

최 종  
연구보고서

습지용 트랙터의 동남아 현지 적응성 향상  
연구

Improvement of Local Adaptation of Tractor  
for Wet-Land in South-East Asia

연구 기관  
동양물산기업(주)

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “습지용 트랙터의 동남아 현지 적응성 향상 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 19일

주관연구기관명 : 동양물산기업(주)

총괄연구책임자 : 남 상 일

연 구 원 : 강 영 선

연 구 원 : 남 요 상

연 구 원 : 김 대 철

연 구 원 : 김 태 영

연 구 원 : 정 삼 석

연 구 원 : 김 정 훈

연 구 원 : 정 진 선

연 구 원 : 윤 장 원

연 구 원 : 곽 희 성

# 요 약 문

## I. 제 목

습지용 트랙터의 동남아 현지 적응성 향상 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구에서는 태국 연구기관을 활용하여 2000년 7월 종료한 기획연구과제 “습지용 경량 트랙터 개발”의 결과물인 습지용 경량 트랙터의 태국 현지 적응성을 제고하여 동남아 수출 시장을 개척할 수 있는 기반으로 삼고자 수행하였다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

동남아 습지용 트랙터의 현지 적응성 향상을 통하여 동남아 수출 시장 기반 구축을 우선 목표로 하였다. 최적의 현지 시험을 수행하기 위해서는 계측용 트랙터를 이용하여 장기간 시험을 수행하여야 하므로 간이적인 방법을 이용하였다.

동남아 습지용 트랙터의 시험 data 및 기준을 확보하기 위해 2년에 걸친 현지 시험을 실시하였고, 동시에 field survey를 통해 트랙터의 사용 조건 및 사용 시간 등을 조사함으로써 현지 시험을 위한 기본적인 data를 확보하였다.

## IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

향후 지속적 data 관리를 통하여 충실한 습지용 트랙터의 시험기준을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구를 통하여 수출 시장의 기반을 구축하였으며, 그 성과로서 중고트랙터 수출을 시작하게 되었다. 또한, 이를 기반으로 농기계 제품에 대한 동남아 시장 진입의 교두보를 확보할 계획이다.

## SUMMARY

Tongyang Moolsan Co., Ltd has developed a light-weight-four-wheel tractor, Model TRX150 for use in wet paddy fields during 1997 to 2000. Two tractors were sent to Thailand for testing in different conditions of paddy field. Field tests were performed as a joint-cooperation research with Kasetsart University in Thailand. A team of Faculty of Engineering of Kasetsart University conducted tests and field survey in Thailand. And the same tests were conducted in Korea for comparison.

The objectives of this research are

- (1) To evaluate tractive performance of the TRX150 tractor in paddy fields using four different traction devices.
- (2) To identify parameters affecting tractive performance of the tractor in paddy field based on field test results.
- (3) To compare the performance of the TRX150 with that of three tractors of Tongyang 25 Hp, Tongyang 38 Hp, and Kubota Model L2201.
- (4) To provide suggestions on design parameters for improvement of tractor.
- (5) To provide suggestions on appropriate use of traction device for paddy fields.

The results from the study are summarized as follows:

- (1) Rubber tire attached with stake wheels gave the best tractive performance because the percentage of slip was lowest compared to other cage wheels attachment.
- (2) Cage wheel with lower lug angle provided higher tractive performance.
- (3) Traction aid wheels for a four-wheel tractor should have a function of providing floating and tractive force for the tractor.
- (4) Rubber wheels should be removed and replaced with cage wheels in Thailand field.
- (5) TongYang TRX150 performed best with a tractive device of Thailand cage wheel.
- (6) Survey of farmer acceptance level and durability in actual farmer fields should be conducted in the business phase in co-operation with potential partners.

We plan to secure bridgehead in Thailand for entering South-East Asian tractor market having large wet field on the basis of cooperation with Thailand research organization.

## CONTENTS

CHAPTER 1 Introduction .....	7
Section 1 Needs for Research and Development .....	7
1. Technical view .....	7
2. Economic & Industrial view .....	8
3. Social & Cultural view .....	9
CHAPTER 2 Domestic & Overseas Techniques and Development Condition	11
Section 1 Domestic & Overseas Techniques and Development Condition .....	11
1. Project for the development of updated technology .....	11
2. Considering matters .....	12
CHAPTER 3 Research & Development Contents & Result .....	14
Section 1 R&D Target & Contents .....	14
1. R&D Target & Contents .....	14
2. R&D Target & Contents of Each Year .....	15
3. R&D Methods .....	16
4. R&D Process .....	20
Section 2 R&D Contents .....	21
1. Materials & Methods .....	21
2. Results .....	21
CHAPTER 4 Achievement and Contribution to The Related Area .....	73
CHAPTER 5 Plan for Application of R&D Result .....	75
CHAPTER 6 Technical Information Collecting during R&D Process .....	76
Section 1 Overview of Agricultural Production and Structure in Thailand .....	76
1. Overview of Agriculture .....	76
2. Agricultural Production .....	77
3. Consumption of Agricultural Product .....	78
4. Trade of Agricultural Product .....	78
Section 2 Trends of Agricultural Machinery in Thailand .....	79
CHAPTER 7 Reference .....	81

## 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 .....	7
제1절	연구개발의 필요성 .....	7
1.	기술적 측면 .....	7
2.	경제·산업적 측면 .....	8
3.	사회·문화적 측면 .....	9
제 2 장	국내외 기술개발 현황 .....	11
제1절	국내외 기술개발 현황 .....	11
1.	첨단기술개발사업 “습지용 경량 트랙터 개발”과제(1997. 8-2000. 7) .....	11
2.	고려사항 .....	12
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과 .....	14
제1절	연구개발의 목표와 내용 .....	14
1.	연구개발 목표와 내용 .....	14
2.	연차별 연구개발 목표와 내용 .....	15
3.	연구개발의 방법 .....	16
4.	연구개발 추진체계 .....	20
제2절	연구개발의 내용 .....	21
1.	연구수행 방법 .....	21
2.	연구수행 결과 .....	21
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	73
제 5 장	연구개발결과의 활용계획 .....	75
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	76
제1절	태국의 농업생산과 농업구조 개황 .....	76
1.	농업 개황 .....	76
2.	농업 생산 .....	77
3.	농산물 소비 .....	78
4.	농산물 무역 .....	78
제2절	태국 농기계 관련 동향 .....	79
제 7 장	참고문헌 .....	81

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

### 제1절 연구개발의 필요성

본 연구에서는 태국 연구기관을 활용하여 2000년 7월 종료한 기획연구과제 “습지용 경량 트랙터 개발”의 결과물인 습지용 경량 트랙터의 태국 현지 적응성을 제고하여 동남아 수출 시장을 개척할 수 있는 기반으로 삼고자 수행하였다.

#### 1. 기술적 측면

##### 가. 현지 특성 파악 필요

트랙터는 농업, 건설, 운반, 관리 등 여러 분야에 사용되는 작업기에 필요한 동력을 제공하는 자력 추진 다목적용 기계로서, 지역별, 마력별로 적용 분야가 서로 다르다. 북미 또는 서유럽의 경우 소형 트랙터는 대부분 utility 또는 농장 및 정원 관리용으로 사용되며, 쟁기 작업은 하지 않는다. 그러나, 동남아의 경우 소형 트랙터로 쟁기 작업을 포함한 농작업 또는 운반작업을 주로 하는 편이다. 농작업의 경우도 습지가 많은 지역과 운반을 주로 하는 지역에서는 트랙터의 기계적 특성에 차이가 있다. 이러한 지역 및 작업의 특성 파악을 위해서 현지 작업 여건 조사 및 작업 방법 확인이 필요하다.

##### 나. 기획연구과제 수행

습지용 트랙터의 개발을 위해, 첨단 기술 개발 사업의 일환으로 “습지용 경량 트랙터 개발” 과제를 이미 수행하여 예비 조사 및 시험을 완료하였으며, 그 결과 보조차륜을 장착한 경량, 고지상고 트랙터를 습지용으로 사용하기에 적절하다고 판단하였다.

기획과제 수행시 국내의 협소한 습지 면적으로 습지용 트랙터의 시장 규모가 크지 않기 때문에, 목표 시장을 동남아로 확장시키지 않을 수 없었으며, 이를 위



해 국내뿐만 아니라 태국 현지에서도 시험을 수행하였다. 당시 태국 현지 시험은 대학 근처의 제한된 지역에서 습지에서 작업 특성을 파악하였다. 따라서, 습지의 다양한 특성을 파악하고 동남아 시장에서 제품 경쟁력을 제고하기 위해서는 습지용 트랙터 적응성 향상 시험이 필요하다.

## 2. 경제·산업적 측면

### 가. 일본 제품과 비교

트랙터는 전 세계적으로 매년 백만대 이상이 생산 판매되고 있다. 트랙터 시장은 크게 북미, 유럽, 아시아 시장으로 구분할 수 있다. 아시아의 경우는 일본, 한국이 자체 기술력으로 제품을 설계 생산하여 판매, 수출하고 있으며, 일본의 경우는 1999년 수출물량(72,661대)이 국내 출하대수(72,533대)를 앞질렀으나, 국내의 경우 이제 수출을 시작하는 단계이다.

현재 미국이나 유럽에서 판매되는 일본제품과 국내 트랙터를 비교하면, 품질 면에서 어느 정도 경쟁이 가능하며, 가격 면에 있어서는 일본 트랙터의 약70% 정도의 수준으로, 일본 제품과 충분한 경쟁력이 확보된 상태이다.

### 나. 국내 산업 비교

국내 자동차 산업의 경우 2000년 기준 국내 생산 대비 수출비율이 약 54%인 반면 농기계의 경우는 약 30% 정도이다. 농기계 수요의 계절적 변화가 심하여 공장 가동률은 60%에도 미치지 못하고 있는 실정이다. 즉, 자동차 산업과 같은 정부 지원과 협력 및 농업기계분야의 노력이 지속된다면 충분한 성장 가능성이 있다고 판단된다.

### 다. 동남아 시장 상황

동남아 시장은 상대적으로 저가의 제품 또는 중고제품이 주류를 이루고 있으

나, 경제 발전에 따라서 점차적으로 신제품에 대한 요구가 높아지고 있으며, 국내 농업기계 산업이 이를 대비하기 위해서는 지금이 적절한 시기라고 판단된다. 정치 경제적 안정성 및 경제 상황을 고려할 때, 수출 시장 거점으로서 동남아 국가 중 태국이 가장 적합한 나라로 판단되며, 태국에서의 성공적 적응은 다른 동남아 국가로의 전이를 용이하게 해줄 것으로 기대한다.

또한, 태국의 경우 트랙터의 국산화를 위해서 중국의 경운기형 트랙터를 기술 제휴로 생산 시험을 하였으나 호응을 얻지 못하였다. 개발 및 시험은 태국 농업 기계화 연구소의 자문 및 지도로 이루어졌으며, 정부 기관의 영향력이 상당하였다. 경운기형 트랙터의 경우 엔진 출력이 부족하고, Rear PTO가 없어서 로타리 작업이 불가능한 반면, 태국 농민들도 이제는 기존의 쟁기+씨래 작업에서 로타리 작업 선호로 변화하고 있기 때문이다. 아울러 일본 및 선진국 중고 트랙터를 많이 경험한 태국 농민들이 후진국형인 경운기형 트랙터에 만족하지 못하여 나타난 현상이다.

기획연구과제 수행시 태국 내 토양조사 및 포장 시험을 통하여, 태국의 대학, 태국 농림부 인사 및 정부기관 연구소와의 교류를 지속하여 왔다. 그 결과 2000년 ICAME 및 SIEMSTA에서 태국 인사의 논문 발표 및 태국 농림부 농업기계 국장의 태국 농업 소개가 이루어졌다. 태국 대학뿐만 아니라 농업관련 정부기관과의 지속적인 관계 유지를 위해서는 정부지원 형태의 과제가 필수적인 것으로 판단된다.

### 3. 사회·문화적 측면

국내의 경우 농촌 인력의 고령화 및 부녀화로 농업의 기계화는 필수적이고, 특히 습지용 트랙터처럼 점차 복합 특성을 지닌 기계의 필요성이 대두되고 있다. 습지용 트랙터는 습지의 특성으로 인해 기계 사용 불가로 휴경을 하게되어 전체 재배면적의 감소를 초래하고 있는 상황을 개선할 수 있다.

또한, 현지 적응 시험 연구 과제와 같은 한국 정부 지원의 사업일 경우 태국 내 정부 관련 연구소, 대학 및 농기 조합의 협조를 유도하기가 용이하여지고, 태국 농업 기계 분야와의 관계를 국내 농업기계 산업 전반의 발전에 바람직하게 이끌어 갈 수 있는 기초를 만들 수 있다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내외 기술개발 현황

#### 1. 첨단기술개발사업 “습지용 경량 트랙터 개발”과제(1997. 8-2000. 7)

##### 가. 습지 규명

기존 트랙터로서는 작업이 어려운 습지에서도 작업이 가능한 습지용 트랙터의 개발을 위해 동양물산 중앙기술연구소가 주관기관, 서울대를 위탁연구기관으로 하여 3차년도에 걸쳐서 연구개발을 수행하였다. 트랙터 작업의 관점에서 볼 때 트랙터로 작업이 불가능한 지역은 논의의 가치가 없으므로 습지는 최소한의 트랙터 작업이 가능한 또는 작업이 용이하지 않은 물이 많은 지역으로 규정할 수 있으며, 국내 및 인도네시아, 태국에서의 조사 자료를 근거로 습지의 특성을 규명하였다.

##### 나. 습지 트랙터의 특성

습지에서 작업이 가능한 트랙터는 경량 및 고지상고형이어야 하고, 견인 보조차륜을 장착하여야 한다. 과제를 통하여 개발된 트랙터는 일반형 트랙터에 비하여 무게는 약 10% 저감, 지상고는 약 20% 증대되었고, 서울대의 위탁 과제 결과물인 cage wheel을 장착할 수 있다.

주관연구기관의 제품 개발 process를 따라서, 개념설계, 상세설계, 시제품 트랙터 제작, 시험 등의 과정을 거쳤으며, 특히 소형 트랙터의 제품 경쟁력 제고를 위하여 새로운 외장을 도입하였다.

##### 다. 현지 시험 및 현지 실태

습지용 경량 트랙터 시제품을 이용하여 태국 Kasetsart 대학 근교(방콕 주변, NakhonPathom province) 3곳의 포장에서 slip 시험, 포장 작업 성능 시험을 수

행하였다. 사용된 작업기는 three-bottom disk plow와 raker였으며, slip율은 타이어만 장착되었을 때 19-24%, 타이어+cage wheel이 장착되었을 때 19-22%, disk plow 사용시 26-33%, raker 사용시 12-23%로 나타났다.

포장효율은 disk plow 사용시 0.17-0.2ha/hr, raker 사용시 0.44-0.59ha/hr로 나타났다. 태국에서 사용하는 cage wheel은 국내에서 제작된 cage wheel에 비하여 폭이 큰 것으로 나타났다.

현지시험 수행자는 견인력 측정, cage wheel의 수정, double cage wheel의 장착, 적정한 부가하중장착, 타이어 없이 cage wheel만 장착하여 사용하는 것 등 다양한 내용을 제안하였다.

## 2. 고려사항

### 가. 현지의 작업체계

트랙터 설계에 있어서 가장 중요한 부분은 트랙터의 작업조건이다. 일본 소형 트랙터가 중국에 진입하여 트랜스미션 기어의 파손으로 대부분 시장 확보에 실패하였다. 그 가장 큰 이유로는 중국에서의 트랙터 사용방법이었다. 트랙터 사용 시간의 약 70%를 과도한 운반 작업에 사용하였기 때문에 고속단 기어의 파손은 당연한 결과였다. 또한 국내에서는 John Deere 트랙터의 앞차축이 문제가 되어서, 많은 부품을 교체한 경우도 있었다. 제품의 현지 적응성 및 장기적 안정성을 확보하기 위해서는 현지 사정의 파악 및 조사의 중요성을 보여준 예이다.

### 나. 습지용 트랙터 요구조건

습지용 경량 트랙터를 개발하는 데는 습지에 적용 가능한 주행장치의 개발이 시급한 과제중 하나이다. 습지용 트랙터는 다음과 같은 조건을 만족시키는 주행장치를 가져야 한다.

- 1) 트랙터의 침하를 최소화하여야 한다.
- 2) 토양 추진력을 최대로 활용하여야 한다.
- 3) 불도징 및 구름 저항을 최소화하여야 한다.
- 4) 지상고를 최대화하여야 한다.

습지의 토양특성과 습지작업의 부하특성을 반영하여, 이러한 요구조건을 만족시키는 습지용 주행장치를 개발할 필요가 있다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 연구개발의 목표와 내용

#### 1. 연구개발 목표와 내용

동남아 습지용 트랙터의 현지 적응성 향상을 통하여 동남아 수출 시장 기반 구축을 우선 목표로 하였다. 최적의 현지 시험을 수행하기 위해서는 계측용 트랙터를 이용하여 장기간 시험을 수행하여야 하므로 간이적인 방법을 이용하였다.

트랙터의 3점링크에 견인력 측정장치를 부착하여 하중을 측정함으로써 견인 성능을 평가하였다. 동시에 field survey를 실시하여 트랙터의 사용 조건 및 사용 시간 등을 조사하여, 현지 시험을 위한 기본적인 data를 확보하였다. 지속적 data 관리를 통하여 충실한 습지용 트랙터의 시험기준을 확보할 수 있게 하였다.

수출 시장의 기반 구축은 현지 연구 기관과의 연구를 수행하는 과정에서 자연스럽게 유도될 것이다.

2. 연차별 연구개발 목표와 내용

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 시제품 트랙터 field 시험</li> <li>● Field survey 및 분석</li> <li>● 시험 기준 작성</li> <li>● 보조차륜 설계기준 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 습지 작업에서의 작업 종류별 부하의 이론적 분석, 측정 및 관련 data 수집               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 작업 조건</li> <li>· 견인 성능(견인력)</li> <li>· 작업능률/slip율</li> </ul> </li> <li>■ 현지 트랙터 사용자 인터뷰               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지역별 특성</li> <li>· 작업 단수</li> <li>· 작업기 종류 등</li> </ul> </li> <li>■ 시험 기준 작성               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 간이 시험 및 survey data를 분석</li> </ul> </li> <li>■ 현지 사용 보조 차륜으로 교체하여 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차륜 수정 보완 data 확보</li> </ul> </li> <li>■ 보조차륜 설계기준 마련</li> </ul>
2차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Field 시험(태국, 국내)</li> <li>● Field survey 및 분석</li> <li>● 습지 트랙터 시험 기준 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 현지에서 트랙터 4종 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 습지에서의 기능 및 성능 시험</li> <li>· 견인성능(견인력) 및 soil data</li> <li>· 작업능률/slip율</li> <li>· 3종 주행장치 성능 비교</li> </ul> </li> <li>■ 현지 트랙터 사용자 인터뷰               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 작업 종류 및 시간</li> <li>· 작업 단수</li> <li>· 작업기 종류 등</li> </ul> </li> <li>■ 국내에서 동일 시험 실시               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수정된 트랙터 및 보조차륜을 이용하여 국내시험</li> </ul> </li> <li>■ 습지용 시험 기준 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험 결과를 이용하여 습지용 트랙터 시험기준 확보</li> </ul> </li> </ul>



### 3. 연구개발의 방법

동남아 습지용 트랙터의 시험 data 및 기준을 확보하기 위해, 완료과제를 수행한 태국의 대학과 2년에 걸친 현지 시험을 실시하고 아울러 트랙터 작업 조건 파악을 위해서 태국 트랙터 사용자들을 대상으로 field survey도 2회에 걸쳐 실시하였다. 현지 field 시험은 태국 2개 주 4개 포장에서 실시하였으며, 시험 및 survey를 수행하였다. 업무 수행은 국외인 점을 감안하여 현지 전문가를 활용하였다.

대부분의 시험 및 survey 수행은 현지 대학 연구자 및 연구인력에 위임하고, 중간 검토는 현지 방문 및 초청을 이용하여 실시하였다. 특히 보조차륜의 경우 현지 조달을 원칙으로 하여, 현지 설계 제작하도록 유도하였다.

동남아 습지용 트랙터를 개발하기 위한 기본 전략과 추진 방법은 다음과 같다.

- 1차년도에는 기 개발된 시제품 트랙터에 센서 및 측정 장치를 장착하여  
태국 현지 시험
- 보조 차륜은 태국 현지에서 사용되는 차륜을 크기에 맞도록 현지에서 수정 보완하여 시험
- 시험은 현지 연구기관에 의뢰하여 수행하며, field survey를 실시하여 작업 조건 및 작업 시간 등을 조사
- 국내 전문가와 시험 관련 협의
- 상기 시험 및 survey를 실시할 때, 현지 방문을 통하여 현지 연구 수행자들과 공동 조사 및 분석 업무 수행
- 설계 조건을 도출하여 트랙터 분석 및 시험 결과를 평가하여 보조 차륜의 설계기준 마련
- 2차년도에는 태국에서 4종의 트랙터에 각종 주행장치를 부착하여 적응성 시험 실시
- 현지 시험 및 field survey 공동 실시

- 국내 전문가와 시험 관련 협의
  - 시제품 트랙터 및 보조 차륜의 기능 및 성능 시험을 국내에서도 동시 실시
  - 시험 및 field survey 결과를 이용하여 습지용 트랙터 시험기준 확보
- ※ 연구인력의 현지 시험을 위한 장기체류가 불가하므로 현지 사정 및 농업기계분야에 능통한 전문가로서 대학교수를 활용하여, 지속적인 현지 자료 조사, Field survey, 현지 적응 시험 및 보조 차륜 설계/제작 의뢰.

최적화된 시험기준을 구축하기 위해서는 장시간이 소요되므로 본 과제에서는 작업 조건 분석 및 이론 계산, field 시험시의 실측치를 이용하여 간이적으로 동남아 습지용 트랙터의 시험기준을 확보하고자 수행되었다.

본 과제에 사용되는 트랙터의 외관은 그림 1과 같고 트랜스액슬의 layout은 그림 2에 나타내었다. 사용된 습지용 트랙터 사양은 표 1에서와 같다. (모델명은 TRX150)



그림 1. 시험 트랙터 외형

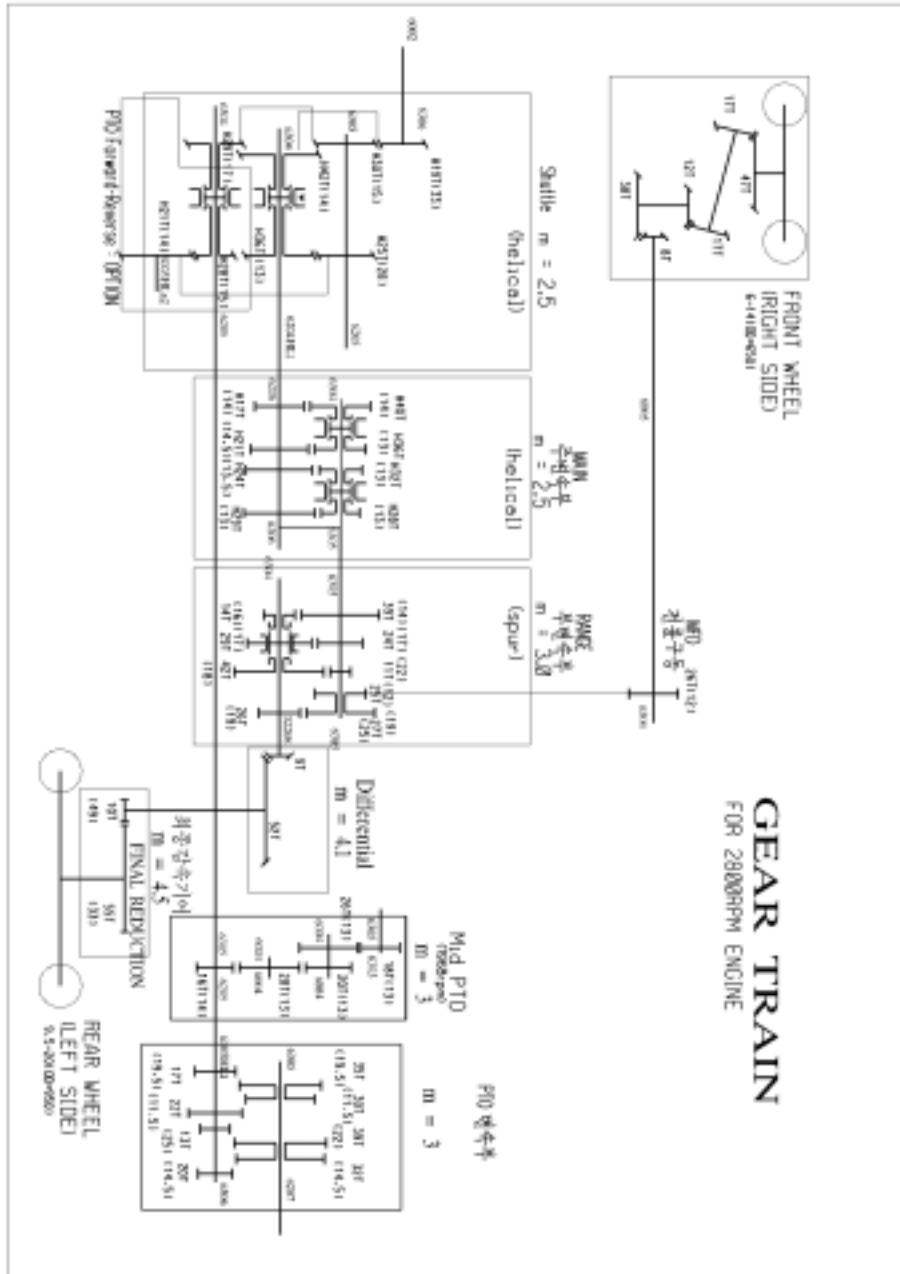
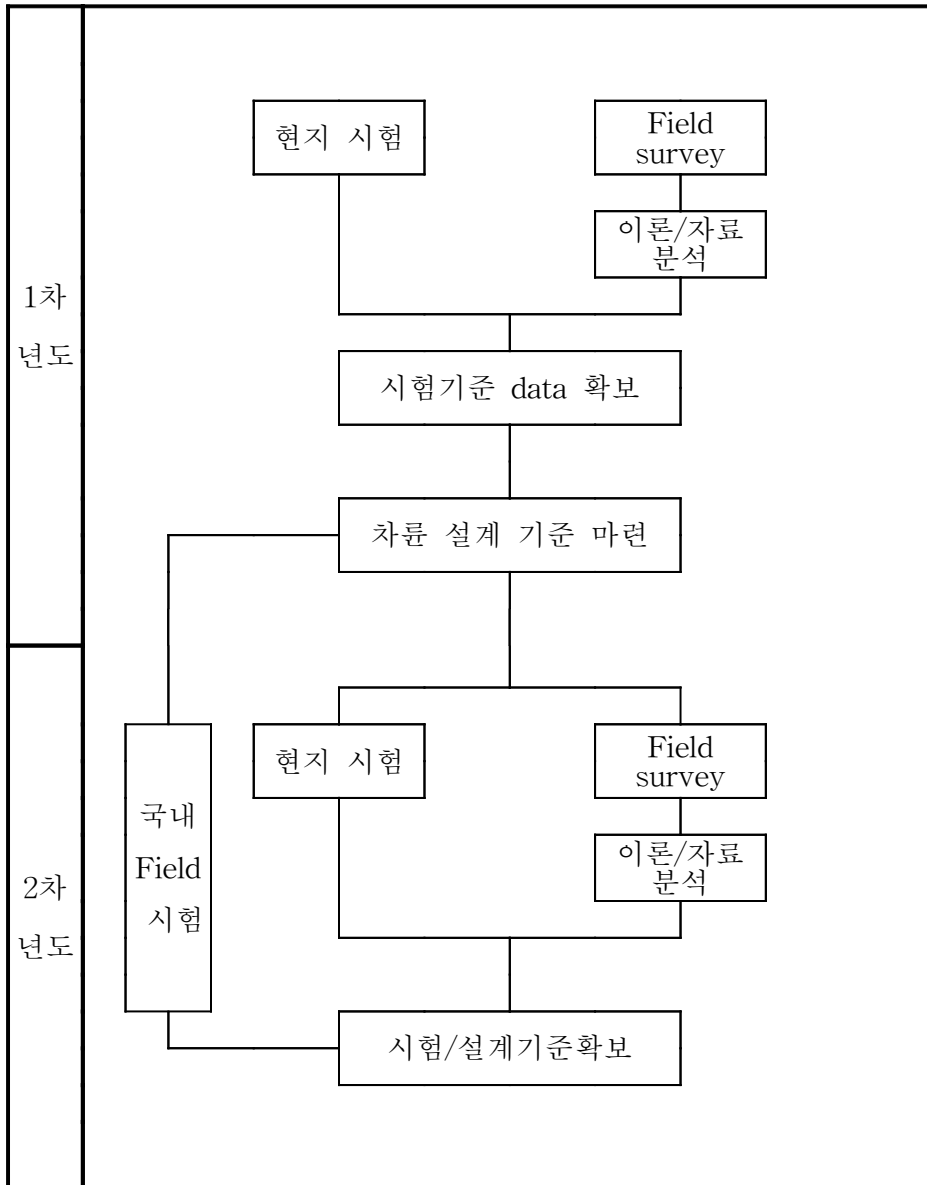


그림 2. Transaxle Layout

표 1 TRX150 상세 사양

항목		모델명	TRX150	
기체크기	전장(mm)		2800	
	전폭(mm)		1280	
	전고(mm)		2050	
	최저지상고(mm)		400	
중량(kg)			1000	
엔진	모델명		D1105-E	
	종류		수냉3기통	
	배기량(cc)		1123	
	정격출력/속도(PS/rpm)		24.5/2800(ISO, SAE 기준)	
	연료탱크용량(ℓ)		26	
주행부	클러치 형식		건식단판	
	브레이크 형식		습식디스크	
	변속단수		전12/후12	
	변속방식		상시/선택	
	주행속도(km/h)	전진		0.8~20
		후진		0.7~20
	타이어	전륜		6-14
		후륜		9.5-20
	축간거리(mm)			1530
	륜거	전륜		1100
		후륜		1050/1100
	4륜구동			유
조향방식			전유압식	
최소회전반경(m)			2.1	
PTO	클러치 형식		건식단판	
	단수		4	
	회전속도		595/786/974/1376	
작업기	제어방식		포지션	
	링크방식		JIS1	
ROPS			2주식(굴절식)	

4. 연구개발 추진체계



## 제2절 연구개발의 내용

### 1. 연구수행 방법

동남아 습지용 트랙터의 시험 data 및 기준을 확보하기 위해, ‘습지용 경량 트랙터의 개발’이라는 완료과제를 수행한 태국 Kaesatsart 대학의 Kanoksak-Eam-O-Pas 교수에게 현지 시험을 의뢰하였고 아울러 트랙터 작업 조건 파악을 위해서 태국 트랙터 사용자들을 대상으로 field survey를 실시하였다. 시험은 2차에 걸쳐서 실시되었는데, 1차에서는 개발된 25마력 습지형 트랙터 (TRX150)에 각 4종의 주행장치를 변경해 가면서 성능시험을 실시하였고, 2차에서는 동양물산의 25마력 TRX150, 25마력 TL2540, 38마력 TS3840, Kubota사의 22마력 L2201에 각 3종의 주행장치를 변경해 가면서 성능시험을 실시하였다.

### 2. 연구수행 결과

#### 가. 태국 1차 포장 시험

##### 1) 시험 방법

습지에서의 견인성능의 평가는 작동중의 슬립과 견인력을 측정함으로써 수행되었다. 견인력은 트랙터의 3점 링크에 설치된 로드셀을 이용하여 측정하였다. 세 개의 1톤짜리 로드셀이 시험에 사용되었다. 슬립은 두 개의 센서를 사용하여 측정하였다. 엔진의 속도는 근접센서를 사용하여 측정하였고 광학식 엔코더는 실제 주행 속도를 측정하기 위하여 사용되었다. 엔진 속도는 스프로킷의 이빨수와 차축까지의 변속비를 이용하여 무부하 속도로 변경하였다. 견인력에 대한 슬립율을 계산하였다. 실제 실험 전에, 세 개의 1톤 로드셀들은 보정 곡선을 얻기 위하여 실험실에서 보정하였다. 또한 스피드 센서도 실험실에서 보정되었다.

보조 차량이 견인 성능에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험은 다음과 같은 조건에서 수행되었다.

- 1) Rubber tires
- 2) Rubber tires + Thailand cage wheel
- 3) Rubber tires + Korean cage wheel
- 4) Rubber tires + Japanese cage wheel

이들 실험의 데이터로부터 각 보조차륜의 특성을 파악하고 보조 차륜의 설계 기준을 마련하였다.

## 2) 포장 조건

태국의 중부지역인 Nakornprathom주에 위치해 있는 두개의 포장에서 2001년 7월부터 9월까지 수행되었다. 포장 조건은 다음과 같다.

**Field No.1.** : 포장은 쟁기작업 전에 3일동안 물로 채워져 있었으며, 평균 물깊이는 20cm였다.

**Field No.2.** : 포장은 쟁기작업 전에 5일동안 물로 채워져 있었으며, 평균 물깊이는 8-10cm였다.

2002년도 실험은 Supanburi주의 두 개의 포장에서 수행되었다. 실험 설계를 할 때는 태국의 중부지역의 Chanat, Nakornswan, Kamphangphet에서 테스트를 수행하기로 했었으나, 테스트 포장 확보 문제로, 연구팀은 중부지역에 위치해 있고 쌀을 주요 작물로 하는 Supanburi에서 포장 시험을하기로 결정하였다.

Supanburi에 있는 습지는 중부지역에 위치해 있는 다른 주의 일반적인 포장 조건들을 대표할 수 있다. Supanburi에 있는 이 포장지는 이 보고서에서 Field A

와 Field B로 표시하였다. Field A와 Field B의 조건은 다음과 같다.

**Field A** : 쟁기 작업전에 5일 동안 물로 채워져 있었다. 평균 물깊이는 5-8cm였다. 물의 표면에는 식물들이 있었다. Cone index 값은 507.84kPa이고 wet bulk density는 17.72 kN/m<sup>3</sup>이었다.

**Field B** : 쟁기 작업전에 10일 동안 물로 채워져 있었다. 평균 물깊이는 7-10cm였다. 물의 표면에는 식물들이 있었다. Cone index 값은 387.67kPa이고 wet bulk density는 18.43kN/m<sup>3</sup>이었다.



그림 3. Field A의 모습





그림 4. Field B의 모습

### 3) 보조 차륜

세 개의 보조 차륜들이 실험에 사용되었다.

가) **Rubber tires**(RB로 표기). 타이어는 트랙터가 공급될 때 부착되어진 타이어를 사용하였다.

나) **Rubber tires with Thailand cage wheel**(TH로 표기). 태국 cage wheel의 직경은 0.725m, 폭은 0.27m이다. 러그 크기는 0.27x0.075m이다. 0.15m의 간격으로 16개를 가지고 있다. 러그각은 약 40°이고, 이 보고서에서 정의된 러그각이란 휠중심으로부터 반경방향으로 측정된 각이다.

작은 러그각은 러그판이 땅에서 움직일 때 좀 더 가파른 각도를 가지는 것을 의미하며 이는 견인력에 좋은 영향을 미치는 경향이 있으나 이는 도로위에서 움직임을 더 어렵게 만든다.

다) **Rubber tires with Korea design cage wheel(KR로 표기)**. 한국 cage wheel의 직경은 0.86m 이며, 휠폭은 0.20m 이다. 러그 크기는 0.175x0.102m이다. 러그의 수는 0.245m의 간격으로 12개를 가지고 있다. 러그각은 거의 45°이다.

라) **Rubber tires with Kubota(Japanese-type) strake wheel(JP로 표기)**. 일본의 strake wheel은 0.175x0.15m의 러그 크기를 가지고 있다. 러그는 5개를 가지고 있으며, 연장하였을 때 유효 직경은 0.95m이다.



그림 5. Rubber tires



그림 6. Rubber tires with Korean cage wheel



그림 7. Rubber tires with Thailand cage wheel



그림 8. Rubber tires with Kubota(Japanese-type) strake wheel

#### 4) 테스트 방법

원판이 세 개가 달린 쟁기가 쟁기작업에 사용되었으며 실험을 위한 부하를 제공하였다. 트랙터는 M4단, 1900rpm 에서 작동하였다. 이 작동조건은 준비 실험에서 적당한 속도를 관찰한 후에 선택하였다. 견인력은 control lever를 변경하여 땅속으로 쟁기를 낮게 위치시킴으로써 증가되었다. 변하는 하중에서 slip이 변하기 때문에 쟁기를 서서히 내렸다. 테스트는 100%슬립이 생기면 중지하였다. 각 차륜의 조합에 대하여 5번 실험을 반복하였다. 따라서 각 포장에서 20번의 실험이 수행되었다. 모든 테스트에 대하여 견인력 대비 slip을 얻었다.

#### 5) 실험 결과

물이 차있는 조건에서 테스트하는 동안, 견인력 또는 쟁기 깊이를 조절하기 힘들었다. 많은 경우에 있어서 트랙터가 전진할 때 쟁기가 땅속으로 빠르게 파고

들었다. 따라서 짧은 시간 안에 휠은 100% 슬립하였다. 이런 경우에 트랙터 작업자는 쟁기를 들어올리고 전진을 계속하였다. 실험 데이터는 분산된 경향을 보였다. 실험의 목적은 견인력을 다양화하는 것이고 특정한 견인력에서의 슬립을 측정하는 것이다. 따라서 슬립의 여러 값에 대한 견인력사이의 관계를 얻었다. 같은 포장에서 4개의 보조차륜에 대한 견인력 대비 slip 선도를 얻었다. 각 포장에서의 결과는 아래에 있다.

그림 9 ~ 그림 12까지는 Field A에서 보조차륜 RB, TH, KR, JP에 대해서 슬립률에 대한 견인력을 보여주고 있다.

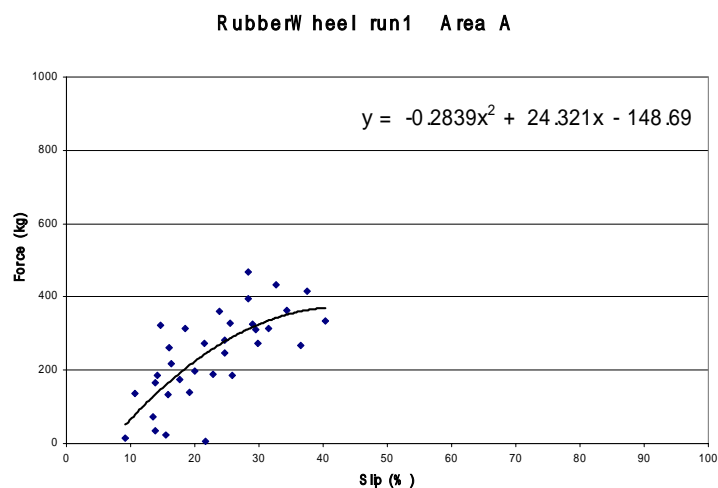


그림 9. RB, test1, Field A

Thai heel run1 Area A

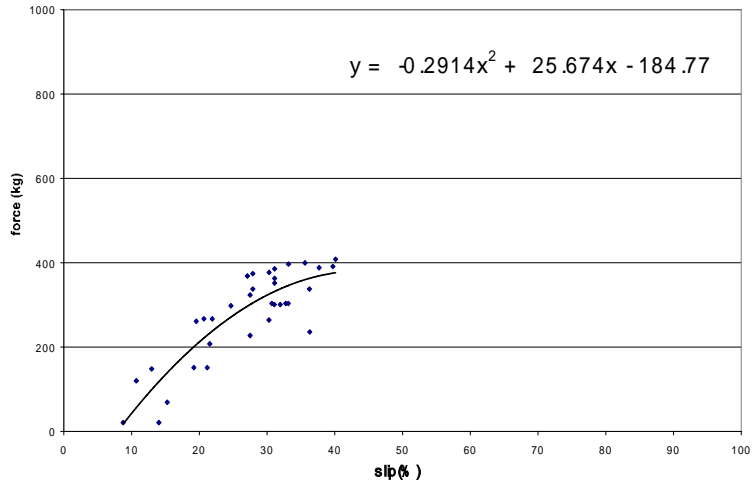


그림 10. TH, test 1, Field A

KoreaW heel run1 Area A

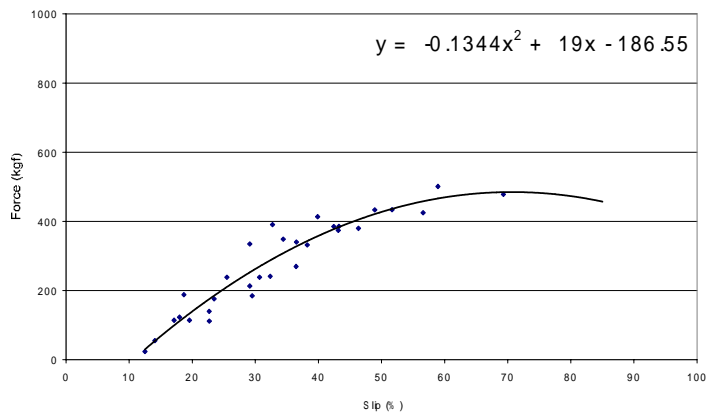


그림 11. KR, test 1, Field A

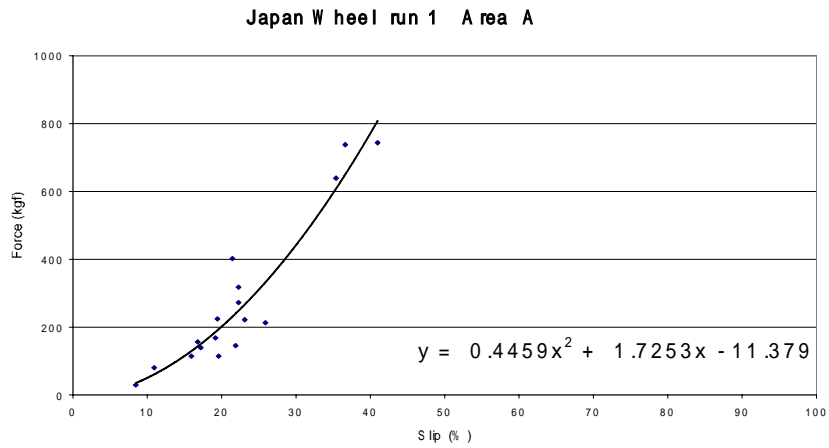


그림 12. JP, test 1, Field A

그림 13 ~ 그림 15까지는 Field B에서 보조차륜 TH, KR, JP에 대해서 슬립률에 대한 견인력을 보여주고 있다. Field B에서는 바퀴가 깊이 빠져 트랙터가 움직이지 못했기 때문에 타이어만을 장착한 실험을 하지 못했다. cage wheel과 strake wheel을 장착하여 쟁기 작업을 하였으며 슬립률에 따른 견인력 데이터를 얻었다.

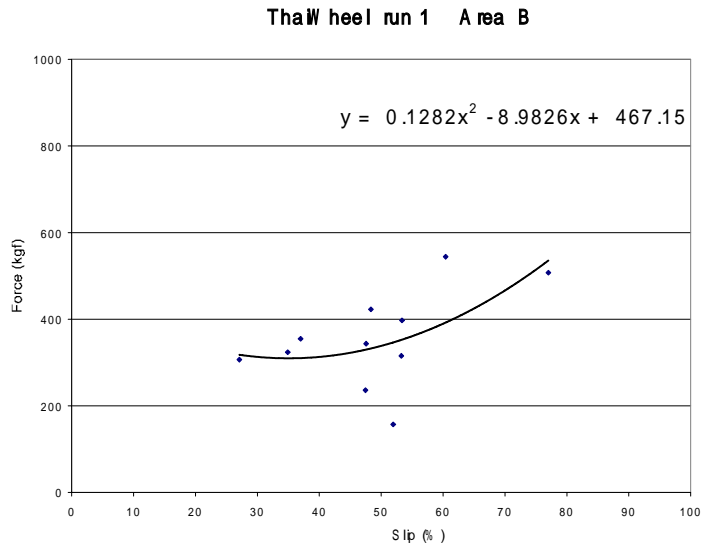


그림 13. TH, test 1, Field B

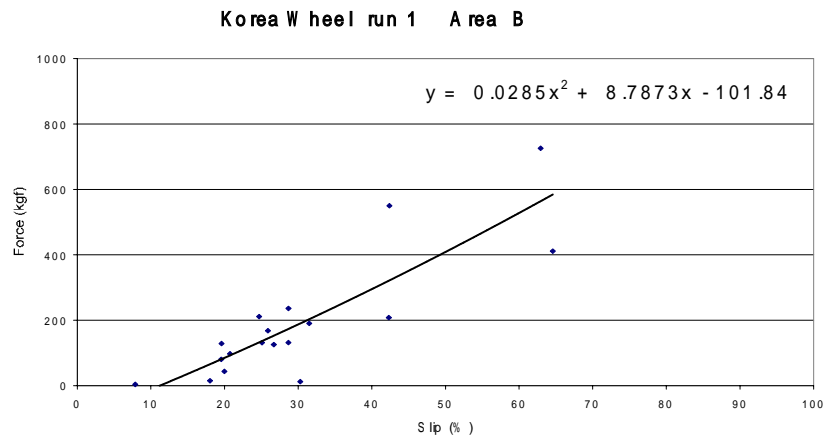


그림 14. KR, test 1, Field B



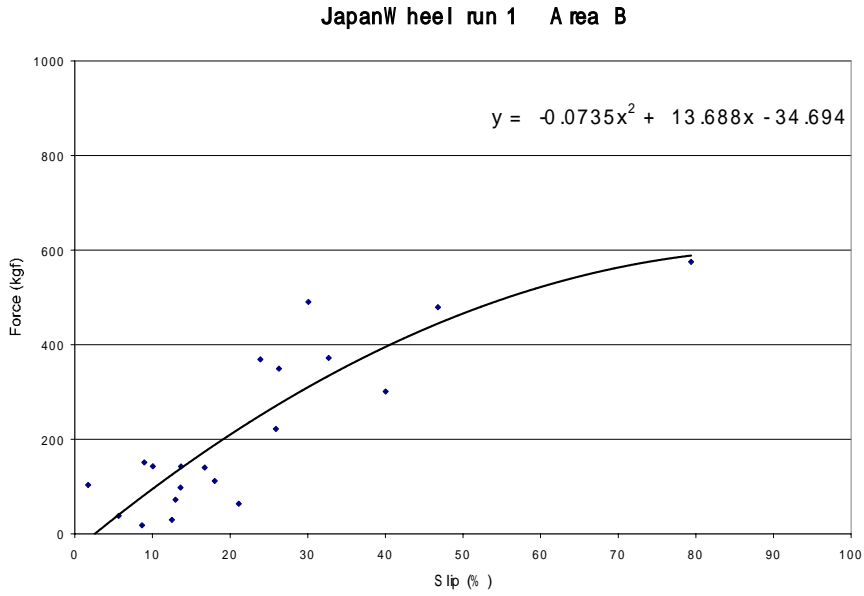


그림 15. JP, test 1, Field B

그림 9 ~ 그림 15에 나타난 각 데이터 포인트는 1초당 8개의 값을 평균한 것을 나타낸 것이다. 다항식 회귀선과 수식은 그래프 상에 나타내었다. 100, 200, 300, 400, 500 kgf의 견인력에서의 슬립은 회귀식에 의해 계산되었다. 시험 데이터는 산재하여 정확하게 얻기는 힘들었고 통계적인 방법에 의하여 추정하였다. 네 개의 보조차륜에 대한 각각의 견인력에서의 슬립의 비교는 그림 16, 17에 나타내었다(Field A, Field B로 표기).

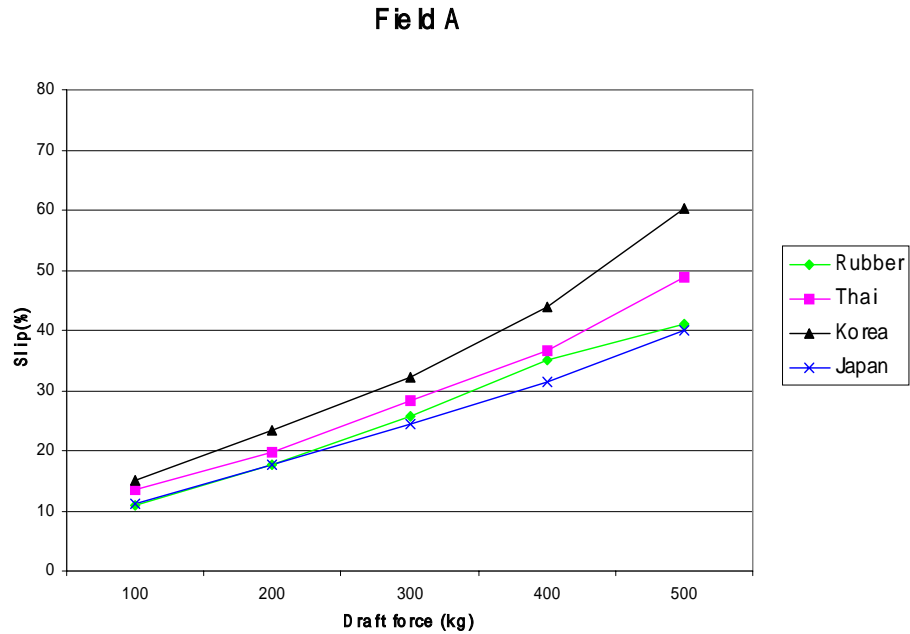


그림 16. Field A에서의 견인력에 대한 슬립

그림 16, 17(Field A and Field B)는 모든 견인력 범위에서 고무타이어와 strake wheel 보조차륜을 가진 것이 가장 낮은 슬립을 갖는 것을 보여준다. 한국의 cage wheel이 슬립률이 가장 높은 것을 볼 수 있다. 고무타이어만을 가진 트랙터는 견인 문제를 가지고 있고 Field B와 같은 토양 조건에서는 침하가 발생하기 때문에 습지의 조건에서는 적당하지 않은 것으로 결론 지을 수 있다. cage wheel은 트랙터의 침하를 감소시키고 견인력을 증가시킨다.

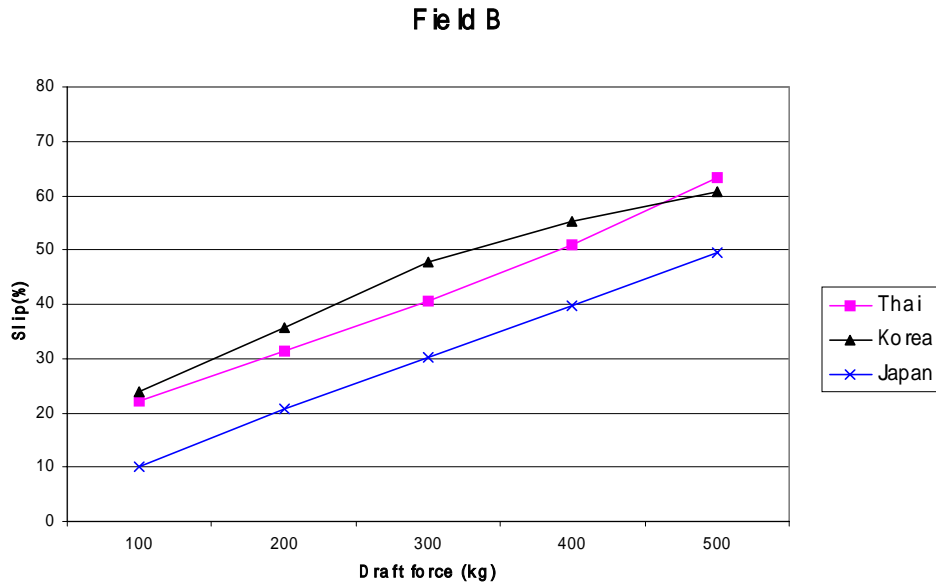


그림 17. Field B에서의 견인력에 대한 슬립

그림 16, 17은 태국의 cage wheel이 한국의 cage wheel보다 모든 테스트 로드에 대하여 낮은 슬립을 가지고 있음을 보여준다. 이 현상은 한국의 cage wheel과 비교하여 태국의 cage wheel이 낮은 러그각을 갖고 있기 때문이다. 일본의 strake wheel은 러그각이 '0'이기 때문에 가장 좋은 성능을 나타내고 있다.(lug back face는 그림 18에 나타난 것처럼 휠 원주에 수직이다. 여기서 러그각이 '0'이라는 것은 휠 원주에 대하여 러그 플레이트가 수직이라는 것을 의미한다)



그림 18. strake wheel

2001년에 수행된 Field No.1 과 Field No. 2의 테스트도 같은 방법으로 해석되었다.

그림 19 ~ 그림 22는 RB, TH, KR, JP에 대하여 Field No.1에서의 슬립에 따른 견인력을 나타낸 것이다.

field1-RB1

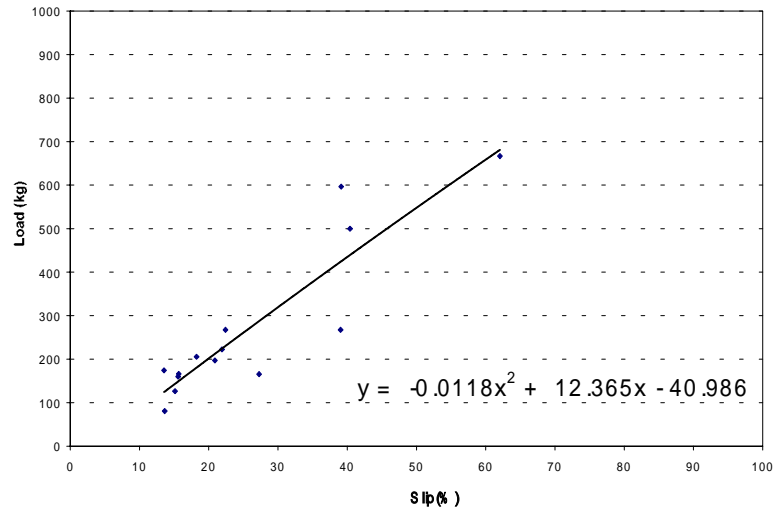


그림 19. RB, test1, Field No. 1

field1-TH1

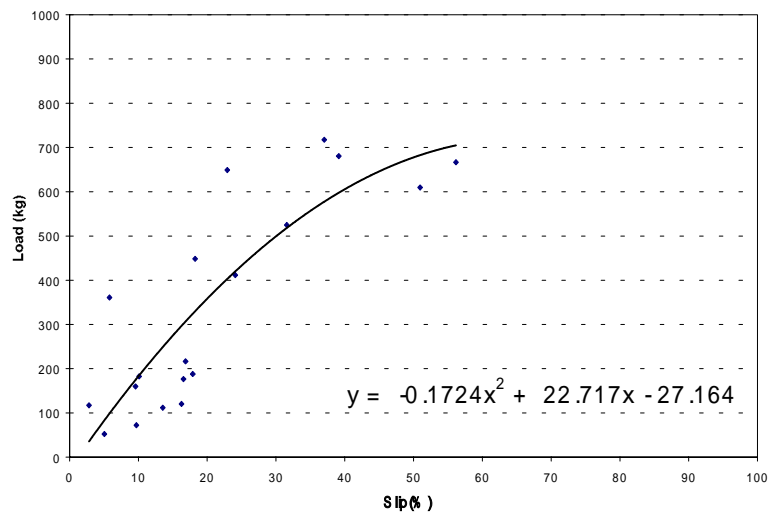


그림 20. TH, test1, Field No. 1

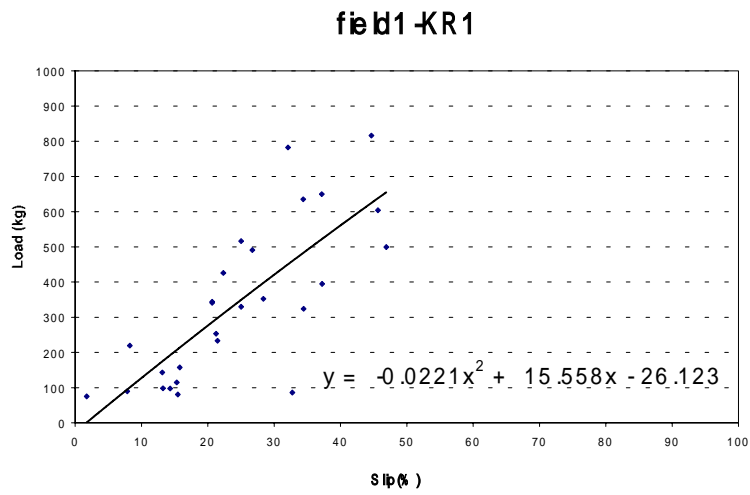


그림 21. KR, test1, Field No. 1

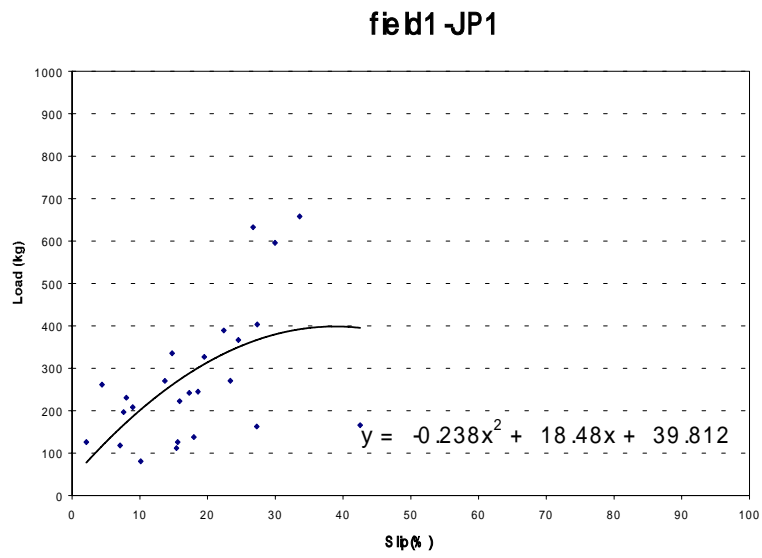


그림 22. JP, test1, Field No. 1

그림 23 ~ 그림 26은 RB, TH, KR, JP에 대하여 Field No. 2에서의 슬립에 따른 견인력을 나타낸 것이다.

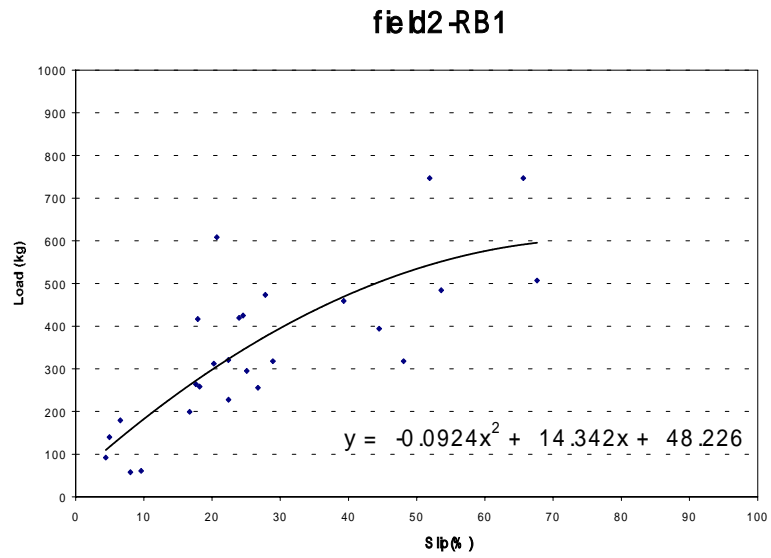


그림 23. RB, test1, Field No. 2

field2-TH1

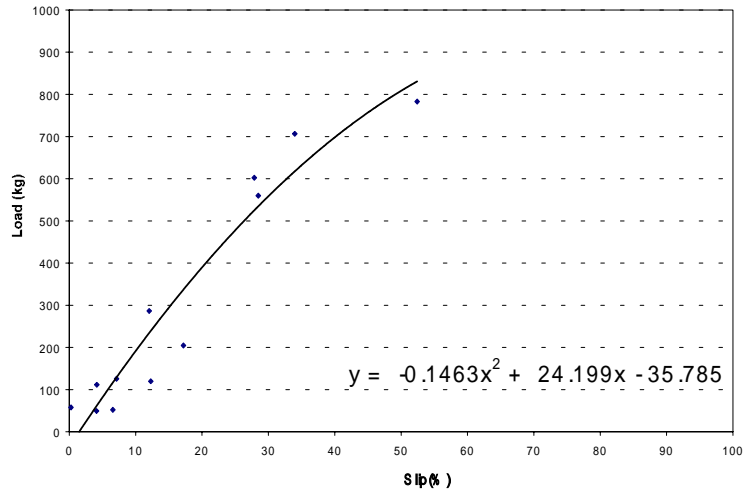


그림 24. TH, test1, Field No. 2

field2-KR1

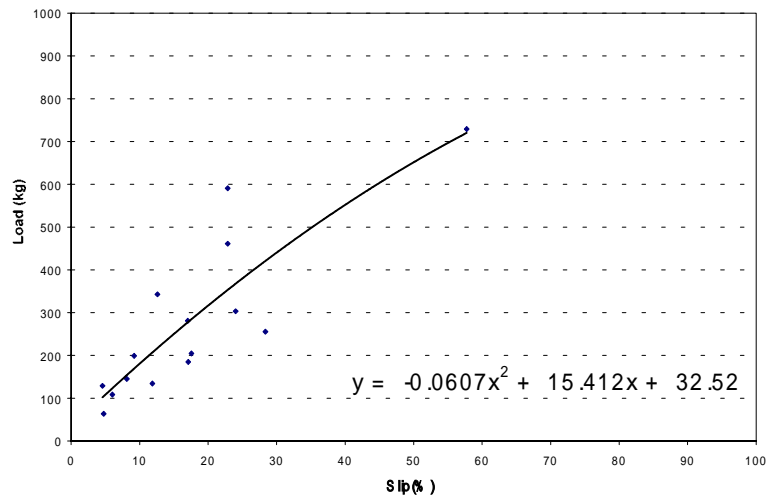


그림 25. KR, test1, Field No. 2



### field2-JP1

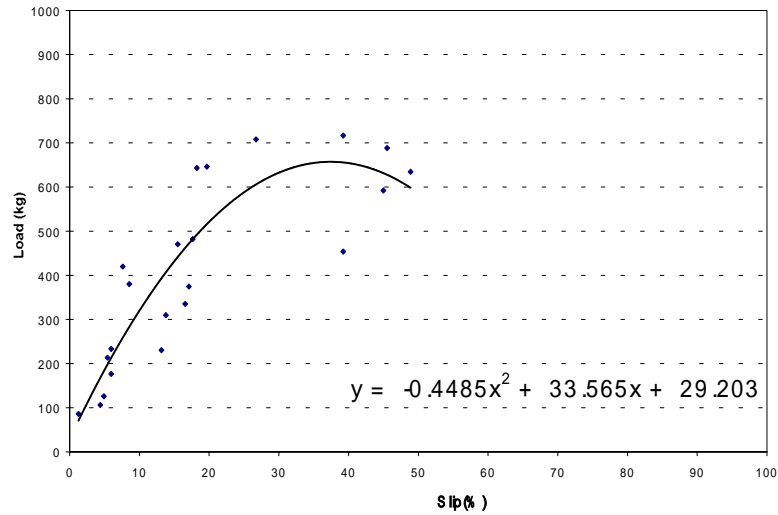


그림 26. JP, test1, Field No. 2

각 견인력에 대한 슬립은 그림 19 ~ 그림 26의 데이터로부터 얻어진 회귀식을 이용하여 계산되었다. 그림 27, 28은 Field No. 1과 2에 대한 100, 200, 300, 400, 500 kgf의 견인력에서의 슬립을 보여준다. Field No.1에서의 고무타이어는 가장 높은 슬립률을 보여주고 나머지 보조차륜들은 모든 견인력에 대하여 비슷한 슬립을 보여준다. 그러나 Field No. 2에서는 strake wheel이 가장 좋은 성능을 고무타이어가 가장 낮은 성능을 나타내고 있는 것을 보여준다. 이것은 Field A와 B에서의 실험 결과와 같은 경향을 나타낸다.

Field 1

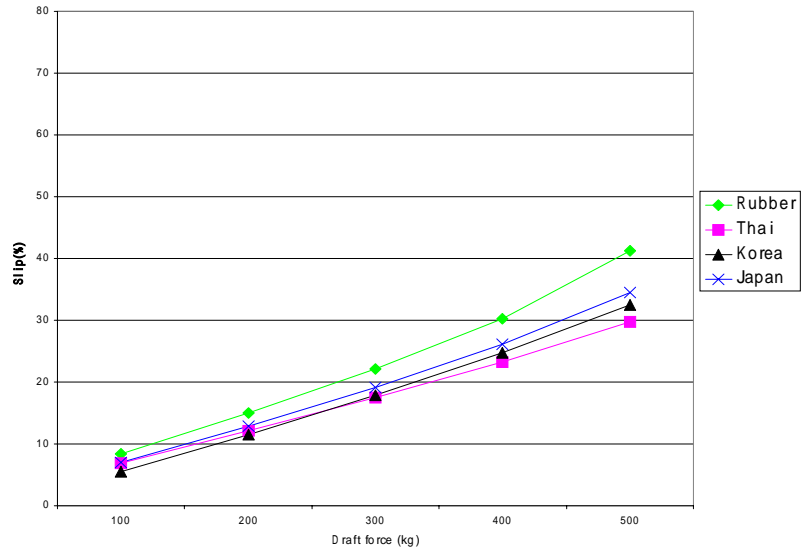


그림 27. Field No. 1에서의 견인력과 슬립

Field 2

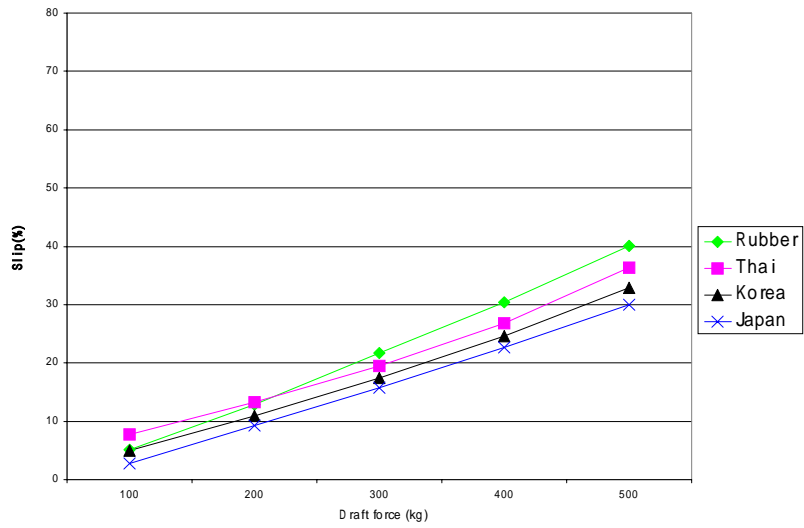


그림 28. Field No. 2에서의 견인력과 슬립

시험 결과를 종합하여 보면 4가지 보조차륜에 대한 태국에서의 적응성 시험 결과는 다음과 같다.

- 같은 견인력에서 슬립이 낮은 순서는 고무타이어에 strake wheel 부착, 고무타이어에 태국 cage wheel 부착, 고무타이어에 한국 cage wheel 부착, 고무타이어만 부착 순으로 나타났다.
- 상기 결과로 볼 때, 타이어 부착의 보조차륜의 경우는 리그각이 작은 것이 가장 좋은 견인 성능을 발휘함을 알 수 있었다.
- 태국 cage wheel과 한국 cage wheel의 성능을 비교해 볼 때 리그 폭이 넓은 것이 좋은 견인 성능을 발휘하였다.
- 따라서 타이어 부착 보조차륜 설계 기준은 리그 폭이 넓고, 리그각을 최소화 하는 것으로 정하였다.

#### 나. 태국 2차 포장 시험

##### 1) 서론

1차년 시험에서는 주로 주행 장치의 종류에 따른 견인 성능 평가 및 적응성을 수행하였다. 시장 조사결과 태국에서는 현재 신규 트랙터의 수입보다는 중고를 선호하고 있기 때문에 한국산 중고 트랙터 및 현지의 기종에 대한 적응성 평가가 필요하다고 판단되었다. 따라서 2차 포장시험은 4종 트랙터에 3종의 주행장치를 부착하여 성능시험을 수행하였다. 트랙터는 동양물산 TRX150, 25마력 TL2540, 38마력 TS3840, Kubota 22마력 L2201이다.

연구목적은 다음과 같다.

- 가) 3종의 주행장치를 사용하여 TRX150의 견인 성능을 평가한다.
- 나) 동양물산 TRX150, TL2540, TS3840, Kubota L2201 트랙터의 성능을 비교 검토한다.

다) 트랙터 개선을 위한 설계 변수를 제안한다.

라) 습지용 주행장치의 적절한 사용에 대하여 제안한다.

## 2) 재료 및 방법

### 가) 시험 트랙터 및 주행장치

동양물산 TRX150(습지용으로 신개발된 트랙터), TL2540, TS3840, Kubota L2201의 4종 트랙터로 태국 습지에서 시험을 실시하였다. Kubota L2201은 태국 현지의 소매상에 의하여 공급되었다. 시험에 사용된 트랙터의 주요 사양은 표 3에서와 다음과 같다.

3종의 견인 보조가 비교시험을 위해 사용되었다. 이 주행장치는 다음과 같다.

(1) 고무 타이어(R로 표시)

(2) 고무 타이어 + 태국 케이지 휠 (R+TH 로 표시)

(3) 태국 케이지 휠(TH로 표시)

1차 시험 결과 일본식 strake wheel이 가장 좋은 성능을 보였으나 고무타이어를 부착하지 않고 단독으로 사용이 불가능하여, 성능이 우수하고 단독으로 사용이 가능한 주행장치인 태국의 케이지 휠을 이용하여 시험하였다. 트랙터와 구동방식 주행장치 형식의 조합에 있어서 시험여건을 고려하여 표 2에서와 같은 시험 설계를 하였다.

표 2 시험 설계

구동방식	Model	주행장치 형식
2WD	TYM TRX150	TH, R+TH
	Kubota L2201	TH
4WD	TYM TRX150	TH, R+TH
	Kubota L2201	TH, R+TH
	TL2540	R, TH, R+TH
	TS3840	R, TH, R+TH

표 3 시험용 트랙터 상세 사양

모델명		TRX150	TL2540	TS3840	L2201	
항목						
기체 크기	전장(mm)	2800	2870	3100	2910	
	전폭(mm)	1280	1320	1465	1250	
	전고(mm)	2050	1980	2950	1940	
	최저지상고(mm)	400	320	320		
중량(kg)		1000	1198	1486	968	
엔진	모델명	D1105-E	E3AE1	3AB1		
	종류	수냉3기통	수냉3기통	수냉3기통	수냉3기통	
	배기량(cc)	1123	1296	1777	1395	
	정격출력/속도 (PS/rpm)	24.5/2800	27/2600	38/2600	22/2500	
	연료탱크용량 (ℓ)	26	28	30		
주행부	클러치 형식	건식단판	건식단판	건식단판		
	브레이크 형식	습식디스크	습식디스크	건식드럼		
	변속단수	전12/후12	전12/후4	전8/후2	전16/후4	
	변속방식	상시/선택	상시/선택	선택		
	주행속도 (km/h)	전진	0.8~20	0.62~21.9	1.4~21.40	
		후진	0.7~20	0.75~13.6	1.93~9.81	
	타이어	전륜	6-14	7-16	6-16	
		후륜	9.5-20	11.2-24	12.4-24	
	축간거리(mm)		1530	1580	1780	1570
	륜거	전륜	1100	1050	1120	
		후륜	1050/1100	1020/1340	1140/1430	
4륜구동		유	유	유	유	
조향방식		전유압식	인테그랄형	엔테그랄형		
최소회전반경(m)		2.1	2.2	2.4		
PTO	클러치 형식	건식단판	건식단판	건식단판		
	단수	4	4	4		
	회전속도	595/786/974/ 1376	553/731/906/ 1280	630/773/990/ 1547		
작업기	제어방식	포지션	포지션	포지션		
	링크방식	JIS1	JIS1	JIS1		
ROPS		2주식 (굴절식)	4주식	4주식		

나) 성능 시험용 시험장치

습지에서의 견인성능의 평가는 작동중의 슬립과 견인력을 측정함으로 수행되었다. 견인력은 트랙터의 3점 링크에 설치된 로드셀을 이용하여 측정하였다. 세 개의 1톤짜리 로드셀이 시험에 사용되었다. 슬립은 두 개의 센서를 사용하여 측정하였다. 엔진의 속도는 근접센서를 사용하여 측정하였고 광학식 엔코더는 실제 주행 속도를 측정하기 위하여 사용되었다. 엔진 속도는 스프로킷의 이빨수와 차축까지의 변속비를 이용하여 무부하 속도로 변경하였다. 견인력에 따른 슬립을 계산하였다. 실제 실험 전에, 세 개의 1톤 로드셀들은 보정 곡선을 얻기 위하여 실험실에서 보정하였다. 또한 스피드 센서도 실험실에서 보정되었다. 자료수집장치는 견인력, 무부하 속도, 부하속도를 동시에 기록하였다. 각 주행장치에 대하여 4회 반복 시험을 수행하였다. 각 트랙터에 대하여 견인력에 따른 슬립을 비교하였다.

다) 포장 조건

시험 포장은 태국의 중부지역의 Nakornprathom에 위치해 있다. 시험포장의 포장 및 토양 조건은 표 4에서와 같다.

표 4 시험 습지의 포장 및 토양 조건

Field conditions	Water level (cm)	Soil Type	Wet Bulk density (kN/m <sup>3</sup> )
flooded three days before plowing	10-15	Soft Soil	15.82

### 3) 결과 및 고찰

각 시험 동안 견인력과 슬립이 측정되었다. 따라서, 모든 트랙터에 대하여 3종의 다른 주행장치에서의 견인력 대비 슬립 곡선을 구하였다. 각 시험에 대한 최적의 회귀식은 Excel 소프트웨어를 이용하여 계산되었다. 다음은 4종의 트랙터에 대한 포장시험 결과이다.

#### 가) TRX150 시험결과

그림 29는 2륜구동 상태에서의 시험결과이다. 시험은 주행장치를 사용하여 이루어 졌다. 케이지 휠을 부착한 고무 타이어(R+TH), 태국 케이지 휠(TH), 케이지 휠을 부착한 고무타이어와 부가하중 111kg 부가의 세가지 조건에서 시험을 실시하였다. 트랙터에 과대한 슬립이 발생하여 고무타이어 단독으로는 사용이 불가능했다.

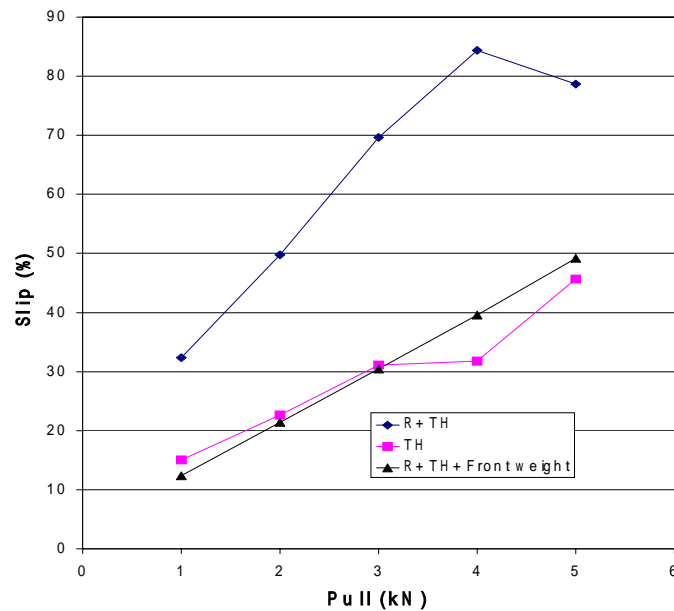


그림 29. 2륜구동 TRX150의 견인력 대비 슬립율

앞쪽에 부가중량을 설치한 이유는 R+TH와 TH의 주행장치로 시험도중 전륜이 들러서 조향이 곤란한 문제가 발생했기 때문이다. 또한, 부가 중량이 없을 경우에는 견인 문제가 심각했다. 따라서, 본 연구에서는 조향성을 향상시키기 위하여 부가 중량을 설치하였다. 그것은 트랙터 조정과 조향의 향상을 보여주었다. 그림 30은 4륜구동에서 시험한 결과를 보여준다.

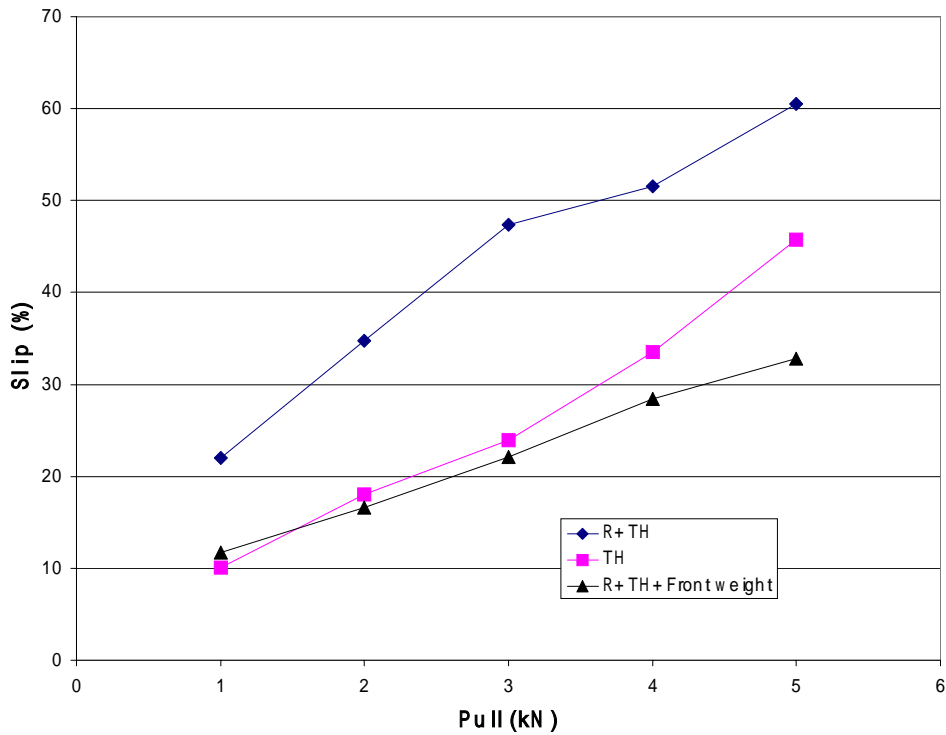


그림 30. 4륜구동 TRX150의 견인력 대비 슬립율

그림 29와 30은 태국 케이지 휠(TH)의 경우가 태국 케이지 휠을 부착한 고무타이어(R+TH)의 경우에 비하여 모든 견인력 영역에서 낮은 슬립율을 보이기 때문에 좋은 성능을 나타내었다. 2륜과 4륜구동 조건을 비교하면 2kN의 견인력 범



위에서 2륜구동의 슬립이 21.4%에서 4륜구동 슬립 16.5%로 감소하였다. 이 비교는 앞쪽 부가중량이 있는 경우이다. 앞쪽 부가중량이 있을 경우에 조향이 용이했다.

나) Kubota L2201의 시험 결과

그림 31은 Kubota L2201트랙터의 시험 결과이다. 2륜구동에서 고무타이어(R), 케이지휠을 장착한 고무타이어(R+TH)의 작업은 불가능했다. 즉, 과도한 슬립으로 인하여 쟁기작업이 불가능 했다. 따라서, 2륜구동에서는 태국 케이지휠(TH)를 장착한 시험만 가능했다. 4륜구동에 있어서는 고무 타이어 단독(R)의 경우는 과도한 슬립으로 작업이 불가능하여 R+TH와 TH를 장착한 시험만 가능했다.

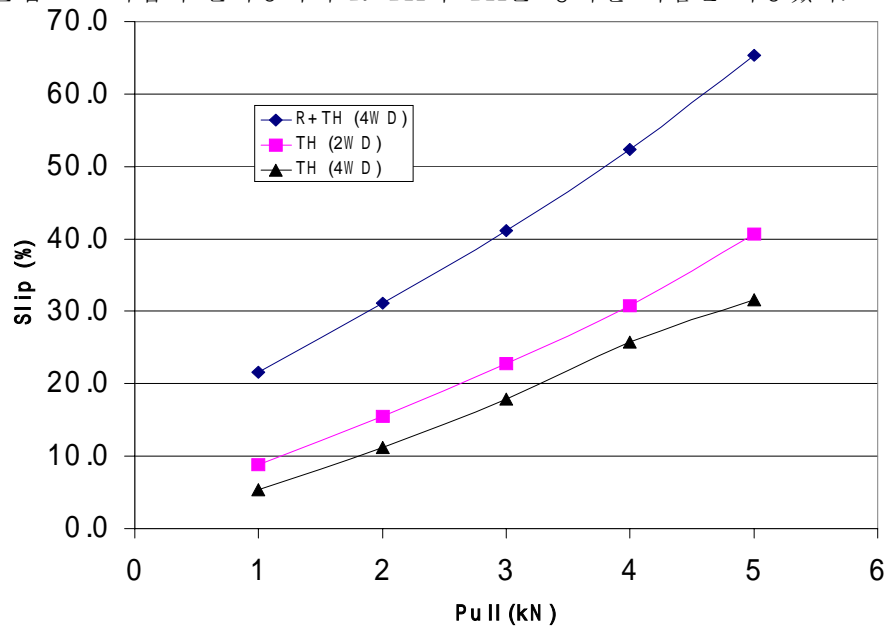


그림 31. Kubota L2201 트랙터의 견인력 대비 슬립율

그림에서 보듯이 다른 견인력에서 4륜구동의 슬립이 2륜구동의 경우에 비하여 작았다. 이 결과는 TRX150의 결과와 유사했다.

다) 동양 25마력 트랙터 TL2540 시험 결과

그림 32는 동양 25마력 트랙터의 시험결과이다. 시험은 4륜구동에서만 실시되었다. 결과에서 보듯이 태국 케이지 휠(TH)가 고무타이어(R)나 케이지 휠을 부착한 고무타이어(R+TH)에 비하여 낮은 슬립율을 보였기 때문에 가장 좋은 성능을 나타내었다.

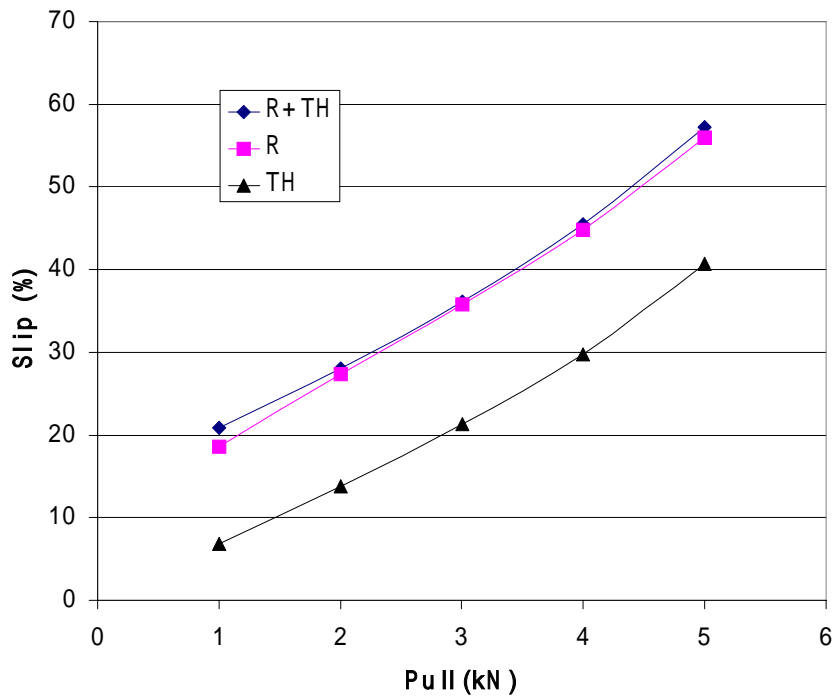


그림 32. 4륜구동 TL2540 트랙터의 견인력 대비 슬립율

라) 동양 38마력 트랙터 TS3840시험 결과

그림 33은 동양 38마력 트랙터의 시험결과이다. 시험은 4륜구동에서만 실시되었다. 25마력에서와 비슷한 결과를 얻었다. 결과에서 보듯이 태국 케이지 휠(TH)이 고무타이어(R)나 케이지 휠을 부착한 고무타이어(R+TH)에 비하여 낮은 슬립율을 보였기 때문에 가장 좋은 성능을 나타내었다.

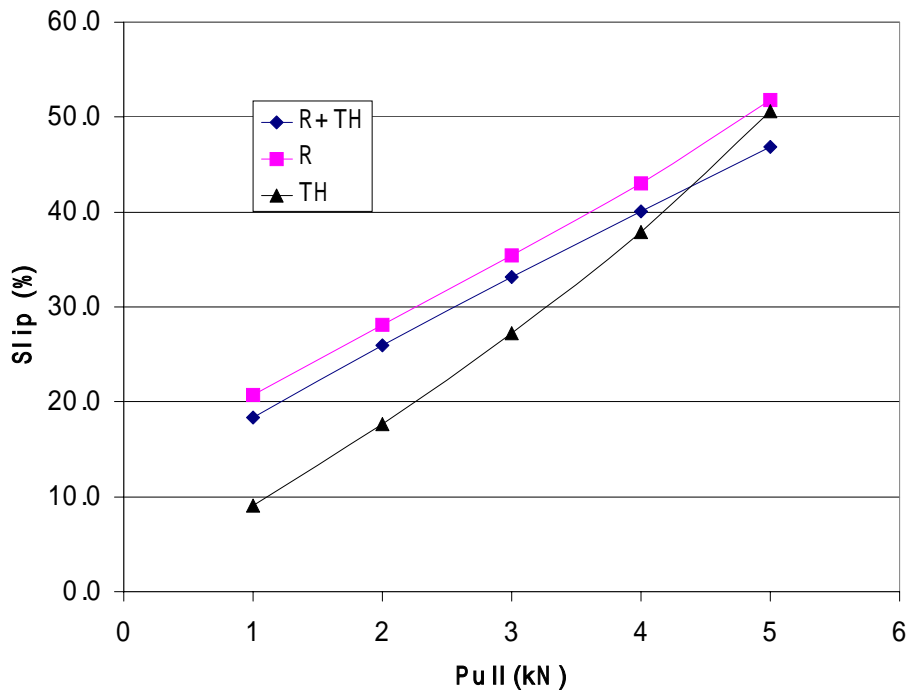


그림 33. 4륜구동 TS3840 트랙터의 견인력 대비 슬립율

마) 결론

매우 부드러운 습지 토양의 포장조건에서 시행된 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 동양물산의 TRX150은 주행장치로서 태국 케이지 휠 만을 주행장치로 사용하였을 경우 가장 좋은 견인성능을 나타내었다. 정상 쟁기작업에서 평균 견인력은 2-3 kN으로 10-20%의 슬립율을 나타내었다. 또한, 4륜 구동의 경우 2륜 구동에 비하여 같은 견인력에서 낮은 슬립율을 보였다.
- (2) TRX150의 전륜에 가해지는 하중은 본 시험포장에서 운전하기에 충분하지 못하였으므로 부가하중의 부착이 필요하다.
- (3) L2201, TL2540, TS3840 모두 태국 케이지 휠 만을 주행장치로 사용하였을 경우 가장 좋은 견인성능을 나타내었다.
- (4) 모든 트랙터에서 고무 타이어만으로는 주행장치로 부적합하였다.

#### 다. 국내 포장시험

##### 1) 시험 방법

동남아 습지용 트랙터의 시험 data와 비교하기 위해, 국내 시험을 실시하였다.

습지에서의 견인성능의 평가는 작동중의 슬립과 견인력을 측정함으로 수행되었다. 또한 쟁기 작업시 주행속도, 2륜구동과 4륜구동, 좌갈이와 우갈이에 따른 견인 부하의 차이점을 파악하기 위한 시험도 실시하였다.

견인력은 트랙터의 3점 링크에 설치된 육분력계를 이용하여 측정하였다. 6개의 1톤짜리 로드셀이 시험에 사용되었다. 작업기 측에서와 본기측에서 본 모습은 그림 34, 35에서와 같다.

슬립은 두 개의 센서를 사용하여 측정하였다. 속도 센서는 실제 주행 속도를 측정하기 위하여 사용되었고 로터리엔코더는 바퀴의 회전속도를 측정하는데 사용하였다. 주요 제원은 표5, 6에서와 같다. 장착 모습은 그림 36, 37에서와 같다.

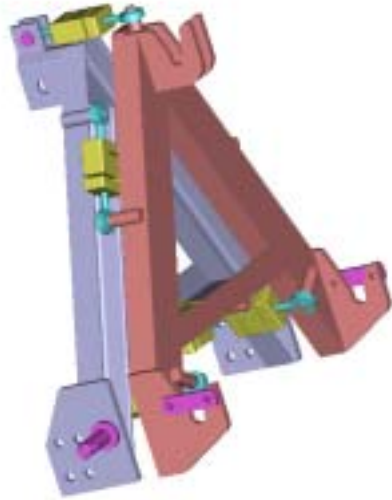


그림 34. Dynamometer  
(작업기 측에서 본 모양)

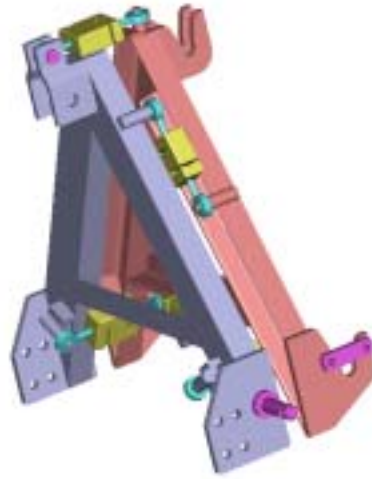


그림 35. Dynamometer  
(본기측에서 본 모양)



그림 36. 프론트 액슬브라켓에 장착된 속도 센서 모습

표 5 속도 센서 사양

DC Power	10~16VDC
Microwave Frequency	24.125 GHz
Microwave Power Level	<500MW
Output	Current limited, square wave
Output Frequency	35.69 Hz/ kph
Velocity Range	0.8 kph to 40 kph
Size	16.5 wide x 10.16 tall x 7.62 deep cm
Weight	880 g



그림 37. 좌측 뒷차축에 설치된 로터리 엔코더 모습

표 6 로터리 엔코더 사양

Manufacturer	Autonics Co.
Model	E40H12-60-3-3
Resolution	60 pulses/rev.
Max. response frequency	180 kHz
Power requirement	5 to 24 VDC
Max. allowable revolution	5000 rpm

보조 차륜이 견인 성능에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험은 다음과 같은 조건에서 수행되었다. 태국에서의 1차 시험결과 러그각이 작은 것이 좋은 견인 성능을 나타냈으므로, 국내에서는 러그각이 45°인 기존의 한국 케이지 휠과 러그각이 15°인 케이지휠을 비교시험 하였다. 즉, 다음 3종의 주행장치에 대한 시험을 실시하였다.

- 1) Rubber tires
- 2) Rubber tires + Korean cage wheel( 45°)
- 3) Rubber tires + Korean cage wheel( 15°)

이들 실험의 데이터로부터 국내 포장조건에서의 각 보조차륜의 특성을 파악하고 보조 차륜 설계의 기준을 마련하였다.

## 2) 포장 조건

중부지역인 용인에 위치해 있는 논포장에서 2003년 4월에 수행되었다. 포장 조건은 다음과 같다.

포장은 면적이 1200평으로 쟁기작업 전에 10일동안 물로 채워져 있었으며, 평균 물깊이는 8-10cm였다. Cone index는 원추각이 30°이고 밑면적인 2cm<sup>2</sup>인 원추를 사용하여 측정하였다. Cone index 값은 표 7에서와 같고 경반 깊이는 18cm이었다.

표 7 토양의 Cone Index값

Depth (cm)	Mean cone index(kPa)
5	30
10	65
15	240



그림 38. 시험 포장



3) 보조 차륜

2 개의 보조 차륜이 실험에 사용되었다. 1차년 시험 결과 보조차륜 폭이 넓고 러그각이 큰 것이 우수한 성능을 나타내었다. 따라서 2차년도에는 휠 직경과 러그 크기는 같으나 러그폭을 0.20m에서 0.31m로 증가시켰고, 러그 각은 45°와 15°두가지 종류를 비교시험 하였다.

1) **Rubber tires(RB**로 표기). 타이어는 트랙터가 공급될 때 부착되어진 타이어를 사용하였다.

2) **Rubber tires and Korea design cage wheel with 45°lug angle(KR45**로 표기). 45°러그각의 한국 cage wheel의 직경은 0.86m 이며, 휠폭은 0.31m 이다. 러그 크기는 0.290x0.100m이다. 러그의 수는 0.245m의 간격으로 12개를 가지고 있다. 러그각은 45°이다.

3) **Rubber tires and Korea design cage wheel with 15°lug angle(KR15**로 표기). 15° 러그각의 한국 cage wheel의 다른 제원은 KR45와 같고 러그각만 15°로 상이하다.

1차년 보조차륜과 신제작한 보조차륜을 비교하면 표 8에서와 같다.

표 8 케이지휠 사양

Specifications	Old model	New model (KR45)	New model 2 (KR15)
Out Diameter(m)	0.86	0.86	0.86
Lug width(m)	0.2	0.31	0.31
Lug size	0.175x0.100	0.290x0.100	0.290x0.100
No. of lug	12	12	12
Lug angle( °)	45	45	15



그림 39. 고무타이어 작업 모습



그림 40. 45°리그각을 가진 한국 케이지휠을 부착한 모습



그림 41. 15°러그각을 가진 한국 케이지휠을 부착한 모습

#### 4) 테스트 방법

보습이 세 개가 달린 쟁기가 쟁기작업에 사용되었으며 실험을 위한 부하를 제공하였다. 트랙터는 M3단, 2500rpm에서 작동하였다. 이 때의 주행 속도는 약 4.5km/hr로서 가장 작업성이 우수한 조건이다. 견인력은 위치제어 레버를 변경하여 땅속으로 쟁기를 낮게 위치시킴으로써 증가되었다. 변하는 하중에서 슬립이 변하기 때문에 쟁기를 서서히 내렸다. 테스트는 100%슬립이 생기면 중지하였다. 각 보조차륜에 대하여 4번 실험을 반복하였다. 모든 테스트에 대하여 견인력 대비 슬립을 계산하였다.

#### 5) 슬립 실험 결과

실험 데이터는 분산된 경향을 보였다. 실험의 목적은 견인력에 따른 슬립을 측정하는 것이다. 따라서 슬립의 여러 값에 대한 견인력사이의 관계를 얻었다. 같은 포장에서 2개의 보조차륜에 대한 견인력 대비 슬립선도를 얻었다. 각 포장

에서의 결과는 아래에 있다.

그림 42~ 그림 44까지는 보조차륜 RB, KR45, KR15에 대해서 슬립률에 대한 견인력을 보여주고 있다.

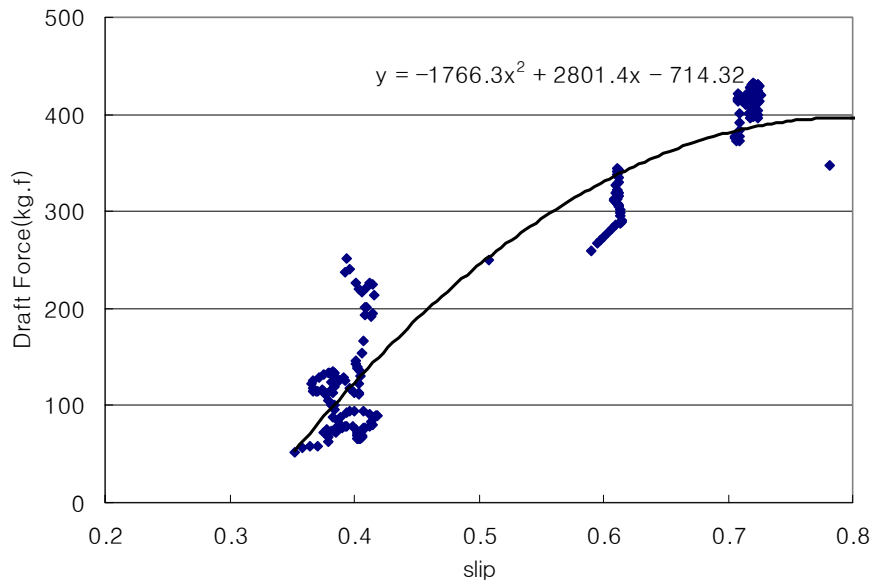


그림 42. 고무 타이어에서 견인 대비 슬립율.

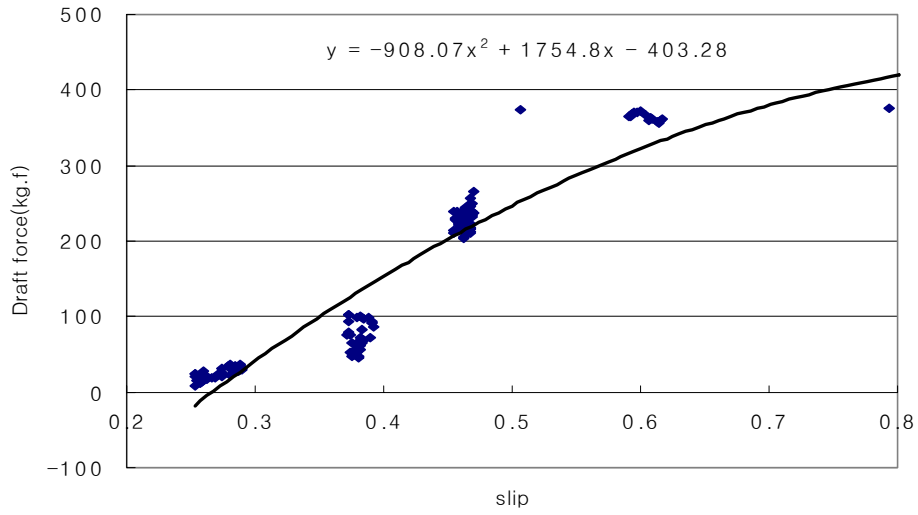


그림 43. 45°러그각을 가진 한국 케이지휠을 부착했을 경우 견인력 대비 슬립율

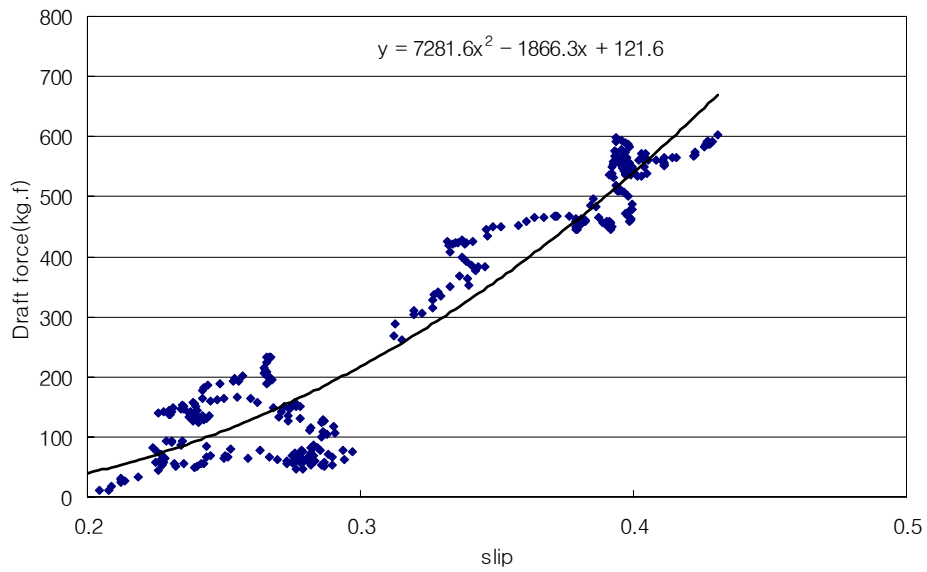


그림 44. 15°러그각을 가진 한국 케이지휠을 부착했을 경우 견인력 대비 슬립율

모든 견인력 범위에서 KR15 보조차륜을 가진 것이 가장 낮은 슬립을 갖는 것을 보여준다. 200kg.f의 견인력에서 고무타이어와 45°러그각을 가진 케이지휠 부착의 경우 47%의 슬립이 발생한 반면, 15°러그각을 가진 케이지휠 부착의 경우는 30%의 낮은 슬립을 나타내었다. KR45는 고무타이어만 가진 트랙터와 큰 차이가 없다. 그 이유는 러그 각도가 큰 경우에는 보조바퀴의 무게 증가에 따른 구름저항을 충분히 이겨내지 못하기 때문에 견인 성능 향상 효과가 적은 것으로 판단된다.

결론적으로 볼 때, 국내 습지에서는 고무타이어에 15°러그각을 가진 보조차륜을 장착하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

#### 6) 쟁기 작업 실험 결과

습지 트랙터 TRX150의 국내 쟁기작업 특성을 파악하기 위하여 실험을 실시하였다.

##### 가) 실험 방법

- 고무타이어만 부착한 상태에서 쟁기 작업시 육분력계에 걸리는 하중 측정
- 작업 조건 : 속도 M2 및 M3단, 전륜구동 on 및 off, 좌갈이 및 우갈이 디프락은 on을 기준으로 함.
- 작업 방법 : 쟁기 올림 상태에서 출발-> 경심을 10~15cm로 경운  
-> 경심을 20cm이상으로 깊이 경운 -> 최대로 깊이 경운  
(바퀴최대슬립발생)

##### 나) 실험 결과

- 각 시험 조합에서 측정한 견인력 및 수평력은 그림 45 ~그림 52에서와 같다.  
그림에서 수직축(Y축) 한 눈금의 크기는 동일하다.
- 좌갈이 때는 수평력이 음수로서 우측방향에 힘이 가해지고, 우갈이 때는 수

평력이 양수로서 좌측방향에 힘이 가해진다. 또한, 좌갈이 우갈이에 따른 견인력 차이는 없었다.

- 2륜구동에 비해 4륜구동의 견인력이 대체적으로 크게 나타났고 부하 형태도 차이를 보였다.
- M3단과 M2단의 속도에 따른 차이는 없다.

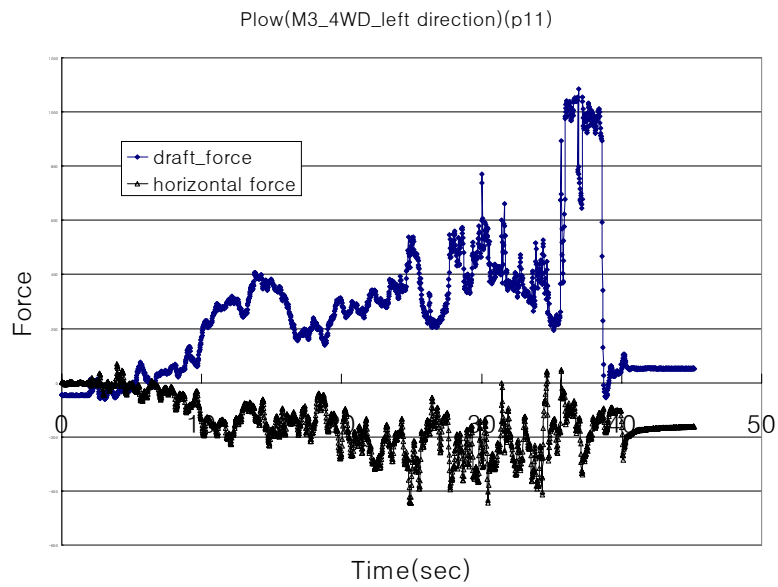


그림 45. M3단, 4WD, 좌갈이의 경우 견인력 및 수평력.

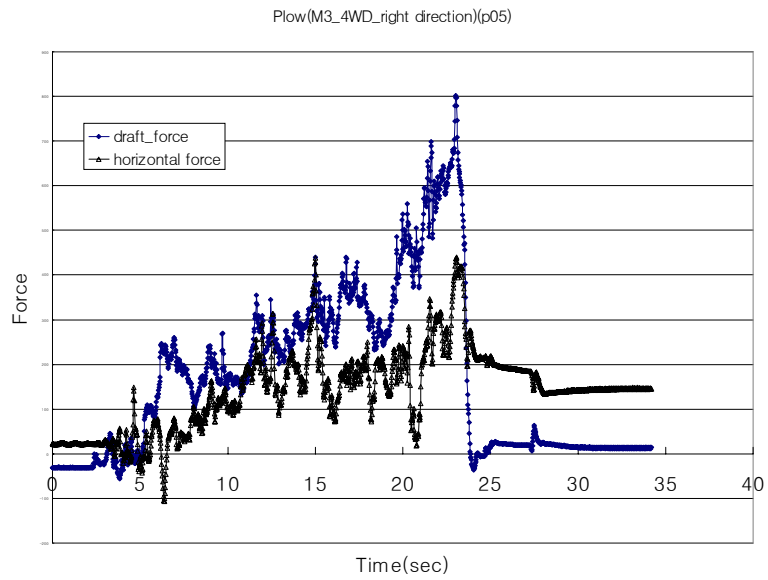


그림 46. M3단, 4WD, 우갈이의 경우 견인력 및 수평력.

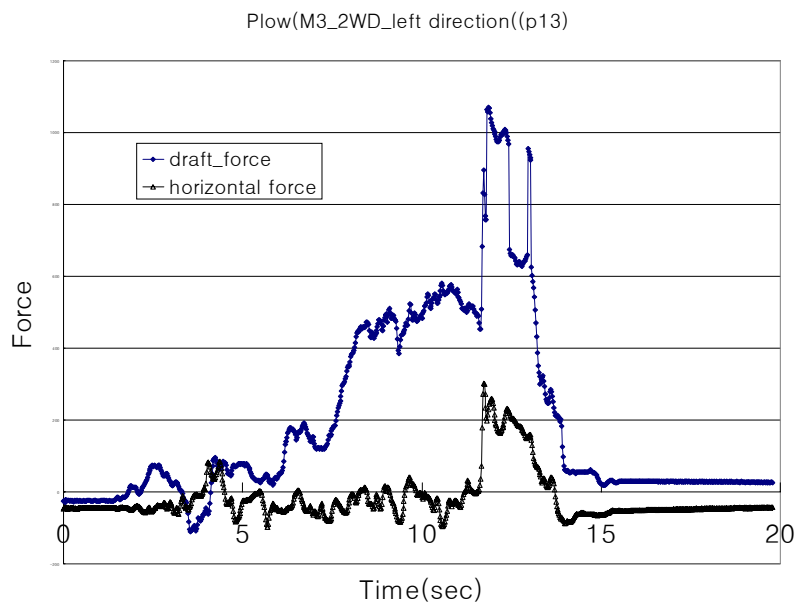


그림 47. M3단, 2WD, 좌갈이의 경우 견인력 및 수평력.



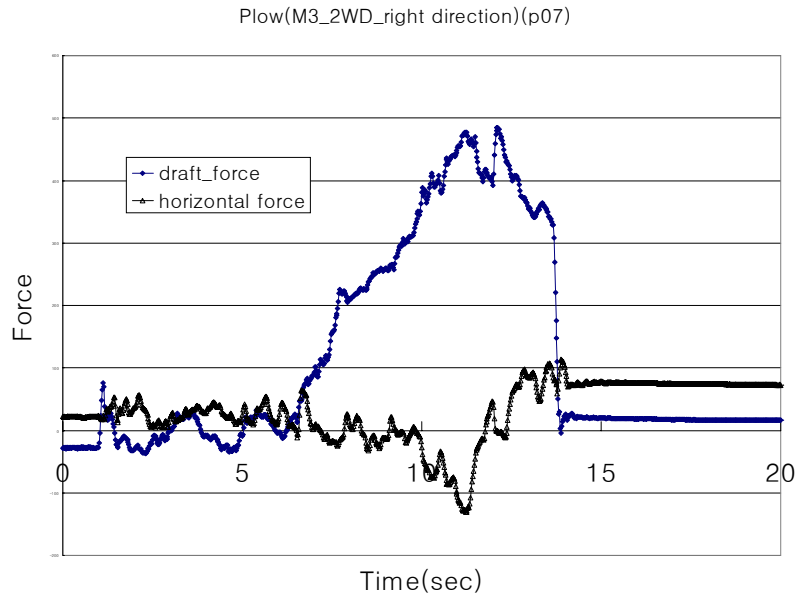


그림 48. M3단, 2WD, 우갈이의 경우 견인력 및 수평력.

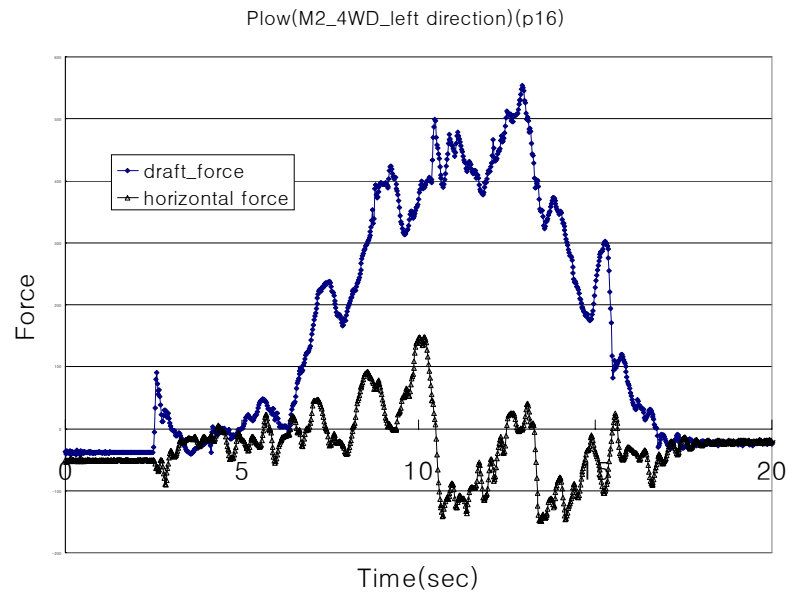


그림 49. M2단, 4WD, 좌갈이의 경우 견인력 및 수평력.

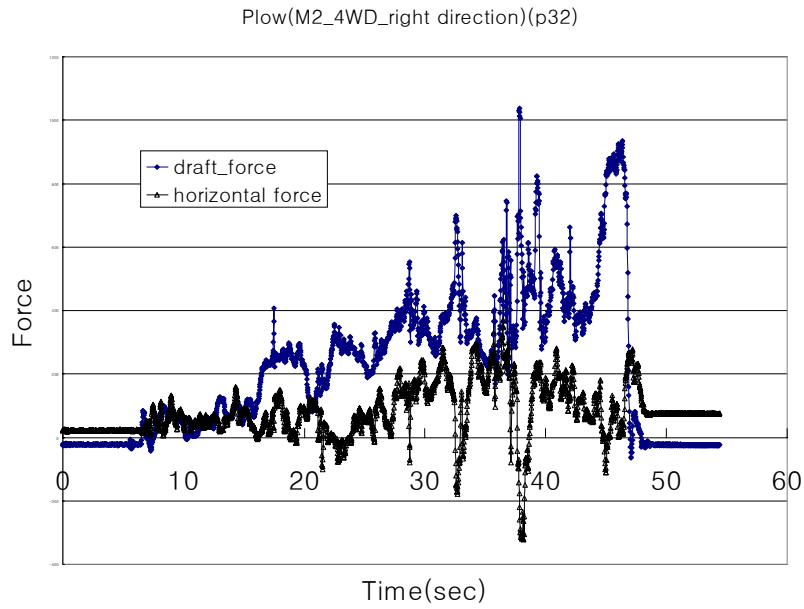


그림 50. M2단, 4WD, 우갈이의 경우 견인력 및 수평력.

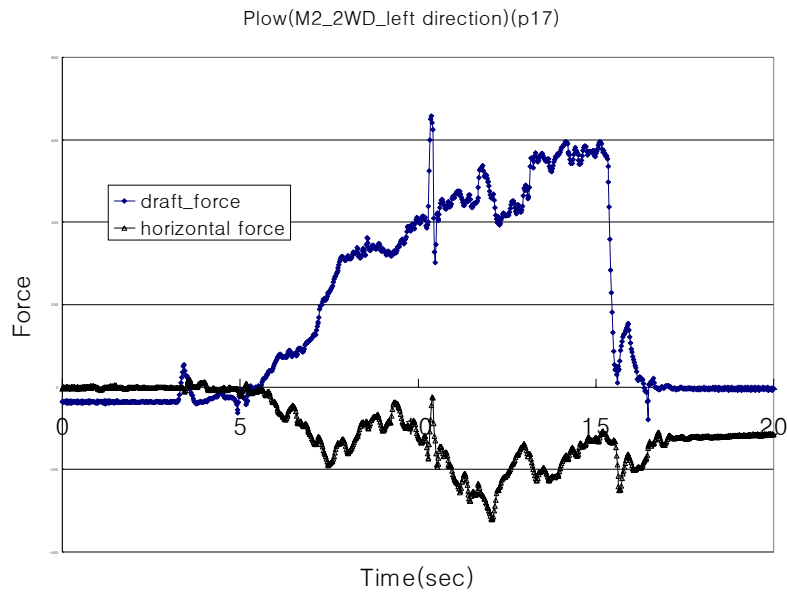


그림 51. M2단, 2WD, 좌갈이의 경우 견인력 및 수평력.

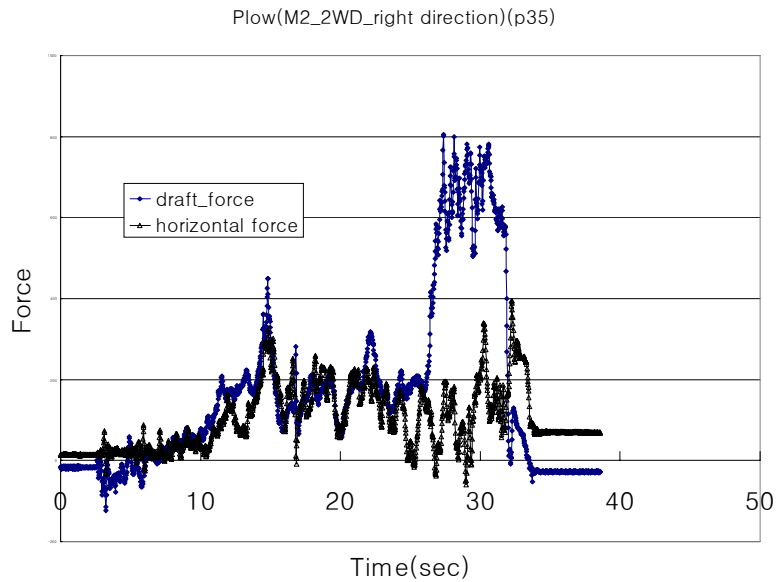


그림 52. M2단, 2WD, 우갈이의 경우 견인력 및 수평력.

#### 라. 태국 Field survey 및 분석

태국 Field survey는 20개 지역에서 수행되었으며 해당 지역은 그림 53에 나타나있다. survey는 현지 전문가에 의해 트랙터 dealer와 대리점의 조사, 그리고 트랙터 작업자와 지역농민과의 인터뷰를 통하여 이루어졌다.

##### 1) 시장조사

1998년 경제 불황의 영향으로 인하여 트랙터 시장을 포함한 모든 사업 분야들은 영업문제와 직면하게 되었다. 신규 트랙터 시장은 매우 작은 것으로 나타났다.

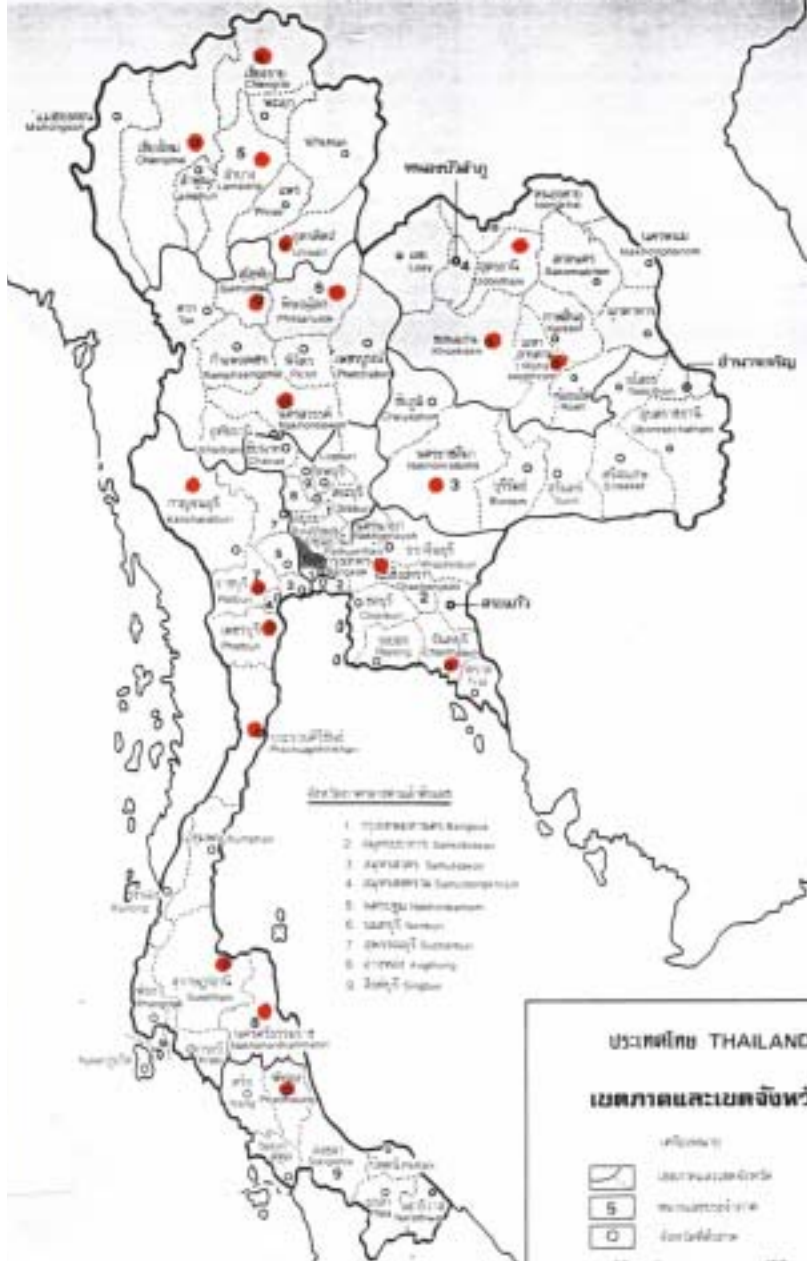


그림 53. Field survey 지역

Kubota Co., Ltd.는 강력한 시장 정책을 유지하여 왔으며, 계속적으로 판매 촉진을 하고 있다. 또한 중국 트랙터 딜러인 Minsen Machinery Co., Ltd.도 활동적이다.

조사는 4개지역(북부, 북동부, 중부, 남부)의 16개 Kubota 대리점을 통하여 조사되었다. 북동부와 남부지역의 신규 트랙터 시장은 어려운 것으로 보이며 이는 농민들이 Bangkok에서 구매가 가능한 중고트랙터를 선호하기 때문이다. 북부지역의 Sukothai지역의 조사에서는 매년 1000대의 2륜 구동 트랙터와 20대의 4륜 구동 트랙터를 판매한 것으로 나타났다. 농민의 트랙터 구매 결정에 영향을 미치는 것은 농지의 크기와 트랙터의 가격이었다. 판매되고 있는 트랙터의 가격은 표 9에 비교하여 놓았다.

표 10 트랙터 가격의 비교

트랙터 종류	가격(Baht)	비고
1. 2륜 구동 트랙터(수입) -11.5 Hp	50,000 - 55,000	작업기 포함(로타리제외)
2. 2륜 구동 트랙터(국산) -11.5 Hp	42,000 - 48,000	작업기 포함(로타리제외)
3. 4륜 구동 트랙터(중고)	120,000 - 150,000	작업기 제외
4. 4륜 구동 트랙터(신규) : Kubota L2605 2WD/4WD	265,000/300,000	작업기 제외

## 2) 트랙터 사용 조건 및 작업기 특성

가) 북부지역 : 7개 지역에서 조사되었다.

이곳은 산악 지역으로 농지의 크기가 작기 때문에 4륜 구동 트랙터는 사용하기에 적당하지 않았다. 그러나 일부 농지가 큰 곳은 대형트랙터를 사용하기도 하였다.

표 10 북부지역에 사용되고 있는 작업기의 형태

작업기	Size(mm)	비고
1. Raker	1,200 - 1,500	Gear 1-2 low-medium
2. Puddling rollers	1,500 - 1,800	Gear 1-2 low-medium
3. Rotavator	1,200 - 1,500	Gear 1-2 medium

나) 중부지역 : 5개 지역에서 조사되었다.

중부지역은 쌀을 주요 작물로 하는 곳이며, 농지의 크기가 크고 수확도 많은 곳으로 4륜 구동 트랙터가 널리 사용되고 있다. 22-26Hp급의 rotavator와 기존에 사용하던 raker와 보조차륜도 볼 수 있었다.

표 11 중부지역에 사용되고 있는 작업기의 형태

작업기	Size(mm)	비고
1. Raker	1,500 - 2,000	Gear 1-2 low-medium
2. Puddling rollers	1,500 - 2,000	Gear 1-2 low-medium
3. Rotavator	1,200 - 1,500	Gear 2-3 medium

다) 북동부지역 : 4개의 지역에서 조사되었다.

이 지역은 수확량이 300-400kg/rai(1 rai = 1,600m<sup>2</sup>)로 가장 적은 지역이다. 동물을 이용하여 농사를 짓고 있으며, 일부 지역에서만 트랙터를 사용하고 있다.

라) 남부지역 : 4개의 지역에서 조사되었다.

남부지역은 쌀을 주요 작물로 하지 않지만, 트랙터 시장은 넓게 형성돼 있었

다. 여러 크기의 트랙터가 사용되는 것을 볼 수 있었다.

표 12 남부지역에 사용되고 있는 작업기의 형태

작업기	Size(mm)	비고
1. 5 bottom disk plow and 7 bottom disk harrow	-	-
2. Raker	1,500 - 1,800	Gear 1-2 low-medium
3. Puddling rollers	1,500 - 2,000	Gear 1-2 low-medium
4. Rotavator	1,200 - 1,500	Gear 2-3 medium

결론적으로 볼 때, 태국의 경우 쌀을 주요 작물로 하며, 농지 크기가 크고 수확이 많은 중부지역의 트랙터 보급이 많을 것으로 예상된다. 가격적인 측면에서 볼 때 고가의 신규 시장보다는 저가의 중고 트랙터로 시장에 접근하는 것이 바람직 할 것으로 판단되었다. 또한, 트랙터의 작업의 경우 로터리 작업을 선호하기 때문이 마력이 다소 높은 기종을 선호하는 경향을 보였다. 따라서, 당사의 경우 25마력의 TL2540에 비하여 마력이 높은 38마력의 TS3840 중고 트랙터로 태국 시장에 진출하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

마. 시험 기준 작성

1) Field 시험 기준

주행장치에 따른 여러 토양 조건에서 견인력에 대한 슬립이 가장 적게 나타나는 것은 strake type(JP)의 보조차륜임을 알 수 있다. 아울러 일본 트랙터는 향후 경쟁상대이므로 Kubota 차륜 장착시의 시험 결과와 유사한 결과를 얻을 수 있어야 한다.

이에 향후 신규 트랙터의 field 시험 기준은 견인력을 load cell을 이용하여 slip

과 함께 측정한 후 견인력 대비 slip이 strake wheel을 사용한 결과보다 우수한 결과를 얻어야 합격하는 것으로 잠정적 기준을 삼았다.

태국 cage wheel만을 부착하여 작업할 경우 고무 타이어에 strake wheel을 부착한 결과 보다 우수한 결과를 얻었으므로 태국에서는 태국 cage wheel만 부착하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 2) Lab 시험 기준

태국 습지 시험에 있어서 2001년의 시험의 경우 최대 견인력은 약 700kgf였다. 이를 근거로 하여 차축 토크를 가정하여 Lab 시험 하중을 추정하였으나, 2002년 시험 결과 최대 견인력은 거의 800kgf로 나타났다. 시험 조건에 따라서, 14%이상의 부하가 차이가 있음을 알 수 있다. 국내 시험 결과에 의하면 최대 견인력은 1000kgf로 더 높게 나타났으므로 국내에 공급하는 하는 트랙터의 Lab 시험에 있어서는 태국에 비하여 더 큰 부하를 가해야 할 것으로 판단된다.

## 바. 보조차륜

태국에서 2차에 걸친 실험 결과로부터 습지에서 사용되는 보조차륜은 다음과 같은 특성을 가지고 있어야 한다는 것을 알 수 있다. 적당한 보조차륜 장치는 부유 기능과 견인력 기능을 제공해야 한다. 고무타이어는 적당한 tread의 설계로 견인력을 만족시킬 수 있으나 습지에서는 침하의 문제가 있다. cage wheel은 리그각에 의하여 다양한 정도의 견인 작용과 충분한 부유 작용을 제공한다. 고무타이어에 strake wheel을 부착한 실험으로부터 낮은 리그각은 좋은 견인력을 제공한다는 것을 알 수 있었다. 그러나 cage wheel만을 부착하여 실험한 경우가 고무타이어에 strake wheel을 부착한 경우에 비하여 더 좋은 견인 성능을 나타내었다. 또한, cage wheel 만 부착하여 사용할 경우 농로를 주행할 수 있게 설계되어야 한다.



일본식 strake wheel은 견인력은 증가시킬 수 있으나 단독으로 설치하여 농로를 주행할 수 없기 때문에 태국 실정에 맞지 않고 한국에서 개발된 cage wheel은 태국의 cage wheel에 비하여 견인 성능이 낮은 것으로 나타났다. 따라서, 태국 실정에 있어서는 태국의 cage wheel을 단독으로 사용하는 것이 최선의 선택으로 판단된다. 국내 시험 결과에 의하면 고무 타이어에 러그각이 15°인 cage wheel을 부착하였을 경우 가장 좋은 견인 성능을 나타내었다. 결론적으로 볼 때, 태국과 국내의 토양조건이 상이하기 때문에 각 나라의 실정에 맞는 주행장치를 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	목표 및 목표 달성도	
	목 표	달성도 (%)
1차년도(2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 포장 시험 여부(태국)</li> <li>○ Field survey 여부</li> <li>○ 간이 시험 결과를 이용한 시험기준 도출</li> <li>○ 보조 차륜 설계 기준 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> </ul>
2차년도(2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 포장 시험 여부(태국)</li> <li>○ Field survey 여부</li> <li>○ 설계기준 data 보완</li> <li>○ 국내 트랙터 포장 시험</li> <li>○ 시험 기준 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> </ul>
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현지 및 국내 포장시험 결과</li> <li>○ 동남아 습지용 트랙터의 실태 파악</li> <li>○ 습지 트랙터 및 주행장치의 설계기준 설정</li> <li>○ 최종 보고서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> <li>100</li> </ul>

본 연구의 성과로서 농기계조합에서는 동양물산의 38마력 중고트랙터인 TS3840을 올해 200대 수출할 예정이다. 한국농기계공업협동조합은 2003년 7월 9일 조합 회의실에서 Thailand-Thai Tavonkolkar Co., LTD와 연간 중고트랙터 200대를 수출하기로 합의하고 8월중에 우선 50대를 선적하기로 했다.(월간 농기계 2003년 7월호 참조)

미국 농업부(USDA)가 2003년 7월 11일 발표한 세계곡물 수급전망에 의하면, 2003/04년도 세계 곡물생산량은 전년대비 2.6% 증가한 18억 6202만톤, 소비량은

0.7% 증가한 19억 2124만톤, 그리고 기말재고량은 14.8% 감소한 3억 5250만톤, 기말재고율은 3.3% 포인트 감소한 18.3%로 전망하고 있다. 이중에서도 2003/04년도 쌀 생산량은 2002/03년 보다 3.3% 증가한 3억 9408만톤 수준이 될 것으로 전망된다. 특히 태국의 쌀 생산량이 전년보다 4.0% 증가할 것으로 전망된다. 태국의 농업은 쌀 생산과 밀접한 관계가 있으므로 이러한 영향이 트랙터 수출에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

선행 연구 및 본 연구를 통하여 습지용 트랙터의 특성 및 습지용 트랙터 설계와 시험에 필요한 습지의 특성이 파악되었다. 또한 국내 및 태국 습지에서의 트랙터 시험을 통하여 개발트랙터의 습지 적응성이 제고되었다. 아울러 현지 field survey로 태국 트랙터 시장에 관한 정보가 확보되었다.

이러한 연구 결과를 이용하여,

- 신기종 습지용 트랙터의 생산 및 수출
- 동남아 현지 특히 태국을 중심으로 한 트랙터 수출 기반 구축
- 시장 정보를 이용한 현지 적합 기종의 지속적 발굴
- 연구단계에서 협력 관계가 구축된 태국 연구기관 및 민간업자와의 관계를 지속 유지
- 설계 및 시험 기준의 지속적 up-date
- 현지 트랙터 시장 여건 및 경제적 상황을 고려하여 중고 트랙터 수출 활성화 등을 추진할 계획이다.

이 중 특히 중고 트랙터의 수출은 국내 신규시장 활성화를 위해서도 필요한 부분으로서 국내에서도 농기계 공업 협동 조합 및 수출업자들이 중고 트랙터 수출을 위해 많은 노력을 기울여 왔으나, 그 성과는 미미하였다. 하지만 본 과제 수행 중 발굴된 태국 현지 업체를 조합과 연관시켜 중고트랙터 수출을 추진하여 이미 일정 부분의 성과를 거두고 있다. 중고 트랙터의 성능 및 기능 특성을 감안하여 중고 트랙터를 지속적으로 수출하기 위해서는 정부차원의 적극적인 지원도 요청된다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

### 제1절 태국의 농업생산과 농업구조 개황

연구개발과정에서 수집한 태국의 농업생산과 농업구조 개황은 다음과 같다.

#### 1. 농업 개황

태국의 국토면적은 5,100만 ha로 우리나라의 5배에 달한다. 태국의 지형은 북부·북동부·중부·남부로 대별된다. 농경지 분포는 북동부 및 북부 지역에 치우쳐 있는데, 북동부 지역이 전체 경작지역의 41%, 북부지역이 23%, 중서부 지역이 16%, 남부 등 기타지역이 20%를 차지하고 있다.

태국의 농경지 면적은 1,800만 ha로 전 국토 면적의 약 35%를 차지하고 있다. 농지면적 중 60%가량이 논이고, 25%가량이 밭이며 과수원 및 기타 농지가 나머지 15%를 차지하고 있다. 농업하부구조개선 사업이 지속적으로 추진되어 관개수리면적 비중이 꾸준히 증가하고 있으나 아직도 총 농경지 면적 중 26% 정도만이 관개수리 면적이다. 태국의 인구는 2000년 기준 약 6,000만명 수준이고, 그 중 농가인구는 약 4,300만명 수준으로 전체 인구의 69%가량을 차지하고 있다. 전체 인구에서 농가인구가 차지하는 비중은 1980년의 83%수준에서 1990년 81%, 그리고 2000년 69%로 매년 감소하고 있으나 아직도 농촌인구가 차지하는 비중이 매우 높다. 제조업 및 서비스부문의 성장과 지속적인 공업화의 진전에 따라 전체 고용인구에서 농업부문이 차지하는 고용 비중도 1980년 71%수준에서 2000년 약 49%수준으로 계속 감소하고 있으나 태국 전체 경제의 산업고용 측면에서 농업부문은 매우 중요한 역할을 수행하고 있다. 2000년 기준 태국의 국내 총생산(GDP)은 4조 9000억 바트(Baht) (US \$ 1,200억 상당) 규모이며, 그 중에서 농업

GDP는 약 4,500억 바트로 전체 GDP의 9.1%를 차지하고 있다. 농업 GDP는 매년 계속 증가하여 1985년 1,670억 바트에서 2000년 4,500바트로 2.7배 증가하였으나 제조업 및 서비스업 등 여타부문의 GDP성장이 같은 기간동안 4~5배로 더욱 빠르게 증가하여 전체 GDP에서 농업부문이 차지하는 비중은 매년 감소하고 있다. 전체 국가경제에서 차지하는 농업 GDP의 비중은 점점 감소하여 2000년에 한 자리수까지 떨어졌다.

## 2. 농업 생산

태국의 농업생산 분포는 지역별로 매우 다양하다. 우선 캐어어스와 프라야강 중앙 지대는 인디카쌀, 담배, 사탕수수, 파인애플 등의 열대 작물 및 축산, 낙농품의 주 생산지이며, 파인애플, 팜오일, 고무나무 및 양식산업은 남부지역에서, 담배, 콩, 옥수수, 타피오카, 자포니카쌀 등의 대부분은 북부 및 북동부지역에서 생산되고 있다. 특히 중부와 북동부의 옥수수, 남동부의 카사바, 남부의 고무, 중부의 사탕수수, 중부와 북동부의 쌀은 태국의 주요 수출 농작물로 외화 획득에 큰 역할을 하고 있으며, 이들 지역에서 해당품목의 생산량은 꾸준히 증가하고 있다.

농업생산지수 측면에서 볼 때, 태국의 농업생산은 1980년 이후 식량작물, 비식량작물, 축산물 등 모든 분야에 걸쳐 꾸준히 증가하고 있다. 비식량작물과 축산물의 생산이 식량작물에 비해 상대적으로 더 크게 증가하고 있다. 1989-91년을 100으로 할 때, 식량작물의 생산은 14.7%, 비식량작물은 38.0%, 축산물은 27.6%가 성장하였다.

태국의 주요 생산 농산물은 사탕수수, 고무, 커피, 담배 등 열대작물, 쌀, 옥수수, 매니옥, 타피오카 등 곡물류, 파인애플, 바나나, 야자열매 등 열대과실로 생산량의 상당부분을 해외에 수출하고 있다.

### 3. 농산물 소비

태국 국민의 연간 1인당 소비량에서 쌀, 옥수수, 밀 등 곡물이 차지하는 비중은 약 35%로 아직도 곡물류 소비가 차지하는 비중이 높으나 주요 품목군별로 식품소비에 상당한 변화가 있다. 우선 1980년부터 2000년까지 유지작물, 육류, 우유 등 낙농품과 어류의 소비량이 증대한 반면 곡물, 채소, 과일의 소비량은 오히려 줄어들었다. 육류와 우유 등 낙농품과 어류의 소비량 증가는 소득 증가와 식품소비패턴의 다양화로 이해된다.

과실 소비감소는 필리핀처럼 파인애플, 바나나, 야자열매 등 열대과실의 생산과잉으로 과실 1인당 소비량이 거의 포화 상태였기 때문으로 생각되며, 채소류 소비 감소는 국내 생산체계의 미비와 인구증가로 1인당 소비량이 적어진 것으로 판단된다. 그러나 채소류 1인당 연간 소비량은 국제기준으로 볼 때 매우 낮은 수준이다. 향후 태국의 경제성장과 국민소득증가에 따라 육류, 우유, 채소류의 잠재적 수요는 매우 크다고 볼 수 있다.

한편 주요 농작물의 국내 자급률 측면을 보면 우유와 유지작물을 제외하고는 100%이상의 자급률을 보이고 있으며, 특히 쌀, 옥수수 등 곡물류의 자급률은 140%이상이다.

### 4. 농산물 무역

2000년 기준 태국의 전체 교역규모는 약 1300억불 수준이며, 이 중에서 농산물이 차지하는 비중은 약 8% 수준인 100억불수준이다. 2000년도 농산물 수출액은 약 73억불, 농산물 수입액은 26억불 수준으로 농산물 무역수지는 46억불 이상의 흑자를 보이고 있다. 2000년도 태국 전체 무역흑자의 84%가 농산물 무역수지 흑자에 기인한다. 태국은 전통적으로 농산물 순수출국으로서 농산물 수출은 태국 농업생산물의 수요와 판로유지에 중요한 역할을 담당하고 있으며 농산물 무역에

서 발생하는 대규모 흑자는 태국 전체 경제에 중요한 역할을 수행해 왔다.

태국 농산물 수출이 전체 수출에서 차지하는 비중은 매년 줄고 있으나 아직도 전체 수출의 10%이상을 차지하고 있으며, 농산물 무역에서 발생하는 흑자는 1995년 이전까지 빈번히 발생한 전체 무역 적자보전에 기여해 왔다. 주요 수출 농산물은 쌀, 타피오카, 카사바, 설탕, 옥수수, 파인애플, 해산물 등이며, 주요 수입 농산물은 임산물, 면화, 낙농제품, 가죽 및 피혁, 대두 등 사료, 음료, 주류 등이다.

## 제2절 태국 농기계 관련 동향

중고시장이 아주 활성화 되어있으며, 중고는 20-40마력이 주종으로 일체 트랙터가 대부분이다. 대형의 경우 미국 JD와 New Holland 제품 등이 있다. Kubota 가 트랙터 조립 공장을 방콕에 세웠으며, 구식 L series(26마력)를 조립 생산하고 있다.

신형 트랙터는 정부기관 사용 목적으로 이태리 Landini 트랙터, 미국 JD 트랙터 등이 수입되고 있으며, 중고 트랙터는 현지 dealer들이 개인적으로 일본에서 수입하고 있다.

Rotary를 사용하는 농작업 체계의 전환으로 트랙터의 필요성이 증대하고 있으나, 트랙터의 자체 설계 능력은 없으며, 농업기계화 연구소에서는 중국의 경운기형 트랙터의 개발에 관여한 것으로 알려지고 있다. 경운기형 트랙터는 경운기 엔진 및 트랜스미션을 사용하며 전진 6단 후진 2단의 4륜형이다. 하지만 중고 트랙터 활성화로 중고 트랙터와 가격차이가 크지 않고, 출력이 낮아서 시장에서 판매는 거의 이루어지지 않고 있다.



콤바인의 경우 자탈형은 거의 없으며, 보통형 콤바인이 주종을 이루고 있다. 보통형 중고 콤바인은 가격이 높아서 현지에서 자작한 콤바인이 유통되는 편이다. 현지 자작 콤바인은 설계의 개념은 없고 관련 부품들의 조립품 형태이다. 주행 구동체는 굴삭기 크롤러를 사용하고, 곡물 수집 커터부와 탈곡부를 그 위에 조립한 형태이다.

농업기계 개발에 관해서 전반적으로 모방에 의한 제작은 손쉽게 하고 있으나, 설계기준에 근거한 개발은 부재하다.

## 제 7 장   참고문헌

1. 기술자료 치차강도설계자료 출판분과회, 기술자료 치차강도설계자료, 일본기계학회, 11. 1979
2. 松居勝廣 譯, 트럭타의 設計, 北海道大學農學部(吉林工業大學 程悅莎 原著), 1985
3. 대한산업개발원, 기계요소설계 및 생산기술 실무교육, 1989
4. 동양물산기업(주) 중앙연구소 기계연구실, 트랙터의 동력전달장치(I) - 설계순서 및 기어설계순서, 1992
5. 동양물산기업(주) 중앙연구소 기계연구실, 기어강도계산프로그램 TGS, 1992
6. 신중호, 트랙터용 변속기의 기어강도 역설계연구, 국립창원대학교, 1992
7. 정선모, 표준기계설계학(하), 동명사, 1978
8. Nicholas P. Chironics, Gear Design and Application, McGraw-Hill, 1967
9. 近畿齒車懇話會, 베벨기어와 워엄기어, 대하(大河)출판刊, 1979
10. 최재갑외, 농업기계학, 향문사, 1974
11. 近畿齒車懇話會, 원통치차의 제작, 대하(大河)출판刊, 1976
12. 仙波正蔣, 특집: 치차의 강도계산법<해설1> 치차의 강도계산식과 전개, 기계설계(일본) 제19권 제1호, 1. 1975
13. 한국농업기계학회, 농업기계연감, 1999
14. Karl Th. Renius, European Tractor Transmission Design Concepts, Winter Meeting of ASAE, 1976
15. G.C. Zoerb, Guang Wang and Quio Zhang, Tractor Design and Operation Strategies from Theory and Tests, Summer Meeting of ASAE, 1988
16. J.D. Summers, R.E. Ekstrom and K. Von Bargen, Development of a Tractor Performance Simulation Model, Trans. of ASAE, vol. 29(3) : May-June, 1986

17. Omar A. Rahama, William J. Chancellor and Shaoqi Tang, Peak and Average Loads on Tractor Structures, Summer Meeting of ASAE, 1986
18. Albrecht Gerlach, Field Measurement of Tractor Transmission Forces, Trans. of ASAE, 1966
19. N.G. Musonda and F.W. Bigsby, Traction Characteristics of a Four Wheel Drive Tractor, Summer Meeting of ASAE, 1985
20. V.T.V.S. Ramachandra Rao, Bearing Loads in Geared Transmissions, Automobile Engineer, March 1965
21. Donald J. Fessett, Hardware for Testing Gear Transmissions, Machine Design, August 7, 1975
22. Donald J. Fessett, How To Test Gear Transmissions, Machine Design, July 24, 1975
23. William Chancellor and Naiqian Zhang, Automatic Wheel-Slip Control for Tractor, Trans. of ASAE, vol. 32(1):January-February, 1989
24. K. Th. Renius, Application of Cummulative Damage Theory to Agricultural Tractor Design Elements, KONSTRUKTION vol. 29, No. 3, 1977
25. Bert Breuer, INTRAC System 2000-Vehicle Technique, Development Methods, System Farm, and Industrial Applications, National Combined, Construction & Industrial Machinery and Power Plant Meetings, SAE, September 9-12, 1974
26. P.D. Ericksen and D.A. Skinner, P.E., Comprehensive Reliability Testing of Components, Winter Meeting of ASAE, 1984
27. Karl Th. Renius, Developments in Tractor Transmission, Agricultural Engineer Incorporating Soil and Water, Summer 1992
28. Karl Th. Renius, Tendencies in the West European Tractor Development

- Paper presented at Univ. of Tokyo, Sept. 19, 1990
29. C.P. Crossley, Theoretical Design of Small Tractors, Agricultural Mechanization in Asia, Spring 1979
  30. Karl Th. Renius, 트랙터변속기 설계에 대한 기술세미나, 한국농기구협동조합, 10. 23, 1993
  31. S. Pollard and J. Morris, A Philosophy for Small Tractor Development, Agricultural Mechanization in Asia, Winter 1979
  32. W.J. Chancellor and N.C. Thai, Automatic Control of Tractor Transmission Ratio and Engine Speed, Trans. of ASAE, 1984
  33. R.H. Thring, Engine Transmission Matching, SAE paper, 1982
  34. Howard W. Simpson, Evolution in Tractor Transmissions, Agricultural Engineering, June, 1959
  35. Muneji Okamoto, Mikio Kinoshita and Satoshi Machida, The Kubota Power Synchroshift Transmission, SAE Technical Paper Series, 1988
  36. Nebraska Tractor Test Data for 1985, Technology 1985 Issue
  37. Kiyohiko Umezawa, The Meshing Test on Helical Gears under Load Transmission, Bulletin of the JSME, vol. 15, No. 90, 1972
  38. Hiroshi IIDA, Akiyoshi TAMURA and Hiroshi YAMAMOTO, Dynamic Characteristics of a Gear Train System with Softly Supported Shafts, Bulletin of the JSME, vol. 29, No. 252, 1986
  39. H.H. Lin, R.L. Huston and J.J. Coy, On Dynamic Loads in Parallel Shaft Transmissions : Part II - Parameter Study, Trans. of ASME, vol. 110, June 1988
  40. John B. Liljedahl, Paul K. Turnquist, David W. Smith, Makoto Hoki, Tractors and Their Power Units, ASAE, 1996

41. 김대철, 트랙터 구동장치의 부하 스펙트럼 분석, 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 1998
42. Wong, J. Y., Theory of ground vehicles. John Wiley and Sons, New York, 1978
43. 오영근, 습지용 보조 차륜의 설계에 관한 연구, 한국농업기계학회 동계학술대회, 1999
44. 오영근, 트랙터용 습지 보조 차륜의 설계(I) - 케이시 휠의 설계 변수에 관한 연구, 한국농업기계학회지, 제25권2호, 2000
45. Load characteristics of rotary operation by tractor in wet paddy field, Vol. II of III, ICAME2000, 2000