

최 종
연구보고서

궤도식 소형임내작업차 개발

Development of Crawler Type Mini Forward for
Thinning Operations

주 관 연 구 기 관
국립산림과학원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “궤도식 소형임내작업차 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 7월 14일

주관연구기관명 : 국립산림과학원

총괄연구책임자 : 김 재 원

세부연구책임자 : 김 재 원

책 임 연 구 원 : 박 문 섭

책 임 연 구 원 : 송 태 영

선 임 연 구 원 : 조 구 현

원 급 연 구 원 : 박 해 권

원 급 연 구 원 : 심 성 보

선 임 연 구 원 : 김 재 환

원 급 연 구 원 : 홍 석 봉

협동연구기관명 : 강원 대학교

협동연구책임자 : 차 두 송

원 급 연 구 원 : 오 재 현

원 급 연 구 원 : 고 성 대

원 급 연 구 원 : 최 병 구

원 급 연 구 원 : 장 재 영

요 약 문

I. 제 목

케도식 소형임내작업차 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 산림은 제 1, 2차 치산녹화 사업 때 식재된 임목들이 대부분으로서 30 년 생 이하의 어린 나무로 이루어져 있기 때문에, 앞으로 대경 우량목 생산을 위해서는 간벌작업(숙아베기) 등 많은 노동력과 자금이 투입되는 집약적인 관리가 필요하다. 또한 어린 숲을 대상으로 실시하는 숲 가꾸기 작업에 투입되는 노동력은 많은 부분을 농촌 노동력에 의존하고 있으나 농촌인구의 노령화와 부족현상으로 인하여 노동력 조달에 많은 어려움을 겪고 있다.

1차 산업분야인 육성임업 중에서도 산림수확작업은 작업환경이 가장 열악하며 대부분의 작업을 인력에 의존하는 노동집약 형태로서 아직 기계화가 이루어지지 못한 분야이다. 인력위주로 이루어지는 산림수확작업은 인건비의 급격한 상승에 따라서 작업비가 급등하고 있으므로 현행 인력위주의 작업을 기계화하여 소요되는 인력을 최소화하여 장기적으로 인건비의 상승과 노동력 부족에 대처할 방안이 필요하다.

또한 우리나라 산림은 소규모 영세 사유림이 전체 산림면적의 70% 이상을 차지하며 이로 인한 적은 시업규모로 1개 작업장소당 벌채 및 집재작업 물량이 적다. 이러한 소규모 작업지의 경우에는 되도록 이동이 신속하고 원치기능과 운반기능 등을 복합적으로 지닌 간편한 소형 다목적 장비의 투입이 효율적이다. 어린나무 위주의 현재의 산림 구성은 지속적인 육림작업을 통하여 대경 우량목으로 유도하여야 하며 이 과정에서는 1~2회의 숙아베기(간벌)작업이 필수적으로 필요하다. 이러한 숙아베기에서 생산되는 간벌목의 집재 및 소운재 작업은 작업능률이 낮고 많은 인력투입을 요하므로, 기계화를 추진함으로써 노동력 부족에 대처하고 작업경비를 감소시킬 수 있다. 현재 우리나라의 벌목 및 집재작업은 인력위주의 작업시스템으로 이루어지고 있으며, 지형 등의 작업조건이 불리하기 때문에 선진 임업국에 비해서 노동생산성이 약 1/5~1/10에 불과한 실정이다.

임업기계의 개발에 있어서는 우리나라의 임업기계 시장규모가 영세하므로 농업 등 타 분야에서 이미 개발되어 활용되고 있는 베이스머신을 활용함으로써 적은 비용으로 임업용 장비의 개발이 가능하고 기존에 구축된 농업기계의 A/S체계를 활용하여 보수 유지비를 최소화할 수 있다.

임업경영의 기반이 되는 임도는, 우리나라의 경우 2005년 말 평균 임도밀도가 ha 당 2.4m에 불과하며 임도시설이 크게 부족한 실정이나 임도밀도를 기계화가 가능한 수준인 10m/ha 까지 높이기 위해서는 막대한 비용과 산지환경을 훼손시켜야 한다. 이러한 현실적인 어려움을 고려하여 비교적 저렴한 비용으로 설치가 가능하고 환경훼손을 최소화할 수 있는 노폭 2m이하의 저규격 작업로(作業路) 집재시스템에 적용할 수 있는 저렴한 가격의 **궤도식 소형임내작업차**(이하 임내작업차)의 개발이 필요하다.

현재 과수원 등에서 과일 운반용이나 SS기의 탑재용으로 활용되고 있는 농업용 운반차의 경우는 대부분 운반용량이 500kg이하이기 때문에 임업용으로 활용하기 위해서는 적재용량을 증대하고 적재함을 길이가 3.6m인 원목을 적재할 수 있는 구조로 개조하여야 하며 집재작업의 필수 장비인 원치의 탑재가 필요하다. 그러기 위해서는 프레임의 강도를 보강하고, 엔진의 탑재위치의 변경 등이 필요하며 대부분의 기능부품은 이미 개발되어 활용되고 있는 변속기, 궤도식 주행장치 등을 활용할 수 있어 단기간에 개발이 가능하다.

이러한 임내작업차는 벌목된 임목을 집재 및 단거리 소운재하는 산림전용 집재장비로서 이러한 장비를 활용하여 종래의 인력 및 소형 간이 원치 중심의 집재작업을 생력화할 수 있다. 또한 저렴한 가격으로 널리 보급이 가능하기 때문에 기계화가 늦은 우리나라 산림수확작업에 적용하여 작업생산성을 향상시키고 작업비용의 절감이 가능하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 임내작업차 베이스 머신 설계 및 시작기 제작

작업로 및 임내(林內)에서의 주행 및 목재반출을 위한 집·운재용 임내작업차로서, 간벌 수확시 발생하는 소경재를 경제적으로 반출할 수 있는 임내작업차를 개발하였다. 설계시 최소의 작업인원으로 소경재의 반출이 가능하고 다목적으로 활용할 수 있도록 윈치 및 기타 부속장비를 탑재하였으며 저렴한 가격으로 생산이 가능하도록 부품의 호환성을 최대한 고려하였다. 베이스머신은 우리나라의 산악지형에 대한 적응성을 고려하여 험지주행능력이 우수한 궤도형 차량으로 결정하였고, 개발비용과 개발소요시간을 절감하기 위하여 기존의 국산 농업용 및 건설용 궤도 차량을 조사하여 본 연구의 목표 설계 사양에 맞는 부품을 탐색하여 설계에 활용하였다. 좌석 및 작업 윈치는 차체의 동적 안정성을 고려하여 배치하고 저중심 설계를 통해 경사지에서의 안정성을 확보하였다. 측면적재형 임내작업차의 경우 운전자의 시야 확보가 문제가 되므로 시야확보가 용이하도록 보조 장치 및 좌석의 위치를 고려하였다. 또한 측면적재식 임내작업차는 공차시 무게중심의 편중으로 인하여 회전시 반대측 궤도의 수직하중이 적어져 회전 반경이 커지는 경우가 발생하거나 슬립이 많이 발생할 수 있으므로, 공차시에도 좌우중량이 고르게 분배되도록 차체를 설계하였다. 개발된 제품의 보급을 고려하여서 소규모 임업경영 규모를 가진 국내의 임업조건에 적합하도록 저가격이면서 고성능 장비로 개발하였다.

따라서, 기존의 궤도식 베이스머신의 성능과 제원을 조사하여 부품의 활용 가능성 등의 조건들을 검토하고 기존의 베이스 머신에 활용하는 주행부품(궤도부)를 임업용으로 사용시 활용성과 적용성을 높이기 위해 필요한 구조를 변경 보완하였다. 즉 안정성 확보를 위한 궤도간격의 조정과, 근주 및 지표장애물의 통과를 위한 지상고의 재조정, 높은 주행 토크에 견딜 수 있는 광폭, 고장력 고무궤도의 적용, 간이가선 집재작업을 위한 윈치 등의 작업기 탑재공간의 확보 등을 위하여 기본부품을 활용하여 재설계 제작하였다. 국산부품을 이용한 베이스머신 차체를 설계하여 적재함 크기, 중량, 적재량, 주행부, 주행속도, 변속장치, 등판능력, 사용엔진 등을 결정하여 시작기를 제작하였다.

2. 임내작업차 시작기의 주행 및 동적 안정성분석

개발차량의 동적안정성을 검토하기 위하여 동적모델의 개발과 시뮬레이션을 통해 차량의 주행시 안정성과 진동특성을 측정하였다. 임내작업차의 좌석 3축에 대하여 노면조

건별, 차량의 주행속도별 좌석 진동의 특성을 측정하여 임내작업차의 주행시 발생하는 좌석진동의 특성을 파악하였고 차체와 엔진 등으로 구성된 3차원 모델을 구성하고 좌석상의 진동특성을 좌석의 위치, 현가장치의 특성, 엔진의 위치, 작업기의 위치 등에 따라 시뮬레이션하였으며 시뮬레이션한 결과와 현장 시험을 통해 동적모델의 유의성을 입증하여 각 설계인자 좌석의 위치, 엔진의 위치, 궤도간의 거리 등의 변수를 변경하면서 임내작업차의 동적 안정성과 좌석진동에 대한 영향을 분석하였다.

3. 임내작업차 탑재용 작업장치의 개발

별도목을 작업로변으로 집재하기 위하여 최대건인력 1톤 내외, 집재거리 약 50m 내외의 탑재용 작업장치인 단거리 집재작업용 1드럼원치와 간이가선집재작업을 위해 엔드레스 드럼을 설계, 부착하였다. 또한 1드럼 원치는 소요작업원을 최소화하고 작업의 안전성을 확보하기 위하여 리모콘 조작용이 가능하도록 설계 제작하였다. 또한 적재물 상차장치인 소형 타워를 부착하여 혼자서도 원목의 상차가 용이하도록 하였고 원목의 신속한 하차작업을 위하여 적재함에 덤프장치를 부착하였다.

4. 개발된 임내작업차에 대한 작업방법 개발 및 적용성 시험

개발기종의 작업성능 시험을 위하여 별채현장에서의 현장적용성 시험을 실시하였고 그 결과를 시작기의 보완, 제작에 반영하였으며 개발된 장비의 작업능률을 조사하였다. 또한 임내작업차에 대한 표준 작업방법을 정립하였으며 임내작업차를 이용한 최적 작업로망 배치 즉 작업로 간격, 작업로 배치, 규격 등을 구명하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

우리나라에 필요한 기본 임업기계인 완·중경사지를 주행 가능한 차량형 집재장비를 국산화함으로써 집·운재장비의 자체 개발기술을 확보하였고 임내에서 자체의 구동력으로 주행하여 벌채된 원목을 임도변이나 토장까지 집재 운반하여 집재작업에 인력을 최소화할 수 있어 집재작업시스템의 생산성 향상이 가능하다.

임업기계의 국산화를 촉진하기 위하여 소규모 작업지가 많은 우리나라의 작업조건에 적합한 케도식 소형 임내작업차를 개발하여 산업화 할 수 있는 기술을 확보하였으며 본 장비를 이용한 작업시스템의 보급으로 산림수확 작업의 생력화를 통하여 인력부족 현상을 대처할 수 있다. 개발된 본 장비를 이용하여 간벌작업지에서 생산되는 원목을 수집하여 임도나 도로까지 반출이 가능하므로 소규모 간벌지에서 집재목의 수집·반출이 용이해지므로 간벌작업의 활성화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 이외에도 조림작업시 조림용 묘목 비료 등의 산림 내 운반작업이나 산림토목 공사시 토목자재류의 운반작업에도 활용가능하기 때문에, 산림 내에서 이루어지는 작업장에서 임도에서 산림 내 작업현장까지의 자재 운반과 침식에 민감한 자연보호지역이나 국립공원 등의 병충해 피해목 등의 반출작업 등에도 활용할 수 있다. 이러한 중량물 운반기능을 활용하여 본장비를 베이스머신으로 활용하여 리모콘 원치나 집재기, 이동식 치퍼기 등의 다양한 부대 작업장비를 본 기본차량에 탑재하여 산림작업의 기계화에 폭넓게 활용이 가능하다.

개발된 장비는 조작방법이 단순하여 비교적 낮은 숙련도의 작업원도 쉽게 사용이 가능하므로 사용방법의 훈련 등에 긴 시일이 요하지 않는 장비이기 때문에 경운기 정도를 운전할 수 있는 정도의 기능소지자는 누구나 운전 조장이 가능한 장점이 있다. 따라서 기능인력 확보가 용이하지 않은 산림작업현장에서 비교적 손쉽게 운전원 확보가 가능한 장점이 있다. 또한 본 장비는 비교적 소형으로 규격이 낮은 산림 내 작업로 주행이 가능하므로 간벌 작업현장에서 과거의 4륜구동 트럭(일명:GMC)용 작업로의 무분별한 개설에 따른 임지의 훼손현상을 방지하여 보다 친환경적인 작업이 가능하다.

현재 국내 연간 벌채량은 약 200만^m³로서 개발된 임내작업차를 비교적 소경목이 벌채되는 간벌작업현장에 투입하면 현행 인력위주의 작업시스템보다 생산성 향상과 작업비 절감을 도모할 수 있으므로 임업기계 지원센터 등을 통하여 간벌작업현장에 활용이 가능하다.

본 장비의 추정 판매가격은 소형원치 수준의 가격대이므로 임업기계 중에서도 저렴한 편에 속하기 때문에 고가 대형장비에 비하여 보급이 용이하므로 일반 기능인작업단의 필수장비로 보급할 경우 간벌작업 등에 다목적 활용이 가능하므로 현행 인력위주의 작업을 기계화할 수 있을 것이다.

SUMMARY

I. Title

Development of Crawler Type Mini Forwarder for Thinning Operations

II. The Needs and Objective for Study

The objective of this study was to develop the crawler type mini forwarder for small scale thinning operations. The most forests in Kora are composed of relative young forests, which are younger than 40 years and still need lot of intensive silvicultural treatments and management activities.

Specially, pre-commercial thinning operations need a lot of work force which depend on mostly unskilled workers, because of low mechanization in timber harvesting operations. The deficiency and ageing of labor in rural area brought some difficulties for getting the man power needed for forest operations, and the rapid increase of labor costs due to raising of general wage level.

The thinning operations are most labour intensive and the scale of the thinning area are too small to rationalize and that result low productivities and low utilization of thinned timber with small dimensions. To solve those problems related on thinning operations in Korea, introduction of mechanization will be one of solutions to reduce the labor input and work load in thinning operations. For moderate and steep terrains, small crawler type mini forwarder is most suitable for early stage of mechanization in consideration for present status of technology, and for multi purpose application. To reduce the harvesting costs and environmental impacts in thinning operations, it is recommendable to apply the low standard skidding trails with small log carriers with small load size under 1,000kg and skidding winch for pre-bunching. Most functional parts for development of the mini-forwarders are derived and applied from agricultural carrier vehicles which are widely used for orchard management to save the cost and the time for development and to ensure easy maintenance.

III. The Research Contents and Scope

1. The design and manufacturing a proto-type of mini-forwarder

For moderate and steep terrains, small crawler type mini forwarder is most suitable for early stage of mechanization in consideration for present status of technology, and for its multi purpose application.

To develop the mini-forwarder, the dimension and technical specification were setup for small scale logging operations in Korea. To adapt for working conditions in Korea, the dimension of mini-forwarder was determined to minimum to pass through the narrow skidding trails. The main points for prototype of mini forwarder were stability on steep terrain and the compatibilities of the part components with other market products with similar functions. The dimensions and the design factors of the vehicle were determined after stability evaluations with simulations of the working models.

2. The dynamic analysis of driving stability of the proto-type of mini-forwarder

Stability evaluation on steep slope were evaluated through modeling and simulation of crossing the obstacle on slope in consideration of the vibration characteristics. The stability analysis was performed by using the multibody dynamic analysis programs, such as Working Model 2D and Visual Nastran Desktop. Physical properties of the component assemblies of mini-forwarder such as main frame, engine, winch unit and undercarriage were determined by using 3D CAD modeler, Solid Edge 8.0. The analysis involved 3D simulation of the crawler type mini-forwarder traversing over the obstacles and 3D simulation of its sideways overturning.

The safety driving zone on and slope with bumps with height of 80mm were simulated with RecurDyn 6.0 program, and it showed that the mini-forwarder lost the stability under the given obstacle in particular driving directions. To evaluate the vibration characteristics of the mini-forwarder, the dynamic model was developed and also ground roughness was generated.

3. Development of the axillary attachment of the mini-forwarder

To facilitate pulling the logs from stump to skidding trail, the skidding winch is essential to pre-bunch up to 50~60m to felling sites. The maximum pulling capacity of the winch was approximate 1 ton and wireless remote control was applied for control of the winch in addition to manual control of clutch and brake levers. With remote control system, one man operation is possible and the work force for mini-forwarder winching could be kept minimum. And also to load the logs on the platform of the mini-forwarder center pole with snatch block was mounted in the mid frame of the mini-forwarder. With this pillar, it is easy to raise one side of logs on the platform, and unloading could be done fast and safe using hydraulic dumping unit.

4. Development of working methods with crawler type mini forwarder and field test.

Field evaluation for actual work performance with proto-type mini forwarder were executed in thinning operation sites, in connection with improvement of various parts of proto-type. Driving capability on skidding trail showed the maximum driving speed of 5.8km on favorable surfaces, and average driving speed of 1.6~3.5km on forest road and skidding trail with full load of 0.9 ton.

The crawler type mini-forwarder could be applied for transport the logs through skidding trail from an accessible point to road side or landings with its forwarding functions, and the attached winch systems some cable logging methods were also utilized such as direct winching and simplified cable logging using the endress drum and plain drum. Dense skidding trail density enables mini-forwarder to apply more efficiently in thinning operations. And layout of the skidding trails, their standards, and also log dimensions are major influencing factors for efficiency of the mini-forwarder operations.

IV. Results and Discussion

To mechanize the thinning operations, it is essential to deploy the small terrain vehicle just like iron horses in Scandinavian countries and Japan. The bottle neck of present harvesting systems is the terrain pre-bunching and short distance log transportation from stump to roadside. About more than 70% of total harvesting costs are paid for this work phase with manual pre-bunching, and it needs some efficient equipment to develop. In Korean forest conditions, terrain mobility and multi purpose are considered in advance to other characteristics. Moreover the small scaled scattered working site need small capacity vehicle which could be easily transported by ordinary light trucks from one working site to another.

According to these prerequisites the rubber tracked mini forwarder was chosen as most efficient alternative equipment for thinning operations. This simple terrain vehicle could be easily built with functional parts, which modified and applied from agricultural transport vehicle. The design was performed by simulation with 3D modeling to ensure and evaluate the safety and performance in advance before the prototype building. The design factors were derived from simulation and rubber tracked mini-forwarders was built and evaluated in field for its feasibility for practice. It equipped the skidding winch driven by HST power transmission and wireless remote control and hydraulic dumping plate to facilitate unloading the logs. It could be used for log transporter in skidding trail upto 40% slope gradient and it served as small winch also for pre-bunching the felled trees or logs to gather a load size in 1m³ log volume.

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

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	24
Section 1. The Objectives of the Research	24
Section 2. The Needs for Technology Development	24
Section 3. The Scope of the Research	25
Chapter 2. Trends of Domestic and Foreign Trearch	26
Section 1. Contents of Research in Foreign and Domestic	26
Section 2. The Weak Points of Present Technology	27
Section 3. The Forecast of the Future	27
Section 4. The Feasibility of Introduction of Technology	28
Chapter 3. Research Contents and the Results	29
Section 1. Development of the Mini-Forwarder	29
1. Function Analysis and Comparison of Foreign Products	29
2. Development the Prototype Mini-Forwarder	32
3. Decision of Target Specification	34
4. Development of the First Prototype	35
5. Detail Design of Functional Parts for the Second Prototype	43
Section 2. Stability Analysis and Driving Capability of Mini-Forwarder	49
1. Driving Resistance of a Tracked Vehicle	49
2. Analysis of the Dynamic Stability of Rubber Tracked Mini-Forwarder	61
3. Stability and Driving Performance Test of the First Prototype	64
4. Stability and Driving Performance Test of the First Prototype	86
5. The Optimum Layout of the Skidding Trails for Mini-Forwarder	99
Section 3. Development of the Attachments for Mini-Forwarder	108
1. Electronic Clutch for the First Prototype	108
2. Electronic Control if the Second Prototype	109
Section 4. The Field Test of the Manufactured Mini-Forwarder	118
1. Performance Test	118

2. Modification and Improvement	123
3. Field Test of the Manufactured Prototype	127
Chapter 4. The Achievement of the Goal and Contributions	137
Section 1. The Achievement of the Goal	137
1. Design of the Base Machine and Manufacturing	138
2. Driving and Dynamic Stability Test of the Prototype	138
3. Development of the Winch Attachment	138
4. Development of the Working Methods and Field Test	139
Section 2. The Achievement of the Research Target	139
1. Development of the Second Prototype	139
2. Stability and Driving Performance Test	140
Section 3. The Contribution of the Related Fields	140
Chapter 5. The Application Plan of Achieved Results	141
Section 1. Extension Plan	141
Section 2. Industrialization Plan	141
Section 3. Technology Transfer Plan	142
Chapter 6. Foreign Technology Information Acquired during Research	143
Section 1. Information about Japanese Mini-Forwarder	143
References	145
Appendices	147
<input type="checkbox"/> Drawing of the Prototype Mini-Forwarder	147
<input type="checkbox"/> Photos of the Manufacturing the Prototype Mini-Forwarder	192

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	24
제 1 절 연구개발의 목적	24
제 2 절 기술개발의 필요성	24
제 3 절 연구개발의 범위	25
제 2 장 국내외 기술개발 현황	26
제 1 절 국내외 연구개발 내용 및 결과	26
제 2 절 현 기술상태의 취약성	27
제 3 절 앞으로의 전망	27
제 4 절 기술도입의 타당성	28
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	29
제 1 절 임내작업차 개발 및 작업시스템 개발	29
1. 기능분석 및 외국제품 제원 비교·검토	29
가. 주행부	29
나. 원치	29
다. 크기	29
라. 중량	29
마. 엔진	30
바. 최저지상고	31
사. 등판각도	29
2. 시작기 모델개발	32
가. 측면적재식 모델 개발	32
3. 목표사양 설정	34
가. 시작기 설계목표 설정	34
4. 1차 시작기의 개발	35
가. 1차 시작기 설계	35
나. 적용부품 규격결정	39
다. 1차 시작기 제작	41

5. 2차 시작기 구조물 및 각종 기능품 세부설계	43
가. 2차 시작기 주요제원	43
나. 동력전달 계통(감속비)	45
다. 주요 사양	45
라. 엔진	46
마. 구동부	46
바. 덤프 유압펌프	47
사. 구성부품 중량조사	48
제 2 절 임내작업차의 안정성, 주행성능시험	49
1. 도입기종의 성능조사	49
가. 서론	49
나. 재료 및 방법	50
다. 결과 및 고찰	56
2. 임내작업차 동적 시뮬레이션 모델 제작	61
가. 해석 운동 방정식	61
나. 궤도 부속시스템	61
다. 전체 설계 구성	62
라. 동적 모델의 시험적 검증	62
3. 1차 시작기 임내작업차의 동적 안정성분석	64
가. 동적안정성 분석을 위한 임내작업차의 동적파라미터 추정	64
나. 노면형상 시뮬레이션	70
다. 동적모델의 검증을 위한 실차 범프 테스트	78
라. 임내작업차의 주행속도 및 윈치견인 속도 추정	81
마. 구동장치 작업부하 추정분석	82
4. 2차 시작기 임내작업차 안정성, 주행성능 시험	86
가. 임내작업차의 동적 모형	87
나. 구성 부분의 모형 검증	88
다. 시뮬레이션	88
라. 안정성 분석	89
5. 임내작업차를 이용한 최적 작업로망배치	99
가. 작업로간격, 작업로배치, 규격 등	99

나. 노망밀도 산출방법	102
다. 일본의 작업도의 개설기준	103
라. 최적 작업로망 배치	106
제 3 절 임내작업차의 부속작업기 개발	108
1. 1차 시작기 전자클러치 컨트롤 장치	108
가. 동력전달 과정	108
나. 전자식 무선 콘트롤 작동 방식	108
다. 원치 견인속도	108
2. 2차 시작기 HST 제어방식 컨트롤 장치	109
가. 제어 개요	109
나. 송신부	110
다. 수신부	110
라. 컴퓨터 제어부	111
마. 드라이브 유니트	112
바. 파워시스템	115
사. 부품 리스트	116
아. 리모콘 원치 사용 설명서	116
제 4 절 장비성능 및 현지적용성 시험	118
1. 성능시험	118
가. 원목 규격조사	118
나. 각 조건별 경사도	119
다. 주행속도	119
라. 회전반경	121
마. 덤프시험	122
바. 정지시 횡전도각 및 등판각도 시험	122
사. 유류 소비량	123
아. 원치 견인력 시험	123
2. 보완 및 개선사항	123
가. 원치 조작 레버	123
나. 간이 가선작업을 위한 HST 동력 차단 장치	124
다. 간이 가선집재 작업을 위한 엔드레스 드럼 형상 보완	124

라. 드럼의 로프 이탈방지 장치 부착	125
마. 원치로프 리드선 부착	126
바. 원목 하차작업을 위한 제어 스틱 장치 보완	126
3. 현지적용성 시험	127
가. 작업방법 개발	127
나. 작업능률조사	132
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	138
제 1 절 목표달성도	138
1. 임내 작업차 베이스 머신 설계 및 시작품제작	139
가. 1차 시작기 개발, 제작	139
나. 2차 시작기 개발, 제작	139
2. 임내작업차 시작기의 주행 및 동적 안정성분석	139
가. 도입기종의 성능비교	139
나. 1, 2차 시작기 주행, 안정성 분석	139
3. 임내작업차의 부속작업기 원치 제작	139
4. 개발된 임내작업차에 대한 작업방법 개발 및 적용성 시험	140
제 2 절 연구개발 목표의 달성도	140
1. 2차시작품 개발 및 작업시스템 개발	140
가. 임내작업차 2차 시작품 개발 제작	140
나. 임내작업차의 부속작업기 제작	140
2. 임내작업차의 안정성 및 주행성능 시험	141
가. 도입기종의 성능비교	141
나. 임내작업차 집재작업을 위한 최적 작업로망 배치	141
다. 임내작업차 동적 안정성 분석	141
제 3 절 관련분야에의 기여도	141
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	142
제 1 절 현장보급방안	142
제 2 절 산업화 계획 방안	142
제 3 절 기술이전 방안	143

제 4 절 논문발표	143
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	144
제 1 절 일본의 임내작업차 정보	144
참고문헌	146
부 록	148
□ 임내작업차 설계 및 부품	148
□ 임내작업차 제작 및 작업환경 관련사진	193
□ 표 차례	
표 3-1. 일본제 임내작업차의 기종별 제원비교	30
표 3-2. 국내 임내작업차와 유사한 궤도식 농업용 운반장비 성능비교	32
표 3-3. 소형 임내 작업차 구성 부품별 중량	39
표 3-4. 적용 엔진 사양	39
표 3-5. 적용한 고무궤도 규격	40
표 3-6. 1차 시작기 설계 제원	41
표 3-7. 주행부 제원	42
표 3-8. 유압덤프 제원	43
표 3-9. 2차 시작기 주요제원	44
표 3-10. 기종별 비교	46
표 3-11. 엔진 형식 비교	46
표 3-12. 소형 임내 작업차 구성 부품별 중량	48
표 3-13. 후면적재식 소형 임내작업차의 제원	51
표 3-14. 측면적재식 임내작업차의 제원	53
표 3-15. 주행저항 측정에 사용된 계측시스템의 제원	56
표 3-16. 트랙터의 주행저항계수	60
표 3-17. 운전자를 고려한 좌석의 감쇠 및 강성계수	69
표 3-18. ISO에 의해 제안된 노면 러프니스의 분류	72

표 3-19. MIRA에 의한 노면 분류기준	73
표 3-20. 다양한 노면에 대한 Kv 와 n 값	73
표 3-21. 임내작업차의 주행조건별 주행속도	81
표 3-22. 구성부의 무게 비교.	88
표 3-23. 공차 상태로 사양토 지면에 있는 강제 범퍼를 통과할 때 안전영역.	95
표 3-24. 공차 상태로 사양토 지면에 있는 토양 범퍼를 통과할 때 안전영역	96
표 3-25. 3.6m 목재를 4단 적재한 상태로 사양토 지면에 있는 강제 범퍼를 통과할 때 안전영역	97
표 3-26. 3.6m 목재를 4단 적재한 상태로 사양토 지면에 있는 토양 범퍼를 통과할 때 안전영역	98
표 3-27. 기존의 연구에 대한 노망밀도	101
표 3-28. 일본 전국 주요都道府 의 작업도 개설기준의 비교	105
표 3-29. 작업도의 구조에 관계하는 설계차량들	106
표 3-30. 대상지별 작업로 시설현황 및 구조·규격	106
표 3-31. 부품리스트	116
표 3-32. 전자부분 부품리스트	116
표 3-33. 원목규격 조사	118
표 3-34. 공차상태의 각 조건별 주행속도	120
표 3-35. 적차상태의 각 조건별 주행속도	120
표 3-36. 작업시스템의 종류	131
표 3-37. 조사지 임황 및 지황	132
표 3-38. 작업세부내역	133
표 3-39. 요소작업 시간 분석	133
표 3-40. 직인식 하향작업 1일 작업능률	134
표 3-41. 직인식 상향작업 1일 작업능률	134
표 3-42. 작업조건 내역	134
표 3-43. 1회당 요소작업 시간	135
표 3-44. 간이가선식 하향작업 1일 작업능률	135
표 3-45. 집재시스템 작업비용 계산내역	136
표 3-46. 집재시스템별 작업능률 및 경제성	137
표 3-47. 목표달성도	138

□ 그림 차례

그림 3-1. Sanwa HM-1000DU 31

그림 3-2. Seirei SCD11W 31

그림 3-3. Chikusi BFY903 W2 31

그림 3-4. Chikusui YX-2203C 31

그림 3-5. 임내작업차 모델링 32

그림 3-6. 15cm 범프 통과 시뮬레이션 33

그림 3-7. 범프 통과 후 33

그림 3-8. 후면적재 및 측면적재 임내작업차의 수직변위와 수직 가속도 비교 33

그림 3-9. 측면적재식의 최대등판각도 모델링 34

그림 3-10. 적재함 모델링 34

그림 3-11. 측면적재식과 후면적재식의 적재모식도 36

그림 3-12. 임내집재차 궤도에 작용하는 힘 37

그림 3-13. 1차 시작기 조립 설계도면 38

그림 3-14. 궤도 형상 및 조립광경 41

그림 3-15. 2차 시작기 조립 설계도면 44

그림 3-16. 구동 밧션 무게측정 48

그림 3-17. 전체 무게 측정 48

그림 3-18. 후면적재식 임내작업차(YANMAR YCT250) 50

그림 3-19. 후면적재식 임내작업차의 동력전달 계통도 52

그림 3-20. 후면적재식의 원치 모델 52

그림 3-21. 간이 크레인식 적재 52

그림 3-22. 측면적재식 임내작업차(Yamabiko GC552) 53

그림 3-23. 측면적재식 임내작업차 동력전달 계통 54

그림 3-24. 벨트텐션식 클러치의 동력전달의 원리 54

그림 3-25. 원치의 동력전달 계통도 54

그림 3-26. 주행저항 측정을 위한 센서 및 자료수집 장치 설치 55

그림 3-27. 노면조건별 주행저항 측정 57

그림 3-28. 후면적재식 임내작업차의 속도별, 노면조건별 주행저항값 57

그림 3-29. 후면적재식 임내작업차의 노면조건별 평균 주행저항력 58

그림 3-30. 측면적재식 임내작업차의 주행저항 측정 59

그림 3-31. 측면적재식 임내작업차의 속도별, 노면조건별 주행저항값	59
그림 3-32. 노면조건별 평균 주행저항계수	60
그림 3-26. 회전이음 각 부분 파트.	61
그림 3-34. 트랙과 시뮬레이션 모델	62
그림 3-35. 다물체동력 시뮬레이션 모델	62
그림 3-36. 트랙 링크 하중	62
그림 3-37. 측면 중심(X축).	63
그림 3-38. 측면중심(Y축).	63
그림 3-39. 측면전복(X, Y축)	63
그림 3-40. 진자주기측정(X, Y, Z 축)	64
그림 3-41. 개발된 임내작업차의 동적모델	65
그림 3-42. 임내작업차의 고무궤도 주행부	66
그림 3-43. 전륜 접촉 고무궤도의 동적 특성 측정	67
그림 3-44. 임팩트 햄머를 이용한 피크 추출 예	67
그림 3-45. 궤도의 러그 사이 거리별 하중조건별 고무궤도의 강성계수	68
그림 3-46. 궤도의 러그 사이 거리별 하중조건별 고무궤도의 댐핑계수	68
그림 3-47. 좌석의 동적특성치 계산을 위한 실험장치	70
그림 3-48. ISO 8608의 노면 러프니스 분류 기준	72
그림 3-49. 임도노면 생성 프로그램의 초기 변수 입력 화면과 결과화면	76
그림 3-50. A등급 노면형상과 PSD 러프니스	77
그림 3-51. B등급 노면의 형상과 PSD 러프니스.	77
그림 3-52. C등급 노면의 형상과 PSD 러프니스	77
그림 3-53. D등급 노면의 형상과 PSD 러프니스	77
그림 3-54. E등급 노면의 형상과 PSD 러프니스	77
그림 3-55. F등급 노면의 형상과 PSD 러프니스	77
그림 3-56. G등급 노면의 형상과 PSD 러프니스	78
그림 3-57. 임내작업차의 시차 범프 테스트 측정장비 설치 예	79
그림 3-58. 범프 통과시 좌석 수직진동에 대한 실측과 예측	80
그림 3-59. 주행 중 운전자에게 피폭되는 소음수준	80
그림 3-60. 지면집재목의 자유선도	83
그림 3-61. 임내작업차에 의한 지면집재작업시 고려되는 힘의 자유선도	84

그림 3-62. 지면경사별 임내작업차 자중에 대한 한계건인량비	86
그림 3-63. 측면적재식 임내작업차 시작기의 각 구성부 모형	87
그림 3-64. 측면적재식 임내작업차 시작기의 조립도 모형	88
그림 3-65. 토양과 그라우저 사이의 접촉변수.	89
그림 3-66. 목재의 모형	90
그림 3-67. 목재의 질량 특성.	90
그림 3-68. 지면 장애물 모형.	90
그림 3-69. 2차시작기 범프통과 시험(1)	91
그림 3-70. 2차시작기 범프통과 시험(2)	91
그림 3-71. 스프라켓과 링크 핀 사이의 접촉	91
그림 3-72. 롤러와 트랙 링크 사이의 접촉	92
그림 3-73. 부상 요소의 접촉	92
그림 3-74. 그라우저와 지면의 접촉	92
그림 3-75. 평지에서 측면적재 모델의 주행속도 시뮬레이션	93
그림 3-76. 임내작업차의 시뮬레이션 방향	93
그림 3-77. 0°방향 시뮬레이션	94
그림 3-78. 90°방향 시뮬레이션	94
그림 3-79. 공차시 강제범퍼 안전영역	95
그림 3-80. 주행방향 300°의 한계경사 전도	95
그림 3-81. 공차시 토양범퍼 안전영역	96
그림 3-82. 주행방향 0°의 한계경사 후방 전도	96
그림 3-83. 적재시 강제범퍼 안전영역	97
그림 3-84. 적재시 주행방향 80°의 한계경사 전도	97
그림 3-85. 적재시 토양범퍼 안전영역	98
그림 3-86. 적재시 주행방향 260°의 한계경사 전도	98
그림 3-87. 최소노망밀도 산출 모식도	102
그림 3-88. 산림경영 최적 작업로 모식도	103
그림 3-89. 소집재 방법에 따른 작업로 배치간격	107
그림 3-90. 전자클러치 제어(1)	108
그림 3-91. 전자클러치 제어(2)	108
그림 3-92. 블록 다이어그램 시스템	109

그림 3-93. 리모콘 컨트롤러(송신부)	110
그림 3-94. 리모콘 컨트롤러(수신부)	111
그림 3-95. 컴퓨터 제어부	112
그림 3-96. 드라이브 유니트	112
그림 3-97. 중립(대기)시 각 부분 동작상태	113
그림 3-98. 풀림시 각 부분 동작상태	114
그림 3-99. 감김시 각 부분 동작상태	114
그림 3-100. 각 작동별 센스 위치	115
그림 3-101. Power System	115
그림 3-102. 리모콘 부위 명칭	117
그림 3-103. 원목중량 조사	118
그림 3-104. 작업로 주행	118
그림 3-105. 주행조건별 경사변화	119
그림 3-106. 임내 순간 급경사지 주행	119
그림 3-107. 임내 순간 급경사지역	119
그림 3-108. 임도주행	121
그림 3-109. 평탄지 주행	121
그림 3-110. 공차주행 속도	121
그림 3-111. 적차주행 속도	121
그림 3-112. 회전반경	122
그림 3-113. 회전반경 모식도	122
그림 3-114. 공차 덤프	122
그림 3-115. 적차 덤프	122
그림 3-116. 횡전도각 측정	123
그림 3-117. 등판각도 측정	123
그림 3-118. 윈치 조작 레버	124
그림 3-119. HST 동력차단 텐션	124
그림 3-120. 텐션조작 레버	124
그림 3-121. 엔드레스 드럼 가공 전	125
그림 3-122. 엔드리스 드럼 가공 후	125
그림 3-123. 장치부착 전	125

그림 3-124. 장치부착 후	125
그림 3-125. 원치 수정 전	126
그림 3-126. 원치 수정 후	126
그림 3-127. 스틱 보완 전	126
그림 3-128. 스틱 보완 후	126
그림 3-129. 직인식	127
그림 3-130. 운반작업	127
그림 3-131. 직인식 작업광경(1)	128
그림 3-132. 직인식 작업광경(2)	128
그림 3-133. 도르래 고정	129
그림 3-134. 반송기	129
그림 3-135. 엔드리스 드럼	130
그림 3-136. 가선식 작업 광경	130
그림 3-137. 작업지 진입	130
그림 3-138. 인력집재	130
그림 3-139. 운반광경	131
그림 3-140. 적재원목 하차	131

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

별목된 임목을 집재 및 단거리 소운재하는 산림전용 집재장비인 임내작업차의 개발로 집재작업의 기계화, 생력화를 통하여 산림수확작업의 생산성을 향상을 목적으로 한다.

제 2 절 기술개발의 필요성

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

현재 우리나라에서 산림내 원목의 운반작업은 소형굴삭기 그래플을 이용하여 노후된 4륜구동 트럭(일명 GMC 트럭)을 주로 이용하며, 일부 경운기 엔진을 탑재하여 개조 불법차량인 농림용 작업차(일명 영림차)로 운반하는 방법을 이용하고 있다. 그러나 이러한 불법개조차량은 안전성이 결여되어 있으며 무리한 주행으로 인한 임지의 훼손을 야기 하고 있다. 따라서 산지주행으로 인한 피해를 최소화할 수 있는 산림전용 차량에 원치가 달린 소형 원목 임내작업차의 개발이 필요하다.

우리나라의 산림의 특징은 소규모 영세 사유림이 전체 산림면적의 70% 이상을 차지하며 이로 인한 적은 시업규모로 1개 작업장소당 벌채 및 집재작업량이 소규모이다. 또한 우리나라의 산림은 제 1, 2차 치산녹화 사업 때 식재된 임목들이 대부분으로서 30년생 이하의 어린 나무이기 때문에 앞으로 대경 우량목 생산을 위해서는 간벌작업(숙아베기) 등 많은 노동력과 자금이 투입되는 집약적인 관리가 필요하다. 이러한 소규모 작업지의 경우 이동이 신속하고 벌채된 원목을 원치를 이용하여 집재하여 임도와 토장까지 운반이 간편한 소형 다목적 장비가 효율적이다.

우리나라 농업부분의 기계화율은 수도작의 경우 거의 100%에 육박하고 있지만 산림작업의 경우 기계화는 벌채작업이 체인톱에 의해 이루어지고 있는 이외에 다른 작업의 기계화는 아주 저조한 실정이다.

임업경영의 기반시설인 임도밀도는 2005년 현재 2.4m/ha 에 불과하여 임도시설이 부족한 현실을 고려하여 노폭이 2m이하로 환경훼손을 최소화할 수 있는 저규격 작업로

(作業路) 집재시스템에 적용할 수 있는 소형이며 가격이 저렴한 임업전용 임내작업차의 개발이 필요하다.

임내작업차는 벌목된 임목을 집재 및 단거리 소운재하는 전용 산림집재장비로서 이러한 장비를 활용하여 종래의 인력 및 소형 간이원치 중심의 집재작업을 생력화할 수 있고 중경사 지형에서는 고가장비인 가선계 장비의 도입이 어려운 실정이다. 따라서 보다 저렴한 가격으로 널리 보급할 수 있는 임내작업차를 이용한 기계화가 경제적이고 효율이 높으므로 작업생산성을 향상시킬 수 있다. 어린나무 위주의 현재의 우리나라의 산림구성은 지속적인 육림작업을 통하여 대경 우량목으로 유도하여야 하며 임내작업차를 활용하여 간벌목의 집재 및 소운재 작업을 기계화하여 노동력 부족에 대처하고 작업경비를 감소시킬 수 있다.

제 3 절 연구개발의 범위

임내작업차는 중량물을 실었을 경우의 차체밸런스를 향상하기 위한 구조의 설계, 부정지주행시 차체 진동을 최소화하기 위한 차체구조의 개선, 작업시스템의 개발과 다양한 부대작업장치를 개발 탑재하여 다목적 용도의 임내작업차의 개발이 가능하다.

또한 임내작업차에 의해 작업능률을 향상시키고 소형·저가의 장비를 도입함으로써 현재 임내의 간벌목을 최대한도로 수집 이용하여 국산재 생산과 이용을 극대화할 수 있으며 국산재 자급율을 높일 수 있고 또한 국산재 이용의 부가가치를 높힐 수 있는 간벌목재의 가공, 이용분야 등 관련 산업의 활성화가 기대된다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

우리나라에서의 임업기계 개발은 1986~1988년에 임업연구원(현 국립산림과학원)에서 외국에서 도입한 트랙터용 윈치, 임내작업차 등에 대한 적용시험을 실시한 결과, 이러한 소형 집재장비류는 국내에서 도입하는 것이 충분한 경제성이 있으나 소규모 작업지가 많은 우리나라 실정에 적합하고 장거리 이동이 손쉬운 장비의 보급이 필요한 것으로 판명되었다..

- 임업연구원에서는 농용 트랙터를 이용한 2드럼식 윈치와 중력에 의해 소경목을 단시간에 집재할 수 있는 플라스틱 수라의 국산화에 성공하였으나 플라스틱 수라작업은 노동부담이 큰 인력작업으로서 작업원들이 기피하는 경향이 있다..
- 임업연구원에서는 1997~1999 다목적 집재차를 개발하여 탑재된 타워야더를 이용하여 250m 내외의 단거리 가선 집재를 실시할 수 있는 장비를 개발하였으며, 2드럼식 리모콘 윈치를 개발하여 적용시험을 거쳐 관련업체에 기술이전 함으로써 산림작업 현장에 보급할 준비를 갖추고 있다..
- 임업연구원에서는 원목의 장거리 운반에 적합한 크레인 부착형 6륜구동 미니포워더(1999.10.~2001. 10.)를 개발하였으며 여기서 얻어진 결과는 일부 본 과제 수행시 응용이 가능하다.

제 1 절 국내외 연구개발 내용 및 결과

- 일본에서는 임내작업차의 경우 적재함이 차체 측면에 탑재된 측면적재식과 후면에 탑재된 후방적재식의 임내작업차가 개발되어 널리 이용되고 있으나 보다 소형으로 제작이 가능한 측면적재식 임내작업차가 많이 보급되어있다.
- 일본에서는 임내작업차가 많이 보급되어 전국적으로 24,000대 이상(2003년 현재) 보급되어 고밀도 작업로망을 이용한 작업시스템이 정착되어 활용되고 있으며, 이러한 제작업체로는 Yanmar, Seirei, Canycom 등의 농림기계 생산업체가 다양한 규격의 임내작업차를 판매하고 있다.
- 독일, 스웨덴, 핀란드 등 유럽의 선진 임업국에서는 입목을 벌목, 가지훅기, 토막내기, 쌓기작업까지 일관작업을 할 수 있는 하베스터와 프로세서, 벌목전용기계인 펠러번처 등 고성능 임업기계를 활용하여 높은 노동생산성을 달성하고 있는 수준이다..
- 일본에서는 펠러번처, 스키더, 포워더, 하베스터, 프로세서 등 고성능 임업기계의 보급이 1985년도부터 시작되어 2000년 말 현재 약 2,000여대에 이르며 그 중 펠러번

처 및 조재기는 500여대 이상 보급되어 산림작업 현장에서 활용 중에 있다.

제 2 절 현 기술상태의 취약성

- 현재 임내작업차 류는 수입에 의존하는 등 기계자체의 가격이 비싸서 도입에 어려움이 많으므로 부품의 조달이 용이하고 작업조건 및 국내 작업환경에 적합한 전용 집·운재 차량의 국산화가 필요하다.
- 집재기계를 이용한 산림수확작업은 작업원에 대한 신체적 부담을 경감하고 산림환경에 주는 피해를 최소화할 수 있는 보급형 장비를 개발하여 작업원의 안전을 도모하며 노동생산성을 향상시키고 운전 조작이 쉬운 저렴한 가격으로 보급할 수 있는 집재장비의 국산화가 필요하다.
- 현재 우리나라에서 임업기계를 이용한 집재작업은 극히 일부분에 지나지 않아 기계화에 의한 집재작업의 기술보급과 작업원들이 장비사용에 대한 인식의 전환이 필요하며 또한 임업기계에 대한 시장성이 협소하여 국내에서 임업용 장비생산에 관심을 가지는 업체가 적어 임업기계의 개발, 보급에 어려움이 많다.

제 3 절 앞으로의 전망

- 우리나라 산림의 간벌작업 물량은 계속 증가추세에 있어 앞으로 10년 후에는 현재보다 약 2배 이상의 간벌재가 생산되어 현행과 같이 인력위주의 작업을 실시할 경우 앞으로 10년 후 산림작업에 소요되는 산림작업원 숫자는 현재보다도 50% 이상 증가할 것으로 예측되나 이러한 작업원의 확보가 불가능할 것으로 예측된다.
- 개발된 임내작업차를 기본으로 여기에 탑재 가능한 다양한 작업장치의 개발과 리모콘 기능을 탑재하여 자동화 및 유압구동시스템을 적용한 고성능 제품의 개발이 가능할 것이다. 그러나 고급사양의 제품개발은 장비의 가격이 상승하므로 우선 기본 기능을 지닌 보급형 기본차량을 개발하여 작업시스템을 보급 확산하여 추후 사용자의 요구를 수용한 고급모델의 추가 개발이 가능할 것이다.
- 국민들의 환경에 대한 관심이 높아짐으로써 임목벌채작업에 의한 산지 훼손에 대한 부정적인 시각을 갖고 있어 산림수확작업도 보다 환경 친화적인 방법을 모색해야 하며 이러한 임내작업차는 환경에 주는 영향을 최소화할 수 있다.
- 현재 국내 임업기계 전문 제작회사가 전무한 실정으로 이러한 국산화 장비 개발과 제작에 관련된 기술을 축적하여 앞으로 국내에도 임업기계의 수요가 증가할 경우

를 대비하여 국내농업기계 제작업체의 기술력과 생산기반시설을 활용함으로써 자체 생산기반을 구축하고 임업기계의 수요증대에 대비할 수 있다.

제 4 절 기술도입의 타당성

- 국내의 시장규모가 일본, 유럽 등에 비하여 협소하지만 임업전용 임내작업차의 개발은 현재 국내에서 생산되는 농용운반차의 변속장치, 주행장치 등을 개조·활용이 가능하므로 개발경비를 절감할 수 있으며 비교적 낮은 비용으로 국산화가 가능하다.
- 유럽, 일본 등으로부터 유사한 제품에 대해서 기술도입이 가능하나 높은 기술사용료와 장비의 운용과 관련기술 확보 등에 문제점이 있으므로 국내에서 관련업체와 공동으로 이러한 장비의 국산화 개발이 가능하므로 자체 개발이 유리할 것이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 임내작업차 개발 및 작업시스템 개발

1. 기능분석 및 외국제품 제원 비교·검토

임내작업차의 베이스머신이 되는 국내외의 농업용, 건설용 장비의 성능을 비교, 검토하였다. 궤도식 소형 임내작업차는 소규모, 소경 간벌재 생산지역에 많이 활용하고 있는 장비로서 주행 장치가 궤도식으로 산지 경사지에서의 주행성능이 뛰어나며 연성 고무 궤도로 이루어져 임지의 지피식생이나 토양에 미치는 피해가 적은 친환경적인 임업 기계이다. 또한 장비의 구입가격이 천만원 내외로서 다른 대형 임업장비에 비해 값이 저렴하며 1인 1대로서 작업이 가능하다.

궤도식 소형 임내작업차는 주로 일본제품이 대부분인데 일본은 우리나라와 산지경사나 작업조건이 비슷하여 2003년 말 현재 전국에 24,000여대가 판매되어 산림작업 현장에서 널리 활용되고 있다. 일본제 임내작업차의 기종별 제원을 비교·검토한 결과는 표 3-1과 같고 일본 임내작업차 기종의 예는 그림 3-1, 2, 3, 4와 같다.

가. 주행부

대부분의 기종이 주행성능을 높이기 위하여 궤도 방식을 택하고 있고 구동방식도 제작비가 저렴하고 유지 관리비가 적게 소요되는 기계식 방식을 택하고 있다.

나. 원치

1축 2드럼으로서 가까운 거리에서의 소집재 뿐만 아니라 간이 캐리지를 이용한 가선 집재작업이 가능하다.

다. 크기

장비의 크기는 길이가 2,000mm, 폭은 1,200mm, 높이는 2,000mm 내외가 일반적이다.

라. 중량

장비의 중량은 800kg 전후인 것이 대부분이다.

표 3-5. 일본제 임내작업차의 기종별 제원비교

회사, 기종	상와 HM-1000DU	상이 W-4B	안미 YCT 250W	키쿠스이 BFY908W2	키쿠스이 GC557	키쿠스이 BFY-332	야마구치 YX-200C	세이레이 SD11W
길이(mm)	2,780	2,881	3,145	2,060	2,170	3,200	2,005	2,000
폭(mm)	1,220	1,522	1,355	1,320	1,180	1,685	1,343	1,350
높이(mm)	1,800	1,796	1,915	2,195	2,200	2,350	2,340	2,080
차체중량(kg)	925	900	1,930	640	570	-	640	890
엔진출력(PS)	9-10	10-11	15	8	6	32.8	6-7	9
주행방식	케도	케도	케도	케도	케도	케도	케도	케도
변전	3	3	3	4	3	3	3	4
속후	3	3	1	2	1	3	3	2
적재용량(kg)	1,000	800	2,000	1,000	750	2,500	1,000	1,100
최저지상고(mm)	180	260	225	160	-	310	147	-
구동방식	기계식	기계식	기계식	기계식	기계식	기계식	기계식	기계식
주행속도(km/hr)	7.0	8.3	-	7.5	-	9.0	4.9	6.9
등판능력(°)	25	25	20	25	-	25	25	20
접지압(kg/cm ²)	0.24	0.22	0.23-0.46	-	-	-	0.135	-
크롤러 접지장(mm)	1,300	1,380	-	960	-	1,435	1,030	1,085
폭(mm)	300	330	-	230	-	-	250	230
중심거리(mm)	-	-	-	730	-	1,200	825	-
속도(m/min)	27.2	35.0	25-60	-	-	-	-	16-60
원치 견인력(kg)	500	500	700	-	-	-	800	200
와이어 로프(mm×m)	8×50	8×60	8×80	-	-	-	8×100	9×100
드럼수	1축2동	1축2동	1축2동	1축2동	1축2동	1축2동	1축2동	1축2동
마. 엔진 적용	엔진의 출력도 10마력 내외의 소형엔진을 사용하고 있고 적재 용량은 1,000kg							

정도가었다.

바. 최저지상고

임내작업차는 작업로, 임도 뿐 만 아니라 임내 주행이 필요한데 임내에는 벌목 후 그루터기나 돌 등이 있어 주행에 지장을 주기 때문에 장비의 무게 중심점을 낮추면서 최저 지상고를 높여야 할 필요성이 있다. 각 기종별 최저 지상고는 200mm 내외이다.

사. 등관각도

대부분 10마력 이하의 엔진을 탑재하였기 때문에 최대 등관각도는 25° 내외로서 험준한 산지경사지를 제외하고는 작업로나 임내 주행이 가능하다.



그림 3-2



그림

그림 3-4.



또한 국내에서 주로 농업용으로 활용되고 있는 4개 업체와 SS기 탑재용 궤도식 운반차의 성능을 비교한 결과는 표 3-2와 같다. 국내에서는 주로 SS기 탑재용으로 활용되므로 차체에 비하여 엔진출력이 높은 기종이 많았으며 변속기, 궤도 주행부 등의 사양은 비슷하였다. 다만 농업용 또는 과수 원예용으로 제작되어 차체높이가 낮고 적재용량이 작은 것이 특징이고 SS기를 탑재하지 않은 운반차기종은 주문생산 품목으로서 SS기와 프레임, 주요 부품 등을 공유하고 있다.

표 3-6. 국내 임내작업차와 유사한 궤도식 농업용 운반장비 성능비교

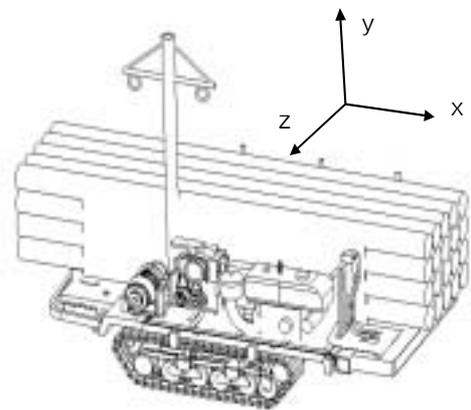
회사 및 기종	한일운반차		아세아	한성에코넷		한서정공
	HCC-500	HCC-500N	ASS-555CG	SS-500 CTLD	SS-500 CTLDIV	HSS500 CTLD Plus
길이(mm)	1850	1850	2980	3250	3180	3040
폭(mm)	920	920	1240	1250	1250	1240
높이(mm)	1070	1070	1180	1280	1270	1260
중량(kg)	229	247	935	1,011	1,089	1,070
엔진출력(PS)	5.0	5.0	38	13	20	21
주행방식	궤도	궤도	궤도	궤도	궤도	궤도
변속 단수	전진	2	2	4	4	4
	후진	1	1	2	2	2
적재용량(kg)	400	400	500	500	500	500
부대장치 용도	수동덤프 원예용	수동덤프 원예용	유압덤프 SS기	유압덤프 SS기형	유압덤프 SS기	유압덤프 SS기
2. 시작기 모델개발						

가. 측면적재식 모델 개발

임내 작업 차량은 험준한 지형에서 작업하는 시간이 많기 때문에 일반 차량보다 안정성이 중요하다. 또한, 목재를 적재하지 않고 주행하는 경우가 많기 때문에 공차 시의 안정성은 더욱 중요하다고 하겠다. 후면적재 시 전방에 무게중심이 많이 쏠려있어 안정성의 문제가 제기되었고, 궤도의 길이를 증가시켜 안정성을 증가시킬 수는 있으나 궤도의 길이를 늘이면 많은 비용이 소요되기 때문에 현실적으로 어렵다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 적재 방식을 측면적재로 바꾸어야 한다. 측면적재에서 고려해야 할 사항은 공차 시와 목재 적재 시 모두 안정적이어야 한다는 것이다. 이를 위해서는 무게 중심이 차량의 중앙에 오도록 하여야 한다. 측면 적재는 한 쪽에는 목재를 다른 한 쪽에는 엔진과 원치 등의 부품들이 배치되어 있어 무게 중심이 중앙에 오도록 하기 때문에 안정성을 증가 시키는데 효과적이라고 할 수 있다. 이를 검증하기 위해서 실제 측면적재 방식의 시작기를 만들기 전, 측면적재방식의 작업차량을 모델링하여 몇 가지 시뮬레이션을 해 보았다. 그림 3-5는 측면적재식 임내작업차의 모형을 나타낸 것이다.

개발한 모형을 이용하여, 측면 적재한 임내 작업차가 15cm 높이의 원형 범프를 통과할 때 전도

그림



에 대한 안정성을 시뮬레이션 하였다. 그림 3-6, 7은 범프를 통과하는 궤도식 임내작업차의 운동 시뮬레이션 결과이다. 측면 적재는 후면 적재에 비하여 보다 안정적으로 주행하였으며 후면 적재에서는 불가능하였던 3.6m 원목을 적재할 수 있었다.

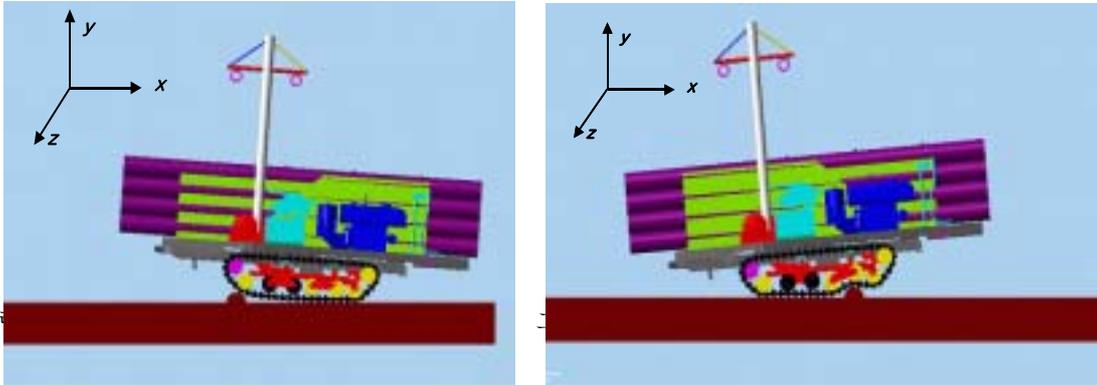


그림 3-8은 높이가 15cm인 원형 범프를 통과할 때 후면 적재와 측면 적재한 임내 작업 차량의 수직 방향 변위, 속도, 가속도를 비교하여 나타낸 것이다. 측면적재의 경우 그림 3-8(a)에서와 같이 임내 작업 차량의 수직 변위는 원형 범프와 유사한 궤적으로 나타났으며 범프를 통과한 후 안정화 속도가 빨랐다. 그러나 후면적재의 경우에는 차량의 앞부분이 많이 들리기 때문에 안정화 속도가 느렸으며, 측면적재보다 안정성이 낮았다.

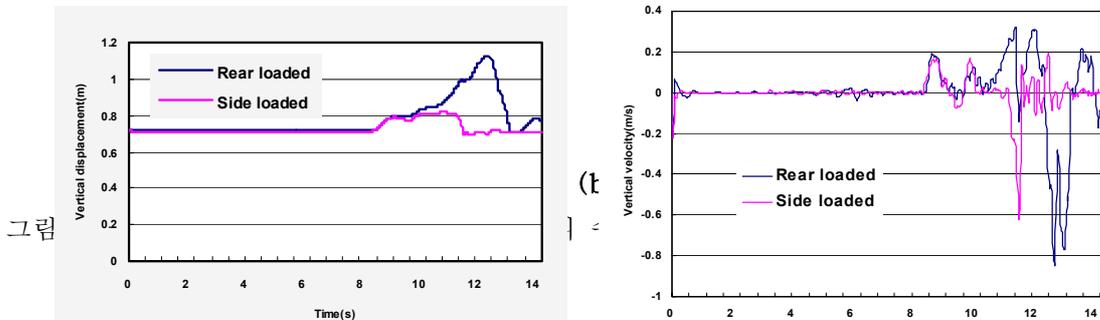
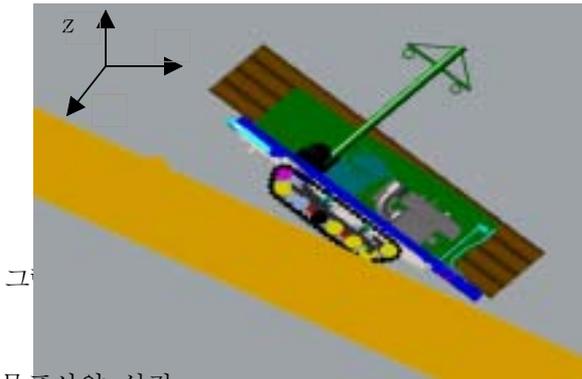


그림 3-9는 길이가 3.6m인 원목 9,760N 적재하였을 때 최대 등판 각을 나타낸 것으로 최대 등판 각도는 주행 속도 4km/h 일 때 27.5°로 나타났다. 그러나 후면 적재의 경우에는 2.7m 길이의 원목을 9,760N 적재하였을 경우에 12.5°로서 측면 적재가 후면 적재에 비해 안정성이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 놓고 볼 때

측면적재 방식이 후면적재 방식보다 안정성이 높을 것으로 판단하여 측면적재 방식으로 시작기를 제작하였다. 측면적재 방식의 시작기를 이용하여 후면적재 방식의 시작기와 같이 안정성 분석을 하기 위한 모델링 작업을 수행하였다. 궤도부와 하부 프레임은 후면 적재 방식과 동일하며, 상부 프레임의 모습은 그림 3-10과 같다. 이밖에 엔진과 원치, 그 밖에 부품들의 모델링 작업을 통하여, 작업 완료 후 튜닝 과정을 거쳐, 시뮬레이션 작업을 수행하였다. 시뮬레이션 작업을 거쳐 안정성 분석을 마침으로써, 후면 적재 방식보다 측면적재식이 안정성이 보다 높아졌다.

y x



3. 목표사양 설정

가. 시작기 설계목표 설정

각 기종별 기능 및 제원을 비교 검토한 결과 시작기의 목표 사양을 설정하였다. 적재 방식은 측면과 후면 적재방식의 두 종류가 있으며 1차 시작기는 후면 적재방식을 2차 시작기는 측면적재방식을 채택하였다. 측면 적재방식은 엔진, 원치 등이 장비의 한쪽으로 편심되어 있기 때문에 산지 경사지의 주행시에 편향 주행과 조향이 불가능하게 되어 전도의 위험성 등이 있다.

1) 적재방식의 장단점

가) 측면적재식

(1) 장점

- (가) 차체의 길이를 최소화할 수 있어 임내에서 임목사이의 공간으로 주행이 용이함.
- (나) 작업원이 차체에 부착된 간단한 좌석에 앉아서 운전하거나 보행모드로 차체 뒤에서 조작이 가능하므로 경사지 등에서 비교적 안전한 작업이 가능
- (다) 원목을 싣고 내릴 경우 원치를 이용하여 1인 적재가 용이함

(2) 단점

- (가) 공차로 등고선방향으로 기울어져 주행시 무게중심의 편중으로 횡 방향 전도 위험성이 있음
- (나) 임내 및 작업로의 공차 회전시 적재함 쪽의 지면반력 부족으로 회전반경이 커짐
- (다) 운전석의 위치가 후면에 편중되어 있어 원목의 적재로 전면 시야 제약.
- (라) 적재부의 폭이 제한되어 1.8m원목의 경우 적재할 수 있는 원목의 양이 제한됨

나) 후면적재식

(1) 장점

- (가) 공차 주행시 횡방향의 전도 위험이 측면적재식에 비하여 적음
- (나) 좌우 궤도의 지면반력이 비교적 균등해, 측면적재식 보다 작은 회전반경
- (다) 전간이나 전목집재가 가능하며 확장 트레일러를 부착으로 장재의 반출도 가능

(2) 단점

- (가) 차체길이가 길어져 임내에서의 주행성이 떨어지고 장애물을 넘을 때 시소현상에 의한 차체의 지면장애물과의 접촉으로 주행성 불량
- (나) 후면적재식일 경우 적재부의 길이가 2.5m이하일 경우 3.6m 길이의 원목을 보조장비 없이 단독으로 적재 운반이 곤란함
- (다) 항상 운전자가 차체에 타고서 운전을 하여야 하므로 윈치를 이용한 1인상차작업이 곤란함

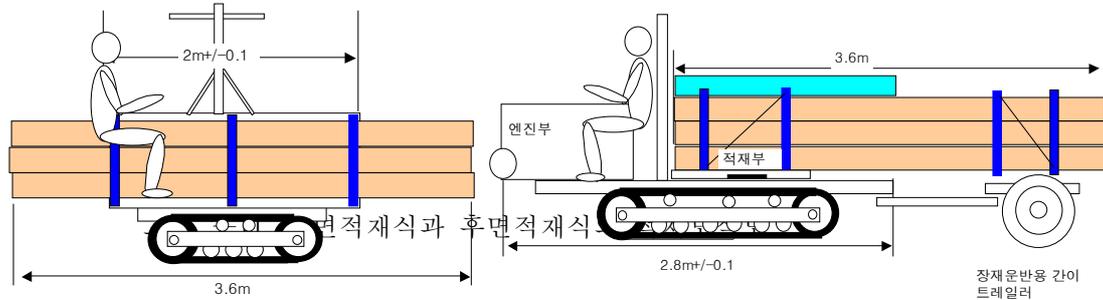
4. 1차 시작기의 개발

가. 1차 시작기 설계

우리나라에서 생산되는 간벌소경목은 용재로 활용할 경우 보통 3.6m와 2.7m로 조재하며 펄프재로 판매할 경우에만 1.8m로 조재한다. 따라서 간벌작업용으로 활용될 임내작업차는 우선 1.8m의 원목을 적재할 수 있어야 하며 경우에 따라서는 3.6m의 원목도 운반할 수 있어야 한다. 일반적인 측면적재식은 적재함의 길이가 2m내외로 차체의 전방부와 후방으로 원목이 돌출되도록 개방된 형태로 3.6m까지의 원목은 별도의 장치 없이 운반이 가능하다. 후면적재식은 차체전반부에 엔진, 윈치, 운전석 등이 위치하기 때문에 최소한 1m 이상의 공간 확보가 필요하므로 적재함의 길이가 2m 이상을 확보하기

가 어렵다. 그림 3-11은 측면적재식과 후면적재식의 적재모식도이다.

따라서 3.6m이상의 원목을 운반하기 위해서는 원목의 하중을 지지해주는 간이식 트레일러 등의 부대 장비가 필요하다. 또한 이러한 후방 짐재식은 적재부의 단면적이 증가하므로 엔진 등의 성능이 지원될 경우 적재량을 늘릴 수 있다



적재부 단면적은 측면적재식이 폭, 높이가 각각 0.8m, 0.6m일 때, 단면적은 0.48m², 후면적재식이 폭 1.4m, 높이가 0.8m일 경우 적재부 단면적은 1.12m²이다. 이 경우 길이 1.8m, 직경 20cm원목을 실을 경우 이론적으로 측면적재방은 0.68m³, 후면적재식은 1.58m³로 후면적재식의 적재량이 측면적재식보다 2배 이상이며 3.6m 원목을 실을 경우는 각각 1.36m³, 3.16m³이다. 그러나 실제 원목의 크기가 다양하고 엔진출력에 적재량이 제한되므로 실제로는 이러한 이론적인 적재용량의 80%정도가 현실 적재량으로 추정할 수 있다.

따라서 적재부의 크기를 폭 1.4m, 적재높이를 0.7m로 하여 적재단면적을 0.98m²로 설정하면 3.6m길이의 원목을 실을 경우 최대 원목적량은 2.77m³ 정도이다. 또한 적재함의 길이는 약 1.6m로 제작할 경우 전체 차체길이는 엔진이 탑재될 공간 약 1.1m 공간이 필요하므로 전체적으로 약 2.7m이상의 길이가 된다.

또한 탑재 엔진은 연료효율과 유지비를 고려하여 1호기에서는 디젤엔진을 선택하여 국내에 널리 보급된 경운기용 농용엔진을 채택하였다. 본 엔진의 토크범위는 엔진 회전 속도 범위 1,400~2,400rpm범위에서 4~4.2kgf·m으로 비교적 토크 변동 폭이 작고 일정하다. 적용엔진의 정격회전속도인 1,800rpm에서의 토크 4kgf·m를 이용하여 30° 경사에서의 등판이 가능하도록 감속비와 최대 등판각도를 구하면 다음과 그림 3-12와 같이 구할 수 있다.

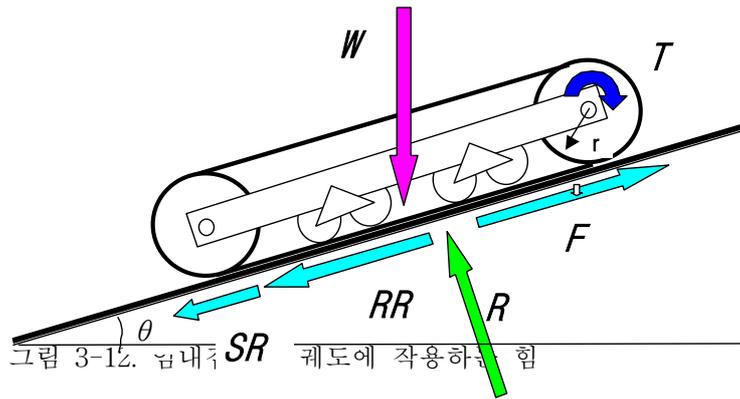


그림 3-12. 입내차 궤도에 작용하는 힘

여기서 F = 토양추진력, r = 구동륜반경, RR = 구름저항, W =차량총중량, R =지면반력, R =구동스프라켓의 구동토크, SR =경사저항을 나타낸다.

동적구름상태에서 토양추진력은 구름저항과 경사저항의 합이 된다. 즉 $F = RR + SR$ 로 표시되며 주행저항 RR 은 차량이 노면을 주행할 때 발생하는 저항으로 이론적으로는 구름저항계수는 궤도에서는 0.05~0.15를 적용한다. 실제 개발 입내 집재작업차와 유사한 일본제 고무궤도차량 (Yamabiko GC557)을 입도상에서 견인하여 구한 주행저항은 0.1~0.15의 값을 보였으므로 구름저항계수()는 노면이 가장 열악한 상태를 주행할 때의 값인 0.15를 적용하여 계산하였다. 구름저항 RR 은 차량총중량과 구름저항계수를 곱한 값으로 $RR = \mu \cdot W \cdot \cos \theta$ 로 구할 수 있으며 경사저항 시

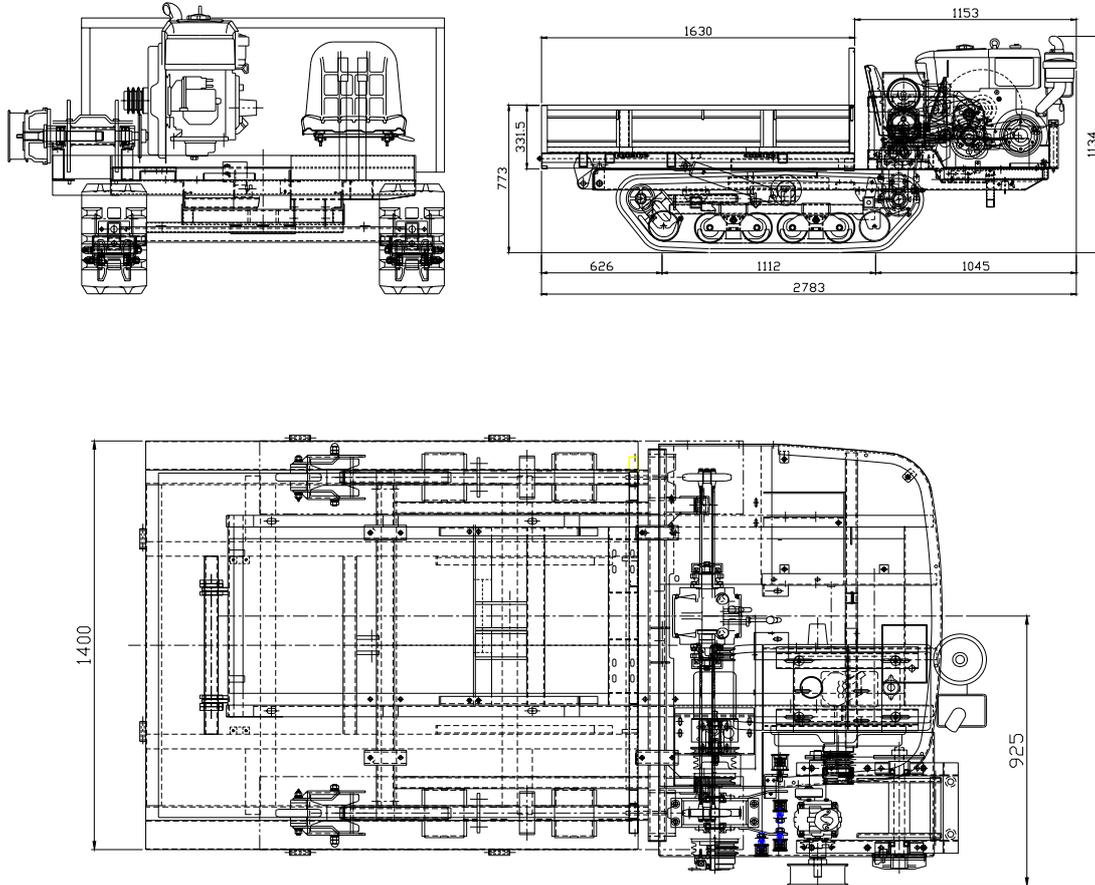
$$SR = W \cdot \sin \theta , \quad \mu$$

$$F = \mu \cdot \cos \theta + W \cdot \sin \theta = W(\sin \theta + \cos \theta)$$

이 때, 소요되는 구동토크 이 된다

목표 등판능력인경사도 20°, 하중을 포함한 차량총중량 2,000kg을 적용하여 토양추진력을 구하면 약 965.9kgf로 이때 소요 구동토크는 103.8kgf이고 감속비율 1:60, 동력전달 효율 0.6을 적용할 경우 소요되는 엔진토크는 $T = F \cdot r$ 2.88kgf이었다. 이는 10마력 경운기엔진을 적용하여도 정격출력 4kgf일 때는 약 39%, 최대토크 4.2kgf 일 때는 약 46% 정도 여유토크의 여유가 있으므로 10마력엔진을 탑재엔진으로 사용하여도 충분하였다. 최대 등판 가능경사도는 하중을 싣고 장비총중량이 2,000kg일 때 35%이었다. 통상적으로 입내작업차는 원목을 싣고 경사방향 하향으로 주행하기 때문에 엔진출력에서는 큰 문제점이 없는 것으로 판단된다. 따라서 이러한 자료를 근거로 다음과 같은 설계목표 사양

을 세워 시작기를 제작하였다. 이때 변속1단에서의 주행속도는 시속 1.2km이고 고속주행시는 시속 5.5km까지 주행이 가능하다. 1차 시작기의 정면도, 측면도, 정면도의 설계도면은 그림 3-13과 같다.



- 적재방식 : 후면 적재함 방식
- 전체크기 : 전장 2.78m×전폭 1.4m×전고 1.13m
- 적재함의 크기 : 길이 1.63m×폭 1.4m×높이 0.44m
- 변속장치 : 전진 4단 후진 2단 (기계식 변속 장치)
- 클러치 : 벨트 텐션식
- 좌석탑승 : 승용형 운전
- 사용엔진 : 국산 농용 디젤엔진 10 마력용(대동 ND10E)
- 중 량 : 1,000kg 내외

1차 시작기의 조립시 각부품의 중량을 측정하여 전체 완성품의 차체중량을 추정하였으며 최종 조립시 약 980kg에 달하였다. 표 3-3은 구성부품의 중량을 조사한 결과이다.

표 3-7. 소형 임내 작업차 구성 부품별 중량

부품명	중량(kg)	비고
궤도 등 주행부	350	하부주행체
엔진	136	
원치부	70	원치트럼, 와이어로프
하부 프레임	69	
메인 프레임	104	
적재함	88	적재함 탈착가능
변속부	80	변속기 어셈블리
덤프실린더	9	
조향레버 등 레버	14	
기타 부품	50	
계	980	
다. 적용부품 규격결정		
1) 엔진		

주요 부품 유닛은 엔진, 궤도 주행부, 견인원치 등 크게 3가지로 나눌 수 있는데 적용엔진은 대동농기계에서 생산 판매하고 있는 경운기용 디젤엔진인 ND10E를 선정(최대출력 13 PS/2400rpm)하였으며 적용엔진의 상세사양은 표 3-4와 같다.

표 3-8. 적용 엔진 사양

형식	형식	크기 (L×W×H)	건조중량 (kg)	배기량 (cc)	최대출력 (PS/rpm)	정격출력 (PS/rpm)	최대토크 (kgf · m/rpm)
ND10E	횡형수냉 4사이클디젤엔진	785×417 ×594	136	673	13/2400	10/2200	4.2/1900

2) 궤도							
궤도는 재질에 따라 고무, 철판 등이 있으며 고무궤도는 임지면을 보호하고 소음이 적으며 운행 시에 노면으로부터 오는 충격을 완화할 수 있는 이점이 있어 습지와 같은							

연약지반에 많이 활용된다. 일반적으로 건설장비에는 철제슈(Steel shoe)를 많이 사용하고 있으나 장비의 경량화, 로면의 보호, 작업원에게 미치는 영향(진동, 소음) 등으로 인하여 점차 고무케도로 바뀌고 있다. 특히 고무케도는 금속제 케도나 고무바퀴를 사용할 때에 비해, 아스팔트나 콘크리트 도로 주행시 지면 파손율이 최소화되며, 진동과 소음 발생을 줄여 기계의 수명을 연장시켜 주고, 운전자의 피로를 줄일 수가 있어 최근에 토목건설용 장비나 농업용 장비에 많이 활용되고 있다.

고무케도는 접지압이 낮아 습지, 모래와 같은 연약한 지반, 경사진 작업현장에서도 우수한 주행 성능을 보이며 동일한 중량의 바퀴형에 비해 약 2배정도 견인력이 우수하여 차체의 경량화가 가능하고 금속제 무한케도에 비해서는 더욱 빠른 속력으로 주행이 가능하다.

본 개발장비에서는 고무케도 제작회사인 대륙화학제품으로 피치가 72mm인 TR 250×47×72 (폭×심금 링크수×피치)의 고무 케도를 선정하였으며 적용된 케도의 제품 사양은 표 3-5와 같다.

표 3-9. 적용한 고무케도 규격

형식 (Width×Pitch)	세부사양					러그 패턴
	심금링크수	본체두께 (mm)	러그높이	가이드내폭	가이드 외폭	
250×72	47	23	21.5	23	78	패러럴패턴

케도를 설치하면 접지면의 길이는 1,112mm이며 양쪽의 스프라켓 간격을 조정하거나 케도 러그와 지면과의 각도를 조정하여 접촉길이를 변화시킬 수 있다. 당초 폭 300mm의 비수확용 컴바인용 케도를 사용하려 하였으나 250mm 폭의 케도로도 접지면적이 5,000cm²으로 접지압이 0.4kgf/cm²이하이므로 임내에 주행하는 데에는 충분하므로 250mm를 채택하였다. 케도 형상 및 조립광경은 그림 3-14와 같다.

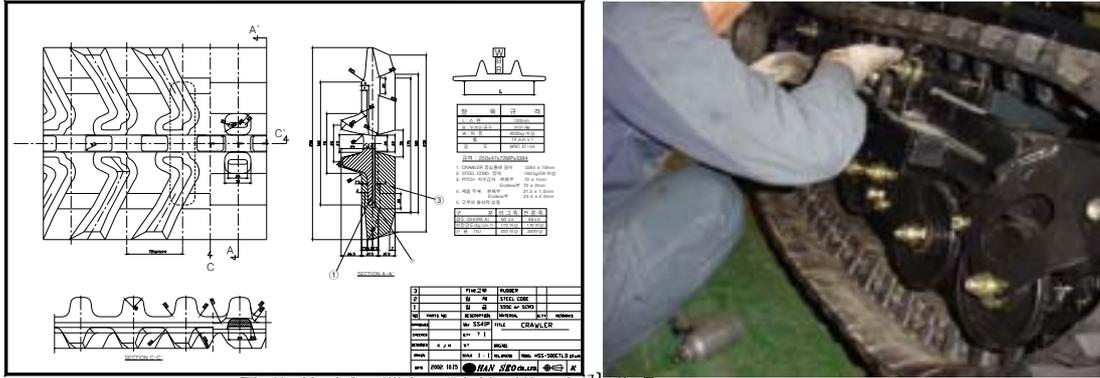


그림 3-14. 궤도 영상 빛 조립광경

다. 시작기 제작

1) 후면적재식

적재 방식은 후면적재식을 선택함으로써 작업자의 안전을 고려하였다. 그리고 유압펌프를 장착함으로써 작업자의 편의성도 개선되었다. 시작기의 설계 제원은 표 3-6과 같다.

표 3-10. 1차 시작기 설계 제원

구분	시작기 규격	비고
엔진	10PS/2,600rpm	
주행방식	궤도	
적재 방식	후면적재	
구동방식	기계식	벨트-변속기어-조향클러치
속도	40m/min	
원치용량	견인력	1000kg
	드럼규격	∅280(8mm×80m)
2) 주행부 일부	제원	
주행부는 전진 4단과 후진 2단으로 구성되고 조향은 클러치 방식을 채택하였다. 벨트		
텐션식으로 주행 클러치를 제어하며 자세한 내역은 표 3-7과 같다.		

표 3-11. 주행부 제원

구 분	내 용
변속단수	전진 4단, 후진 2단
조향방식	조향 클러치식
주행 클러치 형식	벨트 텐션식
브레이크 장치	건식 내부 확장식

3) 주행부 이퀄라이저

또한 4개의 하부지지 로드휠(road wheel)는 이퀄라이저방식의 2조의 보기식 전륜 (bogie wheel)을 채택하여 주행시 지면에 궤도가 밀착되어 견인성능이 향상되고 부정지 지형에서의 차체의 진동을 방지하도록 하였다.

기존 소형모델에는 적용하지 않는 시스템으로 2쌍의 로드휠이 지면의 굴곡을 따라 전후 스윙운동을 하면서 진동방지 및 충격 완화 효과가 탁월하다. 좌, 우 각 2개씩 설치되어 상하차시에도 안전하다.

4) 상부 보조롤러

기존 모델에서는 보통 1개의 보조롤러가 설치되나 2개의 보조롤러를 전, 후 적절히 배치함으로써 궤도의 진동을 최소화 시키면서 수명을 연장시켜준다.

5) 측면 전도 방지 센서

산악지 및 습지 주행시 측면 전도의 위험성을 예방하기 위하여 측면경사가 10°를 초과하면 2초 이상 경고음이 발생되도록 경사센서를 부착하여 운전자에게 미리 전도위험성을 알려 주도록 제작하였다.

6) 덤프 시스템

펌프 사양 결정에 있어서 실린더는 Ø60mm × length 335mm, 상승 및 하강소요시간은 각 10 sec, 엔진 rpm 1600 기준 실린더 하강속도 $V : 3.5\text{cm/sec}$ 이면

펌프 필요 유량은 $q = 3.7\text{cc/rev}$ ($5.94 \text{ l}/1600$)이므로 토출량 5cc용 유압펌프가 적합하였고 소요유압은 다음과 같이 64.5kgf/cm^2 로 이때 릴리프밸브 세팅압력은 약 100kgf/cm^2 으로 설정하였고 자세한 내역은 표 3-8과 같다.

$$Q = A \times V = \frac{(28.27 \times 3.5 \times 60)}{1000} = 5.94 \text{ l/min}$$

$$P = F/A = 1509/28.27 = 64.5 \text{ kgf/cm}^2$$

표 3-12. 유압펌프 제원

구 분	내 용
유압펌프 형식	기어식 펌프(5cc/회전)
토출압력	140kgf/cm ²
유압오일용량	3 ℓ
오일종류	ISO VG 64#
실린더 형식	복동형 유압실린더
최대 인양능력	1,500kg

5. 2차 시작기 구조물 및 각종 기능품 세부설계

가. 2차 시작기 주요제원

1차 시작기인 후면적재식은 공차 주행시 횡전도 위험이 적고, 좌우 궤도의 지면반력이 비교적 균등하여 회전반경이 작으며 확장 트레일러를 이용하여 전간이나 전목집재가 가능하다는 장점이 있지만 차체길이가 길어져 임내에서의 주행성이 떨어지고 장애물을 넘을 때 시소현상에 의한 차체의 지면장애물과의 접촉으로 주행성이 불량하며 적재부의 길이가 1.8m 이하로서 2.7m 이상의 원목 적재 운반이 불가능하였다.

따라서 2차 시작기의 적재방식은 측면적재식을 채택하였으며 측면적재식은 차체의 길이를 최소화할 수 있어 임내에서 임목사이의 공간으로 주행이 용이하고 집재 및 운반 등 1인 작업이 가능하다. 또한 트레일러 등 다른 보조 장비 없이 3.6m 이상 원목의 적재 운반이 가능하다.

또한, 소경 간벌재의 집재작업에 활용하며 저가의 국산임업기계 보급을 목적으로 차체의 크기를 설정하였다.

그리고 탑재 엔진은 장비의 경량화와 하기 위하여 최대출력 21마력의 가솔린 엔진을 사용하였으며, 2차 시작기의 주요제원은 표 3-9와 같고, 2차 시작기 조립 설계도면은 그림 3-15와 같다.

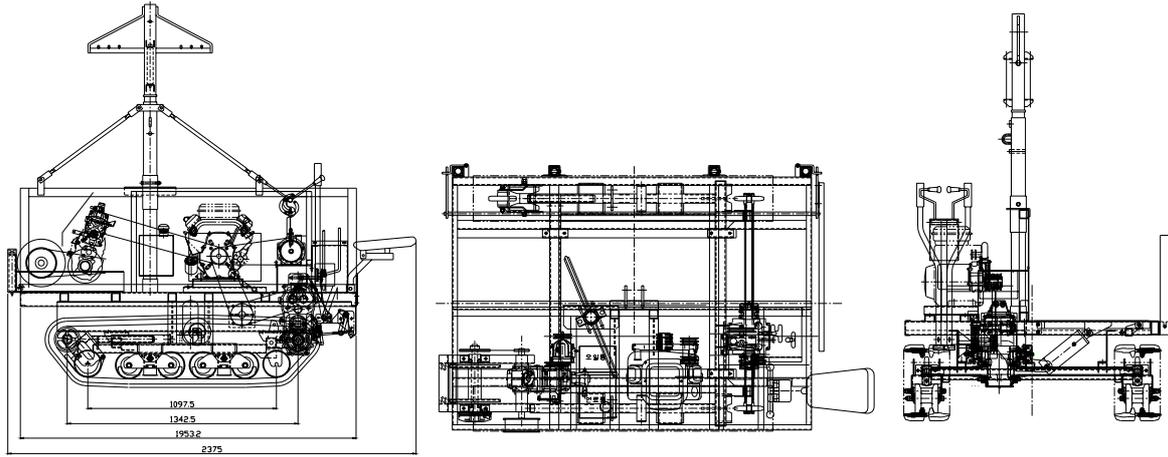


표 3-13. 2차 시작기 주요제원

소형임내작업차

기 체	진 장 (mm)	2,210 (2,345)
규 격	진 폭 (mm)	1,453
	진 고 (mm)	2,265
엔진	형 식 명	Vanguard - Twin(381447)
	형 식	V형 공냉 2기통 4사이클 가솔린기관
	총 배 기 량 (cc)	627
	출력/회전속도 (ps/rpm)	15.0/3,200 - 19.1/3,600
	사 용 연 료	무연 휘발유
	윤 활 유 종 류	SAE10W-30
공 차	유활유 용량(ℓ)	1.65
	중 량 (kg)	825
	형 식 (크기 mm)	무한궤도식(250×72×47)
구동부	접 지 장 (mm)	1,100
	조 향 방 식	조향 브레이크식
	주행클러치형식	벨트 텐션식
	변 속 단 수(단)	전진 4단, 후진 2단
덤프 유압 장치	정차브레이크 장치	기계식 내부 확장식
	주차브레이크 장치	기계식 내부 확장식
	형 식	기어식
	유압 토출압력(kgf/cm ²)	140
	오일 종류	ISO VG 64#
	오일용량(ℓ)	3
	실린더 형식	복동식 유압실린더
- 44 -		

나. 동력전달 계통(감속비)

- 1) 주행부 : (1) 엔진 → 카운타 : 1.11, 카운타 →트랜스 밧션 : 1.2
 - (2) 주행부 트랜스 밧션
 - 전진 1단 : 46.184 2단 : 22.24 3단 : 27.71 4단 : 13.34
 - 후진 1단 : 40.3 2단 : 24.18
 - (3) 최종감속비
 - 전진 1단 : 60.96 2단 : 29.36 3단 : 36.05 4단 : 17.60
 - 후진 1단 : 53.2 2단 : 31.92
- 2) 원치부 : (1) HST 밧션 감속비 : 1.00
 - (2) 원치 트랜스밧션 감속비
 - 전진 1단 : 24.27 2단 : 12.17 3단 : 7.79
 - 후진 1단 : 26.13 2단 : 13.11
- 3) 원치 릴 최종감속비
 - 1) 엔 진 → HST 밧션 : 1.428
 - 2) HST 밧션 → 원치 트랜스 밧션 : 1.4
 - 3) 원치트랜스밧션→원치릴 : 2.024⇒상기 총감속비 : 4.046
 - 전진 1단 : 98.20 2단 : 49.24 3단 : 31.52
 - 후진 1단 : 105.72 2단 : 53.04
- 4) 원치 속도 m/min (엔진 3,200rpm) : 무부하시
 - 전진 1단 ~ 3단(드림규격 80~250) : 8~80m/min
 - 후진 1단 ~ 2단 : 7.6 ~ 47.3m/min

다. 주요 사양

안정성 확보를 최대로 높이기 위해 고려된 사항들로서 ^중임내작업차를 비교하였으며 그 내역은 표 3-10과 같다.

표 3-14. 기종별 비교

구 분	Chikusui GC557	Chikusui BFY980W1	Seirei SCD11W	2차시작기
길이 (mm)	2,170	2,060	2,000	2,210
폭 (mm)	1,180	1,320	1,350	1,453
높이 (mm)	2,200	2,195	2,080	2,265
중량 (kg)	570	640	890	825
케도 폭	250	230	230	250
케도 접지장	960	960	1,085	1,100

- 측면 전도각 : 차폭을(케도폭) 타제품보다 넓게 설치 → 차축 뒤틀림 강도 검토

- 케도 접지장 : 타제품보다 길이 전후 주행 안전성 향상

라. 엔진

또한 2차 시작기의 엔진을 결정하기 위하여 다른 장비의 장착 엔진을 비교하였는데 그 내역은 표 3-11과 같다.

표 3-15. 엔진 형식 비교

구 분	Chikusui GC557	Chikusui BFY980W1	Seirei SCD11W	1차시작기	2차시작기	유사엔진
형 식 명				ND-10D(E) (대동공업)	Vanguard - Twin(381447)	혼다 GX620
형 식	수냉 디젤	←	←	←	V형 공기 2기통 4사이클 가솔린	V형 공기 2기통 4사이클 가솔린
출력/회전속도 (ps/rpm)	6.0/2,600	8.0/2,600	9.0/2,600	13.0/2,400	19.1/3,600	17.7/3,600
최대토크 (kgf/rpm)				4.2/1,900	4.3/2,900	3.9/3,200
건조중량 (kg)				125	35	
사용연료	경유	←	←	←	가솔린	가솔린

- 기대전체 무게중심을 고려하여 1차 시작기에 적용하였던 디젤 엔진을 가솔린 엔진으로 변경 적용하여 무게를 줄였으며 토크나 엔진출력도 떨어지지 않았다. 유사엔진인 혼다 GX620과 비교해도 성능이 약간 우수한 것으로 나타나고 A/S발생시 부품가가 저렴하고 긴급조치도 가능하다.

마. 구동부

- 1) 보조롤러 : 크로울러 보조롤러의 성능을 1차 시작기에 비해 향상시켰다. 종전에는 보조롤러 내부 회전부가 부시 삽입형으로서 이물질의 침입으로 고착되어 회전이 잘 되지 않아 롤러파손의 원인이 되었으나 베어링과 오일씰을 삽입하여 이물질이 쉽게 침투하지 않아 수명이 크게 연장되었다.

- 2) 탠덤샤프트 : 탠덤샤프트가 1차 시작기에는 안쪽에서 바깥쪽으로 삽입하게 되어 교환작업은 물론 그리스 주입이 쉽지 않았다. 이를 반대로 수정하여 작업성 및 그리스를 쉽게 주입할 수 있도록 하였다.
- 3) 정차 및 주차 브레이크 장치 : 1차 시작기의 브레이크 장치는 풋 페달에 의해 작동하게 되어있어 기존 제품에 익숙해져 있는 작업자가 위급한 상황에서 대처 능력이 떨어지고, 또 험로에서 사용시 몸의 중심을 다리가 지탱하고 있어 다리를 이용해 제동시 중심이 흐트러져 상당히 불편했다. 이를 해결하기 위해서 2차 시작기에서는 손으로 제동이 가능하도록 하여, 타 제품과는 다르게 주행레버 작동시 반드시 브레이크가 해제되어 브레이크 마모를 최대한 줄이는 구조로 기존제품보다 향상되었다. 또, 1차 시작기의 경우(텐션조정이 잘되지 않았을 경우)에 따라 브레이크가 걸리고 동력이 차단되면서 기계에 무리가 갈수가 있었는데 이것도 브레이크레버를 당기면 클러치 레버가 먼저 작동되어 동력을 차단하기 때문에 이런 문제점도 해결되었다.
- 4) 원치 감속용 체인 : 1차 시작기의 원치 감속용 체인의 텐션 장치가 없어 체인이 늘어질 경우 조정할 수 없어 스프로킷을 타고 넘는 현상이 발생했다. 2차 시작기는 이것을 보완, 체인의 텐션을 조정할 수 있는 구조로 개선해서 이런 현상을 없앴다.

바. 덤프 유압펌프

1) 유압펌프 사양

- 실린더 : 80×114st, 상승속도 : 5초, 하강속도 : 5초, 엔진 rpm 1600 기준 V : 2.28cm/초

· 펌프 필요 유량 → 5cc펌프가 적합

(펌프 사양 : 상용압력 140kg · f/cm², 최대압력 175kg · f/cm², 토출유량 5cc/rev)

· 실린더 압력사양 $Q = A \times V = \frac{(50.24 \times 2.28 \times 60)}{1000} = 6.87 \text{ l/m}$
 → Relief v/v 압력은 약 50kg · f/cm² 으로 설정

2) 유압실린더에 작용하는 $q_{\text{함}}$ 4.3 cc/rev (6.87/1600)

- 전진시 힘(F) =

- 후진시 $P = \frac{F}{A} = 1500/50.24 = 30 \text{ kg} \cdot \text{f/cm}^2$

- 47 -

$$\frac{\pi D^2}{4} \times P \times \eta = \frac{3.14 \times 8^2}{4} \times 140 \times 0.8 = 5,626 \text{ kgf}$$

$$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times P \times \eta = \frac{3.14 \times (8^2 - 4^2)}{4} \times 140 \times 0.8 = 4,220 \text{ kgf}$$

사. 구성부품 중량조사

균형 있는 시작기를 개발하고 부품별 위치와 안정성 확보를 위하여 각 부품별 중량을 조사하였으며 상세한 내역은 표 3-12와 같고 그림 3-16, 17은 로드셀을 사용하여 부품을 측정하는 모습이다.



표 3-16. 소형 임내 작업차 구성 부품별 중량

목록	품명	개수	단위중량 (kg)	무게(kg)	비고
1	구동 밧션	1	77.0	77.0	
2	연료탱크	1	7.2	7.2	
3	덤프 살린더	1	9.6	9.6	
4	유압펌프	1	6.0	6.0	유압오일 2.5ℓ 미포함
5	배터리	1	13.0	13.0	
6	엔진	1	39.6	39.6	뱅크드 21 HP V TWIN
7	유압탱크	1	12.7	12.7	유압오일 2/3
8	HST	1	7.0	7.0	원치용
9	원치 장착 대	1	8.9	8.9	
10	적재함 가로 보호대	1	56.0	56.0	
11	원치 밧션	1	31.0	31.0	
	원치 드럼(주 드럼)	1	8.2	8.2	
	엔트레스 트럼	1	5.0	5.0	
	와이어로프	1	20.0	20.0	
12	트랙 롤러(1)	2	13.1	26.2	차륜 양쪽 2 개
13	트랙 롤러(2)	2	3.6	7.2	“
14	안내(보조) 롤러	2	1.8	3.6	“
15	아이들러	2	2.6	5.2	“
16	아이들러 트랙롤러 연결대	2	3.8	7.6	“
17	하부 프레임	1	69.0	69.0	
18	메인 상부 프레임	1	120.0	120.0	
19	고무 캐드	2	46.7	93.4	차륜 양쪽 2개
20	기타(너트, 부착장치 등)			64.0	
	계		326.1	877.4	

제 2 절 임내작업차의 안정성, 주행성능시험

1. 도입기종의 성능조사

가. 서 론

기존의 농업용이나 건설기계용의 차량은 주행대상노면이 비교적 양호하거나 경사지에서의 주행이 비교적 적은 경우가 많다. 임업용의 경우 임내를 주행할 경우 비교적 연약한 지반의 대부분이기 때문에 차량이 추진력을 얻는데 비교적 많은 소요동력을 요구할 것으로 예상되어 기존에 외국으로부터 국내에 도입된 2종의 소형 집재차량에 대한 주행저항을 측정 분석하였다.

임업용 차량의 실제견인력을 이야기할 때는 임업용 차량의 무한궤도 또는 차륜의 주행장치가 차축토크에 의해 구동되어 추진력을 얻어 전진할 때는 주행장치는 지표면과의 사이에 슬립이 발생하고 또한 구름 저항, 등판저항, 가속저항 등을 받으며 견인작업을 하기 때문에 차축에 전달된 동력의 일부가 소비되므로 견인에 이용되는 유효동력 즉 견인 출력은 차축출력보다 작다. 차륜의 구동에 의해서 발생하는 토양추진력은 그 일부가 이와 같이 운동저항에 의해 손실되므로 견인력 H 는 다음과 같이 된다.

여기서, H =수평방향의 견인력(kgf), F =토양추진력(kgf), TH =운동저항(kgf)

임업용 차량이 임도 및 임지를 주행할 때 H 의 노면조건에 대해서 저항을 받기 때문에 견인력은 이것을 제외한 나머지 것을 고려해야만 한다. 이 저항력과 트랙터의 중량과의 비를 주행저항계수라고 한다.

여기서, C_m : 주행저항계수, W : 수직하중

운동저항은 구름 저항과 공기 저항, 등판저항 등으로 나누어 생각할 수 있는데 임업용 차량의 경우 공기저항은 매우 작으므로 무시하며 평탄한 지면에서는 등판저항도 고려하지 않기 때문에 결국 평탄한 곳을 주행하는 경우에는 운동저항은 구름 저항만을 고려하면 된다. 임업용 차량의 총중량에 대한 최대 견인력의 비율을 점착계수라고 하면 다음 식으로 정의 된다.

$$C_a = \frac{H_{max}}{W_T}$$

여기서, C_a = 점착계수, H_{max} = 최대 견인력, W_T = 트랙터의 총중량

점착계수의 대략치는 궤도형 차량의 경우 0.7~0.8이며 최대 1.0 또는 그 이상이 될 수 있다. 토양조건이나 주행장치의 형상에 따라 크게 변화한다.

따라서 본 연구에서는 개발할 임내작업차의 개발에 필요한 기초적인 자료를 이미 도입된 임내작업차를 통해 제공하고자 가장 중요한 요소인 견인력과 관련된 인자를 중심으로 조사를 실시하였다. 일반적으로 임업용 차량의 견인 성능에 영향을 주는 인자는 지표면의 토양 종류와 상태에 따라 달라지며 주행장치, 즉 본 연구에 있어서는 궤도의 재질 및 형상에 따라, 또한 차량자체의 총중량과 중량의 하중분포에 따라서도 영향을 받게 된다.

나. 재료 및 방법

1) 공시차량

가) 후면적재식 임내작업차

공시차량으로서 선택된 후면적재식 임내작업차는 일본에서 개발된 장비로서 철재형 궤도를 가진 임내작업차이다. 조향클러치식의 방향전환 방식을 가지고 있으며 엔진은 농용 15마력 디젤엔진이 장착되어 있다. 좌석은 그림 3-18과 같이 전방좌측에 설치되어 있으며 원치작업을 위해 좌석자체가 회전을 할수 있게 되어 있으며 특별한 서스펜션 시스템을 가지고 있지는 않다. 궤도 또한 철재로 각각의 내륜에도 서스펜션이 없으며 진동에 매우 취약한 구조를 가지고 있다. 기본적인 사양은 표 3-13과 같다.

그림 3

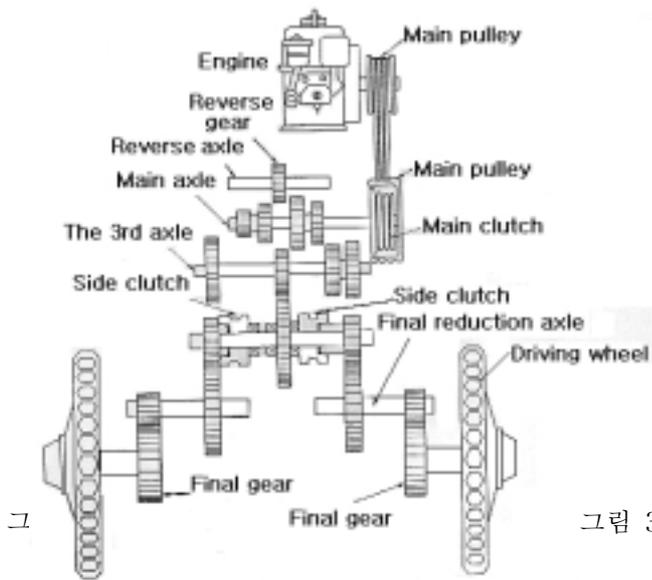


표 3-17. 후면적재식 소형 임내작업차의 제원

형 식		YANMAR YCT250 (Seirei Co.)		
		전장×전폭×전고(mm)	3,145×1,355×1,365	
기본제원	최저지상고(mm)	223		
	운전정비중량(kg)	1,680		
속 도	1속(km/h)	1.88		
	2속(km/h)	2.94		
	3속(km/h)	5.33		
	후진(km/h)	1.97		
성 능	적재하중(kg)	2,000		
	등판능력	20도(1속 2,00kg 적재시)		
엔 진	최소회전반경(m)	1.7		
	형식	4사이클 수냉식		
	명칭	3TNA68-LUFW		
베이스머신	출력(ps/rpm)	15/2,600		
	궤도폭(mm)	280		
	접지장(mm)	1,530		
	궤도중심거리(mm)	900		
	접지압	0.23(공차시), 0.46(2000kg 적재시)		
원 치	정적전도각도	전방향 42도 후방향 32도 좌방향 26도 우방향 23도		
	드립 규격(내경×폭×외경)	∅140×130×∅358		
	와이어로프 감기용량	∅8mm×80		
	견인력(kg)	700		
	정회전(m/min)	1속	25.24 2속 58.9	
	역회전(m/min)	1속	25.24 2속 58.9	
	부속 와이어 로프	∅8mm×80m		

후면적재식 임내작업차는 동력전달기구의 간소화를 목표로 직접구동 방식을 가지고 있다. 즉 궤도를 구동하는 구동륜을 운전석 아래에 장착하여, 엔진 →주 클러치→변속기→주클러치→조향클러치→최종감속기어→구동륜으로 들어가는 일련의 기구(그림 3-19)를 일체구조로 조립되어 있다.

집재원치는 적재판의 전면부 판아래에 장착되어 있다. 직경 8mm의 원치로프를 최대 150m까지 감는 것이 가능하다. 목재의 적재 및 집재는 원치로프를 프레임 상부에 달려 있는 도르래를 활용하여 끌어당길 수 있도록 하여 보다 작업이 수월하도록 하였다.(그림 3-20)



그

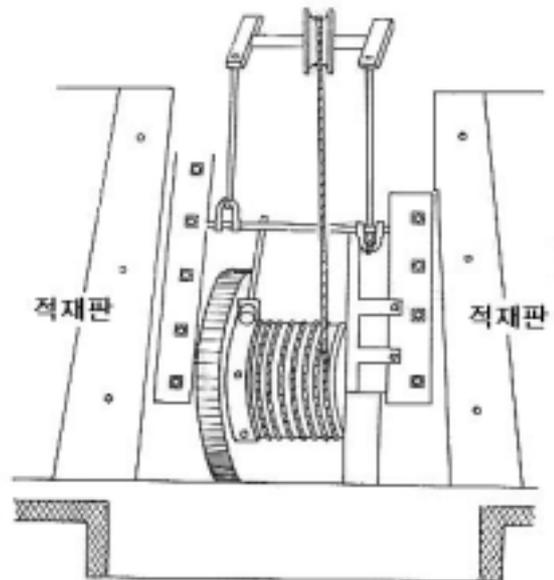
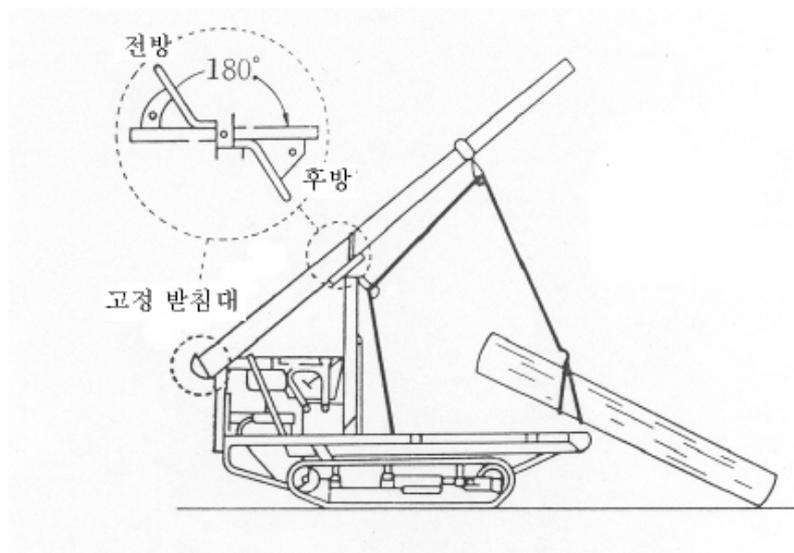


그림 3-

현지 실험 결과로는 평탄지에 대해서 인장력이 800~1,000kg(평균 900kg)으로 900kg을 초월하면 드럼의 클러치가 헛돌기 때문에 통상 작업시에는 인장력 700kg 정도를 기준으로 기준을 넘어선 경우에는 복수의 도르래를 이용하도록 한다. 원치로프의 감는 속도는 제 1속에서 25.24m/min, 제2속에서는 58.9m/min의 두 단계로 작업방법에 의해 적절한 속도를 선택한다. 이 원치는 모노케이블 방식이 채용가능하기 때문에 이 경우에는 드럼에 엔드리스용 드럼을 끼워 넣어 순환로프를 감는다. 또한 무게자체가 많이 나가는 대경재를 적재할 경우에는 그림 3-21과 같이 다른 조재목을 이용하여 간이 크레인을 구성할 수 있도록 고려하였다.



나) 측면적재식 임내작업차

공시차량으로서 선택된 측면적재식 소형임내작업차는 일본에서 임업용으로 개발된 장비로 고무궤도를 가진 임내작업차이다. 조향클러치식의 방향전환 방식을 가지고 있으며 엔진은 농용 7마력 디젤엔진이 장착되어 있다. 좌석은 그림 3-22와 같이 후방좌측에 설치되어 있으며 운전자가 좌석에 앉아서 뿐만 아니라 뒤에서 서서 운전을 할 수 있도록 구성되어 있다. 좌석은 새들 형식으로 뒷받침이 없어 운전시 작업자가 쉽게 피로를 느낄 수 있는 구조이며 고무댐퍼를 제외한 특별한 서스펜션 시스템을 가지고 있지는 않다. 궤도 또한 고무로 각각의 내륜에도 서스펜션이 없으며 진동에 매우 취약한 구조를 가지고 있다. 기본적인 사양은 표 3-14와 같다.



그림

표 3-18. 측면적재식 임내작업차의 제원

형 식	Yamabiko GC552 (Canycom Co.)	
기본제원	전장×전폭×전고(mm) 운전정비중량(kg)	1,920×1,120×2,240 588
주 행 부	엔진마력 속도 최고/최저 변속 전진/후진	7.0 - 7.5 마력 5.5km/h / 1.7km/h 3단 / 1단
베이스머신	궤도폭(mm)	250
	접지장(mm)	900
	궤도중심거리(mm)	680
원 치	견인력(kg) 정회전(m/min) 역회전(m/min) 부속 와이어 로프	800 1속:13, 2속: 24 15 ∅9mm×100m
- 53 -		

측면적재식 임내작업차의 동력전달 구조는 본체의 우측에 있는 엔진으로부터 전달되는 회전력을 엔진 풀리로부터 미션 풀리로 텐션 풀리에 의해서 전달하여 주행 미션을 통해 최종 구동륜으로 전달되는 구조를 가지고 있다. 주행미션은 전진 3단 후진 1단으로 노면조건에 따라 임의로 결정할 수 있도록 되어 있다. 방향전환은 사이트에 각각 달린 사이트 클러치를 통하여 구동륜의 동력전달을 차단함으로써 회전을 하는 방식으로 되어 있다.

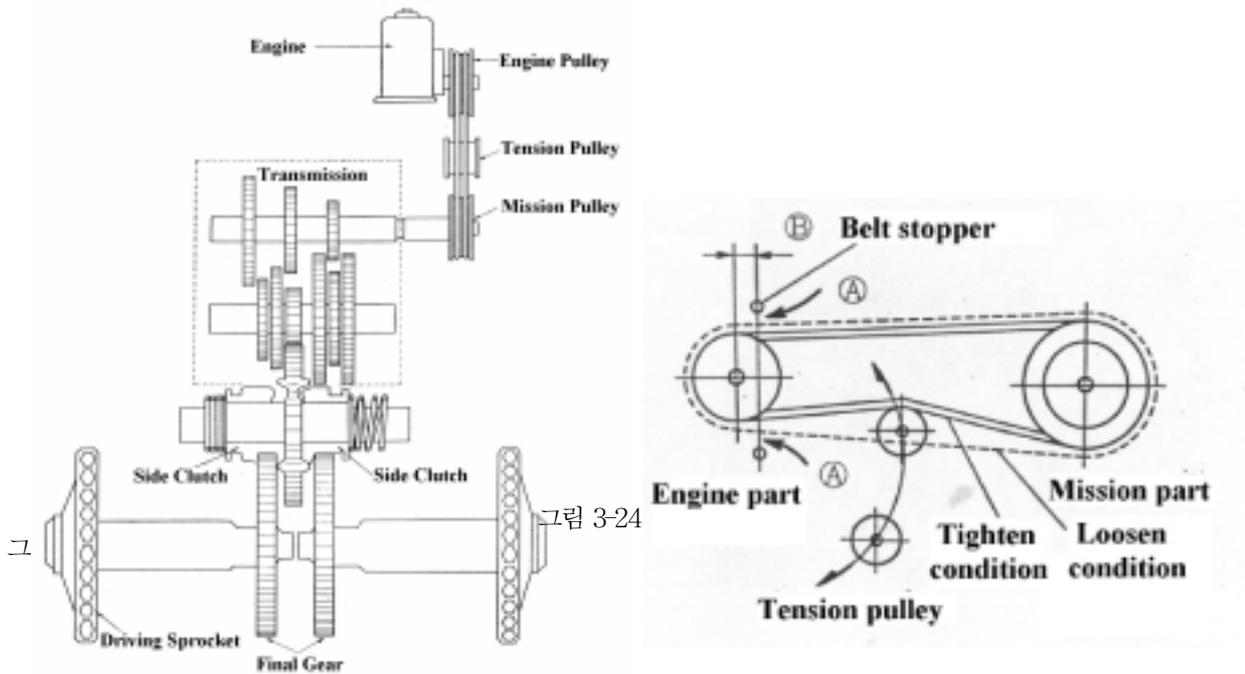


그림 3-24

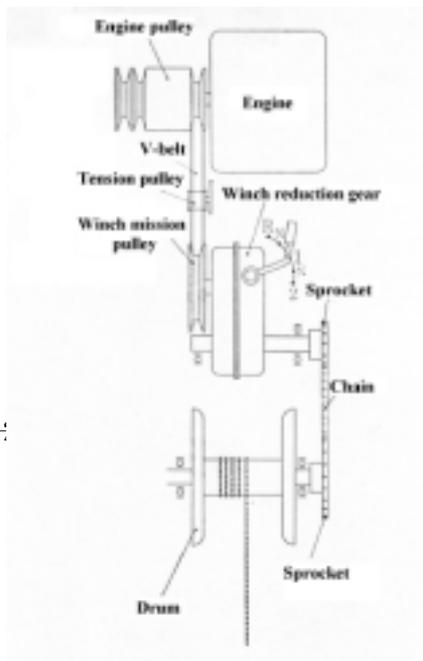


그림 3:

이러한 동력전달 구조를 가진 차량은 구조가 간단하고 기계식이라서 가격적인 면에서 매우 효율적이라고 할 수 있다. 그러나 그림 3-24와 같은 벨트텐션식 동력전달 방식으로 한계동력 이상의 부하가 구동륜에 작용하면 벨트자체가 슬립이 되면서 동력전달이 되지 않는 경우도 발생할 수 있다. 따라서 이러한 방식의 동력전달 방식을 가진 차량을 설계 할 경우에는 구동 벨트의 폭이 넓거나 이중 또는 3중으로 설치를 하여 동력전달의 효율을 높일 필요가 있다. 원치의 동력전달 기구는 그림 3-25와 같이 엔진으로부터의 동력을 전술한 구동력과 같이 벨트텐션식으로 동력을 전달하는 방식을 가지고 있다.

2) 실험방법

차량의 운동저항을 노면의 조건별로 시험하기 위하여 공식차량의 기어를 중립에 위치시킨 뒤 견인줄을 이용하여 견인 차량에 의하여 견인하였을 때의 저항력을 로드셀로 측정하였다(그림 3-26).



견인차량으로 이용된 차량은 임업용 미니포워더로 기종이 약 6톤으로 임내작업차를 충분히 견인할 수 있을 정도의 출력을 가지고 있다. 측정에 사용된 로드셀 및 자료수집 장치의 제원은 표 3-15와 같다.

표 3-19. 주행저항 측정에 사용된 계측시스템의 제원

항 목	제 위	모델 및 제작회사
Load cell	정격용량 : 30kN(3,059kgf), 정격출력 : 1.003mV/V 입출력 저항 352.0 인장 압축겸용 로드셀	LUR-B-30KNSA1, KYOWA
A/D converter	12bit A/D conversion Serial interface type	DAQbook 200, IOtech
Terminal Board	16ch AI	DBK11A, IOtech
Data Acquisition Software	Windows 호환용	DAQView, IOtech

또한 이동식으로 계측시스템이 구성된 관계로 계측기 및 노트북에 필요한 전원은 DA-AC 변환 인버터를 사용하여 필요한 전원을 공급하였다. 데이터 측정은 초당 10개의 데이터를 얻을 수 있도록 샘플링 시간을 세팅하였으며, 공시차량을 견인전부터 데이터 수집을 시작하여 측정이 끝나고 충분한 데이터를 얻을 수 있도록 저내적인 샘플링 시간을 취하였다. 또한 측정중의 공시차량의 속도를 측정하기 위하여 미리 10m 구간을 설정하여 10구간을 주파하는데 소요되는 시간을 측정하여 평균 주행속도로 환산하였다. 주행저항을 측정한 노면은 콘크리트노면, 작업로, 임도 등이며 임내에서는 차량의 최대 견인력을 측정하였다.

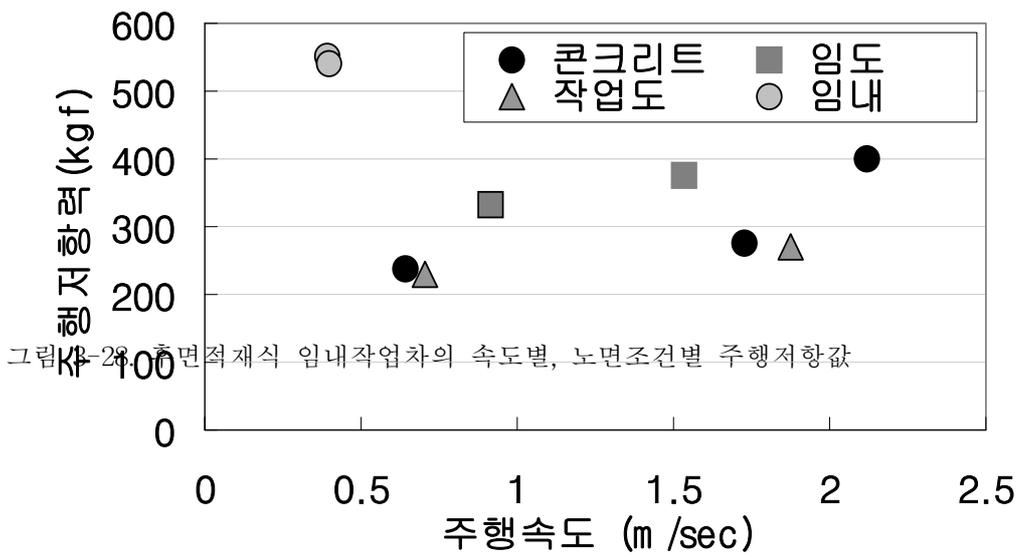
다. 결과 및 고찰

1) 후면적재식 임내작업차

후면적재식 차량의 경우 동종의 임내작업차에 비해 중량이 무겁고 철재 궤도를 장착하고 있어 고무식 궤도를 장착한 기종에 비해 자체소요 견인력이 크고 주행저항 또한 크며 임지의 손상 또한 일반적으로 크다. 그림 3-27은 각종 노면조건에 대한 후면적재식 임내작업차의 주행저항을 측정하는 장면이다. 속도의 차이를 두어서 속도에 의한 주행저항의 차이도 분석 검토하였다.



행거



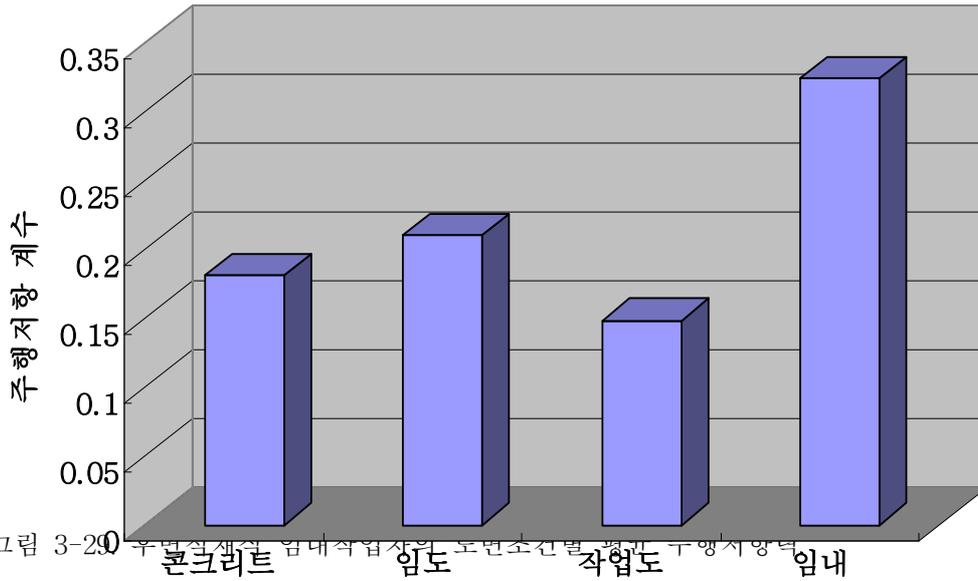


그림 3-29. 측면적재식 임내작업차의 노면조건별 평균 주행저항력

그림 3-28과 같이 전체적으로 주행속도가 빨라질수록 차량에 부과되는 노면저항은 증가하는 경향이 관찰되었으며 각 노면 조건별로도 속도가 증가 할수록 주행 저항값이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 그림 3-29와 같이 각 노면별 평균 주행 저항 값은 지반이 연약하여 침하가 발생하는 노면인 경우일수록 주행 저항값 자체가 커지는 것을 알 수 있다. 작업도의 경우 다른 노면보다 작게 나타난 이유는 약간 경사지에서 실험을 한 이유로 견인 주행시 관성에 의한 작용이 평균주행 저항력을 줄어들게 한 원인으로 생각되어진다. 추후 보다 많은 실험과 정확한 계측을 통해 노면조건별 주행저항치를 측정하여 산림지역의 노면을 주행하는 임업용 장비의 주행 소요동력을 산정하는 자료로 활용될 수 있도록 할 예정이다

2) 측면적재식 임내작업차

측면적재식 차량의 경우 동종의 임내작업차에 비해 중량이 가볍고 고무궤도를 장착하고 있어 다른 철재식 궤도차에 비해 임지의 손상이 덜하며 상대적으로 철재 궤도에 비해 승차감도 좋은 편이다. 그림 3-30은 각종 노면조건에 대한 측면적재식 임내작업차의 주행저항을 측정하는 장면이다. 속도의 차이를 두어서 속도에 의한 주행저항의 차이도 분석 검토하였다.

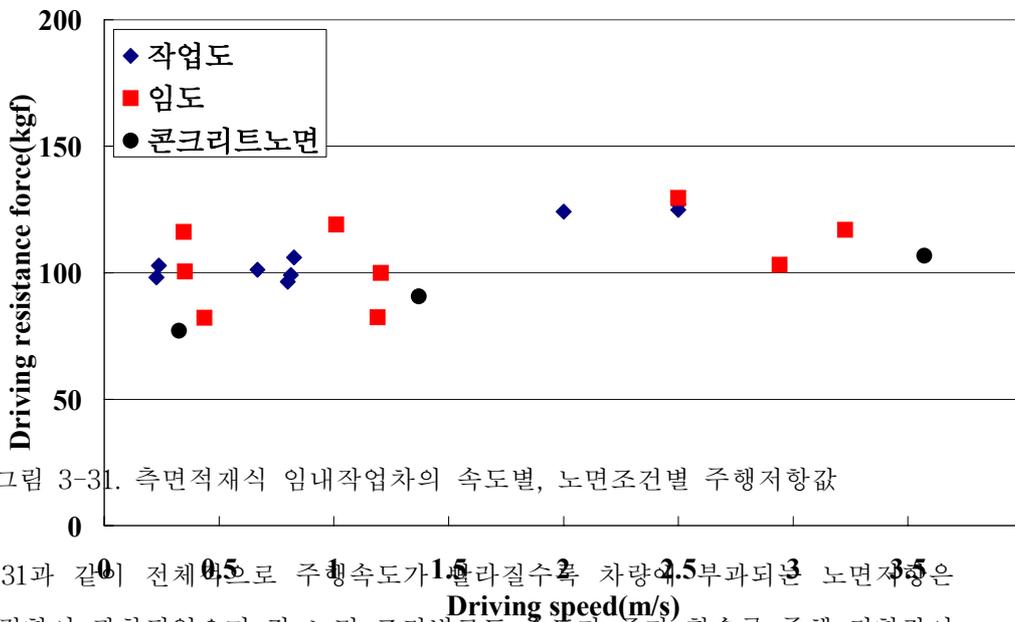


그림 3-31. 측면적재식 임내작업차의 속도별, 노면조건별 주행저항값

그림 3-31과 같이 전체적으로 주행속도가 빨라질수록 차량에 부과되는 노면저항은 증가하는 경향이 관찰되었으며 각 노면 조건별로도 속도가 증가 할수록 주행 저항값이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 임도와 작업도의 주행 저항값을 살펴보면 콘크리트 노면보다는 다소 높았지만 후면적재식 차량과 같은 철재궤도에 비해 그 차이가 다소 작은 것으로 나타났다. 이러한 것으로 미루어보아 고무궤도가 철재 궤도에 비해 여러 조건의 노면에서 주행저항이 적고 기동성이 좋다는 것을 간접적으로 증명해 주고 있는 사실이다.

그러나 추후 보다 많은 실험과 정확한 계측을 통해 노면조건별 주행저항치를 측정하여 산림지역의 노면에 대해서 궤도의 종류 및 특성에 따라 주행저항이 어떻게 변화하

는지에 대해서도 더 연구 조사가 필요할 것으로 판단된다.

또한 주행저항 계수를 살펴보면 콘크리트 노면을 제외한 임도나 작업로에서 0.15이상의 값을 보이고 있는 데이터는 표 3-16과 같은 트랙터의 주행저항 계수에 비해서 약간 큰 값이다. 그러나 중요한 것은 본연구의 개발목표인 임내작업차의 궤도폭과 길이를 길게 하여 가능한 접지압을 낮춘다면, 안정적인 면뿐만 아니라 주행저항에 대한 부분도 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

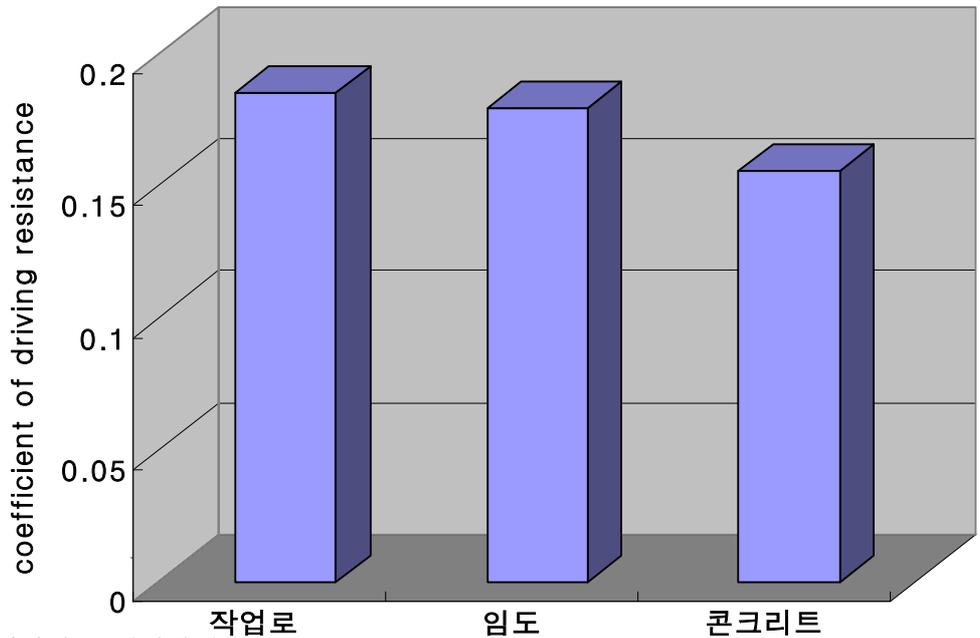


표 3-20. 트랙터의 주행저항계수

지면	고무타이어		궤도
	고압	저압	
콘크리트	0.018	0.018	0.023
자갈길	0.030	0.030	0.035
흙길(건조)	0.050	0.040	0.040
일반 야지	0.075	0.060	0.055
경지	0.095	0.075	0.060
모래길	0.110	0.090	0.070
흙길(습)	0.135	0.120	0.085

2. 임내작업차 동적 시뮬레이션 모델 제작

장비의 안정성 확보를 위해 국내에 도입된 기종을 이용하여 설계도면과 엔진, 프레임 등 각 부품을 통해서 동적 시뮬레이션을 실시하였다.

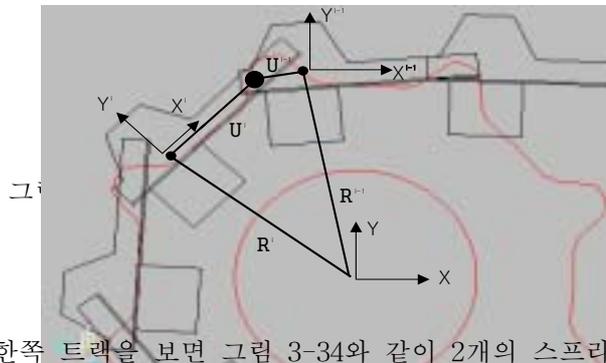
가. 해석 운동 방정식

다물체로 구성된 궤도 차량(tracked vehicle)은 수많은 비선형 미분대수방정식의 수치해가 필요하다. 궤도의 각 파트는 그림 3-26과 같이 회전이음(revolute joint)으로 연결되었으며 그 파트사이에는 링크들로 구성되어 전체적으로 폐연쇄 구조를 이루고 있다. 시뮬레이션 모델은 전체 프레임과 2개의 궤도 시스템으로 구성되며, 전체 프레임은 스프라켓, 지지롤러, 로드 휠과 회전이음으로 연결되어 있다. 식 1은 각 궤도의 요소들 사이에서 일어나는 순환기구학 방정식을 나타내고 있다. 여기서 R^i 는 i 번째 요소 원점의 전역위치벡터, A^i 는 i 번째 요소의 2차원 변환행렬, U^i 는 i 번째 강체의 좌표계로 표현되는 연결점의 상대위치 벡터, θ^i 는 i 번째 요소의 회전을 나타내고 있다. P 는 각 파트를 연결시켜주는 핀이며 핀과 각 파트는 부상(bushing)요소로 연결된다.

θ

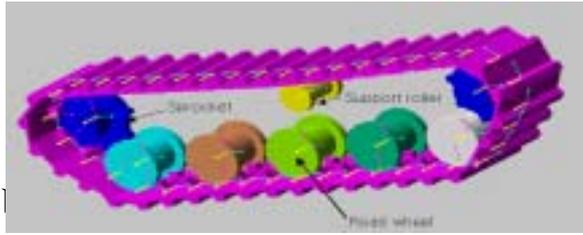
$$R^i + A^i \bar{u}_1^i = R^{i-1} + A^{i-1} \bar{u}_2^{i-1}$$

$$\theta^i = \theta^{i-1} + \theta^{i,i-1}$$



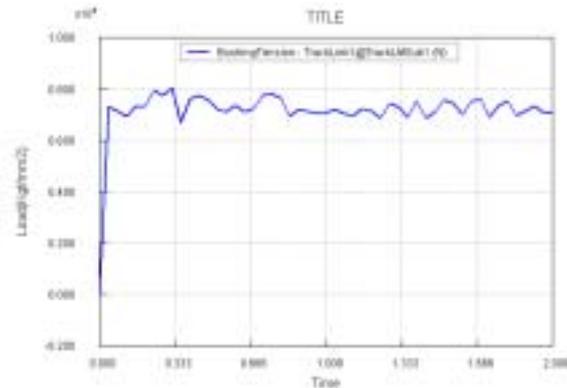
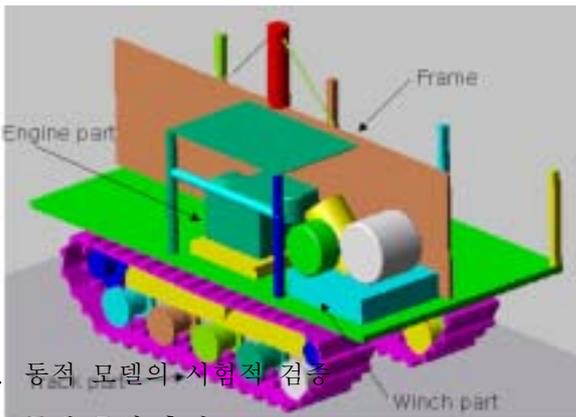
나. 궤도 부속시스템

다물체 동역학 모델의 한쪽 트랙을 보면 그림 3-34와 같이 2개의 스프라켓(sprocket)과 5개의 로드 휠(road wheel), 그리고 1개의 지지롤러(support roller)로 구성되었다. 각각의 요소는 전체 프레임과 회전이음(revolute joint)의 관계를 가지며, 총 80개의 부상(bushing) 요소를 가지는 502 자유도를 가진 모델로 구성되었다.



다. 전체 설계 구성

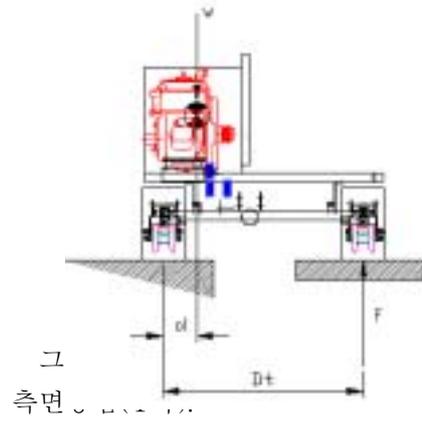
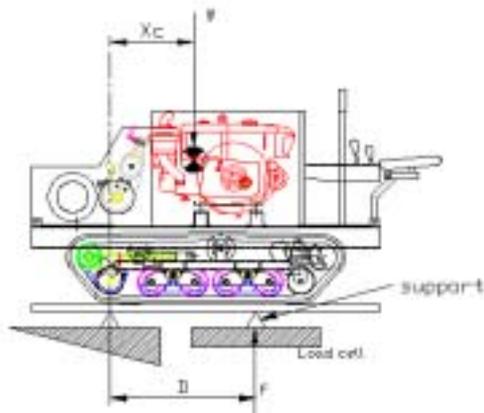
다물체 동역학 시뮬레이션 모델은 그림 3-35와 같은 구조로 총 88개의 강체와 80개의 트랙, 160개의 부싱요소로 구성되었다. 트랙 상단의 전체 프레임은 각각이 강체로 고정되었으며 총 질량은 605 kg이다. 주요 설계 변수는 엔진부, 변속부, 윈치부의 위치와 전체프레임의 구조, 그리고 트랙부의 간격 등이며 이는 임내작업차 개발에 중요한 설계 인자가 될 것이다. 그림 3-36은 모델의 평지 주행시 트랙 링크 1의 부싱(bushing) 요소에 작용하는 하중을 나타내고 있다.



라. 동적 모델의 시험적 검증

1) 무게 중심 측정

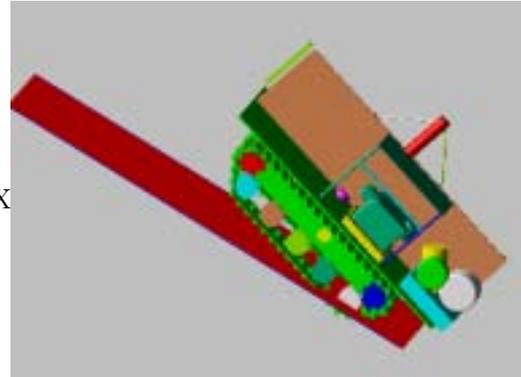
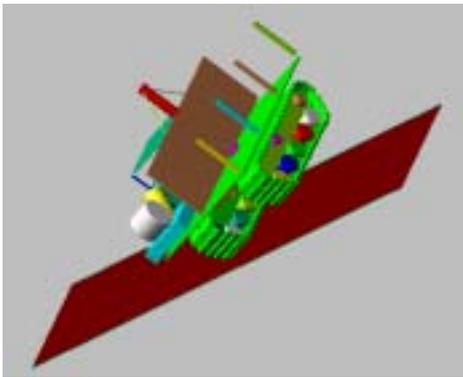
임내작업차의 무게중심을 구하기 위하여 그림 3-37, 38의 시험을 하였다. 끝이 뾰족한 버팀목을 이용하여 지면 반력을 측정하였다. 버팀목을 사용한 이유는 궤도는 면 접촉력이기 때문에 이를 선 접촉으로 변환하기 위해서이다. 사용된 판은 가로 2,450mm, 세로 1,554mm, 두께 16mm로 질량은 478kg이다.



질량 관성 모멘트는 진자 운동의 주기를 측정하여 계산하는 현수 측정법(pendulum method)을 이용하여 구하였다.

2) 전복각도 검증

시험 결과 종방향 전복 각도는 41.5°, 횡방향 전복 각도는 32.2°였다. 본 동역학 모델의 전복 시뮬레이션 결과는 종방향이 38.5°, 횡방향이 29.5°로 전복 각도면에서 역시 신뢰성이 있다고 판단된다. 그림 3-39는 시뮬레이션 전복 모습을 보여주고 있으며 그림 3-40은 진자주기측정을 하고 있는 모습이다.





진

3. 1차시작기 임내작업차의 동적 안정성분석

가. 동적안정성 분석을 위한 임내작업차의 동적파라미터 측정

1) 임내작업차와 노면의 모형 개발

가) 임내작업차의 운동

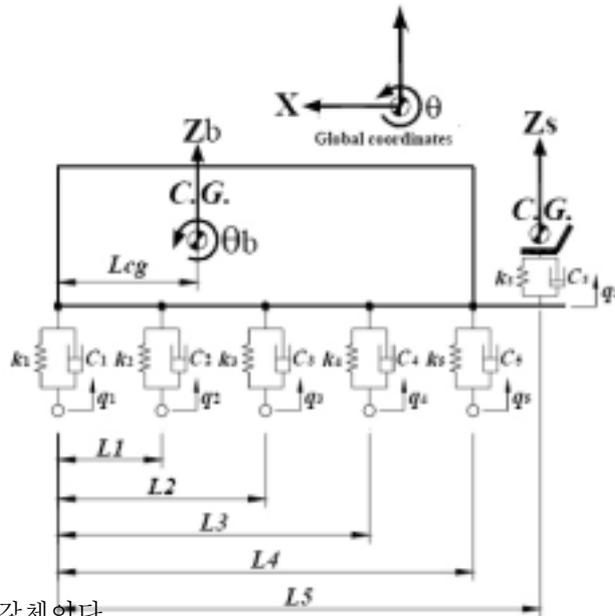
임내작업차는 여러 가지 요소들로 구성되어 있다. 즉 여러 가지 질량요소가 유기적으로 연결되어 운동하고 있다. 따라서 집중질량 시스템으로 고려하여 분석하는 경우가 많다. 차체를 강체로 가정하고 무게중심점에 질량이 집중되어 있다고 가정할 수 있다.

직선운동으로 종방향, 횡방향, 수직방향운동과 회전운동으로 롤링, 피칭, 요잉이 있다. 직진주행시 횡방향, 종방향 운동과 요잉은 다른 운동에 비하여 그 크기가 상대적으로 작으므로 본 연구에서는 수직방향과, 피칭운동만을 고려하였다.

나) 임내작업차의 모형화

실제 차량은 모두 연속계이나 실용적인 관점에서 이산화 과정을 통하여 다자유도계로 근사화 하여도 관심영역에서 비교적 정확한 모형화가 가능하기 때문에 다자유도계의 이산화가 많이 활용된다.

임내작업차를 그림 3-41과 같이 이상화하여 차체의 수직운동, 롤링, 피칭, 좌석의 수직운동으로 구성된 4자유도의 이산계로 구성하였다. 지면가진에 의한 차체의 동적반응과 좌석의 동적반응을 구하는 것이 모형화의 목적으로서 다음과 같은 가정하에 모형화하였다.



그림

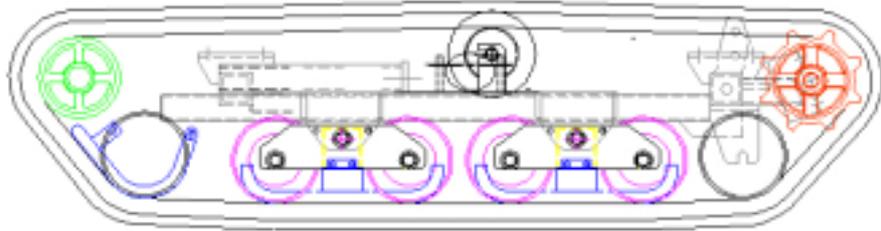
- 차체의 모든 질량체는 강체이다.
- 모든 결합부의 마찰은 없다.
- 고무케도는 단순히 스프링과 감쇠기의 선형 결합으로 본다.
- 전륜과 지면은 단순 점 접촉이며, 전달되는 힘의 방향은 수직이다.
- 지면은 변형되지 않는다.
- 차체는 정속 직진 주행이다.

다) 임내작업차의 동적 파라메타 결정

최근에는 모드 해석(modal analysis)을 이용하여 비교적 정확하고 효율적으로 시스템의 관성, 강성, 감쇠 특성을 동시에 결정할 수 있는 많은 기법이 개발되었다. 이들은 시간 영역(time domain)에서 동적 파라미터를 결정하는 방법과 주파수영역(frequency domain)에서 동적 파라미터를 결정하는 방법으로 크게 나눌 수 있다. 전자는 관심 주파수 대역이 넓고 모드의 수가 많은 경우에, 후자는 관심 주파수 대역이 좁고 모드의 수가 적은 경우에 유리하다.

(1) 고무 케도의 동적 파라메타 규명

그림 3-42와 같이 본 연구에서 가정한 케도부분의 모델은 선형 스프링과 댐퍼로 구성된 모형을 기반으로 하고 있기 때문에, 각 케도부분의 강성계수와 댐핑계수를 구해야 한다. 일반적으로 케도차량의 전륜에 작용하는 하중이 각각 다르게 작용하고 있기 때문에 하중조건별로 강성계수와 댐핑계수를 구하는 것이 바람직하다.



고무케도의 동적파라메타를 구하기 위하여 임팩트 햄머에 의한 가진을 통해 구할 수 있는 피크 추출법을 이용하여 구하였다. 피크추출법의 원리는 다음과 같다.
질량-감쇠-강성 시스템의 주파수 응답함수는 다음과 같다.

주파수 응답함수의 피크 값은 $\frac{1}{k\sqrt{[1 - (w - w_n)^2]^2 + (2\zeta w/w_n)^2}}$ 일때 즉 공진 주파수에서 일어난다. 이 피크 값을 Q 라고 하면

이다.

주파수 응답함수가 와 같게 될 때를 반동력점이라고 하며 동적시스템에서 감쇠기에 의해서 흡수되는 동력은 각 주파수에 $\frac{1}{2k\zeta}$ 진폭의 제곱에 비례한다. 이 반동력점의 주파수 간격은 다음과 같이 표현된다.

으로부터 감쇠계수는 다음과 같이 주어진다.

따라서, 케도점들의 감쇠계수는 이 되고 감쇠계수는 와 같이

나타낼 수 있다. 고유진동수와 반동력점의 주파수 간격을 결정하기 위하여 피크 추출법을 적용하였다. 차륜의 관심모드가 수직방향으로 \sqrt{mk} 방향의 고유진동수를 결정하기 위하여 그림 3-43과 같은 실험장치를 구성하였다.
 $k = mw_n^2$

$$C = \frac{\Delta w}{2w_n} 2\sqrt{mk}$$

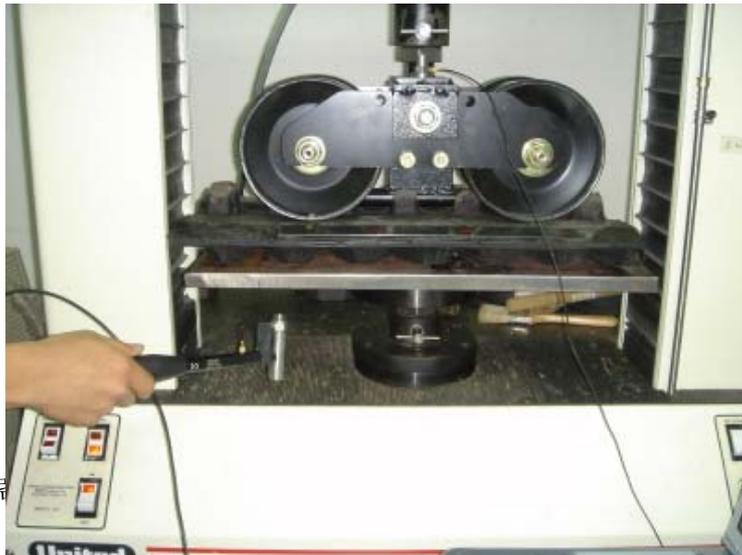


그림 3-43

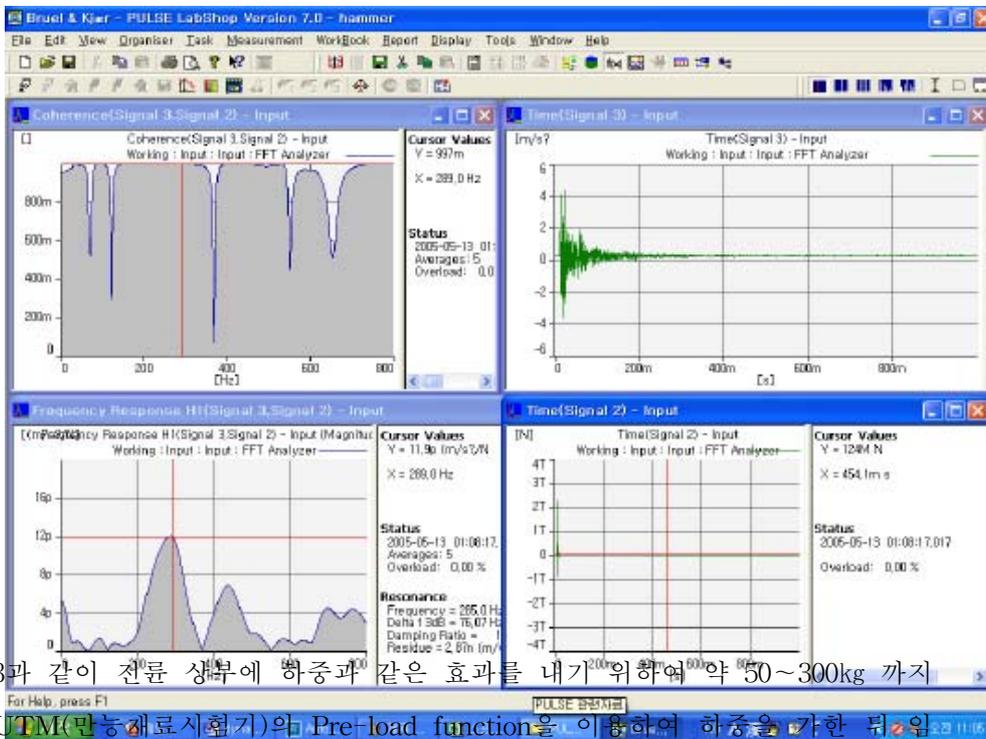


그림 3-43과 같이 전륜 상부에 하중과 같은 효과를 내기 위하여 약 50~300kg 까지

의 하중을 UTM(만능재료시험기)의 Pre-load function을 이용하여 하중을 가한 뒤 임팩트 햄머로 가진하여 주파수 응답함수를 구하였다. 임팩트 햄머로 가진한 가진 신호에 대한 응답함수는 저주파 특성이 좋은 전하타입의 가속도계(B&K type 4371)를 이용하여 측정하였다. 측정된 신호는 증폭기를 통해 주파수 분석기로 신호를 입력시켜 주파수 분석을 통해 주파수 응답함수와 코히어런스 함수를 계산하였다. 계산에 사용된 소프트

웨어는 B&K 사의 PULSE LabShop version 7.0을 이용하였다. 또한 분석에 이용된 주파수 분석기는 최대 6채널을 동시에 실시간으로 분석할 수 있는 것을 사용하였다.

그림 3-44와 같이 주파수 응답함수와 코히어런스 함수를 통해 판별 계산된 강성계수와 댐핑계수를 하중조건별로 계산한 결과 다음과 같은 결과를 보였다.

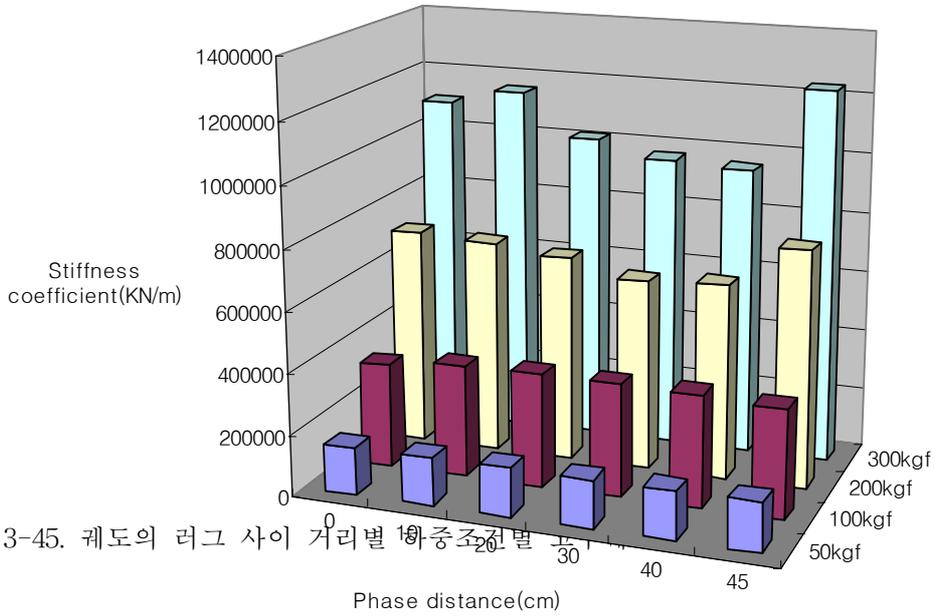


그림 3-45. 궤도의 리그 사이 거리별 하중조건별

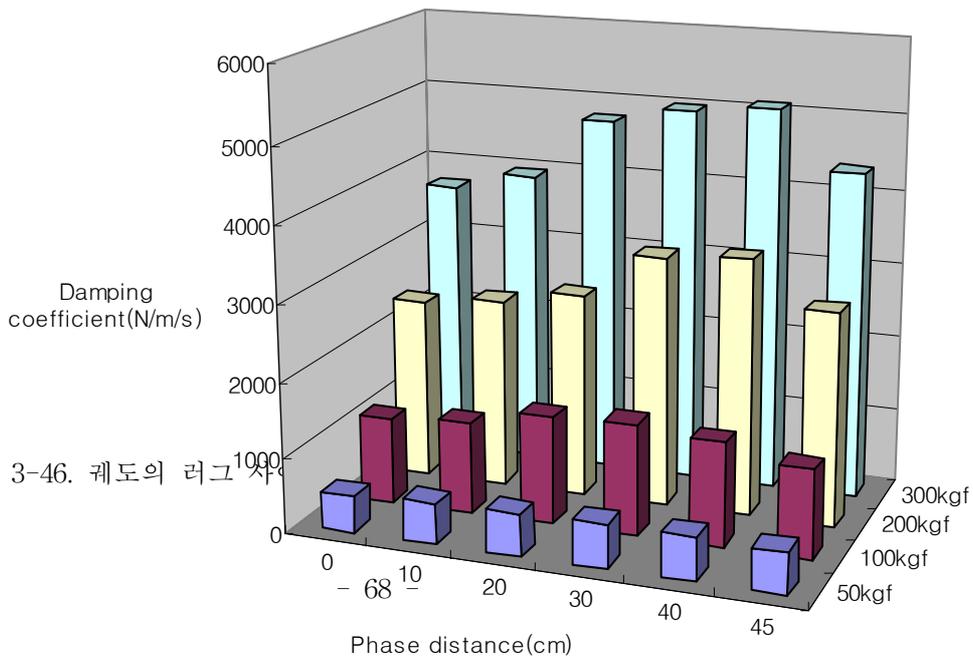


그림 3-46. 궤도의 리그 사이

그림 3-45와 3-46을 통해 알 수 있는 것은 하중조건별로 고무케도의 동적 특성이 변화한다는 것을 알 수 있으며 또한 고무케도 러그의 사이를 주기적으로 주행하게 되는 전륜에 의해서도 고무케도의 동적 특성치들이 변화한다는 것을 알 수 있었다. 즉 하중조건별 특성치 변화는 케도의 상의 전륜 위치별 하중조건을 적재조건에 따라 현재 구하는 것이 가능하므로 실제 동적 특성의 변화 양상을 시뮬레이션 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 전륜의 러그상 위치변화에 따른 특성치변화도 케도의 전진속도 등이 고려될 때 주기함수적으로 표현하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 물론 보다 정밀하고 위치에 대한 정확한 실험 등이 함께 병행되어야 할 것으로 판단하고 있다. 추후 추가 보완 실험을 통해 하중조건과 고무케도의 러그상의 전륜 위치별로 시뮬레이션이 가능하리라고 판단한다. 따라서 보다 정확한 동적 시뮬레이션을 수행하고자한다면 지금까지 일률적으로 각 전륜에 적용하기 보다는 전륜의 위치와 케도하중에 따른 정밀한 동적특성치가 적용되어야 할 것으로 사료된다.

(2) 좌석의 동적 파라메타 규명

좌석은 차체로부터 전달되는 각종 불균형력 즉 진동을 적절히 차단하고 상쇄시켜 운전자의 요추부에 가해지는 부담을 줄여줄 수 있는 가장 중요한 장치이며 쾌적한 운전작업에 매우 필수적인 장비이다. 그러나 현재 적용되고 있는 로외차량의 좌석은 그 성능적인 면을 크게 고려하지 않고 적용되고 있다. 또한 차량의 동적해석시에도 좌석의 동적특성을 정확히 측정해야만 전체적인 좌석진동의 감쇄효과를 정확하게 예측하는 것이 가능하다. 따라서 고무케도의 동적 특성치를 구한 방법과 동일한 방법으로 운전자의 앉은 자세에서의 하중 65kg을 가한상태에서 그림 3-47와 같은 실험 장치를 구성하여 측정하였다. 측정 분석한 결과는 표 3-17과 같다.

표 3-21. 운전자를 고려한 좌석의 감쇠 및 강성계수

위 치	강 성 계 수	감 쇠 계 수	감 쇠 비
좌석(운전자포함)	146,906.5 kN/m	698.9 n/m/sec	0.133



나. 노면형상 시뮬레이션

불규칙한 노면 형상을 가진 도로를 주행하는 차량은 불규칙한 노면 형상으로 인해 차체와 운전자에게 좋지 않은 진동이 발생한다. 이러한 진동은 대부분 서스펜션이 없거나 빈약한 임업기계에 있어서는 더욱 심각하며, 이러한 진동의 대부분이 ISO에서 정하고 있는 운전자의 1일 허용한계를 넘는 것으로 보고되고 있다. 이런 임업기계의 승차진동을 줄이기 위해 차량시트의 개선, 현가장치의 설치 등을 통해 진동을 개선할 수 있으나, 보다 경제적이고 합리적인 진동개선 방법은 기계 개발시 차체의 구조적인 설계와 동력학적으로 균형 있는 설계를 하는 것이 바람직하다. 즉 엔진부의 위치 또는 운전 시트의 위치, 윤거 등의 설계 변수에 의해서도 상당부분 진동을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 대상으로 하는 임업기계의 동력학적 특성을 먼저 파악한 후, 설계변수의 변경을 통해 구조적으로 안정된 임업기계를 설계할 필요성이 있다. 이런 경우 실제 기계의 구조를 변경해가면서 차체의 진동을 측정 분석하여 진동을 개선하기에는 많은 비용과 시간을 필요로 한다. 따라서 대부분의 진동개선 연구에 있어서는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 차체나 기계적인 변수들을 변경해가면서 최적의 설계 변수들을 도출하는 것이 일반적이다. 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 차체의 거동이나 좌석의 진동 등을 예측할 경우 차체를 직접 가진시키는 가진원으로서 일반적으로 노면으로부터 입력되는 진동을 가장 중요한 진동원으로 생각한다. 특히 임업기계와 같이 임도, 작업로 및

임내와 같이 불규칙한 노면을 주행할 경우 발생하는 진동은 다른 일반 자동차와 농업용 차량보다 훨씬 큰 것으로 인식되고 있다. 따라서 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 차체 및 좌석의 진동평가에 있어서는 임도나 작업로와 같은 산림지역 노면의 특성을 파악하여 그 특성을 그대로 컴퓨터 시뮬레이션에서 구현할 수 있도록 하는 것이 가장 효과적인 시뮬레이션을 수행하는 방법이 될 것이다.

산림지역내의 임도노면을 측정하여 컴퓨터 시뮬레이션에 활용할 수 있도록 하였으며, 측정분석된 대부분의 산림지역 노면은 ISO 분류기준에 의해 분류한 결과 C와 D등급으로 분류되었다. 그러나 현장에서 직접 측정한 데이터를 직접 활용하는 것이 매우 실제적이고 현실적인 분석이 가능하겠지만, 시뮬레이션의 결과를 평가할 때는 한정적인 적용결과를 원하는 것이 아니라, 좀더 세분화 되고 넓은 영역의 노면에 대한 예측결과를 요구하는 경우가 많다. 대부분의 도로 노면 특성은 불규칙한 랜덤 성격을 가지고 있기 때문에 RMS(Root Mean Square) 혹은 PSD(Power Spectral Density) 등의 통계적 표현방식을 많이 사용하고 있으면 실제 ISO 노면 분류기준에서도 PSD를 사용하고 있다. 또한 차량 동역학 분야에서도 노면조건을 고려할 때, 진동에너지와 가진 주파수가 일차적인 관심이기 때문에 주로 Fourier 해석에 기반한 PSD의 형태로 해석하고 있다.

따라서 본 연구에서는 ISO에서 사용하고 있는 도로노면 기준을 기반으로 임업기계의 좌석진동 시뮬레이션의 입력 데이터로서의 노면 형상을 인공적으로 생성할 수 있는 프로그램을 개발 하고 그에 대한 타당성을 검증하고자 하였다.

1) 노면의 분류

노면을 분류하는 방법은 여러 가지 방법이 기존의 연구에서 제시되었는데 본 연구에서는 PSD 값을 사용하여 노면의 러프니스를 A 등급에서 H 등급까지 8단계로 분류하는 ISO 분류기준을 주로 사용하였다. 또한 ISO 기준의 근거였던 MIRA 분류와 지수함수, 그리고 분수함수 형태로 묘사된 PSD 함수의 노면 분류기준도 함께 고찰하고자 한다.

가) ISO 기준

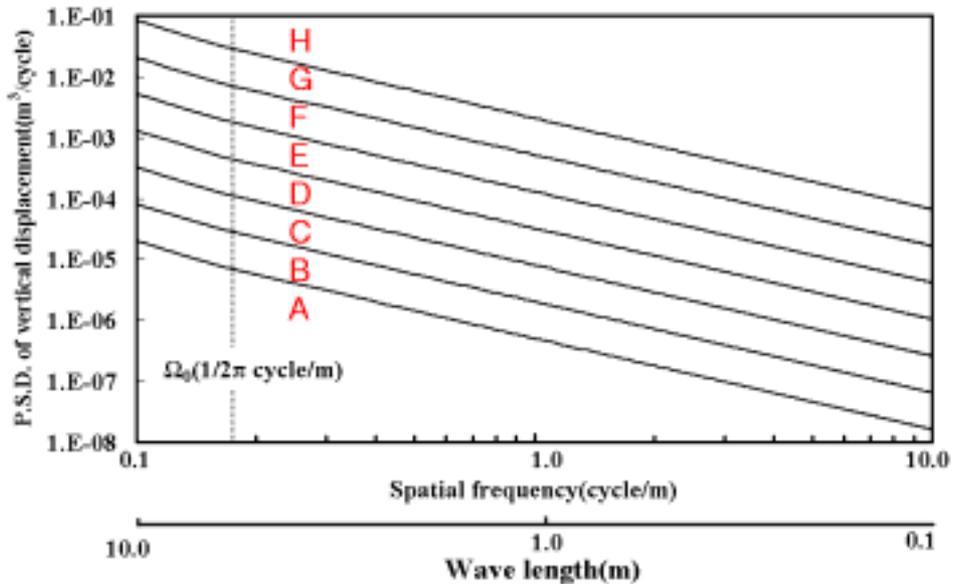
그림 3-48은 ISO에 의해 제안된 노면의 분류를 나타낸다. ISO 분류에서 보면 PSD 함수 ()와 공간주파수 사이의 관계가 그림 3-48에서 보는 바와 같이 대수 그래프 (log-log scale)에서 노면의 러프니스 정도에 대하여 서로 다른 직선으로 표현되어짐을 알 수 있다. 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\Phi \Omega$$

$$\Omega$$

$$\Phi_h(\Omega) = \Phi_h(\Omega_0) \left(\frac{\Omega_0}{\Omega}\right)^{-n_1}, \text{ for } \Omega \leq \Omega_0$$

$$\Phi_h(\Omega) = \Phi_h(\Omega_0) \left(\frac{\Omega_0}{\Omega}\right)^{-n_2}, \text{ for } \Omega > \Omega_0$$



ISO 기준에서는 노면의 러프니스를 (o)에 따라 A 등급에서 H 등급까지 8단계로 분류하며 이를 표 3-18에 나타내었다. 또한 MIRA에 의해 제안된 노면 분류방법을 표 3-19에 나타내었다. 기본적으로는 ISO분류와 동일하며 표현되는 식도 동일하나 구체적으로 노면의 종류를 지정하고 그에 대하여 세부적으로 노면의 거칠기를 표현한 것이 차이점이라고 할 수 있다.

표 3-22. ISO에 의해 제안된 노면 러프니스의 분류

노면의 분류	노면거칠기 정도		N ₁	N ₂
	범 위	기하학적 평균		
A (매우 좋음)	<8	4	2.0	1.5
B (좋음)	8-32	16	2.0	1.5
C (보통)	32-128	64	2.0	1.5
D (나쁨)	128-512	256	2.0	1.5
E (아주나쁨)	512-2048	1024	2.0	1.5
F	2048-8192	4096	2.0	1.5
G	8192-32768	16384	2.0	1.5
H	>32768		2.0	1.5

표 3-23. MIRA에 의한 노면 분류기준

노면 분류		노면거칠기 정도		N_1	N_2
		$\Phi_h(\Omega_0)$ 이하	이하	평균 편차	평균 편차
고속도로	매우 좋음	2-8	4	1.945	1.360
	좋은	8-32	16	(0.464)	(0.221)
일반도로	매우 좋음	2-8	4	2.050	1.440
	좋은	8-32	16		
비포장도로	보통	32-128	64	2.280	1.428
	나쁨	128-512	256		
	아주 나쁨	512-2048	1064		

나) 지수함수 형태의 PSD 함수

노면거칠기를 지수함수의 형태로 나타내면 다음과 같다.

여기서, $\Phi_h(\Omega)$ = 노면 높이에 대한 PSD 함수이며, K_v 와 n 은 상수이며 다양한 노면에 대해 표 3-20에 나타내었다. 또한 이러한 $\Phi_h(\Omega)$ 방편 이외에도 다음과 같이 분수함수의 형태로 PSD 함수를 정의하는 경우가 있다(Pevzner and Tikhonov, 1964).

표 3-24. 다양한 노면에 대한 K_v 와 n 값

노면분류	N	K_v	$\Phi_h(\Omega) = \frac{\Phi(\Omega_0)}{(\Omega^2 + \alpha^2)^m}$	K_v'
평탄 주행로	3.8	4.3×10^{-11}		1.6×10^{-11}
거친 주행로	2.1	8.1×10^{-6}		2.3×10^{-5}
평탄대로	2.1	4.8×10^{-7}		1.2×10^{-6}
자갈있는 대로	2.1	4.4×10^{-6}		1.1×10^{-5}
목초지	1.6		$\Phi_h(\Omega_0), 10^{-4.6} [m^2/cycles/m]$	$\Phi_h(\Omega_0)^3, 10^{-6} [ft^2/cycles/ft]$
경작지	1.6		6.5×10^{-4}	3.4×10^{-3}

다) PSD 함수를 이용한 노면의 특성

도로 노면 형상은 일반적으로 랜덤함수의 형태를 가지고 있다고 알려져 있다. 이런 랜덤함수의 주요특징은 불규칙성이므로 이를 나타내는 데는 수식화된 표현보다는 통계적 평균과 같은 확률함수로 표현하는 것이 편리하다. 확률함수로 이러한 불규칙 노면을 표현하는데 있어서 랜덤 데이터의 기본 특성을 사용한 다음과 같은 4가지 방법이 주

로 사용된다(Bendat and Piersol, 1986).

- (1) 평균제곱근(root mean square value)
- (2) 확률밀도함수(probability density function)
- (3) 자기상관관계(autocorrelation function)
- (4) 전력밀도함수(power spectral density function)

노면의 생성과정에서 등방성(isotropic) 노면, 균일한(homogeneous)노면이란 가정이 많이 다루어 졌다.. 균일한 노면이란 좌표의 이동에 관계없이 통계적 내용이 일정한 노면을 의미하며, 등방성노면이란 좌표의 회전에 대해 통계값이 무관한 것을 의미한다. 등방성 노면 가정은 Dodds 와 Robson(1973)에 의해 처음 적용된 이래, Healt (1987)에 의해 응용연구들이 진행되어 왔다. 노면의 형상을 결정하는 주요인자는 주파수와 진폭인데, 변형이 되지 않는 노면형상의 기하학적 특성을 이 두가지 인자에 의해 표현하는 것이 가능하다. 노면의 형상을 스펙트럼으로 표시할 때, 노면의 거칠기는 시간에 대한 가진이라기 보다는 거리에 대한 공간적인 가진이기 때문에 일반적인 시간 주파수 보다는 공간 주파수로 정의 되는 것이 요구된다. 공간주파수는 공간 차원에서 주파수의 또 다른 표현이며 파형길이의 역수가 되는 것이다. 이렇게 노면 형상의 진폭을 PSD를 사용하여 표시하면 차량의 속도에 관계없이 효과적으로 표현 할 수 있다. 차량에 대한 가진 입력 주파수는 아래의 식과 같이 차량의 진행속도와 파형길이의 함수로 정의 할 수 있다(Oh et al. 2003).

노면 형상은 공간 주파수 영역에서 제로 평균을 가지는 가우시안 등방성 랜덤함수로서, 그리고 시간영역에서는 정상 에르고딕 랜덤 프로세스(normal, stationary ergodic random process)로서 모델링 할 수 있다(Newland, 1977). 러프니스로 표현되는 노면형상의 진폭은 노면을 따라 변화하는 공간거리의 함수이다. 따라서 Wiener Khintchine 이론에 따라 다음과 같은 한 쌍의 푸리에 변환의 형태로 표현하는 것이 가능하다.(Newland, 1997):

여기서, ξ 는 도로상의 두 점의 거리 이고, Ω 는 wave 수의 형태로 나타낸

$$\Phi_h(\Omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_h(\xi) e^{-i\Omega\xi} d\xi$$

$$R_h(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_h(\Omega) e^{i\Omega\xi} d\Omega$$

PSD 러프니스, $R_h(\xi)$ 는 공간 주파수, 그리고 $R_h(\xi)$ 는 공간 자기 상관 함수로써 다음과 같이 정의된다.

여기서 $E[\cdot]$ 는 다음과 같이 추정할 수 있는 랜덤 과정의 기대값을 의미한다.

확률론적인 과정이론으로부터 PSD 러프니스 $E[h(x)] = \lim_{\xi \rightarrow \infty} \frac{1}{\xi} \int_0^\xi h(x) dx$ 는 다음과 같다.

$$\Phi_h(w)$$

여기서 $\Phi_h(w)$ 는 시공간 자기 상관 함수이다. 차량이 노면을 횡단하는데 걸린 시간이다. 이 식을 대입하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

†

여기서,

$$\Phi_h(\Omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_h(v\tau) e^{-i(w/v)v\tau} d(v\tau) = \frac{v}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_h(\tau) e^{-i w \tau} d\tau = v \Phi_h(w)$$

라) 인공 노면형상의 계산

초기의 차량 승차 특성의 시험에 있어서는 노면의 가진 형태를 사인 곡선, 계단함수, 혹은 삼각함수의 형태를 사용하였다. 이러한 가진 신호는 다양한 설계에 대한 비교평가를 위해서는 사용될 수 있었지만, 실제 승차 특성을 나타내지는 못한 단점을 가지고 있었다.

따라서 더 실제적인 수치시뮬레이션을 위해서는 노면의 가진 신호는 랜덤 신호로서 묘사되는 것이 더욱더 바람직할 것이다. 이러한 노면의 러프니스를 랜덤과정으로서 시뮬레이션 하기 위한 방법으로 가장 효과적인 것은 삼각함수의 조합으로 표현하는 것이다. 즉 사인과 같은 삼각함수를 이용하여, 확률론적인 과정으로 표현하는 것이다. 이에 대한 방법으로 Shinozuka(1972) 는 랜덤과정의 시뮬레이션에 이 방법을 적용하였다. 즉 PSD 러프니스를 노면의 회전주파수로 나타낼 수 있다고 가정하여, 거친 노면에 의해 형성된 일시적인 랜덤 가진을 다음과 같이 나타내고 있다.

$$h(x) = \sum_{k=1}^N A_k \sin(w_k x - \phi_k)$$

여기서 N 은 양의 정수이고 k 는 0 에서 2 까지 범위에서 일정하게 분포되어 있는 독립 랜덤 변수이다. 또한 k 는 이산 주파수로서 다음과 같다.

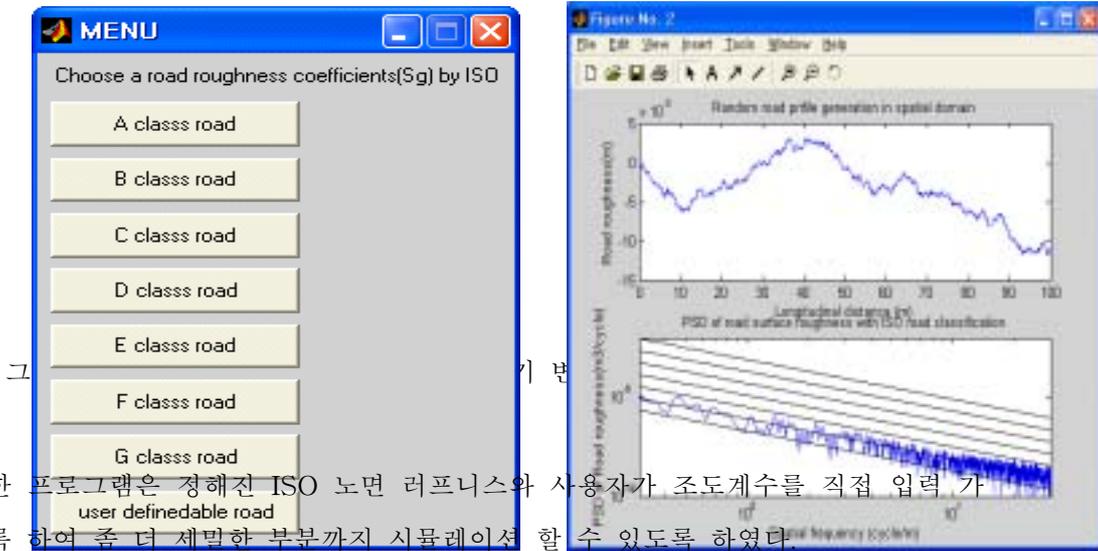
Ω

주파수간격 와 $w_k = w_{\frac{1}{2}} + (k - \frac{1}{2})\Delta w$ 유의적인 값을 가지는 곳에서의 주파수 범위는 $\Delta w = (w_m - w_n) / N$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

따라서 거리가 x 인 노면의 러프니스, $h(x)$ 는 각 주파수에서 노면의 높이 계산을 산술적으로 더함으로서 계산할 수 있다. $A_k = \sqrt{2\Phi_h(w_k)\Delta w} = \sqrt{2\Phi_h(\Omega_k)\Delta\Omega}$

마) 임도 노면 러프니스의 생성과 검증

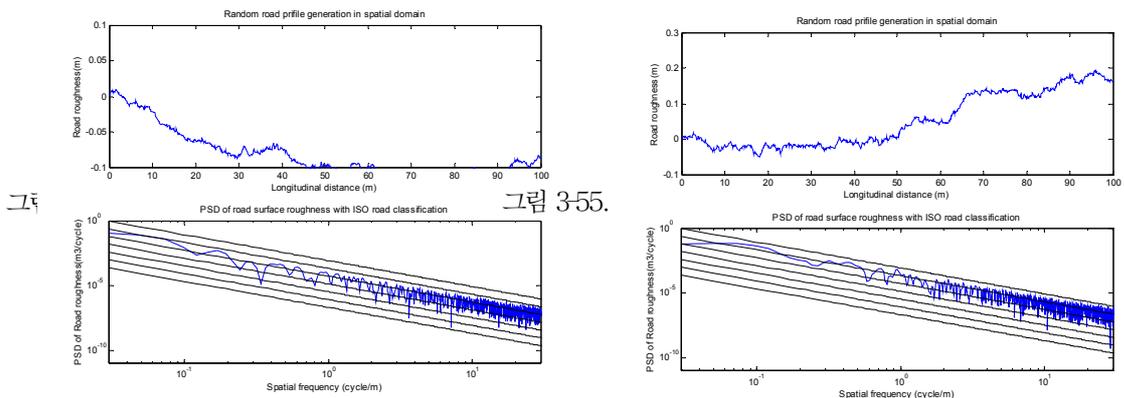
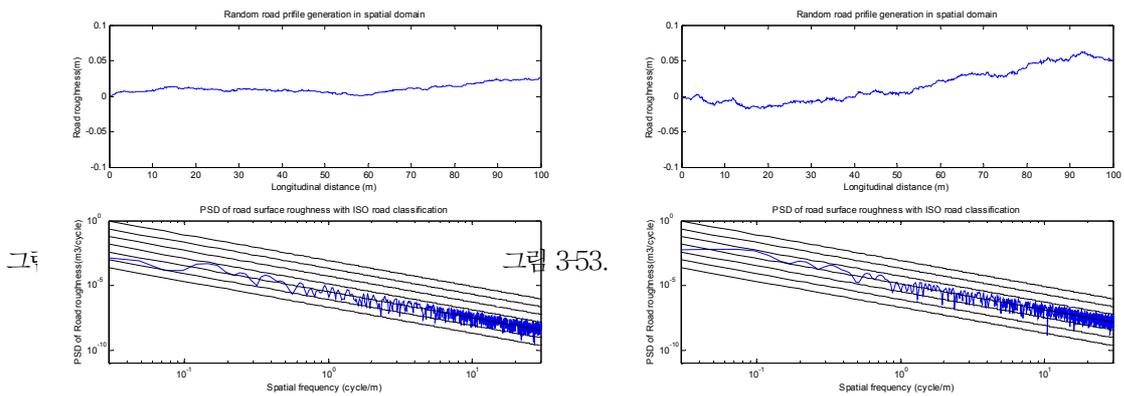
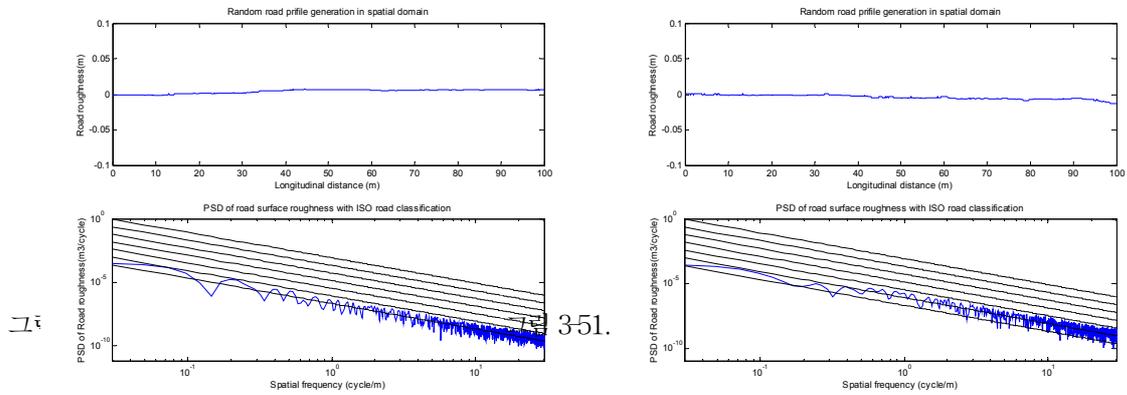
인공적인 임도 노면의 러프니스는 식을 이용하여 생성하였으며, 이때 필요한 랜덤수는 임도 노면 생성에 사용된 Matlab 프로그램의 랜덤수 발생기를 이용하여 생성시켰다.



개발한 프로그램은 정해진 ISO 노면 러프니스와 사용자가 조도계수를 직접 입력 가능하도록 하여 좀 더 세밀한 부분까지 시뮬레이션 할 수 있도록 하였다.

또한 생성된 노면의 프로파일이 제대로 시뮬레이션이 수행되었는지를 검증하기 위해 공간주파수 영역에서 PSD로 나타내어 ISO 기준과의 비교를 실시하였다. 그림 3-50~56은 ISO 기준에 있는 노면 분류기준중에서 A등급에서 G등급까지의 노면을 시뮬레이

선 한 결과로 각 등급별 노면 형상을 PSD 형태로 변환한 결과를 함께 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 등급별 노면의 형상은 공간 주파수상에서 PSD형상을 보아 입력 시에 정의한 노면 등급과 매우 잘 일치하고 있는 것을 보아 시뮬레이션이 제대로 수행되었음을 알 수 있었다.



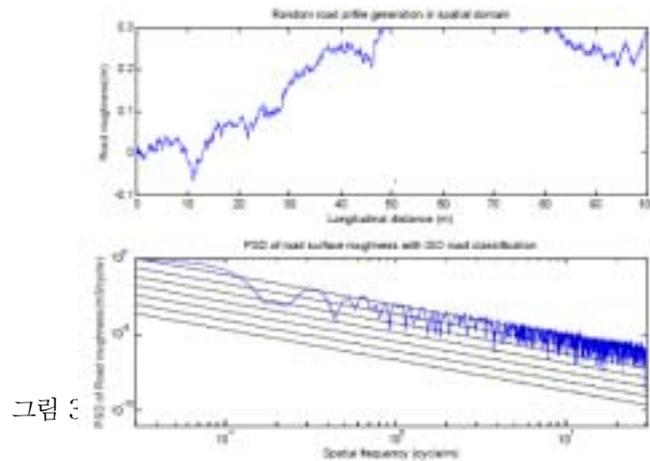


그림 3

차량계 임업기계의 동특성 해석 및 좌석진동의 예측시에 필요한 입력원인 노면의 러프니스는 실제 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행할 수도 있지만 다양한 조건에서의 예측결과를 유도하여 보다 나은 설계를 하기 위해서는 좀 더 다양한 노면의 조건이 요구된다. 이에 본 연구는 차량계 임업기계의 동특성 해석과 좌석진동 예측 시뮬레이션에 필요한 노면을 가상으로 구성하기 위해 Matlab 기반의 노면 생성 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 개발한 프로그램은 다양한 시뮬레이션 조건을 구현할 수 있도록 도로 노면 조도 계수를 사용자가 직접 입력하는 것과 ISO 노면 분류 기준에 의거한 노면 등급을 자동적으로 생성할 수 있는 메뉴를 선택할 수 있도록 하였다. 따라서 개발한 인공 노면 생성 프로그램은 차량계 임업기계의 사용지인 임도, 작업로, 임내 등의 노면 형상을 재현 할 수 있기 때문에 좀더 차량계 임업기계만이 가진 운용조건들을 충분히 고려한 차량계 임업기계의 설계에 매우 유용한 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 다양한 노면 재현성으로 임업기계의 설계에 좀더 세분화된 예측이 가능할 것으로 기대된다.

다. 동적모델의 검증에 위한 실차 범프 테스트

개발중인 동적모델의 검증을 위해서는 시뮬레이션 조건과 같은 실차 테스트를 거쳐 모델의 타당성을 검증할 필요가 있다. 이를 위해 아직 동적시뮬레이션이 완성이 되지 않았지만 추후 비교검증을 하기 위해 실차 범프 테스트를 실시하였다.

실차 테스트에 필요한 실험장치는 그림 3-57에서와 같이 좌석에 설치된 좌석진동계로 부터 나온 가속도 신호를 앰프를 거쳐 데이터 레코더에 입력한 후 실험실에서 다시 재생 반복하여 분석을 실시하였다.

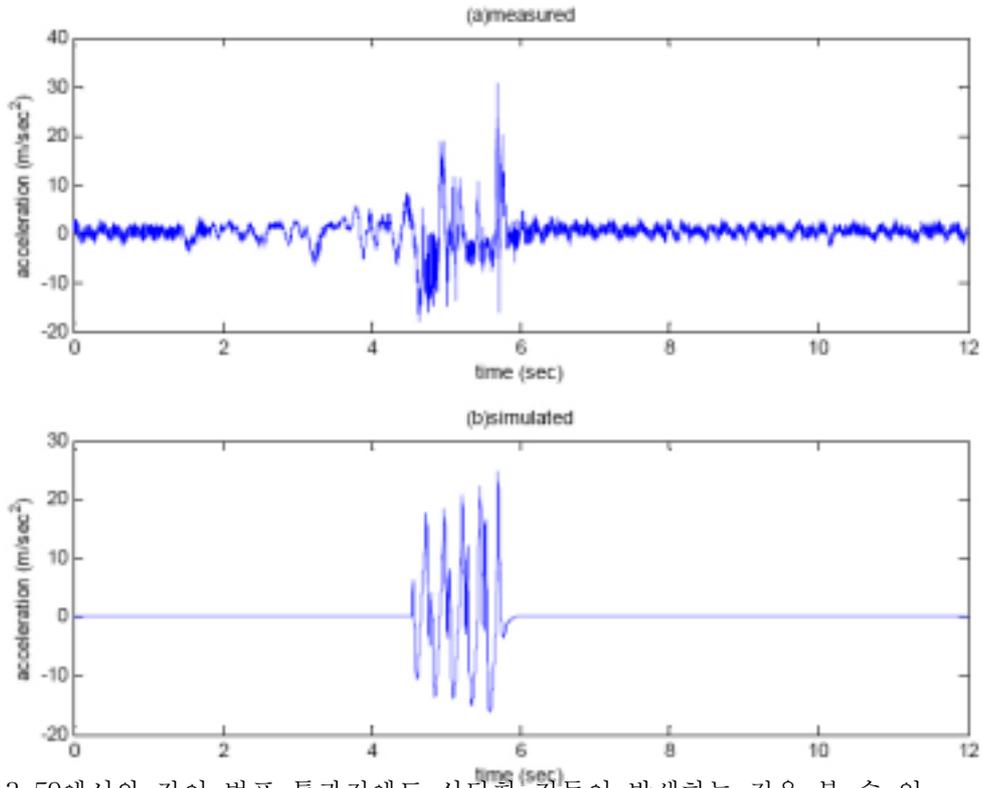


그림

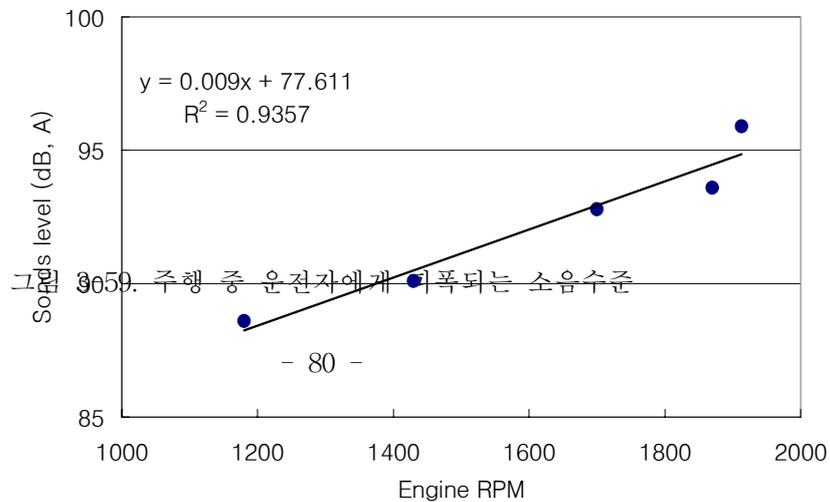
가속도계의 설치는 좌석에 3축가속도계를 그리고 적재함 후면부에 1축 가속도계를 설치하여 총 4채널의 가속도 신호를 측정하였다. 그러나 동적모델의 검증시에는 좌석의 수직방향 가속도만을 주 대상으로 검증하였다. 사용된 범프는 폭이 50cm 이고 높이가 5.4cm인 반사인 형태의 목재 범프를 콘크리트 노면에 앵커볼트로 고정시킨 후 실험을 실시하였다.

측정 분석된 신호의 결과는 다음과 같다. 그림 3-58에 나타난 것은 좌석부분의 수직 진동을 시간영역에서 실측한 것과 예측한 것을 비교한 것이다.

비교적 잘 일치하고 있으며 이를 통해 시뮬레이션 모델의 타당성을 확인 할 수 있었으며 보다 실제적이 파라메타의 추정 및 측정으로 보다 정확하고 실제에 가까운 시뮬레이션이 가능할 것으로 판단된다.



현재 그림 3-59에서와 같이 범프 통과전에도 상당한 진동이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이것은 현재 임내작업차에 사용되는 엔진이 경운기용 디젤 엔진으로 매우 큰 진동과 소음이 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 이에 운전 작업시 발생하는 소음을 측정하였다. 소음측정은 A, B, C 가중함수기능이 내장된 보통 소음계를 사용하였다. 가중치는 A특성으로 측정하였다. 측정시 엔진 회전수를 1,180rpm부터 1,913rpm 까지 올리면서 그때의 소음을 측정하였다.



상용으로 사용하는 1,800rpm 부근에서부터 2,000rpm 까지의 경우는 95dB를 넘는 경우가 있어 1시간이상 연속작업을 하는 경우에는 청력에 안좋은 영향을 미칠 수 있을 정도로 판단되었다. 따라서 2년차 시작기는 비교적 소음이 적은 가솔린 엔진으로 대체 제작하였다.

라. 임내작업차의 주행속도 및 원치건인 속도 측정

1) 임내작업차의 주행속도 측정

주행속도는 콘크리트 노면과 일반 흙길에서 측정하였다. 줄자를 통해 10m 구간을 설정한 후 10m를 통과하는데 걸린 주행시간을 통해 주행속도를 계산 하였다. 주행속도 측정 조건으로는 노면이외에 엔진 회전수 주변속 부변속을 변화 시켜 가면서 속도를 측정 분석 하였다.

표 3-25. 임내작업차의 주행조건별 주행속도

노 면	엔진 회전수 (rpm)	주변속 위치	주행속도(m/sec)	
			저 속	고 속
흙길	1800	1단	0.27	0.44
		2단	0.55	0.90
		후진	0.29	0.48
		1단	0.30	0.48
콘크리트	2000	2단	0.60	0.97
		후진	0.32	0.52
		1단	0.26	0.43
		2단	0.53	0.87
	1800	후진	0.28	0.45
		1단	0.30	0.50
		2단	0.60	1.02
		후진	0.32	0.53

2) 임내작업차의 원치건인 속도

원치의 견인속도는 목재를 부가하지 않은 공주행시의 원치의 회전속도를 측정하였다. 엔진회전수를 1,800과 2,000rpm의 2수준에서 측정된 결과 감기의 풀기 속도는 같으며 변속레버의 위치에 따라 0.7~1.74m/sec의 속도를 나타내었다.

마. 구동장치 작업부하 측정분석

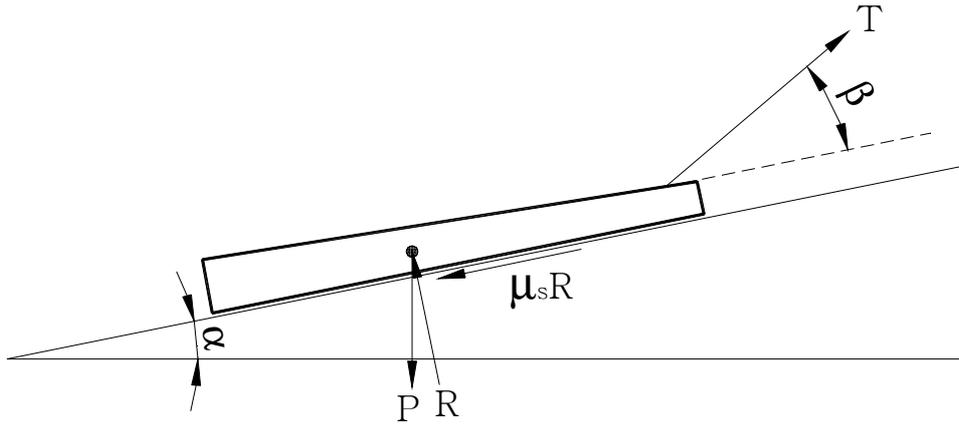
구동장치의 작업부하측정분석은 구동륜에 토크를 측정 할 수 있는 휠토크 메타를 장착하여 작업 조건 및 주행조건에 따라 구동륜에 걸리는 토크를 측정하여, 신호분석을 통해 축 설계에 관한 설계기초자료 또는 미션의 제작 등에 관한 기초 자료로 활용되는 것이 보통이다. 그러나 휠 토크 측정장치의 가격이 매우 고가이고, 제작하여 사용할 시에는 매우 민감한 작업을 요한다. 또한 본 연구의 경우 휠 타입의 차량이 아닌 트랙형의 차량이라서 휠 토크 메타를 제작하여 설치할 경우, 궤도의 동력전달에 문제가 생기기 ,

고 이를 해결하기 위해서는 한쪽 또는 양쪽 모두의 구동륜과 아이들러 내륜 등을 모두 연장하여야 하는 경우가 발생하기 때문에 본 연구의 예산으로는 매우 어려운 일로 판단되어 견인력에 대한 특성을 구하여 집재작업조건을 구하고자 한다

산림지역에서 사용되고 있는 임내작업차의 효율적이고 안전한 사용과 성능개선을 위한 재설계 및 구조변경을 고려할 때 필요한 정보를 얻기 위한 목적으로 견인목 및 임내작업차의 역학분석모델을 이론적으로 유도하였다. 탑재기관의 구동력, 주행장치의 점착력 및 전도에 대한 안정성의 조건으로부터 임내작업차의 최대 견인력을 제한하는 인자를 구하고 이를 통해 임내작업차의 한계견인력과 등판한계식을 이론적으로 구하여 1) 임내작업차의 최대견인력의 이론적 해석 효율적목재 집재작업조건에 필요한 견인력 본 연구의 목적이다.

지면과 접촉하여 견인되는 경우에는 그림 3-60과 같이 원치의 설치위치가 지면으로부터 일정한 높이를 가지므로, 견인하는 거리에 따라 견인줄과 목재가 견인되는 지면과 항상 임의각 β 를 가지게 된다. 또한 목재의 하중을 P , 하중에 대한 지면 반력을 R , 견인하는 견인줄의 장력을 T , 지표면의 경사를 α , 목재와 지표면간의 마찰계수를 μ_s 라고 할 때 다음의 식이 성립한다.

$$\beta \quad \begin{aligned} \sum F_x = 0 & \quad T \cos \beta - \mu_s R - P \sin \alpha = 0 \\ \sum F_y = 0 & \quad T \sin \beta + R - P \cos \alpha = 0 \end{aligned}$$



위의 두 식을 μ_s , T 와 P 에 대해서 풀면 다음과 같다.

$$T = \frac{P (\mu_s \cos \alpha + \sin \alpha)}{\cos \beta + \mu_s \sin \beta}$$

$$\mu_s = \frac{T \cos \beta - P \sin \alpha}{P \cos \alpha - T \sin \beta}$$

$$P = \frac{T (\mu_s \sin \beta + \cos \beta)}{\sin \alpha + \mu_s \cos \alpha}$$

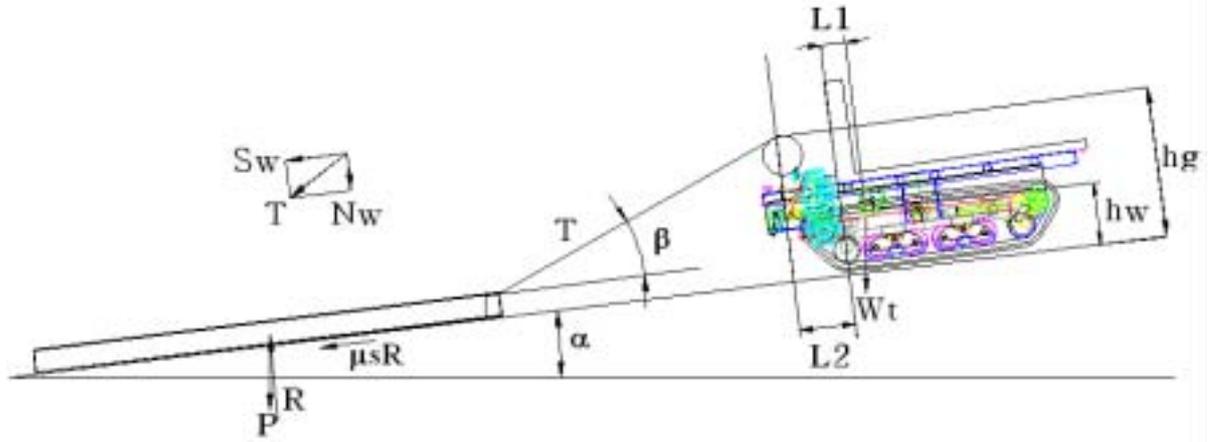
나) 목재의 지면끌기집재에 필요한 견인력

임내작업차의 윈치에 의해 지면과 접촉하여 목재가 견인되는 경우에는 그림 3-61과 같이 윈치의 설치위치가 지면으로부터 일정한 높이를 가지므로, 견인하는 거리에 따라 견인줄과 목재가 견인되는 지면과 항상 임의각 β 를 가지게 된다.

또한 목재의 하중을 P , 하중에 대한 지면 반력을 R , 견인줄의 장력을 T , 지표면의 경사를 α , 목재와 지표면간의 마찰계수를 μ_s 라고 할 때 견인줄에 걸리는 장력은 다음과 같다.

$$T = \frac{P (\mu_s \cos \alpha + \sin \alpha)}{\cos \beta + \mu_s \sin \beta}$$

□



다) 짐재원치를 장착한 임내작업차 최대견인량

임내작업차의 최대 견인력을 제한하는 인자는 탑재기관의 구동력, 주행장치의 점착력 및 주행사면의 기울기와 목재와 같은 하중의 견인에 의해 생기는 전도에 대한 안정조건 3가지를 고려할 수 있다. 따라서 임내작업차가 견인할 수 있는 목재의 양은 위의 3가지 조건으로부터 구해진 값들 중에서 가장 작은 값에 의해 제한되게 된다.

(1) 기관의 최대토크에 의해 제한되는 최대견인력

임내작업차의 최대 추진력은 차륜과 접촉하고 있는 토양의 전단력으로부터 발생하는 수평분력으로서, 임내작업차의 최대 추진력은 차륜의 주행저항을 극복하는데 그 일부가 사용되며, 나머지는 견인력 등 실제로 유용한 힘으로써 사용된다. 그러므로 차륜에 의해 발생하는 견인력과 임내작업차의 최대 추진력 및 주행저항 사이의 관계를 통해 최대 견인줄 장력 T 에 의해 견인되는 목재의 한계견인량 P 는 다음과 같다.

$$P_{\max, e} = \frac{\left[\frac{T_{\max} \cdot N \cdot \eta}{r} - W_t(f_r \cos \alpha + \sin \alpha) \right] (\mu_s \tan \beta + 1)}{(\sin \alpha + \mu_s \cos \alpha)(f_r \tan \beta + 1)}$$

(2) 임내작업차의 주행장치 점착력에 의해 제한되는 최대견인력

임내작업차 기관의 출력이 충분히 커서, 구동차축으로 전달된 구동토크를 추진력으로 전환할 수 있는 주행장치의 점착력에 의한 추진력이 엔진의 토크보다 작다면, 주행장치의 점착력에 의한 추진력에 의해서 견인성능이 제한된다. 임내작업차의 주행장치 점착력에 의해 제한되는 견인줄장력 T 에 의해 견인되는 목재의 한계견인량 P 를 구하면

$$P_{\max, a} = \frac{W_t(C_t - \tan \alpha)(\mu_s \tan \beta + 1)}{(1 - C_t \tan \beta)(\mu_s + \tan \alpha)}$$

여기서, C_t : 임내작업차의 견인계수($-f_r$)

¶

(3) 전방전도에 대한 안정조건에 의해 제한되는 최대견인력

전방전도에 대한 안정조건에 의해 제한되는 한계견인력은 원치를 장착한 임내작업차에서는 원치가 전방에 설치되어 있기 때문에, 임내작업차가 목재의 견인저항으로 인해 발생하는 장력 T 에 의해 전도되지 않기 위한 조건으로부터 구한 최대 견인출장력에 의해 견인되는 목재의 한계견인량 P 를 구하면 다음과 같다.

$$P_{\max, o} = \frac{W_t(L_1 - h_g \tan \alpha)(\mu_s \tan \beta + 1)}{(\tan \alpha + \mu_s)(L_2 \tan \beta + h_w)}$$

라) 임내 작업차의 최대견인량 예측

임내작업차의 최대견인량에 대한 이론적 해석결과 구해진 식을 이용하여, 지면끝기 집재의 최대견인량을 예측하였다. 그 결과 모든 수종에 있어서 주행장치의 점착력에 의해 제한되는 한계견인량이 가장 작은 값을 나타내어, 기관의 출력이 상대적으로 크더라도 주행장치의 점착력에 의해 한계 견인량이 결정되어지는 것으로 분석되었으며, 평지에서 견인할 경우 수종별로 임내작업차 자체무게의 약 77~85%까지는 견인할 수 있는 것으로 분석되었다. 그 결과는 그림 3-62와 같다.

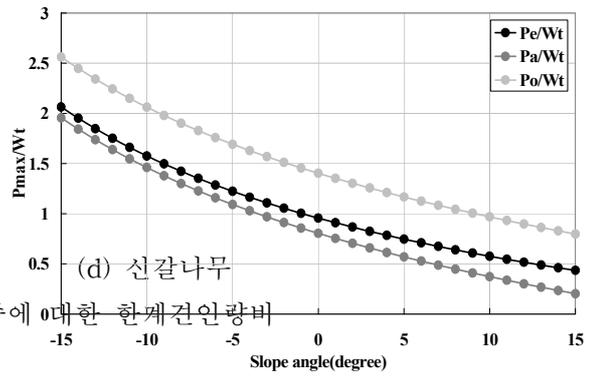
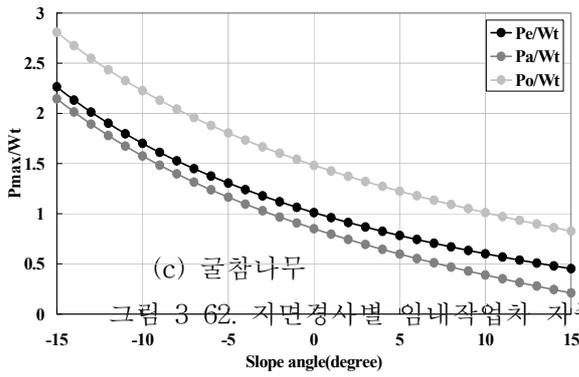
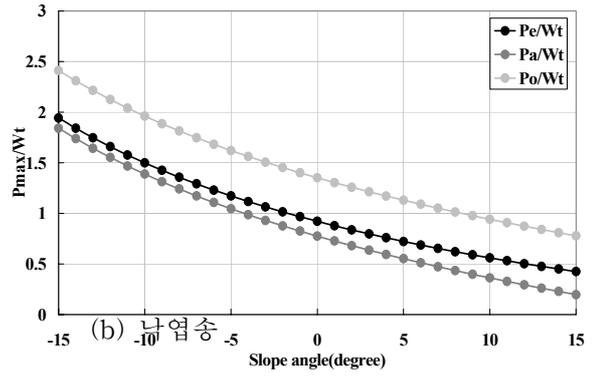
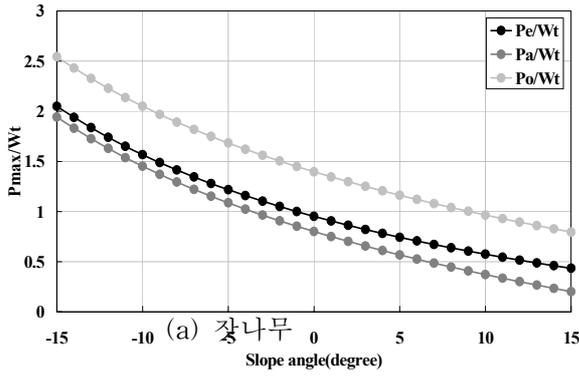


그림 3-62. 지면경사별 임내작업차 자중에 대한 한계조건인량비

4. 2차 시작기 임내작업차 안정성, 주행성능 시험

임내 작업 차량은 험준한 지형에서 작업하는 시간이 많기 때문에 일반 차량보다 안정성이 중요하다. 또한, 목재를 적재하지 않고 주행하는 경우가 많기 때문에 공차시의 안정성은 더욱 중요하다고 하겠다. 목재를 후면에 적재하는 방식은 공차시 전방에 무게 중심이 많이 쏠려있기 때문에 안정성의 문제가 제기되었다. 궤도의 길이를 증가시켜 안정성을 증가시킬 수는 있으나 많은 비용이 소요되기 때문에 현실적으로 어렵다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 적재 방식을 측면적재로 바꾸어야 한다. 측면 적재에서 고려해야 할 사항은 공차시와 목재 적재시 모두 안정적이어야 한다는 것이다. 이를 위해서는 무게 중심이 차량의 중앙에 오도록 하여야 한다. 측면 적재는 한 쪽에는 목재가 다른 한 쪽에는 엔진과 원치 등의 부품들이 배치되어 있어 무게 중심이 중앙에 위치하기 때문에 안정성을 증가 시키는데 효과적이라고 할 수 있다.

2차 시작기의 차량 안정성을 평가하기 위하여 측면 적재 방식의 시작기를 기본으로 시뮬레이션 모델을 개발하고, 시뮬레이션을 통하여 동적으로 안정성이 높은 차량을 개

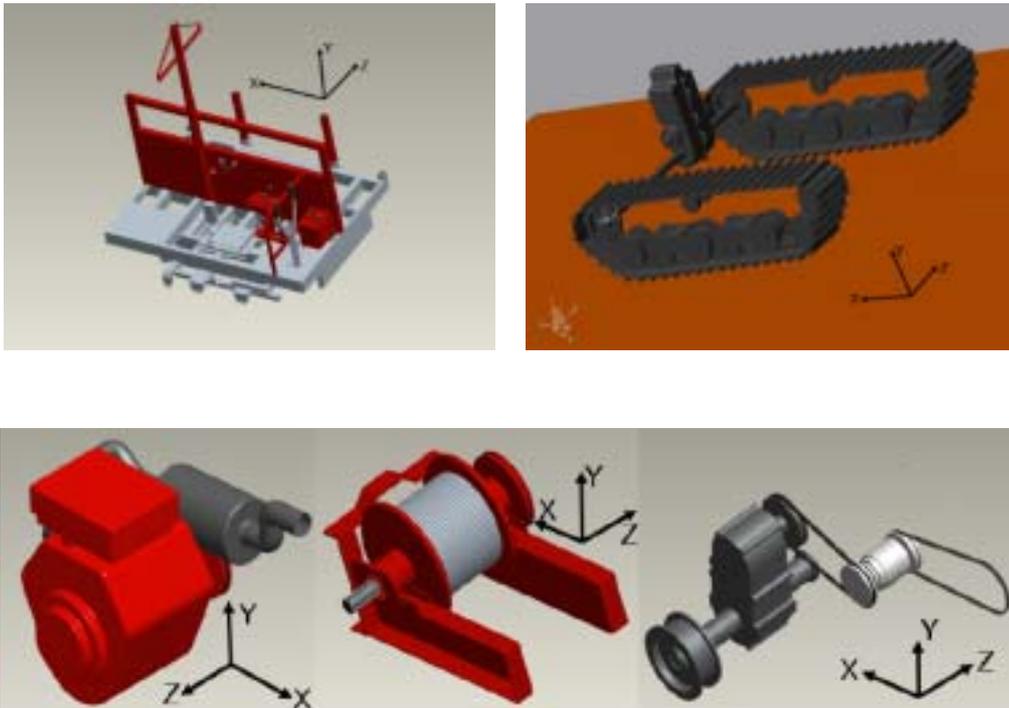
말하였다. 또한, 이를 이용하여 임내차 시작기의 안전 주행 영역을 구명하고자 하였다.

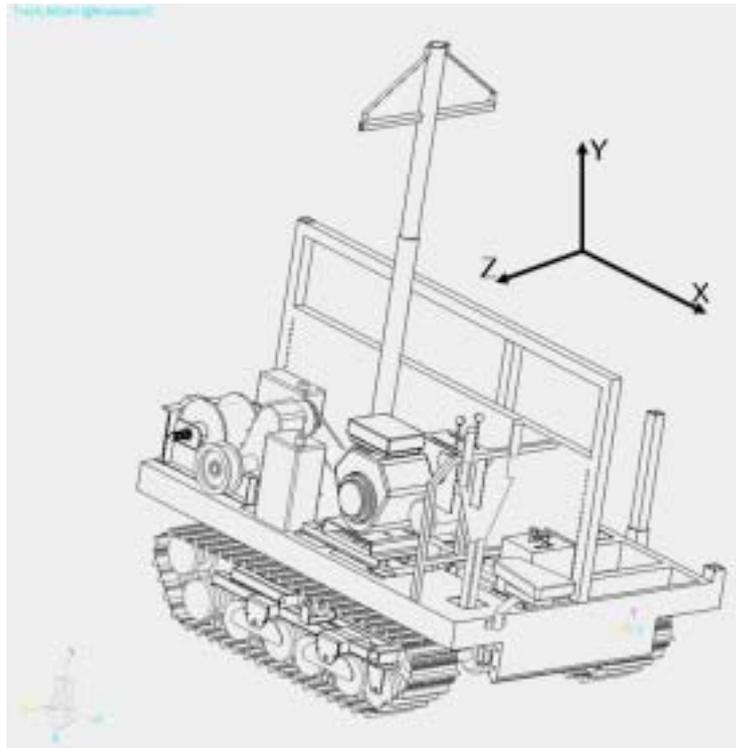
2차 시작기의 구조는 주로 1인 작업이 가능하며 2m 이하의 좁은 노면을 주행할 수 있는 궤도형 차량이다. 궤도 시스템은 일반적인 저속용 궤도 시스템으로서 스프라켓의 열 수가 한 줄이다. 트랙부(Track)와 샤시부(Chassis)로 구성되어 있고 샤시부에는 엔진, 원치, 변속장치 등이 장착되어 있고, 원목을 적재할 수 있는 적재함이 있다.

가. 임내작업차의 동적 모형

2차 시작기의 동적 모형은 크게 차체부, 궤도부, 엔진부, 원치부, 변속부로 구분하고 각 부분을 모형화한 후 이를 결합하는 방법으로 개발하였다. 좌우 궤도부는 46개의 궤도 링크, 6개의 로드 휠, 1개의 지지 롤러, 1개의 스프로킷으로 구성하였다. 각 모형은 설계 도면을 이용하여 실물의 형상대로 작성하였으며, 모형화를 위한 프로그램은 Solid Edge V8.0(UGS, 2000)을 이용하였다. 모형에 사용된 강재는 7800 kg/m^3 으로 하였다.

그림 3-63과 3-64는 각각 위의 방법으로 개발한 차체부, 궤도부, 엔진부, 원치부, 변속부의 모형과 이를 결합한 임내차의 모형을 나타낸 것이다.





그림

나. 구성 부분의 모형 검증

표 3-22는 임내작업차를 구성하는 각 부분에 대한 실제 중량과 모형으로 예측한 중량을 비교하여 나타낸 것이다. 모형의 %오차 범위는 원치 변속기 부분에서 가장 크게 나타났으나 모형의 유효성을 인정하는데 무리가 없는 것으로 판단된다.

표 3-26. 구성부의 무게 비교.

구성	프로트 타입	모델	오차
원치 (N)	363.95	363.97	0.005%
트랙 (N)	1638.3	1616.1	1.36%
엔진 (N)	388.5	386.3	0.57%
T/M (N)	384.6	405.5	5.43%
합계 (N)	8093.3	8096.8	0.04%

다. 시뮬레이션

모형을 이용하여 시작기가 80mm 높이의 원형 범퍼를 통과할 때 전도에 대한 안정성을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 상용화된 프로그램 RecurDyn 6.0(Functionbay, 2005)을 이용하였다.

라. 안정성 분석

횡전도가 일어나기 쉬운 경우는 임내 차량이 등고선 방향으로 주행할 때 경사 위쪽의 스프라켓 부위가 장애물과 충돌하는 경우이다. 횡전도 시뮬레이션 프로그램에 임내 작업 차량의 설계 조건으로서 무게 중심의 위치와 각 스프라켓 사이의 거리, 주행 조건으로서 주행 속도, 지면 경사각, 장애물의 길이와 높이를 입력하고, 주행 방향에 따른 임내 작업 차량의 횡전도 한계 영역을 예측하였다. 지면은 RecyrDyn 6.0(Functionbay, 2005)을 이용하여 3차원으로 모델링하고 시뮬레이션을 통하여 지면의 경사도에 따라 안정성을 평가하였다.

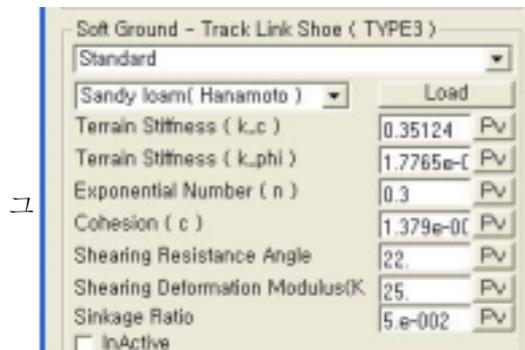
1) 지면 모형화

우리나라 산악 지대의 토양을 사양토로 가정하고 지면을 모형화 했으며 토양의 전단 응력과 전단 변위의 관계는 Janosi-Hanamoto(1961)가 제시한 식을 사용 하였다. 그림 3-65는 RecurDyn 6.0(Functionbay)에서 사용한 물리적 파라미터 값을 나타내고 있다.

$$\tau = (c + p \tan \phi) (1 - e^{-j/k})$$

여기서, $k =$ $c =$, $\phi =$, $j =$,
 (shear deformation modulus)

점성계수 마찰계수 변형량
 전단변형계수



그

2) 적재 목재 모형화

적재함에 적재되는 목재는 3D 모델에서 모델링한 목재의 형상과 물리적 속성을 동역학 프로그램에 입력하여 사용하였다. 목재는 적재함과 일체로 고정하여 궤도와 장애물이 충돌할 때 발생하는 충격의 영향을 받지 않도록 하였다. 그림 3-66은 목재의 모형을 보여주고 있으며, 그림 3-67은 RecurDyn 6.0에서 구한 적재 목재의 질량과 무게 중심, 질량관성모멘트를 나타낸 것이다.

3) 지면 장애물의 모델링

주행 시뮬레이션에서 임내 차량이 주행하는 지면은 사양토로 하였다. 사양토 위에 장

애물을 모델링 하였으며, 그 모양은 그림 3-68과 같다. 장애물은 지면과 같은 사양으로 되어있는 토양 범퍼와 강체로 되어있는 강체 범퍼 두 가지 재질로 하였다. 그 이유는 실험 대상으로 선정한 그림 3-68의 (a)와 같은 모양의 원형 범퍼는 지면과 같은 재질 일 경우에만 모형화가 가능하기 때문이다. 따라서 강체 범퍼를 그림 3-68의 (b)와 같이 높이와 폭이 같은 구의 형태로 모델링하여 토양으로 된 범퍼와의 차이를 비교하였다.

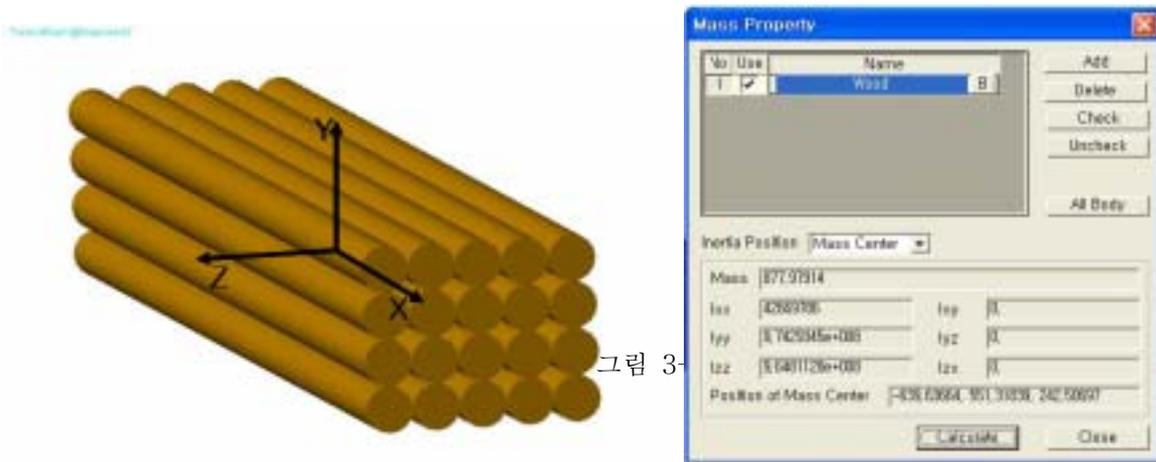
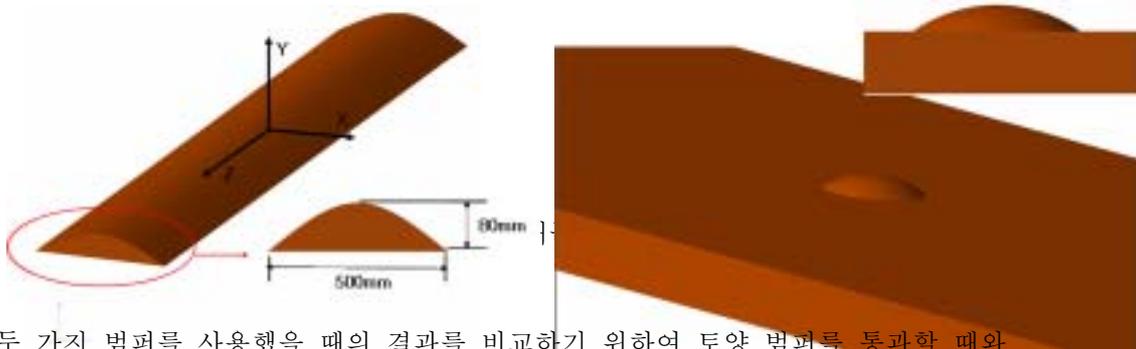


그림 3-



이 두 가지 범퍼를 사용했을 때의 결과를 비교하기 위하여 토양 범퍼를 통과할 때와 강체 범퍼를 통과할 때의 안전 영역을 모두 구하였다. 그림 3-69, 70은 2차 시작기의 범프 통과 시험을 나타낸 것이다.



그

그림 3-7



4) 케도의 링크 핀과 스프라켓, 롤러 및 그라우저와 토양과의 접촉 변수 결정 방정식

$$f_n = k\delta^{m1} + c \frac{\dot{\delta}}{|\dot{\delta}|} |\delta|^{m2} \dot{\delta}^{m3}$$

, $k = \dots$, $c = \dots$,
 $\delta, \dot{\delta} = \dots$,
 $m1, m2, m3 = \dots$

여기서 스프링 계수 댐핑 계수

스프로켓, 롤러, 롤러가드 등은 위의 식과 같은 접촉력을 통하여 정의한다. 속도의 계수는 컴퓨터 시뮬레이션상에서 시행착오법으로 결정하였다. 단품 사이의 주요 접촉은 그림 3-71과 같은 스프라켓과 트랙 링크 사이의 접촉과 그림 3-72와 같이 지지 롤러와 링크사이의 접촉이다.

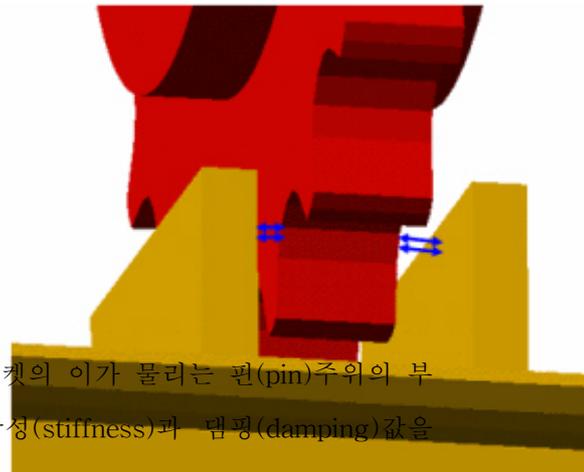
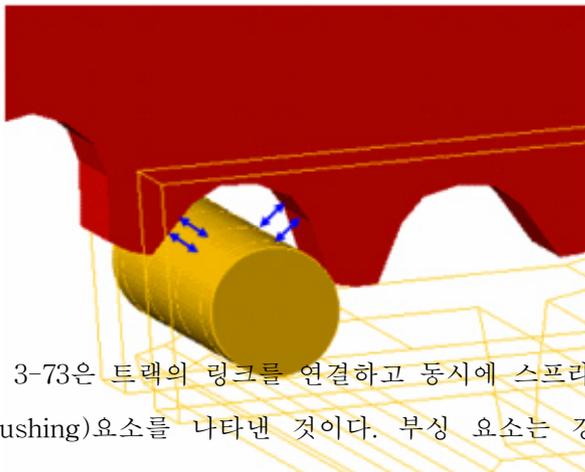
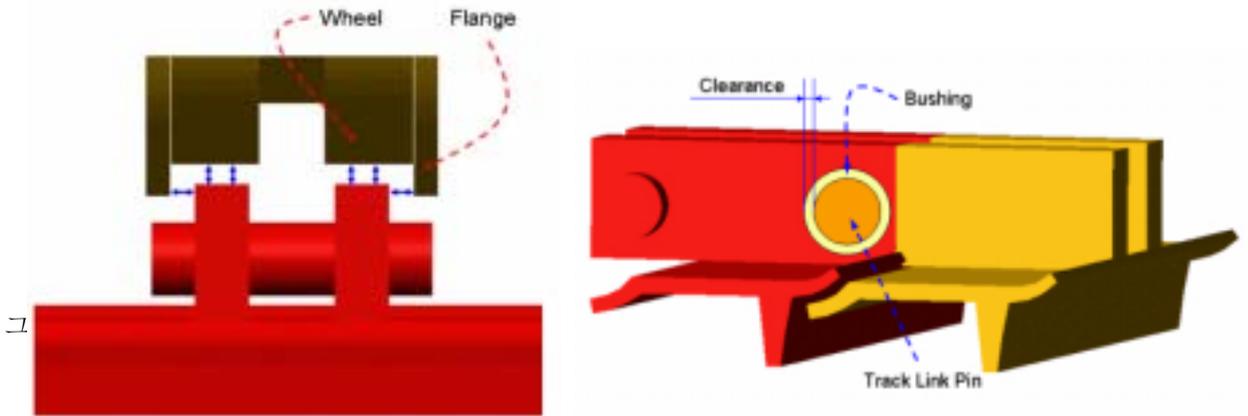
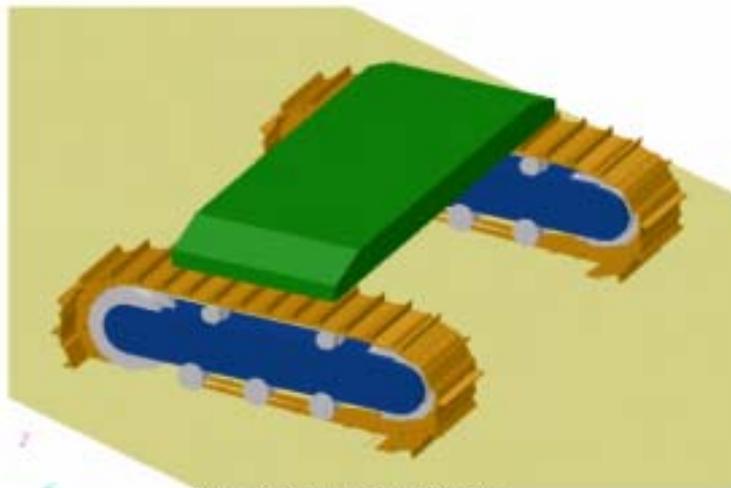


그림 3-73은 트랙의 링크를 연결하고 동시에 스프라켓의 이가 물리는 핀(pin)주위의 부싱(bushing)요소를 나타낸 것이다. 부싱 요소는 강성(stiffness)과 댐핑(damping)값을

가지며, 이 값은 시험과 시행착오법으로 구한다. 실제 차량에 가속도계를 설치하여 특정 지형을 주행하고 측정 가속도와 같은 조건에서 시뮬레이션한 가속도가 일치하도록 강성과 댐핑 값을 구한다. 지면과 그라우저 사이의 접촉은 상대적으로 복잡하다. 그림 3-74는 지면과 그라우저 사이의 접촉을 나타낸 것이다. 토양 지면 위에 강체 범퍼를 모델링하기 위하여 그림 3-74(a)와 같이 그라우저에 강체로 된 구를 접촉하는 방법을 사용 하였다.



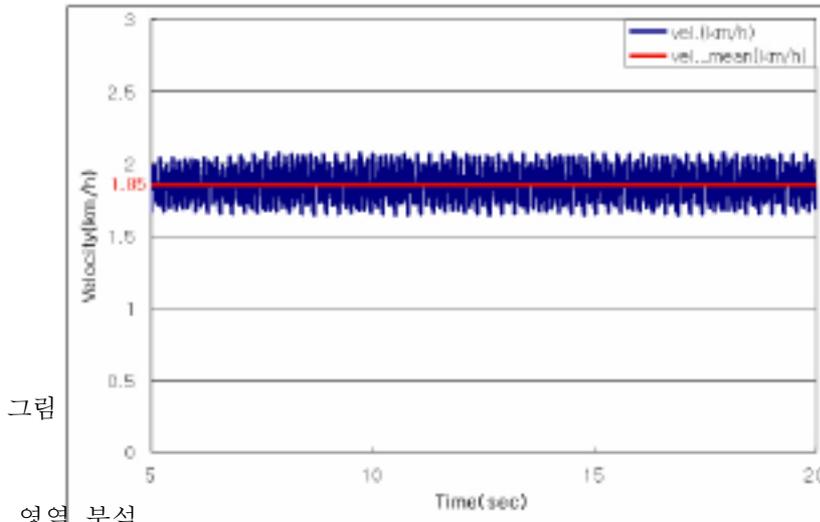
(a) 그라우저와 강체 지면의 접촉



(b) 그라우저와 토양 지면의 접촉

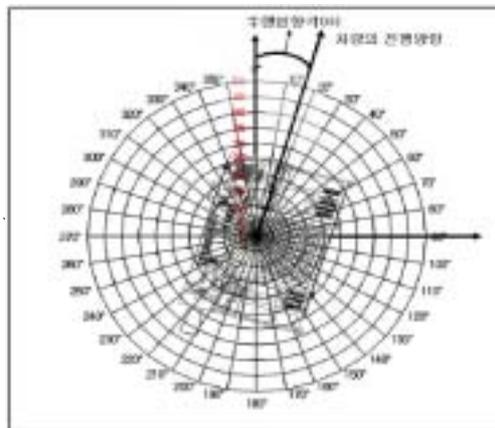
5) 주행 속도

시뮬레이션에서의 주행속도는 시작기의 주행속도 실험을 통하여 얻은 데이터를 이용하였다. 주행속도는 적차와 공차에서 속도의 차이는 조금 있지만 전체적으로 큰 차이가 없었다. 주행 방향이 상향 일 때 공차시 임도에서 주행속도는 1.6~5.4km 이고 하향일 때는 1.7~5.8km 로 조금 빠르다. 임도와 작업로에서의 주행속도는 거의 비슷하며 적차와 공차에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 작업로에서의 실제 주행은 안전을 고려하여 최저속 주행을 한다고 가정하고 주행 속도를 $1.85km/h$ 로 하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과는 그림 3-75와 같다.

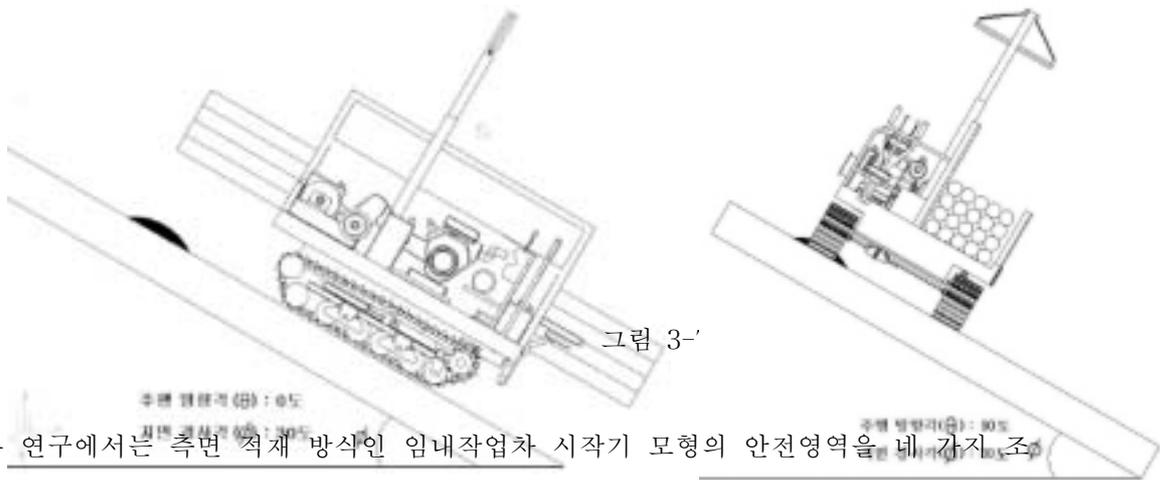


6) 안전 작업 영역 분석

임내차 시작기의 안전 영역을 구하기 위하여 0° 를 기준으로 10° 간격으로 주행 시뮬레이션을 실시하였다.



각 주행방향에 대한 범퍼의 위치는 차량의 진행 방향과 90°가 되도록 고정하여 동일한 조건을 유지하였다. 범퍼는 경사방향의 위쪽에 있는 궤도에만 접촉하게 하였다. 즉, $0^\circ < \theta < 180^\circ$ 일 때는 차량의 후면에서 보았을 때 왼쪽 궤도에 범퍼가 접촉하며 $180^\circ < \theta < 360^\circ$ 일 때는 오른쪽 궤도에 범퍼가 접촉한다. 단, 0° 와 180° 일 때는 양쪽 궤도 모두가 범퍼에 접촉한다. 그림 3-76에서 방사 방향은 임내 작업 차량의 주행 방향을 나타내며, 동심원의 크기는 지면의 경사도를 나타낸다. 각 주행 방향에서 임내작업차 시작기가 전도되는 지면의 기울기를 구하였다. 횡전도 한계 경사각을 연결한 내부 영역은 횡전도가 일어나지 않는 안정 영역이 되며, 외부 영역은 횡전도가 일어날 가능성이 있는 불안정 영역이 된다. 그림 3-77은 주행방향각이 0° 이고, 지면 경사각이 30° 일 때 차량의 주행 시뮬레이션이며, 그림 3-78은 주행방향각이 90° 이고, 지면 경사각이 30° 일 때 차량의 주행 시뮬레이션이다.



본 연구에서는 측면 적재 방식인 임내작업차 시작기 모형의 안전영역을 네 가지 조건에서 구하였다. 그 조건은 다음과 같다.

- 범퍼는 강체, 지면은 토양이고, 공차일 때.
- 범퍼와 지면이 모두 토양이고, 공차일 때.
- 범퍼는 강체, 지면은 토양이고, 3.6m 목재를 4단 적재 했을 때.
- 범퍼와 지면이 모두 토양이고, 3.6m 목재를 4단 적재 했을 때.

가) 범퍼는 강체, 지면은 토양이고, 공차일 때

그림 3-79는 목재를 적재하지 않은 차량이 사양토 지면의 경사 방향에 있는 강체 범퍼를 통과할 때의 안전 영역이다. 주행 방향이 0° 일 때 한계 경사각은 10° 이고 90° 일

때는 44°로 나타났다. 그림 3-80은 주행방향 300°의 한계 경사각에서 측방 전도되는 모습이다.

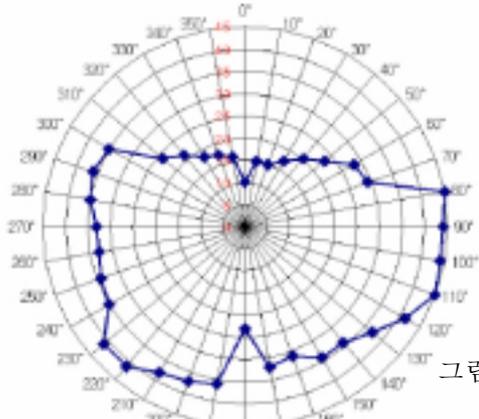


그림 3-27. 공차 상태로 사양토 지면에 있는 강제 범퍼를 통과할 때 안전영역

표 3-27. 공차 상태로 사양토 지면에 있는 강제 범퍼를 통과할 때 안전영역

주행방향각()	한계경사각(MAX)	주행방향각()	한계경사각(MAX)
0°	10°	180°	23°
10°	15°	190°	36°
20°	15°	200°	37°
30°	17°	210°	38°
40°	20°	220°	41°
50°	23°	230°	41°
60°	28°	240°	35°
70°	29°	250°	34°
80°	45°	260°	33°
90°	44°	270°	33°
100°	44°	280°	35°
110°	45°	290°	36°
120°	41°	300°	35°
130°	37°	310°	24°
140°	34°	320°	21°
150°	34°	330°	18°
160°	31°	340°	17°
170°	32°	350°	16°
나) 범퍼와 지면이 모두 토양이고, 공차일 때			

그림 3-81은 공차 상태로 사양토 지면의 경사 방향에 있는 토양 범퍼를 통과할 때의 안전 영역이다. 주행 방향이 0°일 때 한계 경사각은 17°이고 90°일 때는 44°로 나타났다. 그림 3-82는 주행방향 0°의 한계 경사각에서 후방 전도되는 모습이다. 공차 상태에

서 토양범퍼와 강체범퍼 사이에서는 주행 방향이 180°일 때 가장 큰 차이를 보였다. 이는 토양범퍼에서 차량이 주행할 때 180° 방향에서 범퍼의 파괴가 가장 크게 일어났기 때문이라 판단된다.

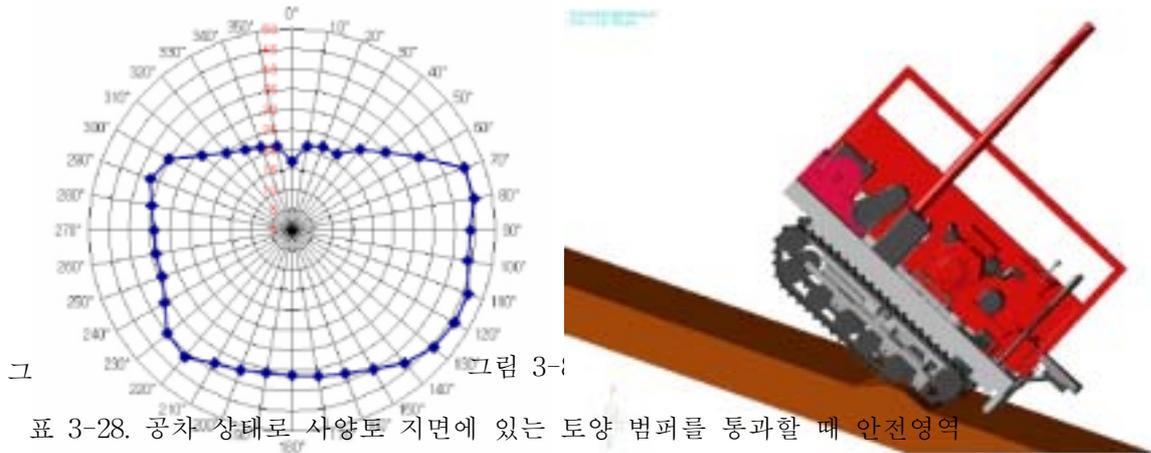


표 3-28. 공차 상태로 사양토 지면에 있는 토양 범퍼를 통과할 때 안전영역

주행방향각()	한계경사각(MAX)	주행방향각()	한계경사각(MAX)
0°	17°	180°	36°
10°	21°	190°	36°
20°	22°	200°	37°
30°	22°	210°	38°
40°	26°	220°	41°
50°	30°	230°	40°
60°	36°	240°	36°
70°	45°	250°	34°
80°	45.5°	260°	34°
90°	44°	270°	34°
100°	44°	280°	35°
110°	46°	290°	37°
120°	46°	300°	35°
130°	45.5°	310°	29°
140°	43°	320°	25°
150°	40°	330°	23°
160°	38°	340°	22°
170°	37°	350°	21°

목재를 적재하지 않은 상태에서는 0°와 180°에서 강제 범퍼를 통과할 때가 토양으로 된 범퍼를 통과할 때보다 작은 경사에서 전도되는 것으로 나타났다. 그 이유는 위에서 언급한 바와 같이 토양 범퍼의 경우 차량이 주행하면서 범퍼를 파괴하고 지나가기 때문인 것으로 판단된다. 또한 목재를 적재했을 때에는 무게중심이 적재함 쪽으로 쏠리기 때문에 90° 영역에서 보다 270° 영역에서 보다 큰 경사일 때 전도 되는 것으로 나타났다.

후면적재 방식의 임내작업차 시작기는 전방부에 무게중심이 쏠리기 때문에 공차 상태로 주행했을 때와 길이가 1.8m 이상인 목재를 적재한 후 주행 했을 때 안정성에 문제가 있었으나 측면 적재 방식의 임내작업차 시작기는 공차 상태로 주행했을 때와 3.6m의 장재를 적재 한 후 주행 했을 때 모두 그림 3-79, 3-81, 3-83, 3-85의 안전영역 이내에서는 안정성에 문제가 없는 것으로 나타났다.

임내작업차의 한계 경사각은 주행 속도, 목재 적재 상태, 범퍼의 형태 등에 따라서 달라지기 때문에 가능하면 다양한 조건에서의 안전 영역을 제시하는 것이 좋다. 하지만 본 연구에서는 주행 속도의 경우 일반적으로 차량이 임내에서 주행하는 속도인 1.8km/h를 주행 속도로 선정 하였고, 목재 적재 상태의 경우 가장 러프한 상태인 길이 3.6m인 목재를 4단 적재했을 경우와 공차로 주행할 경우 두 가지를 선정 하였다. 또한 범퍼 형태의 경우 폭 500mm, 높이 80mm인 토양과 강제 재질의 원형 범퍼를 선정 하였다. 이렇게 총 4가지의 경우에서 각각의 안전 영역을 구하였다.

5. 임내작업차를 이용한 최적 작업로망배치

가. 작업로간격, 작업로배치, 규격 등

작업로망의 충족도를 나타내는 하나의 양적지표로서 통상 노망밀도(road network density)의 개념이 이용되어 진다. 이것은 삼림의 단위면적당의 도로연장(m/ha)으로 나타나며, 노망밀도의 대소는 산지의 개발정도 및 시업의 집약도를 보여 주고 있는 것이다. 이와 같은 노망밀도를 산출하기 위한 방법론적으로는 해석적방법과 경험적방법이 있다.

1) 해석적 방법(이론적방법)

예정개설노선의 노선도를 작성하지 않고 순수하게 계산만으로 이론적 노망밀도를 산출하는 것이며, 이것은 1942년 미국의 Matthews가 발표한 이래, 적정한 노망간격이론을 포함하여 구미 및 일본에 있어서 오늘날까지 많은 연구가 되어 왔다. 여기에서 노망밀도에 관한 주요한 연구를 분류한다.

가) 주벌의 집재에 요하는 비용과 노망작설비의 합계를 최소로 하는 것을 목표로

하여 적정노망 밀도를 산출하는 방법.

- 나) 노망은 간단히 소재생산뿐만 아니라 임업경영 전반 혹은 삼림의 보전활동에 미치는 다방면에 기능하는 시설이라는 관점에서, 종래부터의 집재비에 첨가하여 보행비(노망으로부터 생산현지까지에 요하는 보행노무를 비용화 한 것)을 계산인자로서 취급하여 적정한 노망밀도를 산정하는 방법.
- 다) 영속적으로 이용할 수 있는 노망의 밀도산정에 있어서 일시적 지출인 노망작설비를 사용함에 문제가 있다는 관점에서, 노망밀도의 결정인자의 중에 노망작설비를 취급하지 않고, 이것대신에 노망유지비 혹은 이것에 임지손실비(노망의 작설에 동반하는 임지의 손실을 비용화한 것)을 첨가한 것을 계산인자로서 사용하여 적정노망밀도를 산정하는 방법
- 라) 근년 작업임도 등 저규격의 노망이 상당한 양이 작설, 이용되고 있는 실태를 포착하여, 이와 같은 노망이라도 영속적으로 이용할 수 있는 것에 대해서는 노망체계의 중에 포함시키는 복합노망의 개념을 제안, 이 개념에 근거로 복합노망밀도를 산정하는 방법. 여기에 노망밀도의 산정결과 및 기타 발표되어진 노망밀도의 구체적인 수치를 나타내면 표 3-27과 같다.

표 3-31. 기존의 연구에 대한 노망밀도

제시자	집재법	적용대상	노망밀도		
			내용	밀도(m/ha)	
Hafner (Austria)	크레인부착 트럭 가선집재	중급 산악림	시업임도	도밀도	30~40
Vyplel (Austria)	가선집재 작업차 (복대형)	산악림	시업임도	도밀도	40
Pestal (Austria)	가선집재	산악림	시업임도	도밀도	20
Steinlin (Germany)	크레인부착 작업차 (타이어형)		시업임도	도밀도	60~80
Wettstein (Germany)	가선집재	산악림	시업임도	도밀도	100~150
Samset (Norway)	가선집재 작업차 트랙터	구릉림	시업임도	도밀도	20~25
Sundberg (Sweden)	크레인부착 트럭 크레인부착 트랙터	구릉림	시업임도	도밀도	20~25
上飯坂 實 (일본)			최적임도	도밀도	25
			최적노망밀도		3
大河原昭 (일본)	트랙터 집재	평지림 구릉림 산악림	작업도밀도		30.1 28.5 16.6
加藤誠 (일본)	트럭 집재형 트랙터 집재형 중거리 가선형 장거리 가선형	평지림 구릉지 급사지 급준지	표준임도	도밀도	30~50 20~30 10~20 5~15
임업토목 consultant (일본)	트랙터 집재 집재기 집재	중지형 급지형 급준지형	표준임도	도밀도	18.9~24.7 10.8~15.7 10.7~14.0
南方 (일본)	집재기 집재 트랙터 집재	인공림 천연림	한계임도	도밀도	82~113 18~28
青木信三 (일본)	집재기 집재 트랙터 집재	필요최소 개벌 태벌	필요최소 최대노망밀도	임도밀도	2.5~9.0 9.1~15.0 80~100 120~140
2) 경험적 방법(대안비교법)					"
우선 몇개의 예정개설안의 기술적 계획을 하여 이들 상호와 현상과의 사이에서 이익					"

과 비용에 의한 비교판단을 하는 것이다. 이것은 중구방식에 의한 임도밀도이론으로서 개개의 임지마다 현재의 기술수준으로 최적이라 생각되어지는 집재법을 상정하여 이 집재법에 적합한 임도의 노선배치를 행한다. 이 노선배치가 행한 임도의 총연장을 삼림면적으로 나누어서, 이것을 적정임도밀도라고 생각하는 방법.

오스트리아, 스위스, 서독 등에서 채용하였으며 Pestal, Hafner 등에 의해 제창하였으며, 단점으로는 임도계획의 담당자에 의해 좌우되고, 임도개설단가의 비용만을 계산하였다는 점이다. Pestal은 산악림의 짐운재 작업으로서 중거리 가선집재와 임도에 의한 트럭운재가 최적이라고 상정하여, 집재거리가 500m (500m 이하이면 가선집재의 cost는 거리에 비례해서 저하하지 않음. 따라서 500m 이하의 집재거리로 되는 임도밀도는 필요 없다고 생각함), 임도간격이 대개 1,000m로 되는 임도의 노선배치를 행하여, 그 삼

림의 개발진도에 의한 임도개설을 진행하여야 한다고 주장하였으며, Hafner등은 단거리집재(단거리 가선집재, 크레인 집재, 인력집재 등)과 트럭운재를 최적이라고 상정하여, 노선배치를 행함으로써 노망밀도를 구하였다.

나. 노망밀도 산출방법

1) 산림관리를 위한 최소 노망밀도

산림의 관리 등을 위하여 임내의 도로에서 산림내의 작업현장까지 이르는 평균도달 거리를 이용하여 기본적으로 최소한의 노망밀도를 산정하는 방법이다.

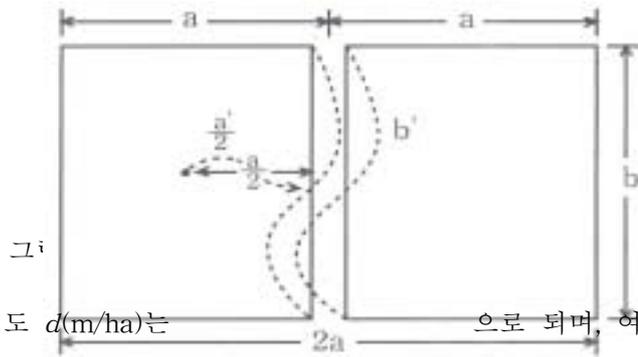


그림 3-87에서 도로밀도 $d(m/ha)$ 는 $\frac{2ab}{10^4}$ 으로 되며, 여기에서 작업원이 임내를 보행하는 최대거리인 a 에 대해서 정리하면 다음과 같다.

산복경사를 고려한 실제의 보행거리는 직선거리 a 에 대한 실제의 보행거리의 수정계수 $k(\geq 1)$ 로서 $K_a(m)$ 로 된다.

가) 산복에 대한 보도상의 평균보행속도를 $V_w(km/hr)$ 로 하면 $K_a(m)$ 의 보행이 요하는 시간 보행시간(t_w)은 다음 식과 같다.

여기에서 노동단가를 $C_w(원/ha)$, 임지면적을 $A(ha)$, 임목의 생육기간 내에 대한 1ha당의 노동총투입량을 $N_w(인)$ 라 하면, 조림에서 벌채에 이르는 동안

의 작업원의 보행경비(K_w)는 다음 식으로 된다.

$$t_w = \frac{K_a}{1000 V_w} = \frac{5K(1+\eta)}{V_w \cdot d}$$

- 102 -

$$\begin{aligned} K_w &= t_w \cdot C_w \cdot N_w \\ &= 5K(1+\eta) \cdot C_w \cdot N_w / V_w \cdot d \end{aligned}$$

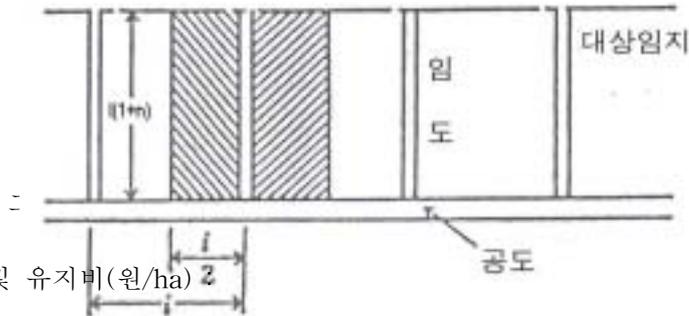
나) 임내의 노망정비비(Kr)는 임도개설단가를 R_1 (원/m), 임도유지비를 R_2 (원/m)라 하면 다음 식과 같다.

다) 따라서 경비함수($K_r = (R_1 + R_2) \cdot d$)를 이용하여 최소임도밀도를 산출할 수 있다.

$$K = K_w + K_r$$

$$2) \text{ 산림경영을 위한 최적임도밀도 } d(m/ha) = \sqrt{\frac{5K(1+\eta) \cdot C_w \cdot N_w}{V_w \cdot (R_1 + R_2)}}$$

임도개설에 따라 집재비, 운재비, 조재비, 관리비 등은 저하하지만, 임도개설비, 임도유지비등은 증가한다. 따라서 생산원가 관리의 이론을 적용해서 임업생산비중에서 임도의 개설연장에 의해 현격히 변화하는 집재비와 임도개설비만을 이용하여 임도밀도를 산출하는 방법이다.



가) 임도개설비 및 유지비(원/ha)

나) 집재비(원/ha) :

다) 따라서 1ha당의 경비함수 $K_r = (R_1 + R_2) \cdot d$ 를 이용하여 최적임도밀도를 산출한다.

$$K_s = \frac{i(1+\eta')}{4} \cdot V \cdot k'$$

단, R_1 : 임도개설비(원/ha), R_2 : 임도유지비(원/ha), k' : 집재비(원/㎡·m),

V : 생산예정재적(㎡/ha), $(1+\eta)$: 임도유지율, $(1+\eta')$: 집재거리 우회율

$$\therefore d(m/ha) = 50 \sqrt{\frac{V \cdot k' \cdot (1+\eta') \cdot (1+\eta)}{(R_1 + R_2)}}$$

다. 일본의 작업도의 개설기준

작업도에는 임도와 같은 구조규정은 없지만, 개설에 맞는 그 매뉴얼에 상당하는 개설 기준을 많은 지자체가 준비하고 있다. 이것을 전국레벨로 나타낼 때 까지는 조사는 진

□

□

척되고 있지 않지만 일본 전국 都道府 의 각 블록 안에서부터 비교적 작업도의 보유량이 많고 자료를 입수할 수 있는 지자체를 선택하여, 그것들의 자료에서 표 7을 정리해 보았다. 이 자료로부터 공통성이 있는 중요 포인트를 다음과 같이 정리 하였다.

- 1) 작업도 작업로의 종류에 대응해 설계차량을 전제로 구조상의 선택을 명확히한 지자체(岩手 , 岐阜 , 奈良 등)와 설계차량에 융통성을 가지게 하고 작업도 구분을 특별히 대원하지 않은 지자체(北海道, 島 등)로 나뉘어진다. 전자는 작업도에 구조상 구분을 설치하여 폭, 최소반경, 종단구배 등 작업도의 기하구조에 그 나름대로 받을 디딤 기준을 적용시키고 있다. 그러므로 都道府 별로는 작업도 개설전개에 2가지의 추진방법이 있다고 이해해도 좋을 것이다.
- 2) 또한 최소반경에는 공통적으로 $R \geq 6m$ 를 사용하고 있고 그 최소값이 얻어진 경우에도 (폭의 크기에 의하지만) 표 3-28로 보는 설계차량들의 기반으로 일 단 문제없다고 생각한다.
- 3) 종단구배에 대해서는 12~16%의 범위에 있어, 16%를 넘는 것은 개설기준에서 제외하는 것으로 보면, 장래 3급 임도로의 이행에도 가능성이 높은 조건을 남겨두고 있다.
- 4) 측구(側溝)는 의무지어져 있지는 않지만 필요에 따라 들어가는 것이 가능하다는 지시를 주는 것이 대부분이고, 배수에 대해서도 같은 취급법을 하고 있다. 보조금등의 제도에 의해 개설되어져 온 일본의 민유림 작업도는, 구조적으로는 위에서 정리한 개설기준에 거의 같이 이해해도 틀림이 없다. 그러므로, 이것의 개설구조가 고성능기계화에 어떠한 기반으로 될 수 있을까가 하나의 포인트이다. 위에서 보아온 것처럼 임내작업차는 물론, 소형타입의 고성능기계정도까지는, 지금의 작업도가 그것들을 수용할 수 있는 용량을 가지고 있다고 해도 좋을 것이다.

縣

표 3-32. 일본 전국 주요都道府 의 작업도 개설기준의 비교

道府	명칭종류	설계차량	전체폭	최소반경	횡단구배(%)	배수시설	사면구배	설계도	비고
北海 ^道	특별히 구분없음	4륜2륜, 인내차	4.0이하	8 m	16이하	측구: 제시 배수: 위치제시	절취: 토사 8푼 암 8푼	같은사리두께10cm 작성 국고보조작업도의87%는	주
岩手	제1종작업도 제2종작업도	4륜2륜, 인내차	4.0 3.0~4.0	12(10) 8	14(16) 16	측구: 제시 배수: 위치제시	성토: 1할2푼 절취: 토사 6~8푼 암 3~5푼	림작업로 제1종작업도는 3급입도의 구 조에 필적. 5년이상사용.	
岐阜	작업도1급 작업도2급 작업도3급	소형자동차 소형자동차 차도로 하지 없음	2.0~3.0 2.0~3.0 2.0이하	10 6	12이하 12이하	측구: 제시 배수: 위치제시· 관	절취: 토사 5푼 암 3푼	작성 작업도3급은 보도적 성격. 작 업도1급은 장애, 산림의 관 리, 경역에 계	속이용
奈良	기간작업도 보통작업도 간이작업도	보통·소형 경자동차 경·인내차	4.0이하 3.0 3.0	8 6 특별히설계하 지 않음	14이하 16 통행가능범위	측구: 제시 배수: 위치제시 흡관, 주름관	절취: 토사 5~8푼 암 2~3푼 성토: 1~1할5푼	작성 각작업구분은 각각설계차량 을 대응시키고 있다.	
島	특별히 구분없음	4륜2륜, 인내차	3.0이하	6이상	14(16)	측구: 제시 배수: 위치제시	절취: 토사5~8푼 암 3푼 성토: 1할5푼	작성 작업도의 정의를 간이구조의 경영도로 하고 있다.	
愛媛	작업도	특별히 정하지 없음	3.0이하	8	14	측구: 제시 배수: 제시	절취: 토사 5~8푼 암 4푼 성토: 1할2~5푼	작성 작업로명칭도가짐	
岡	작업도	특별히 정하지 없음	3.0이하	8이하	16이하	측구: 제시 배수: 제시	현지의 상황에 대응해서 정함	작성 작업로명칭을 의해)	사용(목적에

주 (1) 제시 : 필요에 따라, 적절한 장소에 마련하는 것이 가능하다고 하는 설명이 들어 있는 것

(2) 개설기준은 작업도 개설에 만나는 일단의 목표이고 실제로는 이 기준대로 만들지 않는 경우도 이따금 있다.

표 3-33. 작업도의 구조에 관계하는 설계차량들

설계차량	성능제원							
	장승	전장(m)	전폭(m)	최대출력(ps)	최소회전반경(m)	최고속도(km/h)	등판력(°)	적재능력(kg)
텔피스		4.67	1.20	18	2.8	14.2	25	1,200
료신		4.45	1.75	68	3.9	15.0	37	2,000
야마비코(筑水)		2.17	1.18	7.2	1.5	5.1	25	750
임내작업차(山口)		2.01	1.27	7.0	(1.5)	4.9	25	850
임내작업차(ノザワ)		2.55	1.13	7.5	(1.5)	5.8	25	750
T-20(이와후지)		4.39	1.90	27	4.0	13.5	35	
소형백호(이와후지)		1.93	0.70	7.5	1.2	2.0	30	
소형트럭(미쓰비시)		4.25	1.58	78		60		1,000
료우신 타워야더		4.68	1.53	60	4.3	15.0	37	
Nokka Joker(핀란드)		8.00	1.85	81	3.7		25	4,000

라. 최적 작업로망 배치

1) 작업로 시설현황 조사

표 3-34. 대상지별 작업로 시설현황 및 구조·규격

구분	면적(ha)	연장(m)	밀도(m/ha)	작업로 노면폭(m) 및 경사(%)		사면경사(°)	
				노폭	경사(중단 및 횡단)	절토부	성토부
A	30.0	3,970	132	3.35(2.50)	36%(최대45%), 2%	47~58	35~40
B	22.0	3,131	142	3.30(2.50)	18%(최대33%), 4%	45~49	34~40
C	24.0	4,488	187	3.50(2.60)	15%(최대35%), 4%	35~60	25~35
D	16.7	1,780	107	3.30(2.50)	15%(최대33%), 4%	55~65	28~42
E	21.5	1,367	64	3.30(2.70)	17%(최대35%), 4%	55~60	27~43

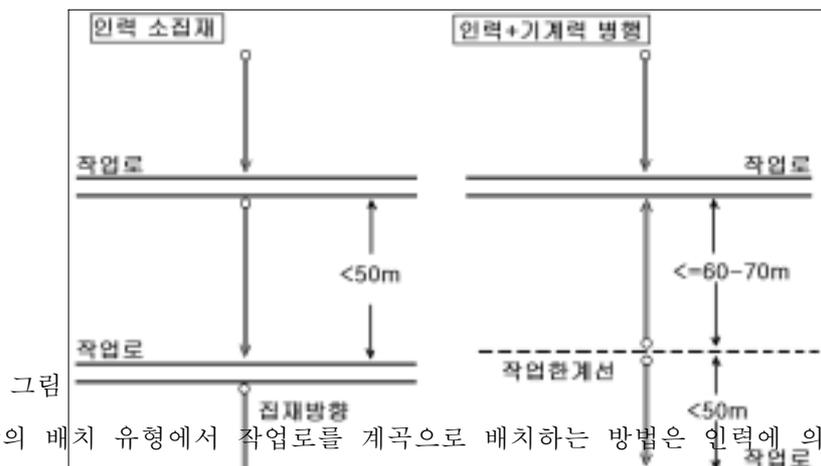
2) 작업로망 유형

가) 본 조사대상지인 5개 지역에 대한 작업로 밀도는 평균 126.4m/ha(최소 64m/ha, 최대 187m/ha)로서 코밀도노망으로 이루어져 있으며 이는 일본과 유

립의 작업로 밀도(평균 약 100m/ha)에 비하여 높게 나타났다. 이는 원목 생산비에 집·운재로 시설비가 높다는 것을 알 수 있다.

나) 기설임도의 활용도가 미비하다. A지역과 B지역의 경우 토장까지 운반거리가 각각 7.0km, 4.5km로서 임도면 집재장을 이용하지 않아 임도의 시설 취지와 무관하게 집재작업이 진행되고 있었으며 이는 임도를 이용한 산림작업기법과 이에 필요한 장비가 도입은 물론 지식과 기술을 갖춘 인력 확보가 시급한 실정이다.

- 다) C지역의 경우 급경사지와 완경사지가 복합적으로 혼재한 입지로서 복합적인 집재기종을 이용한 상향 및 하향집재작업을 시행하였다. 이를 위하여 작업로 시설비를 줄일 수 있는 기계화 기술 개발과 기계화에 맞는 강도간벌제도의 도입이 시급함을 알 수 있었다.
- 라) D지역과 E지역은 임도시설이 없는 지역으로 기존운재로 이용하였으며, E지역의 경우 원치에 의한 급경사지역의 임목을 하향 집재작업을 실시하였다.
- 마) 본 연구 결과 인력과 기계력(원치)에 의한 작업로 밀도를 제시하면 먼저 인력에 의한 하향 집재 방법을 택할시 작업로 시설 간격은 50m, ha당 작업로 시설밀도는 200m/ha 이상이 되어야 한다. 그리고 인력에 의한 하향집재와 원치 이용 상향 집재를 병용하는 방법에서 원치 이용방법을 택할 시 작업로 간격은 약 100m~140m, ha당 작업로 시설밀도는 50~70m가 되도록 시설한다 (그림 3-89 참조).



그림

- 바) 작업로망의 배치 유형에서 작업로를 계곡으로 배치하는 방법은 인력에 의한 하향 소집재 기술뿐만 아니라 원치에 의한 하향 집재작업의 경우 상향 60~80m는 원치작업, 하향 50m는 인력 또는 원치작업을 고려하여 작업로망을 배치하여야 될 것이다.

제 3 절 임내작업차의 부속작업기 개발

부착 원치 규격은 8mm×80m 정도 용량으로 하여 기계식으로 저속과 고속의 2속도 구분으로 하고 순간적인 과부하 작업시에는 클러치의 동력이 자동 단절되는 안전장치를 부착하였다. 원치의 견인력은 1톤으로서 중량은 70kg 이내가 되도록 하고 수동식 레버 조작방식을 기본으로 하고 선택사항으로 리모콘 장치를 부착하여 1인 작업이 가능하도록 하였다. 원치의 와이어로프를 풀 때에는 유압이 가동되지 않는 상태에서 풀리는 free pulling 시스템을 이용하였다. 1축 2드럼 원치로 엔드레스 드럼으로 간이가선집재가 가능하도록 하였다.

1. 1차 시작기 전자클러치 컨트롤 장치

가. 동력전달 과정

엔진 → 서브 변속기(전자클러치) → 원치 변속기 → 원치

나. 전자식 무선 컨트롤 작동 방식

서브 변속기에서 2개의 전자 클러치가 맞물림 기어의 서로 다른 출력축에 부착되어 별도로 작동함으로써 정회전 역회전의 무선 컨트롤이 가능하도록 제작하였다. 디지털 서보모터를 이용하여 엔진 rpm의 저고속 무선 컨트롤도 가능하나 개발비 관계와 개발 후 시작품 가격 등을 고려하여 엔진회전속도의 조절은 본체에서 수동조절이 가능하도록 제작하였고 그 모양은 그림 3-90, 91과 같다.



그림

다. 원치 견인속도

원치의 구동은 원치용 서브 변속기에서 1차 감속축이 아닌 원치용 감속기에서 감속

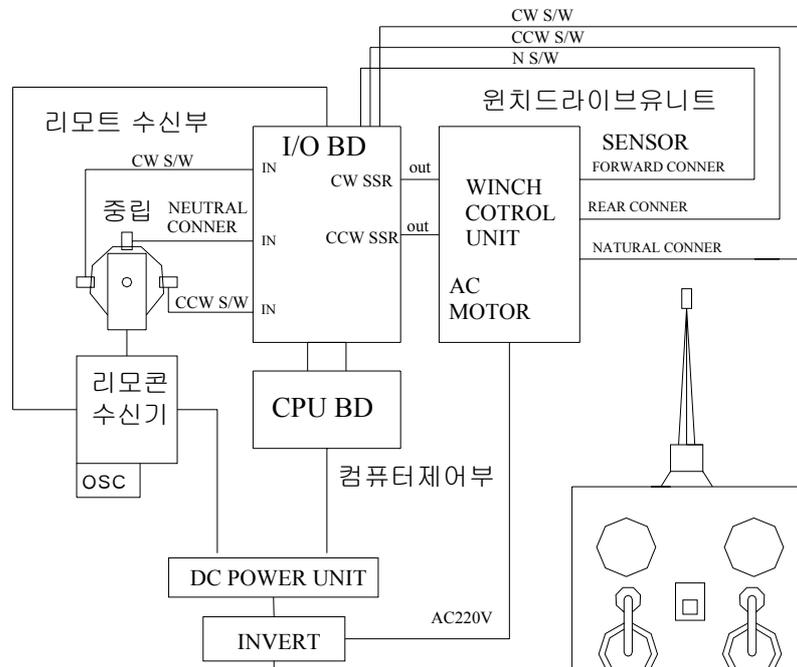


되어 윈치드럼 구동용 체인에 의해 구동되므로 전 감속비를 구하면

- 엔진회전수 : 2400 rpm
- 서브 변속기 입력 폴리직경 : Ø 160
- 서브 변속기 출력 폴리직경 : Ø 155
- 윈치 변속기 입력 폴리직경 : Ø 155
- 윈치 변속기 감속 : 25.23 ~ 10.94
- 윈치 변속기 출력기어 수 : 12N
- 윈치입력 기어: 26 N
- 윈치드럼 평균경 : Ø 200
- 저속 : $628 \times 27\text{rpm} = 17\text{m/min}$
- 고속 : $628 \times 63\text{rpm} = 40\text{m/min}$

2. 2차 시작기 HST 제어방식 컨트롤 장치

가. 제어 개요



본 시스템은 그림 3-92와 같이 송신부, 수신부, 컴퓨터 제어부, 드라이브 유닛으로 크게 4부분으로 구분된다. 송신부는 리모트 컨트롤을 말하며, 작업자가 휴대용 원격기(송신부) 체로부터 멀리 떨어진 원목을 이송할 때 무선 신호를 간편하게 조작할 수 있어 작업시간 단축은 물론 인건비 절감 효과가 크다.

수신부는 작업자가 무선으로 지시한 3가지(와이어감기, 풀기, 중립(대기))를 컴퓨터가 인식 할 수 있도록 디지털 신호로 변환시키는 장치로 마이크로 프로세서가 이 정보를

이용 위치 연산이 가능토록 하였다. 서보시스템과 세가지 위치 정보를 제공하는 센서들로 구성된다.

컴퓨터 제어부는 마이크로프로세서가 내장된 컨트롤 보드 부분을 말하며, 메인 CPU 보드와 인터페이스 보드로 구성되어 있다. 수신부로부터 작업자가 지시 내용을 받아, 드라이브 유니트의 작동을 총괄한다.

드라이브 유니트는 원치 작동레버를 직접 구동하며, 구동 모터와 볼 스크류 및 위치 감지용 센서로 구성 된다.

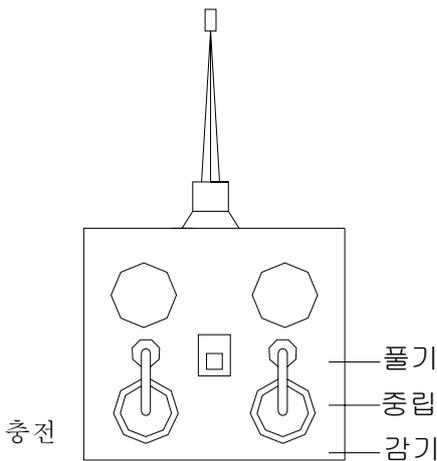
Power Unit 부는 장비 본체의 배터리 전원(DC12V)을 인버터를 사용하여 안정된 AC220V로 변환시켜 드라이브 유니트의 모터를 구동시키며, 컨트롤 보드의 DC power 를 공급하는 Switching Power Unit의 주전원이 된다.

나. 송신부

송신부의 Remote Controller System의 송신부분에 해당되며, 컨트롤 유니트와 배터리 충전부로 구성되어 있다.

업자는 리모트 컨트롤러(이하 리모콘)의 레버 위치 중립(대기상태)로 두고 수송할 원목까지 와이어를 이동한다. 작업자가 원목을 와이어로 묶은 후 리의 레버를 중립에서 감기로 바꾸면 원치는 원목을 다. 이 작동 레버는 스프링을 제거하여 자동 복귀 불가능한 방식으로 안전을 고려하였다.

용 전 반드시 배터리의 충전상태를 체크하며 항상 이상의 상태에서 작업을 시작한다. 만약 배터리의 인이 될 수 있다.



이 리모콘은 리모콘 컨트롤러에 의한 시스템으로 작업자가 레버의 위치를 바꿀 때마다 수신부에서는 서보가 송신레버에 비례한 각도로 회전한다. 레버의 최대 조정각은 약 130°이다. 이 조정각의 양단을 감기와 풀기로 설정하고 중간을 중립, 즉 대기 상태로 하였다.

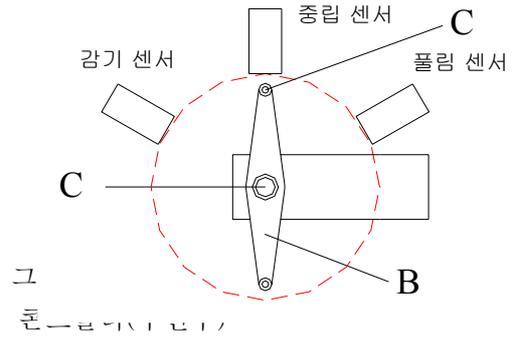
송신기는 원치의 엔진 키를 작동하기 전 반드시 “Power On” 상태로 한다. 이는 작업자의 안전에 매우 중요하다. 송수신의 작동거리는 약 50m 로 와이어 길이와 동일하다.

다. 수신부

수신부는 Remote Controller System의 수신부분에 해당되며, 수신 유닛과 서보 그리고 3개의 센서들로 구성되어 있다.

그림 3-94에서 보듯 서보 주위에 중립, 감기, 풀기 세 신호를 감지할 수 있는 센서가 설치되어 있다.

수신 유닛은 작업자가 송신기 레버의 위치를 바꿀 때마다, 수신된 무선 신호를 받아 서보가 지시 받은 내용에 비례한 감기, 중립, 풀기 세 위치에 정확히 회전, 정지를 반복하도록 한다.

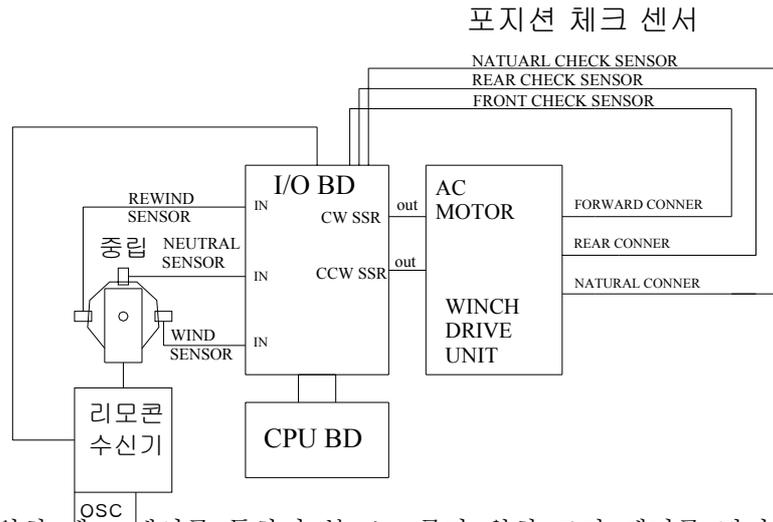


서보의 샤프트(C)에는 설치한 레버(B)의 끝부분에 금속링(A)를 설치하여 Proximity Sensor를 터치하여 서보가 세 위치 중 작업자가 지시한 위치를 인터페이스 보드를 통하여 CPU에 디지털 신호로 보낸다. 이로써 CPU는 이 수신 유닛의 서보 샤프트가 지정하는 포지션이 어디인가를 감지하여, 작업자가 지시 위치를 감지할 수 있다. 센서와 서보 샤프트의 간격은 3mm가 적당하며, 5mm 이상이면 감지 못하는 경우가 있다. 항상 송신기와 주파수가 동일한 수정벌진자를 사용하여야 하며, 통신 장애를 대비하여 예비부품을 준비한다.

라. 컴퓨터 제어부

컨트롤 제어부는 메인 CPU 보드와 인터페이스용 I/O보드로 구성되어 있다.

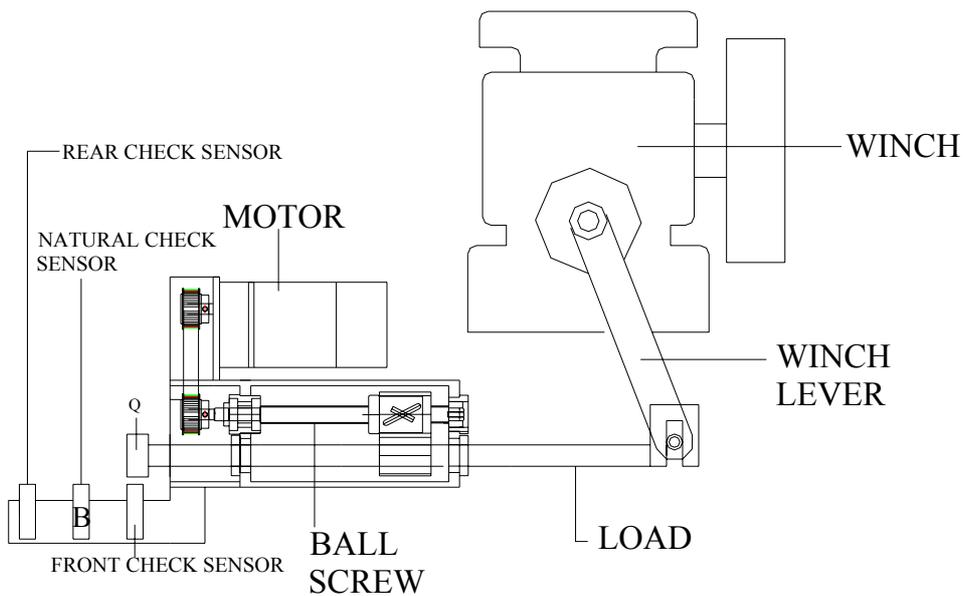
CPU는 리모콘 수신부로부터 작업자의 지시내용을 Rewind Sensor(감기), Wind Sensor(풀기), Natural Sensor(중립)의 세 센서로부터 전달받고, 드라이브 유닛으로부터 현 위치 체크 센서를 통하여 현 위치정보를 전달 받아 비교 연산하여 드라이브 유닛의 모터를 구동시켜 볼스크류를 제어한다.



계속 CPU는 현 위치 체크 센서를 통하여 볼 스크류가 윈치 조작 레버를 밀거나 당겨, 작업자가 원하는 위치에 레버의 이동 완료 여부를 확인한 후 모터를 정지 시킨다. 계속 위 공정을 반복 수행함으로써 작업자가 원하는 제어를 실행한다.

마. 드라이브 유니트

윈치 드라이브 유니트는 볼스크류, 로드, 모터, 포지션 체크 센서 등으로 구성되어 있다. 모터는 AC220V로 구동하므로 악조건의 환경과 장시간 운전에서도 긴 수명과 안정된 제어를 실행할 수 있다. 그리고 감속기를 장착하여 고토크 운전이 가능하다. 볼스크류는 유연하고 정밀한 운전에 적합하고, 반영구적 수명을 보장한다.



먼저 엔진 스타트키를 켜면 윈치 드라이브는 어떤 위치에도 불구하고 (B)의 중립위치로 자동 복귀한다. 계속 CPU는 수신부의 서보신호를 체크하여 지시신호가 위치 체크신호와 불일치 될 경우 이를 비교 연산한 후 구동할 모터의 방향을 계산하고 이동하면서 체크할 센서를 설정한 후, I/O 보드의 SSR을 통해 모터를 구동시켜 이미 설정된 센서를 체크한다.

스크류가 모터 회전에 의하여 전후로 이동하면서 로드 끝부분의 링(Q)에 의해 위치 센서를 터치함으로써 이동완료 신호를 CPU에 보낼 수 있다.

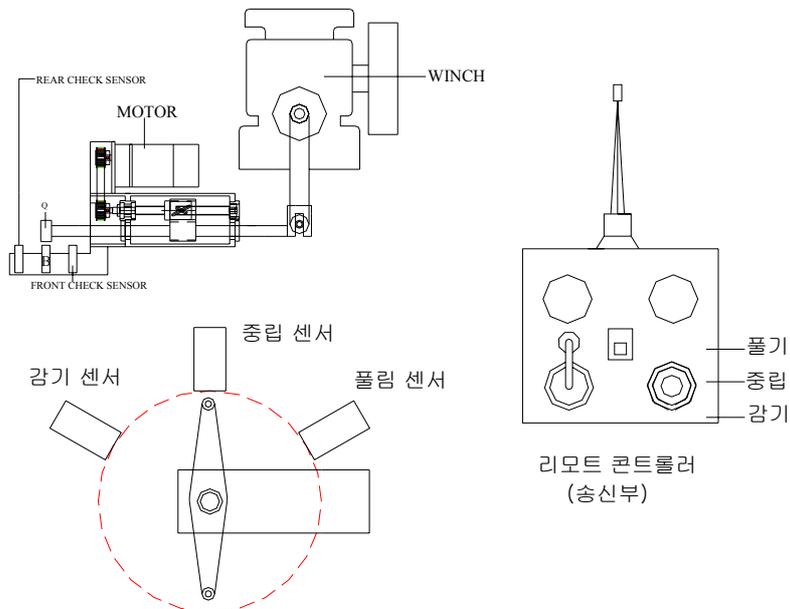
모터는 CPU로부터 받은 정지명령을 실행하기 위해 SSR에 드라이브된 신호를 끊음으로써 작동자가 원하는 위치에 레버를 이동 시킬 수 있다.

본 시스템에서는 비접촉식 센서를 채택하여 작동 빈도가 많은 경우에 빈번한 접촉으로 인한 오동작이나, 부품의 수명을 반영구화 시켰다.

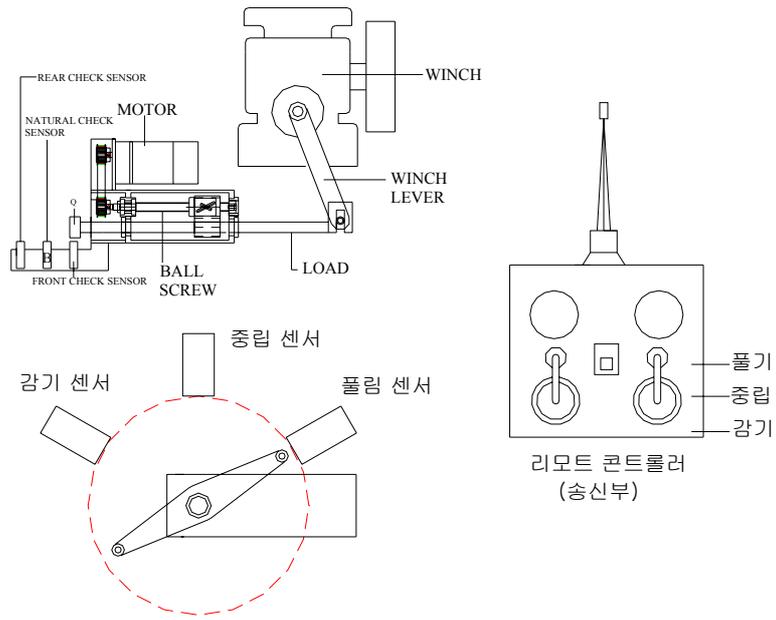
그리고 SSR을 사용하여 접촉식 부품의 사용을 배제하여 노이즈로 인한 오작동을 근본적으로 차단하였다. 이어지는 장은 리모콘 송신기, 수신기, 드라이브 유니트의 지시에 따른 동작 상태를 비교한 것이다.

지시 신호에 따른 각 유니트의 동작을 비교하면 다음과 같다.

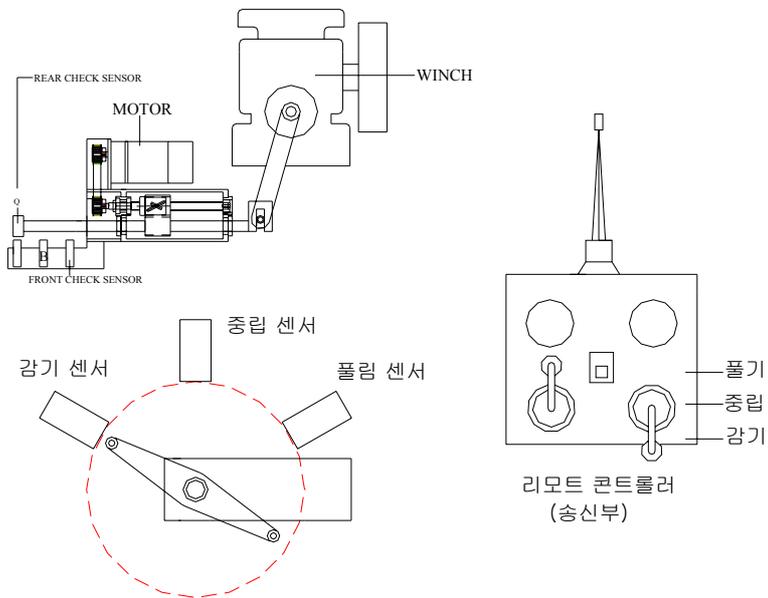
1) 중립(대기) 상태

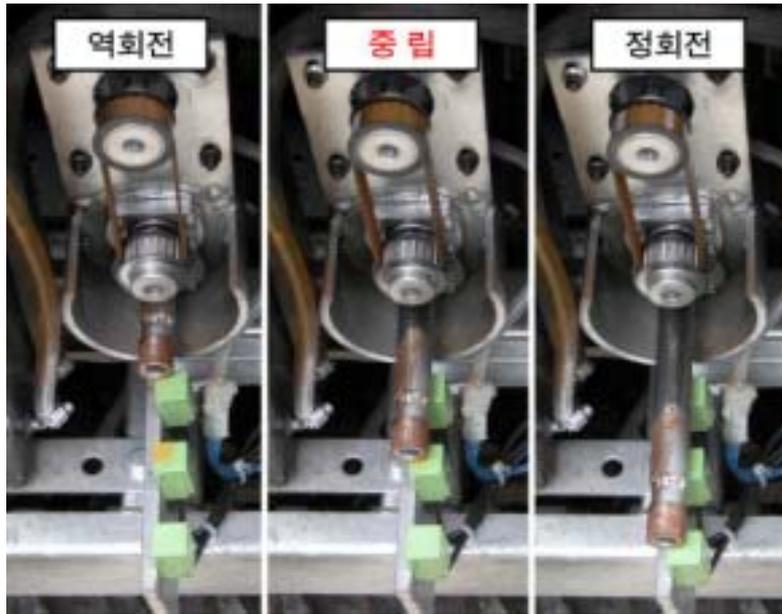


2) 와이어를 풀 때



3) 와이어를 감을 때

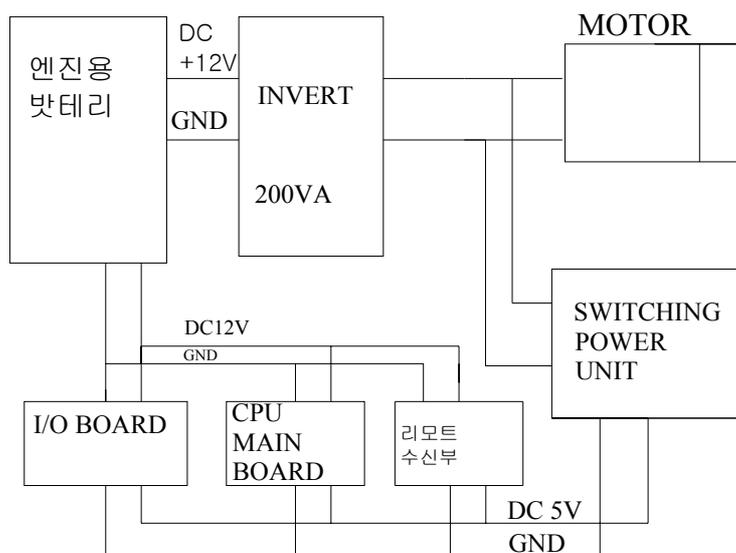




바. 파워시스템

본 시스템은 엔진가동에 필요한 배터리 전원을 1차 주전원으로 한다. 1차 주전원 DC12V는 인버터로 AC220V로 변환하여 드라이브 유니트의 AC Motor를 구동하고, 컴퓨터의 DC 전원과 수신부의 전원은 Switching Power Unit로 정전압, 정전류 DC 전압으로 변환하여 사용하므로 매우 안정된 전원 설계이다.

신뢰성이 높아야 하는 시스템에서 무엇보다 최우선하는 것이 전원이기 때문이다. 그리고 센서용 전원은 배터리 전원을 그대로 사용하였다.



사. 부품 리스트

1) 기계부분

표 3-35. 부품리스트

No.	품 목	규 격	수 량	비 고
1	볼스크류 + 너트	BK1505 C10	1	로드피치 5mm, 직경15mm
2	너트 하우징	AL6560	1	
3	타이밍 풀리	XL Type	2	
4	타이밍 벨트	XL Type	2	
5	니들 베어링	OD24/ID12mm	2	
6	트러스 베어링	XL Type	2	
7	AC Geared Motor	25W Induction	1	
8	Load	직경 20mm	1	
9	Du Bush	OD20mm/12mmL	2	
10	베어링 플랜지		2	
11	Bush 플랜지		2	
12	스크류 하우징		1	
13	로드 조인트		1	
2) 전자부분				

표 3-36. 전자부분 부품리스트

No.	품 목	규 격	수 량	비 고
1	근접센서	감지거리 5mm npn	6	
2	인버터	In:DC12V, Out:AC220V	1	
3	S.P.U	DC5V 10A	1	
4	CPUquem		1	
5	I/O 보드		1	
6	리모트 수신기		1	
7	리모트 송신기		1	
8	SSR 모듈		2	
아. 리모콘 원치 사용 설명서				
1) 작동시				

가) 로드 바의 위치가 중립에 있는가? (만드시 중립 상태)

나) 리모콘 송신기의 레버가 중립인가?

다) 리모콘 송신기 전원이 켜있나? (POWER ON상태)

라) 송신기의 배터리 상태 점검 (항상 작동 전에는 100%-60% 이상 유지)

마) 박스 스위치가 OFF 상태인가? (OFF 상태)

바) 엔진의 시동을 건다

사) 10초 이상 경과 후 박스 스위치를 켜다.

아) 3-4초 후 로드 바는 중립을 다시 한번 스스로 체크 한다. (송신기 전원은 OFF 상태를 유지하고 레버도 중립상태를 유지)

2) 작업 종료시

가) 로드바의 위치를 중립에

나) 박스의 우측 스위치 OFF

다) 엔진 끈다

라) 송신기의 전원 OFF

3) 작동 전 로드바가 중립위치가 아닌 다른 위치에서 시작 할 경우

가) 송신기 POWER ON

나) 송신기 레바 중립에

다) 박스 우측 스위치 OFF 상태로

라) 엔진의 시동키를 배터리 전원 ON 상태로 한다.

마) 박스 우측 스위치 ON

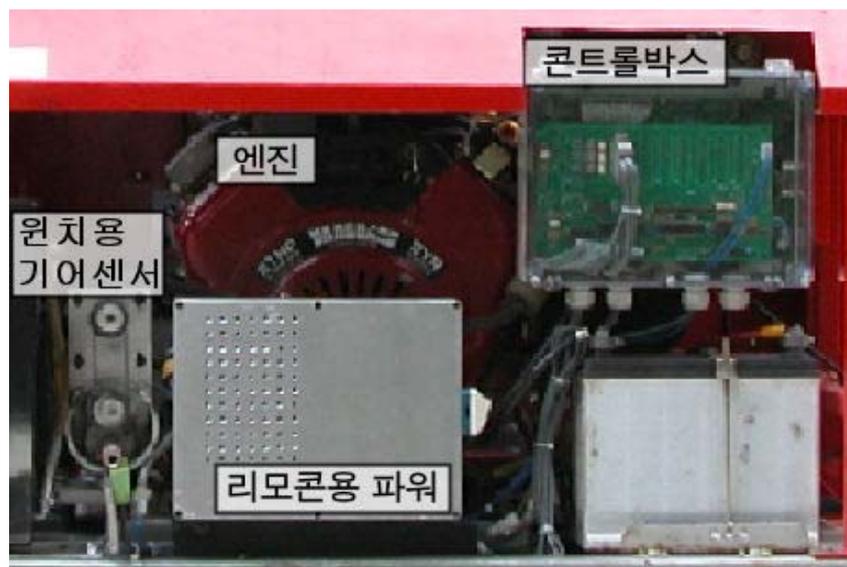
바) 3-4초 경과 후 로드바는 스스로 중립 위치로 이동 한다.

사) 박스 우측 SW OFF

아) 엔진 시동

자) 10초후 박스 우측 SW ON

차) 운전 대기 상태



제 4 절 장비성능 및 현지적용성 시험

1. 성능시험

가. 원목 규격조사

주행속도를 조사하기 위해서는 먼저 적차 원목의 규격을 조사하였다. 원목은 수종이 잣나무로서 자세한 내역은 표 3-33과 같다.

표 3-37. 원목규격 조사

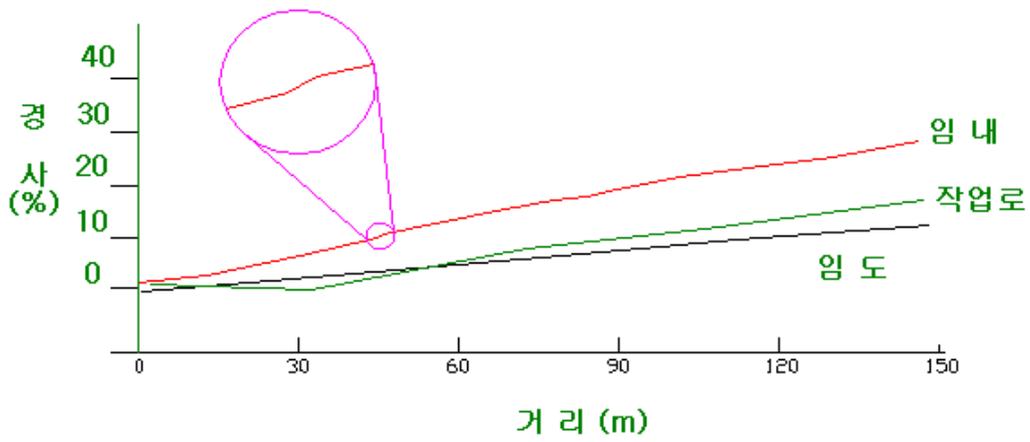
번호	말구직경 (cm)	길이 (m)	재적 (m ³)	무게 (kg)	번호	말구직경 (cm)	길이 (m)	재적 (m ³)	무게 (kg)
1	8	383	0.023	38	11	13	385	0.061	60
2	8	375	0.023	38	12	12	380	0.052	46
3	13	380	0.061	56	13	13	370	0.061	50
4	15	374	0.081	74	14	11	377	0.044	50
5	12	380	0.052	52	15	11	380	0.044	48
6	13	380	0.061	56	16	9	390	0.029	34
7	12	375	0.052	50	17	17	385	0.104	86
8	11	375	0.044	42					
9	10	350	0.036	32	평균	12	376	0.0541	52
10	16	348	0.092	66	합계			0.9200	878

원목의 규격은 말구직경이 8~17cm(평균 12cm)이며, 본당 평균 무게는 52kg이며, 본당 재적은 0.0551m³으로 2차 시차기의 성능조사를 위하여 원목적재량은 0.92m³, 원목 중량 878kg의 하중을 적재하여 성능조사를 실시하였고 그림 3-103는 원목의 중량을 조사하는 광경이고 그림 3-104는 임내작업차의 작업로 주행 광경이다.



나. 각 조건별 경사도

2차 시작기의 현지적용성 시험은 먼저 주행성능 시험을 실시하였다. 주행성능시험은 길이 150m의 평탄지, 임도, 작업로, 임내로 구분하여 주행속도를 조사하였다. 엔진의 회전속도는 분당 2,100rpm으로 고정하고 상향과 하향, 적차와 공차 상태의 주행속도를 조사하였다. 실제 작업시에는 엔진 rpm이 1,500~1,800이 보통이지만, 본 조사에서는 엔진의 가속 레버를 중간 상태에 놓고 조사하였다. 각 조건별 평균 경사 기울기는 임내가 25.0%, 임도가 8.2%, 작업로는 9.9%로 나타났으며 각 조건별 경사 기울기의 형상은 그림 3-105~107과 같다.



다. 주행속도

주행속도는 적차와 공차에서 속도의 차이는 조금 있지만 전체적으로 큰 차이가 없다. 주행방향이 상향 일 때 공차시 임도에서 주행속도는 1.6~5.4km 이고 하향일 때는 1.7~5.8km 로 조금 빠르다. 임도와 작업로에서의 주행속도는 거의 비슷하며 적차와 공차에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 적차시에 임도와 작업로의 고속 주행은 장해

물과 노면 요철상태에 따라 다르나 최대 5.3km 이하로 주행하여야 안정성을 확보할 수 있다고 판단되었다. 임내에서도 공차의 주행은 안전을 유의하면서 작업이 가능하였고 적차 시에는 그림 3-106에 확대된 부분의 순간 지면경사가 65%로서 등판이 곤란하고 주행이 불가능 하였다. 실제 작업시에는 공차로 임내에 들어가 원치로 원목을 집제한 후 하향 방향으로 주행하기 때문에 실제의 작업에는 어려움이 없다. 적차 및 공차의 주행속도에 대한 자세한 내역은 표 3-34, 35와 같고 임도 및 평탄지 주행하는 모습은 그림 3-108, 109와 같다.

표 3-38. 공차상태의 각 조건별 주행속도

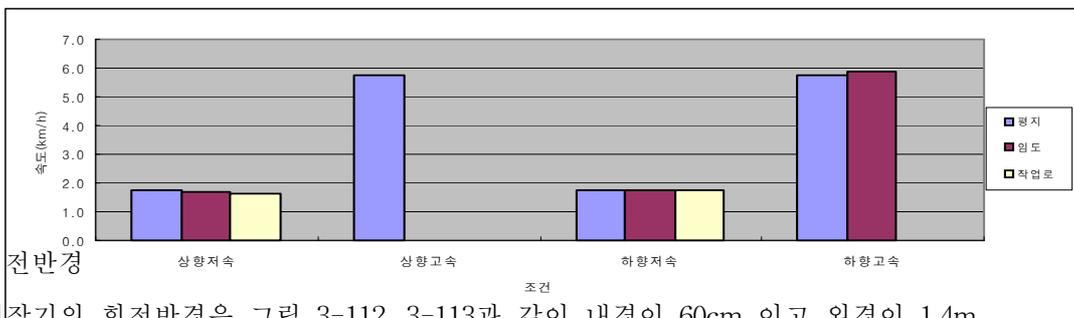
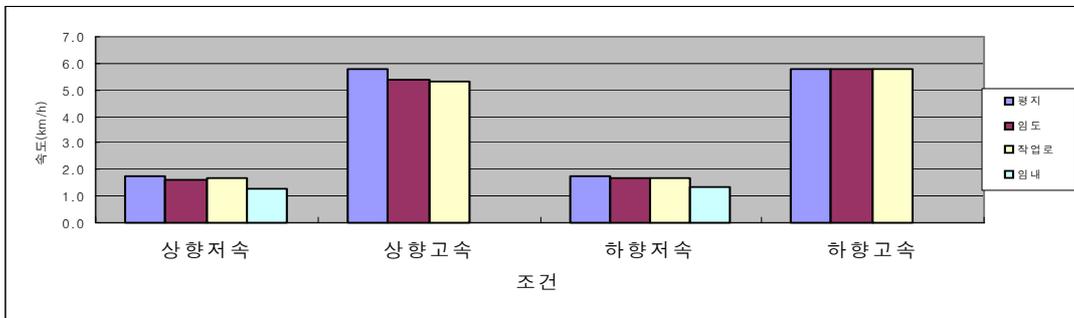
조건	내용	공 차							
		상 향				하 향			
		주 변속 : 저		주 변속 : 고		주 변속 : 저		주 변속 : 고	
	부1	부2	부1	부2	부1	부2	부1	부2	
평지	소요시간(초)	308	152	188	94	310	152	187	94
	속도(km/h)	1.8	3.6	2.9	5.8	1.7	3.5	2.9	5.8
임도	소요시간(초)	329	165	202	101	316	154	191	93
	속도(km/h)	1.6	3.3	2.7	5.4	1.7	3.5	2.8	5.8
작업로	소요시간(초)	322	161	199	101	315	155	192	94
	속도(km/h)	1.7	3.3	2.7	5.3	1.7	3.5	2.8	5.8
임내	소요시간(초)	433				406			
	속도(km/h)	1.2				1.3			

표 3-39. 적차상태의 각 조건별 주행속도

조건	내용	적 차							
		상 향				하 향			
		주 변속 : 저		주 변속 : 고		주 변속 : 저		주 변속 : 고	
	부1	부2	부1	부2	부1	부2	부1	부2	
평지	소요시간(초)	309	153	187.2	94.2	308.4	151.8	186	93.6
	속도(km/h)	1.7	3.5	2.9	5.7	1.8	3.6	2.9	5.8
임도	소요시간(초)	324	163	200	-	305	150	222	92
	속도(km/h)	1.7	3.3	2.7	-	1.8	3.6	2.4	5.8
작업로	소요시간(초)	329	170	204	-	314	154	191	-
	속도(km/h)	1.6	3.2	2.6	-	1.7	3.5	2.8	-



각 조건별 주행속도를 그림으로 나타내면 그림 3-110, 111과 같다.



라. 회전반경

2차 시작기의 회전반경은 그림 3-112, 3-113과 같이 내경이 60cm 이고 외경이 1.4m

로서 아주 짧다. 공차 상태에서는 2.8m의 협소한 장소에서도 방향 전환이 가능하며 간벌작업지의 임목사이에서 주행과 방향 선회가 용이하다.

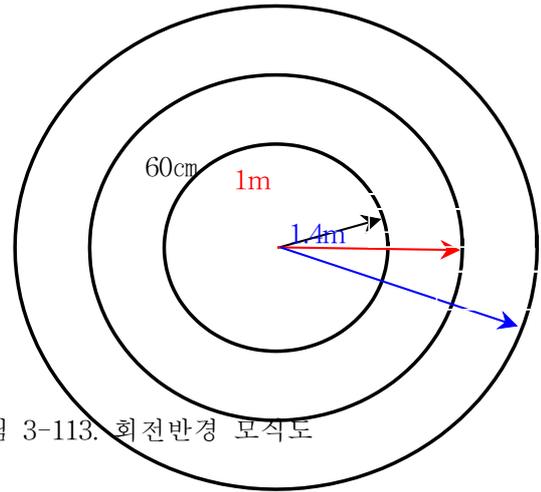


그림 3-113. 회전반경 모식도

마. 덤프시험

덤프작업은 원목 하차시에 작업을 용이하게 하기 위하여 제작되었다. 덤핑(dumping)하는 속도는 상승과 하강 모두 5~10초가 소요되었고, 원목의 낙하량은 17개 중 10개 정도로 나타났으며 적재함에 얹혀져 있는 나머지 원목은 사피로 끌어내리기 쉬우며 그 모습은 그림 3-114, 115와 같다.



바. 정지시 횡전도각 및 등판각도 시험

정지시에 횡전도각은 적재함이 경사방향 위쪽인 경우와 반대의 경우 약 5°의 차이가 있다. 엔진이나 윈치 등이 위치한 좌측이 경사방향 위쪽인 경우는 횡전도각은 50°이며 적재함이 경사방향 위쪽인 경우의 횡전도각은 약 45°로 나타났다. 등판각도는 주행 시험로가 구비되지 못하여 직접시험을 하지 못하였으나 횡전도 측정장치로 시험한 결과 등고선 직각방향으로 50°까지 안전성이 확보되나 장애물 통과시와 하중 적재시의 전도 각도는 모델에 의하여 동적 안정성을 검정하였다. 그림 3-116, 117은 측정하는 광경이

다.



사. 유류 소비량

주행시험에서 나타난 유류소비량은 실제 측정시간당 2.9ℓ로 나타났다. 실제 작업시에는 엔진의 rpm을 주행시험보다 낮게 작업하고 실주행시간이 전체작업시간의 50% 미만이므로 유류소비량은 줄어들 것으로 생각된다.

아. 윈치 견인력 시험

윈치의 견인력은 와이어로프가 완전히 감긴 풀(full) 드럼 상태와 완전히 풀린 베어(bare) 드럼 상태, 반쯤 감긴 상태로 조사하였다. 풀 드럼, 베어드럼, 반드럼 상태에서의 윈치 견인력은 각각 750kg, 1,400kg, 1,200kg 으로 나타났다.

2. 보완 및 개선사항

2차 시작기의 현지 적용성 시험 결과 장비의 보완, 개선사항은 여러 가지 나타났다. 윈치 조작스틱 중립장치, HST 동력 차단장치, 엔드레스 드럼 형상 보완, 드럼의 로프 이탈 방지 장치, 윈치 크기 개선, 원목 하차작업 제어스틱 등 이 있다.

가. 윈치 조작 레버

윈치 조작 스틱은 주 드럼과 엔드리스 드럼에서 정지, 중립, 작동의 3단계 중 중립의 위치가 없어 드럼의 자유 풀기가 어렵고 드럼이 풀릴 때 윈치 밧선과 같이 구동되기 때문에 속도가 느리고 작업에 어려움이 있어 아래 그림 3-118과 같이 개선하였다.



나. 간이 가선작업을 위한 HST 동력 차단 장치

원치의 원거리 조종을 위해 HST 장치를 부착하여 센서의 움직임에 서보모터가 HST 동력 전달 장치를 중립, 정회전, 역회전의 위치를 제어하게 된다. 이 방법은 직인식 작업에서 유용하게 활용 할 수 있으나 간이가선식 집재방법에서는 리모콘 작동 자체가 어렵고 복잡하기 때문에 HST 동력 차단을 리모콘이 아닌 수작업으로 동력을 차단할 수밖에 없다. 따라서 HST 동력 차단 장치(텐션 벨트 장치) 레버를 부착하여 간이 가선집재 작업이 가능하도록 하였다. 아래 그림 3-119, 120은 동력차단장치의 부착전과 부착후의 모습이다.



그림 3-119

다. 간이 가선집재 작업을 위한 엔드레스 드럼 형상 레버

간이 가선집재작업을 위해서는 1축 2드럼이 필요한데, 엔드레스 드럼의 역할은

엔드레스 드럼은 2~3 가닥의 와이어로프가 정회전과 역회전을 반복하면서 간이 가선에 놓여 있는 캐리지의 이동을 원활하게 하고 원치 드럼의 속도를 조종하는 역할을 감

당한다. 그러기 위해서 엔드레스 드럼의 형상은 드럼 중앙의 등근 형상의 속면이 들어
 가고 드럼 양쪽면은 와이어로프가 이탈이 되지 않도록 벽면이 있어야 한다. 그림
 3-121, 122는 엔드레스 드럼의 개선 전과 후의 모습이다.



라. 드럼의 로프 이탈방지 장치 부착

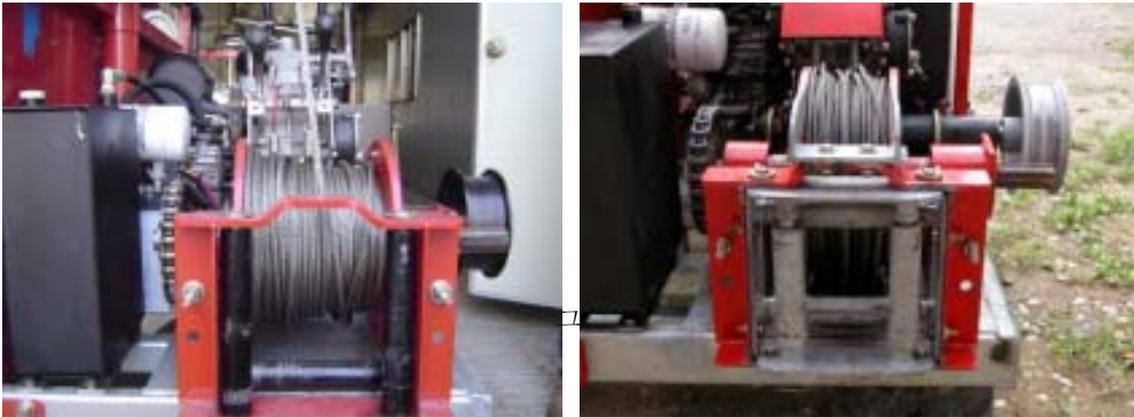
윈치 드럼은 감기와 풀기를 거듭하면서 동시에 와이어로프도 감기와 풀기를 거듭하
 게 된다. 이때 와이어로프는 가지런히 감기기를 원하지만 집채작업이 거듭될수록 와이
 어로프는 헝클어지게 되며 또한 드럼 밖으로 이탈되어 드럼 구동축에 끼어들거나 감기
 게 되어 집채작업 자체를 불가능하게 만들게 된다. 이를 방지하기 위하여 와이어로프가
 감거나 풀릴 때 헝클어져도 로프가 이탈되지 않도록 와이어로프 이탈 방지 장치를 부
 착하였다. 이탈방지 장치는 전면 상과 전면 하, 후면 3곳에 설치하였다.



마. 윈치로프 리드선 부착

와이어로프는 짐재방향에 따라 각도가 변하게 되는데 이때 드럼의 프레임에 간섭을 받거나 마찰로 인하여 와이어로프가 손상을 받지 말아야 한다. 그러기 위해서는 윈치 드럼의 프레임 좌 우, 상 하에 윈치 로프 리드선을 부착하여 로프의 손상과 프레임의 마찰을 방지 하였다.

그림 3-125, 126은 윈치의 수정전과 보완 수정 후의 모습을 나타내었다.



바. 원목 하차작업을 위한 제어 스틱 장치 보완

적재함에 원목이 적재되어 있는 상태에서 원목을 하차, 적재하기 위해서는 적재함 가로막이 기둥을 제거하여야 하는 데 이를 위해서는 제어 스틱이 당초에는 일자 형식으로 지렛대의 역할을 감당하지 못했다. 이것을 제어 간격을 늘리고 형상도 굴곡을 주어 하차 작업을 위한 가로막이 기둥 제거작업을 원활하게 하였다.

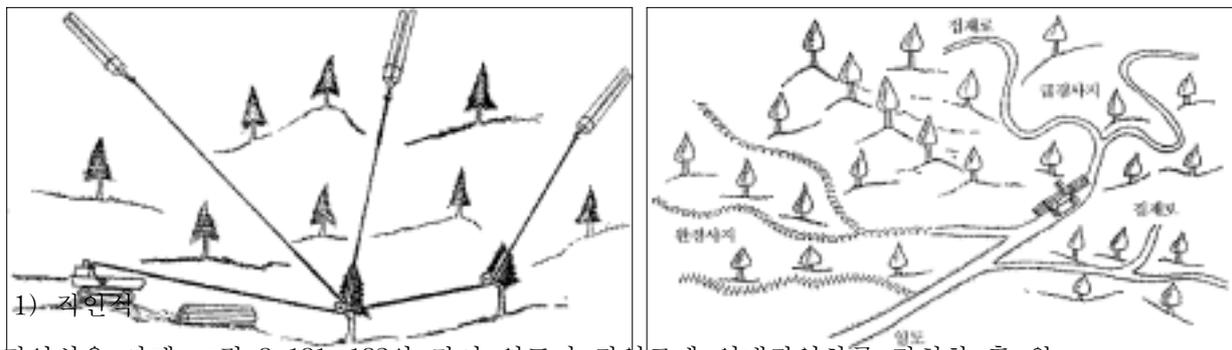


3. 현지적용성 시험

가. 작업방법 개발

임내작업차를 이용한 작업방법은 주로 3가지가 나눌 수 있다. 첫 번째로는 직인식으로서 임도나 작업로 상에 장비를 정치한 후에 전면의 윈치로 원목을 견인하여 직접 땅 끌기 작업을 하는 것이고, 두 번째로는 임내작업차를 임내에 직접 투입하여 윈치를 이용 5m 내외의 단거리 집재 후 사피를 이용하여 적재함에 싣고 운반하는 집재 동시 운반 작업이 있으며, 또한 간이 캐리지를 이용하여 간이가선작업 방식이 있다. 직접 견인식은 리모콘 윈치를 이용하여 1인 1조 작업이 가능하며 보통 윈치를 조작하는 기계수 1인과 원목을 걸어주는 초커맨 1인으로 한 2인 1조 작업으로 실시한다. 임내작업차 집재 동시 운반작업은 1인 1조 작업이 가능하고, 간이가선작업은 윈치 드럼 조작하는 기계수 1인과 원목을 걸어주는 초커맨 1인으로 2인 1조로 작업을 하는 것이 유리하다.

작업방법은 지형과 임목의 상태, 작업조건, 오퍼레이터의 숙련도 등에 따라 작업능률에 많은 차이가 있지만 오퍼레이터가 지형과 작업 조건에 따라 적절한 작업방법을 선택하여야 한다. 아래 그림 3-129, 130은 작업 모식도 이다.



직인식은 아래 그림 3-131, 132와 같이 임도나 작업로에 임내작업차를 정치한 후 윈치를 통해 직접 원목을 끌어오는 작업 방법이다. 상향, 하향작업이 가능하고 다만 작업원이 와이어로프를 직접 끌어오기 위해서 작업장을 수차례 왕복하여야 하므로 쉽게 피로를 느끼고 작업에 많은 힘이 든다.

이 때 작업원의 수를 줄이고 1인 1조 작업이 가능하도록 하는 것은 리모콘 윈치를 사용하는 것이다. 장비의 정치는 집재방향과 일치되도록 하고 안내 도르래를 사용하여 작업 방향을 바꾸기도 하며 이 방법은 작업방법이 쉽고 지형에 관계없이 어느 곳이나 적용할 수 있다. 이 방법은 상향작업시에 원목 견인시 장비가 끌려가지 않게 하기 위하

여 후면에 임목에 지지대를 설치하여 안전하게 작업하도록 한다.

가) 준비물

- 스키딩 팬 : 1개
- 지지로프 : 2개
- 샤클(중) : 2개
- 원목집게 : 1 조
- 사피 : 1개
- 초커로프 : 4개

나) 작업원 구성 : 2인 1조(리모콘식 1인 1조)

다) 작업방법

- 임내차를 작업로 또는 임도변에 집재방향으로 정치
- 주변 임목의 높은 곳에 안내 도르래를 설치
- 초커맨은 원치의 와이어로프를 원목이 있는 곳까지 끌고감
- 초커맨은 초커로프로 원목을 묶고 견인 고리에 걸어준다
- 기계수는 원치를 구동하고 원치 스틱을 조작하여 원목을 견인한다.
- 원목을 임도 및 작업로의 목표지점까지 견인 집재한 후 초커를 제거하여 작업을 완료한다. 이때 보통 작업 능률은 1일 10~15m³ 정도가 가능하다.

아래 그림 3-131, 132는 직인식에 의한 집재작업 광경이며 중, 급경사지에 임내작업차의 투입이 어려운 곳에서 활용이 가능하다.

초커맨은 원목이 그루터기나 돌 등에 걸리지 않게 주의하고 신호나 무전기를 사용하여 미연에 작업방해물에 걸리지 않게 조치를 취해야 하며 기계수와와의 작업 호흡을 맞추어야 한다.



2) 간이가선식

간이 가선작업은 직인식에 비하여 작업방법이 조금 복잡하지만 타워야더나 다른 가선 작업에 비하여 가공본선의 설치시간이 짧고(보통 30분 정도) 작업도 간단하며 직인

식에 비하여 작업능률이 높고 작업원의 작업부담도 덜 수 있다.

간이 가선식은 캐리지의 왕복을 도울 수 있는 가공본선을 설치하여야 하며 캐리지를 가공본선 위에 장착하고 엔드레스 드럼을 이용하여 당김줄과 되돌림줄의 왕복운동을 거둬야 한다. 안내 도르래도 엔드레스 드럼의 당김줄과 되돌림줄을 이용하여야 하고 주 드럼의 원치로 캐리지의 견인작업을 하여 집재작업이 가능하도록 한다. 아래 그림 3-133, 134는 가공본선의 설치와 캐리지가 가공본선에 장착 되어 있는 모습이다.



가) 준비물

- 가선용 와이어로프 : 당김줄(100m×6mm), 되돌림줄(200m×6mm)
- 지지로프 : 8 개
- 샤클도르래 : 4개
- 클램프 : 2개
- 장선기 : 1개
- 반송기(캐리지) : 1개
- 초커로프 : 4개

나) 작업원 구성 : 2인 1조

다) 작업방법

- 임내작업차를 작업로 또는 임도변에 정치시키고 지지로프로 임내작업차 뒤의 입목에 고정
- 집재방향의 선주, 원주, 집재 원목의 양 등을 고려하여 간이 가선을 설치하며 이때 가공본선은 캐리지를 통과하게 하여 설치하여야 한다
- 되돌림줄은 엔드레스 드럼에 2바퀴 정도 감아 반송기의 이동이 가능하도록 설치해야 한다.
- 당김줄은 반송기와 직접 연결하여 원목의 집재가 가능하도록 초커로프를 함께 부착한다.
- 되돌림줄과 당김줄을 복동적으로 움직여 가선의 반송기를 작동하고 원목을 견인 집재한다.

· 이 때 1일 작업 능률은 13~19m³ 정도이다.

아래 그림 3-135, 136은 엔드레스 드럼과 당김줄 드럼의 와이어로프가 감겨있고 또 짐재 작업을 하는 광경이다.



그림

3) 짐재 동시 운반(상차)

이 방법은 완, 중경사지에서 임내작업차를 임내의 원목이 있는 곳까지 직접 투입하거나 5m 내외의 단거리 짐재작업을 실시하여 원목을 임내작업차의 적재함에 바로 싣고 운반하는 작업방식이다. 이 방법은 1인 작업이 가능하며 지형조건과 작업원의 숙련도에 따라 작업능률에 많은 영향력을 미친다.



가) 준비물

· 당김줄 : 50m×8mm

나) 작업원 구성 : 1인 1조

다) 작업방법

· 완, 중경사지 임내작업차의 주행이 가능한 입지에서 단목짐재 작업에 적용이 가능하다.

- 벌채작업은 기계식 또는 정성간벌 작업 모두 적용이 가능하다.
- 임내작업차의 임내 주행이 가능하도록 짐재료를 확보하여야 한다.
- 임내작업차를 임내에 직접 투입하여 분산 벌도된 원목 가까이 접근하여 적재함에 원목을 적재 운반한다. 이때 사피를 이용한다.
- 접근하기가 조금 어려운 곳에서는 윈치를 이용하여 견인하며 이때 잔존목의 수피 손상과 같은 피해가 일어나지 않도록 한다.
- 적재가 완료되면 임내작업차를 작동하여 임도 또는 예정된 토장까지 운반, 적재한다. 이 때 1일 작업 능률은 5~12m³ 정도이다.

4) 운반 및 하차

원목이 견인 짐재되면 토장이나 저목장에 운반 적재하여야 한다. 운반방법은 임내작업차의 운전방법과 같고 작업로나 임도의 적재주행으로 안전작업에 주의를 한다. 원목의 하차작업은 가로막이 기둥을 제거하고 그림 3-139, 140과 같이 덤프를 이용하여 원목을 하차 적재한다.



5) 임내작업차 이용 작업시스템

임내작업차를 이용한 작업시스템은 경사지별, 짐재형태별, 소운반 등에 따라 다르며 자세한 작업시스템은 아래 표 3-36과 같다.

표 3-40. 작업시스템의 종류

구 분	짐재형태	벌채	짐재	소운반	집적
완경사	단목	체인톱		임내작업차,	굴삭기 그레플
중경사	단목, 상향 전간, 상향	체인톱	간이가선	임내작업차	굴삭기 그레플
급경사	단목, 하향 전간, 상향	체인톱	간이가선	임내작업차	굴삭기 그레플

6) 작업안전

작업시 안전에 유의하여야 한다. 작업범위 내에 작업원 외에 출입을 금하고 기계수는 작업안전에 만전을 기해야 한다. 또한 작업원은 짐재목의 이동상황을 주시하면서 그루터기, 암석 등 짐재방해물을 피하도록 대처하여야 한다.

7) 장비관리 요령

일상점검으로는 엔진을 정지하고 장비를 점검하며 이 때 청소와 정비를 실시한다. 또한 밧선오일, 연료주입, 너트 풀림, 오일 누출 등을 점검하며 트랙의 구동부분에 그리스 주입을 항상 신경 써야 한다. 그리고 와이어로프 상태를 점검하고 와이어로프의 보푸라기가 일어나지 않도록 취급에 주의하며 작업 후에는 덮개를 덮어 빗물, 이슬 등으로부터 장비를 보호한다. 리모콘의 송, 수신기와 배터리를 점검한다.

또한 장기 보관시에는 와이어로프에 그리스를 도포하여 녹이 쓸거나 부식 되지 않도록 하고, 연료 탱크의 연료를 비워 연료공급의 통로가 막히지 않도록 한다.

나. 작업능률조사

작업능률조사는 작업방법에 있어서는 직인식, 간이가선식에 조사하였으며 작업장소는 용문, 진안, 칠곡의 3개소에서 실시하였다. 작업방향은 상향과 하향작업은 실시하였으며 임황 및 지황에 대한 자세한 조사내역은 아래 표 3-37과 같다.

표 3-41. 조사지 임황 및 지황

장소	수종	수고	수령	흉고직경
양평	낙엽송	12/5-17	36(IV)	18/14-22
진안	리기다	13.7/12.1-14.5	34(IV)	17/13-20
칠곡	아카시	10/9-10	33(IV)	8/6-10
1) 직인식				
가) 작업 세부내역				

직인식에 의한 임대작업자 적응성 시험은 진안에서 실시하였다. 진안은 리기다 소나무림 간벌지역으로서 작업내역은 표 3-38과 같다. 전체 작업회수는 86회 실시하였고 1회당 소요시간은 4.73분이 소요되었으며 짐재거리는 최고 35m 까지 실시하였다. 1회 짐재량은 0.1059m³ 이었으며 11회 짐재된 원목동수는 평균 3개 정도이었다.

표 3-42. 작업세부내역

장소	집재 방향	작업회수	전체작업 소요시간	평균집재거리	집재량	1회집재 원목동수	원목규격	작업원 구성	벽채 방법
진안	상향	8회	649.13분	25.3	9.1110	3.0	1.8~3.6m	2인1조	간벌
양평	하향	21회	230.18분	44.4	5.6845	1.4	1.8~3.6m	2인1조	간벌

나) 요소작업시간 분석

요소작업 시간분석은 준비, 로프풀기, 초커, 견인(집재), 초커제거, 지체·휴식 등으로 나타내었는데 요소작업 시간분석은 표 3-39와 같다.

표 3-43. 요소작업 시간 분석

장소	로프 끌기	초커 설치	집재 주행	초커 제거	지체 휴식	계
진안	1.10	0.99	4.80	0.51	1.45	8.85
양평	1.58	0.80	2.68	0.96	4.95	10.96

요소작업 시간 분석을 보면 작업장소에 따라 조금씩 차이가 있으며 이것은 원목의 규격, 작업조건 등에 따라 차이가 나타날 수밖에 없다. 1회 집재작업에 소요되는 시간은 9분~10분정도 소요되며 양평의 경우 진안보다 소요시간이 조금 많은 것은 집재방향의 차이인 것으로 생각된다. 동일한 작업 조건일지라도 집재방향에 따라 소요시간의 차이가 있으며 집재작업에 있어서 하향작업은 상향작업자에 비하여 작업이 어렵고 작업원의 작업부하도 많아지므로 지체·휴식시간이 많은 것을 알 수 있다.

그러나 작업조건에 차이가 있다하더라도 요소작업 소요시간은 큰 차이를 나타내지 않는 것이 보통이다.

다) 작업능률

임내작업차에 의한 직인식 하향작업의 작업능률은 1회 작업능률이 0.2707m³/2인 1조로서 1일 작업 능률은 8.8905m³ 으로 나타났다. 이를 근거로 한 작업공정표는 표 3-40과 같다.

표 3-44. 직인식 하향작업 1일 작업능률

(단위 : m³)

집재거리	1회량					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
20	3.824	7.597	11.321	14.995	18.622	22.202
30	3.583	7.120	10.614	14.065	17.474	20.841
40	3.370	6.700	9.991	13.244	16.459	19.638
50	3.181	6.326	9.437	12.513	15.556	18.566
60	3.012	5.992	8.940	11.859	14.747	17.605

한편 임내작업차에 의한 직인식 상향작업의 작업능률은 1회 작업능률이 0.1059m³/2인 1조, 로서 1일 작업능률은 8.0549m³으로 나타났다. 이를 근거로 한 작업공정표는 표 3-41과 같다.

표 3-45. 직인식 상향작업 1일 작업능률

(단위 : m³)

집재거리	1회량					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
20	5.186	8.561	10.932	12.689	14.044	15.120
30	4.003	6.882	9.053	10.747	12.107	13.222
40	3.260	5.754	7.725	9.320	10.639	11.747
50	2.749	4.944	6.736	8.228	9.489	10.568
60	2.377	4.334	5.972	7.365	8.563	9.604

2) 간이가선 상향집재작업

간이가선식 집재작업은 직인식에 비해 작업인의 작업부담을 적게 하고 작업능률도

높일 수 있다. 작업장소는 양평 용문에서 실시하였다.

가) 작업조건

표 3-46. 작업조건 내역

장소	집재 방향	작업회수	전체작업 소요시간	평균집재거리	집재량	1회집재 원목동수	원목규격	작업원 구성	벌채 방법
양평	상향	11	36.44	30.0	2.0648	1.6	3.6~12	2인1조	간벌
	하향	68	406.80	26.2	12.9758	1.6	1.8~3.6	2인1조	간벌

작업회수는 양평에서 상향 11회, 하향집재로 68회를 실시하였고 평균집재거리는 30m
전후이며 최대거리는 50m 정도 된다. 간이가선 집재작업은 약 100m 내외까지 가능하
며 이것은 작업조건 원목의 규격 등에 따라 많은 차이를 나타낸다.

나) 요소작업 시간분석

요소작업 시간분석은 작업장소에 따라 많은 차이를 나타내었다. 작업 대상 수종이 용문의 경우에는 낙엽송 간벌지로서 작업 조건이 좋은 편이며 집재방향이 상향과 하향에서 요소작업시간으로 볼 때 하향작업은 상향작업에 비하여 많은 것을 알 수 있다. 이것은 상향집재의 경우 캐리지는 자중에 의해 경사면을 주행하기 때문에 엔드리스 드럼을 구동하여 속도를 제어하는 하향집재보다 빠르게 작업을 진행 할 수 있는 이점이 있어 그럴 것이다. 하향작업은 적재 주행시간과 지체·휴식시간이 다소 많은 것을 알 수 있다.

표 3-47. 1회당 요소작업 시간

장소	집재 방향	공주행	로프 끌기	초커 설치	적재 주행	초커 제거	지체 휴식	계
양평	상향	0.81	0.01	0.41	1.36	0.43	0.30	3.31
	하향	0.78	0.57	0.40	2.16	0.43	1.65	5.98
다) 작업능력 분석								

임내작업차에 의한 간이가선식 상향작업의 작업능률은 1회 작업능률이 0.1877m³/2인 1조로서 1일 작업 능률은 10.1991m³ 으로 나타났고, 간이가선식 하향작업의 작업능률은 1회 작업능률이 0.1908m³/2인 1조로서 1일 작업능률은 11.4831m³ 으로 나타났다. 이를 근거로 한 작업공정표는 표 3-44와 같다.

표 3-48. 간이가선식 하향작업 1일 작업능력 (단위 : m³)

1회량	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
집재거리						
20	6.825	12.815	18.114	22.835	27.068	30.884
30	5.726	10.857	15.483	19.674	23.490	26.977
40	4.931	9.419	13.520	17.283	20.747	23.947
50	4.330	8.317	11.998	15.409	18.578	21.529
60	3.860	7.445	10.785	13.902	16.819	19.555
라) 작업비용 분석						
임내작업차의 원치 작업능률은 직인식 8.5m ³ /일, 가선식 10.8m ³ /일으로 집재비용은 16,647원/m ³ , 13,102원/m ³ 이 소요되었다. 가선식 집재작업은 직인식 집재에 비하여 21%						

비용절감효과를 보았으며 작업능력 및 생산비용은 표 3-45 및 표 3-46과 같다.

임내작업차 원치 집재작업 후 본 차량에 상차하여 운반하거나 그래플을 이용한 상차

표 3-50. 집재시스템별 작업능률 및 경제성

구분	작업능률 (m ³ /일)	생산비용 (원/m ³)	절감효과
직인식집재	8.5	16,647	1.00
가선식집재	10.8	13,101	0.79

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

임내작업차를 개발하기 위하여 임내작업차의 기능분석과 외국제품에 대한 제원을 검토하였다. 또한 이를 기초로 하여 목표사양을 결정하고 시작기를 개발, 제작하였으며 이에 부착되는 각종 부속작업기를 설계 제작하였다.

1차 시작기의 성능시험과 개선사항을 고려하여 2차 시작기를 제작하였다. 또한 집재 작업에 기본 부속장치인 1축 2드럼의 윈치를 개발하였으며 개발, 제작된 장비는 각 조건별에 대한 주행시험과 현지 적용성 시험을 실시하여 작업능률 및 적합한 작업방법을 도출하였다.

표 3-51. 목표달성도

연 도	내 용	달성도
	○ 궤도식 기본차량 1차 시작기 개발	100
1차년도 (2003)	- 적재중량 : 0.8톤 이상 - 프레임, 샤프트 : 고무궤도식 구동 ○ 윈치(전자클러치 방식) 개발 및 성능시험 - 견인력 성능: 최대 1톤 ○ 궤도식 기본차량 2차 시작기 개발 - 산지 등판 능력 : 30 이상(공차상태) 20°(적재시)	100 100
2차년도 (2004)	○ 리모콘 윈치(HST) 개발 및 성능시험 - 견인력 : 1톤 (최대)	100
3차년도 (2005)	○ 시작품 성능시험 - 시작품 전체에 대한 작업능률 : 1일 5m ³ 이상 ○ 궤도식 집재·운반 기본차량 - 기계성능, 조작성, 집재능률, 경제성 등 ○ 작업방법 개발 - 조작성의 편리성, 작업속도, 작업가능범위	100 100 100
	- 소요 숙련도, 작업방법 개발	

1. 임내 작업차 베이스 머신 설계 및 시제품제작

가. 1차 시작기 개발, 제작

1) 기능 분석 및 외국제품 제원 비교·검토

임내작업차는 종류가 많으며 그 중에서도 일본에서 생산 판매되고 있는 것을 대상으로 8개 기종에 대하여 기능을 분석하고 제원을 비교·검토 하였다.

2) 임내작업차 1차 시작기 개발 제작

시작기의 설계목표로는 후면 적재방식을 택하고 엔진, 원치, 변속기 등의 부착위치를 결정하여 산지 경사지의 주행시에 중량의 편중에 의한 케도의 편주행을 방지하였다. 또한 경사지에서의 하중의 전이에 따른 측면전도를 방지하도록 차체의 길이, 폭, 높이, 중량, 적재함의 크기 등을 결정하였다. 또한 적재방식, 전체크기, 적재함 크기, 중량, 엔진, 케도 등에 대한 설계 규격을 결정하여 시작기를 제작하였다.

나. 2차 시작기 개발, 제작

1) 임내작업차 2차 시작기 개발 제작

1차 시작기의 단점을 보완하고 산지 경사지 주행과 안정성을 고려하여 2차 시작기를 설계 제작하였다. 적재방식은 측면방식을 택하고 엔진, 원치, 변속기 등의 부착위치를 결정하였으며 경사지에서의 하중의 전이에 따른 측면전도를 방지하도록 차체의 길이, 폭, 높이, 중량, 적재함의 크기 등을 결정하였다.

2. 임내작업차 시작기의 주행 및 동적 안정성분석

가. 도입기종의 성능비교

· 국내 도입기종(3종), 국산 농용운반차의 성능조사

- 벤치마킹용 국내 도입 소형임내작업차 3종에 대하여 콘크리트노면, 작업로, 임도 등 노면조건별로 주행성능시험을 실시하여 주행저항을 측정하였으며 각 기종의 기계성능과 장단점을 비교하였다.

나. 1, 2차 시작기 주행, 안정성 분석

후면적재방식의 1차 시작기 및 측면적재방식인 2차 시작기의 주행 및 동적안정성을 분석하고 시뮬레이션을 통하여 작업 및 주行的 안정성을 규명하였다.

3. 임내작업차의 부속작업기 원치 제작

부속작업기 중 견인원치의 규격은 드럼용량이 8mm × 50m(6mm×90m)이며 기계식이고 속도는 저속과 고속 변환이 가능하고 클러치를 부착하여 과부하시 장비의 파손과 작업원에 대한 재해발생 위험을 방지할 수 있는 안전장치를 부착하였으며 견인력은 최대 1.4톤인 짐재용 원치를 제작 부착하였고 리모콘 조작에 의해 1인 작업도 가능하도록 하였다.

4. 개발된 임내작업차에 대한 작업방법 개발 및 적용성 시험

시작기의 현장적용성 시험을 실시하였고 작업방법을 개발하고 작업능률을 조사하였다. 또한 임내작업차를 이용한 최적 작업로망 배치 즉 작업로 간격, 작업로 배치, 규격 등을 구명하였다.

제 2 절 연구개발 목표의 달성도

1차 시작품의 성능시험과 개선사항을 고려하여 2차 시작품을 하였다. 또한 짐재작업에 기본 부속장치인 1축 2드럼의 원치를 개발하였으며 개발, 제작된 장비는 각 조건별에 대한 주행시험과 현지 적용성 시험을 실시하여 작업능률 및 적합한 작업방법을 도출하였다.

1. 2차시작품 개발 및 작업시스템 개발

가. 임내작업차 2차 시작품 개발 제작

1차 시작품의 단점을 보완하고 산지 경사지 주행과 안정성을 고려하여 2차 시작품을 설계 제작하였다. 적재방식은 측면방식을 택하고 엔진, 원치, 변속기 등의 부착위치를 결정하여 경사지의 주행시에 중량의 편중에 의한 궤도의 편주행을 방지하였다. 또한 경사지에서의 하중의 전이에 따른 측면전도를 방지하도록 차체의 길이, 폭, 높이, 중량, 적재함의 크기 등을 결정하였다. 또한 적재방식, 전체크기, 적재함 크기, 중량, 엔진, 궤도 등에 대한 설계 규격을 결정하여 시작기를 제작하였다

나. 임내작업차의 부속작업기 제작

부속작업기 중 견인원치의 규격은 드럼용량이 8mm × 80m이며 리모콘식이고 속도는 3단으로 변환이 가능하고 클러치를 부착하여 과부하시 장비의 파손과 작업원에 대한 재해발생 위험을 방지할 수 있는 안전장치를 부착하였으며 견인력은 최대 0.8톤인 짐재

용 원치를 제작 부착하였다.

2. 임내작업차의 안정성 및 주행성능 시험

가. 도입기종의 성능비교

- 국내 도입기종(3종), 국산 농용운반차의 성능조사
 - 벤치마킹용 국내 도입 임내작업차 3종에 대하여 콘크리트 노면, 작업로, 임도 등 노면조건별로 주행성능시험을 실시하여 주행저항을 측정하였으며 각 기종의 기계성능과 장단점을 비교하였다.

나. 임내작업차 짐재작업을 위한 최적 작업로망 배치

임내작업차를 이용한 최적 작업로망배치를 위하여 작업로 간격, 작업로 배치, 규격 등에 대하여 조사하였다.

다. 임내작업차 동적 안정성 분석

Chikusui 임내작업차 GC 557에 대한 각 부품, 부속작업기의 무게와 X, Y, Z 축의 진자주기운동을 측정하고 본 기종의 설계에 반영하여 안정성과 주행성능이 높은 임내작업차의 개발에 기초자료로 활용하였다.

제 3 절 관련분야에의 기여도

본 연구를 통해 산림수확작업 분야에서 임업기계를 통한 생력화와 기계화를 촉진하였다. 우리나라와 같은 소유규모가 영세한 산림에서 생산 소재도 중, 대경목 보다는 소경 간벌재 생산을 생산이 주를 이루고 있다. 이를 위하여 초기 투자비용이 적은 소형장비의 투입이 대형장비를 투입하는 것 보다 유리하다. 따라서 소형 장비인 임내작업차를 개발하여 국산임업기계화를 촉진하였고 임목 수확작업에 생력화를 가져왔다.

또한 국산 임업기계 기술개발에 설계 기술을 향상과 국산임업기계화를 촉진하여 관련분야에 기여한 바가 크다. 그리고 저가의 국산 임업기계 공급으로 산림수확작업의 생산성 향상에 기여하였으며 또한 직인식 및 간이 가선식에 의한 작업방법 개발로 작업능률 향상에 기여하였다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

우리나라의 임업기계화를 위한 기본작업기인 완·중경사지의 차량형 임내작업차를 국산화함으로써 집·운재장비의 자체 개발기술력을 확보하고 벌채된 원목을 임도변이나 토장까지 집재 운반하는 집재작업시스템의 활용으로 산림생산성 향상을 기대할 수 있다.

또한 임업기계의 국산화를 촉진하며 우리나라의 작업조건에 적합한 임업기계의 자체 설계능력과 제작기술의 확보하였다.

현재 많은 간벌작업물량을 개발된 임내작업차로 작업비의 절감과 생산성 향상을 도모하여 임업의 수익성을 개선할 수 있으며 임내작업차를 이용한 작업시스템의 보급으로 노동인력 부족에 직면한 산림작업을 생력화하여 노동력 부족에 대처하며 작업 조건이 열악한 산림작업의 작업환경을 개선하여 산림작업에 대한 직업의식 개선을 기대한다.

제 1 절 현장보급방안

소경 간벌재 작업지에서 집재원목의 집재 및 반출을 담당하고 조립 작업시에는 조립용 묘목운반이나 산림토목 공사시에는 토목자재류의 운반작업에 활용할 수 있다.

또한 임도에서 산림작업지까지 자재를 운반하고 특히 피해에 민감한 자연보호지역이나 국립공원 등의 병충해 피해목 등의 반출 등에 활용이 가능하다. 그리고 산림부산물인 톱밥제조 원료가 되는 초두목, 가지 등의 수집, 운반작업에 활용하여 톱밥 생산의 능률 향상에도 기여할 수 있다..

국내 연간 임목 벌채량은 약 200 만 m³ 정도이며 임내작업차를 활용한 원목 집재, 운반 작업이 가능하며 본 장비에 의한 1일 작업량은 5~10m³/1인 정도 가능하고 연간 작업일수를 200일 정도로 했을때 1년에 1,000~2,000m³ 이 가능하다.

- 필요대수 : 약 500 대

제 2 절 산업화 계획 방안

국내 제작 차량의 부품을 활용함으로써 수리 및 부품공급 등 유지 보수가 편리하고 생산비가 저렴할 것으로 기대되어 소규모 주문생산방식에 의해 기업화가 가능하다.

인력난에 의해 생력화 기계가 요구될 경우 작업원 1인으로 원목의 집적 및 운반이 가능한 장비로서 시장의 규모는 기업화에 충분한 규모이며 또한 장비의 성격상 초기 투자가 많이 필요하지 않으므로 중소기업에서도 생산이 가능할 것으로 예측된다.

향후 연내에 참여기업에 기술이전을 실시하고 산업화를 추진하므로써 임업기계 국산화 및 보급을 촉진하고, 현장토론회 및 기계 시연 등을 통해 간벌재 생산에 필요한 기계의 개량화 방안 및 최적 성능 발휘를 위한 관리방법 등을 제시하고 보급할 계획이다.

제 3 절 기술이전 방안

관련 유망 중소기업이나 참여기업에 기술을 이전하여 산업화로 작업현장에 생산판매할 계획이다.

제 4 절 논문발표

연구성과에 대해서는 2004년 6월부터 한국임학회 학술연구 논문발표를 하고 있으며, 최종결과에 대한 논문을 국내 및 국외학술지에 투고할 예정이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 일본의 임내작업차 정보

일본의 임내작업차 윈치, 엔진, 차체 강도 등의 정보를 획득 함.

	<p><리모콘 윈치> BY1202의 리모콘 윈치는 캐니콤 독자의 HST 정회전, 역회전 윈치를 채용. 소집재 및 짐재작업이 1인으로 효율적으로 할수 있으며 윈치의 회전을 역회전 할 때 난폭하게 되는 것을 방지하고 목재, 본체의 적재시에 충격을 완화시킬 수 있다. 리모콘은 약 10시간 연속사용이 가능하다.</p>
	<p><드럼 스톱퍼> 드럼 스톱퍼를 장착하여 빈 로프 끌기시에 오버런팅을 억제하고 윈치 와이어의 란권이 일어나지 않도록 한다.</p>
	<p><저소음, 하이파워 엔진> BY1202, 1202는 저소음 고효출력을 도모하기 위해 최대출력 12.5마력 수냉 2기통 디젤엔진을 탑재함.</p>
	<p><바디 강도 향상> BY1201, 2는 사용자(유저)의 의견을 근거로 바디의 각 부 강도를 고치고 센터 폴이나 적재 사이드 폴 등 특히 부담이 되는 부분의 강도향상을 도모함</p>
	<p><작동레버집중 배치로 조작 용이> 주행조작계, 윈치 조작계의 레버류를 한곳에 집중배치하여 시선의 이동이 적도록하여 조작을 쉽게 함</p>

<유압덤프>



공장 옵션을 설정하여 적재 유압덤프를 장착하였기 때문에 짐을 내림의 시간을 단축할 수 있고 적재 폴의 잠김 기구는 덤프와 연동하여 유압으로 작동하도록 하여 레버의 조작에 의해 자동적으로 적재 폴의 잠김이 해제된다.

<차체의 친근 라운드 폼>



지금까지의 이미지의 새롭게 함과 가지 등의 끝음으로 걸림을 방지하기 위해 조작부에서 카버 주위를 중심으로 라운드 폼을 채용함.



참고문헌

- 1) 김재원. 2001. 원목운반용 미니포워더 개발. 임업연구원 연구보고서. pp. 186.
- 2) 김재원, 노재후, 우태명, 이해주. 1989. 간벌작업의 작업강도 및 집재기계화에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 39 : 120~141.
- 3) 노재후. 1981. 임업기계에 의한 산림작업의 생력화. 한국임학회지 54: 90~102.
- 4) 대광서림 편집부. 1990. 표준 기계설계 도표편람. 개정 증보 2판. 대광서림.
- 5) 박해권, 2005, 소형 임내 작업 차량의 안정성 분석, 서울대학교 대학원 농업기계전공 석사학위논문.
- 6) 박해권 외, 2005, 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 소형 임내차 시작기의 장애물 통과 및 적재 안정성 평가, 한국농업기계학회지. 30(6).
- 7) 박현기, 김경욱, 김재원, 송태영, 박문섭, 조구현. 2002. 다물체 동력학 해석 프로그램을 이용한 포워더의 횡진도 분석 농업기계학회지 27(3) : 185~194.
- 8) 박현기. 2001. 다물체 동력학 해석 프로그램을 이용한 포워더의 안정성 분석. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원. pp. 79.
- 9) 임업시험장. 1971. 도입기계 적용시험. 임시연보: 13~25.
- 10) スリーエム研究會編(山脇三平監修). 1981. 改訂林業機械ハンドブック. スリーエム研究會. pp. 603.
- 11) 瀧本義彦, 黄箭波. 1988. 中國製チェーンソーの特性について. 京都大演習林報告 No.60 : 219~231.
- 12) 戸田正和. 1992. 優良材生産現地實證事業とりまとめ. やまなみ 8 : 14~35.
- 13) 戸田正和. 1993. 林内作業車の使用に適した路網. 機械化林業 476 : 35~41.
- 14) 南方 康. 1991. 機械化・路網・生産システム. -低コスト林業確立のために- pp. 265.
- 15) 林業機械化推進研究會. 1990. 機械化のビジョン.
- 16) 林業機械化協會. 1996. 林業機械便覽.
- 17) 林業機械化協會. 1983. 小型林内作業用機械とその作業. 林業機械シリーズ No. 70.
- 18) 林業機械化協會. 1995. 林業機械に使われるメカトロニクス. 林業機械シリーズ No. 85.
- 19) 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.

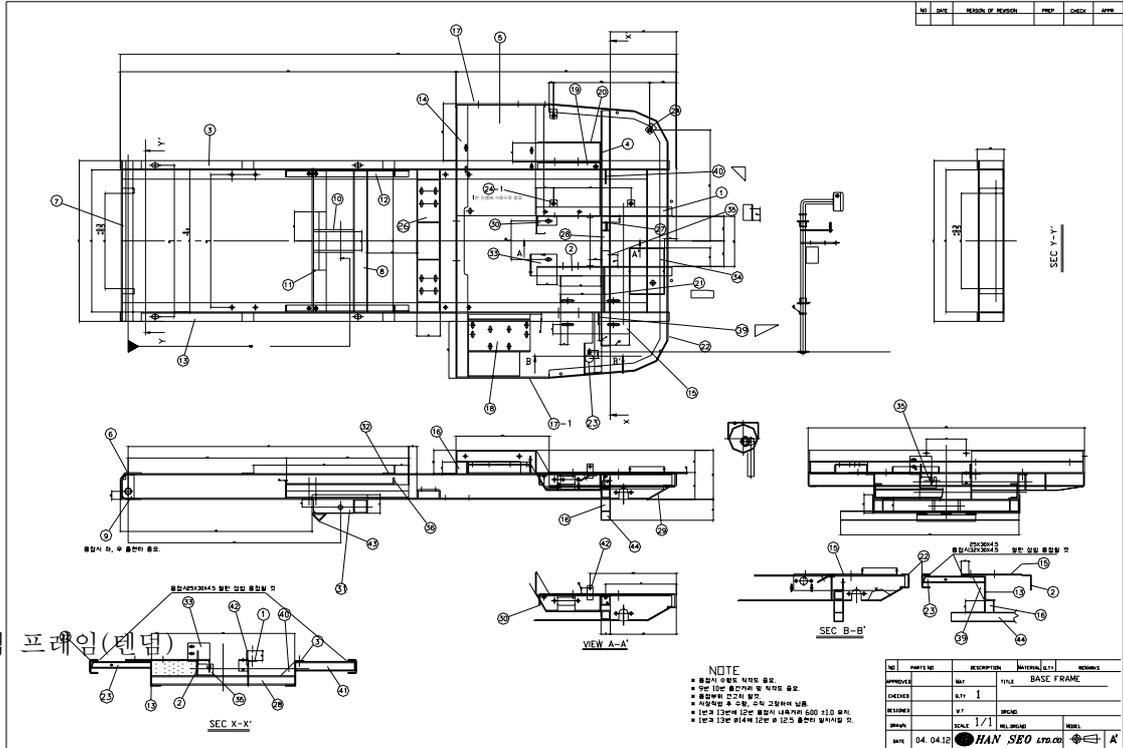
87.

- 20) 林業機械化協會. 1989. 非皆伐施業における效率的搬出方法. 林業機械シリーズ No.78.
- 21) 山脇三平, 大里正一, 鈴木正之, 森三昇, 小島幸治. 1990. 林業機械學. 朝倉書店.
- 22) 岩川治著. 1997. 小規模林業經營の選擇. 社團法人 岡山山林協會.
- 23) Branz, H. 1991. Moeglichkeiten der Entwicklung und des Einsatzes von Forstschleppern in der Republik Korea. GTZ Eschborn. pp. 38.
- 24) Functionbay, 2005, RecurDyn V6.0, Seoul.
- 25) Grammel, R. 1988. Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. pp
- 26) Nabo, A. and Y. Yamada. 1992. Accident analysis and capability to surmount obstacles of side-loaded mini-forwarders. Journal of Japanese Forest Society 74(1) : 8~17. 23
- 27) Sundburg U. and Siversides. 1988. Operational efficiency in forestry. Kluger Academic Publishers. Dordrecht, Boston and London. pp
- 28) KWF. 1993. Der Forstwirt. Verlag Eugen Ulmer. pp 348~396.
- 29) UGS, 2000, Solid Edge V8.0, Missouri.

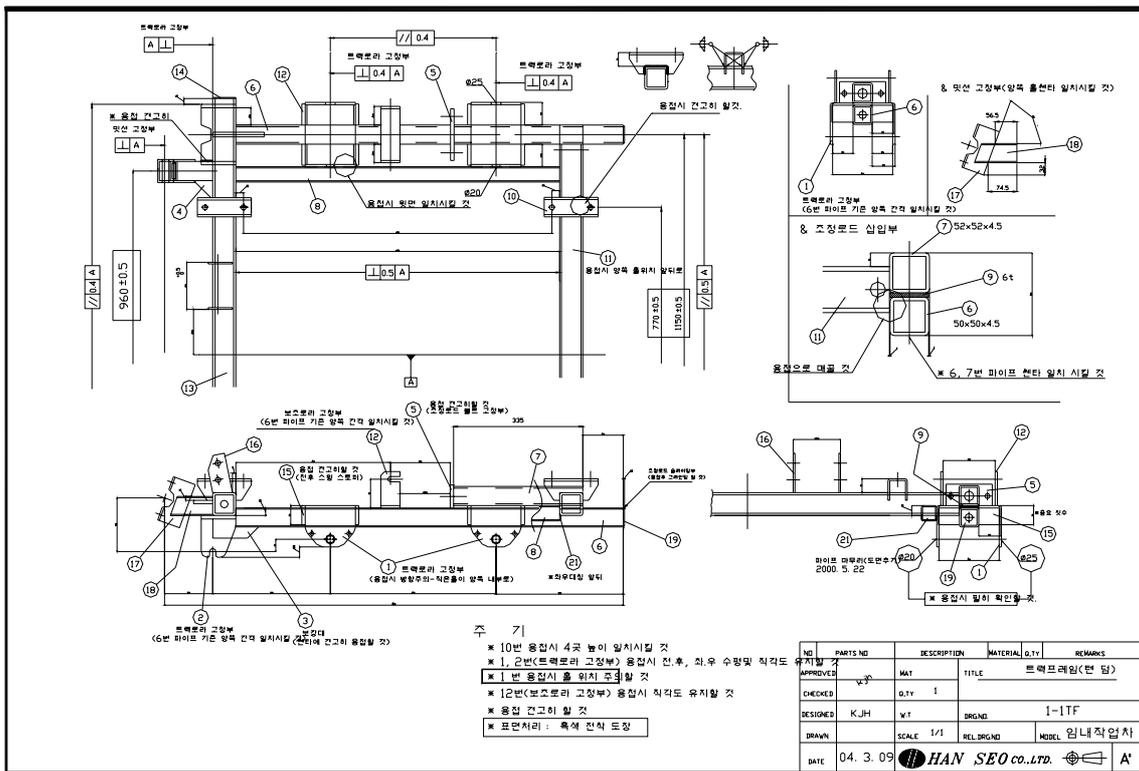
부 록 APPENDICES

□ 설계 및 부품도면

1. 베이스 프레임



2. 트랙 프레임(연 단)



3. 적재함 용접품

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
⚠					
⚠					
⚠					

① 12T, 4EA

② 12T, 2EA

③ 12T, 2EA

4. 일반 재관 공차용 참조표)

0.5	-	3	±0.15
3	-	6	±0.2
6	-	30	±0.5
30	-	120	±0.8
120	-	400	±1.2
400	-	1,000	±2.0
1,000	-	2,000	±3.0
2,000	-	4,000	±4.0
4,000	-	8,000	±5.0

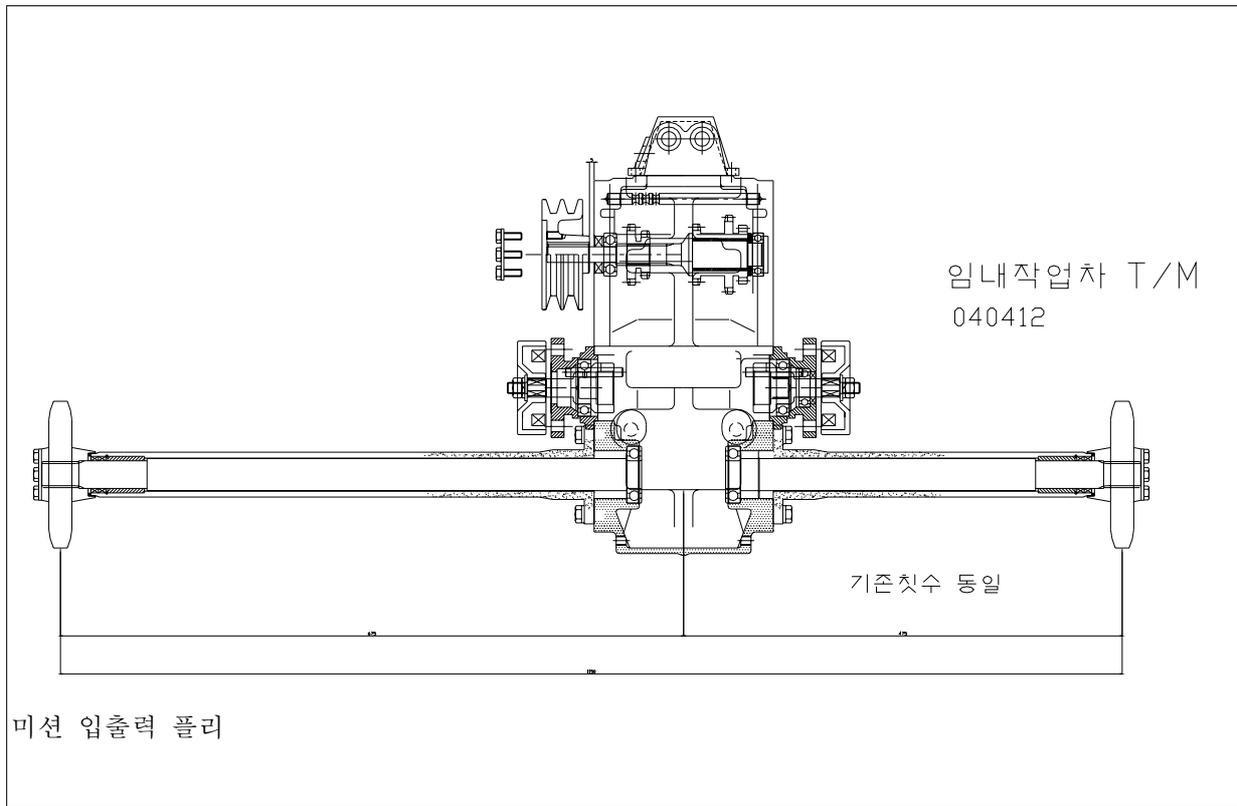
NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
R. APPROVED		MAT. SS41P	7.1	적재함 용접품	
ED. CHECKED		DR. O.T.Y			
FE. DESIGNED	K.JH	XD. W.T	DRG. NO	1010CD-01-	
3. DRAWN		SC. SCALE 1/1	REP. REL. DRG. NO	HF. MODEL	HFC-1010CD
DATE	04. 4. 09	HAN SEO co., LTD.			A'

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
⚠					
⚠					
⚠					

표면처리 : 흑색전착도장

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
R. APPROVED		MAT. SS41P	7.1	엔진 다이	
ED. CHECKED		DR. O.T.Y	1		
FE. DESIGNED	K.JH	XD. W.T	DRG. NO	1010CD-01-	
3. DRAWN		SC. SCALE 1/1	REP. REL. DRG. NO	HF. MODEL	HFC-1010CD
DATE	04. 4. 09	HAN SEO co., LTD.			A'

5. 임내작업차 TM



6. 미션 입출력 플리

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE

1. 지시없는 모서리부 꺾은드 0.5
2. 지시없는 모서리부 모떼기 0.5
3. T/M에 조립하여 납품.
4. 표면처리: T/M과 동일.

일반기계가공공차 MACHINE CUT TOLERANCE	NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
0.5 - 3	APPROVED		MAT FC20	TITLE	미션-입력축 플리	
3 - 6 ±0.1	CHECKED		Q.TY 1	DRGND.		
6 - 30 ±0.2	DESIGNED	K.JH	W.T	SCALE 1/1	MODEL	임내작업차
30 - 120 ±0.3	DRAWN					
120 - 400 ±0.5	DATE	04. 3. 23	HAN SEO LTD.CO.			
400 - 1,000 ±0.8						
1,000 - 2,000 ±1.2						

7. 엔진(보조) 플리

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE

1. 지시없는 모서리부 라운드 0.5
2. 지시없는 모서리부 도패기 0.5
3. 표면처리: 흑색도장

일반기계공정용차 MACHINE CUT TOLERANCE	NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
0.5 - 3	APPROVED		MAT FC20	TITLE	엔진(보조)플리	
3 - 6	CHECKED		Q.TY 1			
6 - 30	DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGND	600DL-02-02020	
30 - 120	DRAWN		SCALE 1/1			MODEL HC-600DL
120 - 400	DATE	00.08.10.	HAN SEO LTD.CO.			A ²
400 - 1,000						
1,000 - 2,000						
2,000 - 4,000						
4,000 - 8,000						

8. 원치 미션

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

엑셀 케이스

엑셀 샤프트

일반 제관 공(용접포함)	NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
0.5 - 3	APPROVED		MAT	TITLE	원치 미션	
3 - 6	CHECKED		Q.TY 1			
6 - 30	DESIGNED	K.JH	W.T	DRGND	1010CD-01-	
30 - 120	DRAWN		SCALE 1/1	REL DRGND	H.F	HFC-1010CD
120 - 400	DATE	04. 4. 09	HAN SEO CO.,LTD.			A ²
400 - 1,000						
1,000 - 2,000						
2,000 - 4,000						
4,000 - 8,000						

9. 원치 미션 플리

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
△					
△					
△					

Q. NO	N. PARTS NO	N. DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
R. # APPROVED	K-JH	MAT SM45C	7.7		원치 미션 플리
E.D. CHECKED		IP QTY 1			
F. # DESIGNED	K.JH	XP W.T	C. DRGNO		1010CD-01-
D. # DRAWN		SCALE 1/1	E.S. C. REL DRGNO	N.F. MODEL	HFC-1010CD
F. Q. DATE	04. 4. 09	HAN SEO co.,LTD.			A'

10. 메인 프레임 (원치 고정부)

1. 지시없는 모따기는 0.5로 할 것

표면처리 : 천연색 아연도금 or 흑색 전착도장

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
△					
△					
△					

Q. NO	N. PARTS NO	N. DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
R. # APPROVED	K-JH	MAT SS41P	7.7		메인 프레임
E.D. CHECKED		IP QTY 1			
F. # DESIGNED	K.JH	XP W.T	C. DRGNO		1010CD-01-
D. # DRAWN		SCALE 1/1	E.S. C. REL DRGNO	N.F. MODEL	HFC-1010CD
F. Q. DATE	04. 4. 09	HAN SEO co.,LTD.			A'

일반 제관 공차(참조용)		
0.5	-	3 ±0.15
3	-	6 ±0.2
6	-	30 ±0.5
30	-	120 ±0.8
120	-	400 ±1.2
400	-	1,000 ±2.0
1,000	-	2,000 ±3.0
2,000	-	4,000 ±4.0
4,000	-	8,000 ±5.0

일반 제관 공차(참조용)		
0.5	-	3 ±0.15
3	-	6 ±0.2
6	-	30 ±0.5
30	-	120 ±0.8
120	-	400 ±1.2
400	-	1,000 ±2.0
1,000	-	2,000 ±3.0
2,000	-	4,000 ±4.0
4,000	-	8,000 ±5.0

11. 카운터 조합

일반기계가공공차 MACHINE CUT TOLERANCE		
0.5 - 3		±0.1
3 - 6		±0.2
6 - 30		±0.3
30 - 120		±0.5
120 - 400		±0.8
400 - 1,000		±1.2

표면거칠기 기호	0.8S	6.3S	25S	50S

()

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

* 내부 구리스 충분히 삽입할 것

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			TITLE 카운터 조합
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED		W.T			DRG.ND
DRAWN		SCALE 1 : 1	REL.DRG.ND	MODEL	
DATE					A'

12. 카운터 샤프트 케이스

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE
표면처리 : 흑색도장

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT GC20			TITLE 카운터샤프트 케이스
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED		W.T			DRG.ND
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL	
DATE					A'

13. 유압벨브 고정 브라켓

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽	△					

NOTE

1. 표면처리: 아연도금
2. 용접시 직각도 및 수평도유지
3. BURR 제거.

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
3					
2		외이머/B/K	SS4IP	2	6t
1		PLATE	SS4IP	1	4ST

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	D.TY	REMARKS
APPROVED	MAT	TITLE	유압밸브 고정 브라켓		
CHECKED	D.TY	1			
DESIGNED	W.T	DRG.ND			
DRAWN	SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL		
DATE	HAN SEO CO., LTD.				

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽

14. 브레이크 페달 Ass'y

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE

- 용접시 직각도 및 각도에 주의할 것
- ⑥번은 용접하지 말(회전체임)
- 외서 용접시 바깥쪽 용접 금지
- 용접 견고히 할 것
- 용접 Burr 제거
- ⑪번은 용접후 회전이 자유로워야 한다 (회전체임)

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	D.TY	REMARKS
APPROVED	MAT	TITLE	브레이크 페달 Ass'y		
CHECKED	D.TY	1			
DESIGNED	W.T	DRG.ND			
DRAWN	SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL		
DATE	HAN SEO LTD.CO.				

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽

17. 조향레버

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△	00.10.6	치수 실 변	S.S.C		

주 기,
 1. 본도는 RH이며 LH는 대칭으로 제작.(수량은 각 1개)
 2. 표면처리: 흑색무광분체도장.

MACHINE CUT TOLERANCE	일반 기계 가공치	일반 재관 공차	NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
0.5 - 3	±0.1	0.5 - 3	±0.15	APPROVER	MAT	TITLE	조향 레버	
3 - 6	±0.2	3 - 6	±0.2	CHECKED	0.1x	1		
6 - 30	±0.3	6 - 30	±0.5	DESIGNED	W.T	DRG.ND		
30 - 120	±0.5	30 - 120	±0.8	DRAWN	SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL	
120 - 400	±0.8	120 - 400	±1.2	DATE	HAN SEO co.,LTD.			A'
400 - 1,000	±1.0	400 - 1,000	±2.0					
1,000 - 2,000	±1.2	1,000 - 2,000	±3.0					
		2,000 - 4,000	±4.0					
		4,000 - 8,000	±5.0					

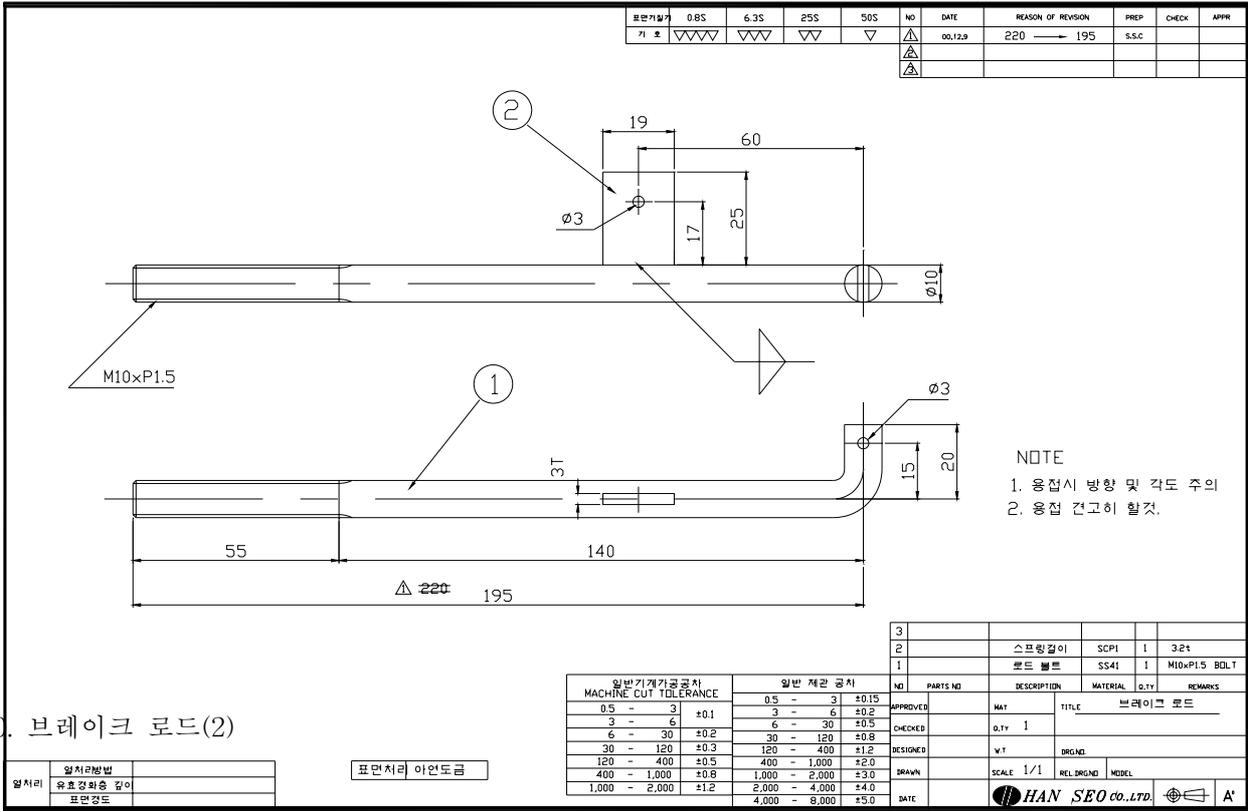
18. 부변속레버

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△	00.10.6	치수 실 변	S.S.C		
					△	01.2.17	용접 각도 99° → 105° 실 변	S.S.C		

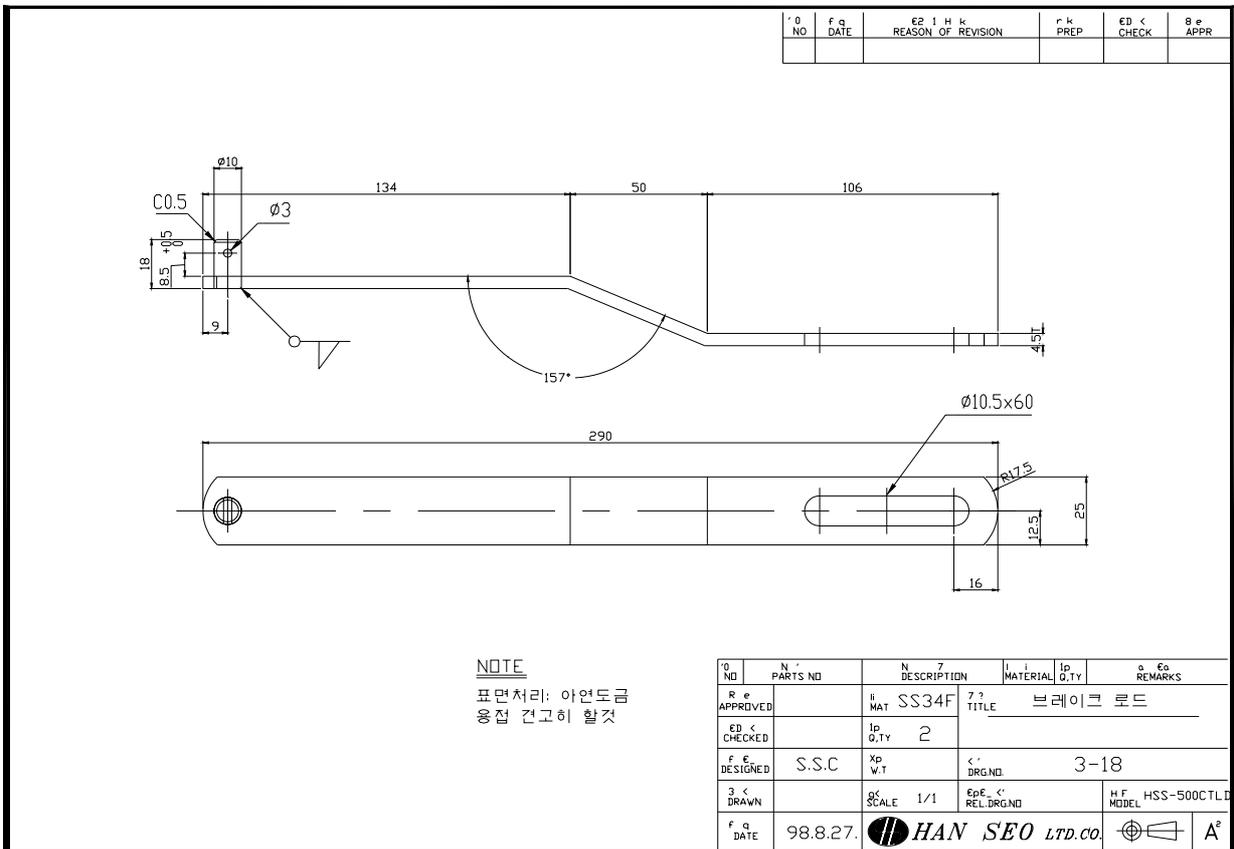
주 기,
 1. 용접 견고히 할것.
 2. 표면처리: 크롬도금

MACHINE CUT TOLERANCE	일반 기계 가공치	일반 재관 공차	NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
0.5 - 3	±0.1	0.5 - 3	±0.15	APPROVER	MAT	TITLE	부변속 레버	
3 - 6	±0.2	3 - 6	±0.2	CHECKED	0.1x	1		
6 - 30	±0.3	6 - 30	±0.5	DESIGNED	W.T	DRG.ND		
30 - 120	±0.5	30 - 120	±0.8	DRAWN	SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL	
120 - 400	±0.8	120 - 400	±1.2	DATE	HAN SEO co.,LTD.			A'
400 - 1,000	±1.0	400 - 1,000	±2.0					
1,000 - 2,000	±1.2	1,000 - 2,000	±3.0					
		2,000 - 4,000	±4.0					
		4,000 - 8,000	±5.0					

19. 브레이크 로드(1)



20. 브레이크 로드(2)



21. 브레이크 커넥터

21. 브레이크 커넥터

NOTE

- ①번은 용접하지 말고 깎아내림
- 용접 견고히 할 것
- 용접 Burr 제거
- 표면처리: 아연도금

4	PIN	SS41B	2	ø10
3	PLATE	SS34F	1	25X4.5T
2	PLATE	SS34F	1	25X4.5T
1	ARM	SS41B	1	

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
4		PIN	SS41B	2	ø10
3		PLATE	SS34F	1	25X4.5T
2		PLATE	SS34F	1	25X4.5T
1		ARM	SS41B	1	

APPROVED: [Signature]

DESIGNED: [Signature]

DRAWN: [Signature]

DATE: [Date]

SCALE: 1/1

REL. BRG. NO. []

REVISION: []

HAN SEO LTD. CO.

22. 로드 LR(핀볼트)

22. 로드 LR(핀볼트)

NOTE

- 용접시 방향 및 각도 주의
- 용접 견고히 할 것.

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
1	00.12.8	265 → 249.5	S.S.C		
2	00.12.8	235.5 → 225.5	S.S.C		

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
3		연결 브라켓	SCPI	1	4.5T
2		로드 볼트	SS41P	1	M10xP1.5
1					

APPROVED	MAT	TITLE	로드 L, R (핀볼트)
CHECKED	D.T.Y		
DESIGNED	V.T		
DRAWN			
DATE			

SCALE: 1/1

REL. BRG. NO. []

REVISION: []

HAN SEO CO., LTD.

23. 주변속 브라켓

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE

- 용접 견고히 할 것
- 표면처리: 아연도금

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
APPROVED	MAT	SS41	TITLE	주변속 브라켓	
CHECKED	QTY	1			
DESIGNED	W/T				
DRAWN	SCALE	1/1	REL.BRND		
DATE	HAN SEO LTD.CO		MODEL		

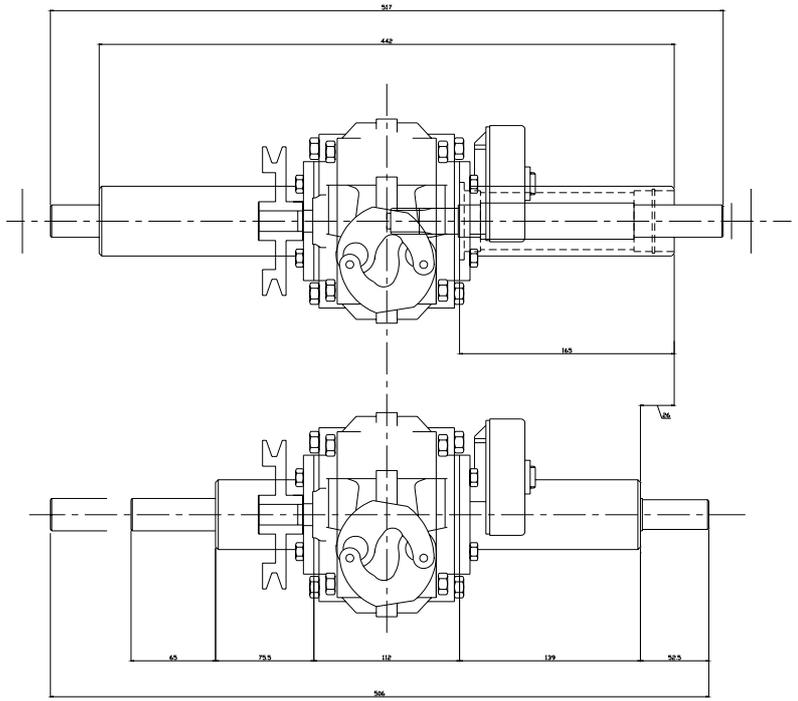
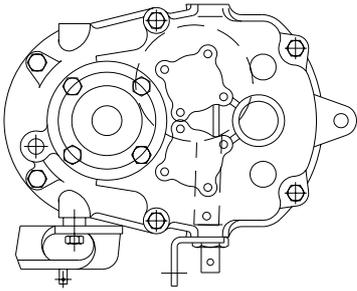
24. 주변속 레버

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽		00.10.6	치수 상변	S,S,C		

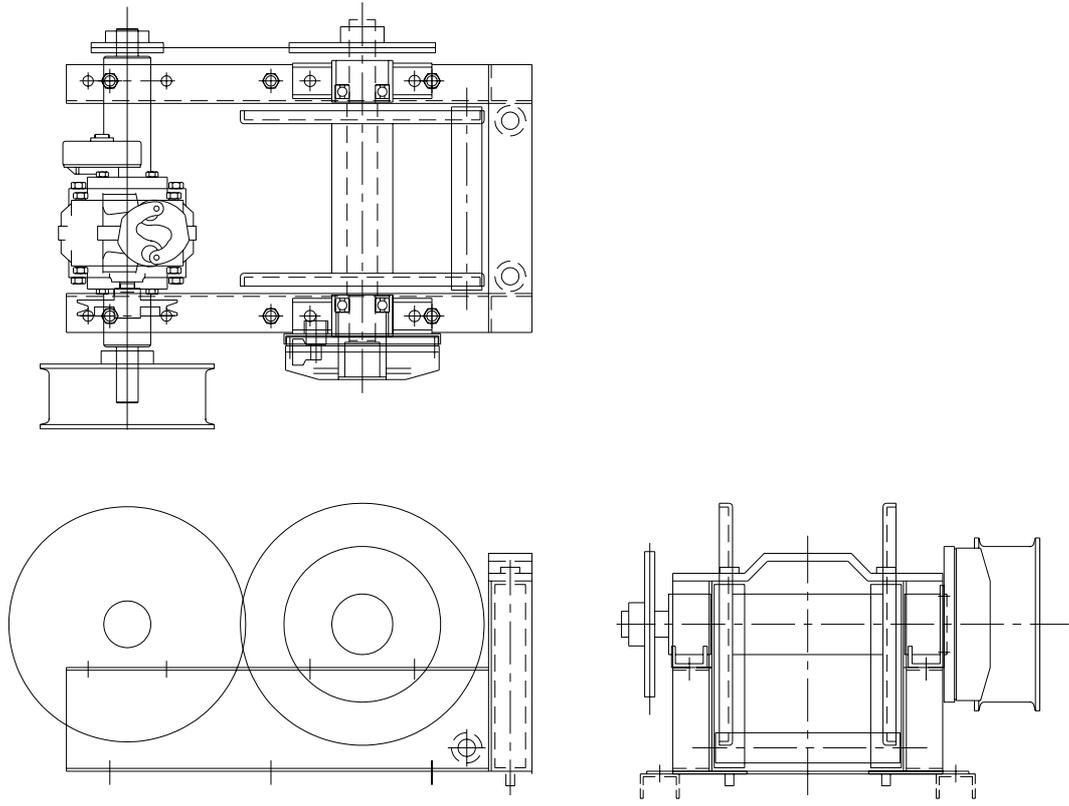
주 기,

1. 용접 견고히 할 것.
2. 표면처리: 크롬도금

일반기계가공公差	일반 재공 公差	NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
0.5 - 3 ±0.1	0.5 - 3 ±0.15	APPROVED	MAT	SS41	TITLE	주변속 레버	
3 - 6 ±0.2	3 - 6 ±0.2	CHECKED	QTY	1			
6 - 30 ±0.3	6 - 30 ±0.5	DESIGNED	W/T				
30 - 120 ±0.4	30 - 120 ±0.8	DRAWN	SCALE	1/1	REL.BRND		
120 - 400 ±0.5	120 - 400 ±1.0	DATE	HAN SEO CO.,LTD.		MODEL		
400 - 1,000 ±0.8	400 - 1,000 ±2.0						
1,000 - 2,000 ±1.2	1,000 - 2,000 ±3.0						
2,000 - 4,000 ±2.0	2,000 - 4,000 ±4.0						
4,000 - 8,000 ±3.0	4,000 - 8,000 ±5.0						



27. 기타(3)



< 적재함 >

1. 적재함 부품(1)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

①

1180

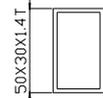
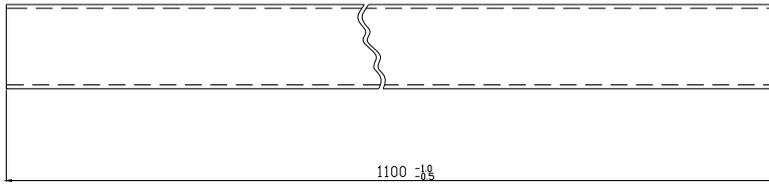
1558

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC1.6T	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG NO.	4-1-1	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG NO.	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	00.5.25.	HAN SEO LTD.CO.		A ^c	

2. 적재함 부품(2)

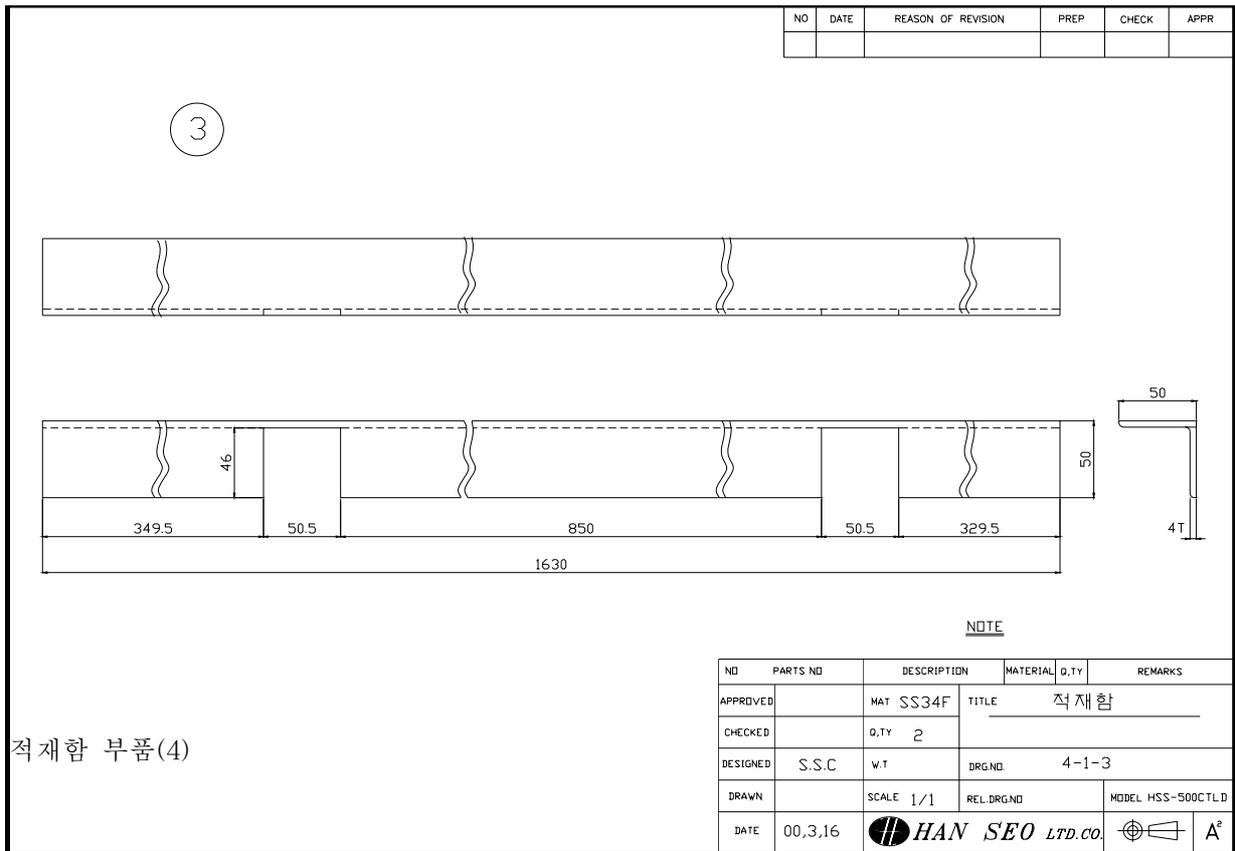
2

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

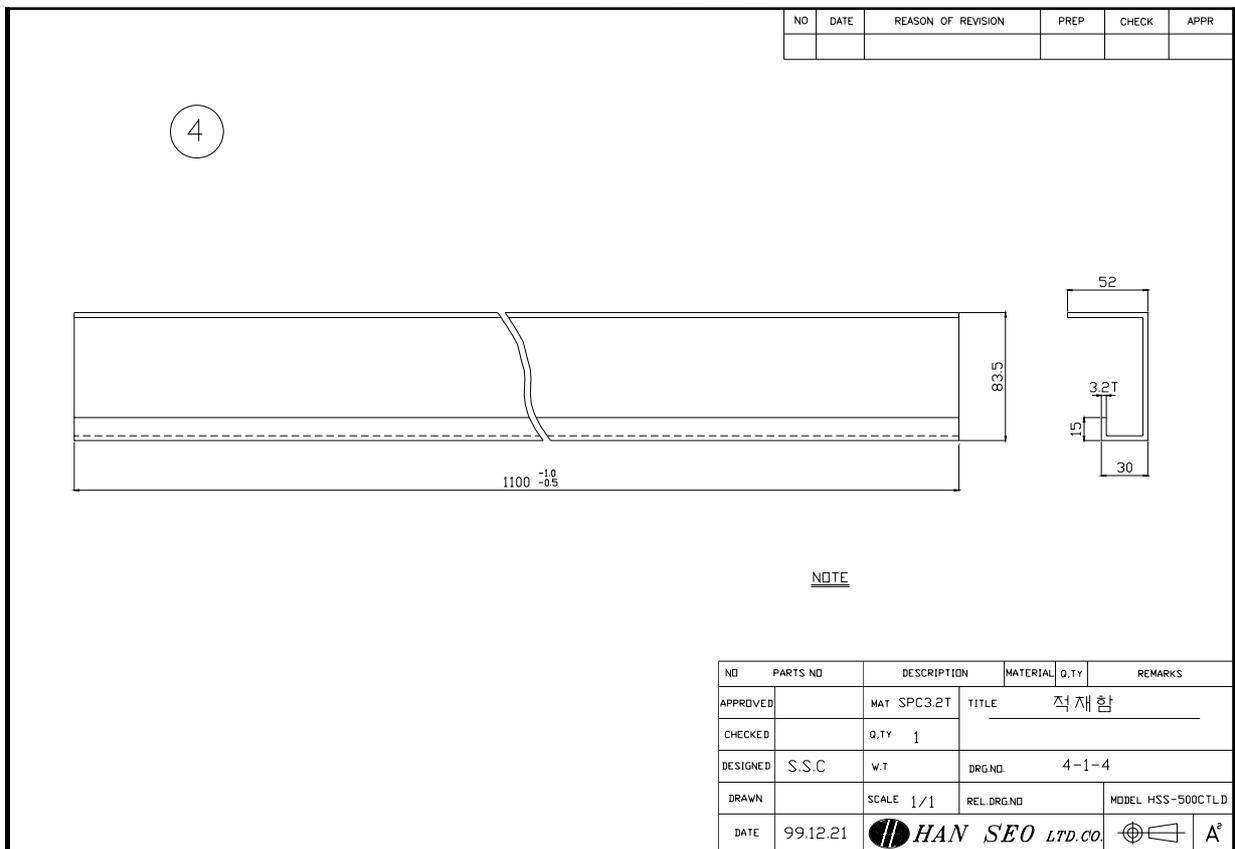


NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT STT11	TITLE 적재함		
CHECKED		Q.TY 3			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND. 4-1-2		
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.11.28	HAN SEO LTD.CO.			A ²

3. 적재함 부품(3)



4. 적재함 부품(4)



5. 적재함 부품(5)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

5

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC 1.6T	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-5	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	00.5.25.				A ²

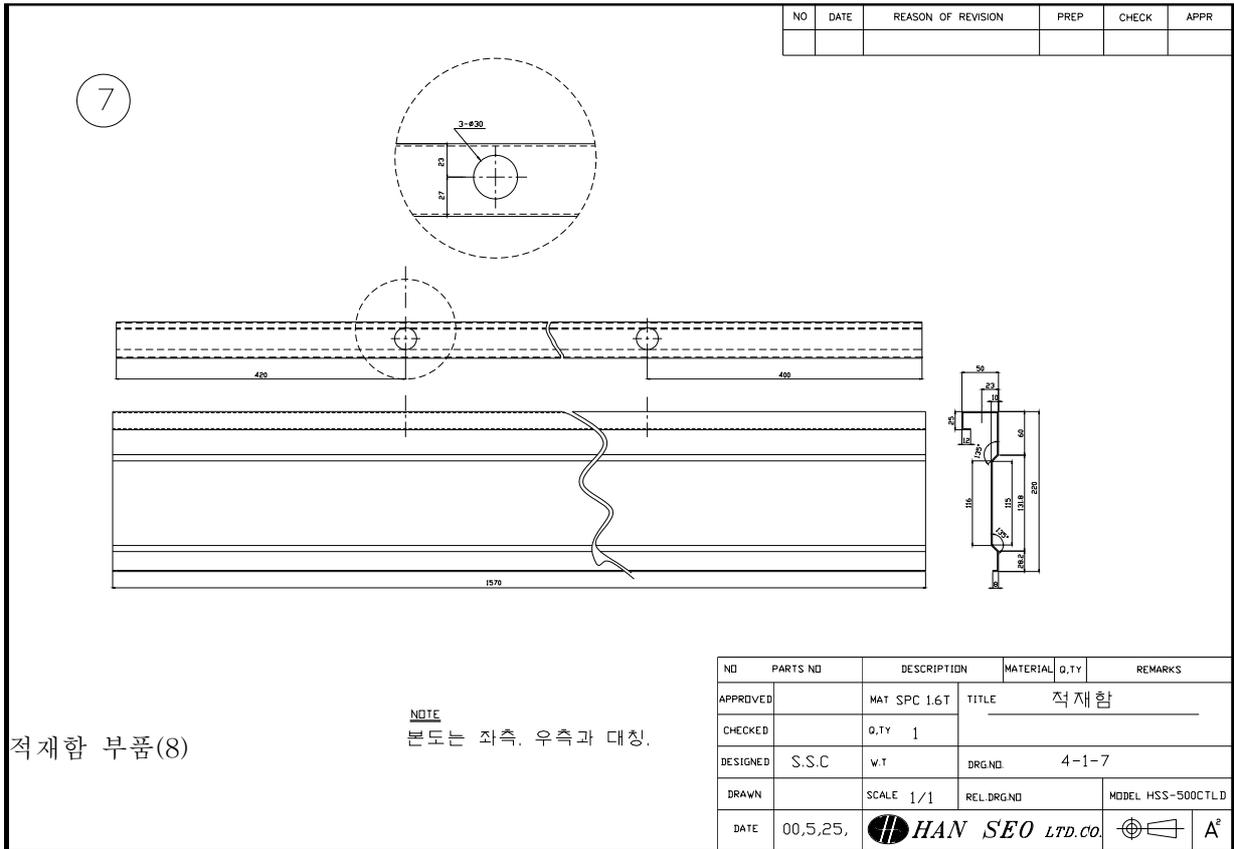
6. 적재함 부품(6)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

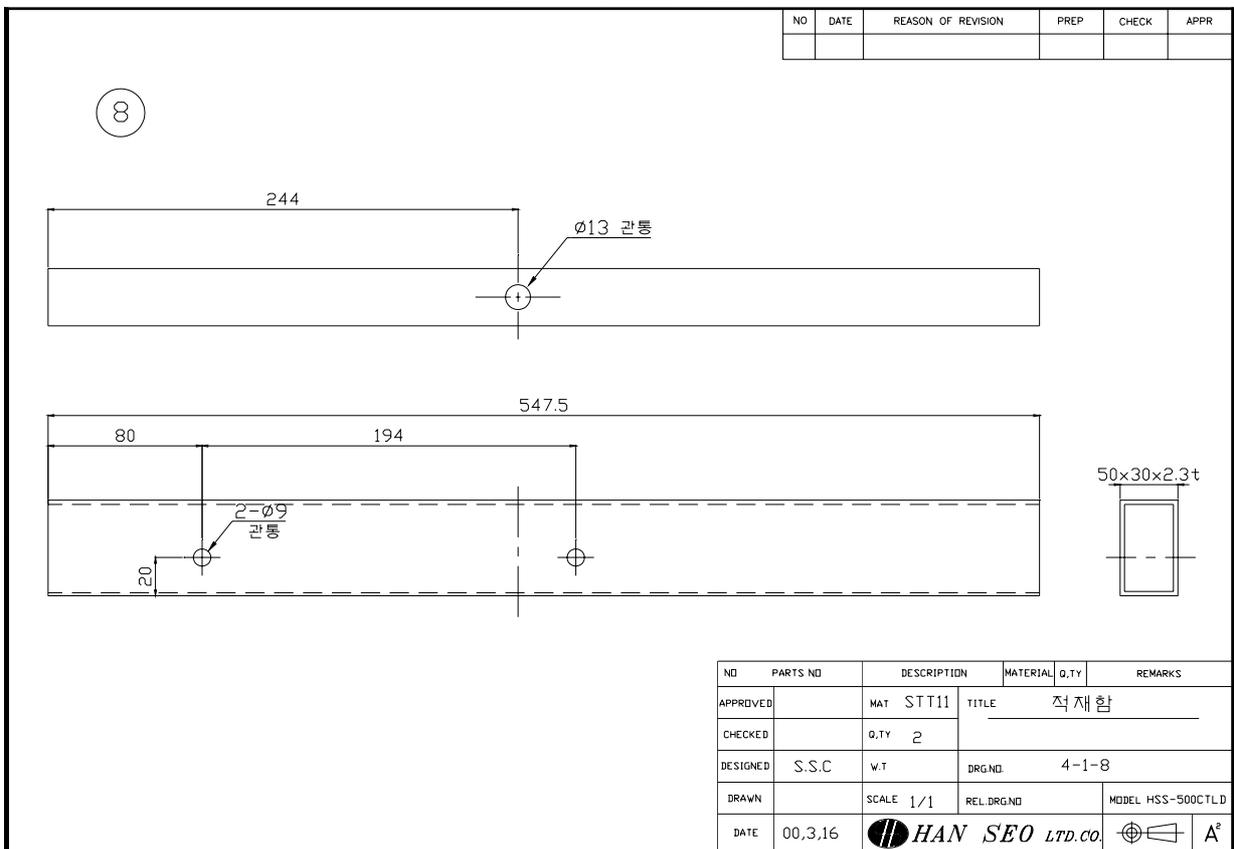
6

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT STT11	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-6	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	99.10.4				A ²

7. 적재함 부품(7)



8. 적재함 부품(8)



9. 적재함 부품(9)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

9

1569

50x30x2.3t

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT STT11	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-9	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	00.3.16				A ²

10. 적재함 부품(10)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

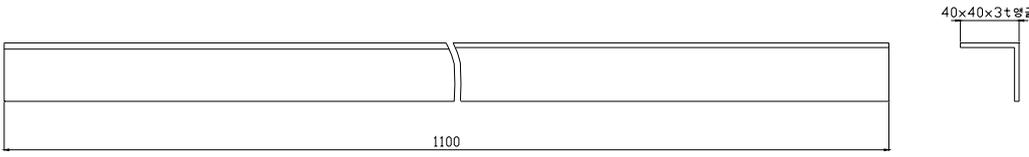
10

NOTE

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC4.5t	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-10	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.11.28				A ²

11. 적재함 부품(11)

11



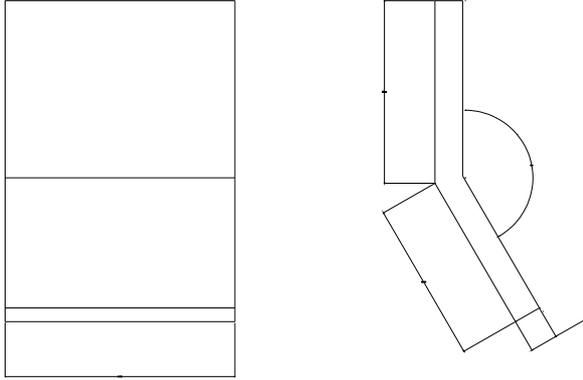
40x40x3t양끝

NOTE

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SS34F	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-11	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.11.28	HAN SEO LTD.CO.			A ²

12. 적재함 부품(12)

12



NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SS34F	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-12	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.11.28	HAN SEO LTD.CO.			A ²

13. 적재함 부품(13)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

13

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT STT11	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-13	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	99.12.21				A ²

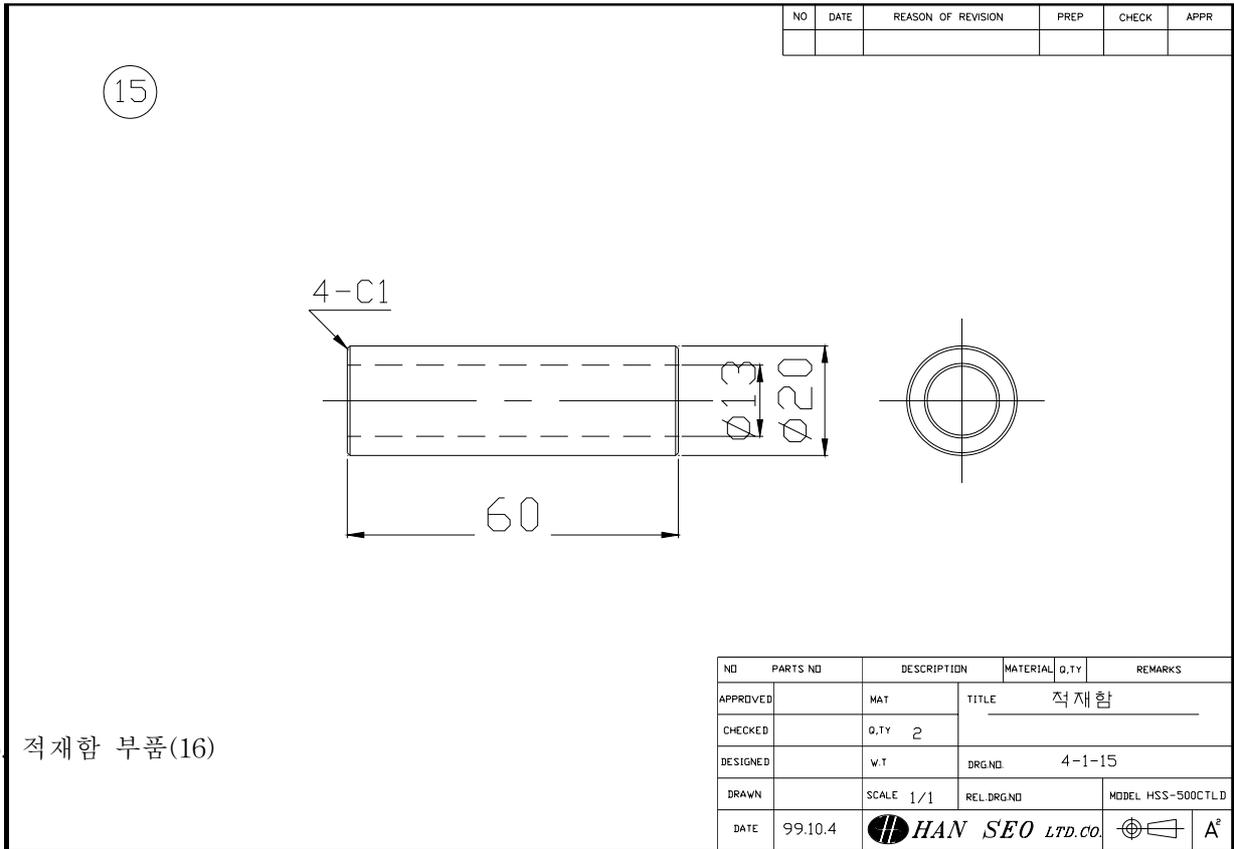
14. 적재함 부품(14)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

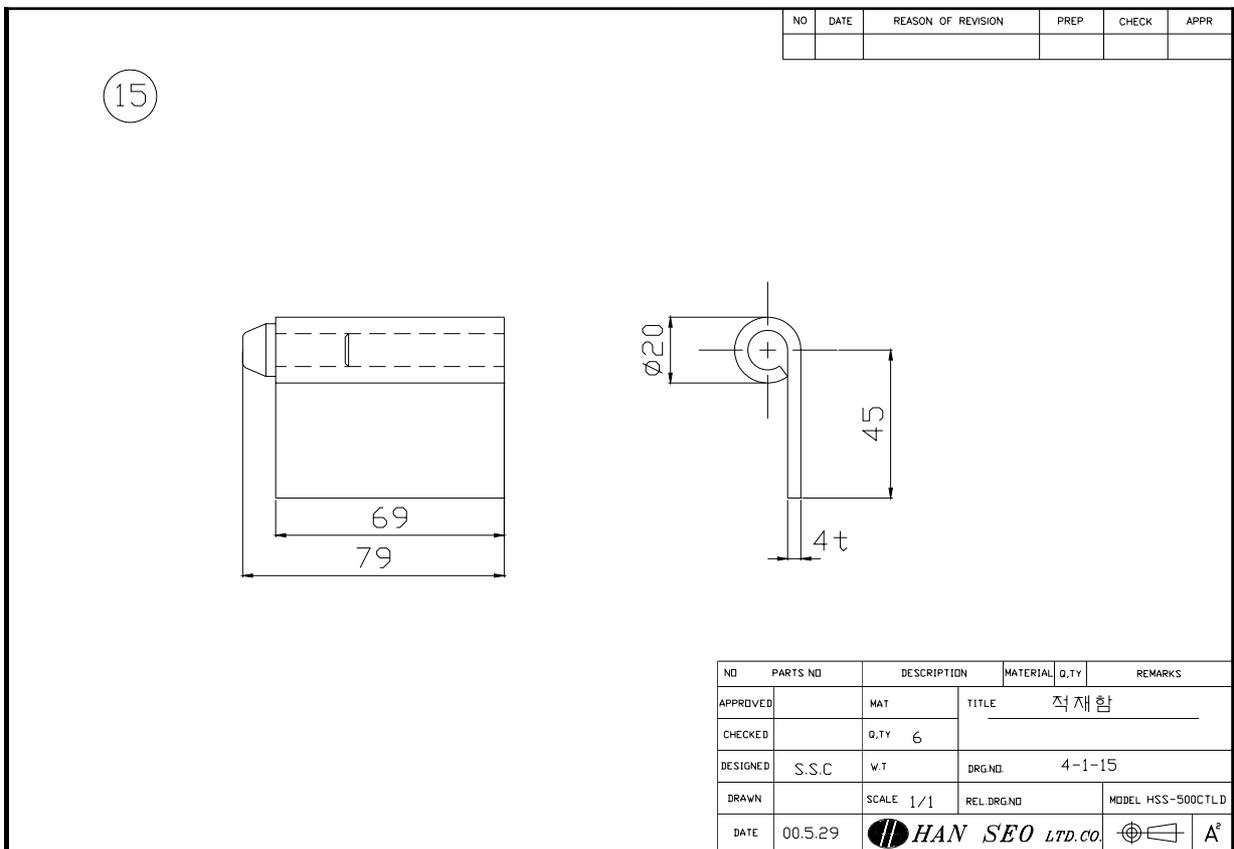
14

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC2t	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 4			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-14	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	00,3,16				A ²

15. 적재함 부품(15)



16. 적재함 부품(16)



17. 적재함 부품(17)

(16)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

18. 적재함 부품(18)

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC2t			TITLE 적재함
CHECKED		Q.TY 6			
DESIGNED	S.S.C	W.T			DRG.ND 4-1-16
DRAWN		SCALE 1/1			REL.DRG.ND MODEL HSS-500CTL.D
DATE	98.11.28				A ²

(17)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

18. 적재함 부품(18)

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT S41B			TITLE 적재함
CHECKED		Q.TY 6			
DESIGNED	S.S.C	W.T			DRG.ND 4-1-17
DRAWN		SCALE 1/1			REL.DRG.ND MODEL HSS-500CTL.D
DATE	98.11.28				A ²

19. 적재함 부품(19)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

① 18

20. 적재함 부품(20)

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SS34F	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGND	4-1-18	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGND	MODEL HSS-500CTL D	
DATE	98.11.28				A ²

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

① 19

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC3.2t	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGND	4-1-19	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGND	MODEL HSS-500CTL D	
DATE	98.11.28				A ²

21. 적재함 부품(21)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

(20)

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC25t	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGND	4-1-20	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGND	MODEL HSS-500CTL D	
DATE	98.1.5.	HAN SEO LTD.CO.			A ²

22. 적재함 부품(22)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

(21)

NOTE

*본도는 LH이며 RH 대칭으로 제작.
*절곡시 R 최소로 작업.

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC4.5t	TITLE	적재함	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGND	4-1-21	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGND	MODEL HSS-500CTL D	
DATE	00,3,16	HAN SEO LTD.CO.			A ²

23. 적재함 부품(23) -cover

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

DETAIL A(S=2:1) 2EA

NOTE

1. ??? ? ? ? ? ?
2. ??? ? ? ? ±0.5
3. ??? : ? ?

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
A		COVER B/K	SS34F	2	
APPROVED		MAT SPC1.6I	TITLE COVER		
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-1-22	
DRAWN		SCALE	REL.DRG.ND	MODEL	HSS-500CTLD
DATE	00.3.16				A ¹

24. 적재함 부품(24)

(23)

NOTE

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT	TITLE 적재함		
CHECKED		Q.TY 4			
DESIGNED		W.T	DRG.ND	4-1-23	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL	HSS-500CTLD
DATE	99.9.16				A ²

25. 적재함 부품(25)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NOTE

- *강접부위 용접시 파이프 삽입에 간섭이 없도록 할 것.
- *용접시 직각도 및 수평도 유지(타공 없음 것)
- *용접 견고히 할 것
- *용접 후 사상할 것
- *표면처리 : 회색 페인팅(도장전에 산화방지용 페인트 도포 함)
- *열문 개방형

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
REP		MAT			7.7 TITLE 적재함
ED-C		Q.TY		1	
DESIGNED	S.S.C	W.T	C		DRGND 4-1
SCALE			REL.DRGND		H.F. MODEL HSS-500CTL.D
DATE	00.5.27	HAN SEO LTD.CO.			

26. 적재함 부품(26) - 뒷 Cover_1

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC16t			TITLE 뒤 커버
CHECKED		Q.TY 1			
DESIGNED	S.S.C	W.T			DRGND 4-4-1
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGND		MODEL HSS-500CTL.D
DATE	00.3.16	HAN SEO LTD.CO.			

27. 적재함 부품(27) - 뒷 Cover_2

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

⑤

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC2t	TITLE	뒤 카바	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGNO	4-4-5	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGNO	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.12.21	HAN SEO LTD.CO.			A ²

28. 적재함 부품(28) - 뒷 Cover_3

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

⑦

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT SPC6t	TITLE	뒤 카바	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRGNO	4-4-7	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGNO	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	00,3,16	HAN SEO LTD.CO.			A ²

29. 적재함 부품(29) - 뒷 Cover_4

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

⑧

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT S41B	TITLE	뒤 카바	
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG.ND	4-4-8	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.11.28	HAN SEO LTD.CO.			A ²

30. 적재함 부품(30) - 뒷 Cover_5

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

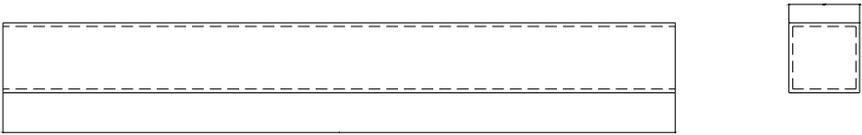
⑨

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT	TITLE	뒤 카바	
CHECKED		Q.TY 4			
DESIGNED		W.T	DRG.ND	4-4-9	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG.ND	MODEL HSS-500CTL.D	
DATE	98.11.28	HAN SEO LTD.CO.			A ²

31. 적재함 부품(31) - 뒷 Cover_6

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

② ③ ④



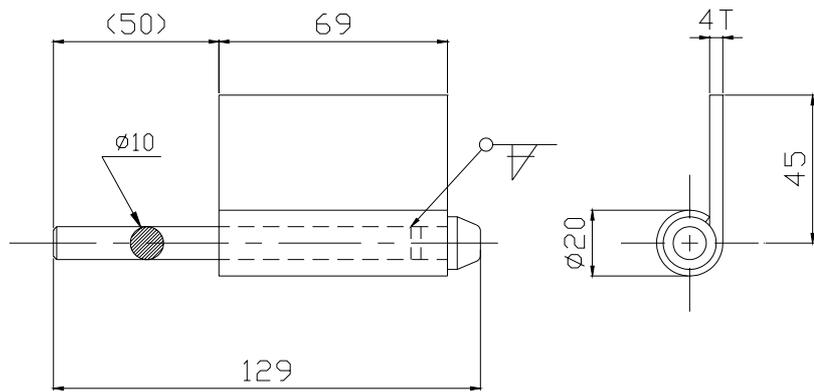
번호	A 치 수	수 량	재 질
4-4-2	1096 ⁰ ₋₂	1	STT11
4-4-3	218	2	STT11
4-4-4	1040 ⁰ ₋₂	1	STT11

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT	TITLE 뒤 카바		
CHECKED		Q.TY			
DESIGNED		W.T	DRG NO. 4-4-2,3,4		
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG NO	MODEL HSS-500CTLD	
DATE	98.11.28				A ²

32. 적재함 부품(32)

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

⑥



적재함 경첩은 시중 구매품 사용.

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT	TITLE 적재함		
CHECKED		Q.TY 6			
DESIGNED	S.S.C	W.T	DRG NO. 4-4-6		
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRG NO	MODEL HSS-500CTLD	
DATE	00.5.29				A ²

< 트랙부 >

1. 트랙롤러

일반기계공급시 MACHINE CUT TOLERANCE		
0.5 - 3	±0.1	
3 - 6	±0.1	
6 - 30	±0.2	
30 - 120	±0.3	
120 - 400	±0.5	
400 - 1,000	±0.8	
1,000 - 2,000	±1.2	

표면처리기호	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△	00. 5. 25	잔체도면 수정			KJH
					△					
					△					

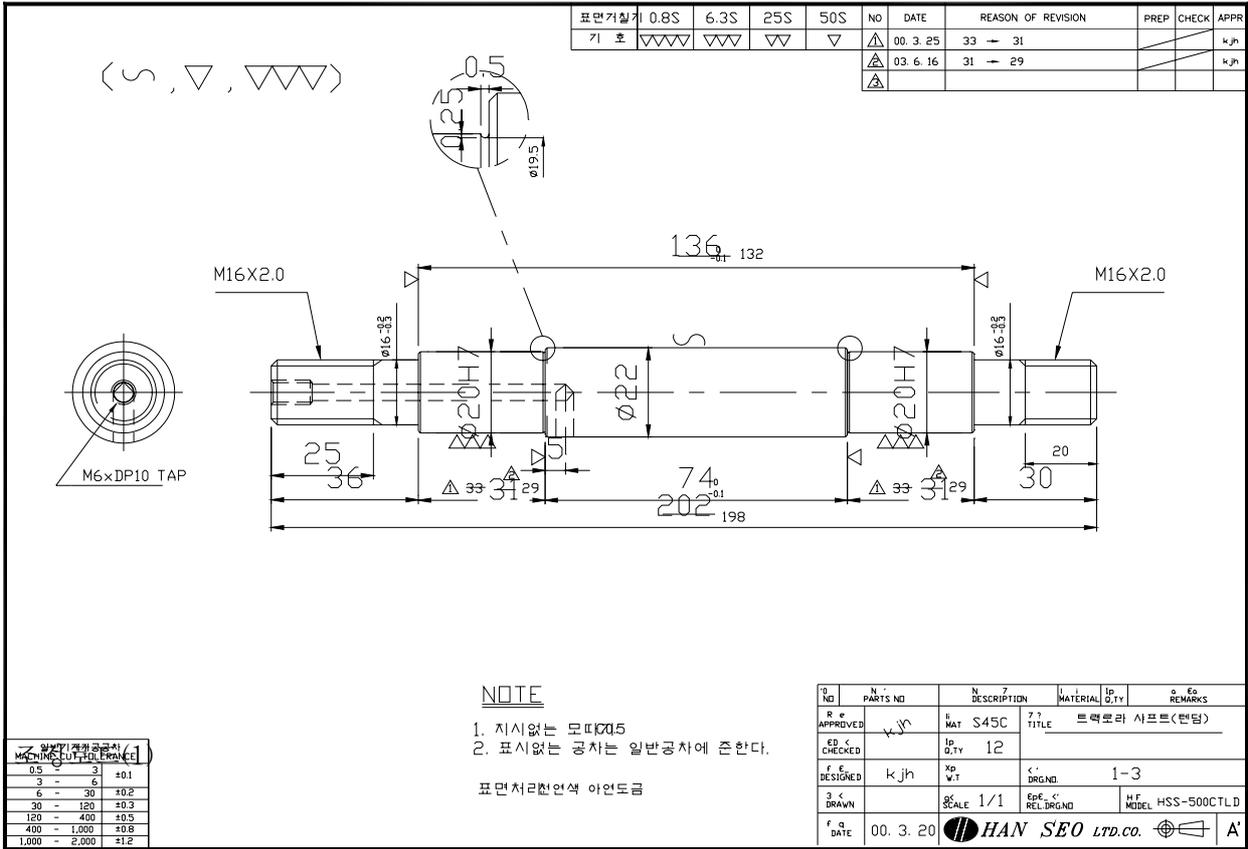
2. 트랙롤러 샤프트(텐덤)

주 기

- 지시없는 모따기는 0.5로 할 것.
- 용접후 중심도 직각도 0.2 이내일 것.
- "K" 부 날카로운 부분 없을 것(R0.5)

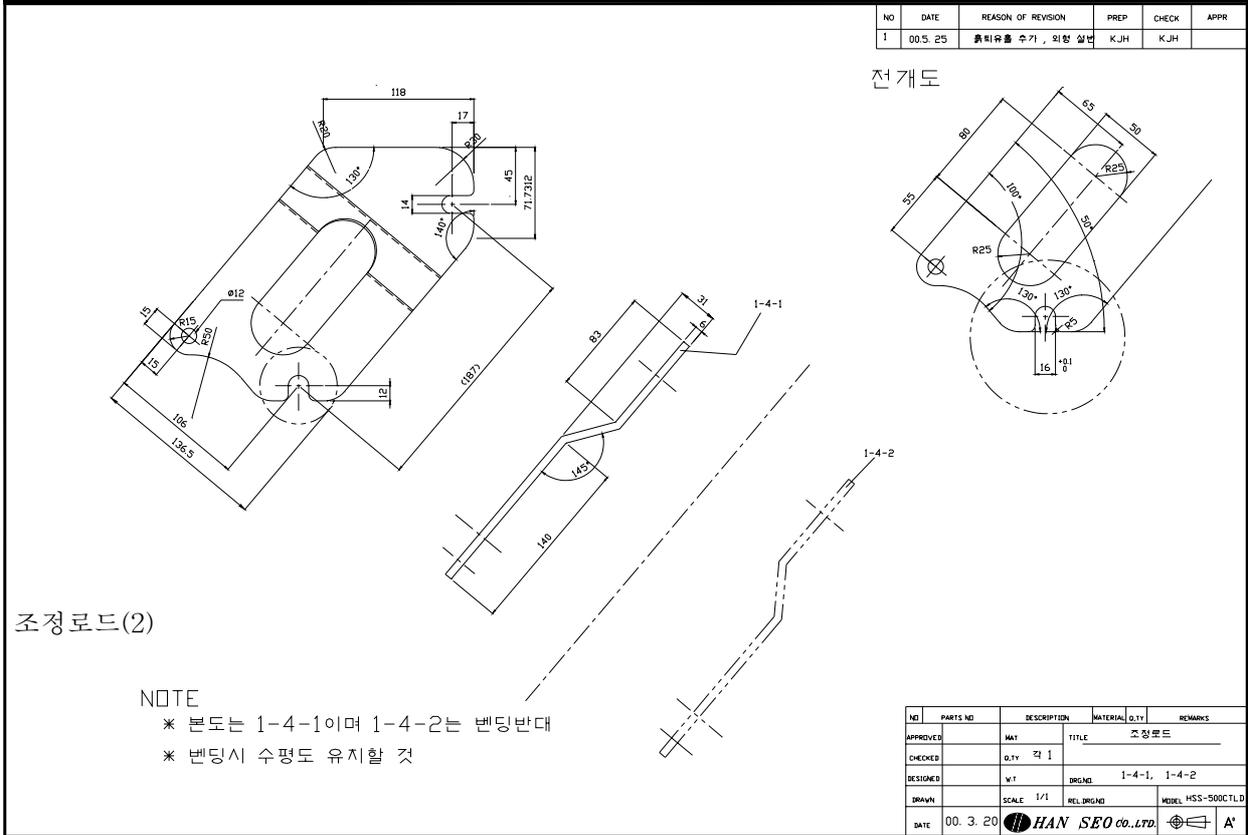
표면처리: 흑색전착 도장

Q NO	N PARTS NO	Z DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	REMARKS
RE APPR		MAT SM45C			TITLE 트랙롤러
ED < CHECKED	KJH	IP QTY 12			
DESIGNED	KJH	XP W.T	DRG NO 1-2		
DRAWN		SCALE 1/1	REL DRG NO	H F MODEL HSS-500CTLD	
DATE	00. 5. 10	HAN SEO LTD.CO.			A ^c

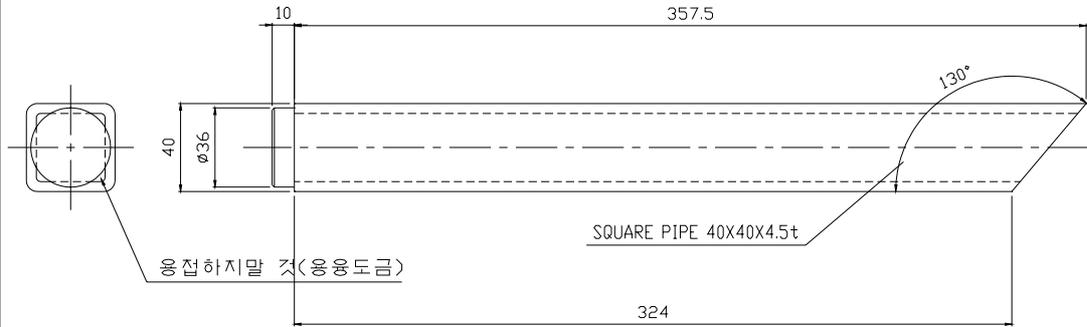


3. 치수표준

표준치수	허용오차
0.5 - 3	±0.1
3 - 6	±0.2
6 - 30	±0.3
30 - 120	±0.5
120 - 400	±0.8
400 - 1,000	±1.2
1,000 - 2,000	±1.2

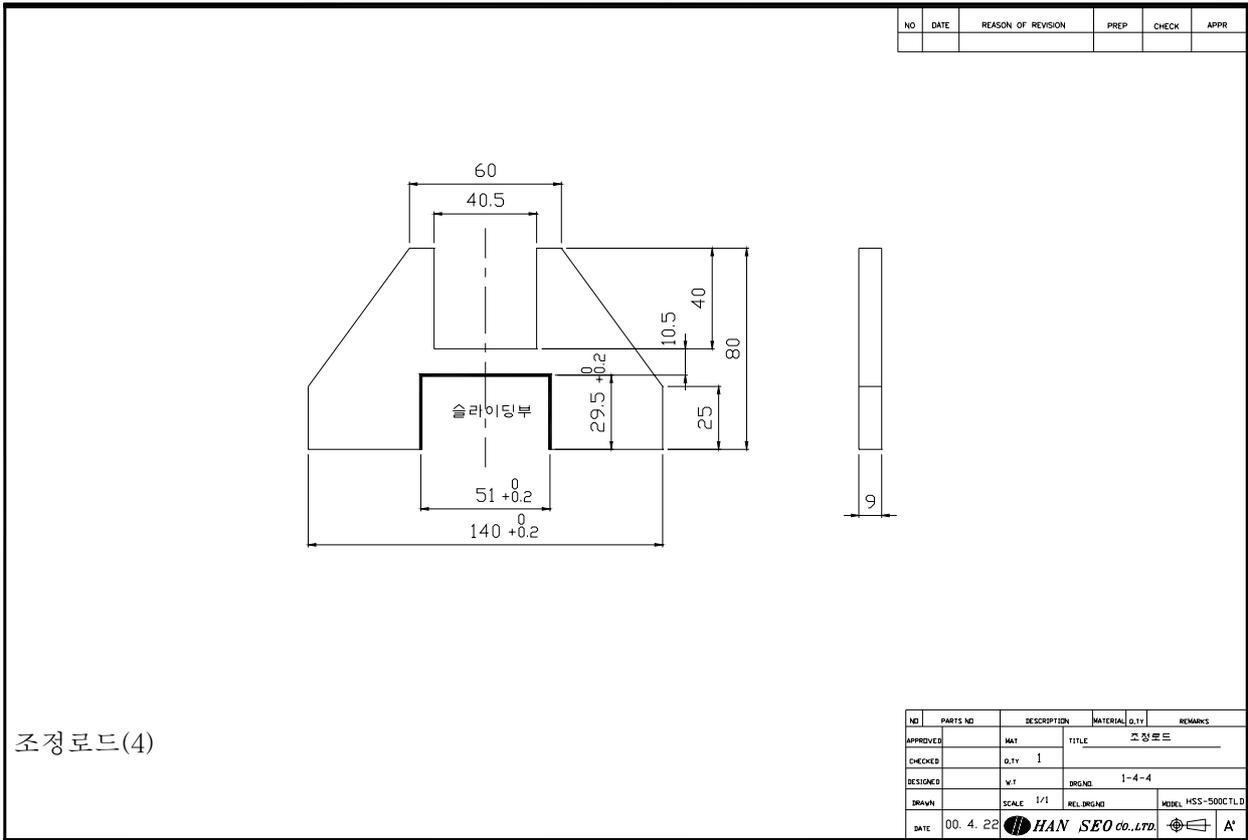


NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

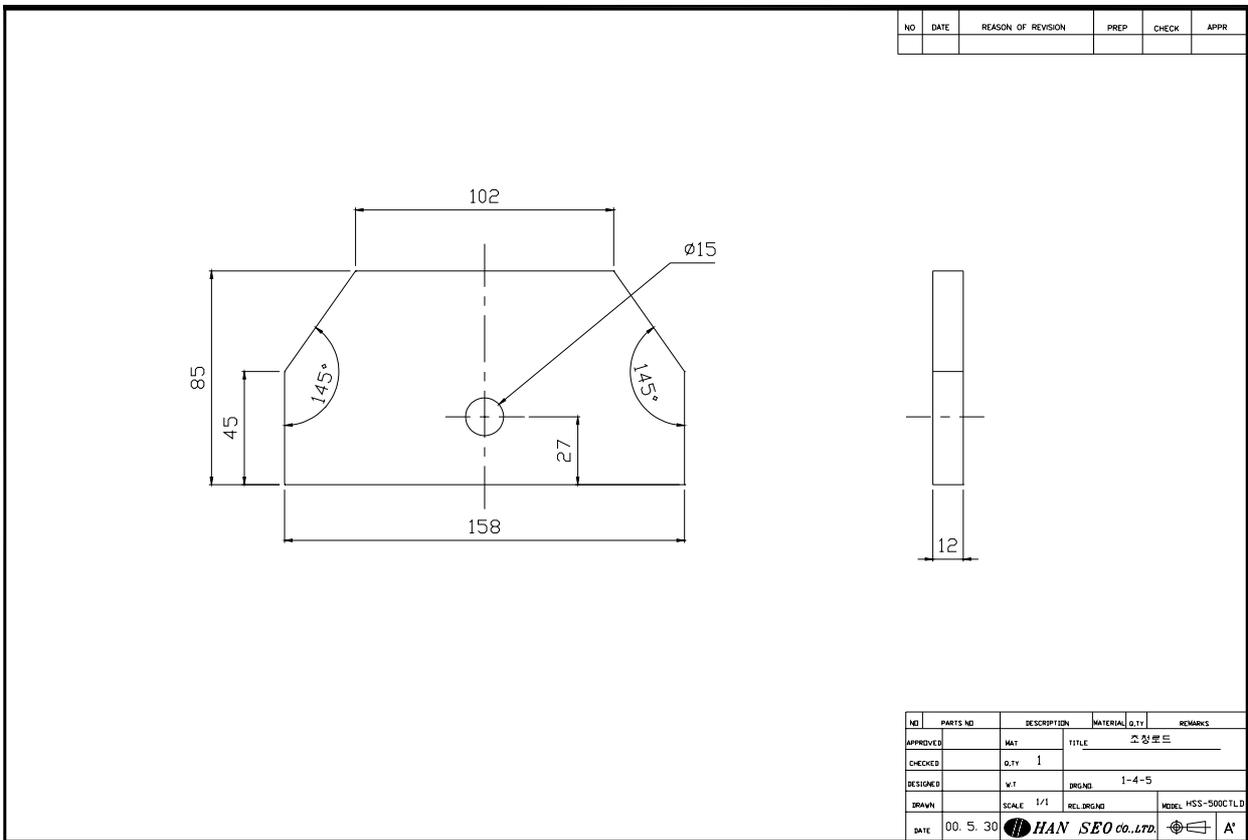


NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT	TITLE 조장로드		
CHECKED		Q.TY	1		
DESIGNED		V.T	DRGNO	1-4-3	
DRAWN		SCALE 1/1	REL.DRGNO	MODEL HSS-500CTL D	
DATE	00. 3. 20	HAN SEO co., LTD.		A'	

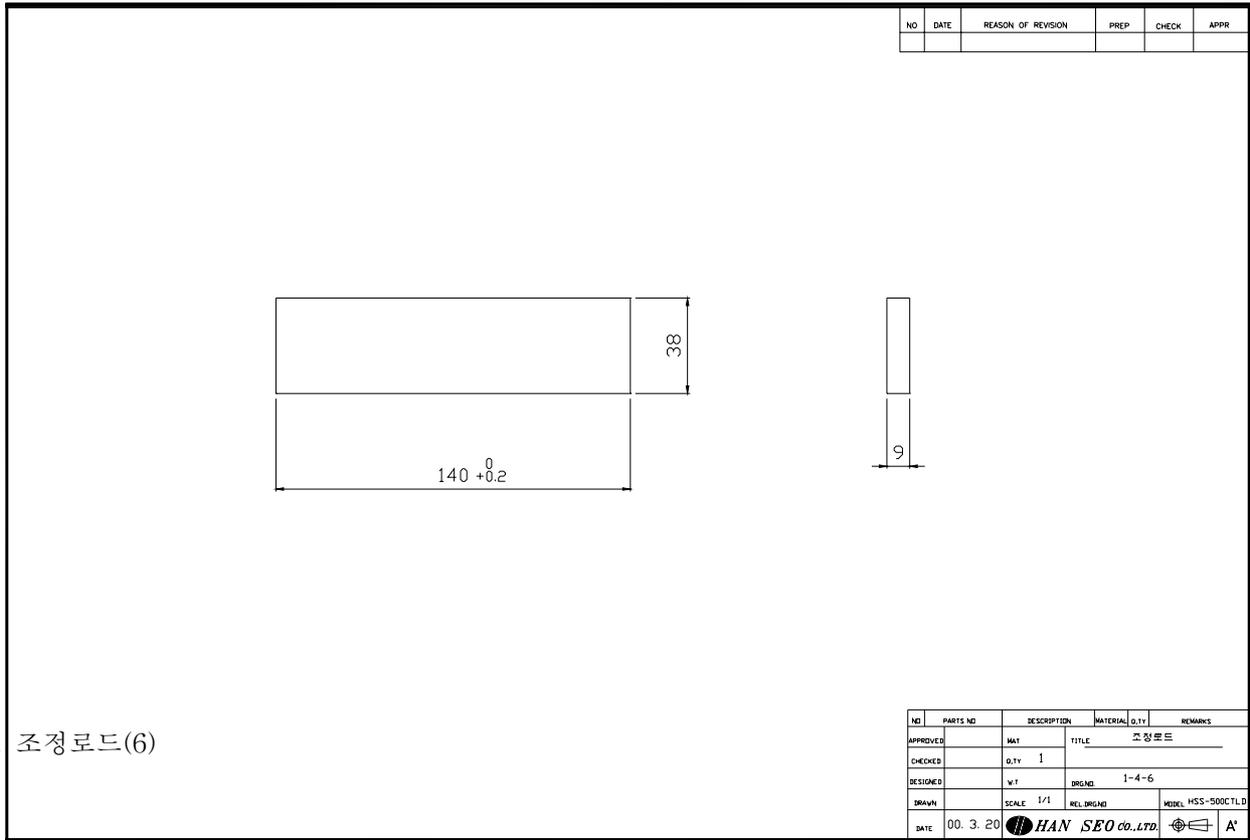
5. 조정로드(3)



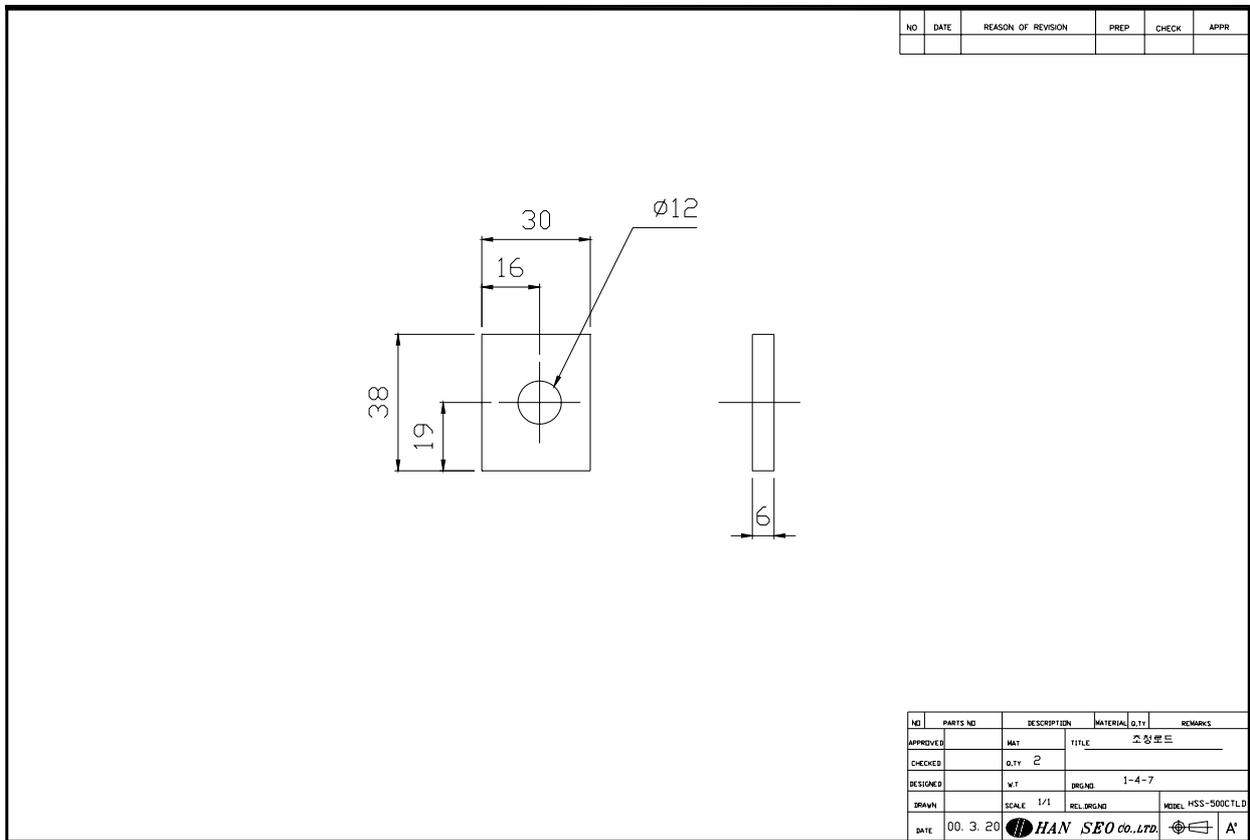
6. 조정로드(4)



7. 조정로드(5)



8. 조정로드(6)



9. 조정로드(7)

아이들로라 조립부
용접시 센터일치 시킬 것

트랙로라 조립부
용접시 센터일치 시킬 것

(스키드B 삽입홀)

NOTE

- * 용접시 용접변형 주의할 것
- * 직각도 및 수평도 주의할 것
- * 용접 견고히 할 것
- * 표면처리 : 용융도금

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			조정로드
CHECKED		Q.TY	2		
DESIGNED	kjh	W.T		DRGNO	1-4
DRAWN		SCALE	1/1	REL.DRGNO	MODEL HSS-500CTLD
DATE	00. 2. 24	HAN SEO co.,LTD.			A'

10. 스키드(A)

표면거칠기 0.8S 6.3S 25S 50S
기호 √√√√ √√ √ √

용접금지(양쪽)

4-M10X1.5 DP25-30

NOTE

- * 용접시 직각도 주의할 것, 용접은 견고히
- * 표면처리 : 흑색 전착도장

NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
	02. 11. 05	28 → 43			kjh

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
3		프레임고장플레이트	SS41P	1	16T
2		중간고장플레이트	SS41P	1	16T
1		이탈방지봉	S45C	1	∅22

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			스키드(A)
CHECKED		Q.TY	4		
DESIGNED	kjh	W.T		DRGNO	1-8
DRAWN		SCALE	1/1	REL.DRGNO	MODEL HSS-500CTLD
DATE	00. 4. 8	HAN SEO co.,LTD.			A'

일반기계 가공공차		일반 공차	
MACHINE CUT TOLERANCE		일반 공차	
0.5 - 3	±0.1	0.5 - 3	±0.15
3 - 6		3 - 6	±0.2
6 - 30	±0.2	6 - 30	±0.5
30 - 120	±0.3	30 - 120	±0.8
120 - 400	±0.5	120 - 400	±1.2
400 - 1,000	±0.8	400 - 1,000	±2.0
1,000 - 2,000	±1.2	1,000 - 2,000	±3.0
		2,000 - 4,000	±4.0
		4,000 - 8,000	±5.0

13. 트랙롤러 잡이

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽	△	02. 11. 07	전체도면 수정			kjh

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
3		보강대	SS41P	2	4.5t
2		파이프	SS41P	1	ø34x3.25t
1		데인플레이트	SS41P	2	6t

APPROVED	CHECKED	DESIGNED	DRAWN	DATE	MAT	D.TY	W.T	SCALE	REL.DRG.ND	TITLE	BRG.ND	MODEL	REMARKS
✓	✓	kjh		00. 4. 22	SS41P	4		1/1		트랙로라잡이	1-26	HSS-500CTLD	A'

1. 용접시 수직 수평도 0.2 이내일 것
 2. 용접후 'K' 부 출첸타 일치될 것
 * 용접 견고히 할 것

* 표면처리 : 흑색 전착도장

14. 트랙롤러 Cover

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽	▽▽	▽	▽	△					

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
1		트랙로라 카바	SS41P	24	

APPROVED	CHECKED	DESIGNED	DRAWN	DATE	MAT	D.TY	W.T	SCALE	REL.DRG.ND	TITLE	BRG.ND	MODEL	REMARKS
✓	✓	kjh		00. 3. 20	SS41P	24		1/1		트랙로라 카바	1-30	HSS-500CTLD	A'

1. 지시없는 모따기 0.5
 2. 표시없는 공차는 일반공차에 준한다.

표면처리연색 아연도금

15. 보조롤러 너트

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△					
					△					
					△					

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			TITLE 보조롤러 너트
CHECKED		Q.TY 4			
DESIGNED		W.T			DRG.ND
DRAWN		SCALE			REL.DRG.ND MODEL
DATE	00.12.22	HAN SEO CO., LTD.			A ¹

16. 보조롤러 샤프트

일반기계 가공공차 MACHINE CUT TOLERANCE		
3	6	±0.2
6	30	±0.3
30	120	±0.5
120	400	±0.8
400	1,000	±1.2
1,000	2,000	±1.2

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△					
					△					
					△					

*표면처리 : 천연색 아연도금

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			TITLE 보조롤러 샤프트
CHECKED		Q.TY 2			
DESIGNED		W.T			DRG.ND
DRAWN		SCALE			REL.DRG.ND MODEL
DATE	00.12.22	HAN SEO CO., LTD.			A ¹

17. 보조롤러 외륜

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△					
					△					
					△					

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			TITLE 보조롤러 외륜
CHECKED		Q.TY 4			
DESIGNED		W.T			DRGND
DRAWN		SCALE	REL.DRGND		MODEL
DATE	00.12.22	HAN SEO CO., LTD.			A ¹

18. 보조롤러 외륜

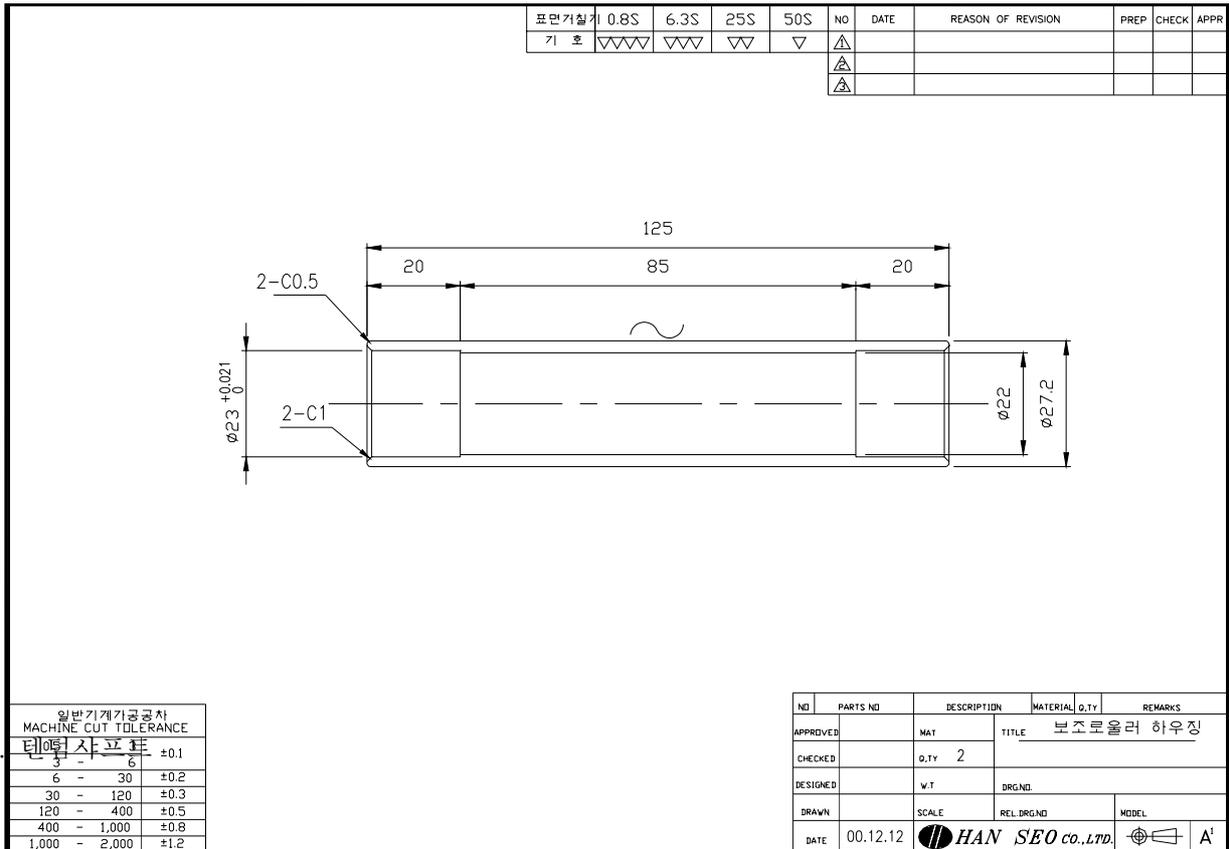
일반기계 가공공차 MACHINE CUT TOLERANCE		
3	6	±0.2
6	30	±0.3
30	120	±0.5
120	400	±0.8
400	1,000	±1.2
1,000	2,000	±1.2

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	△					
					△					
					△					

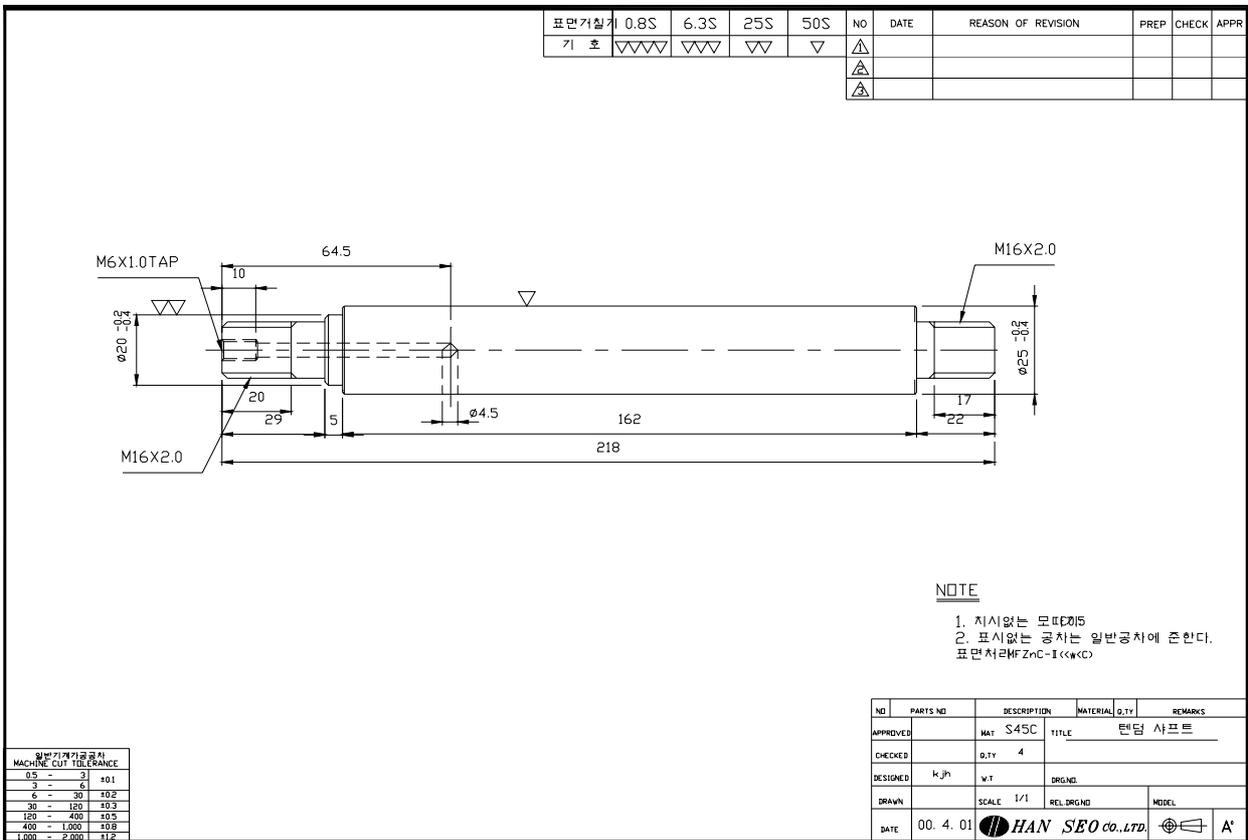
NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED		MAT			TITLE 보조롤러 갈라
CHECKED		Q.TY 4			
DESIGNED		V.T			DRGND
DRAWN		SCALE	REL.DRGND		MODEL
DATE	00.12.22	HAN SEO CO., LTD.			A ¹

일반기계 가공공차 MACHINE CUT TOLERANCE		
0.5	3	±0.1
3	6	±0.2
6	30	±0.3
30	120	±0.5
120	400	±0.8
400	1,000	±1.2
1,000	2,000	±1.2

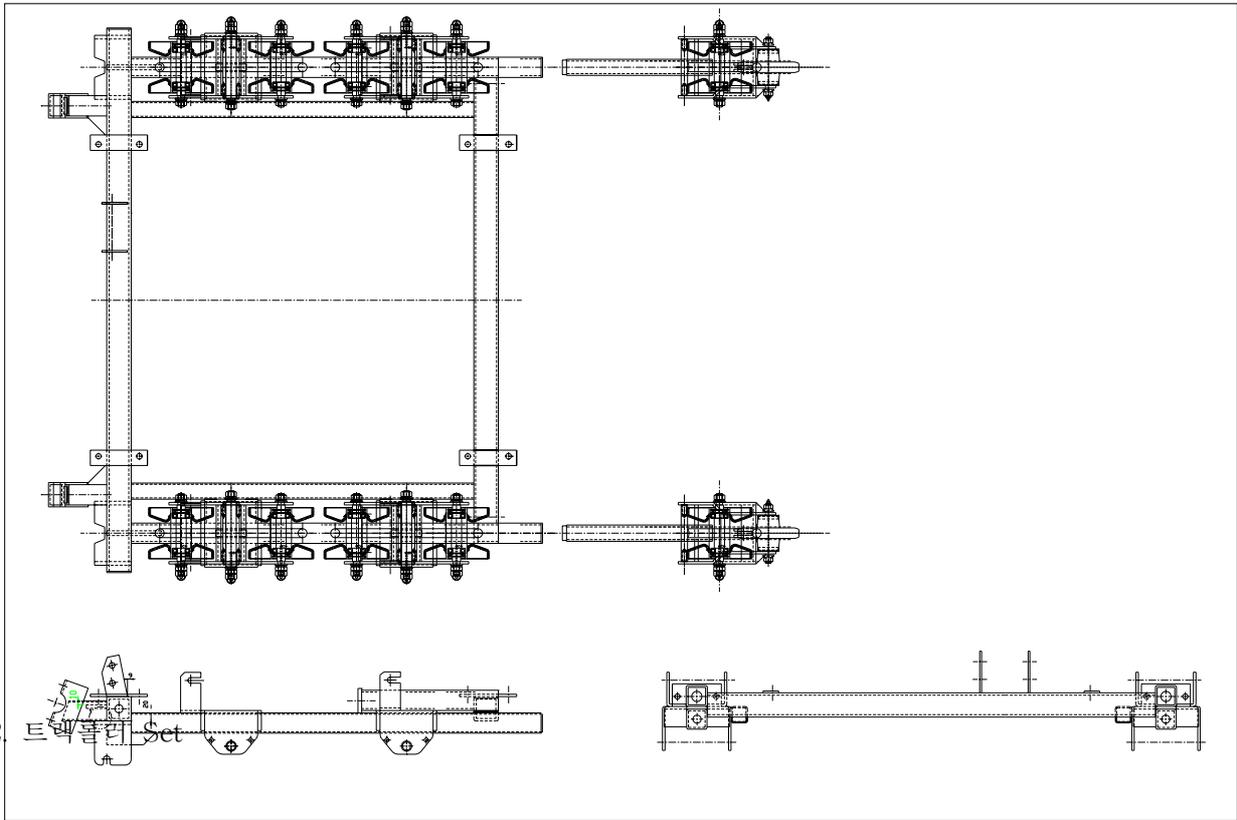
19. 보조롤러 하우징



20.



21. 트랙롤러 프레임



22. 트랙롤러 Set

표면거칠기	0.8S	6.3S	25S	50S	NO	DATE	REASON OF REVISION	PREP	CHECK	APPR
기호	▽▽▽▽	▽▽▽	▽▽	▽	⚠	02. 11. 05	도면 재작성			kjh
					⚠					
					⚠					

* 조립완성 후 텐덤 샤프트 기준으로 트랙로라 2개가 수평인지 확인

NOTE
 *트랙로라 조립시 뒷쪽으로 완전히 밀착시킴
 *M16캡너트와 구리스 너트를 제외하고 조립

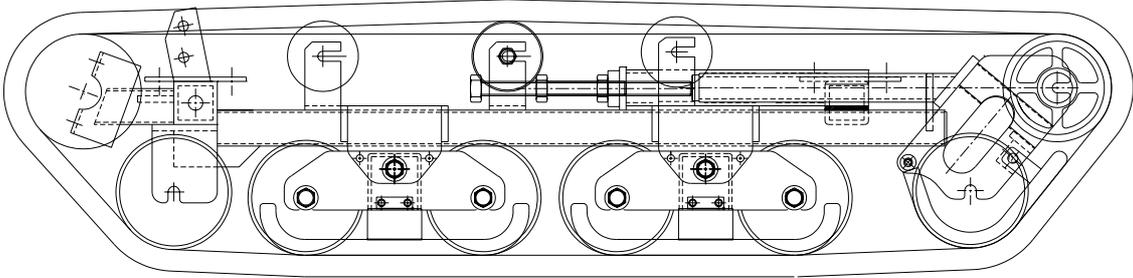
NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
15					
14					
13		스냅링		4	R-42
12		오일시일		2	20426
11		베어링		2	#6004-Open

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
10		너트		3	M16X2.0
9		P/W		6	Ø17X30X3T
8		S/W		6	M16
7		텐덤샤프트	S45C	1	
6		트랙로라샤프트	S45C	2	
5		구리스너트		3	M6X1.0
4		브쉬		2	2520F
3		트랙로라		2	
2		너트		3	M16X2.0(3810L)
1		캡너트		3	M16X2.0

NO	PARTS NO	DESCRIPTION	MATERIAL	Q.TY	REMARKS
APPROVED					
CHECKED					
DESIGNED					
DRAWN					
DATE	00. 4. 22				

HAN SEO CO., LTD.

23. 트랙측면



□ 임내작업차 제작 및 작업광경 관련사진



1호



1호



2호



