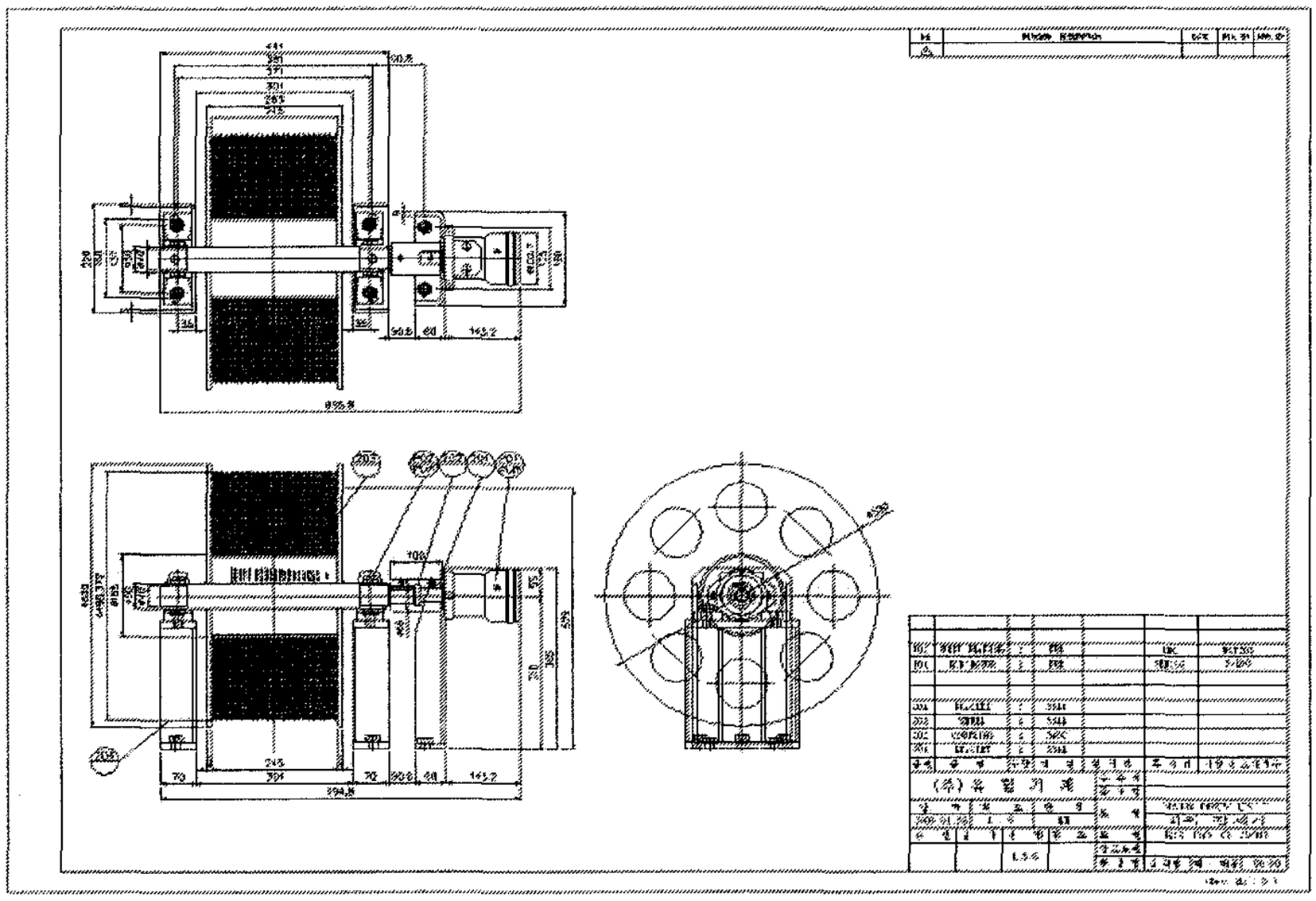
13. 베어링 씰



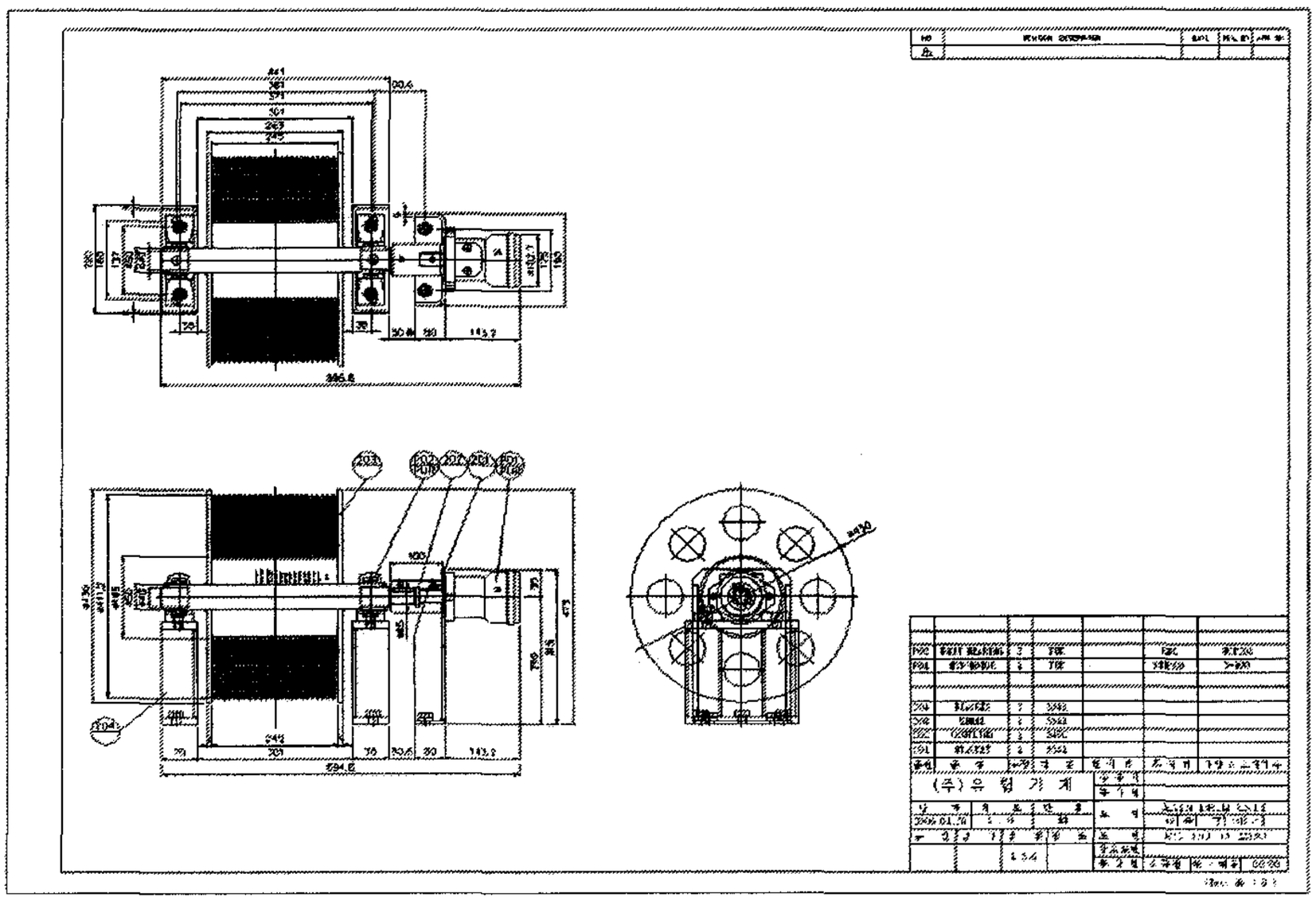
14. 배어링 고정틀



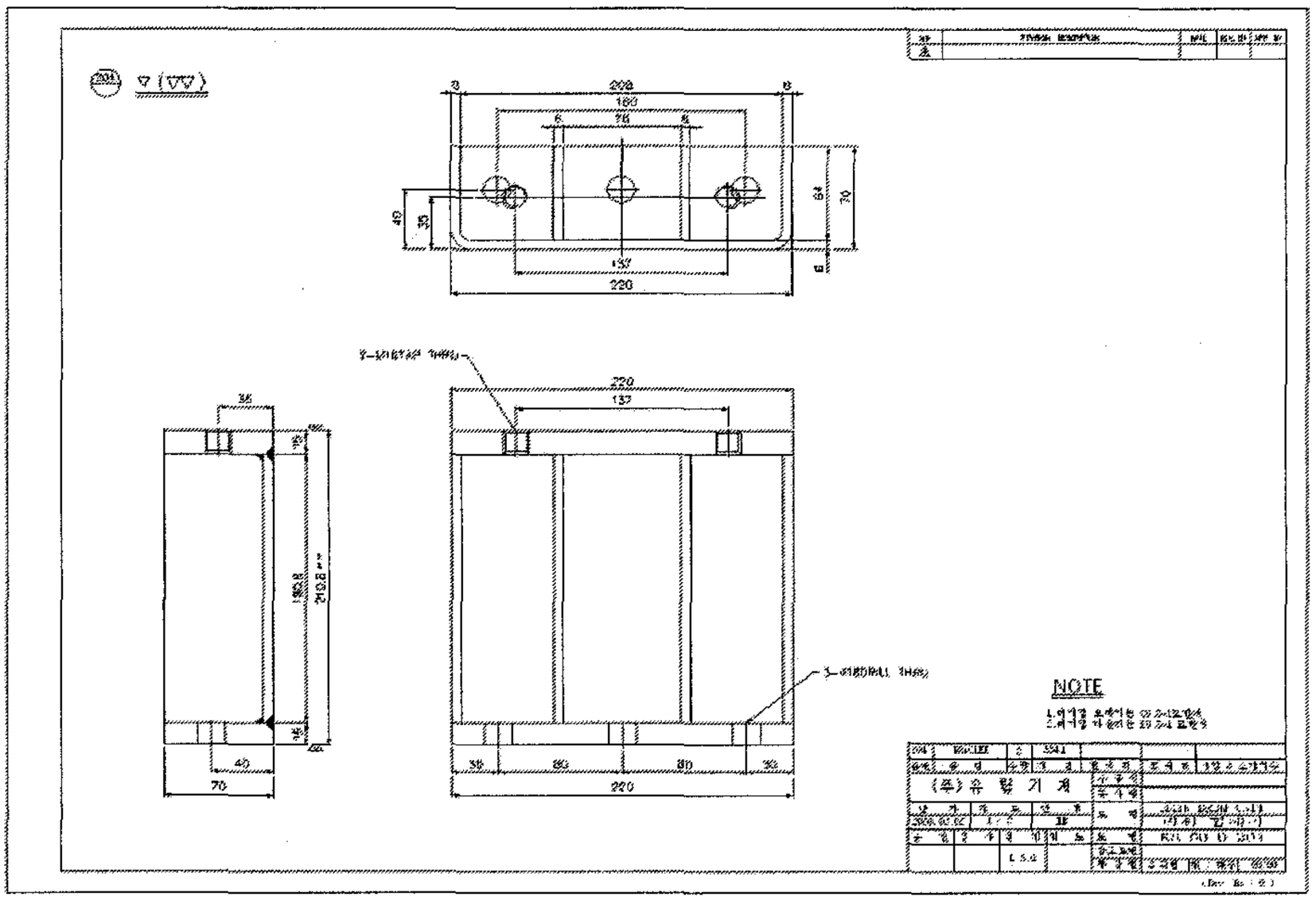
15. 홀백라인 저장드럼



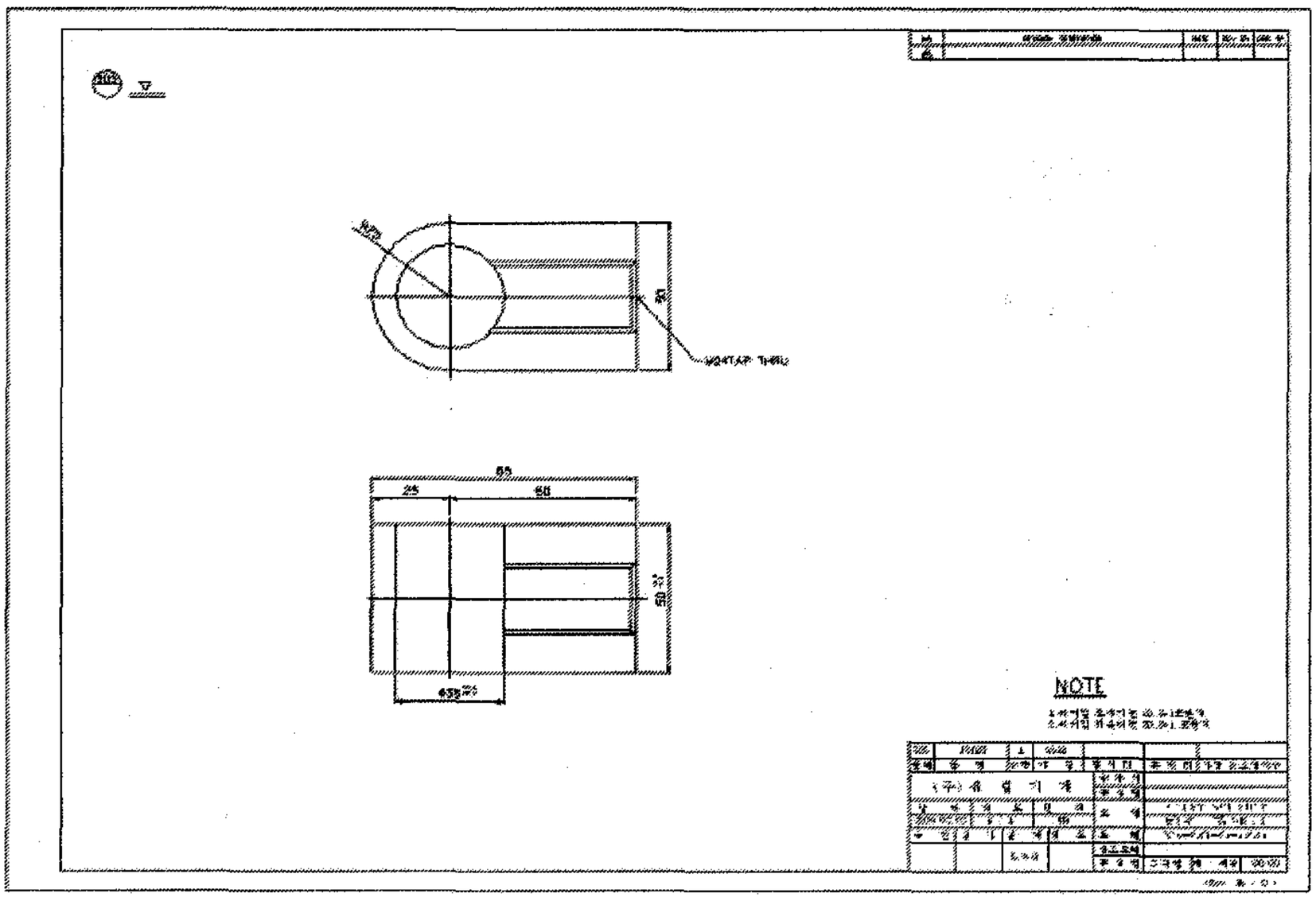
16. 메인라인 저장드럼



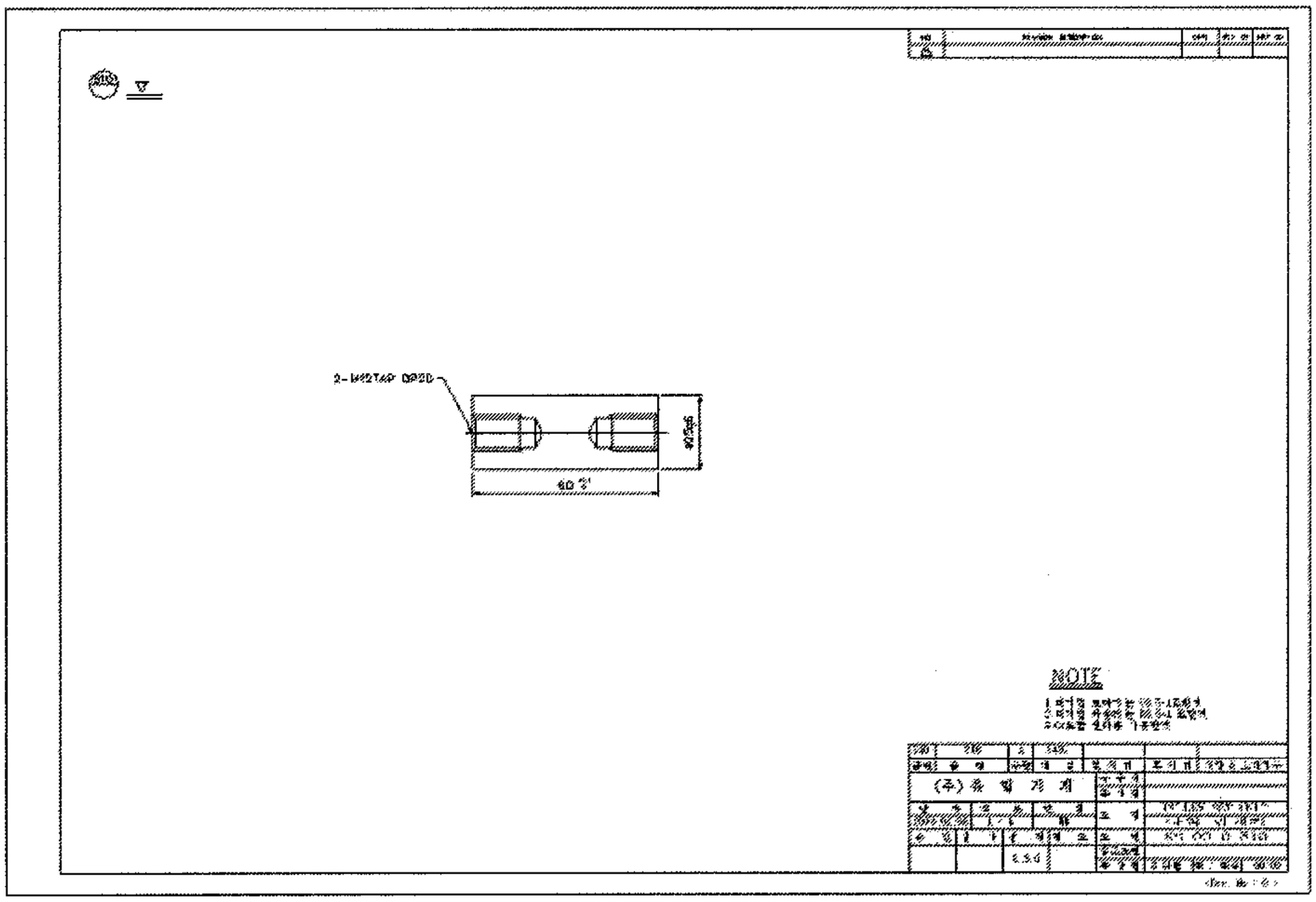
17. 저장드럼 고정틀



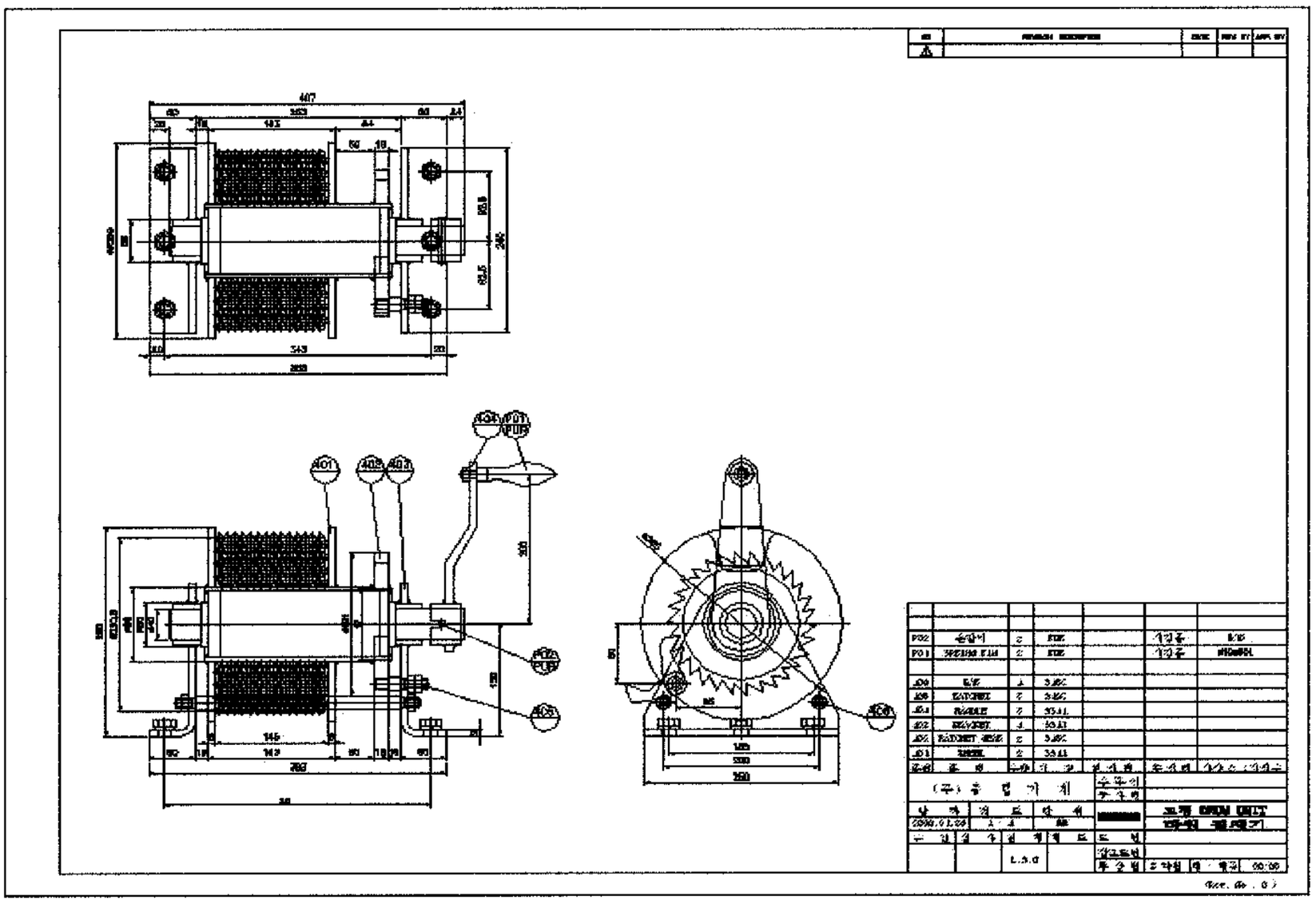
18. 저장드럼 샤프트 고정틀



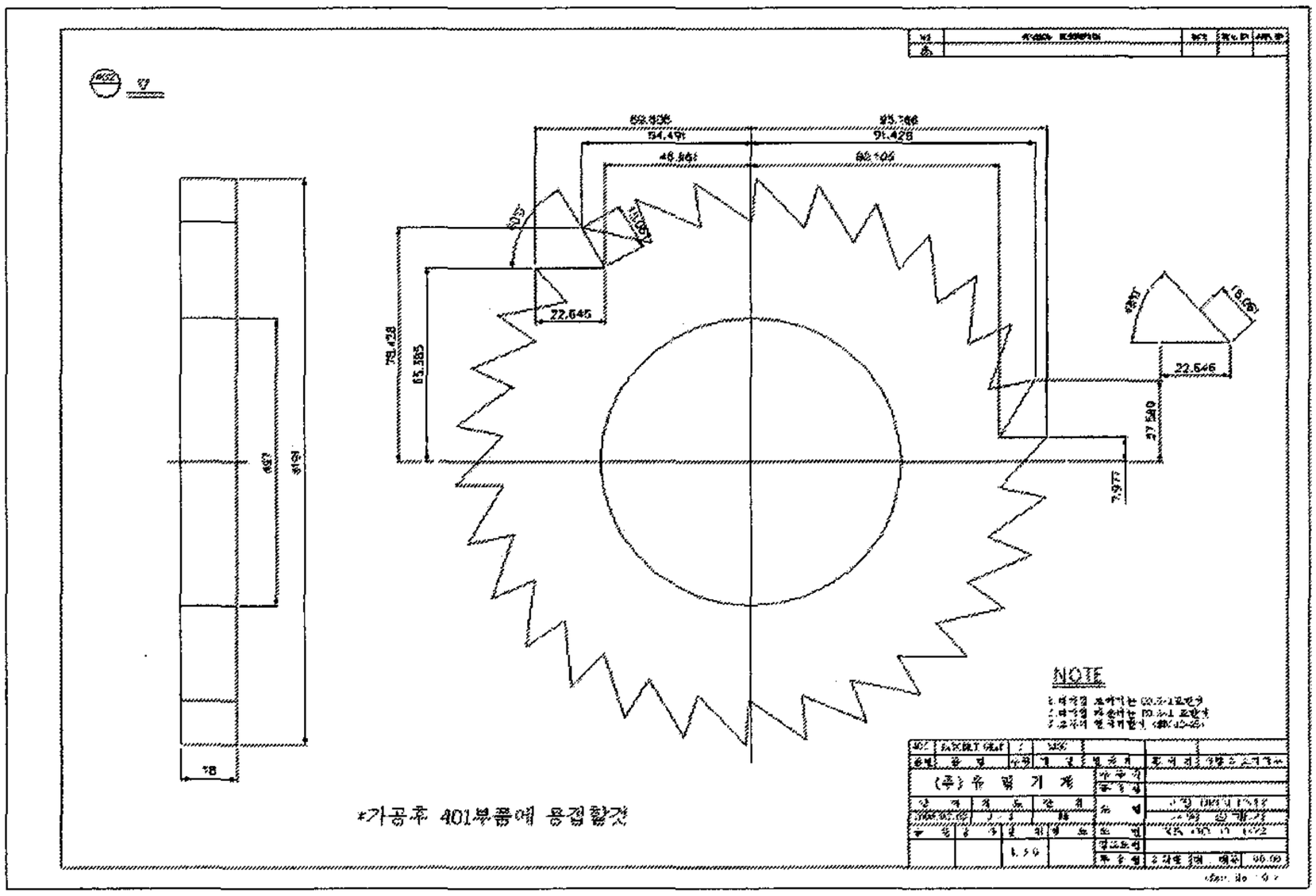
19. 저장드럼 샤프트



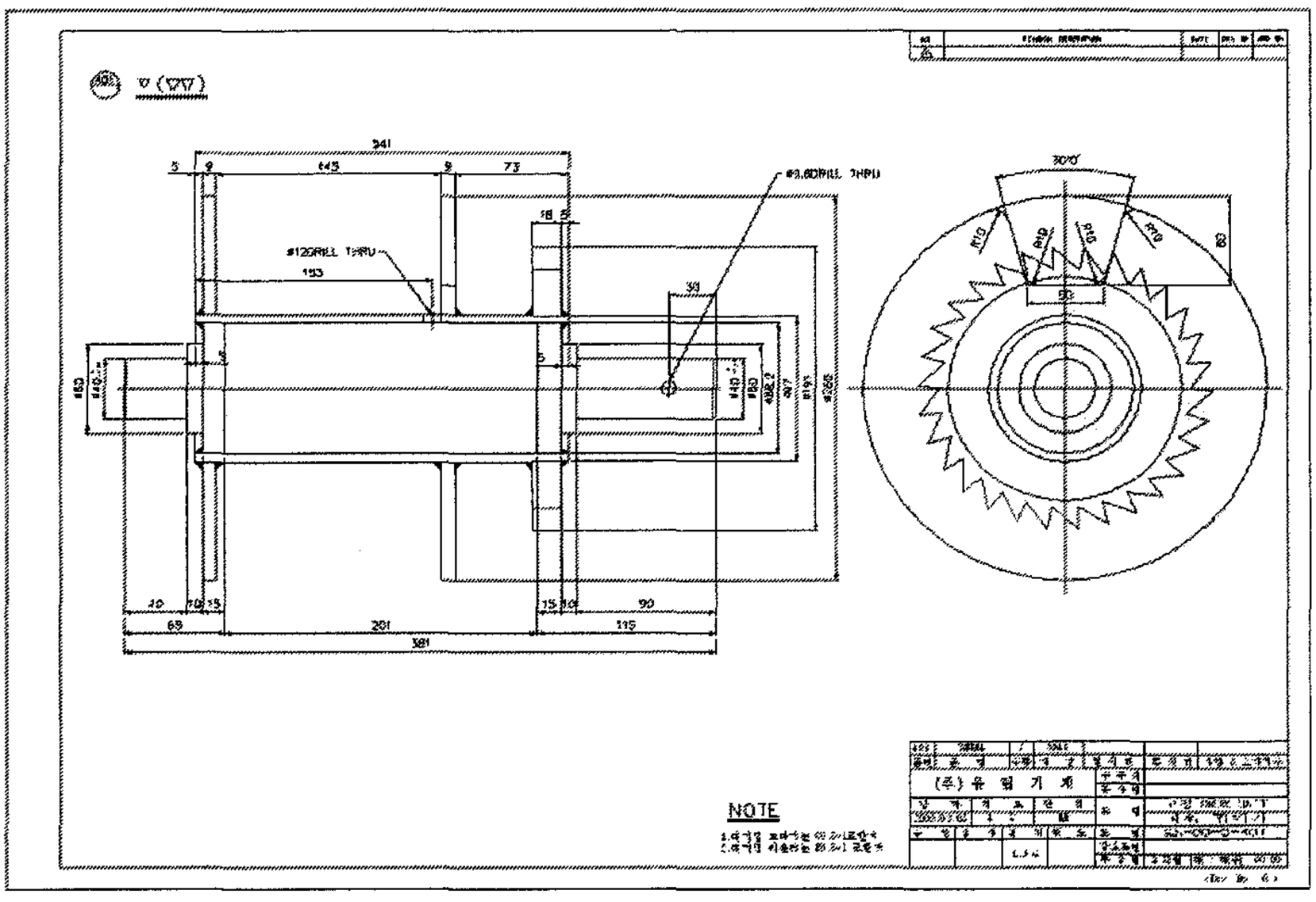
20. 가이라인 드럼 완성도



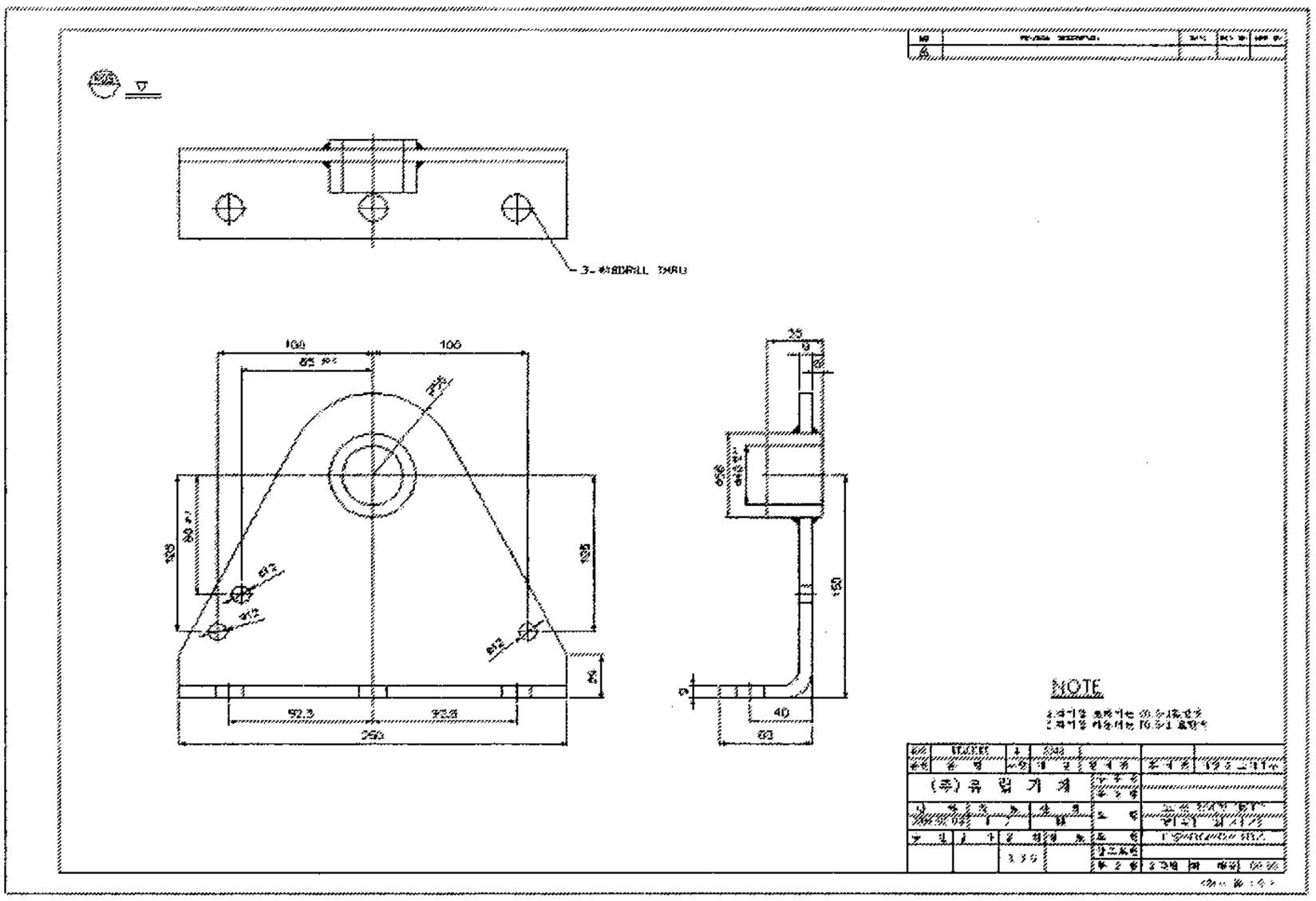
21. 가이라인 톱니



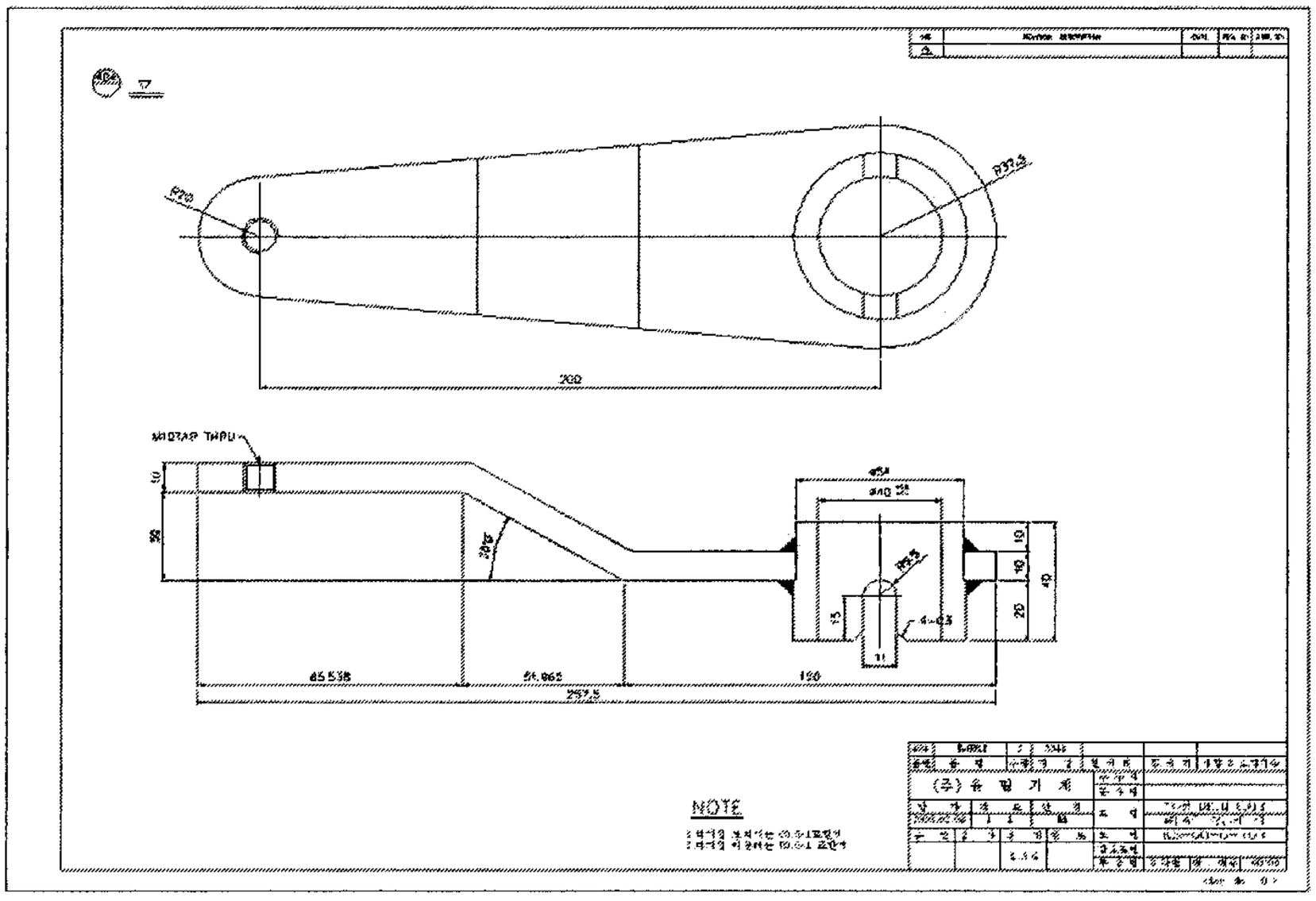
22. 가이라인 드럼



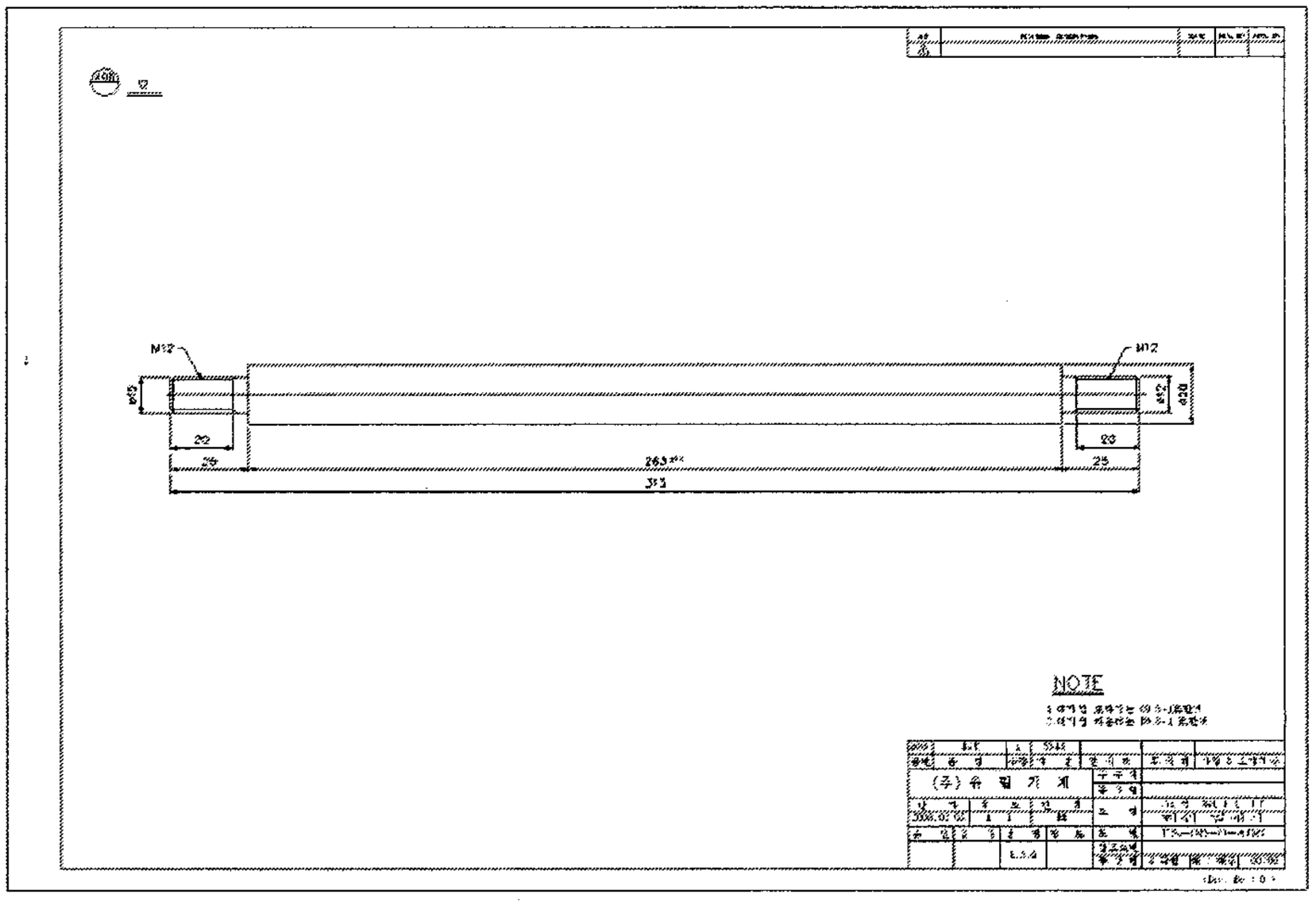
23. 가이라인 고정틀



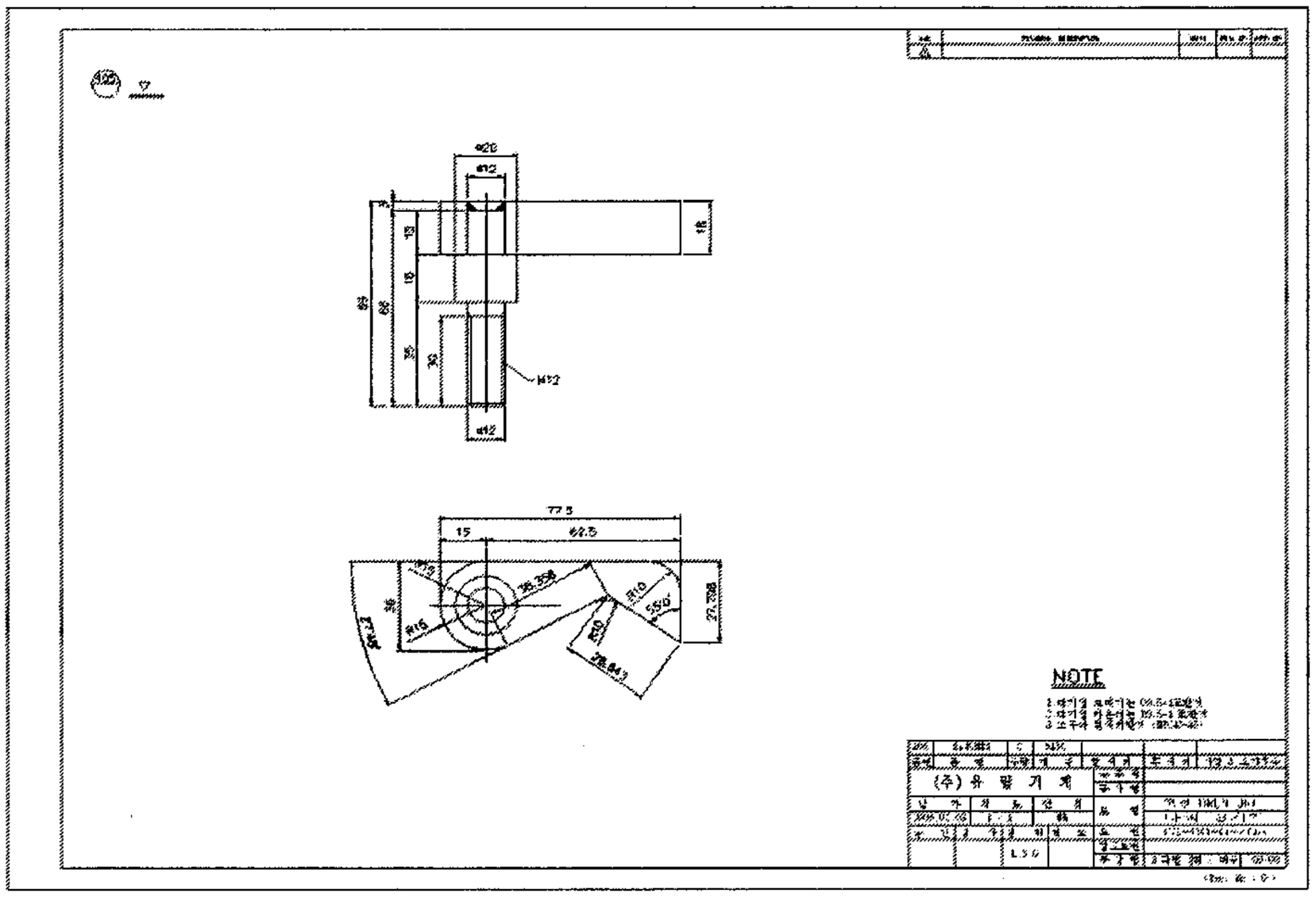
24. 가이라인 손잡이



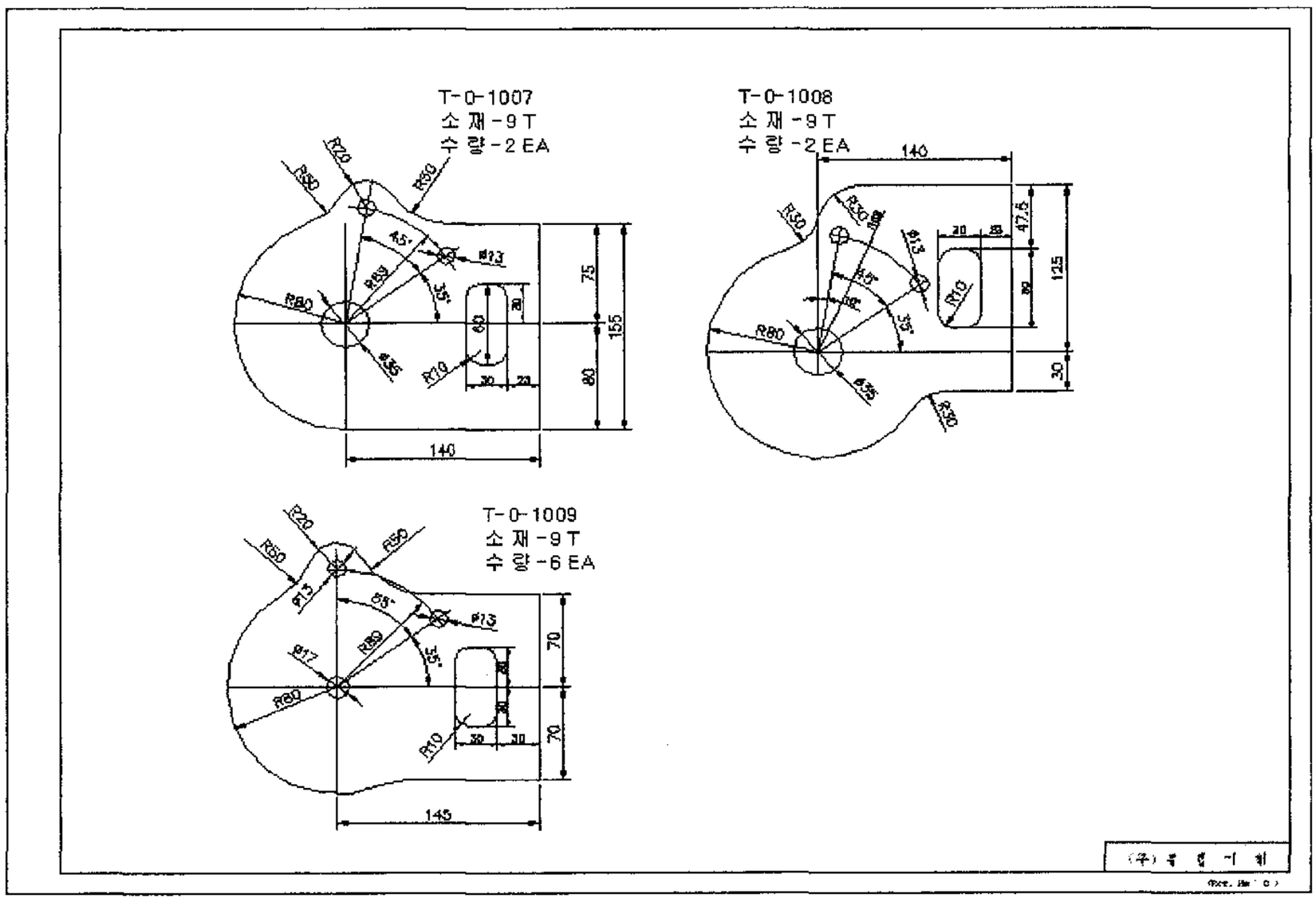
25. 가이라인 샤프트



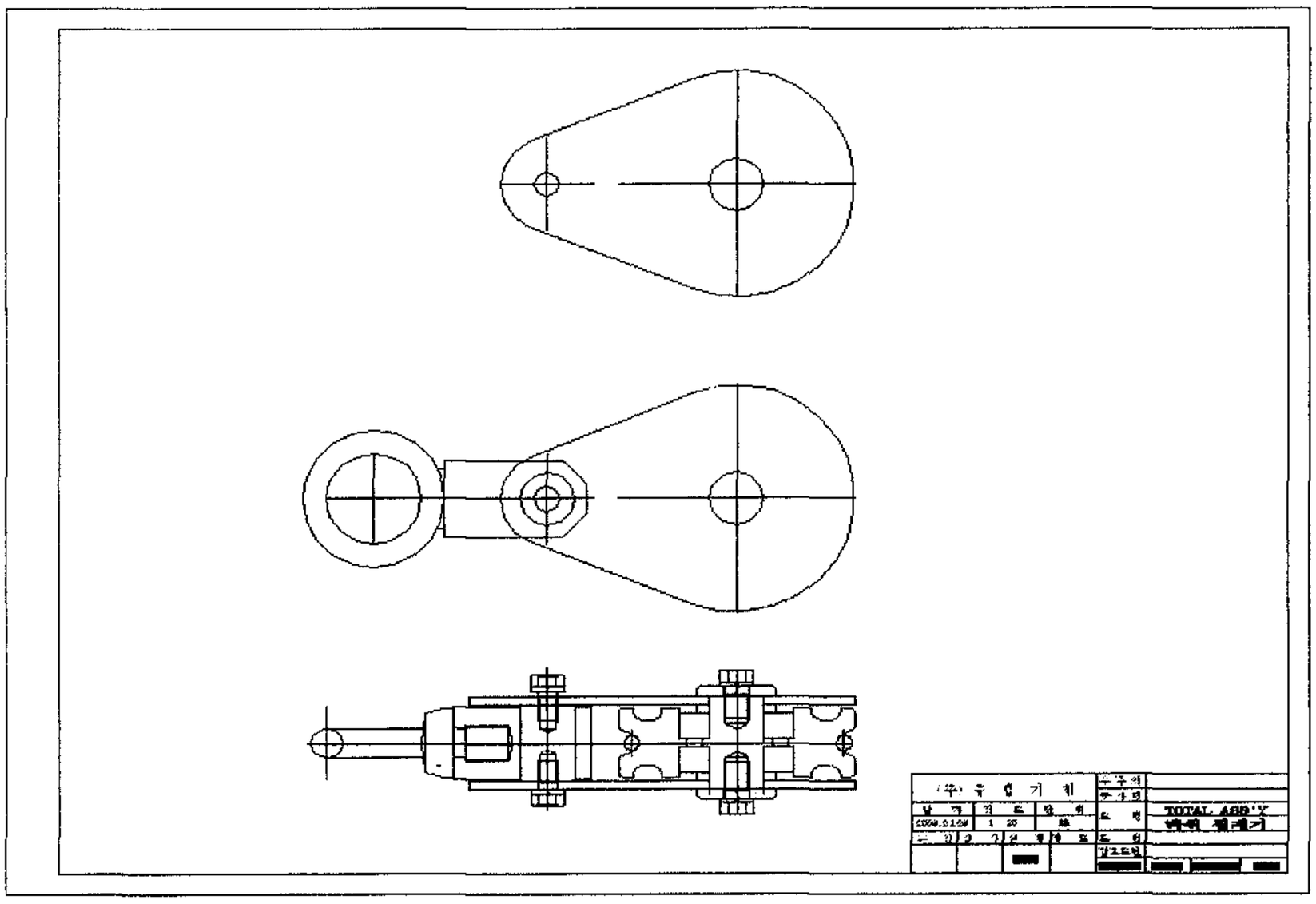
26. 가이라인 락



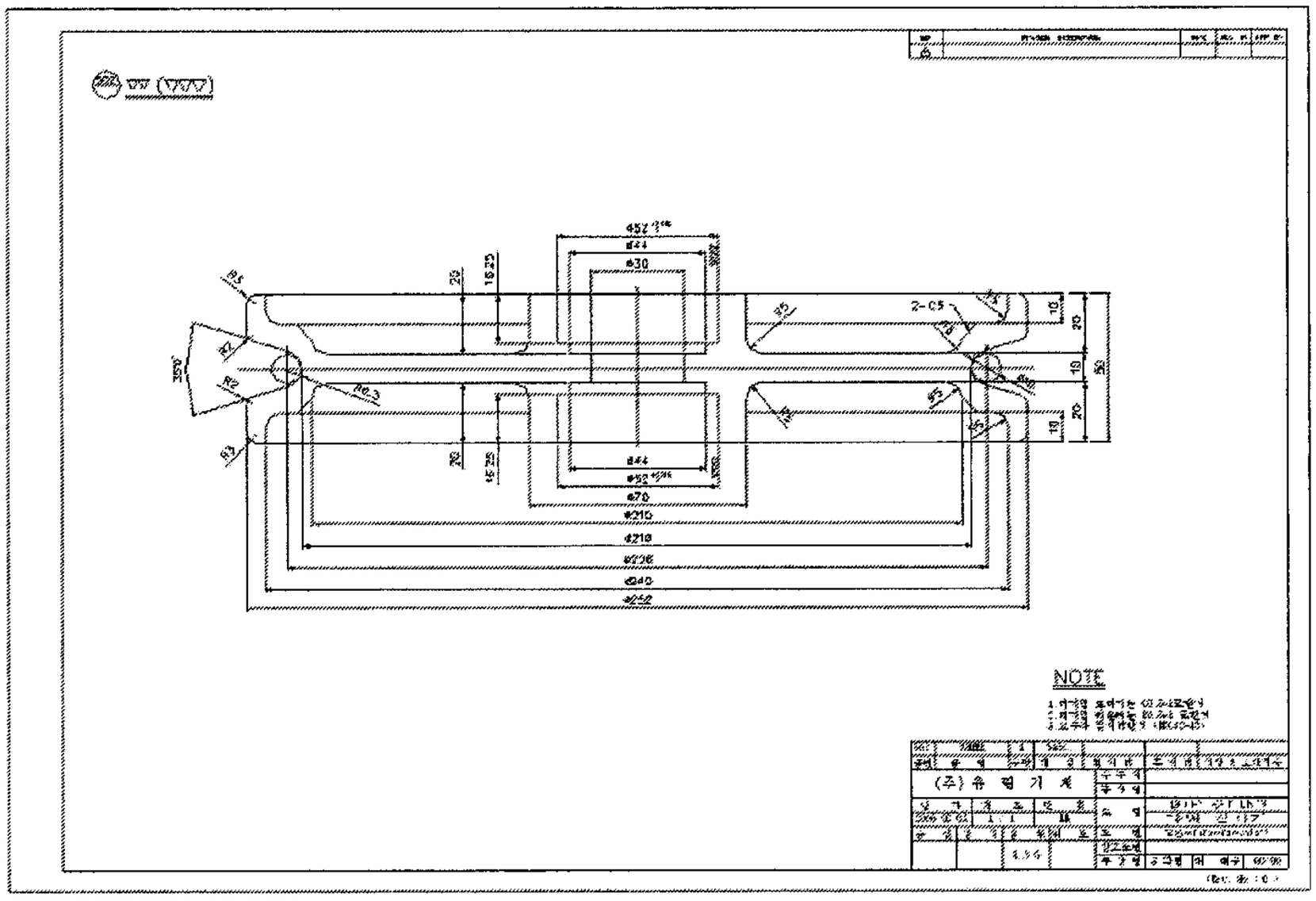
27. 메인 및 홀백라인 도르레



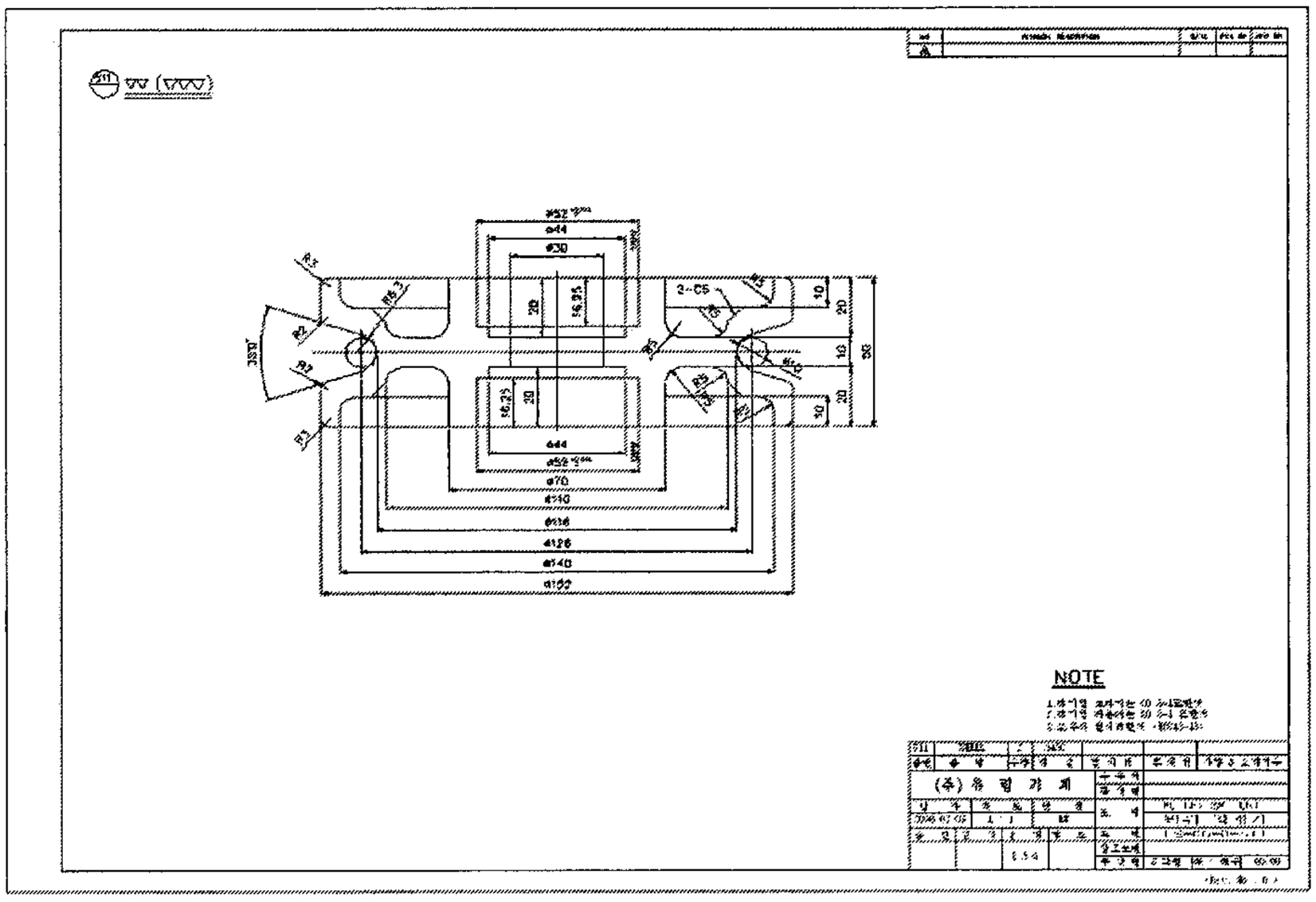
28. 리턴 도르레



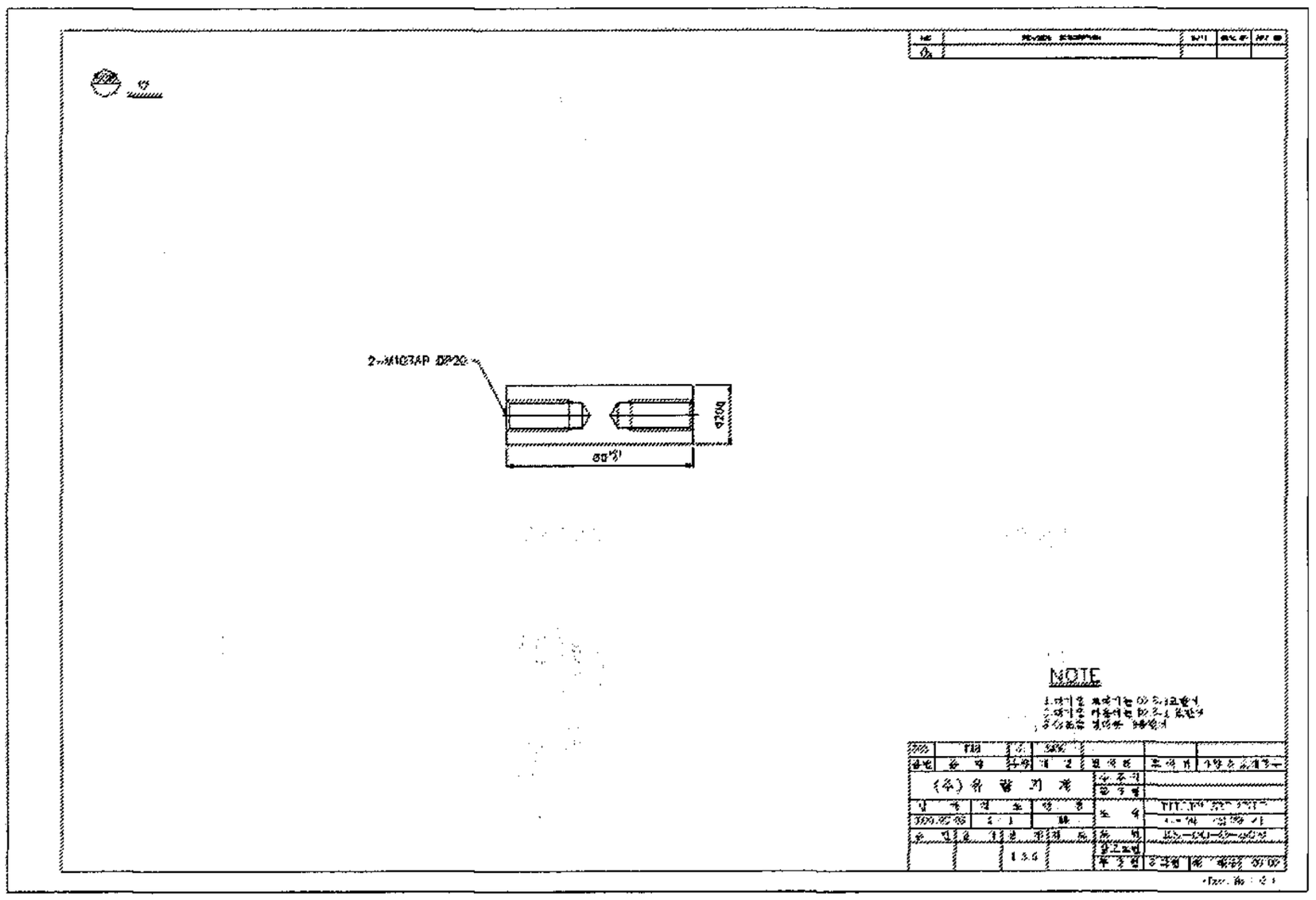
29. 가이라인 도르레 휠



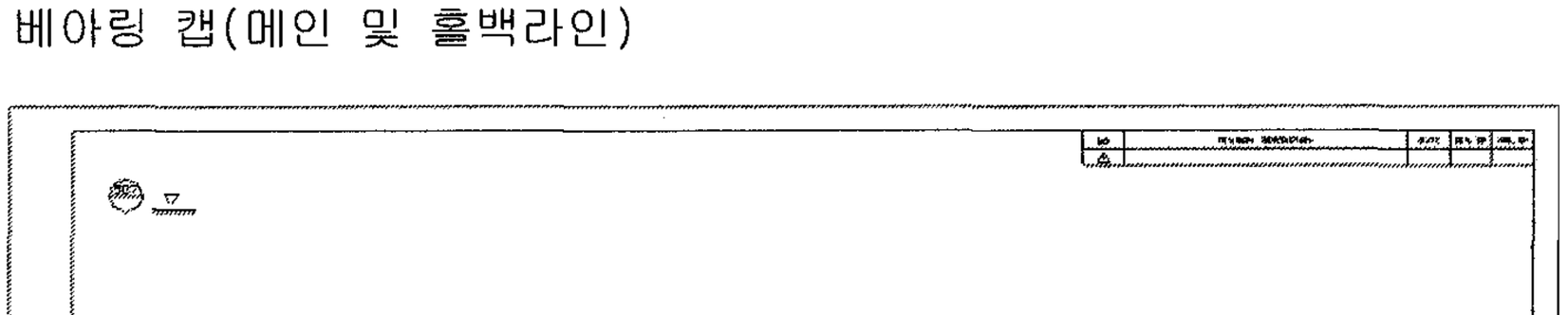
30. 메인 및 훌백라인 도르레 휠



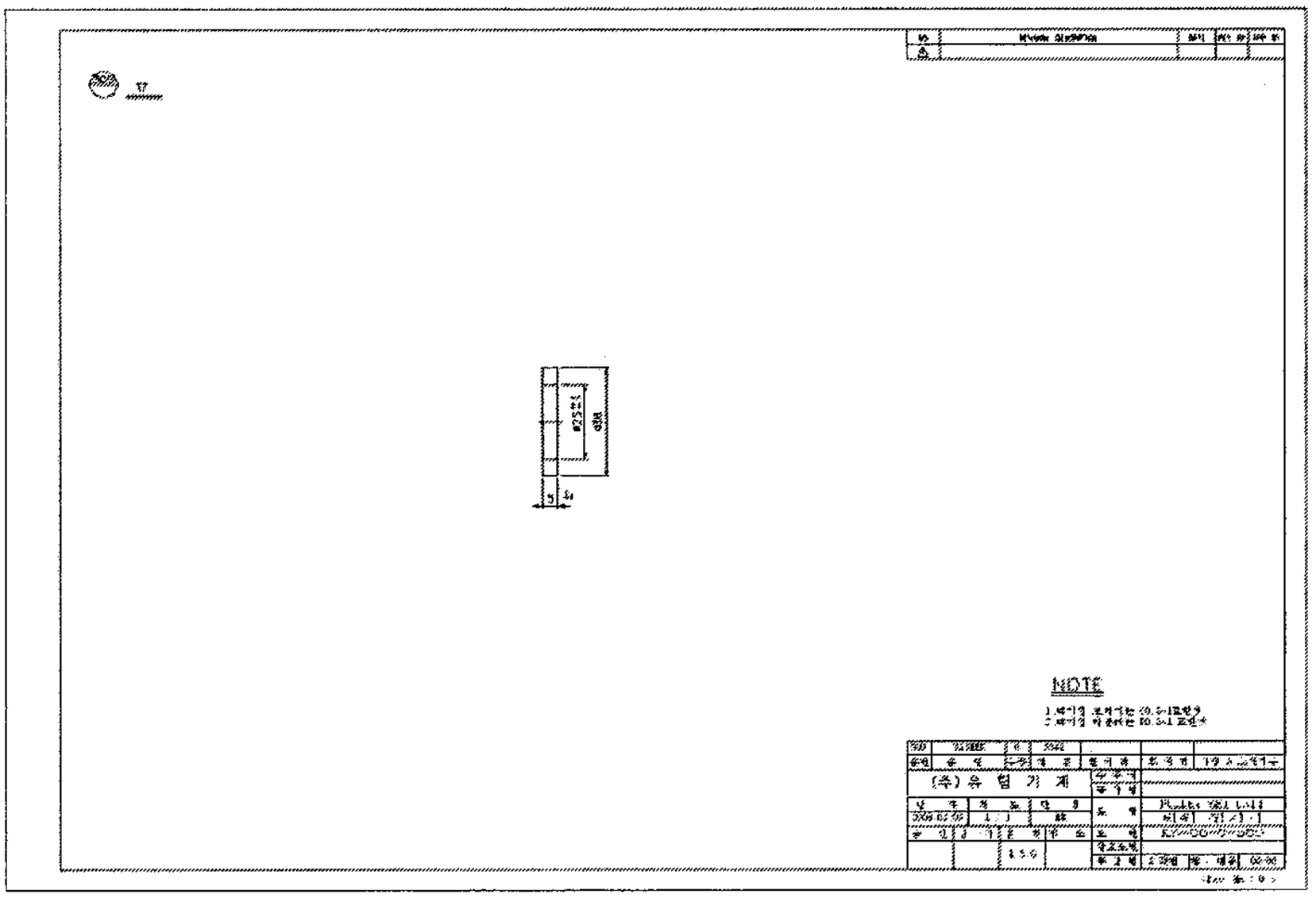
31. 도르레 샤프트



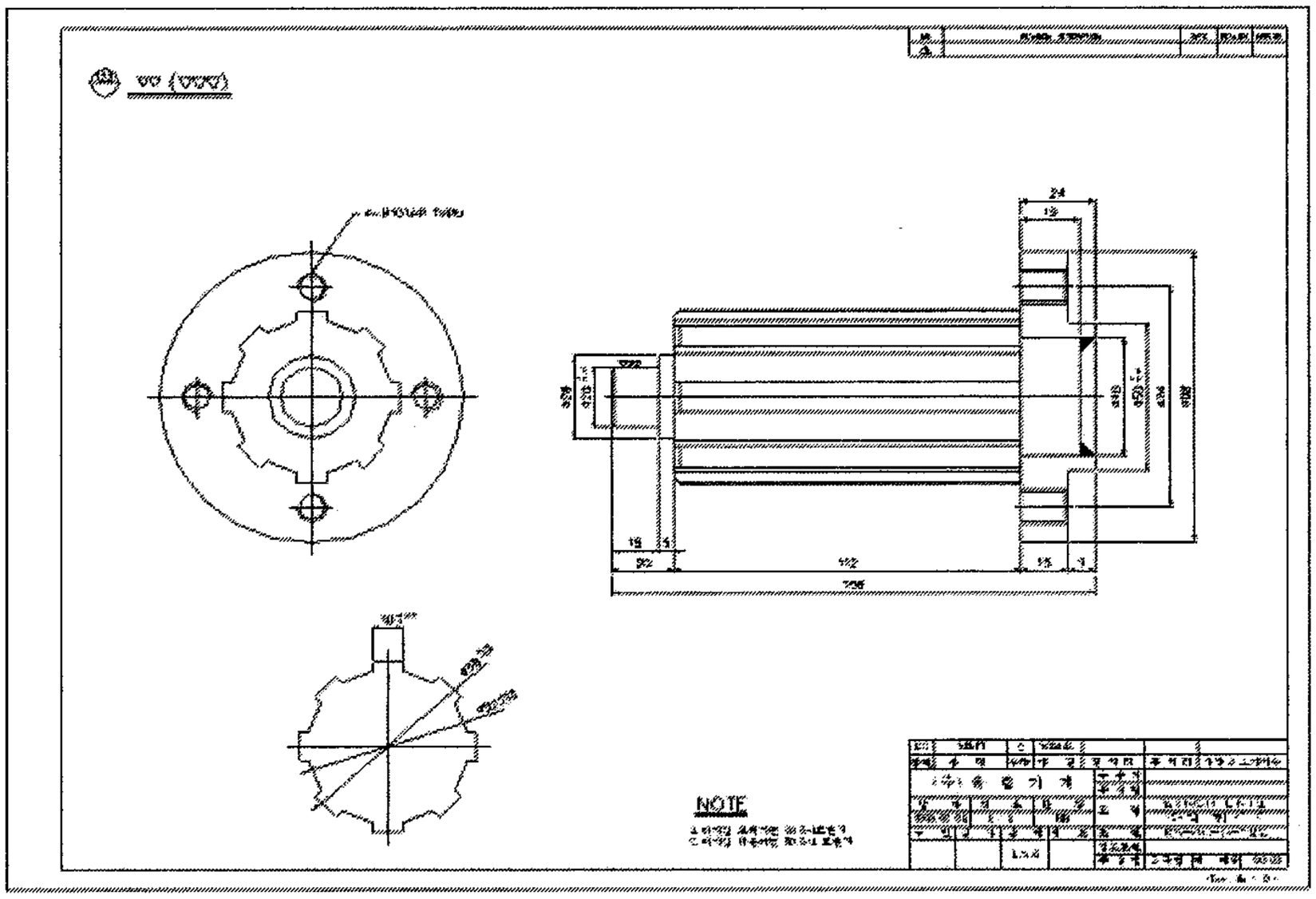
32. 베아링 캡(메인 및 홀백라인)



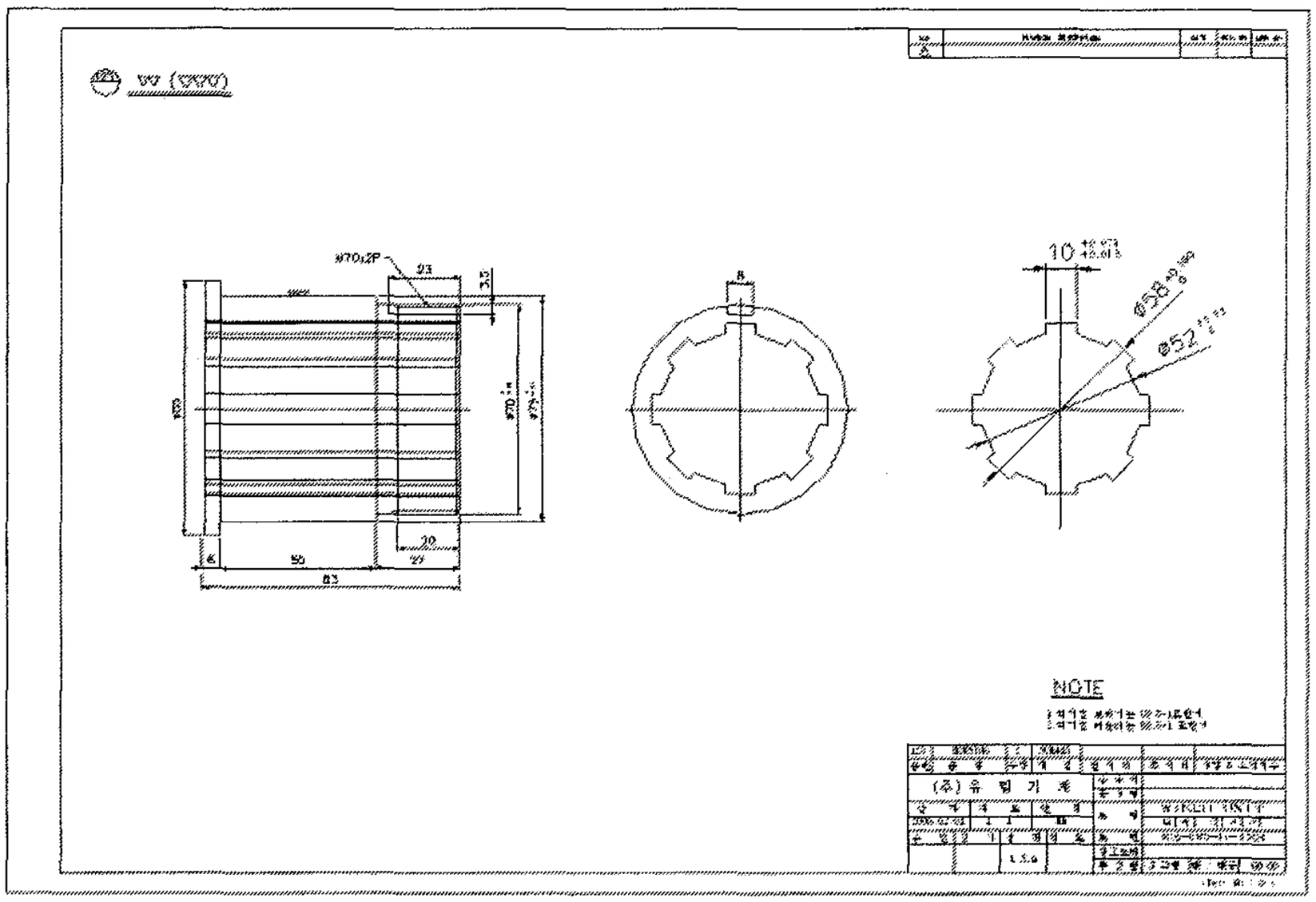
33. 베아링 캡(가이라인)



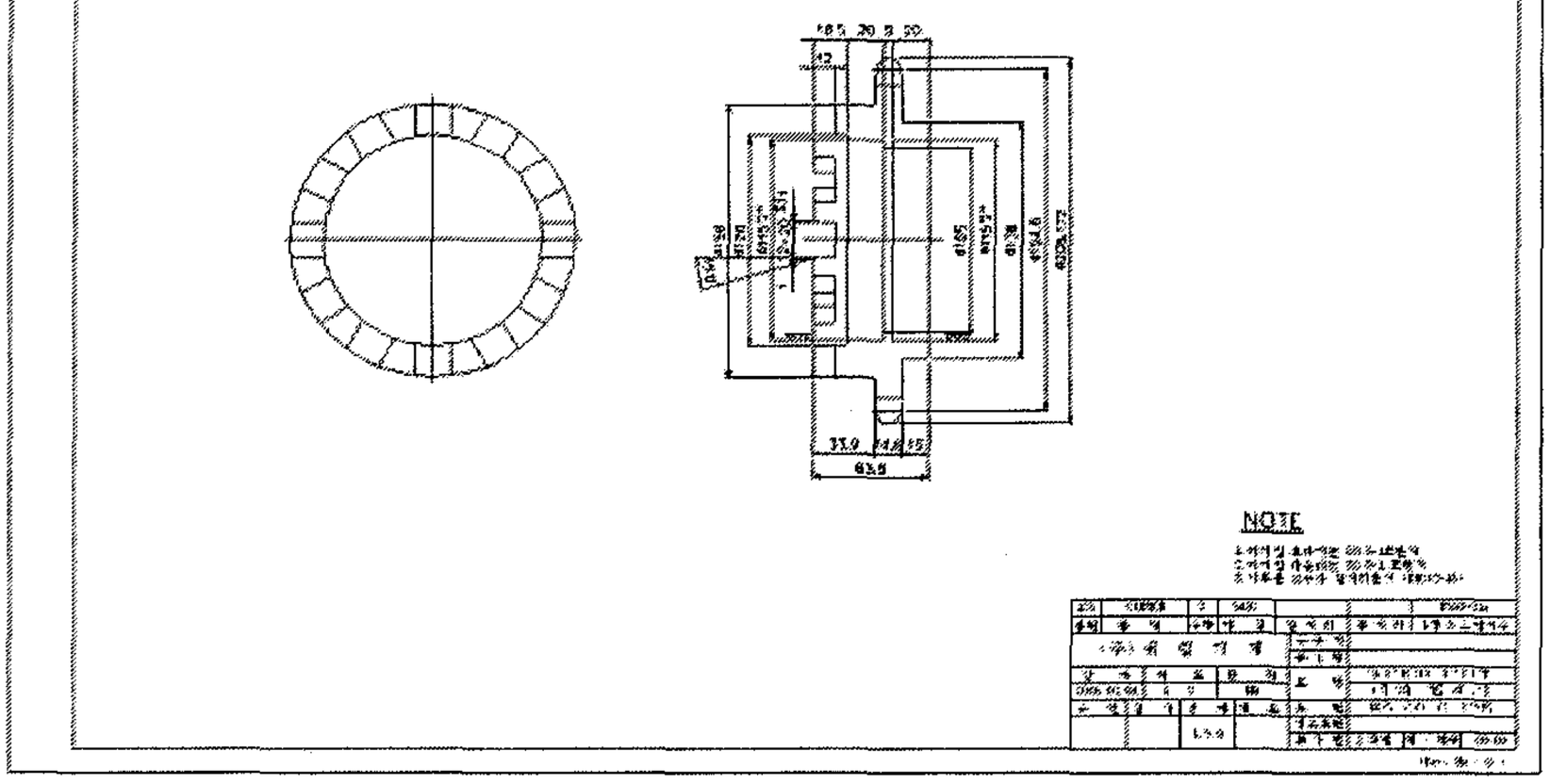
34. 클러치 샤프트(상)



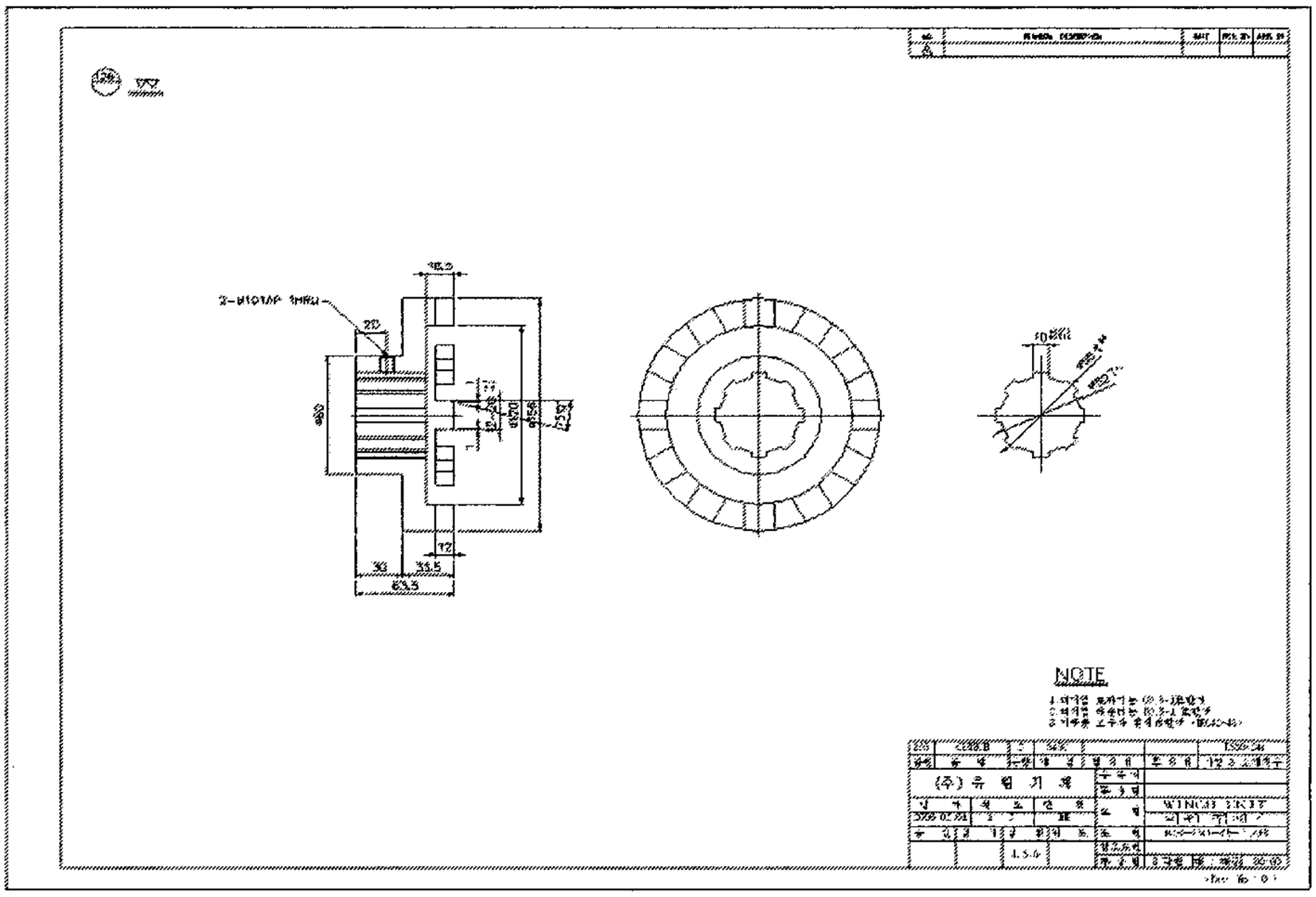
35. 클러치 샤프트(하)



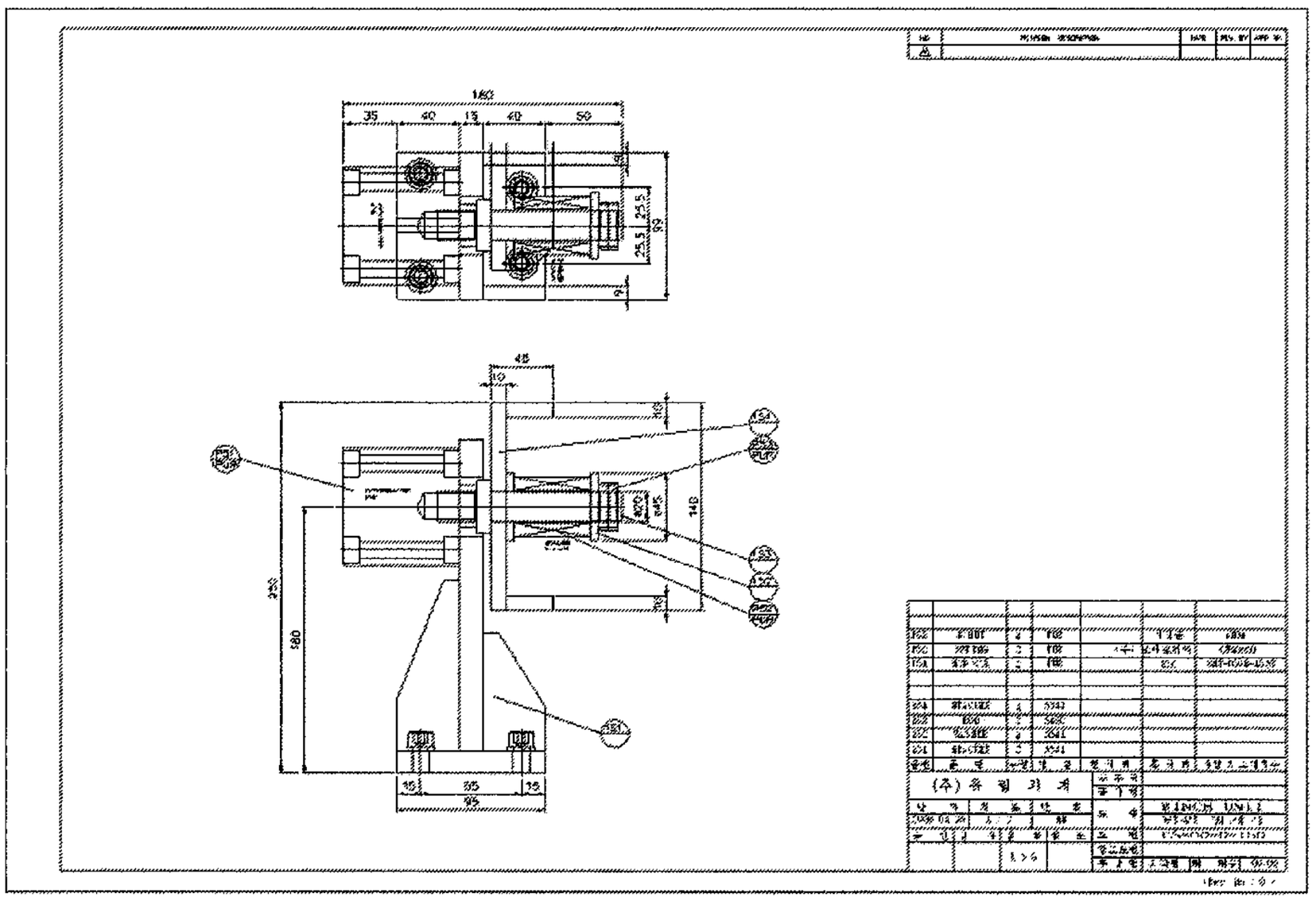
36. 클러치(유동)



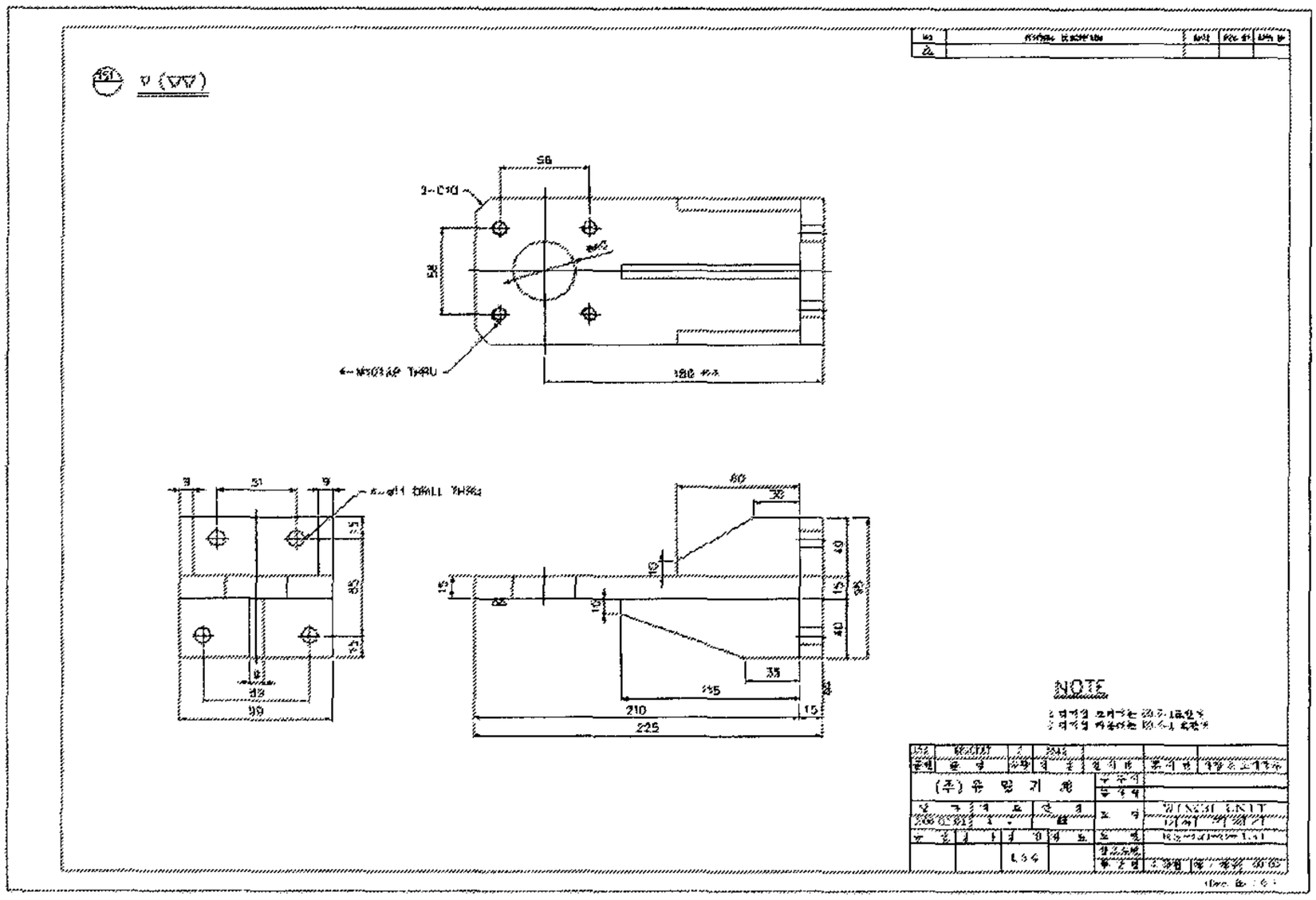
37. 클러치(고정)



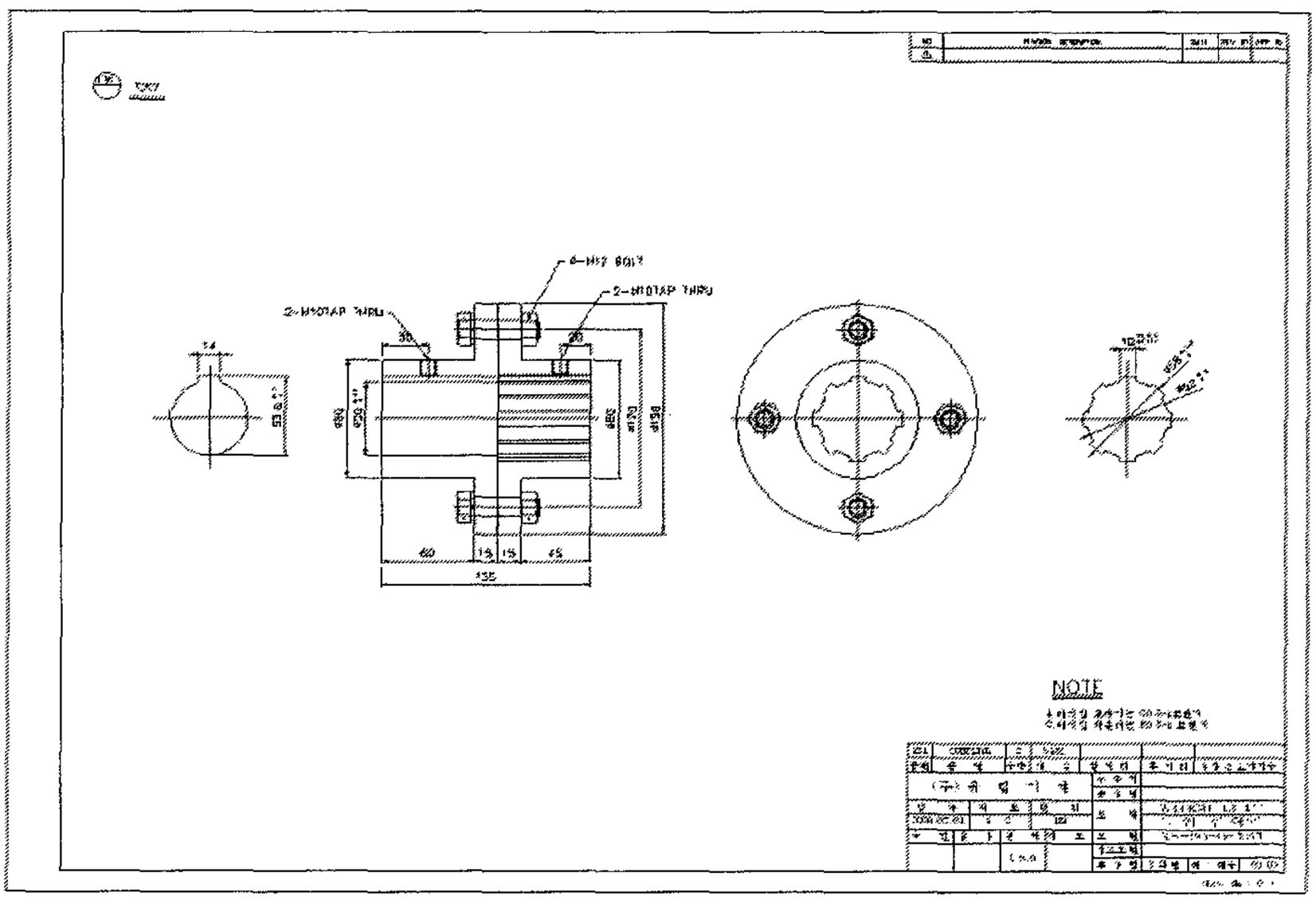
38. 클러치 실린더



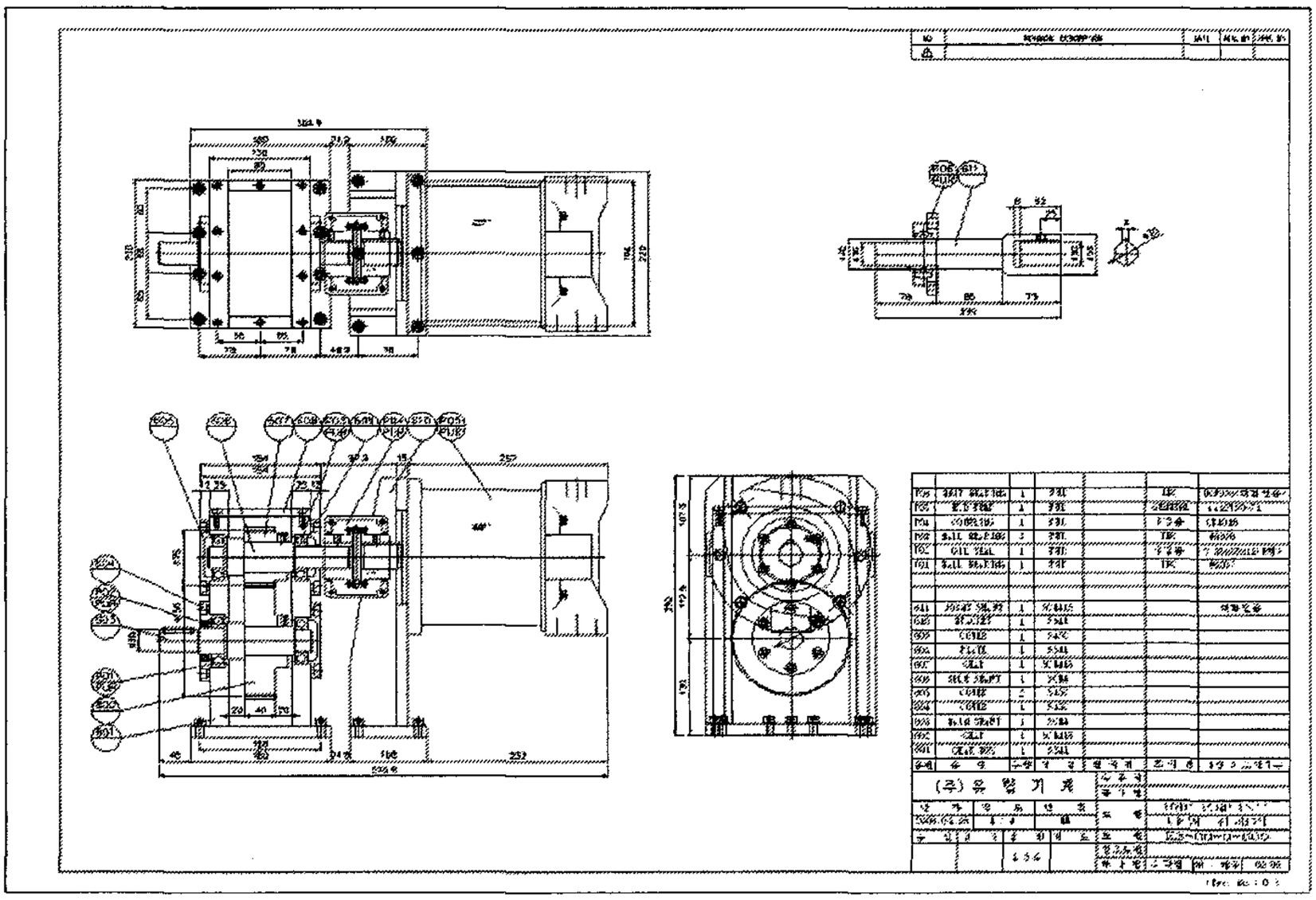
39. 클러치 실린더 고정틀



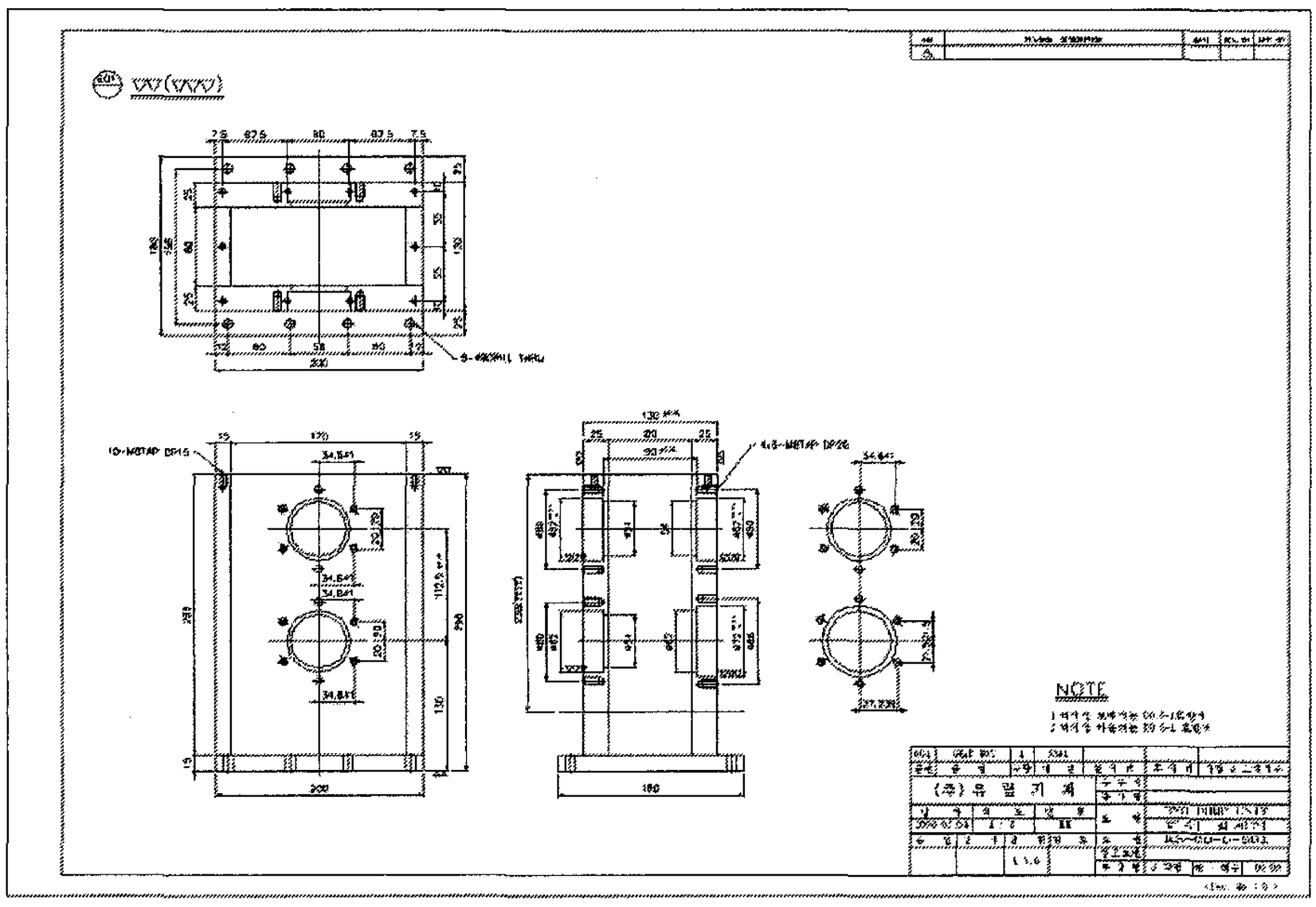
40. 클러치 샤프트 연결잭



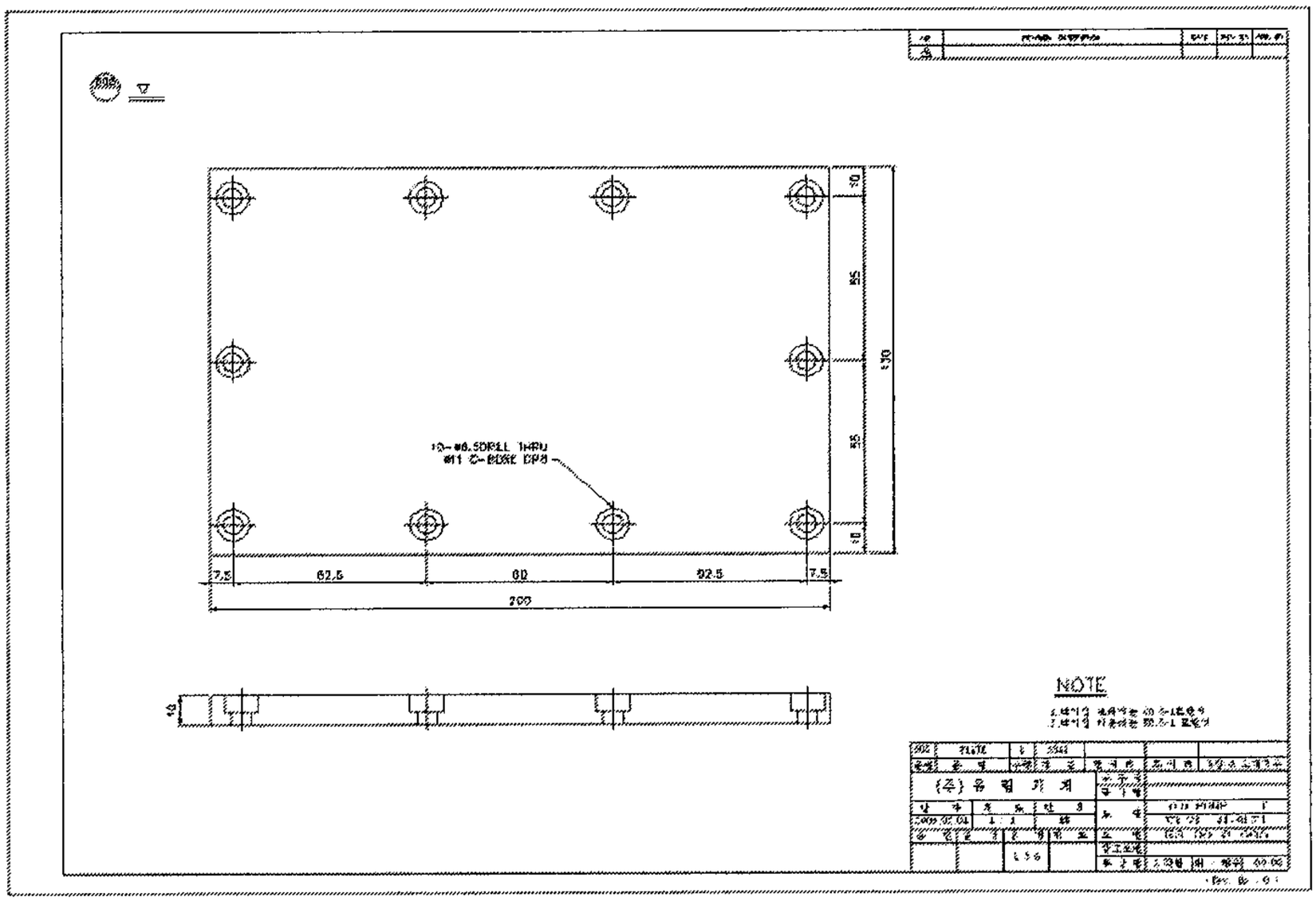
41. 증속기



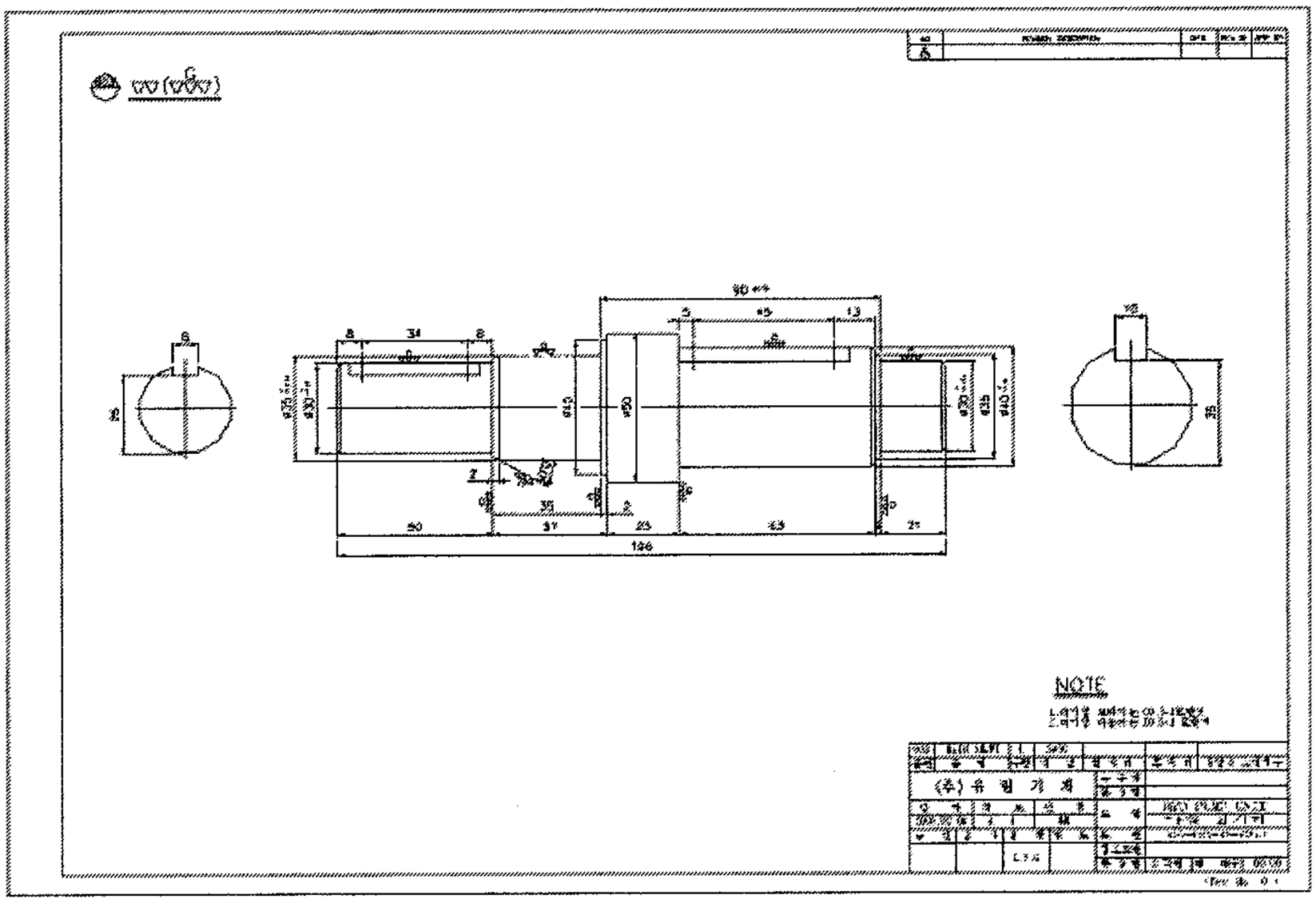
42. 증속기 프레임



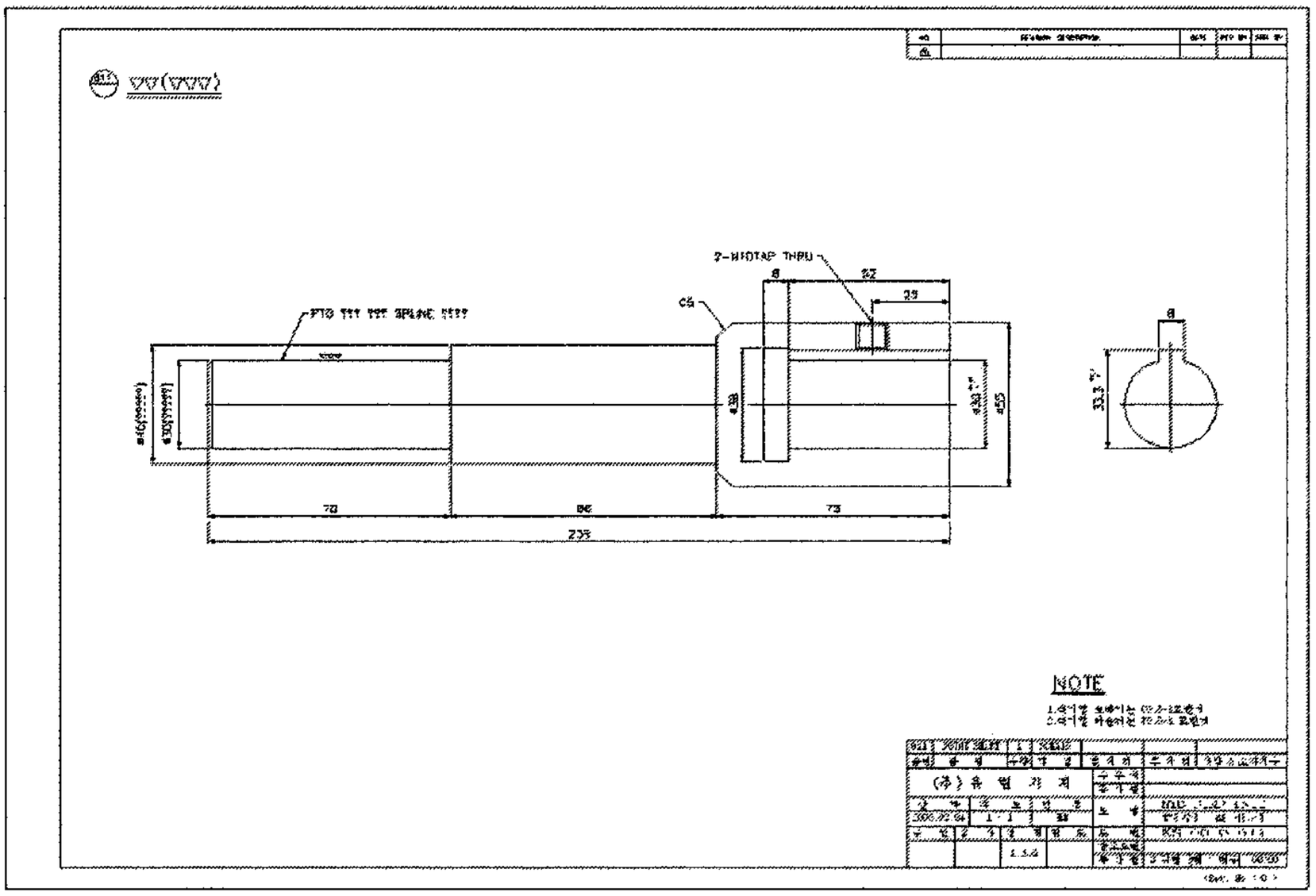
43. 증속기 커버



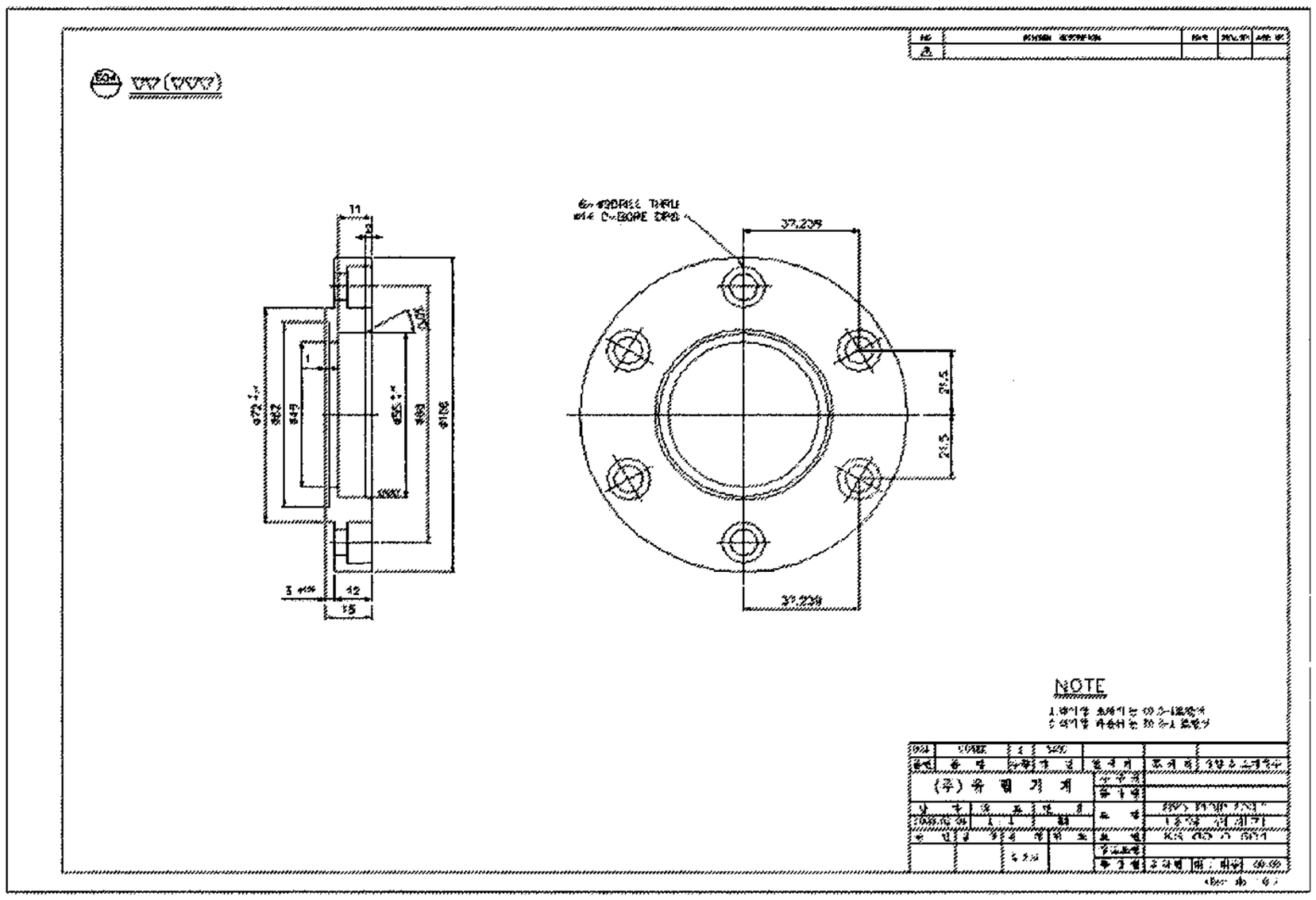
44. 증속기 샤프트(상)



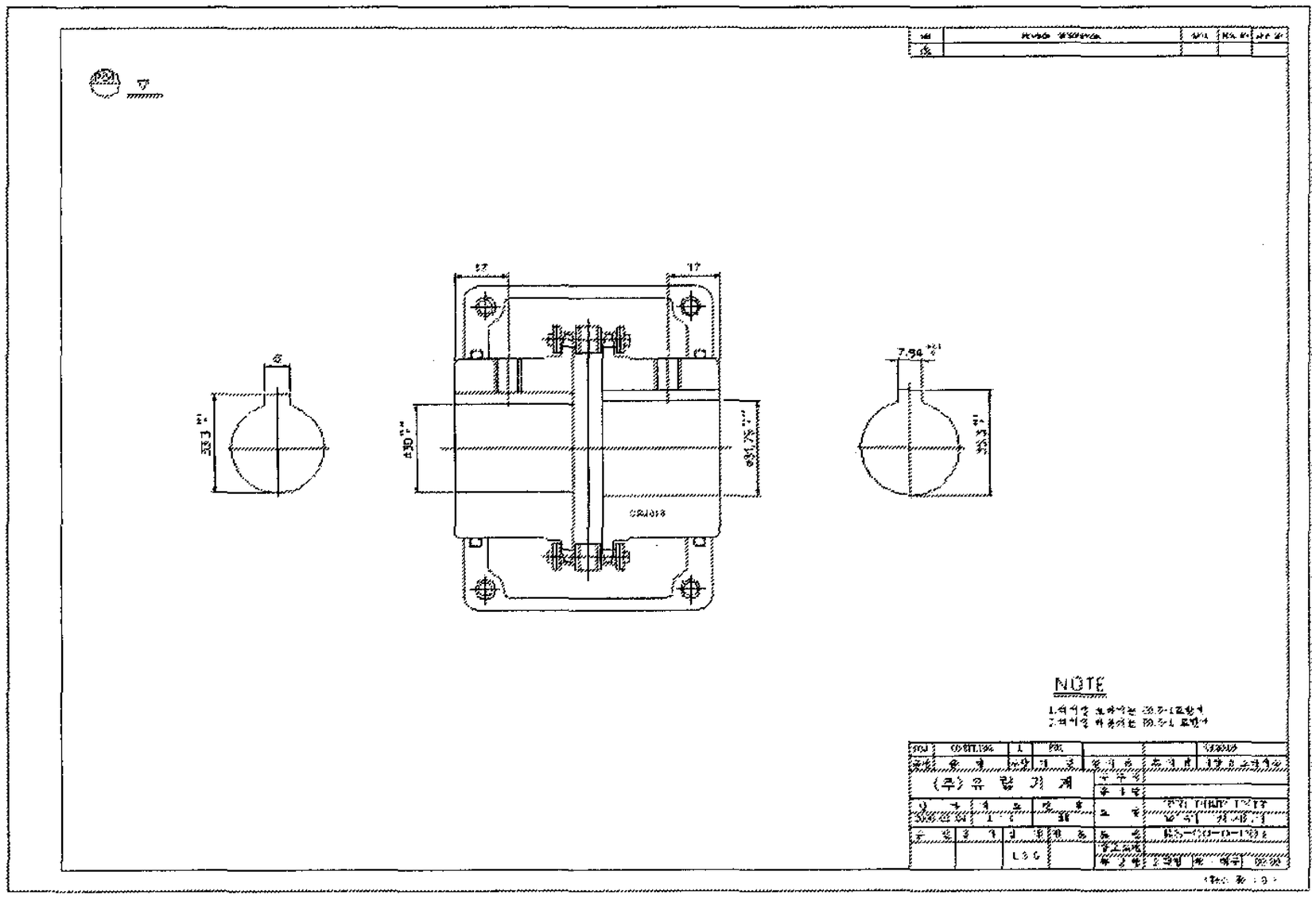
45. 증속기 샤프트(하)



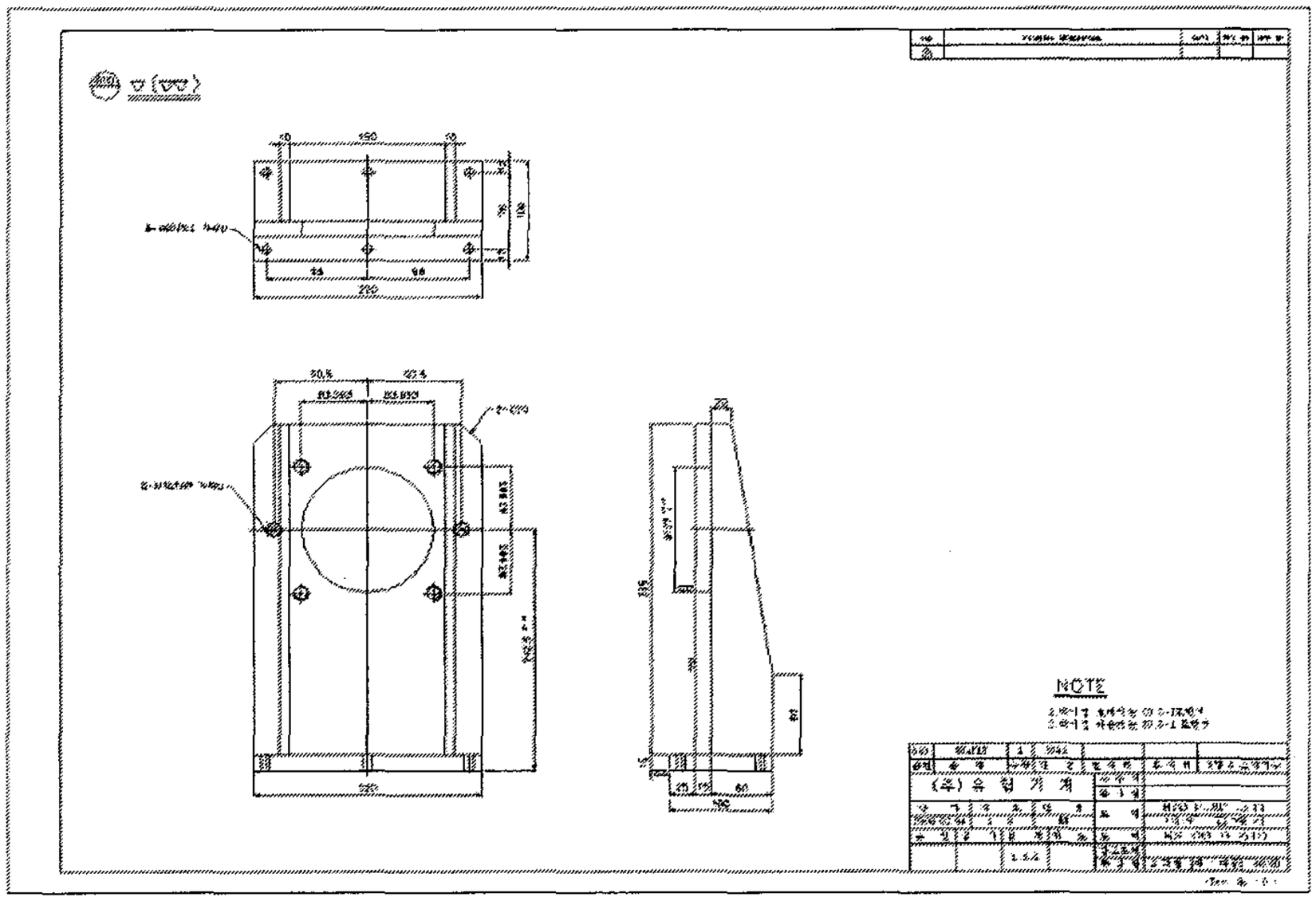
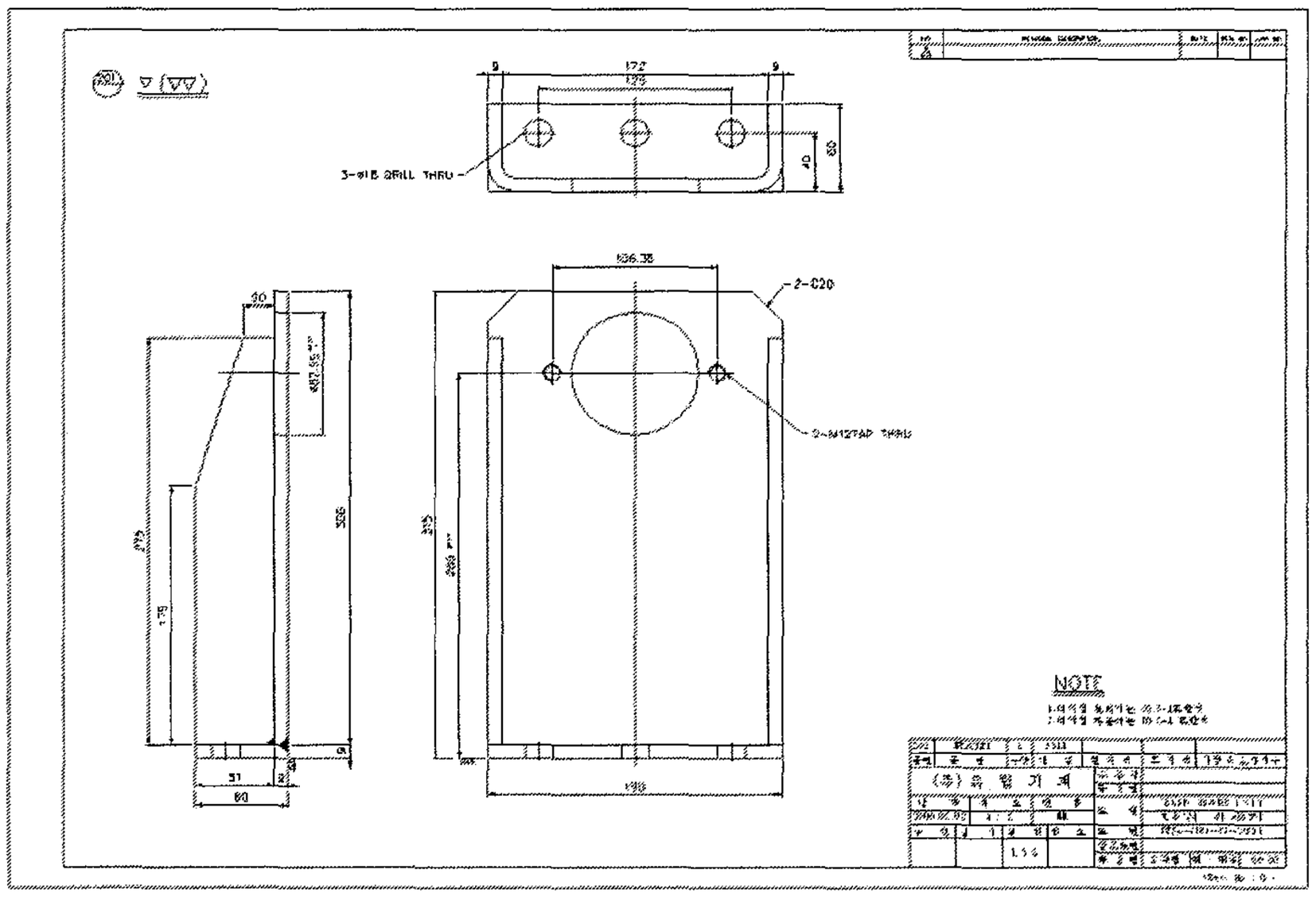
46. 증속기 베어링 고정틀



47. 펌프연결 유닛



48. 펌프 지지대



49. 모터지지대