

631.5
L293K

최종
연구보고서

**전작의 초생력 자동화
통합 Chemigation system의 개발**

Development of an Integrated Chemigation System
for Farm Automation and Labor-saving

주 관 연구 기 관
경 북 대 학 교

협 동 연구 기 관
순 천 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “전작의 초생력 자동화 통합 Chemigation System의 개발” 과제 (협동과제 “계측 및 제어체계의 개발”, 세부과제 “방제 및 시비 작업체계의 개발”, 세부과제 “관개 작업체계의 개발”, 세부과제 “가로주행부의 개발 및 통합체계의 시험”)의 최종보고서로 제출합니다.

1998년 12월 29일

주관연구기관명: 경북대학교
총괄연구책임자: 구 영 모
세부연구책임자: 엄 재 열
세부연구책임자: 정 상 옥
연 구 원: 김 병 수
협동연구기관명: 순천대학교
협동연구책임자: 배 영 환
연 구 원: 박 금 주

여 백

요 약 문

I. 제 목

전작의 초생력 자동화 통합 CHEMIGATION SYSTEM의 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 과제의 목표는 전작의 관개, 시비, 방제작업을 통합 시행함으로써 생산물의 경쟁력을 제고할 수 있는 초생력 자동화 chemigation system을 개발하여 (1) 농작업의 생력화, 급수원과의 일체화로 (2) 전천후 농작업체계의 구축 및 기상, 토양, 병충해 및 작물의 생육정보를 이용한 (3) 농작업 스케줄의 최적화 등을 통하여 앞으로의 우리 나라 전작농에 맞는 시스템의 규모, 형태, 설계자료, 운영지침 등을 제시하고자 한다.

이 대목표를 수행하기 위한 세부목표는 다음 다섯 가지로 요약할 수 있다.

- ① 전작의 관개실태 분석과 chemigation system의 유체유동부의 설계
- ② 전작의 방제, 시비실태 분석과 약제 적용방법의 연구
- ③ chemigation system의 구조부, 구동부, 동력부 및 유체기계 개발
- ④ 환경계측 및 유체유동 과 구동부 제어계 개발
- ⑤ 통합 chemigation system의 관개, 시비 및 방제 성능분석

우리 나라의 농업기술은 꾸준히 발전되어 왔으나 대부분의 영역에서 아직도 선진국에 비하여 현저히 낙후되어 있어 지구촌 무한경쟁시대에 대응할 수 있는 기술력과 경쟁력의 확보를 급선무로 지적되고 있다. 그러나 채소, 과수, 원예 및 화훼 등 전작생산은 기계화, 자동화 및 생력화를 통하여 충분히 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 본다.

그러나 과도한 노동력투하와 더불어 가뭄 등으로 인한 不適期 灌溉, 방제작업등의 기피현상 등이 심화됨에 따라 생력화된 새로운 생산작업 체계의 정립이 절실히 필요할 때이다. 이러한 배경 아래서 고급농산물의 효율적 생산을 위한 전업농의 규모화와 안정된 생산체계는 토양과 작물상태에 따른 관개시기의 결정 및 시행과 동시에 시비작업을 처방에 따라 행하게 되며, 필요에 따라 방제작업을 병행 혹은 동시에 행할 수 있는 기계시설 및 계측제어장치를 갖추어 적시에 적절하게 관개, 시비 및 방제작업을 행할 수 있도록 함으로써 효율적이며 안정된 생산시설체계와 농업종사자의 작업환경을 개선하고 생력화함으로써 품질 및 가격에서 경쟁력을 갖도록 해야 한다.

농업의 규모화 및 첨단기술화를 추구하는 동시에 환경보전 및 농작업자의 쾌적한 작업환경을 제공할 때이며 농업이 “즐거운” 산업으로 거듭 태어나야 할 시점이다. 전작생산에서 방제, 관개, 시비작업에 투하하고 있는 과도한 노동력을 줄이며 생력화된 생산작업이 전작 생산물의 경쟁력을 제고하고 관개, 시비와 자동방제작업을 한 시설에서 통합 실행 함으로써 노지에서도 효율적인 생산을 함으로써 안정적인 농산물 생산 및 농업소득을 보장할 수 있다. 농업의 규모화 및 첨단기술화를 추구하는 동시에 환경보전 및 농작업자의 쾌적한 작업환경을 제공할 때에 방제 및 시비과정에서 발생하는 농약중독, 잔여농약의 부적절한 폐기, 작업의 기피성에 의한 노동력부족 등 발생하는 여러 사회적 인과 문제를 해결할 수 있다. 특히 농약 용기와 함께 부적절히 폐기되는 잔여 농약은 표준용기와 직주입식 계량체계로 작업자와 생활용수의 직접오염으로부터 차단시킬 수 있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

구 분	연구 개발 내용	연구 개발 범위	비 고
1 차 년 도 (1995-96)	1. 전작의 관개, 시비, 방제 자료분석	- 대표적 전작물의 관개 및 시비 스케줄 자료수집 - 방제 대상, 방법 자료수집 - formulation 자료수집	자료수집
	2. Chemigation 형태에 따른 경제성분석 및 모델선정	- 정착식, 가로주행식, 회전주행식의 시설, 운영비분석 - 방제대상, 관개, 시비실태 분석으로 시험모델선정	자료분석 모델선정
	3. 선정모델 기준으로 chemigation 설계	- 선정모델 기준에 따른 Chemigation system 설계 (배관/유체부, 구동/동력부, 계측/제어부, 방제/시비주입부)	계획/설계
	4. 급수원, 배관, 유체기계, 구조부 개발	- 급수원설치 - 구조부 및 배관부제작 - 유체기계 설치	개발/시험
2 차 년 도 (1996-97)	1. 구동부 및 동력부 개발	- 구동부 및 배관부제작 - 동력부 모터, 원동기설치	개발/시험
	2. 방제, 시비용 주입 장치 개발	- diaphragm, vane pump - solenoid, regulating valves - injection mixing port 개발	개발/시험
	3. 환경 및 제어 계측 체계 개발	- 토양수분, 기온, 습도, 풍속 - 압력, 유량, 주입량 - alarm system	개발/시험
	4. 구동부 및 유체기계 제어체계 개발	- 유체기계, 펌프, 벨브 제어 - 구동부 동기제어장치 개발 - 제어성능 평가	시험/평가
3 차 년 도 (1997-98)	1. chemigation 운영s/w 개발 및 제어시험	- 운영 및 제어 s/w 개발 - monitoring system - chemigation 제어시험	실험/ 자료수집
	2. 관개, 시비, 방제 성능 시험평가	- 관개 시험평가 - 시비 시험평가	실험/ 자료수집
	3. 설계자료 정리 및 교육 자료 개발	- 성능평가 완료 및 보고서 - chemigation 교육자료 정리	자료정리 /보고

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발의 결과

기술적인 분석을 통하여 Chemigation 시스템은 가로주행식이 알맞을 것으로 분석되었으며 주행식은 규모의 증가에 따라 단위 면적 당 제작비와 이용비용이 점차 감소하였고 포장의 형태에 따라 긴 포장은 급격한 감소를 보이므로 경제적임을 나타내었다. 관행방법인 고압분무기는 다른 방법보다 단위면적당 비용이 낮게 나타났으나 규모가 커질수록 이용비용은 가로주행식의 비용에 근접하였고, 과원에 사용하는 관행방법인 공기방사식 방제법은 규모가 커지면서 가로주행식보다 불리해졌다.

경북대학교 부속농장에 설치한 가로주행식 chemigation system을 약 2ha에 해당하는 기본포장에 구성하였다. Chemigation system은 제척기지부와 가로주행부로 구성되며 주행로의 여유를 포함하여 耕區의 단변은 40m이고 장변은 200m로 주펌프부터 경구밸브를 통하여 호스를 견인하도록 하였다.

Chemigation system 가로구동부의 구조를 해석하기 위하여 SAP90을 이용하였다. 자중에 해당하는 고정하중, 장비하중 및 非常時 하중인 유체하중에 대하여 분석하였으며 또한 풍압을 고려하여 검토하였다.

동력구동부는 원동기-유압펌프의 power unit, 유압모터와 실린더의 actuator, 유량조정밸브와 방향제어 밸브, 유압회로의 배관 등의 개발과 구성을 포함하였으며 구동모터는 하중의 차이를 고려하여 기준지거의 모터 보다 트랙터지거의 것을 큰 것을 선정하고 같은 회전속도를 유지하기 위해서는 방향유도밸브를 통하여 유량을 증가시켰다. 구동 토크를 증가시키기 위해서 遊星齒車列 감속기를 채택하였으며 구동륜은 11.2-24 트랙터 타이어를 사용하였다.

가로주행 시스템이 포장 내에서 궤도를 따라 주행하기 위한 안내고랑 방법은 단순하다. 유도밸브의 움직임을 측정하기 위하여 LVDT를 장착하였으며 트랙터지거 및 기준지거 구동륜의 전진속도를 측정함으로써 주행방향 유도체계의 상태를 파악할 수 있었다. 원동기의 마력은 주입장치의 펌프구동과 계측장비용 인버터출력을 포함하여 여유 있는 디젤엔진을 장착하였다. 각 지거의 중량을 기준으로 유압실린더를 장착함으로써 인근 경구로의 세로이동을 가능케 하였다.

약제의 주입은 정용량 다이어그램 펌프를 채택하여 유량을 직접 측정해야 하는 어려움을 배제하였고 주입펌프는 소유량과 대유량 양용으로 하여 광범위한 농약과 액비의 주입이 가능하도록 했으며 또한, 수화제사용이 가능하도록 교반기를 설치하였다. 주입구에는 체크밸브를 넣어 혼합기능 및 역류현상을 막도록 하였다.

작업 중 주행부는 이동하기 때문에 주행부와 기지부 사이에 신호를 연결하는 것이 필요하며 각각의 체계는 별도의 시스템으로 구성하고 기지부의 기상센서와 구동부의 주행상태를 공유하기 위하여 자료 교환은 라디오 주파수를 사용하는 무선 송수신장치를 사용했다.

관수, 액비 및 농약을 공급하기 위한 펌프는 가로주행 시스템의 작업상태에 따라 조작되어야 한다. 즉 주행 시스템이 정지하면 모든 펌프의 작동이 중지되어야 한다. 또한 어떤 이유에 의해서든 관수 펌프의 작동이 정지되면 액비 및 농약 공급 펌프도 이에 연동하여 멈추어야하므로 액비 및 농약의 역류에 의한 관정오염 방지를 위하여 주행 시스템, 관수 펌프, 액비 및 농약 공급 펌프간에 연동회로를 구성했다. 또한, 작업 중 시스템에 이상이 발생한 경우에는 엔진이나 유체유동부를 정지시켜 시스템을 보호할 필요가 있다.

Chemigation 프로그램은 시점과 강우량을 동시에 표시를 함으로써 토양수분의 예측치와 실측치를 이해할 수 있도록 하며 수분의 포화상태와 고갈상태 사이에서 유지될 수 있도록 하였다. 주행부 자체에서 안내바퀴와 밸브의 움직임에 따라 주행로를 따라 움직이나 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다.

본 연구에서는 실제작물에의 적용을 위하여 고추, 사과, 포도 등에 대하여 검토하고 실제 고추, 옥수수, 콩에 대하여 적용하였다. 장마기간에 포장이 젖은 상태에서 작업이 이루어 져야하므로 견고한 트랙을 유지하여 적기에 방제가 일어 날 수 있도록 했다. 3회에 걸친 병충해의 발생 정도를 조사한 결과 1998년의 여름은 습해 및 병해가 최고도에 달하였던 바 약 84%의 건실과의 비율은 고무적이라 하겠다. 다음의 표는 본 연구의 결과를 발표하고 특허출원한 내용이다.

년도	제 목	계 재 출 판 물	분 류
1997	전작의 초생력자동화 통합 Chemigation system	학술발표세미나 경북대 농업과학기술연구소	발표
1998	가로주행식 Chemigation System의 개발(I) -모델설계-	학술발표대회 논문집, 한국농업기계학회	논문
1998	약액공급수단이 탑재된 주행식 관수시스템	특허출원 98-041353	특허출원
1998	가로주행식 케미게이션 시스템의 제어장치	특허출원 98-042046	특허출원

2. 활용에 대한 건의

본 연구에서는 실제작물에서의 적용을 위하여 고추, 사과 등에 대하여 검토하고 실제 고추, 옥수수, 콩에 대하여 적용해 보았다. 방제, 시비 및 관개 작업의 시험은 앞으로도 지속적으로 계속하여 적용방법을 개발 및 확정해야 할 것으로 생각된다. 다양한 작물에 대한 적용을 위해서도 다양한 제형과 작물에 대하여 생물화학적 시험 및 검증을 통한 후에 실용이 확정되어야 할 것으로 생각된다.

밭의 경지정리 사업은 경제성과 함께 생력화의 큰 과제이며 이에 따라 보통 전작물 및 목초를 기간작물로 하는 지구는 이동식 및 자주식 대형살수기가 경제적이며 생력적이다. 과수원이나 야채 등의 전작에는 집중 자동제어방식이 효과적이며 큰 작물단지가 형성되어야 한다. Chemigation system의 설계에 생산기반 정비사업의 정책 및 검토사항을 고려할 때 단변에 정수배가 될 수 있는 35-40m가 적절한 경구의 폭이 된다. 호스견인식의 경우는 최대 견인길이에 의해 1회 진행거리가 제한되나 관개밸브의 위치를 곳곳에 계획하여 장변의 길이를 연장시킬 수 있다. 시스템이 포구 안에서 이동하며 작업을 하면 이용효율이 증가하며 포구간 이동할 수 있으면 이용율을 극대화한다.

개발된 시스템의 상용화는 새로운 개념에 대한 이해와 투자가 요구되며 지속적인 적용시험을 통하여 시스템의 효율성을 가시적인 입증과 납득시킴이 필요하다. 사업성의 파악시기가 도래할 것으로 생각된다.

Summary

I. TITLE

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED CHEMIGATION SYSTEM FOR FARM
AUTOMATION AND LABOR-SAVING

II. OBJECTIVES AND NECESSITY

The ultimate goal of this study was to develop an integrated chemigation system for farm automation and labor saving. The aspects of the system would be accomplished by integrating the farm operations of irrigation and chemical application, establishing all-weather farming system, and scheduling optimized farming. The objectives of the study were summarized as follows:

- ① Surveying of the irrigation state and designing hydraulic system.
- ② Surveying of the states of fertigation and chemical application.
- ③ Developing the structure, drive, power and hydraulic machine of the chemigation system.
- ④ Developing the control and measuring system of drive unit and weather tower
- ⑤ Analyzing performance of the integrated chemigation system

Agricultural technology in Korea has been developed continuously; however, the competitive edge can be maintained by farm automation, mechanization and labor-saving. Farm chemical application was recently considered

as a dangerous and dislikable work and fertigation was not scheduled properly. Therefore, it was necessary to develop an integrated chemigation system for farm automation and labor saving. The system includes automatic control devices and weather tower.

The trends of enlarging farms and emerging technology into agriculture should provide the conservation of nature and operator as well as a competitive constitution. The chemigation system would help an efficient farming, consistent production and secured agricultural income by integrating the irrigation and chemical applications. The system could reduce the soil compaction caused by frequent traffic into fields, the improper disposal of leftover chemicals, and the accurate exposure of farmer to pesticides.

III. SCOPES OF THE STUDY

Year	Contents	Scopes of the study
1st year (1995-96)	1. Survey of fertigation and chemical application	- fertigation schedule of major crops - chemical application methods - formulation and state
	2. Model selection of chemigation	- cost analysis of different systems - selecting a system based on the survey
	3. Design of the chemigation system	- conceptional design of the mechanism of chemigation system
	4. Development of structure and hydraulic machinery	- well pump and plumbing - structure and fluid machinery

Year	Contents	Scopes of the study
2nd year (1996-97)	1. Development of drive and power unit.	- oil-hydraulic system - drive motor and engine
	2. Development of injection system	- diaphragm metering pump - injection mixing port
	3. Development of control and measuring system	- weather tower and soil m.c. measuring - flow measuring - alarm system
	4. Development of drive and flow control system	- flow control system - furrow guidance drive
3rd year (1997-98)	1. Development of chemigation operation and control programs	- operation and control program - chemigation control test
	2. Evaluation of chemigation system	- chemigation evaluation - operation tests
	3. Reporting and Manual	- Performance test and report - chemigation manual

IV. RESULTS AND APPLICATIONS

The results of this study were summarized as follows:

- ① A linear move system was selected as the model of a suitable chemigation system. The cost of the system per unit area decreased with the increase of farm size. The system was economical with the comparison of conventional sprayers for the farm larger than 1.0 ha.
- ② An experimental chemigation system was setup at the experimental farm of Kyungpook National University. The farm was sectioned into fields of 40m by 200m in size and systemized with a chemigation system of 36m in span. The

chemigation system consisted of the base unit and driving unit. The system towed a dragging hose, connected at the field water valve.

③ An educational FEM program, SAP90, was used for analyzing a bow type structure of the chemigation system. Various types of loads were considered including the gust wind pressure. Based on the analysis, elements of the structure were designed.

④ The drive-power system consists of oil-hydraulic power unit, hydraulic motor, cylinder and valves. The drive train used a planetary gear reducer and 11.2-24 tire. A furrow guidance device was used to stay in a right track. An LVDT was installed to monitor the direction of the guiding valve.

⑤ Fertilizer and pesticide were metered and injected with a dual diaphragm pump. The pump can be used dual purposes, high and low flow rates, for the fertigation and pestigation. An agitator was installed for the use of wettable power.

⑥ The base unit and driving unit communicated each other to share data and urgent signal using radio frequency modems. Interlock systems were planned and designed for the malfunctions of power, injection and drive systems.

⑦ A prediction program of soil moisture contents helped the decision of timing chemigation. The performance of the system was acceptable in the experimental farm. Efficacy tests were conducted and evaluated to be successful.

⑧ The applications of the chemigation system to various crops and formulations should be investigated. The fields should be encouraged and rearranged to adopt this system and to accomplish efficient farm operation and profitable farming.

⑨ The commercialization of the developed system can be accelerated through the understanding the new concept and the investments by demonstrating the efficiency of the chemigation system.

Contents

Chapter 1. Introduction	19
1-1 Necessity	21
1-2 Objectives	25
1-3 Scopes	26
Chapter 2. Chemigation Model	27
2-1 Status of fertigation and pestigation	29
2-2 Selection of chemigation model	54
2-3 Chemigation design	68
Chapter 3. Structure	75
3-1 Structural analysis	77
3-2 Design of elements	101
Chapter 4. Hydraulic system	111
4-1 Fluid machinery	113
4-2 Injection device	120
4-3 Nozzles	125

Chapter 5. Power and drive system	129
5-1 Oil pressure system	131
5-2 Power analysis	136
5-3 Tests of drive system	144
Chapter 6. Control and Measuring system	153
6-1 System construction	155
6-2 Base unit	160
6-3 Driving unit	176
6-4 RF modem and data sharing	183
6-5 Emergency interlock	186
6-6 Control of chemigation system	196
Chapter 7. Operation of chemigation system	199
7-1 Operating sequence	201
7-2 Experimental farming	206
Chapter 8. Conclusions	213
References	218
Appendix	234

목 차

제출문	1
요약문	3
Summary	9
Contents	13
목차	15
제 1 장 서론	19
1-1 연구의 필요성	21
1. CHEMIGATION 이란?	21
2. 연구의 필요성	21
3. 기대효과	23
1-2 연구목적	25
1-3 연구내용	26
제 2 장 Chemigation Model	27
2-1 전작의 관개, 시비 및 방제 분석	29
1. 방제 및 시비 실태분석: 노지고추	29
2. 방제 및 시비 실태분석: 과원사과	32
3. 방제 및 시비 실태분석: 울타리식 포도	38
4. 전작의 관개 및 배수 실태	40
5. 관개 및 배수 방법분석	44

2-2 Model의 선정	54
1. 기술적 분석	54
2. 경제적 분석	59
3. 생산기반시설과 모델선정	65
2-3 Chemigation System 구성	68
1. 시스템 구성	68
2. 모델의 개념설계	70
제 3 장 구조부	75
3-1 구조해석	77
1. 구조부 모델	77
2. 하중 및 부재조건의 설정	77
3. 작업하중에 대한 해석	81
4. 비상시 풍하중에 대한 해석	91
3-2 부재설계	101
1. 구조부재의 단면설계	101
2. 고정용 부재와 조립	108
제 4 장 유체 유동부	111
4-1 유체기계	113
1. 유체관로 및 펌프	113
2. 유량 및 압력센서	117

4-2 약액 주입장치	120
1. 주입펌프	120
2. 잔여액 회수장치	123
4-3 노즐장치	125
제 5 장 동력 구동부	129
5-1 유압체계의 구성	131
1. 유압구동부	131
2. 방향유도 방법	133
5-2 동력해석	136
1. 구동해석	136
2. 동력구동장치	137
5-3 동력구동부의 시험	144
1. 동력구동시험	144
2. 방향유도시험	144
제 6 장 계측제어부	153
6-1 제어계측부의 구성	155
6-2 계측기지부	160
1. 기상정보계측	160
2. 지부 제어계측 프로그램	169
6-3 구동부계측	176
1. 작업정보계측	176

2. 구동부 제어계측 프로그램	180
6-4 RF모뎀과 정보공유	183
6-5 비상연동	186
1. 동력부의 연동	186
2. 주입펌프의 연동	186
3. 시스템 연동	192
6-6 Chemigation system의 운영	196
1. 기지부의 운영순차	196
2. 구동부의 운영순차	197
3. 시스템 운영순차	197
제 7 장 시스템운영	199
7-1 운영법	201
1. Chemigation 작업의 계획	201
2. Chemigation 운영순서	203
7-2 시험재배	206
제 8 장 종합결론	213
참고문헌	218
부 록	234
I 기지부 계측제어 프로그램	234
II 기상관측 데이터 로거 계측 프로그램	240
III 주행부 계측제어 프로그램	243

제 1 장 서 론

여 백

제 1 장 서 론

1-1 연구의 필요성

1. CHEMIGATION 이란?

관개시설에 방제 및 시비장치를 부가하여 통합 운영함으로써 생산경비의 절감, 생산관리 및 작업자와 환경보전 측면에서 이득을 얻고자 고안한 농장생산관리 체계로서 미국에서 연구가 활발히 진행되어 LEPA (Low Energy Precision Application) 개념의 관개방법이 제시되고 있으며, 기존의 관개시설을 이용하여 초생력 관개, 시비 및 방제시험을 다양한 작물에 대하여 적용함으로써 연구와 실적용이 진행되고 있다. PASS (Pivot Irrigation Attached Sprayer System), 마이크로 관개방제법 및 seedgation (관개장비로 파종하는 기술)등이 개발되어 실제 적용에 이르고 있다. 남미, 호주, 중국, 중동지방에서 chemigation에 대한 연구가 시작되고 있으며 경제적, 관리측면 및 효과면에서 좋은 평가를 받고 있다. 이 시스템의 운영은 점차로 자동화 되어가고 있으며 계량펌프, 주입장치, 안전장치 등에 전자장치가 적용되는 추세이다.

2. 연구의 필요성

우리 나라의 농업기술은 꾸준히 발전되어 왔으나 대부분의 영역에서 아직도 선진국에 비하여 현저히 낙후되어 있어 지구촌 무한경쟁시대에 대응할 수 있는 기술력과 경쟁력의 확보를 급선무로 지적되고 있다. 그러나 채소, 과수, 원예 및 화훼 등 전작생산은 기계화, 자동화 및 생력화를 통하여 충분히 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 본다. 최근 통계에 의하면 무(170만 M/T), 배추 (270만 M/T), 양념채소 (110만

M/T), 과일 (165만 M/T) 등과 시금치, 상추, 오이, 토마토의 25-50%(생산량기준)가 노지에서 재배되고 있다. 농가에서는 전 노동시간의 47% 이상을 전작 경종작업에 투자하고, 전작 생산노동력의 40% 이상을 방제, 관개, 시비작업에 할애하고 있는 실정이며 작목에 따라서 연간 10-20회 이상의 작업으로 큰 부담이 되고 있다. 예를 들어 우리나라의 사과원 10a당 356시간의 노동 투하시간은 미국 워싱턴주(41.9시간)나 일본 아오모리현(276시간)에 비하여 과도하며 경쟁력 제고에 부담을 안겨주고 있어 노동시간의 절감이 최우선 과제가 된다.

이러한 과도한 노동력투하와 더불어 가뭄 등으로 인한 不適期 灌溉, 방제작업등의 기피현상 등이 심화됨에 따라 생력화된 새로운 생산작업 체계의 정립이 절실히 필요할 때이다. 이러한 배경 아래서 고급농산물의 효율적 생산을 위한 전업농의 규모화와 안정된 생산체계는 토양과 작물상태에 따른 관개시기의 결정 및 시행과 동시에 시비작업을 처방에 따라 행하게 되며, 필요에 따라 방제작업을 병행 혹은 동시에 행할 수 있는 기계시설 및 계측제어장치를 갖추어 적시에 적절하게 관개, 시비 및 방제작업을 행할 수 있도록 함으로써 효율적이며 안정된 생산시설체계와 농업종사자의 작업환경을 개선하고 생력화함으로써 품질 및 가격에서 경쟁력을 갖도록 해야 한다.

Chemigation은 선진국에서도 최근에 연구가 활발히 진행되어 기존의 관개시설을 이용하므로 초생력 및 자동화 방제기능으로 많은 연구와 실적용이 진행되고 있는 상태이다. 본인이 이미 연구한 결과에 따르면 관개, 방제, 시비의 과정이 통합되면서 각 효력을 제고할 수 있는 여러 요소가 있으며 이에 대한 기술적 연구개발이 절실히 요구된다. 미래의 농업에 걸맞게 자동제어의 개념을 접목시켜 관개 및 배수시기, 처방시비, 방제선택 등 software의 기술과 chemigation 형식에 따른 구동장치 및 유체기계의 제어 등 hardware기술이 따라 개발되어야 하며 액비, 유·수화제 등 formulation의 개발과 엽면시비, 점적관수 등 기술개발에 적절한 방제 적용기술이 뒤따라야 할 것이다. 또한, 개발될 시스템은 한국의 농업규모와 특성에 맞는 형태와 운

영방법이 연구개발 되어야 하며, 소규모 시설재배 및 식물공장에서도 chemigation의 개념이 응용될 수 있다.

전작생산에서 방제, 관개 및 배수, 시비작업에 투하하고 있는 과도한 노동력 투입은 생산비를 증가시키며 또한 방제작업등의 노동가격이 상승됨에 따라 생력화된 생산작업이 필요하다. 전작 생산물의 경쟁력을 제고하기 위하여 관개, 시비와 방제작업을 하나의 시설에서 통합 실행하므로써 효율적인 관수관리 및 방제가 가능해지고 안정적인 농산물 생산 및 농업소득을 보장할 수 있다.

농업의 규모화 및 첨단기술화를 추구하는 동시에 환경보전 및 농작업자의 쾌적한 작업환경을 제공할 때이며 농업이 “즐거운” 산업으로 거듭 태어나야 할 시점에 있다. 방제 및 시비과정에서 발생하는 농약중독, 잔여농약의 부적절한 폐기, 작업의 기피성에 의한 노동력부족 등 발생하는 여러 사회적 인과 문제를 해결할 수 있으므로 chemigation 생산 작업체계가 절실히 필요하다. 특히 농약 용기와 함께 부적절히 폐기되는 잔여 농약은 표준용기와 직주입식 계량체계로 작업자 및 생활용수의 직접오염으로부터 차단시킬 수 있다.

3. 기대효과

전술한 바와 같이 선진국의 기존 관개시설을 이용하는 chemigation 형태를 바로 적용해서는 안될 것이며 적용된 전용 chemigation을 위한 개선과 연구가 요구된다. 또한, 계측 및 자동제어의 개념을 접목시킨 농업특성에 적합한 software의 운영기술은 국내에서 연구되어야 할 것이다. 직접적인 기대효과로는 관개, 방제, 시비의 보다 균일한 살포, 適期작업, 차량출입에 따른 토양의 다짐현상감소, 엽면시비의 가능, 노동력감소 및 작업자보호 등을 꼽을 수 있으며, 자동제어의 개념을 접목시켜 관개시기, 처방시비, 방제선택 등 software의 기술과 chemigation 형식에 따른 구동장치 및 유체기계적 제어 등 hardware기술 등은 소규모 시설재배 및 식물공장에서도 응용될

수 있다. 정착형 chemigation을 이용하면 경사지의 관개, 시비, 방제의 애로가 해결되며 노동력 절감효과가 기대된다.

전작생산에서 방제, 관개, 시비작업에 투하하고 있는 과도한 노동력을 줄이며 생력화된 생산작업이 전작 생산물의 경쟁력을 제고하고 관개, 시비와 방제작업을 한 시설에서 통합 실행하며 노지에서 효율적인 생산을 함으로써 안정적인 농산물 생산 및 농업소득을 보장할 수 있다. 농업의 규모화 및 첨단기술화를 추구하는 동시에 환경보전 및 농작업자의 쾌적한 작업환경을 제공할 때에 방제 및 시비과정에서 발생하는 농약중독, 잔여농약의 부적절한 폐기, 작업의 기피성에 의한 노동력부족 등 발생하는 여러 사회적 인과 문제를 해결할 수 있다. 특히 농약 용기와 함께 부적절히 폐기되는 잔여 농약은 표준용기와 직주입식 계량체제로 작업자와 생활용수의 직접오염으로부터 차단시킬 수 있다.

본 연구에서 제시하는 시작품 모델 뿐 아니라 포장형태, 작물특성, 주작업구성 등에 따라 쉽게 변경과 조정 될 수 있으며 소규모 시설농업에서부터 대규모의 노지농장까지 적용이 가능하다. 또한 운영에서도 복잡한 구동 및 제어기능이 포함될 수도 있으며 단순히 정착식으로 운영되는 체계를 얻을 수도 있다.

1-2 연구목적

본 과제의 최종목표는 전작의 관개, 시비, 방제작업을 통합 시행함으로써 생산물의 경쟁력을 제고할 수 있는 초생력 자동화 chemigation model을 개발하여 (1) 농작업의 생력화, 급수원 (혹은 관정)과의 일체화로 (2) 전천후 농작업체계의 구축 및 기상, 토양, 병충해 및 작물의 생육정보를 이용한 (3) 농작업 스케줄의 최적화 등을 통하여 앞으로의 우리 나라 전작농에 맞는 시스템의 규모, 형태, 설계자료, 운영시침 등을 제시하고자 한다. 이 대목표를 수행하기 위한 세부목표는 다음 다섯 가지로 요약할 수 있으며 연차별 목표를 표에 정리하였다.

- ① 전작의 관개실태 분석과 chemigation 유체유동부의 설계
- ② 전작의 방제, 시비실태 분석과 약제 적용방법의 연구
- ③ chemigation system의 구조부, 구동부, 동력부 및 유체기계 개발
- ④ 환경계측 및 유체유동 과 구동부 제어계 개발
- ⑤ 통합 chemigation system의 관개, 시비 및 방제 성능분석

연 차	연 구 개 발 목 표
1차년도 (1995-96)	1. 전작의 관개, 시비, 방제 자료분석
	2. Chemigation 형태에 따른 경제성분석 및 모델선정
	3. 선정모델 기준 chemigation 설계
	4. 급수원, 배관, 유체기계, 구조부 개발 및 시험
2차년도 (1996-97)	1. 구동부 및 동력부 개발 및 시험
	2. 방제, 시비용 주입 장치 제작 및 시험
	3. 환경 및 제어 계측 체계 개발 및 시험
	4. 구동부 및 유체기계 제어체계 개발/시험
3차년도 (1997-98)	1. chemigation 운영s/w 개발 및 제어시험
	2. 관개, 시비, 방제 성능 시험평가
	3. 설계자료 정리 및 교육 자료 개발

1-3 연구내용

본 연구는 1995년부터 1998년까지 3년간 수행되었으며 연구내용을 요약하였다.

연 차	연 구 항 목	연 구 내 용
1차년도 (1995-96)	1. 전작의 관개, 시비, 방제 자료분석	- 대표적 전작물의 관개 및 시비 자료수집 - 방제 대상, 방제방법, formulation 자료수집
	2. Chemigation 형태에 따른 분석 및 모델선정	- 형태에 따른 기술 및 경제분석 - 방제, 관개, 시비실태 분석으로 시험모델선정
	3. 선정모델 기준 chemigation 설계	- 선정모델 기준에 따른 system 설계 (유체부/주입부, 구동/동력부, 계측/제어부)
	4. 유체유동부, 구조부 개발 및 시험	- 급수원, 배관부 및 유체기계 설치 - 구조부 설치
2차년도 (1996-97)	1. 구동부 및 동력부 개발 및 시험	- 구동부 및 유압부 설치 - 동력부 모터, 원동기설치
	2. 방제, 시비용 주입 장치 제작 및 시험	- diaphragm pump, chemical tank 설치 - injection mixing port 설치
	3. 환경 및 제어 계측 체계 개발 및 시험	- 토양수분, 기상관측 및 계측프로그램 개발 - 압력, 유량, 주입량, 연동장치, RF modem 설치
	4. 구동부 및 유체기계 제어체계 개발/시험	- 구동부 제어장치, LVDT, torque-rpm 계측기설치 - 제어성능 및 운영상태 평가
3차년도 (1997-98)	1. chemigation 운영s/w 개발 및 제어시험	- 운영 및 제어 s/w 개발 - monitoring system, 연동장치 개발 및 시험
	2. 관개, 시비, 방제 성능 시험평가	- 관개, 시비 시험 및 평가 - 방제시험 및 평가
	3. 설계자료 정리 및 교육 자료 개발	- 성능평가 완료 및 보고 - chemigation 자료 정리

제 2 장 Chemigation Model

여 백

제 2 장 Chemigation Model

2-1 전작의 관개, 시비 및 방제 분석

사과, 고추 및 포도는 방제 횟수가 15회 이상이며 관비 횟수는 10회 정도로 살포 및 관수작업에 많은 노동력이 요구되며 전작물로 사과, 고추 및 포도는 재배형태가 다르므로 분석의 대상으로 선정되었다. 분석결과는 전작물의 형태에 따라 chemigation에 적용특성을 파악하며, 시작품은 연구실험 여건에 따라 한 작물을 선정하였다.

1. 방제 및 시비 실태분석: 노지고추

노지고추 재배면적은 1990년도에 64,855ha에서 점차 계속 증가추세를 유지하여 1994년도에는 88,871 ha에 달하였다. 생산량은 1990년도의 132,748톤에서 1994년도에는 176,269톤이었으며 10a당 수량은 1990년도의 955 kg에서 1994년도에 1,084 kg으로 다소 증가추세에 있다. 1994년도의 재배면적을 지역별로 보면 경북이 22,198 ha로 가장 많고 충북이 13,991 ha로 2위, 전남이 12,705 ha, 전북 11,267 ha로 3, 4위를 기록하고 있어서 경북이 전국 최대의 고추 산지로 되어 있다.

고추는 신세대의 식성변화와 함께 1인당 수요는 더 이상 늘지 않을 것으로 기대되지만 천연 색소식품으로서 현재수준의 수요는 계속될 것으로 예상되며 풋고추, 감미종 고추 등의 수요는 계속 증가할 것으로 예상된다. 노지고추는 원래 대단위 소비처인 도시로부터 멀리 떨어진 준산간지 및 산간지역에 산지가 형성되어 있다. 이와 같은 지역에서는 고추가 소득작물로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 특히 경북 영양군의 경우는 농업소득의 약 50%를 고추에 의존하고 있다. 농진청 '94 농축

산물 표준소득분석 자료에 의하면 10a 당 소득은 959,570원으로 노지재배 작물 중에서 높은 편이다. 1994년도의 경우는 마늘, 사과 등이 고추보다 소득이 높게 나타났으나 이것은 그해의 시세에 따라 달라질 수 있다.

경북 청송지역의 경우 고추 재배농가의 재배면적은 호당 약 0.8ha(2500평 내외)이지만 한 개 포장의 크기는 약 20a(500-600평) 정도가 많다. 실험포장으로 설정하고 있는 포장의 경우는 1.5ha로 비교적 크고 평지에 있는 포장으로 하고 있다.

고추 품종은 대부분 종묘회사에서 생산판매하고 있는 일대잡종이 재배되고 있다. 현재 많이 재배되고 있는 품종들은 '풍촌', '대명', '거성', '대왕' 등이 많이 재배되고 있다. 작물고는 품종 및 재배조건에 따라 60-100cm, 재식거리는 외줄재배의 경우 줄 사이(=이랑넓이) 75-90cm, 포기사이 30-45cm로 재식한다. 그러나 지역과 농가에 따라 2줄 재배, 터널조숙재배 등 변이가 많다. 근래에는 점적관수가 늘어나면서 2줄 재배가 늘고 있고 2줄 재배의 경우에는 140-150cm 이랑에 점적호스를 띄고 양쪽으로 2줄로 심는다. 현재의 육묘이식 재배체계에서는 지주를 세우며 외줄재배의 경우는 4-5포기마다 1m 정도의 지주를 세우고 줄을 쳐준다. 식물체가 자라서 착과하기 시작하면 2단줄을 쳐주기도 한다.

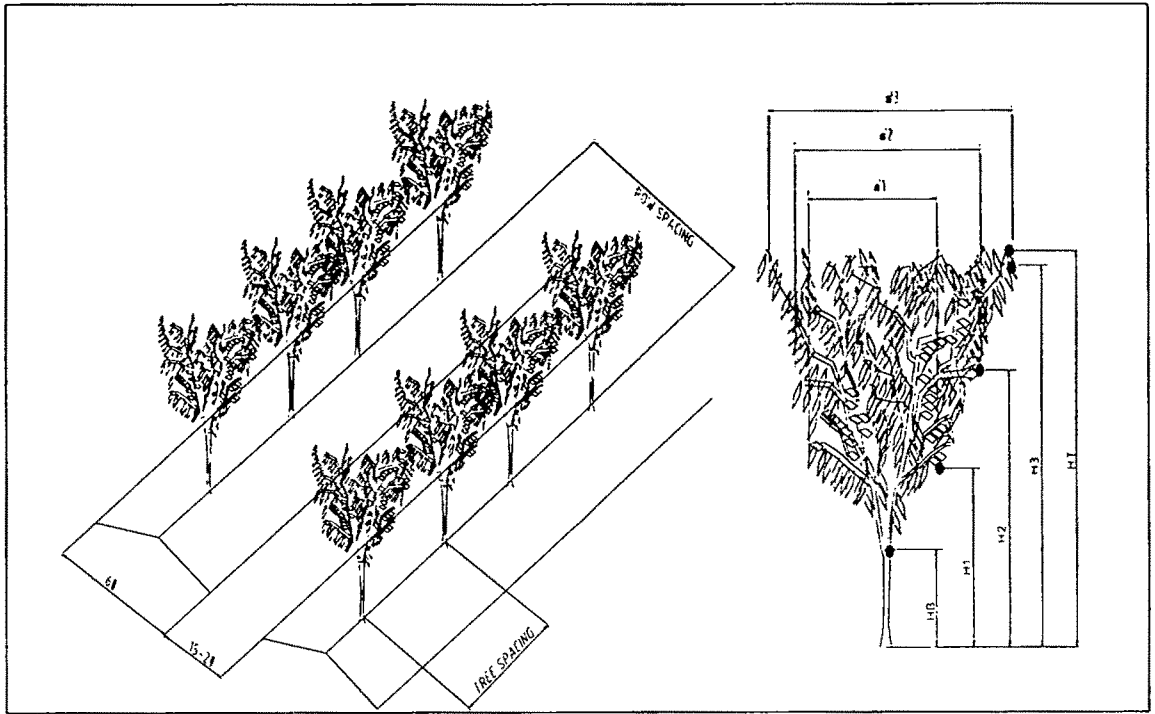
표 2-1. 분석지역 노지고추의 월별 생산관리 내역

월별 관리		1월	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	투입 시간	비고
방제	병해					1	2	3	3	3	2			72.0	2중
	충해				1	1	2	2	1	1	1				4중
	잡초					1	1	1	2	2					3중
시비					(1)		1	1	1	1				30.4	(정식)
관개						1	2	2	2	2	1			20.5	
관리		파종	파종	육묘	정식준비	정식지주		수확	→	→	→			125.8	
투입시간				36.0	28.4	47.1	10.1	21.2	27.0	65.4	13.5			248.7	

표 2-2. 시험지역 노지고추에 대한 병해, 충해, 잡초 방제자료

	방제대상 (학명)	발생조건	시기	발생 부위	적용약제	제형	희석	횟수
							배수	살포량
병 해	탄저병(<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)	고온다습	7월-10월	과실	다이센 다코닐	수화 수화	500 600	3회
	역병(<i>Phytophthora capsici</i>)	고온강우	6월-10월	뿌리, 줄기	리도밀동 코사이드	수화 수화	1000 500	2회
충 해	진딧물(<i>Myzus persicae</i>)	온난건조	4월-10월	잎, 새순	코니도	수화	200	2회
	담배나방(<i>Helicoverpa assulta</i>) 담배거세미나방(<i>Spodoptera litura</i>) 과밤나방(<i>Spodoptera exigua</i>)	온난건조	7월-10월	과실	지오릭스 테시스	유제 유제	500 1000	3회 100-200 l/10a
잡 초	바랭이(<i>Digitaria sanguinalis</i>) 쇠비름(<i>Portulaca oleracea</i>) 명아주(<i>Chenopodium album</i>)	기간중	5월-10월		데브리놀 그라목손 바스타 라소 스톱프	유제 액제 액제 유제 수화	200 400 400 800 500	3회 1회 100-200 l/10a

표 2-1과 2-2는 각각 고추 재배시 생산관리 내역과 방제의 구체사항을 나타낸다. 관수는 수분이 2-2.5 pF 정도에서 실시하여 1회당 (2000) l/ha의 양으로 총 5-10회 하게된다. 엽면시비를 제외한 관비는 병해의 예방을 위해 스프링클러식 莖葉撒水 (foliar sprinkling)는 지양하고 있다. 따라서 살균 및 살충에 대한 방제는 침투력이 강한 중압노즐 (2.0-4.0 kg/cm²)을 작물의 형태에 따라 배치하여 양면살포로 피복율을 높이고, 제초방제 및 관비는 저압노즐 (1.0 kg/cm² 이하)로 基部에 살포하는 방법이 유리하다. 대부분의 고추 재배농가 포장이 소규모이고 경사지인 것이 기계화 및 chemigation의 장애요인이 될 수 있으며 현재 많이 시행되고 있는 터널 조숙재배, 근래 늘어나고 있는 비가림 하우스재배도 기계화나 chemigation의 도입에 걸림돌이 될 수 있을 것으로 예상된다.



Crop ID	Row spacing (cm)	Tree spacing (cm)	Width(cm)			Bottom Height -H(B)	Height(cm) -Tree			Top Height -H(T)
			W1	W2	W3		H1	H2	H3	
고추 (거성)	80	45 -50	30	40	60	10 -20	30 -40	50 -60	70 -80	80

그림 2-1. 분석지역에 대한 노지 고추의 재배 형식 및 수형

2. 방제 및 시비 실태분석: 과원사과

사과는 우리나라의 대표적 낙엽과수로 전체 과수 재배 면적의 37.9%나 된다. 특히 1970년대 왜생 재배가 도입되면서 성과기의 단축과 생력화가 가능하다는 이점으로 사과의 재배 면적 및 생산량이 급격히 증가하였고 1980년대 중반 이후 UR협

상이 본격화하면서 비교적 국제 우위가 있는 작목으로 알려져 그 재배면적의 확대가 가속화되어 1993년 현재 재배 면적이 52,985ha에 생산량이 694,766 M/T에 이르고 있다. 1993년 생산량을 기준으로 할 때 우리 나라 국민 일인당 사과 소비량은 17.3 kg으로 미국의 14.5 kg을 능가하고 있으며 일본의 7.5 kg의 2.5배에 달하게 되었다. 이러한 점으로 볼 때 국내의 사과 소비량의 증가는 더 이상 기대하기 어려우며, 더욱이 WTO체제의 출범으로 외국산 과실의 수입이 급증할 것으로 예상되므로 사과의 소비량은 오히려 감소할 우려마저 있다. 또 최근 미국이 동양의 사과 시장을 겨냥하여 후지 품종을 대대적으로 그것도 초생력화 할 수 있는 방법으로 재배하고 있으며 그 영향으로 1995년 산 한국산 사과가 대만 시장에서 이미 경쟁력을 잃고 있는 실정이다.

이상과 같은 국내외의 여건에서 사과 산업을 지속시키기 위해서는 사과재배 기술의 일대 혁신이 필요하며, 생력화, 품질의 고급화, 그리고 국제 시장에서 통용되는 가격을 실현 할 수 있는 방향이 되어야 할 것으로 생각된다. 이와 같은 방향으로의 접근을 위해서는 생산 시설의 기계화 및 장치화를 용이하게 할 수 있는 형태로 수형 및 재식 거리의 조절이 필요할 것이다. 현재 전체 사과재배 면적 중 약 60%가 왜화 재배를 하고 있으나 수형 또는 재식 거리가 생산 시설의 기계화나 장치화를 위해서는 매우 부적합한 실정이므로 우리 나라 기후에 적합한 새로운 형태의 재배법이 개발되어야 할 것으로 생각된다.

Chemigation의 타당성 및 경제성 여부를 조사하기 위하여 경북도내 7개시군 지역에서 36농가를 표본 추출하여 농약의 살포실태와 관수실태를 조사한 바 60% 이상의 농가에서 14-16회를 살포하는 것으로 나타났고 가장 많게는 19회를 살포한 농가도 있었다. 대부분 경우 정기적으로 살포하는 살균제에 필요에 따라 살충제 및 살비제를 혼합하여 살포하고 있으며 살충제 또는 살비제를 별도로 살포하는 경우는 거의 없었다.

그리고 관개 실태를 조사한 결과 일정 규모 이상의 과수원에서는 대부분 스프링클러 또는 점적 관수시설이 되어 있었는데 가동 시간은 기상 조건에 따라 달라지

므로 일정하지 않았고 재배자 자신도 연간 가동 회수 및 가동 시간에 대한 신뢰할 만한 기록을 가지고 있지 않았다.

표 2-3. 분석지역 사과와 월별 생산관리 내역

관리	월별												투입 시간	비고	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
방제	병해			1	1	2	3	3	3	2				45.1	5종
	충해			1	1(1)	2	2(1)	1	2(1)	1(1)					6종(살비)
	잡초				1	2			2						3-4종
시비		1			1						1		20.9		
관개					1	2		2	2	1			33.7		
관리		정지 전정	→	중경	수분 적과	봉지 작업				수확 조제	→		253.4		
투입시간		28.0	34.5	28.4	45.9	22.6	21.2	27.0	35.4	53.5	56.6		353.1		

사과의 재배 과정에서 작업의 내용은 대체로 비슷하나 세부적 내용에 있어서는 농가에 따라 상당한 차이가 있다. Chemigation의 타당성 및 경제성 여부를 조사하기 위해 경북 영천시 화남면 소재의 한 농가를 대상으로 생산 과정의 작업 내용을 조사한 결과를 표 2-3에 정리했다. 작업에 소요되는 시간은 농촌경제연구원의 표준소득분석의 자료를 인용했다. 경북도내 조사한 과수원에는 M26왜생 후지 16년생이 식재되어 있으며 관리 상태는 비교적 양호했다. 여러 가지 작업내용 중 chemigation과 직접 관련이 있는 작업 내용은 방제, 시비, 관수인데, 방제 횟수는 15회로 대체로 일반 농가의 관행적 수준이었다. 시비는 연간 3회였는데 이 조사 대상 과수원에서는 11월 하순 낙엽후에 금비를 10a당 15 kg 정도를 시용 했고 유기질 비료는 2월에 시용하며, 5월 하순경에 다시 금비를 10a당 10 kg 시비하는 것으로 조사되었다. 따라서 11월 하순과 5월 하순의 추비는 chemigation으로 가능한 것으로 생각되었다. 또 관수는 과수원이 모래땅이므로 5월부터 7월 이상 비가 오지 않을 경우는 수시로 가동하는 것으로 조사되었으나 가동 시간에 대해서는 정확한 자료를 얻을 수 없었다.

적절히 관리되고 있는 사과원에서는 10종 정도의 병해가 발생하고 있으나 그 중에 주로 방제를 농약의 살포에 의존하는 병해는 표4에서 보는 바와 같이 겹무늬썩음병의 4종의 병해이며 나머지 minor disease는 이들 5종 병해와 동시 방제가 되고 있다. 또 해충의 경우에는 사과 점박이 응애가 가장 피해가 심하며 방제 또한 어렵다. 그 외 굴나방, 심식나방 등의 수종의 나방이 발생하고 있으나 대체로 발생 시기가 중복되므로 나방류는 생육기간 전반에 걸쳐 그 밀도에 의존하여 방제하고 있다. 또 사과원에서 경영 살포제로 사용되고 있는 농약은 전부, 수화제, 액제 또는 유제 이므로 chemigation으로 약제를 처리하는 데에는 문제가 없을 것으로 생각된다.

사과 재배에 있어서 병해충 방제는 사과 농사의 성패를 좌우하는 중요한 작업이기는 하지만 방제에 투하되는 노동력은 전체의 12.7%에 불과하다. 그러나 방제 작업은 대단히 힘이 들고 약제에 대한 기피 심리로 인해 가장 문제가 되는 농작업 중의 하나이다. 따라서 고품질의 사과를 생산하기 위해서는 적기에 적절한 방제를 해야 하므로 이를 자동화 할 수 있는 기술의 개발은 사과 재배 농가들의 오랜 염원이 되어 왔다.

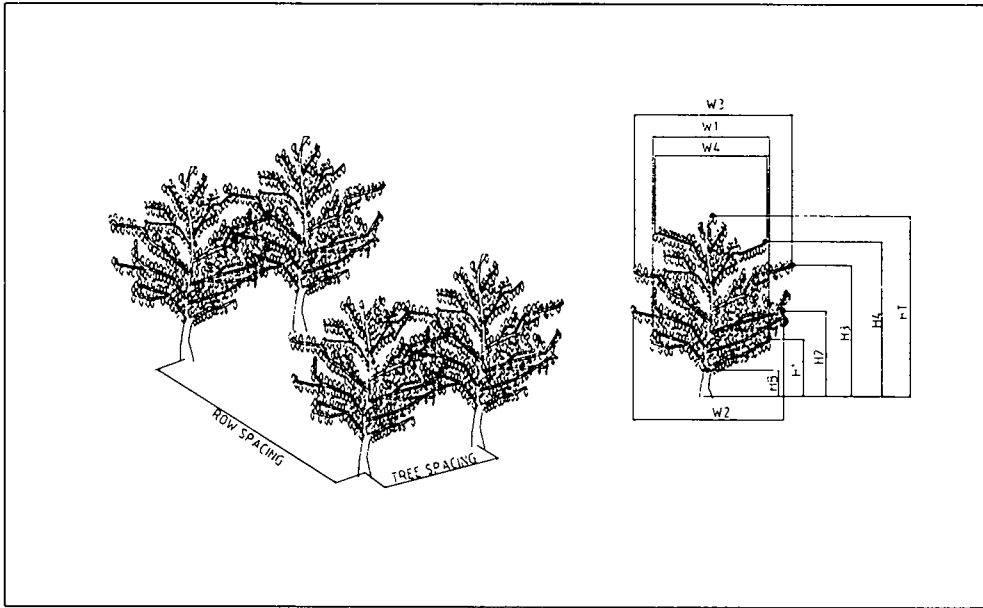
사과원에서의 chemigation 적용 가능성 여부를 검토하기 위하여 경상북도 내의 7개 시군의 사과원을 조사한 결과, 왜화재배를 하고 있는 과수원에서조차 수형이 대단히 복잡하여 현재의 상태로는 chemigation에 의한 방제는 대단히 어려울 것으로 생각되었다. 수형이 복잡하면 과원분무기에서 볼 수 있는 송풍장치가 있어야만 약제를 식물의 잎 또는 과실에 부착시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 특히 각종 병해 및 응애 방제의 관건은 약제를 얼마나 고루 부착시키느냐에 달려 있다. 그러나 전라북도 장수군의 한 농가와 경북 청송군의 한 농가에서 시도하고 있는 밀식 재배원에서는 수형이 매우 단순하고 수고 또한 240cm로 되어 있으므로 송풍장치가 없는 chemigation system 으로도 방제가 가능할 것으로 생각되었다. 또 마침 경상북도에서는 초밀식재배 기술을 개발하기 위한 program 이 이미 시작되었으므로 이 연구도 그와 병행하여 수행할 수 있을 것으로 생각된다.

표 2-4. 분석지역 사과에 대한 병해, 충해, 잡초 방제자료

	방제대상 (학명)	방제 시기	발생 부위	적용약제	제형	희석 배수	횟수 살포량
병 해	붉은별무늬병(적성병) (<i>Gymnosporangium yamadae</i>)	5월상	잎	Triadimefon Flusilazole Hexaconazole	수화	500-1000	3-6회 300-500 l/10a
	검은별무늬병(흑성병) (<i>Venturia inaequalis</i>)	4월하 -5월중	잎 과실	Hexaconazole Fenarimol	수화 유화		
	점무늬낙엽병 (<i>Alternaria mali</i>)	5월하 -8월하	잎 과실	Polyoxin Thiram Mancozeb	수화		
	갈색무늬병 (<i>Diplocarpon mali</i>)	6월하 -9월상	잎	Befran Thioram	수화 액제		
	겉무늬썩음병(부패병) (<i>Botryosphaeria dothidea</i>)	6월중 -8월하	과실 가지	Befran Mancozeb Captan	수화		
충 해	사과응애 (<i>Panonychus ulmi</i>)	4월중	잎	Hexythianox Pyridaben Propagite	수화	750-1000	3-4회 200-300 l/10a
	점박이응애 (<i>Tetranychus urticae</i>)	4월중	잎	Clofentezine Pyridaben Propagite			
	조팝나무 진딧물 (<i>Ahis citicola</i>)	5월하 -6월중	잎 신초	Imidacloprid Methomyl	유제 수화	1000	2-4회
	사과 굴나방 (<i>Phyllonorycta ringoniella</i>)	4월하	잎	Teflubenzuron Fenvalerate		1000-2000	
	복숭아심식나방 (<i>Carposina niponensis</i>)	6월중	과실	Fenvalerate Flucythrinate			
	애모무늬잎말이나방 (<i>Adoxophyes orana</i>)	4월중 -8월상	잎 과실	EPN Chlorpyrifos			
잡 초	바랭이 (<i>Digitaria sanguinalis</i>) 쇠비름 (<i>Portulaca oleracea</i>) 명아주 (<i>Chenopodium album</i>)		토양	데브리놀 그라목손 바스타	유제 액제 수화	300-800	3-4회 100-200 l/10a

현재 우리 나라의 금비 시비 관행은 낙엽후 1회, 농가에 따라서 5월 하순경에 추비로 금비를 1회 시여 하는 농가가 있는데 이들 시비는 chemigation으로 가능할

것으로 생각된다. 특히 chemigation으로 시비할 경우, 한꺼번에 다량의 비료를 시여 하는 것 보다 소량으로 자주 분시를 하게 되면 비료의 유실을 막고 시비량을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.



Tree ID	Row spacing (cm)	Tree spacing (cm)	Width(cm)				Bottom Height -H(B)	Height(cm)-Tree				Top Height -H(T)
			W1	W2	W3	W4		H1	H2	H3	H4	
밀식 사과	350 -400	250 -300	120 -130	150 -160	200 -220	120 -130	40	90	140	190	240	270

그림 2-2. 4-5년생 M26 사과에 대한 밀식재배 형식 및 수형

3. 방제 및 시비 실태분석: 울타리식 포도

1993년 포도의 재배 면적은 16,991ha로서 생산량은 163,780톤에 이르고 있다. 지역별 생산분포는 경북이 가장 큰 비중을 차지하여 41.7%에 달하며 충북, 경기, 충남 등의 순서였다. 과거 수도권지역의 생산지가 도시화와 수입개방의 영향을 받아 재배 면적이 격감하고 있는 반면 최근 재배지로서 영동, 천안, 영천 등이 주산지로 형성되고 있다. 포도의 품종으로는 캠벨 얼리가 69.3%를 차지하며 거봉, 씨벨9110 및 세리단 등이 재배되고 있다. 소비는 생식용으로 80%이상이 소비되며 나머지가 가공용으로 소비되는 실정이다.

표 2-5에 보인 포도의 연중 관리내역을 보면 4월에 시작되는 발아와 전엽기에 신소 유인 및 적과에 많은 노동력을 투하하며 이때부터 수확기인 8-9월까지 방제, 관수 및 시비작업이 이루어진다. 표 2-6에 보인 포도에 대한 병해, 충해, 잡초 방제자료를 보면 3-5종의 약제가 10회 이상에 걸쳐 방제가 이루어지며 관수는 5-6월에 집중되며 휴면기라도 너무 건조하면 동해를 받기 쉽다. 관수시 물은 적어도 지표이하 20cm이상 도달해야 하며 1회 관수량은 30mm이상이어야 한다.

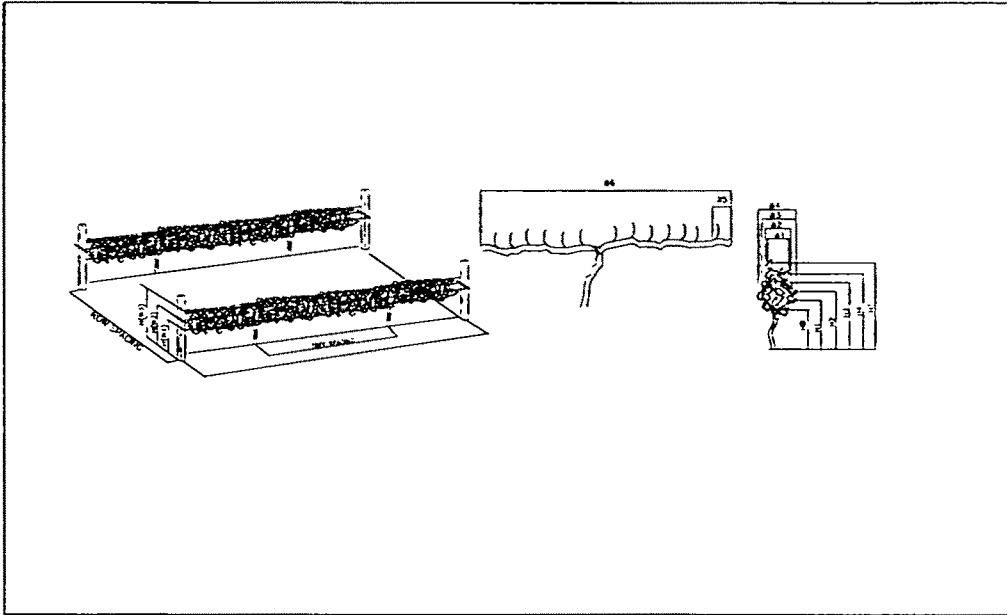
표 2-5. 분석지역 포도의 월별 생산관리 내역(캠벨얼리)

월별 관리	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	투입 시간	비고
	방제				3	1	1	1	1	1				
충해					1	1	1		1				3-4종	
잡초				1	1	2	2						1-2종	
시비			1		1	4			1			1	35.2	
관개			1	1	1	2							9.0	
관리	→	→	경운	적과, 유인		여름전정	알숙기,	수확, 포장	운반저장		복토	과수관리	255	
투입시간	15.2	15.2	9.85	51.4	10.6	37	36.6	104	24.4	0	6	28.7	339.3	

표 2-6. 시험지역 포도에 대한 병해, 충해, 잡초 방제자료

	방제대상 (학명)	방제 시기	발생 부위	적용약제	제형	희석 배수	횟수 살포량
병 해	탄저병 (만부병)	6월 중 ·하순	과실	이미녹탄트리아세테이트액제, 석회황합제, 만코지수화제	액제 수화	500- 1000	3-6회 300-500 l/ha
	새눈무늬병 (혹두병)	5~6, 가을	연하 부위	지오판수화제, 이프로수화제, 디치수화제	수화		
	갈색무늬병 (갈반병)	6상~7 늦가을	잎	타로닐수화제, 프로피수화제,	수화		
	흰가루병 (백분병)	5중~7	어린 부위	수화성 황6-3식 브르도액, 체나리유제, 톨폰수화제,	유제 수화		
	노균병	여름~ 가을	잎	보르도액(6-3식), 메타실동수화제, 알리펫수화제,	수화		
	덩굴쭈김병 (만할병)	6~7	원줄기, 덩굴	보르도액, 프로피수화제, 만코지수 화제	수화		
	녹병	6월하 순	잎	석회보르도액, 만코지수화제	수화		
	젓빛곰팡이병	개화기	꽃송이축	석회황합제(발아전),프로파수화제, 디크론수화제,지오판수화제, 베노밀 수화제	수화		
충 해	필록세라	연중	뿌리, 잎	메틸브로마이드 혼중,니코틴과 기 계유혼합액.	유화 수화	1000	3-4회 200-300 l/ha
	포도쌍점매미 충	8~9경	잎	저독성 유기인제(발생초기), 다이메 크론, 데시스, 스미티온, 호리마 트	유화 수화		
	포도유리나방	6월 중하순	덩굴	산란기:유기인제 성충발생기:스미티온, 바이짓드, 파 라티온	유화 수화		
	총채벌레	5~8, 8~9	유과, 잎,열매	아디온올트란	유화 수화		
잡 초	바랭이 쇠미 명아주		토양	데브리놀 그라목손 바스타	유제 액제 수화	300- 800	3-4회 100-200 l/10a

시비방법으로는 포도의 천근성 특징을 고려하여 과원전면시비가 좋으며 덧거름과 가을거름은 속효성으로 관수의 시기와 같이 해주면 효과가 좋다. 가뭄이나 뿌리생육의 부진으로 장애를 받을 경우 엽면시비로서 급속한 흡수와 치료를 이룰 수 있다. 필수 영양제가 고루 포함된 엽면시비제는 포도의 영양관리를 보다 체계적으로 할 수 있도록 도와준다.



Tree ID	Row spacing	Tree spacing	Width(cm)						Bottom Height -H(B)	Heighth(cm)-T ree				Top Height -H(T)
			W1	W2	W3	W4	W5	W6		H1	H2	H3	H4	
캠벨	180	204 -214	50 -60	40 -50	30 -40	70 -80	15 -20	230 -240	70 -80	110	140	170	200	200 -210

그림 2-3. 울타리식 캠벨 알리에 대한 재배형식 및 수형

4. 전작의 관개 및 배수 실태

가. 전작의 관개

최근까지 우리 나라에서는 벼농사 위주의 관개를 하여서 우리 나라의 전작 관개는 외국에 비하여 매우 뒤떨어져 있는 실정이다. 따라서 고지대의 밭에 대해서는 대부분의 경우 관개시설 없이 강우에 의존하고 있는 실정으로 심한 한발이 발생하

면 극심한 한해를 입고 있다. 그러나 저지대의 고소득 영농을 위한 밭이나 윤환전의 경우 비교적 수원이 풍부하므로 점적관개나 스프링클러 관개를 실시하고 있다. 즉 경북지방의 경우 성주지방의 참외와 수박 생산을 위한 원예시설에서는 대부분이 점적 관개 시설을 갖추고 있으며, 상주군 모동면의 넓은 포도밭은 모두가 점적관개 시설을 갖추고 있어 하천수나 지하수를 이용하여 관개를 하고 있다. 그러나 이들 밭작물의 관개는 정확한 관개 스케줄링에 의하지 않고 주먹구구식으로 관개를 하고 있는 실정으로 물 손실과 에너지 손실이 많다고 하겠으며 따라서 앞으로 이에 대한 연구가 필요하다고 하겠다.

국민 생활수준의 향상과 식생활 패턴의 변화로 채소와 과일의 소비량이 증가하고, 농촌 노동력의 감소로 밭 경지정리사업과 기계화의 요구가 커지자 정부에서는 밭 경지정리사업비를 증액하여 밭 기반의 정비와 기계화 작업이 가능하도록 추진하고 있다. 표 2-7은 경북지방의 사과 재배면적과 관수시설 면적을 보여주고 있다. 경북지방의 사과 재배면적 32,926 ha 중 관수시설 면적은 6,577 ha로 약 20%에 달하고 있다.

고추의 월별 증발산량은 경북대학교의 실험결과에 의하면 표 2-5에서 보인 바와 같다. 정식 후 생육기간 동안의 평균 일 증발산량은 4.98 mm이었다. 밭 관개 시스템 설계시 사용하는 설계기준년은 10년 빈도 한발년을 사용하기 때문에 30년 이상 장기간의 기상자료를 분석하여 설계 기준년을 선정하여 그 해를 기준으로 하여 관개시스템을 설계하게 된다. 대구기상대 자료를 이용하여 고추에 대한 설계 기준년의 관개기간중 관개요구량은 생육기간인 150일 동안의 증발산량 1,080 mm에서 같은 기간의 유효우량 243 mm를 뺀 837 mm로 나타났다.

표 2-7. 분석지역 (경북지방) 사과 관수시설 면적 현황 (단위 ha)

시 군	재배 면적	관수시설 면적	시 군	재배 면적	관수시설 면적
포항	953	115	의성	3,939	1,077
경주	1,576	151	청송	2,047	900
김천	988	98	영덕	419	160
안동	3,561	957	청도	1,183	42
구미	641	210	성주	346	40
영주	3,783	309	칠곡	398	14
영천	3,551	976	예천	1,053	130
상주	2,557	244	봉화	1,0542	3
문경	1,305	137	군위	2,270	964
경산	435	16	계	32,926	6,577

표 2-8. 고추의 월별 증발산량 (대구지방, 1988~1989)

월	6	7	8	9	10
증발산량(ET) mm/day	4.2	5.4	6.9	5.0	3.1

나. 전작의 배수

큰 강우로 인하여 농경지의 표면에 침수가 발생하면 작물은 침수피해를 입게 된다. 또한 토양 공극에 토양수분이 포장용수량 이상인 경우 작물뿌리의 호흡과 토양미생물의 번식에 좋지 않는 영향을 끼치게 되어 작물의 생육에 나쁜 영향을 미치게 된다. 따라서 지표면과 지하의 초과 수량은 인공적으로 배수를 하여 침수피해를 방지하고 농업생산성이 높은 농경지를 만드는 것이 배수의 의의이다.

배수의 목적은 전답의 침수나 과잉수분에 의한 피해의 방지와 작물의 정상적인 생육을 도모하는 데 있으며, 토지 생산성과 노동 생산성을 향상시키는 데 있다. 구

체적인 배수의 목적은 파괴적인 피해방지, 침수피해방지, 토양수분조절, 토양침식방지, 제염 등이 있으며, 배수의 효과로는 재해의 방지, 침수피해의 방지, 건토효과 등이 있다. 지하배수로 얻을 수 있는 건토효과로는 지력의 증대, 토양물리성 개량, 토양온도 상승, 지내력 증가, 논발 유회 가능성 증대 및 토지 이용도 증대 등이 있다.

농경지에서 배수불량의 원인으로는 지형, 지질, 토성, 지하수위, 기타 주변조건 등에 따라 다음과 같은 여러 가지가 있다. 하천수위 또는 해면수위가 농경지보다 높고 지구내에서 자연배수가 불가능한 경우, 인접지구로부터 지표수 또는 지하수 유입이 많은 경우, 지형이 분지형으로 되어 빗물이 집수되어 고이는 경우, 배수구역이 평탄하여 배수를 위한 충분한 기울기를 확보할 수 없는 경우, 지구내의 하천, 배수로, 배수펌프 등의 용량이 부족한 경우 및 지하수위가 높은 경우 등이 있다.

지표면의 과잉수를 배제하는 것을 지표배수라 부르고 강우 또는 지표면 담수를 직접 지표에서 배수로 배제하는 것이다. 높은 지하수위를 낮추거나 토양중의 공극에 남아있는 과잉수를 명거 또는 암거로 배제하는 것을 지하배수라 부른다. 또 자유수면의 기울기에 따라 중력에 의하여 물을 배제하는 경우를 자연배수라 부르고, 지형상 또는 높은 외수위 때문에 펌프로 양수하여 배제하는 경우를 기계배수라 부른다. 배수는 지형조건이 가능하면 자연배수 방법을 채택하여 유지관리나 에너지 수요에 유리하도록 하여야 하며, 많은 경우에는 자연배수와 기계배수를 조합하여 평상시에는 자연배수에 의하고 홍수시에는 기계배수에 의하는 방법을 채택하는 것이 좋다.

배수시설에는 하천제방, 배수로, 승수로, 배수암거, 배수구, 배수문, 배수 펌프장시설 등이 있다. 배수로는 배수지거에서 시작하여 배수지선, 배수간선, 배수구 및 배수본천으로 연결된다. 또 배수시설에는 밸브, 문짝, 펌프 등도 포함된다. 배수시설을 설계대로 잘 운영하기 위하여 제어관리 시설이 필요하다. 즉, 배수시설 조작에 필요한 각종 정보(강우량, 유량, 수위 등)수집장치와 정보전달장치, 정보처리장치 및 보수체제를 갖추어야 한다.

우리 나라의 전작 배수실태는 밭이 보통 고지대에 많이 분포하므로 일반적으로 지표배수인 자연배수 방식으로 충분히 배수기능을 완수하고 있다. 그러나 경지범용화를 통한 전환전이나 저위부에 위치하는 밭에서는 때때로 지하배수가 요구될 때도 있다. 지하배수는 명거와 암거를 이용할 수 있지만 토지이용을 제고를 위하여 영농작업 능을 향상을 위하여는 암거배수가 효율적이다.

5. 관개 및 배수 방법분석

가. 관개의 필요성

관개란 자연 강우가 작물의 최적생육에 충분하지 못할 때 이를 보충하기 위하여 인공적으로 작물에 물을 공급해 주는 것이다. 즉 밭의 경우 밭작물의 생육에 필요한 부족한 수분을 공급하는 것이 주목적이고, 토양개선, 온도조절, 동상해방지, 토양보존, 해독제거, 및 작업능력 향상 등 여러 가지 부수적인 목적이 있다.

관개의 필요성은 대상 지역의 기상조건과 관개 효과의 대소에 의하여 결정된다. 관개의 필요성을 결정하는 데 고려할 사항은 다음과 같다: ① 관개가 작물에 미치는 효과, ② 관개용수량의 대소, ③ 에너지 요구량, ④ 적정 수원의 유무, ⑤ 가용물자원의 량, ⑥ 수질 상태, ⑦ 노동력 요구량, ⑧ 경제성

관개계획 수립에 필요한 자료는 다음과 같은 것들이 있다: ① 지형, ② 토양, ③ 지질, ④ 지하수, ⑤ 기후, ⑥ 영농, ⑦ 경제, ⑧ 과거의 조사결과, ⑨ 법률 규제, ⑩ 배수 필요성

나. 작물 소비수량

관개시설의 설계를 위하여 먼저 작물-토양-대기의 관계와 증발산과 소비수량에 대한 이해가 있어야 한다. 밭작물의 물소비기구는 증발산과 침투로 구성되나 밭

관개계획시 침루손실은 없다고 가정하므로 소비수량은 증발산량과 같게 된다. 증발산량은 작물생육과 밀접한 관계가 있다. 증발산량이 크면 작물의 증산작용이 활발하여 작물생육이 양호하게 된다.

엄밀하게 말하자면 발작물의 소비수량은 증발산량과 작물의 신진대사에 소요되는 수량의 합이다. 그러나 신진대사에 필요한 수량은 보통 소비수량의 1% 이내이기 때문에 소비수량은 증발산량과 같다고 본다. 증발은 수면이나 지표면으로부터 수분이 대기 중으로 이동하는 것을 말하며 증발잠열에 해당하는 에너지의 공급이 있어야 가능하다. 발산은 식물의 잎과 줄기로부터 수분이 대기 중으로 이동하는 것을 말한다. 증발산량의 크기는 토양함수량, 작물생육상태, 기온, 습도, 일사량, 풍속 등에 따라 달라지며 증발산량의 추정방법에는 실측에 의한 방법과 계산에 의한 방법이 있다.

실측에 의한 방법은 물 수지법, 체임버법, 포장수분 추적법, 라이시미터법 등이 있다. 계산에 의한 기준작물 증발산량 계산 방법은 공기역학적 방법, 에너지 수지법, 이 두 가지를 조합한 합성법, 및 경험법의 4가지가 있다. 합성법에는 수정 Penman법이 있으며, 경험식은 기온, 일사량, 또는 증발계 증발량 등에 기초한 것들로 이에는 Monteith 법, Hargreaves 법, Jensen-Haise법, 증발계(pan evaporimeter)법, 및 Blaney-Criddle법 등 여러 가지가 있으나, 실제 관개계획에서는 기상자료가 충분한 경우 수정 Penman 식이 가장 많이 사용된다. 실측에 의한 방법은 노력, 시간 및 비용이 많이 들기 때문에 실제 관개계획 수립에는 계산에 의한 방법이 주로 사용된다. 작물의 실제증발산량 E_t 는 다음 식으로 계산한다.

$$E_t = K_c E_{tr} \quad (1)$$

여기서 K_c 는 작물계수이고, E_{tr} 는 기준작물 증발산량이다. 기준작물로는 보통 목초나 알팔파가 이용된다.

다. 토양함수량 측정

관개 시점과 관개량을 결정하기 위하여 토양함수량을 측정하여야 한다. 토양함수량 측정방법에는 직접법과 간접법이 있다. 직접법은 토양시료를 채취하여 노건조 전후의 무게를 측정하여 직접 함수량을 측정하는 방법으로 시간과 비용이 많이 소요된다. 따라서 시간과 비용을 절약하기 위하여 여러 가지 간접적인 방법이 이용된다. 간접법은 토양시료를 직접 채취하는 대신에 여러 가지 토양수분의 물리적 성질을 측정하여 미리 구해놓은 이러한 물리량과 토양 함수량과의 관계 곡선인 레이팅 커브(rating curve)로부터 토양 함수량을 결정하는 방법으로 TDR 방법을 사용하였다.

TDR (Time Domain Reflectometry) 법은 토양의 전매상수와 토양 함수량과의 상관성으로부터 함수량을 측정하는 방법으로 비교적 근래에 와서 많이 사용되고 있는 방법이다. TDR의 작동원리는 토양속에 삽입한 도선을 통하여 고주파 전자파를 보냈을 때 전자파의 전파시간을 측정하여 토양의 전매상수를 계산하고 그것으로부터 토양함수량을 구하는 방법이다. 선진국에서는 무선 통신을 통한 발관개 자동화 시스템에 TDR 법의 사용이 증가되고 있다.

라. 관개 방법

관개 방법은 지표관개와 지하관개로 대별할 수 있으며 지표관개는 다시 물을 적용하는 방법에 따라 고랑관개, 수반관개, surge 관개, pitcher 관개, 스프링클러 관개, 점적관개 등 여러 가지가 있다. 이 중 고랑관개는 줄 작물에서 가장 많이 사용되며, 선진국에서는 대규모 밭에서 스프링클러 관개가 많이 이용되고 있으며 물 자원이 부족하여 높은 관개효율이 요구되는 지역에서는 물방울 관개가 점차 많이 보급되고 있다. 우리 나라에서는 아직 스프링클러 관개와 물방울 관개는 초기 단계라 볼 수 있다. Chemigation 기법은 스프링클러 관개시 가장 적절하게 사용될 수 있다. 관개 시스템의 선정시 고려하여야 할 요인으로는 다음과 같은 것들이 있다: ① 토양의 특성, ② 용수원의 확보, ③ 투자 비용, ④ 노동력 요구량, ⑤ 에너지 요구량, ⑥ 배수

1) 밭 관개시설 및 방법

밭 관개시설은 크게 취수시설, 도수시설 및 적용시설로 나눌 수 있다. 취수시설은 댐, 보 등 중력에 의한 방법과 펌프에 의한 방법으로 나눌 수 있으며, 도수시설은 개수로와 관수로 및 각종 수리구조물로 나눌 수 있다. 이 외에 유량 측정장치로는 개수로에서는 위어, 플룸, 및 오리피스, 관수로에서는 벤튜리미터, 오리피스, 엘보미터, 피토크, 및 기계식 등이 쓰이며, 유량조절장치로는 개수로에서는 조절판, 분수공, 수문 등이 있으며, 관수로에서는 각종 밸브가 사용된다.

적용시설에는 지표관개, 지하관개, 살수관개 및 trickle 관개로 나눌 수 있으며, 이들을 세분하면 다음과 같다. ① 지표관개 : 수반법, 보더법, 고랑법, ② 지하관개 : 개거법, 암거법, ③ 살수관개 : 이동식, 준이동식, 고정식, 준고정식, set-move식, continuous-move식, 다공파이프식, ④ 점적관개 : drip법, subsurface법, bubbler법, spray법. 살수관개는 압력에너지를 이용하여 물을 지표면에 자연강우와 같이 공급하며, set-move식은 이동방법에 따라 다시 hand-move, tow-move, side-roll, gun-type 등으로 나누어지며, continuous-move식은 center-pivot, linear-move, traveler 등으로 나누어진다.

2) 살수관개 시스템의 구성

살수관개 시스템은 스프링클러, 지거파이프, 지선파이프, 본선파이프, 및 펌프의 5가지 기본 요소로 구성되어 있으며, 크게 살수기와 관수로로 구성되어 있다고 볼 수 있다. 스프링클러는 형식에 따라 분류하면 impact sprinkler, gear-driver sprinkler, reaction sprinkler, fixed-head sprinkler 등으로 나눌 수 있다. 스프링클러의 성능은 유량, 살포거리, 살포양상, 살포율 및 물방울 크기 등에 의하여 결정되며, 스프링클러의 운전은 적용압력과 분사노즐의 형상에 의하여 통제된다.

3) Trickle 관개 시설

Trickle 관개는 효율이 가장 높은 관개방식으로 작물의 근근역에만 낮은 압력으로 물을 천천히 연속적으로 공급하는 방식으로, 근근역 부근에만 물을 공급하므로 증발량 감소, 잡초성장 억제 등의 효과가 있다.

마. 관개 시설의 설계

관개시설의 주된 기능은 필요한 시기에 필요한 양의 물을 작물에 공급해 주는데 있다. 구체적인 기능으로는 다음과 같은 것이 있다. ① 수원으로 부터용수의 취수 및 도수, ② 각 포장으로 용수의 배분, ③ 유량의 조절 및 측정 이외에도 토양과 작물의 냉각, 동상해 방지, 발아지연, 풍식방지, 비료와 농약의 시용 및 하수의 농지살포 기능 등이 있다.

관개시설은 대상지역의 물리적, 경제적 여건에 합당하게 설계되어야 한다. 관개시설 설계의 주된 순서는 다음과 같다: ① 설계자료 수집, ② 수원 조사, ③ 설계일 관개요구량 (DDIR) 결정, ④ 몇 가지 대안의 설계, ⑤ 대안의 기능 및 비용의 비교 검토, ⑥ 최적 관개 시스템 선정 등으로 이들에 대하여 간략하게 설명하면 다음과 같다. 관개시설 설계자료에는 기후, 작물, 토양, 수자원, 에너지 자원, 자본과 노동력, 지형과 지질자료 등이 있다.

설계일 관개요구량 (DDIR: design daily irrigation requirement) 은 관개시설이 요구되는 관개수준을 달성하기 위하여 공급해 주어야 할 물의 양이다. DDIR 은 작물, 기후 및 토양에 따라 변한다. DDIR 은 수년간의 일 관개요구량 (DIR) 자료로부터 결정하며 다음 식으로 구한다.

$$DDIR = AD / IN_{min} \quad (1)$$

여기서 AD (allowable depletion)는 간단일수 동안의 소비수량이고, INmin 은 관개기간 중의 최소 간단일수이다. 일반적으로 AD 는 용이이용수분량 (RAW: readily available water) 값을 사용한다.

관개시설의 성능은 효율로서 표시할 수 있다. 효율에는 저수지 저수효율, 운송효율, 적용효율 및 관개효율이 있으며, 또 다른 성능기준으로 살포 균등성이 있다. 또한, 관개시스템의 비용을 고려하여야 하는데 이에는 초기투자과 유지관리비용 등이 고려되어야 한다.

관로 시스템은 설계압력에 견딜 수 있어야 하며 지하에 매설할 때에는 하중을 견딜 수 있어야 한다. 또 이동식의 경우에는 가벼운 재료를 이용하여야 한다. 관로의 재료로는 알루미늄, 강재, PVC 등이 많이 쓰인다. 관로 시스템은 적용 균등성이 좋아야 하며 이를 위하여 관로에 적정압력이 유지되어야 한다. 관로의 압력은 마찰손실, 미소손실 및 표고차에 의하여 변화하며 한 관로에서의 압력차이는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$H_d = H_u - (h_f \pm \Delta Z) \quad (2)$$

여기서 H_u 와 H_d 는 관로 상하류에서의 압력, h_f 는 상하류 사이의 압력손실, ΔZ 는 상하류 사이의 높이차이다. 상하류 사이의 압력(수두) 손실 (h_f)은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$h_f = f \times h_f + h_r \quad (3)$$

여기서 f 는 상하류 사이에 있는 스프링클러의 수에 의해 결정되는 상수, h_f 는 상하류 사이의 관마찰 손실 (m), h_r 는 파이프 만곡부나 연결부 등의 미소손실 (m)이다. 관 마찰손실은 Darcy-Weisbach식, Hazen-Williams식, 또는 Scobey식을 이용하여 계산할 수 있다.

살수관개 시스템의 설계는 여러 가지 간선, 지선, 지거의 배치를 고려하고, 그 중 최선 배치의 선정과 그에 대한 설계 시방서를 작성하는 것이다. 시스템 설계는 설계자료가 수집과 수원이 결정되고, DDIR 이 결정되고 난 후에 가능하게 된다.

스프링클러, 관로, 밸브, 및 양수장에 대한 설계시방서가 작성되면 각 대안에 대한 투자비용과 유지관리비도 계산되어야 한다. 본 연구에서 채택된 가로주행식 시스템의 설계기법에 대하여 설명하면 다음과 같다.

가로주행식 시스템은 전기모터나 디젤엔진을 갖춘 타워 사이에 지거파이프가 연결되어 포장을 직선형으로 이동하면서 지거파이프에 설치된 스프링클러를 통하여 관개하는 방식이다. 물은 간선파이프에 연결된 호스나 개거로부터 양수할 수 있는 이동 펌프에 의하여 공급된다. 가로주행 시스템의 운행방식은 포장의 크기와 형상에 따라 여러 가지가 있다. 가로주행 시스템의 설계는 구역의 배치, 간선, 지선의 배치 및 크기 결정, 지거파이프의 직경, 스프링클러의 선정, 시스템의 이동속도 결정 등이 포함된다. 살포심은 시스템의 이동속도에 좌우된다. 따라서 시스템의 이동속도는 설계 살포심을 만족시키도록 결정한다. 이동속도는 포장의 길이를 이동하는데 소요되는 시간으로 나눈 값이다. 표면 유출이 발생하지 않는 최대 관개율은 다음 식으로 계산한다.

$$A_p = (K \times Q_s) / (S \times W_s) \quad (4)$$

여기서 A_p 는 최대 관개율 (mm/h), K 는 상수, Q_s 는 스프링클러의 설계유량(l/min), S 는 스프링클러의 간격(m), W_s 는 유효 관개폭 (m) 이다. 스프링클러는 지거에 의하여 등간격으로 설치되므로 각 스프링클러의 유량은 같다. 스프링클러는 DDIR 과 증발 및 비산손실을 합한 량을 공급할 수 있어야 하며 용량은 다음 식으로 구한다.

$$Q_s = \{K(Da) (S) (W_s)\} / \{(H-T_m) E_a\} \quad (5)$$

여기서 Da 는 관개수심, H 는 한 관개 시점에서 다음 관개 시점까지 시간간격, T_m 은 set의 이동이나 수리 등에 소요되는 관리용 시간, E_a 는 적용효율, K 는 단위환산계수

이고 나머지는 식 (4)에서와 같다. H는 다음 식으로 계산한다.

$$H \leq 24 (D) / \text{DDIR} \quad (6)$$

여기서 D는 관개요구량 (mm), DDIR는 설계 1일 관개요구량 (mm/day)이다.

식 (5)의 관개수심 Da는 H 값이 결정되고 나면 다음 식으로 계산한다.

$$D_a = H (\text{DDIR}) / 24 \quad (7)$$

스프링클러나 Trickle 관개에서 방출 균등성이 매우 중요하며 균등계수는 다음 식으로 계산한다.

$$U_s = 100 (1 - CV_q) = 100 (1 - S_q/q) \quad (8)$$

여기서 U_s 는 균등계수 (%), CV_q 는 방출량 변동계수, S_q 는 방출량 표준편차(ml/min), q 는 평균 방출량 (ml/min) 이다.

바. 관개 스케줄링

관개 스케줄링이란 관개 수량과 시점을 결정하는 것이다. 관개수량은 앞에서 소개한 작물 소비수량에 의하여 토양의 근근역을 포장용수량으로 환원할 수 있는 양으로 하면 되고, 관개시점의 결정은 생장저해수분점 범위 안에서 결정된 수분점을 이용할 수 있으며, 다음의 여러 가지 방법을 이용할 수 있다.

① 작물지표 - 작물 잎의 색깔, 시들음 등 외관 생육상태, 옆면 온도, 옆면 수분장력, 기공의 저항, ② 토양지표 - 양태 및 느낌, 시료채취 및 함수량 측정, TDR법, ③ 물 수지법

관개 스케줄링은 용이이용수분(RAW; readily available water), 관개조직 및 작물자료로부터 농민과 관개기술자가 협의하여 결정하게 된다. 발관개는 물이 풍부한

경우에는 작물 소비수량을 전부 공급해주는 full irrigation을 하고 물이 부족한 경우에는 이 보다 적은 양을 공급해주는 deficit irrigation을 한다. 일회 관개량은 일반적으로 토양의 근근역을 포장용수량으로 환원할 수 있는 양으로 하면 되고 다음 식을 이용한다.

$$IRRI = Rd \times (fc - Wd) / Ei \quad (9)$$

여기서 fc 는 포장용수량, Wd 는 관개 직전의 토양함수량, Rd 는 근근역의 깊이, Ei 는 적용효율이다.

관개 스케줄링을 위한 컴퓨터 소프트웨어로는 외국의 경우 여러 가지가 개발되어 있다. 그중 대표적인 것으로는 AGWATER, UCIPA (University of California Irrigation Scheduling Program), AISSUM (Automatic Irrigation Scheduling System of the University of Montreal) 등이 있다.

관개 자동화 시스템은 관수계통과 데이터 수집계통으로 구분할 수 있다. 관수계통은 관정이나 하천 등의 원수를 고랑관개, 스프링클러, 물방울 관개 등의 시설을 통하여 지표면이나 토양 층으로 공급하는 시설이다. 관정을 이용하는 경우에 관수계통은 양수 펌프, 물 저장 탱크, 가압펌프, chemigation장치 등이고, 데이터 수집계통은 기상자료, 작물자료, 토양수분자료 등을 수집하여 중앙통제소로 유무선으로 전송하는 장치를 포함할 수 있다.

사. 생산기반 정비정책과 용배수계획

생산기반의 정비를 위하여 합리적인 용배수관리가 필수적이다. 대구획화와 단지화 및 기계화 영농이 용배수계획에 미치는 영향은 크며 중소규모의 저수지건설과 지하수 개발 등으로 충분한 용수를 확보하는 것은 물론 배수 및 하수로 부터의 수질 오염을 방지해야한다. 밭의 용수계획은 재해방지나 재배관리를 합적으로 하기 위해

필요하다. 용수계획은 기계이용계획과 관련하여 지구에 적합하게 수립되어야 하며 경제성과 생력화가 중요하다.

용수조직은 말단관개조직, 配水조직, 송수조직으로 구성되며 한개의 말단 관개단위가 지배하는 포장면적을 살포블록으로 하고 이는 관개작업의 최소 단위로 영농형태, 작부체계 및 물관리작업에 편리한 크기로 한다. 관개구는 하나의 配水조직의 대상이 되는 포장면적규모로 여러개의 운번구로 구성된다. 운번구는 관개의 순서에 따라 순차적으로 유회관개하는 일정구역이다.

관개방식에 따라 지표관개, 스프링클러, 점적관개 등이 있으며 다목적 이용 스프링클러 관개는 영농조건에 대응할 수 있는 계획과 적절한 기기의 선정이 이루어져야 하며 검토사항으로는 대상작물, 영농조건, 경지정리, 지형 및 기상조건 등이 있다. 스프링클러의 배관계획은 포장내 관로의 이동성, 배관형식 및 종류, 관경배열과 조합등을 포함하며 설치방법은 인력이동식, 매설정치식, 지표정치식 및 자주식이 있다. 살포기의 종류는 배수조직과 함께 관개작업의 생력화, 포장구획, 재배작물, 영농조건등에 따라 선택된다.

2-2 Model의 선정

1. 기술적 분석

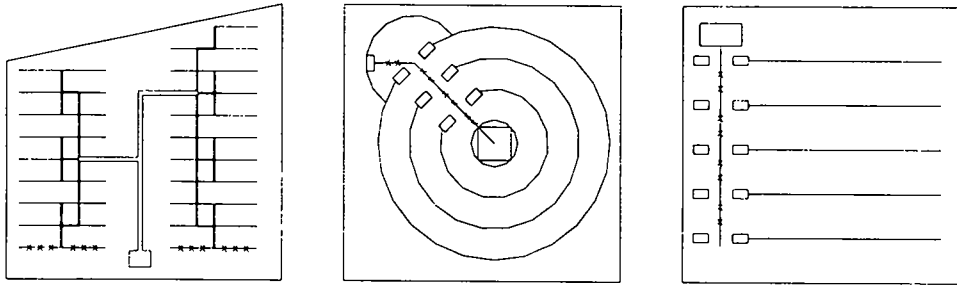
상기한 연구목적에 부합하는 chemigation system의 형태를 선정하기 위하여 정지식 (stationary), 회전식 (center pivot) 및 가로주행식 (linear move) 시설을 검토하였다. 구체적인 검토사항으로 (1) 포장형태 및 지형조건; (2) 방제, 관개, 시비방법 및 대상; (3) 노즐종류, 사용압력 및 분무입자; (4) 작물 및 재배형태; (5) 제어 및 계측장치; (6) 주요장치, 시설, 규모 및 배치; (7) 주입장치 및 여액처리 등 기타 부가장치 등을 포함하였다.

정지식 시스템은 펌프, 탱크 및 제어기가 설치되어 있는 곳으로부터 배관을 작물의 위치까지 끌어 수직관(riser) 위에 노즐을 달아 방제, 관개 및 시비를 시행하는 방법으로 비정형 포장과 경사지에도 적용할 수 있다. 그림 2-4(a)는 정지식을 도식적으로 나타냈으며 배관은 主管, 分岐管, 枝管으로 나누어지고 작물의 특징에 따라 수직관의 높이를 결정하여 그 끝에 노즐을 위치시킨다. 이 시스템은 비교적 장치와 시설이 간단하나 포장이 넓어질 수록 규모가 점차 커져 경제적 불리함이 가중될 수 있다. 전기한 방제 및 관비방법을 고려할때 정지식에 의한 경엽상 방제는 스프링클러식 회전노즐을 채택하여 수직관 끝에 위치한 하나의 노즐로 일정범위 혹은 여러 면의 작물을 담당해야 한다. 피복율을 향상시키려 입자의 크기를 작게 하고 噴出流의 투과력을 높이려면 고압노즐 (5.0kgf/cm^2 이상)을 사용하게된다. 사과와 같이 樹高가 높을 경우는 승강식 수직관이나 노즐위치가 효과적이다. 그러나 관비와 제초방제는 경엽살포를 지양하고 基底撒布를 목표로 한다. 작업은 枝管別로 이루어지며 區劃別(batch) 작업의 면적이 넓어지면 펌프, 동력, 배관, 탱크 등의 용량이 커져야 한다. 계측장치로는 토양 수분 및 지온, 습도 및 기온, 펌프압력 및 유량 등의 센서를 장착하여, 지관의

solenoid 밸브나 압력조절 밸브를 제어한다. 배관 내에 간혀있는 비교적 많은 양의 殘留餘液처리 문제를 해결해야 하며, 방제의 경우에는 균등살포의 문제가 강조된다. 고추밭 1 ha (3000평)을 기준으로 필요한 장치와 그 규모는 표 2-9와 같이 예상된다. 관비의 경우는 1회당 2000 l/ha로 저압 경엽살수 형식이 가능하다. 사과와 노출배치는 과수 당 노즐의 수로 결정하며 재식거리는 4m x 5m 이며 1ha 당 500수 정도이다. 과수의 경우 총살포량은 약간 많아지며 분부입자의 조절과 충분한 투과력을 위하여 고압이 사용된다. 피복율과 균일도를 높이고 관비의 기저살수를 위해 승강식 수직관의 사용이 이상적이다.

회전식 시스템은 관정, 탱크, 펌프 및 제어기가 있는 곳을 중심으로 圓形圃場을 형성하고 반경방향 배관과 동력선을 작물위로 高架式으로 설치하고 회전한다. 그림 2-4(b)는 회전식을 도식적으로 나타냈다. 반경배관 및 동력선은 高架 트러스에 의해 지지되며 15-60m 간격으로 구동부를 설치한다. 구동부가 설치되는 마디는 연속적으로 연결되어 연장된 반경배관이 회전하며 원형포장을 형성한다. 작물의 특징에 따라 반경배관에 노즐을 배치하여 회전하며 방제, 관개 및 시비하는 방법으로 10%이하의 완만한 구릉지의 포장에 적용할 수 있다. 정치식에 비하여 구동부가 첨가되나 포장크기에 비례하여 증가하는 고정비를 경감할 수 있다. 일반적인 다각형의 포장 형태에서는 작업영역에서 제외되는 구석이 생기므로 이를 해결하기 위한 추가의 접관절 반경고가선이 요구된다. 방제의 경우 작물의 특징에 따라 高架線의 높이와 노즐배치를 조정할 수 있고 접근살포를 통하여 피복율을 높일 수 있다. 이 시스템은 회전하기 때문에 중심부와 외측부의 살포량이 다르다. 따라서 외측으로 갈수록 점차 증가하는 용량의 노즐을 배치한다. 같은 크기의 노즐을 점차 좁은 간격으로 배치할 수 있으나 방제작업은 樹列 이나 작물 간격을 따라하므로 효과적이지 못하다. 노즐의 배치는 懸架-雙向式(drop nozzles)으로 잎의 全面살포를 가능케 한다. 노즐이 작물에 접근해 있으므로 정치식보다 높은 피복율과 투과력을 예상하며 과수의 경우는 樹形에 따른 노즐의 적절한 배치가 더욱 중요하다. 따라서 살균 및 살충에 대한 방제는 중압노즐

(2.0-4.0 kgf/cm²)을 작물의 형태에 따라 배치하여 양면살포로 피복율을 높이고, 제초 방제 및 관비는 저압노즐 (1.0 kgf/cm² 이하)로 基部에 살포하는 방법이 유리하다. 방제와 관비시 노즐의 위치가 다르므로 압력에 따라 중압이상에서와 저압이하에서 각각 작동하는 체크밸브를 채용하여 사용할 수 있다. 작물은 회전의 원주를 따라 재배되어야 하며 간격에 따라서 노즐의 배치가 이루어진다. 노즐은 고랑을 따라 진행하며 두둑에 심겨진 작물을 향하여 살포작업을 하게 되어 노즐의 위치는 이랑너비로 결정되며 과수의 경우 노즐배치는 재식거리에 의해 결정된다. 스프링클러식 방제 및 관비의 경우는 경엽살포이므로 가로식 작물재배가 가능하며 구동부의 주행로만 원주상 나타난다. 과수의 경우는 원주방향 재배가 필수적이며 방제는 중압 근접노즐과 관비는 저압 점적노즐을 사용하게 되므로 수형을 따라서 노즐의 배치가 중요하다. 구동부의 마다가 연속적으로 연결되어 길게 연장된 반경배관이 회전하므로 포장크기의 한계는 최외곽의 구동부의 주행속도와 1회전당 제한시간에 의해 결정된다. 주행속도는 1.0-7.0 m/min (0.06-0.42 kph) 범위가 적당하다. 1ha 정사각형포장에 설치되는 길이 45m (1-2마디)의 반경트러스가 회전식으로 담당할 수 있는 면적은 79%이며 1회전에 걸리는 시간은 최소 45min (주행속도 7.0 m/min, 표 2-9) 이다. 계측장치로는 토양수분 및 지온, 습도 및 기온, 펌프압력 및 유량 등의 센서를 장착하여 solenoid 밸브나 압력조절 밸브를 제어한다. 회전식 시스템은 구동부를 포함하므로 구동부 사이의 정렬센서와 회전속도를 조절장치가 설치되며 구동에는 전기식 혹은 유압식을 쓸 수 있다. 정치식에 비하여 배관 내에 갇히는 殘留餘液처리 문제가 적다. 반경이 길어질수록 중심부와 외곽부의 주행속도비가 커져 살포량은 반경에 비례하게 되므로 분무의 균일성, 다양한 노즐용량 및 분무성질 등에 대한 문제를 유발할 수 있다.



(a) 정치식

(b) 회전식

(c) 가로주행식

그림 2-4. Chemigation system의 형태와 특징

가로 주행식 시스템은 사각형포장의 세로방향의 배관과 동력선을 작물위로 高架式으로 설치하고 가로방향을 따라 진행하며 방제, 관개 및 시비하는 방법으로 10%이하의 완만한 구릉지의 포장에 적용한다. 그림 2-4(c)는 가로주행식을 도식적으로 나타냈다. 회전식과 같이 세로 배관 및 동력선은 高架 트러스에 의해 지지되며 30-60m 간격으로 구동부를 설치한다. 구동부가 설치되는 마디는 연속적으로 연결되어 연장된 세로배관이 주행하며 사각형포장을 형성한다. 정치식에 비하여 구동부가 첨가되나 포장크기에 비례하여 증가하는 고정비를 경감할 수 있고, 회전식의 작업영역에서 제외되는 구석의 문제를 해결할 수 있다. 방제의 경우 작물의 특징에 따라 高架線의 높이와 노즐배치를 조정하고 접근살포를 통하여 피복율을 높인다. 노즐의 배치는 懸架-雙向式(drop nozzles)으로 앞의 全面살포를 가능케 한다. 노즐이 작물에 접근해 있으므로 정치식 보다 높은 피복율과 투과력을 예상하며 과수의 경우는 樹形에 따른 노즐의 적절한 배치가 더욱 중요하다. 따라서 살균 및 살충에 대한 방제는 중압노즐 ($2.0-4.0 \text{ kgf/cm}^2$)을 작물의 형태에 따라 배치하여 양면살포로 피복율을 높이고, 제초

방제 및 관비는 저압노즐 (1.0 kgf/cm^2 이하)로 基底部에 살포하는 방법이 유리하다. 방제와 관비시 노즐의 위치가 다르므로 압력에 따라 중압이상에서와 저압이하에서 각각 작동하는 체크밸브를 사용한다. 회전식에서 나타나는 원주재배의 단점을 없애고 노즐은 고랑을 따라 진행하며 두둑에 심겨진 작물을 향하여 살포작업을 하게 된다. 전작의 경우에 노즐의 간격은 이랑너비로 결정되며, 과수의 경우 노즐배치는 재식거리에 의해 결정된다. 긴 포장에서 가로주행식 시스템의 효율이 좋으며 주행속도는 $1.0\text{-}5.0 \text{ m/min}$ ($0.06\text{-}0.30 \text{ kph}$) 범위가 적당하다. 1ha 정사각형포장에 설치되는 길이 100m (2-3마디)의 주행트러스가 1회 주행에 걸리는 시간은 최소 20min (주행속도 5.0 m/min) 이다. 이 시스템은 긴 포장에서 높은 효율을 나타내며 비교를 위해 정사각형의 포장에 대하여 장치와 규모를 표 2-9에 나타내었다. 계측장치로는 토양수분 및 지온, 습도 및 기온, 펌프압력 및 유량 등의 센서를 장착하여 solenoid 밸브나 압력조절 밸브를 제어한다. 주행식 시스템은 구동부를 포함하므로 구동부 사이의 정렬센서와 회전속도의 조절장치가 설치되며 구동에는 전기식 혹은 유압식을 쓸 수 있다. 이 시스템도 관비나 농약을 계획에 따라 주입하는 장치를 두어 처방농업의 개념을 도입할 수 있고 살수형 防霜장치로도 사용이 가능하다. 정치식에 비하여 배관 내에 갇히는 殘留餘液처리 문제가 적다. 가로주행식은 고정된 관정으로부터 직접 급수할 수 없으며 주행로와 나란한 水路, 견인식호스나 급수탱크를 이용함으로써 가능하다.

표 2-9. Chemigation 형태에 따른 주요 장치, 시설 및 규모의 비교 (1.0 ha 기준)

	정치식 (stationary)	회전식 (center pivot)	가로주행식 (linear move)	비고
포장면적	1.0 ha (100m x 100m)	0.79 ha 구석제외 (100m x 100m)	1.0 ha (100m x 100m)	
총살포량(방제)	2000 l/ha	1600 l/ha	2000 l/ha	고추
	4000 l/ha 경엽살포	3000 l/ha 경엽살포	4000 l/ha 경엽살포	사과
총살포량(관비)	50000 l/ha	40000 l/ha	50000 l/ha	고추
	50000 l/ha 이상 경엽살수	40000 l/ha 기저살수	50000 l/ha 기저살수	사과
구획수,주행속도	25 (2.0 min/batch)	외곽 7.0 m/min	5.0 m/min	
총작업시간	48 min/ha	45 min/회전	20 min/주행	
노즐배치(노즐수)	2m x 2m (2500)	등간격식 1.5m (32-64)	1.5m (65-130)	고추
	5개/주 (2500)	4.0m (60-120)	4.0m (120-240)	사과
노즐유량	25 l/hr (0.4 lpm)	0.3-2.0 lpm	0.6 lpm	고추
	0.4 lpm	0.15-1.0 lpm	0.4 lpm	사과
펌프 (유량,압력)	다단회전식,피스톤식 (5000 l/hr, 700 kPa)	원심식, 점성식 (5000 l/hr,400 kPa)	원심식, 점성식 (5000 l/hr, 400 kPa)	
동력 (유동용)	삼상모터,원동기 3.0-5.0 kW	삼상모터, 원동기 2.0-3.0 kW	삼상모터, 원동기 2.0-3.0 kW	
동력 (구동용)	-	삼상, 유압모터 1.0-2.0kW/ 관절	삼상, 유압모터 1.0-2.0 kW/ 관절	
탱크용량	관정, 탱크 1000-2000 l	관정, 탱크 1000-2000 l	수로, 호스, 탱크 2500-5000 l	
관로	32mm x 5000m 50mm x 500m	50mm x 50m	50mm x 100m	
트러스	-	현수, 격자	현수, 격자	

2. 경제적 분석

기술적인 분석을 통하여 회전식은 재배 체계의 변화를 요구하며 20%에 달하는 구석문제로 인하여 근간 실용화되기 어려울 것으로 판단된다. 따라서 경제적 분석은 회전식을 제외한 정치식과 가로주행식의 제작비, 운영비등을 비교하고 적정 재배

면적, 시설규모, 생산비용 등을 예측하였다. 정치식이 알맞는 10%이상의 경사지의 경우는 기술적 판단이 경제적 분석을 우선한다. 표 2-10과 그림 2-5 에서 정치식은 0.5ha(1500평) 이하의 소규모 과원에서 제작비와 이용비용에 대하여 유리한 것으로 분석되었다. 그 이상의 대규모 과원에서는 규모에 비례하여 증가하는 정치식의 재료비로 인하여 가로주행식이 유리하였다. 정치식은 단위 면적 당 제작비 및 이용비용이 규모의 증가에도 불구하고 거의 일정하였다. 주행식은 규모의 증가에 따라 단위 면적 당 제작비와 이용비용은 점차 감소 하였고 포장의 형태에 따라 긴 포장은 급격한 감소를 보이므로 경제적임을 나타내었다.

검토한 chemigation 모델은 정치식, 회전식, 가로주행식 이었다. 이 세 가지 형태의 모델은 그 나름대로 장단점을 갖고 있으며 특정한 조건에서 사용될 수 있다. 기술적인 검토와 경제적인 검토를 통하여 소규모 경사지에는 정치식 모델을 사용하며, 대규모 평탄 구릉지에는 가로주행식 모델이 선택될 것이다. 단지 회전식은 재배양식 및 형태의 변경이 우선 되어 하므로 10ha 이상의 대단위 농원에 적용될 것이다. 어느 모델이든 작물의 형태와 재배양식 등에 의해 부분적인 수정을 요구한다.

정치식은 0.5ha(1500평) 이하의 소규모 농장에서 제작비와 이용비용에 대하여 유리한 것으로 분석되었다. 그 이상의 대규모 농장에서는 규모에 비례하여 증가하는 정치식의 재료비로 인하여 가로주행식이 유리하였다. 정치식은 단위 면적당 제작비 및 이용비용이 규모의 증가에도 불구하고 거의 일정하였다. 주행식은 규모의 증가에 따라 단위면적당 제작비와 이용비용은 점차 감소 하였고 포장의 형태에 따라 긴 포장은 급격한 감소를 보이므로 경제적임을 나타내었다. 관행방법인 고압분무기는 모든 방법보다 단위면적당 비용이 낮게 나타났으나 규모가 커질수록 이용비용은 가로주행식의 비용에 근접하였다. 과원에 사용하는 관행방법인 공기방사식 방제법은 규모가 커지면서 가로주행식보다 불리 해졌다.

표 2-10. 관행방법 및 chemigation system의 규모별 경제적 분석 (사과 기준)

(1) 정치식 (단위 :천원)

비용별	세부비용	포장규모	600평	1500평	3000평	4500평	
		폭x장 품목	30x70m	60x85m	60x170m	60x250m	
제작비	재료비	펌프	1,200	1,200	2,000	2,000	
		모터	300	300	500	500	
		탱크	300	300	500	500	
		파이프(이음)	2,200	5,500	11,000	16,500	
		노즐	2,500	6,250	12,500	18,750	
		승하기	3,120	7,800	15,600	23,400	
		주입장치	1,500	1,500	1,500	1,500	
		밸브	500	1,250	2,500	3,750	
		여액제거장치	1,000	1,000	1,000	1,000	
			소 계		(12,620)	(25,100)	(47,100)
설치비		운반	500	500	1,000	1,000	
		전기공사	1,000	1,000	1,000	1,000	
		조립	750	1,500	2,000	2,000	
		타설공사	500	1,000	2,000	2,500	
		피뢰공사	1,000	1,000	1,000	1,000	
		관정공사	(5,000)	(5,000)	(5,000)	(5,000)	
		소 계		(3,750)	(5,000)	(7,000)	(7,500)
제작비계			(16,370)	(30,100)	(54,100)	(75,400)	
계측및제어	관개시기장치	기상관측센서	8,000	8,000	8,000	8,000	
		토양센서	500	500	1,000	1,000	
		제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000	
		방제시기결정	제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000
		시비조제장치	유동계측센서	1,000	1,000	1,000	1,000
			제어장치	5,000	5,000	5,000	5,000
계측제어계			(18,500)	(18,500)	(19,000)	(19,000)	
이용비	감가상각	년간	3,274	6,020	10,820	15,080	
		고정비	164	301	541	754	
		변동비	동력비	15	15	20	20
관리비	수리비	년간	252	502	942	1,358	
		기타비용	13	25	47	68	
이용비용계			(3,718)	(6,863)	(12,370)	(17,280)	

(2) 가로주행식 (단위 :천원)

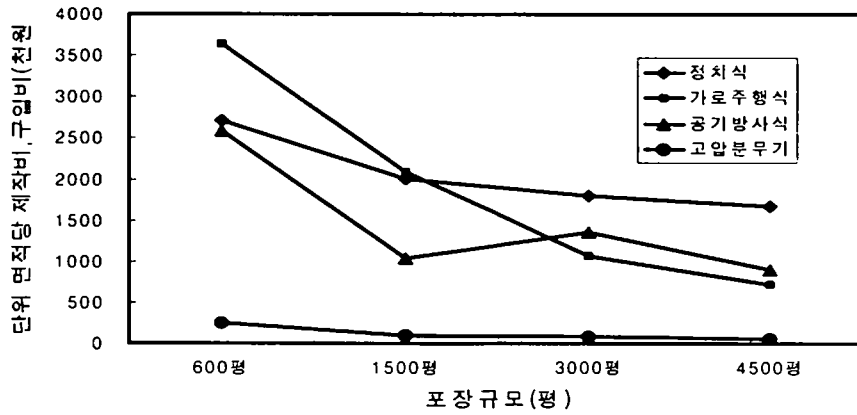
비용별	세부비용	포장규모	600평	1500평	3000평	4500평	
		폭x장 품목	30x70m (1관절)	60x85m (2관절)	60x170m (2관절)	60x250m (2관절)	
제작비	재료비	펌프	800	1,200	1,200	1,200	
		원동/발전기	4,000	6,000	6,000	6,000	
		구동부	2,400	3,600	3,600	3,600	
		구동제어기	3,000	4,500	4,500	4,500	
		탱크	500	500	800	800	
		파이프(이음)	500	1,000	1,000	1,000	
		노즐	120	250	250	250	
		트러스	1,000	2,000	2,000	2,000	
		주입장치	1,500	1,500	1,500	1,500	
		밸브	500	750	750	750	
		호스릴	500	500	800	1,200	
		소 계		14,820	21,800	22,400	22,800
		설치비	운반	500	500	500	500
			전기공사	1,000	1,000	1,000	1,000
조립	1,500		2,000	2,000	2,000		
트러스가공	1,000		2,000	2,000	2,000		
구동부가공	2,000		3,000	3,000	3,000		
피뢰공사	1,000		1,000	1,000	1,000		
관정공사	(5,000)		(5,000)	(5,000)	(5,000)		
소 계		7,000	9,500	9,500	9,500		
제작비계			21,820	31,300	31,900	32,300	
계측및제어	관개시기장치	기상관측센서	8,000	8,000	8,000	8,000	
		토양센서	500	500	1,000	1,000	
		제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000	
		방제시기결정	제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000
		시비조제장치	유동계측센서	1,000	1,000	1,000	1,000
		제어장치	5,000	5,000	5,000	5,000	
계측제어계			(18,500)	(18,500)	(19,000)	(19,000)	
이용비	감가상각	년간	4,364	6,260	6,300	6,460	
		고정비	218	313	315	323	
		변동비	동력비/년	147	294	440	587
관리비	수리비	년간	296	436	448	456	
	기타비용	년간	15	22	22	23	
이용비용계			5,040	7,325	7,525	7,849	

(3) 공기방사 (air blast) 방제기 (단위 :천원)

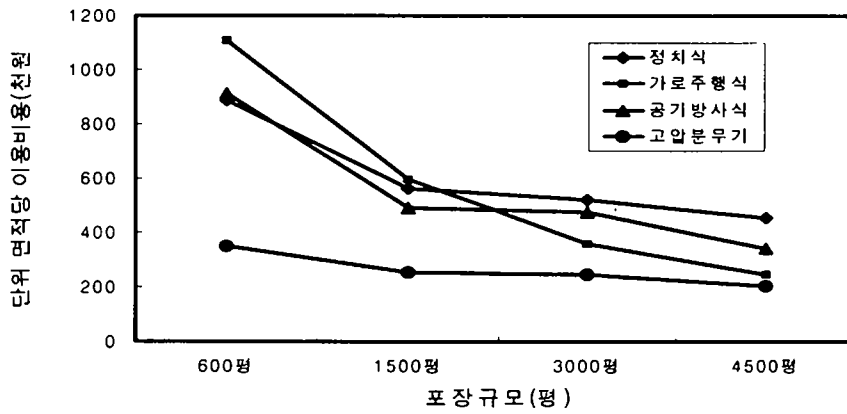
비용별	세부비용	포장규모	600평	1500평	3000평	4500평
		폭x장 품목	30x70m	60x85m	60x170m	60x250m
구입비	구입비	600 L	15,000	15,000		
		1,000 L			40,000	40,000
	부대비		500	500	500	500
구입비총계			15,500	15,500	40,500	40,500
계측및제어	관개시기장치	기상관측센서	8,000	8,000	8,000	8,000
		토양센서	500	500	1,000	1,000
		제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000
	방제시기결정	제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000
	시비조제장치	유동계측센서	1,000	1,000	1,000	1,000
		제어장치	5,000	5,000	5,000	5,000
계측제어계			(18,500)	(18,500)	(19,000)	(19,000)
이용비	감가상각	년간	3,100	3,100	8,100	8,100
	고정비	년간	155	155	405	405
	변동비	동력비/년	294	568	880	1,174
인건비		년간	1,600	3,200	4,000	4,800
관리비	수리비	년간	310	310	810	810
	기타비용	년간	15	15	40	40
이용비용계			(5,474)	(7,348)	(14,235)	(15,329)

(4) 동력 고압분무기 (단위 :천원)

비용별	세부비용	포장규모	600평	1500평	3000평	4500평
		폭x장 품목	30x70m	60x85m	60x170m	60x250m
구입비	구입비	600 L	1,000	1,000	2,000	2,000
	부대비		500	500	500	500
구입비총계			1,500	1,500	2,500	2,500
계측및제어	관개시기장치	기상관측센서	8,000	8,000	8,000	8,000
		토양센서	500	500	1,000	1,000
		제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000
	방제시기결정	제어 S/W	2,000	2,000	2,000	2,000
	시비조제장치	유동계측센서	1,000	1,000	1,000	1,000
		제어장치	5,000	5,000	5,000	5,000
계측제어계			(18,500)	(18,500)	(19,000)	(19,000)
이용비	감가상각	년간	300	300	500	500
	고정비	년간	15	15	25	25
	변동비	동력비/년	147	294	440	587
인건비		년간	1,600	3,200	6,400	8,000
관리비	수리비	년간	30	30	50	50
	기타비용	년간	2	2	3	3
이용비용계			(2,094)	(3,841)	(7,418)	(9,165)
총 계						



(a) 총제작비 또는 구입비용



(b) 총이용비용

그림 2-5. Chemigation 및 관행방제의 규모별 단위 면적당 비용분석

3. 생산기반시설과 모델선정

우리 농업은 식량의 자급을 위한 정책농업에서 유망작목을 전업적으로 생산하여 판매하는 상업농업으로 변화되어 가고 있다. 밭은 논보다 지형조건이 불리한 곳에 위치하여 있고 논보다 4배의 노력이 필요하므로 앞으로 이들 농지가 한계농지가 될 가능성이 크다. 경지이용율은 120.4%(1985)에서 107.3% (1994)으로 하락하고 유휴지가 3.1%(1994)로 증가함은 이를 나타내고 있다. 소비의 형태는 미곡의 연간 소비량 감소는 128.1 kg/인(1995)에서 108.3 kg/인(1994)으로 감소하는 반면 채소 및 과일의 소비는 꾸준히 증가하고 있다. 또한, 농산물 표준소득은 식량작물에서 보다 채소나 화훼류에서 높은 것으로 분석되고 있다. 따라서 밭을 대상으로 영농조건을 개선하여 경쟁력을 강화하며 적극형 수출농업으로 육성할때 유망작목은 모두가 밭에서 생산되는 것들이 될 것이다. 앞으로는 신노정 농어촌 발전 계획으로 현재 진행중인 밭기반 정비사업을 더욱 확대 시행하여 기계화와 생력화를 바탕으로 생산성 향상을 꾀해야 한다.

밭의 구획정비는 논과 달리 수평으로 만들 필요가 없으며 적절한 크기의 구획과 농도 및 용배수시설을 설치하면 된다. 밭의 구획은 所有區, 耕區 및 圃區로 나누어지며 소유구는 한 농가의 1소유단지로서 그 크기는 영농계획과 노동생산성 향상을 고려하여 집단화가 되도록 최대 2-3개 정도가 되면 적당하다. 환지구획의 크기를 합리적으로 정하여 소규모 경영지대에서는 되도록 큰 작물단지가 되게 하며 대규모 경영의 경우는 지역전체의 개발계획에 따라 농장배치계획과 농장집단화를 피하는 것이 좋다. 경구는 영농작업의 단위가 되는 구획이며 작업체계에 따른 기계작업, 관리작업, 용배수작업 등을 고려하여 기계작업의 효율이 최대가 되도록 장단변의 길이를 결정한다. 작업기계의 효율을 높이기 위하여 장변의 길이는 1행정의 작업이 이루어지는 길이로 결정하며, 단변의 길이는 기계작업폭에 정수배가 되도록 하면 효과적이다. 그러나 논과 달리 작업방법이나 영농계획에 따라 변경시킬 수 있다. 관개방법에 따라 고

랑길이, 살수관 간격등이 단변의 길이를 제한하며 살수간격의 정수배가 되어야 한다. 방제 및 수확 등 재배관리작업에 따라 경구의 크기가 결정되며 농약제 도달거리 및 운반거리등을 고려하여 20-50m의 단변의 길이가 적당하다. 포구는 도로 수로 등에 둘러싸인 구획으로 간지선 농도의 배치에 따라 결정하는데 토양, 지형, 영농체계, 배수계통 등을 고려하여 결정한다. 크기와 형상은 간선지농로의 배치에 따라 결정되며 그 형상은 토양, 강우강도, 경사도 및 영농방법 등의 조건에 따라 기본형이 표 2-11에 제시되어 있다. 이중 I-IV 기본형과 15% 이하 경사도에 chemigation system 적용이 가능하며 표 2-12에서 75% 이상의 밭이 영역에 있음을 보여주고 있다.

표 2-11. 포구의 기본형과 적용조건 및 장단변의 길이

구분 \ 기본형	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
경 사	14%이하	14%이하	14%이하	14%이하	5%이상	5%이상	14%이하	14%이상
지 형	단순	단순	단순	단순	단순	복잡	단순	과수원
토 양	내식, 불투수	내식, 불투수	침식, 투수	침식, 투수	침식, 불투수	내식, 불투수	무조건	무조건
강우강도	소	소	소	대	대	소	무조건	무조건
영 농	소규모	대규모	소규모	대규모	무제한	소규모	대규모	-
장변(m)	200-300	400-1000	200-500	200-500	100-200	지형	지형	100-20
단변(m)	100	200	100	200	60-80	지형	지형	지형

상기한 경지정리 사업이외에 용수 조직계획은 경제성과 함께 생력화가 큰 과제이며 이에 따라 보통 전작물 및 목초를 기간작물로 하는 지구는 정치식, 이동식 및 자주식 대형 살수기가 경제적이며 생력적이다. 과수원이나 야채 등의 전작에는 집중 자동제어방식이 효과적이며 큰 작물단지가 형성되어야 한다. Chemigation System의 설계에 생산기반 정비사업의 정책 및 검토 사항을 고려할 때 단변에 정수배가 될 수

있는 35-40m가 적절한 경구의 폭이 된다. 호스 견인식의 경우는 최대 견인길이에 의해 1회 진행거리가 제한되나 관개밸브의 위치를 곳곳에 계획하여 장변의 길이를 연장시킬 수 있다. 시스템이 포구 안에서 이동하며 작업을 하면 이용효율이 증가하며 포구간 이동할 수 있으면 이용율을 극대화한다.

표 2-12. 밭의 경사도별 분포

	계	2%이내	7%이내	15%이내	15%이상
답	1,288(천ha)	550	478	215	45
	%	42.7	37.1	16.7	3.5
전	879(천ha)	78	260	340	201
	%	8.9	29.6	38.7	22.9

2-3 Chemigation System 구성

1. 시스템 구성

경북대학교 부속농장에 설치한 가로주행식 chemigation system을 약 2ha에 해당하는 기본포장의 포장경구의 구성을 실측도로 그림 2-7에 보였다. chemigation system은 계측기지부(B: base unit)와 가로주행부(D: driving unit)로 구성되며 주행로의 여유를 포함하여 耕區의 폭(단변)은 40m이고 장변은 200m로 주펌프(P)로 부터 경구밸브(V)를 통하여 호스(H)를 견인하도록 하였다. 가로주행부는 자주식으로 세로이동하며 호스는 경구전용을 제시하였다.

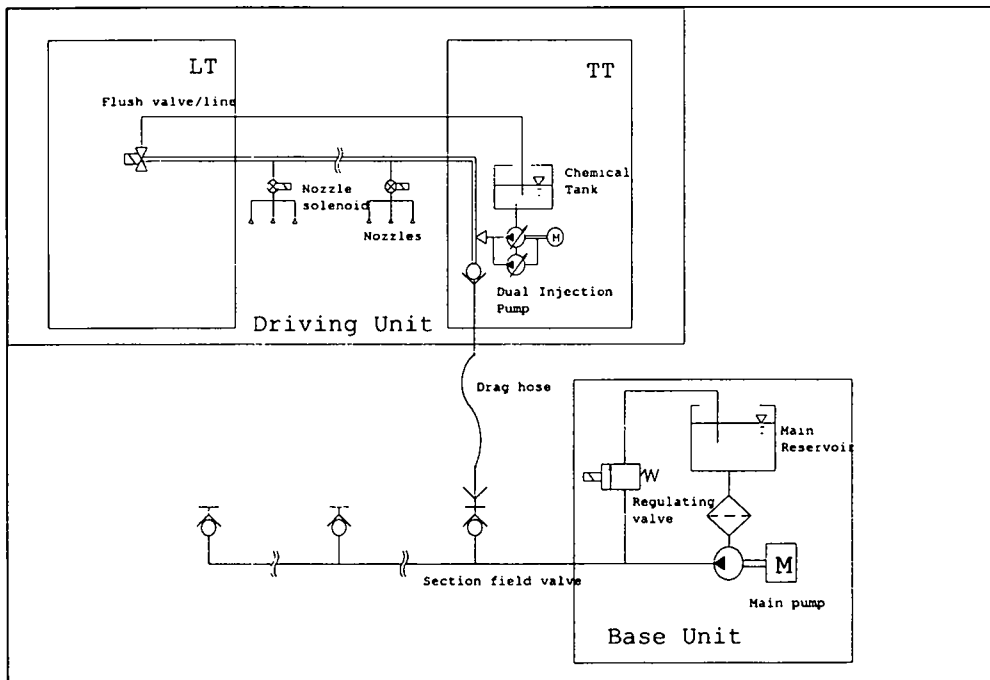


그림 2-6. 기지부 및 가로주행부 유체유동부와 주입부의 구성도

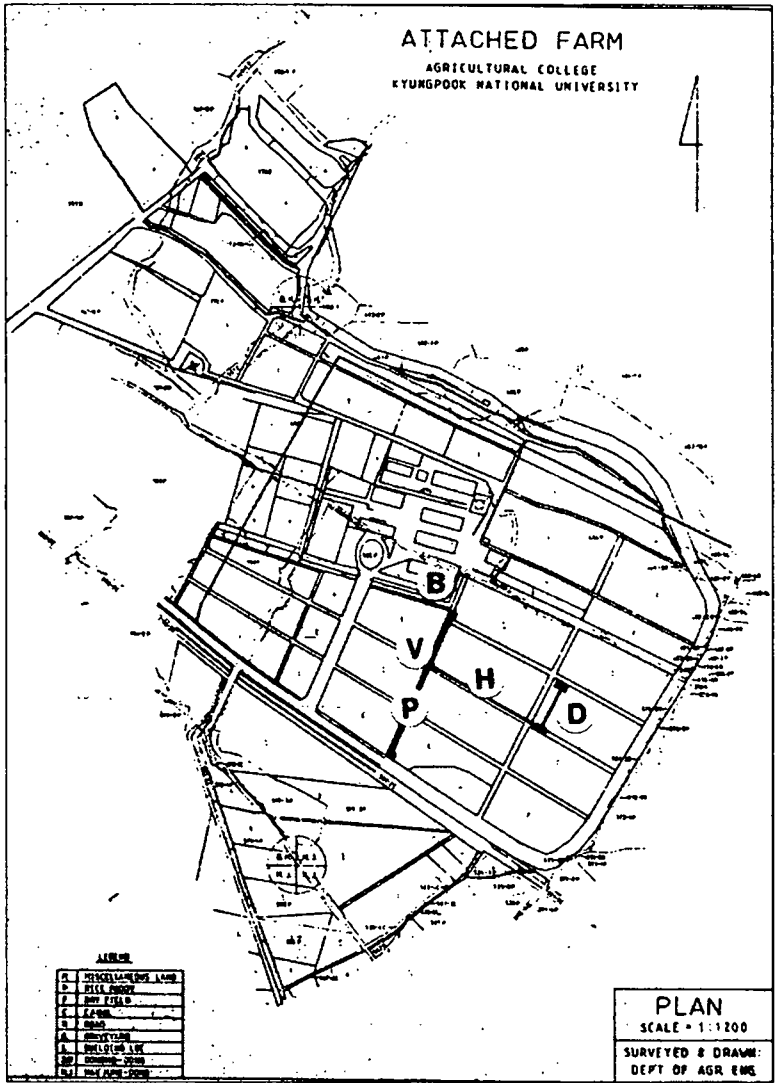


그림 2-7. Chemigation System 포장경구의 구성

그림 2-6은 계측기지부와 가로주행부의 구체적인 구성을 보였다. 계측기지부는 고정된 장소에 위치하며 기상관측장치와 제어부가 설치된다. 기상관측외에 토양수분 센서를 농장을 대표할 수 있는 위치에 설치하여 기지부로 연결하였다. 이곳에 관정과 (혹은 급수원) 주펌프가 위치할 수 있으며 운영자가 주로 위치하여 시스템을 관장하는 곳이다. 가로주행부는 움직이며 계획된 포장에 작업을 할 수 있도록 동력부와 구동부가 장치되고 작업수행 정보의 수집장치도 탑재된다. Chemigation system의 주요부인 약제의 주입장치를 같이 탑재하여 시비와 방제가 이루어 질 수 있도록 하였다. 가로주행부, 동력부 및 주입부의 상태가 정상이 아닐 경우 주행과 약제주입을 멈추게 하는 연동장치가 부가된다. 작업 중 주행부는 이동하기 때문에 주행부와 기지부 사이에는 FM 무선 송수신장치를 두어 작업정보와 연동신호 등을 공유 할 수 있도록 하였다.

포장의 경구에는 경구 밸브를 설치하여 관정 펌프에서 가로주행부까지 관수를 공급하는 호스가 연결될 수 있도록 한다. 이 호스는 경구 전용으로 사용하는 것이 편리하며 주행부가 견인하여 경구의 전 길이를 진행하게 된다. 가로주행부에는 방제와 시비/관수 할 수 있는 노즐이 설치되며 이는 작물의 특징과 작업의 대상에 따라 전용으로 설치해야 한다. 남은 여액의 처리는 중요하므로 약액의 양을 계획하여 쓰고 약제탱크에 남은 양을 최소로 해야하며 또한 작업후 관로에 남아 있는 약제를 탱크로 회수하도록 한다.

2. 모델의 개념설계

가. 생산기반시설과 설계에의 반영

- 전작의 耕區의 폭(단변): 40m
- Chemigation system구동부의 지거폭: 36m
- 가로폭의 연장 : 파이프의 (6m)의 연장 혹은 구동탑 마디의 연결
- 호스견인식 : 100mm 호스의 100m(경구의 장변) 견인
- 경구의 장변은 경구밸브의 설치로 연장가능

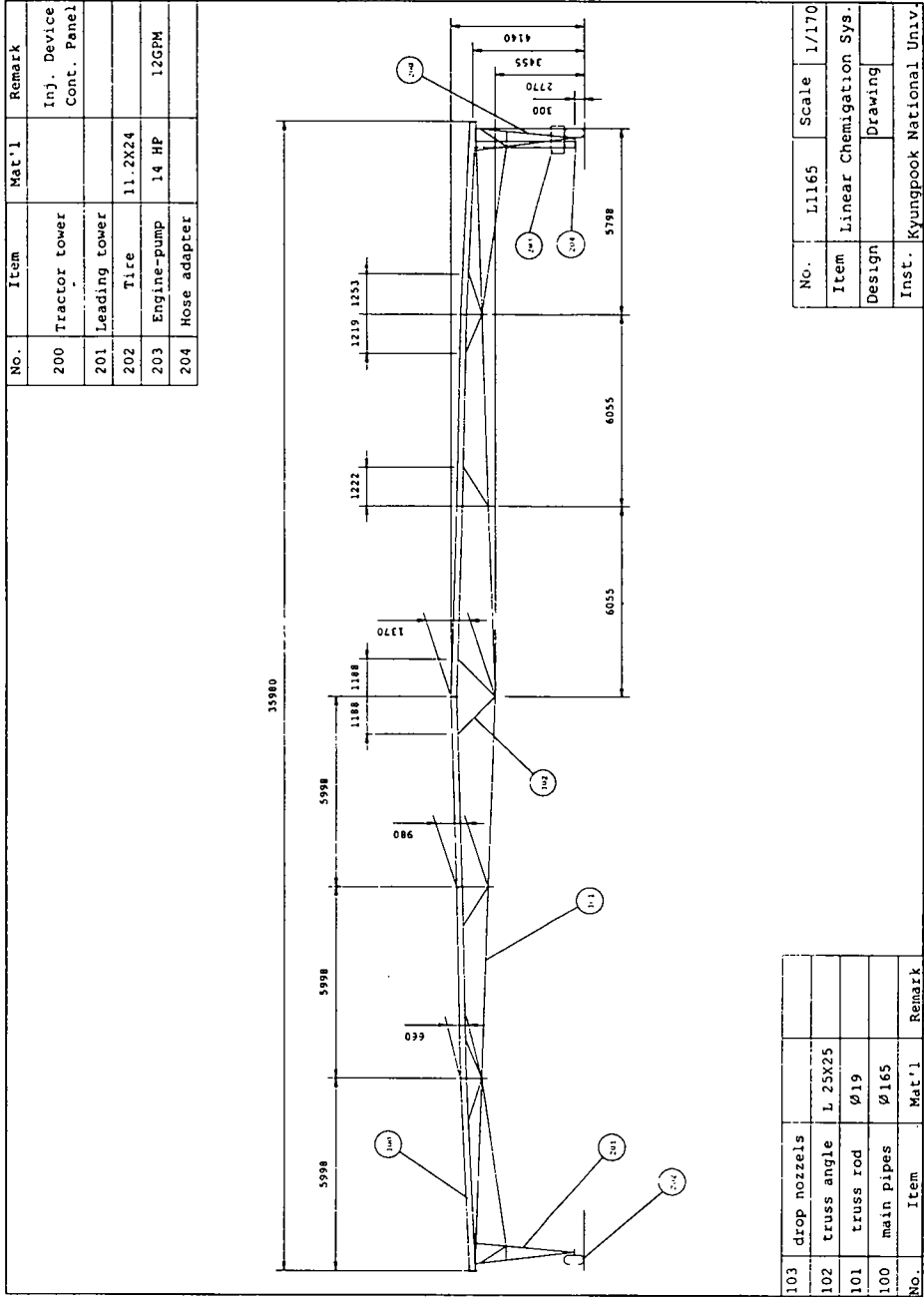


그림 2-8. Chemigation system 구조부 개념설계

나. 구조부 설계

- Bow 구조는 적은 부재의 수로 자세유지에 유리 (그림 2-8)
- FEM (SAP90)으로 하중 및 응력해석 안전계수 1.5-2.0 적용

다. 유체 유동부 설계

- 급수탱크에 점성펌프설치 (3-5HP):
관수시 (70-140 L/min @ 1-2 kg/m²) 방제시 (30-50 L/min @ 3-5 kg/cm²)
- 주관로는 방제 및 관개용으로 양용;
평균유속 24 (방제), 119(관개) cm/sec; 지연시간 147(방제), 30(관개)sec
주관로의 내부용적 69 L
- 노즐의 크기, 갯수 및 배치는 작물의 형태에 따라 설치
- 주입장치의 펌프:
소용량 20-200 mL/min 및 대용량 0.2-2 L/min의 양용량 diaphragm 계량펌프
0.5hp DC모터(12VDC, 1800 rpm, 39A)
선혼합이 필요한 수화제는 200L탱크와 교반기설치;
- 혼합장치는 주관로의 여액을 회수
- 주입장치의 역전방지 안전장치

라. 구동 및 동력부 설계

- 유압펌프 구동을 위한 원동기 (diesel engine, 18kW @1800-2000rpm)
시스템 구동용 axial piston식 유압펌프: (75.7lpm @12.3MPa @2000rpm)
시스템 동력측정용 토크 변환기 (5.0kg · m @10000rpm)
인버터(500W) 및 주입펌프(500W)를 위한 전기동력: 50A alternator 설치
- 유압모터구동 (연속진행 0.4-4.0 m/min)
트랙터지거(TT) 유압모터: (535N · m, 104rpm, 3100W)
기준지거(LT) 유압모터: (294N · m, 100rpm, 5800W)
유성기어 감속기: 68:1 (Fairfield Co.)
- 실험 및 구동바퀴 회전용 트랙터 및 기준지거 유압실린더

- 주행방향 유도장치: 고랑 안내바퀴식(furrow guidance)
 - 지준지거의 기준속도 설정
 - 트랙터지거의 방향조정 밸브
 - 전진·후진선택밸브
 - 구동륜 주행속도 및 방향 측정용 근접센서 및 LVDT
- 구동륜 타이어: 11.2-24(Code R-1) 폭(b)=28.5 cm과 직경(d)=110.4 cm

마. 계측 및 제어부 설계

- 계측기지부의 병해경보 및 관수시기 결정: 기상관측 및 토양수분측정
- 가로주행부의 성능계측: 동력(rpm, torque), 주행(오차, 속도)
 - 및 유체유동 성능(유량, 유압)
- 계측기지부 및 가로주행부의 연계: RF무선모뎀
- 주행방향 유도장치: 고랑 안내바퀴식(furrow guidance)
- Chemigation 유체유동제어: 유량, 유압, 밸브 및 주입장치제어
- 시스템 안전장치 : 주입펌프의 연동(interlock), 비상제어

여 백

제 3 장 구조부

여 백

제 3 장 구조부

3-1 구조해석

1. 구조부 모델

구조해석용 소프트웨어에는 SAFE, STAAD, SAP, ETABS, NISA, ADINA 및 RM 등 많은 종류가 있다. 이중 Chemigation system 가로구동부의 구조를 해석하기 위하여 교육용 SAP90을 이용하였다. 제 2 장에서 개념적으로 설명된 가로구동부의 bow 구조부를 3차원으로 모델화하여 해석을 준비하였다. 그림 3-1과 3-2는 각각 3차원 모델에 대한 절점 및 부재요소의 번호를 나타내었으며 표 3-1에는 실제좌표를 cm단위로 보였다. 좌표의 원점은 기준지거의 1번 부재의 중심에 잡아서 x좌표는 구조부의 세로길이 방향으로 양(+)방향을 설정하였고, y좌표는 가로방향으로 원점에서 절점 2번 방향으로 양(+)방향을 설정하였다. 또한 z좌표는 원점에서 높이방향으로 중력의 반대방향을 양(+)방향으로 잡았다.

2. 하중 및 부재조건의 설정

구조물에 가해지는 하중에는 고정하중 및 장비하중 등 常時하중과 유체하중 및 풍하중 등 非常時 하중을 고려해야 한다. SAP90에서 하중의 입력자료는 kgf/cm의 단위로 쓰였으며 부재하중으로 환산하여 입력하였다.

표 3-1. Chemigation system의 구조부해석을 위한 절점의 좌표설정

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED			
CHEMIGATION SYSTEM STRUCTURE MODEL			
GENERATED JOINT COORDINATES			
JOINT	X	Y	Z
1	.000	.000	.000
2	.000	385.000	.000
3	25.820	92.780	149.933
4	-25.521	91.705	145.714
5	25.820	292.220	149.933
6	-25.521	293.295	145.714
7	-48.205	173.215	275.227
8	-48.205	211.785	275.227
9	-74.800	192.500	294.628
10	-50.800	192.500	295.795
11	50.800	192.500	300.738
12	403.000	192.500	317.872
13	525.000	252.850	244.454
14	525.000	132.150	244.454
15	525.000	192.500	323.807
16	650.300	192.500	326.456
17	1002.600	192.500	333.908
18	1124.800	192.500	336.487
19	1124.800	278.550	225.085
20	1124.800	106.450	225.085
21	1605.900	192.500	350.698
22	1724.600	192.500	354.182
23	1843.300	192.500	350.698
24	1724.600	305.550	219.217
25	1724.600	79.450	219.217
26	2324.400	192.500	336.487
27	2446.600	192.500	333.908
28	2324.400	278.550	225.085
29	2324.400	106.450	225.085
30	2798.900	192.500	326.456
31	2924.200	192.500	323.807
32	2924.200	252.850	244.454
33	2924.200	132.150	244.454
34	3046.200	192.500	317.872
35	3398.400	192.500	300.738
36	3500.000	192.500	295.795
37	3524.000	192.500	294.628
38	3497.405	211.785	275.227
39	3497.405	173.215	275.227
40	3423.380	292.220	149.933
41	3474.721	293.295	145.714
42	3423.380	92.780	149.933
43	3474.721	91.705	145.714
44	3449.200	385.000	.000
45	3449.200	.000	.000

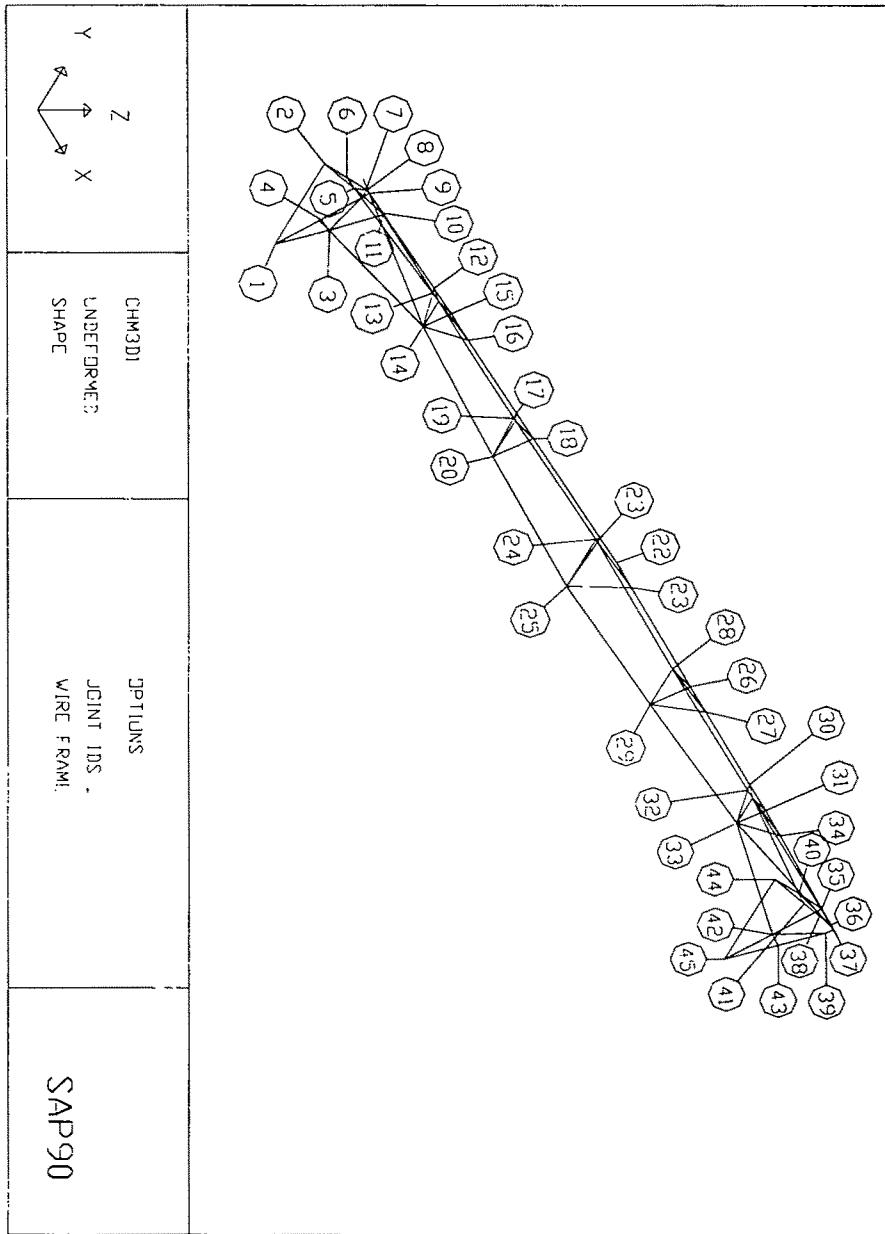


그림 3-1. Chemigation system의 구조부해석을 위한 절점번호의 설정

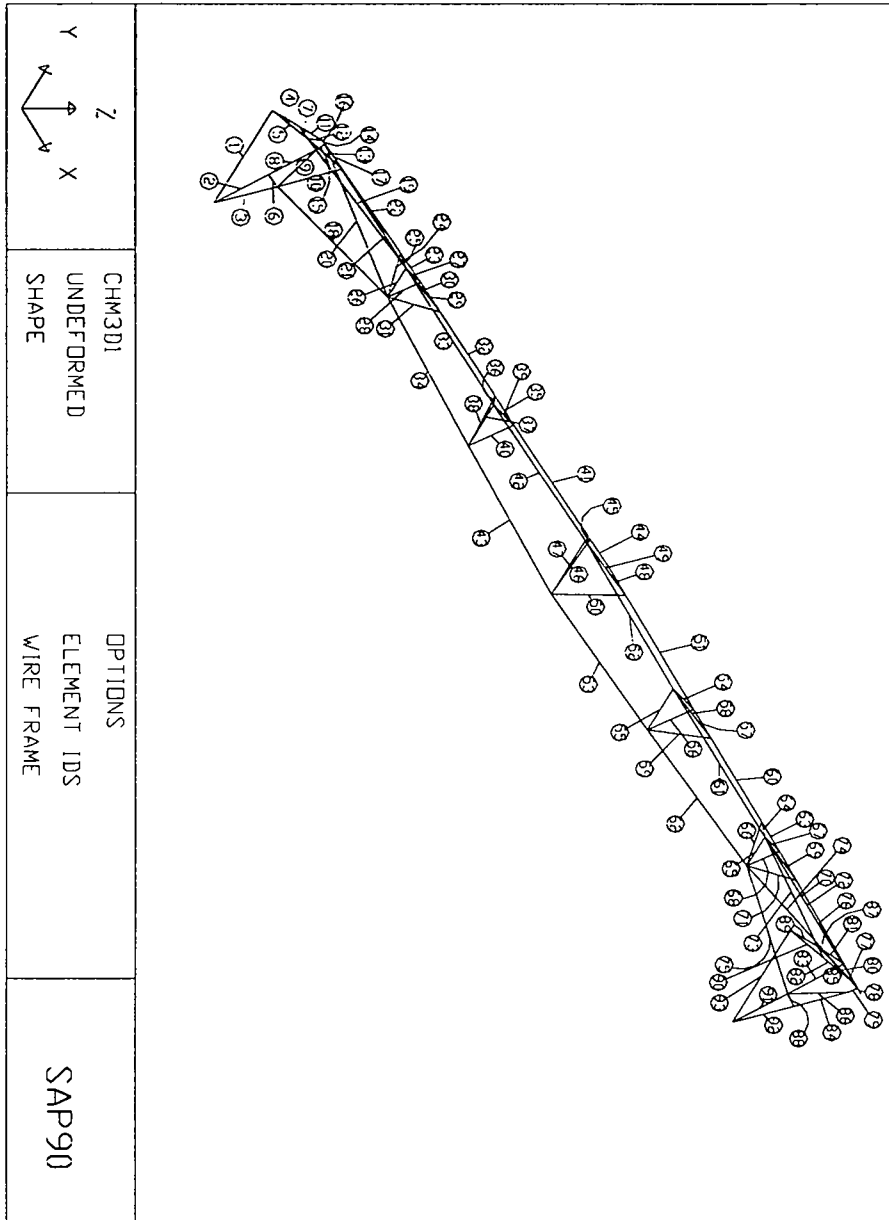


그림 3-2. Chemigation system의 구조부해석을 위한 부재요소번호의 설정

자중에 해당하는 고정하중은 부재 단면적에 비중($7.85 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$)을 곱하여 산출한다. 부재의 단면적은 설계결과에 따라 달라지며 본 장에 제시한 입력자료는 최종 설계결과에 따른 것이다. 장비하중으로는 동력부와 주입부 (총하중 385 kg)가 설치되어 있는 트랙터지거의 부재번호 93 (부재길이 385 cm)에 균등분포 된 것으로 생각하면 $z = -1.0 \text{ kg/cm}$ 으로 산출된다. 비상시 하중인 유체하중은 관로에 차있는 관개수의 무게로서 파이프부재의 내부면적에 유체비중($1.0 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$)을 곱하여 산출하며 본 장에 제시한 입력자료는 최종 설계결과에 따른 것이다.

구조부의 파이프부재는 y방향의 바람을 받아 변형되기 쉬운 자세를 갖고 있으므로 풍압을 고려하였다. 풍하중(p)은 풍압력(w)에 유효수압면적(A)을 곱하여 계산하며 풍압력은 풍력계수(c)와 속도압(q)에 의해서 계산될 수 있다. SAP90의 입력 자료를 위하여 풍하중(kg/cm)을 단위길이당 하중으로 환산하여 부재의 길이방향으로 적용할 수 있게 한다. 풍력계수는 풍상면의 노출각도에 따라 달라지며 직각방향에 대하여 $c=0.8$ 을 적용한다. 풍속은 지면으로부터 높이변화에 따른 풍속변화를 고려하여 $v = v_0 (h/h_0)^{0.25}$ ($h_0 = 10\text{m}$)의 식으로 계산하였다. 속도압(q)은 동압으로 높이에 따른 풍속변화를 고려하면 $q \approx 0.0197 v_0^2 \cdot h^{1/2}$ 으로 된다. 구조물 설계시 최대풍압력은 순간최대풍속을 사용하며 기준풍속(v_0)은 평균최대풍속(v_a)에 10%를 가중하고 7.0 m/s을 가산하여 산정한다. 설계풍속은 내구년한 (20년), 안전율(70%) 재현기간(57년) 및 지역에 따라 달라지며 대구의 경우 33.1 m/s 이었다 (원예시설 구조안전기준, 1995). 파이프 구조부의 평균높이 4.0m를 적용하면 단위길이당 풍하중은 0.345 kg/cm 으로 계산되었다.

3. 작업하중에 대한 해석

작업하중으로 파이프 트러스에 중력방향하중($z=-0.431 \text{ kg/cm}$)과 트랙터지거에 장비하중($z=-1.0 \text{ kg/cm}$)을 적용하였다. 각 절점에서의 구속조건(restrain)을 설정

하기 위하여 xyz 각 좌표에 대한 선형변위(RX, RY, RZ)와 회전변위(RXX, RYY, RZZ)의 조건을 설정하였다. 앵글로 이루어진 대부분의 요소는 볼트로 체결이 되어 있으므로 핀절점으로 판단하였고 큰 변위가 예상되지 않는 x축 선형변위와 z축 회전변위는 구속(RX,RZZ=1)하였다. 지면과 접촉하는 기준지거의 절점 1과 2 및 트랙터지거의 절점 44와 45는 x와 z축의 선형변위 및 z축의 회전변위를 구속(RX,RZ,RZZ=1)하였다. 주로 압축을 받으며 단일체 처럼 연결되는 파이프 트러스는 y축 방향의 선형변위와 세방향의 회전변위를 예상하지 않았다 (RY,RXX,RYY,RZZ=1). 구속조건은 표 3-2에 정리하였다.

그림 3-3과 3-4에 보인 휨모멘트 선도는 각각 1-2 및 1-3 평면의 부재좌표에 대한 모멘트 선도이며 1-축은 부재의 길이 방향의 부재좌표이다. 최대의 1-3 평면 모멘트(M22)는 파이프 부재에서 나타났으며 (14466.076 kgf·cm, 부재41, 51) 양의 값이었다. 최대의 1-2 평면 모멘트(M33)는 지거의 기둥부재에서 나타났으며 (4460.553 kgf·cm) 부재 10, 83에서는 양의 값으로, 부재 13, 81에서는 음의 값으로 나타났다. 양지거로부터 첫 앵글트러스 부재들의 모멘트 값이 그 뒤를 이었다.

그림 3-5과 3-6에 보인 전단력 선도는 각각 1-3 및 1-2 평면의 부재좌표에 대한 전단력 선도이다. 최대의 1-3평면 전단력(V33)은 장비하중으로 인한 트랙터지거 (192.5 kgf, 부재 93) 및 파이프 부재에서 나타났다 (120.223 kgf, 부재41, 51). 최대의 1-2평면 전단력(V22)은 지거의 기둥부재에서 나타났다 (45.843 kgf, 부재 10, 13).

그림 3-7는 부재의 축방향력을 보이며 표 3-3은 부재의 종류 별로 모아 정리하였다. 파이프 부재는 압축을 받으며 장력부재는 인장을 견뎌 bow 구조의 전형적인 힘의 해석을 볼 수 있다. 최대의 축방향 압축력은 파이프 부재에서 나타나며 (-17382.674 kgf, 부재 32, 60). 최대의 축방향 인장력은 장력부재에서 나타났다 (1263.889 kgf, 부재 33, 34, 61, 62). 그림 3-8은 작업하중으로 인한 변형을 도식하였다. 최대의 변형은 절점 22가 z축방향으로 -5.729 cm 처짐을 보였다.

표 3-2. 작업하중에 대한 구조부해석을 위한 절점의 구속조건

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED
 CHEMIGATION SYSTEM STRUCTURE MODEL

R E S T R A I N T D A T A

JOINT	RX	RY	RZ	RXX	RYY	RZZ
1	1	0	1	0	0	1
2	1	0	1	0	0	1
3	1	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	1
6	1	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	1
9	1	0	0	0	0	1
10	1	1	0	1	1	1
11	1	1	0	1	1	1
12	1	1	0	1	1	1
13	1	0	0	0	0	1
14	1	0	0	0	0	1
15	1	1	0	1	1	1
16	1	1	0	1	1	1
17	1	1	0	1	1	1
18	1	1	0	1	1	1
19	1	0	0	0	0	1
20	1	0	0	0	0	1
21	1	1	0	1	1	1
22	1	1	0	1	1	1
23	1	1	0	1	1	1
24	1	0	0	0	0	1
25	1	0	0	0	0	1
26	1	1	0	1	1	1
27	1	1	0	1	1	1
28	1	0	0	0	0	1
29	1	0	0	0	0	1
30	1	1	0	1	1	1
31	1	1	0	1	1	1
32	1	0	0	0	0	1
33	1	0	0	0	0	1
34	1	1	0	1	1	1
35	1	1	0	1	1	1
36	1	1	0	1	1	1
37	1	0	0	0	0	1
38	1	0	0	0	0	1
39	1	0	0	0	0	1
40	1	0	0	0	0	1
41	1	0	0	0	0	1
42	1	0	0	0	0	1
43	1	0	0	0	0	1
44	1	0	1	0	0	1
45	1	0	1	0	0	1

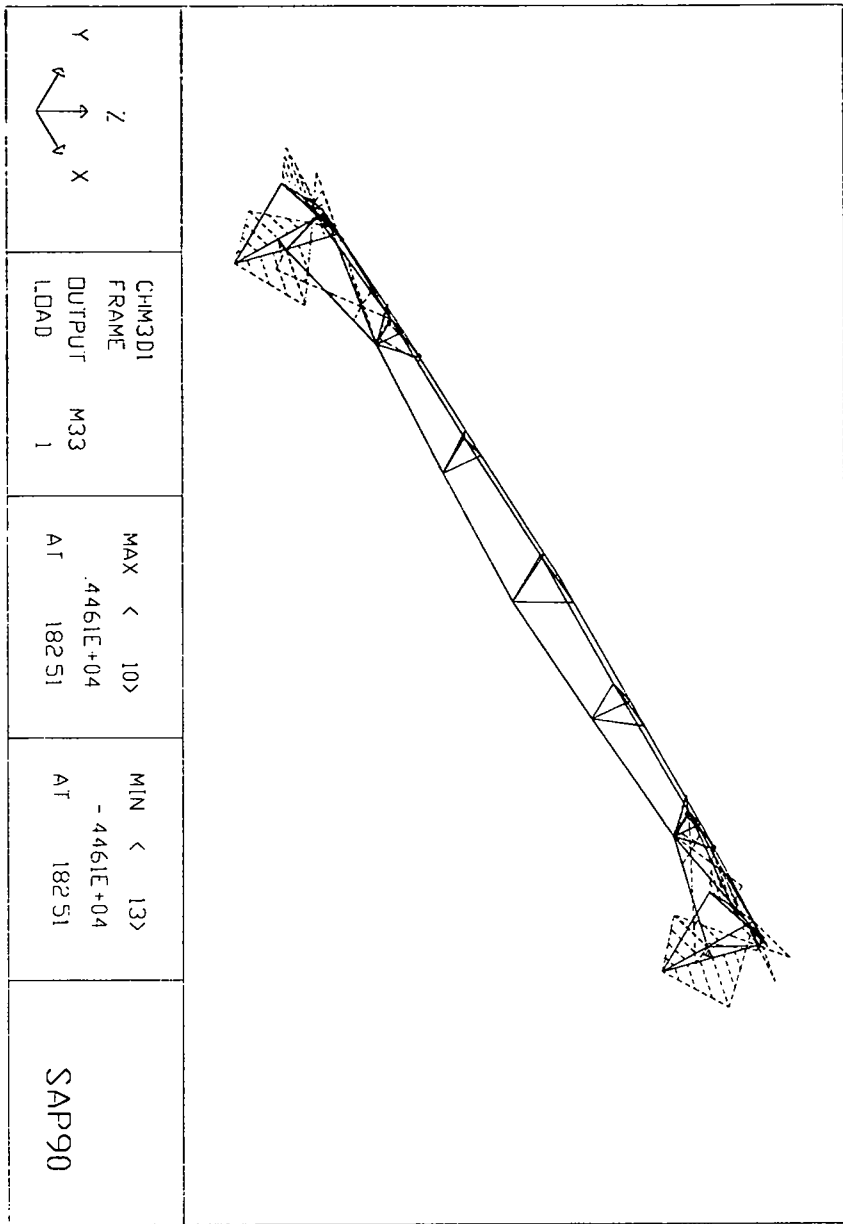


그림 3-3. 작업하중에 대한 1-2 평면의 휨모멘트(M33)선도

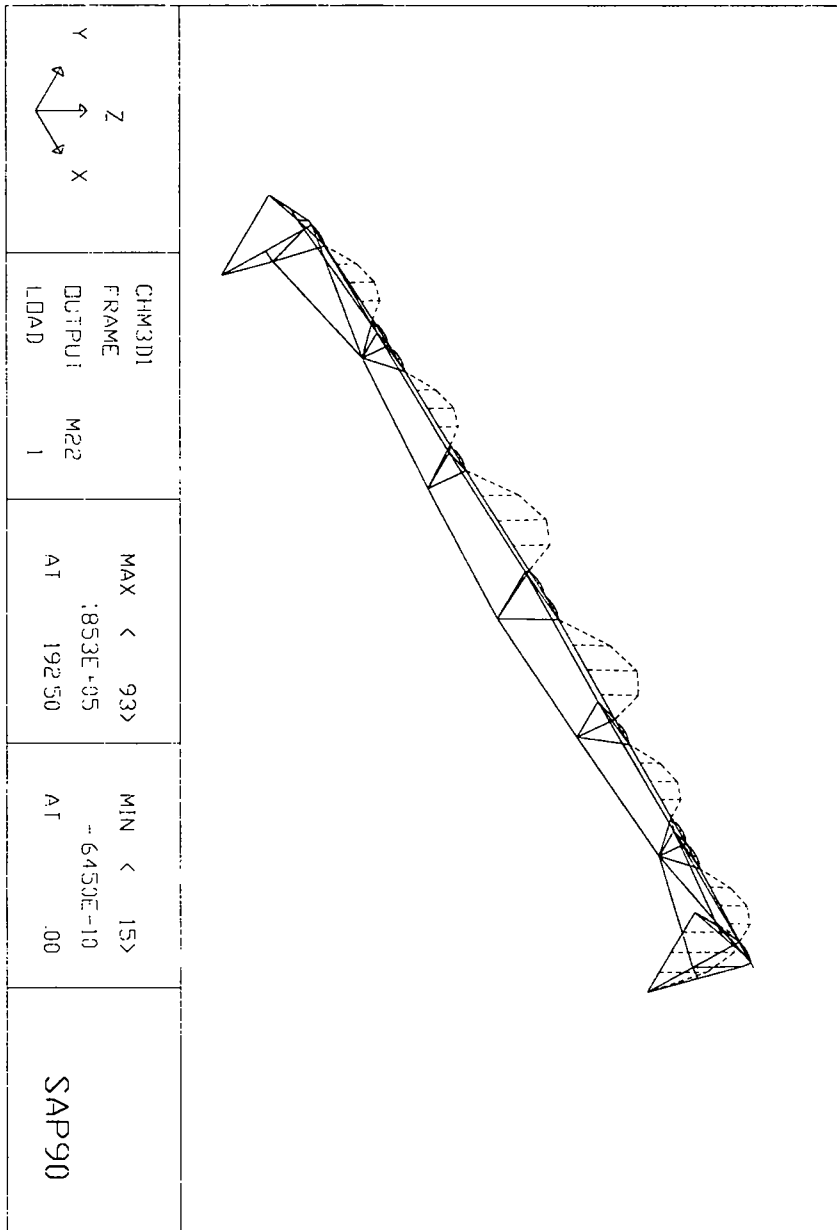


그림 3-4. 작업하중에 대한 1-3 평면의 휨모멘트(M22)선도

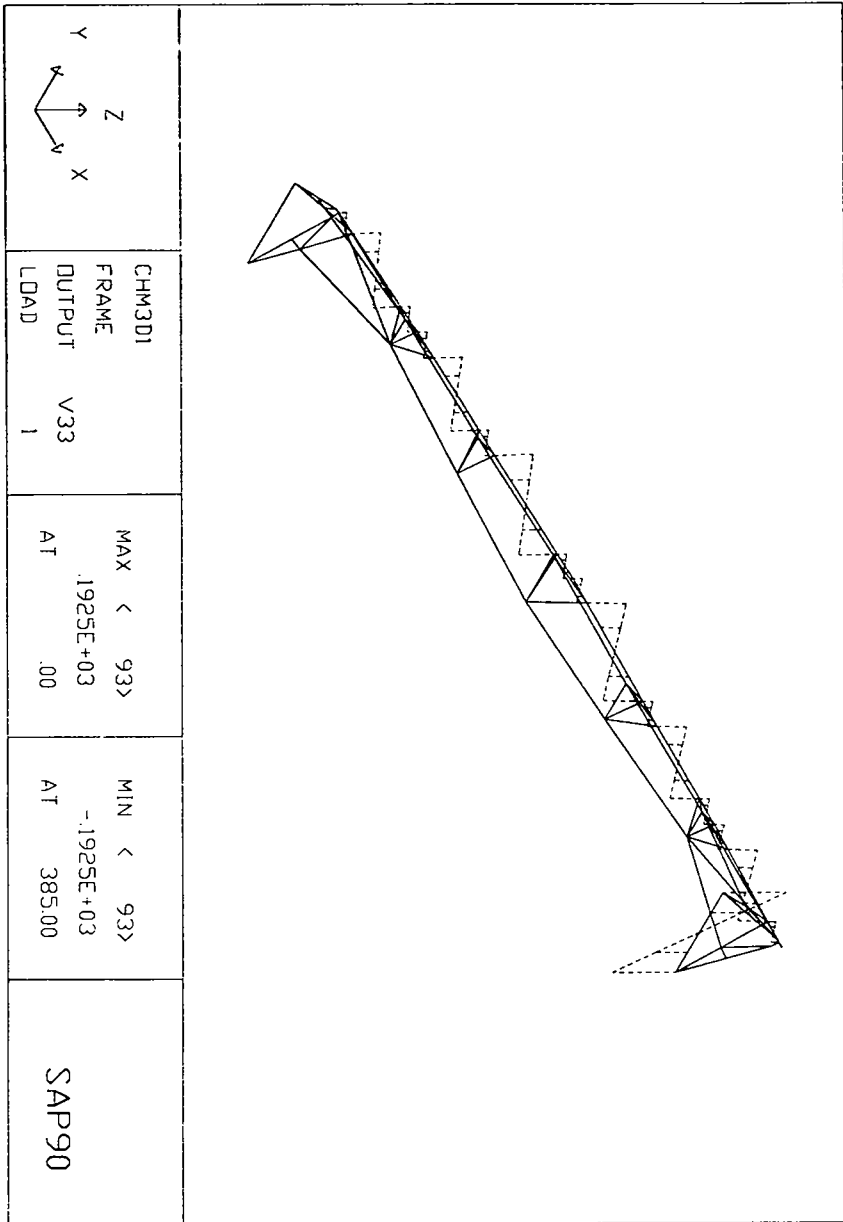


그림 3-5. 작업하중에 대한 1-3 평면의 전단력(V33)선도

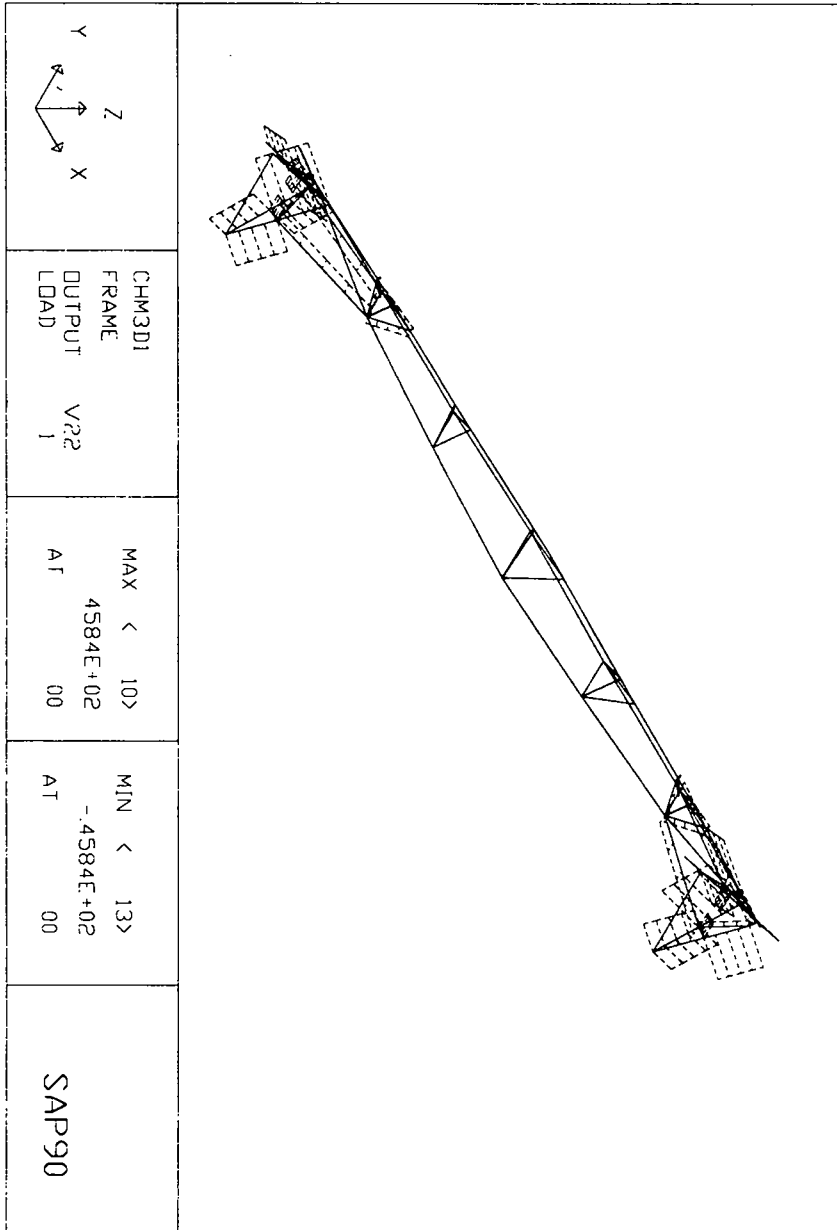


그림 3-6. 작업하중에 대한 1-2 평면의 전단력(V22)선도

표 3-3. 작업하중에 대한 축방향 부재력 해석

구분	부재번호	축방향력	구분	부재번호	축방향력	구분	부재번호	축방향력
파이프부재	14	0.000	앵글트러스부재	24	80.787	지거부재	1	260.700
	17	129.192		25	80.787		2	268.883
	22	-4112.196		26	69.862		3	-795.069
	23	-91.052		27	-38.491		4	268.883
	29	-180.537		28	-38.491		5	-795.069
	32	-17382.674		30	-475.642		6	-11.482
	35	-129.377		31	-475.642		7	-11.482
	41	-6001.806		36	209.152		8	270.007
	44	-1012.334		37	209.152		9	-355.475
	48	-1010.593		38	-20.021		10	-193.274
	51	-5994.704		39	-205.466		11	270.007
	57	-128.088		40	-205.466		12	-355.475
	60	-17378.949		45	-2.016		13	-193.274
	63	-179.213		46	-2.016		14	0.000
	69	-88.088		47	-9.437		15	-57.560
	76	-4103.639		49	-2.016		16	-57.560
77	131.660	50	-2.016	79	-57.560			
78	0.000	54	-205.466	80	-57.560			
장력로드부재			55	-20.021	81	-193.274		
	20	365.457	56	-205.466	82	270.007		
	21	365.457	58	209.152	83	-193.274		
	33	1263.889	59	209.152	84	270.007		
	34	1263.889	64	-475.642	85	-355.475		
	42	129.053	65	69.862	86	-355.475		
	43	129.053	66	-475.642	87	-11.482		
	52	129.053	67	-38.491	88	-11.482		
	53	129.053	68	-38.491	89	-795.069		
	61	1263.889	70	80.787	90	268.883		
	62	1263.889	71	80.787	91	-795.069		
브레이스	72	365.457	18	-1306.479	92	268.883		
	73	365.457	19	-1306.479	93	260.700		
			74	-1306.479				
			75	-1306.479				

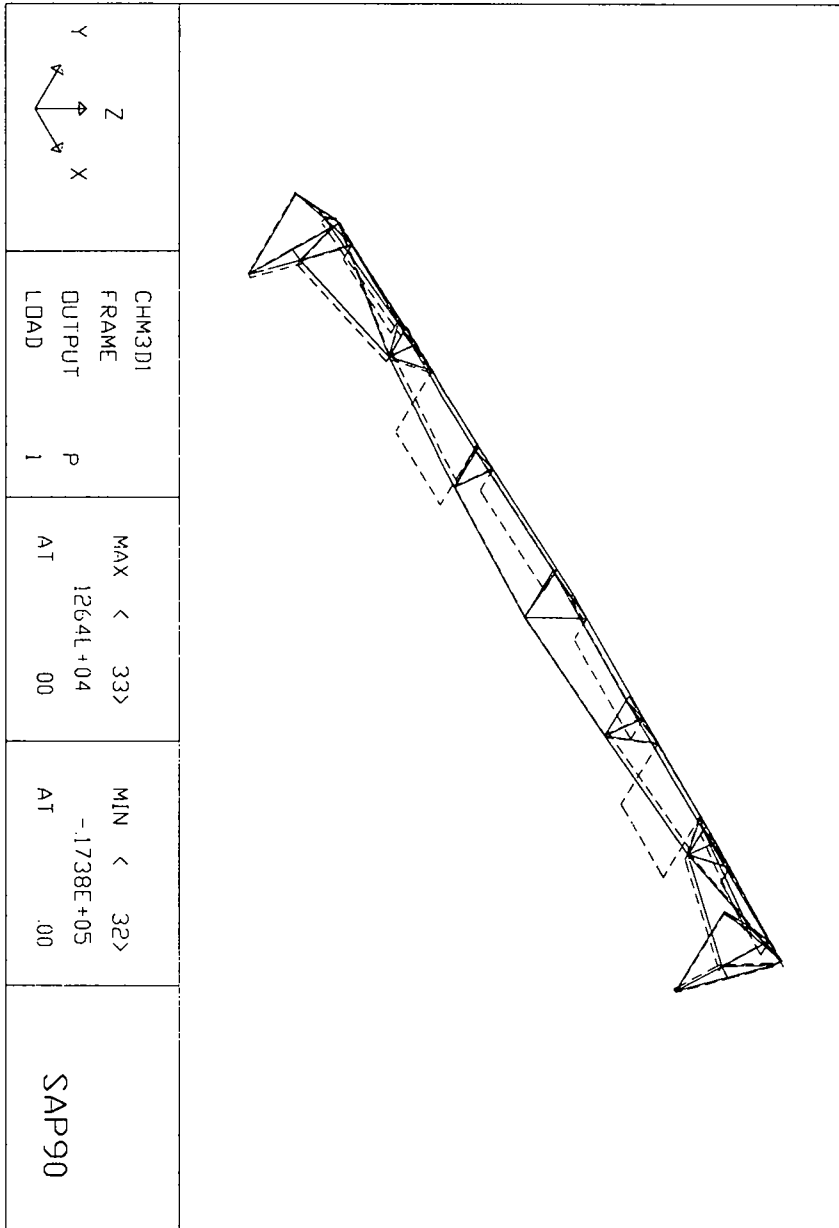


그림 3-7. 작업하중에 대한 축방향력 선도

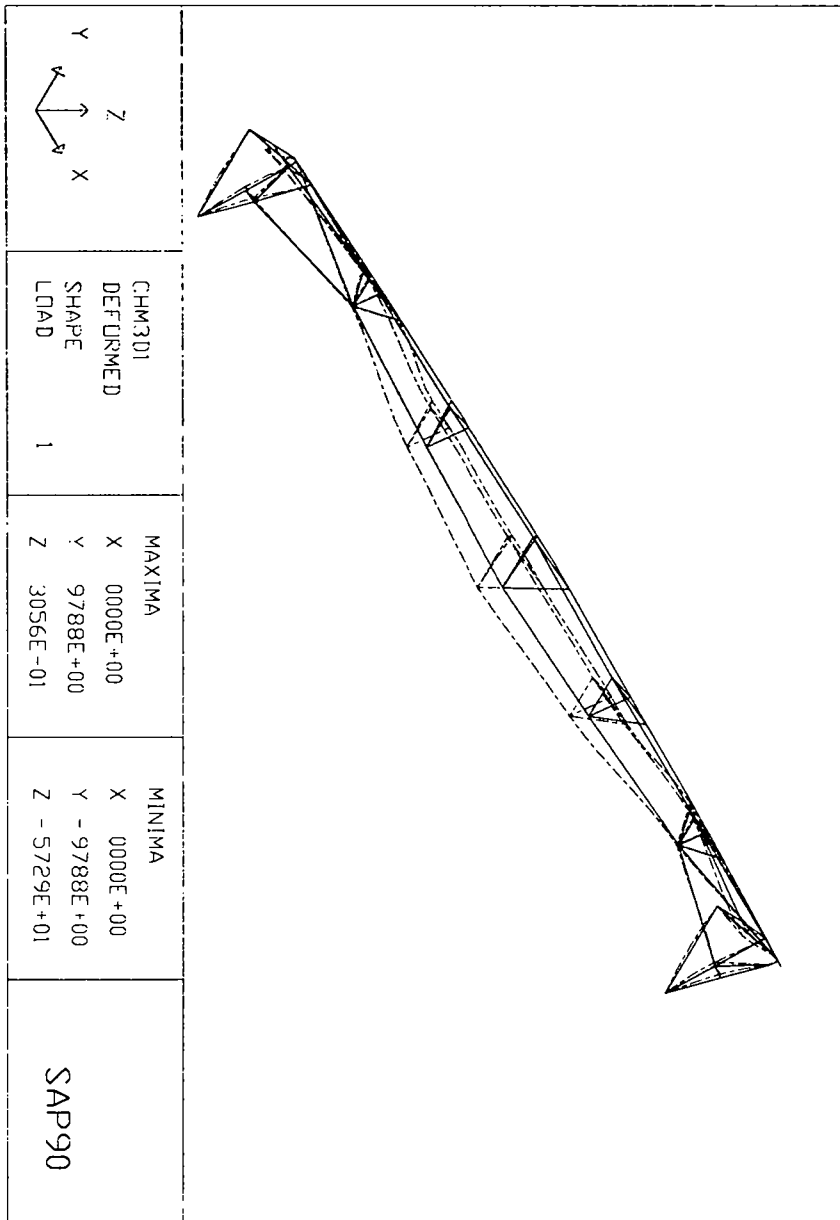


그림 3-8. 작업하중에 대한 Chemigation system의 변형선도

4. 非常時 풍하중에 대한 해석

풍하중으로 파이프 트러스에 바람방향하중($y=-0.341 \text{ kgf/cm}$)과 자중($z=-0.123 \text{ kgf/cm}$)트랙터지거에 장비하중($z=-1.0 \text{ kgf/cm}$)을 적용하였다. 기본 트러스의 구조는 정하중의 경우와 같이 설정하였으나 지면과 접촉하는 기준지거의 절점 1과 2 및 트랙터지거의 절점 44와 45는 x , y , z 축의 선형변위 및 z 축의 회전변위를 구속($RX,RY,RZ,RZZ=1$)하였다. 주로 y 축 방향의 풍압을 받는 파이프 트러스는 x 축 방향의 선형변위와 3방향의 회전변위를 구속하였다 ($RX, RXX, RYY, RZZ=1$). 구속조건은 표 3-4에 정리하였다.

그림 3-9와 3-10에 보인 휨모멘트 선도는 각각 1-2 및 1-3 평면의 부재좌표에 대한 모멘트 선도이다. 최대의 1-3 평면 모멘트($M22$)는 장비하중이 있는 트랙터지거($18528.125 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$, 부재 93) 와 파이프 부재에서 나타났으며 ($3558.655 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$, 부재41, 51) 양의 값이었다. 작업하중 때와 비교하여 작아진 이유는 유체하중이 제거된 때문이다. 최대의 1-2 평면 모멘트($M33$)는 역시 파이프 부재에서 나타났으며 ($69528.573 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$, 부재 32, 60) 부재 22와 76 파이프 부재의 모멘트 값이 그 뒤를 이었다. 이는 y 좌표 방향의 풍압이 파이프를 1-2 평면에 대한 휨에 영향을 미쳤다.

그림 3-11과 3-12에 보인 전단력 선도는 각각 1-3 및 1-2 평면의 부재좌표에 대한 전단력 선도이다. 최대의 1-3평면 전단력($V33$)은 장비하중으로 인한 트랙터지거 (192.5 kgf , 부재 93) 및 파이프 부재에서 나타났다 (29.575 kgf , 부재41, 51). 최대의 1-2평면 전단력($V22$)은 역시 파이프 부재에서 나타났다 (445.241 kgf , 부재 32, 60). 이는 풍압의 영향으로 지거구간이 전단의 영향이었다.

표 3-4. 풍하중에 대한 구조부해석을 위한 절점의 구속조건

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED
 CHEMIGATION SYSTEM STRUCTURE MODEL

R E S T R A I N T D A T A

JOINT	RX	RY	RZ	RXX	RYY	RZZ
1	1	1	1	0	0	1
2	1	1	1	0	0	1
3	1	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	1
6	1	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	1
9	1	0	0	0	0	1
10	1	0	0	1	1	1
11	1	0	0	1	1	1
12	1	0	0	1	1	1
13	1	0	0	0	0	1
14	1	0	0	0	0	1
15	1	0	0	1	1	1
16	1	0	0	1	1	1
17	1	0	0	1	1	1
18	1	0	0	1	1	1
19	1	0	0	0	0	1
20	1	0	0	0	0	1
21	1	0	0	1	1	1
22	1	0	0	1	1	1
23	1	0	0	1	1	1
24	1	0	0	0	0	1
25	1	0	0	0	0	1
26	1	0	0	1	1	1
27	1	0	0	1	1	1
28	1	0	0	0	0	1
29	1	0	0	0	0	1
30	1	0	0	1	1	1
31	1	0	0	1	1	1
32	1	0	0	0	0	1
33	1	0	0	0	0	1
34	1	0	0	1	1	1
35	1	0	0	1	1	1
36	1	0	0	1	1	1
37	1	0	0	0	0	1
38	1	0	0	0	0	1
39	1	0	0	0	0	1
40	1	0	0	0	0	1
41	1	0	0	0	0	1
42	1	0	0	0	0	1
43	1	0	0	0	0	1
44	1	1	1	0	0	1
45	1	1	1	0	0	1

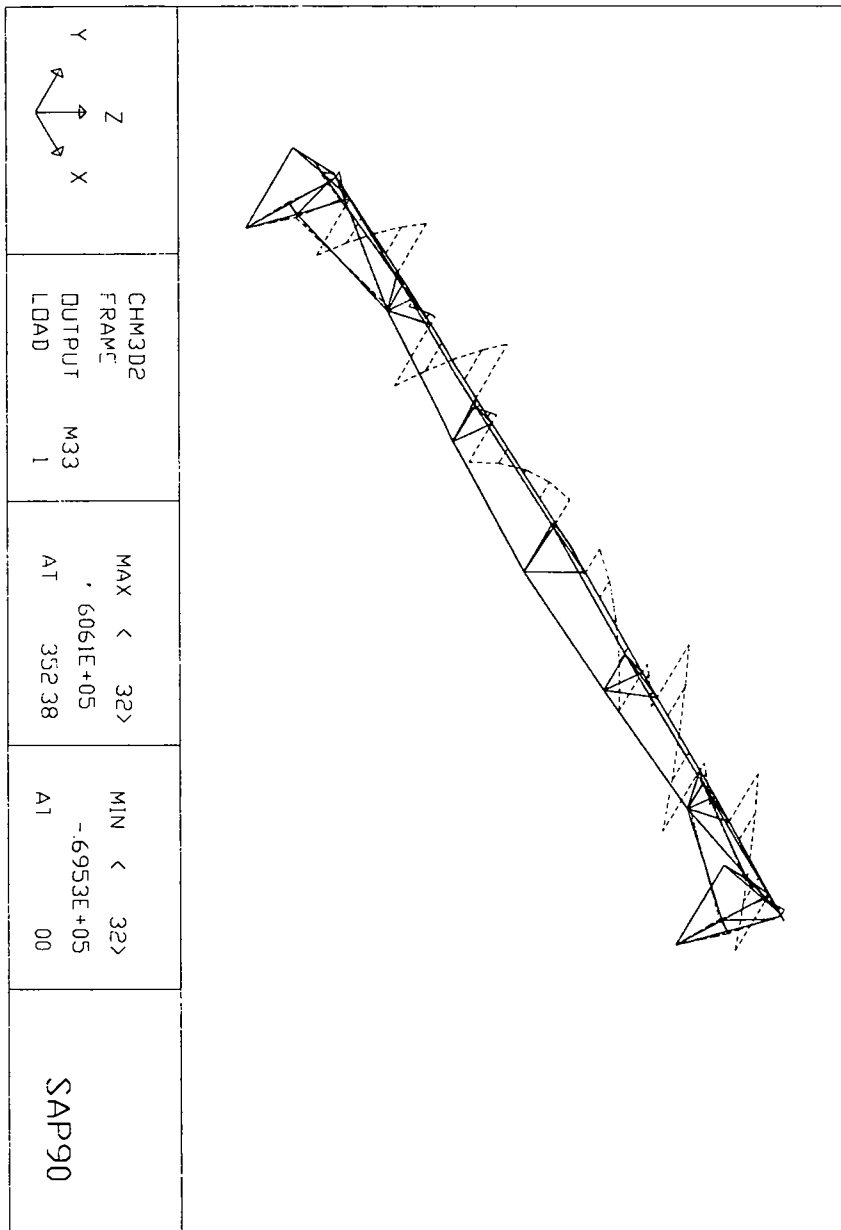


그림 3-9. 풍하중에 대한 1-2 평면의 휨모멘트(M33)선도

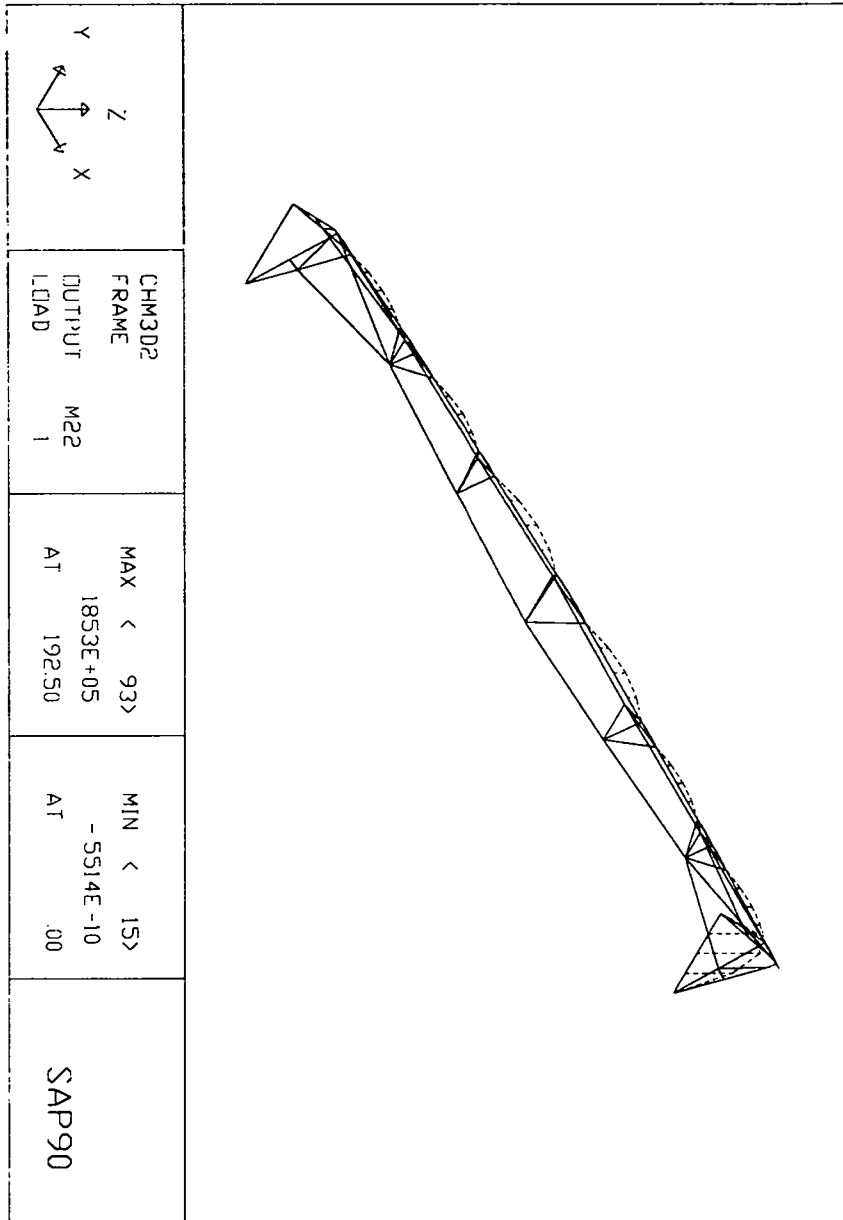


그림 3-10. 풍하중에 대한 1-3 평면의 휨모멘트(M22)선도

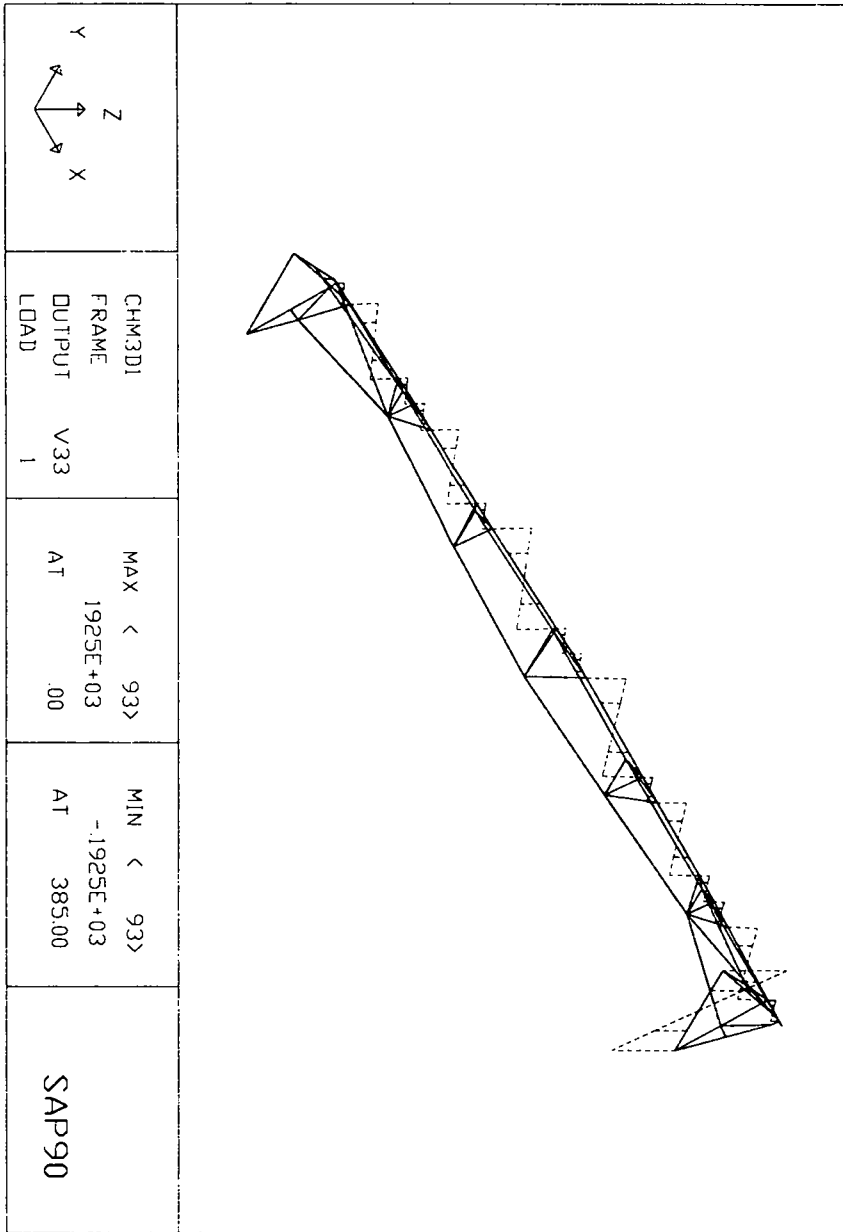


그림 3-11. 풍하중에 대한 1-3 평면의 전단력(V33)선도

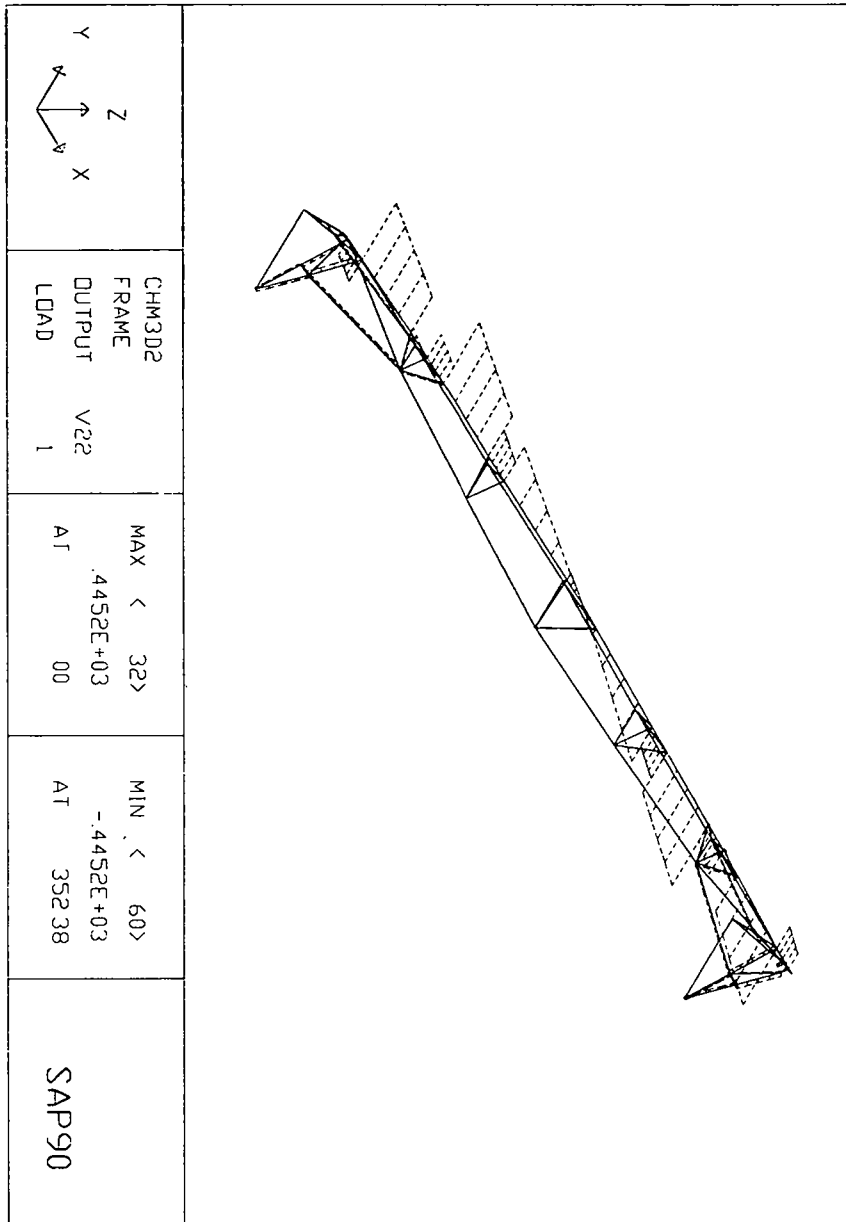


그림 3-12. 풍하중에 대한 1-2 평면의 전단력(V22)선도

표 3-5. 풍하중에 대한 축방향 부재력 해석

구분	부재번호	축방향력	구분	부재번호	축방향력	구분	부재번호	축방향력
파이프부재	14	0.000	앵글트러스부재	24	-248.166	지거부재	1	0.000
	17	31.796		25	287.917		2	28.191
	22	-1011.637		26	17.185		3	-900.102
	23	-22.400		27	147.660		4	104.088
	29	-44.412		28	-166.597		5	508.940
	32	-4276.138		30	338.280		6	-28.885
	35	-31.827		31	-572.296		7	23.235
	41	-1476.444		36	-60.635		8	31.016
	44	-249.034		37	163.538		9	-76.529
	48	-248.606		38	-4.925		10	-564.458
	51	-1474.697		39	40.266		11	101.816
	57	-31.510		40	-141.355		12	-98.351
	60	-4275.222		45	0.863		13	469.365
	63	-44.086		46	-1.855		14	0.000
	69	-21.671		47	-2.321		15	-43.639
76	-1009.532	49	0.863	16	15.320			
77	32.404	50	-1.855	79	-43.639			
78	0.000	54	40.266	80	15.320			
			55	-4.925	81	469.365		
장력로드부재	20	766.777		56	-141.355	82	101.816	
	21	-586.966		58	-60.635	83	-564.458	
	33	101.850		59	163.538	84	31.016	
	34	519.984		64	338.280	85	-98.351	
	42	-55.275		65	17.185	86	-76.529	
	43	118.769		66	-572.296	87	23.235	
	52	-55.275		67	147.660	88	-28.885	
	53	118.769		68	-166.597	89	508.940	
	61	101.850		70	-248.166	90	104.088	
	62	519.984		71	287.917	91	-900.102	
		브레이스	18	-1270.296	92	28.191		
			19	627.521	93	0.000		
			74	627.521				
			75	-1270.296				

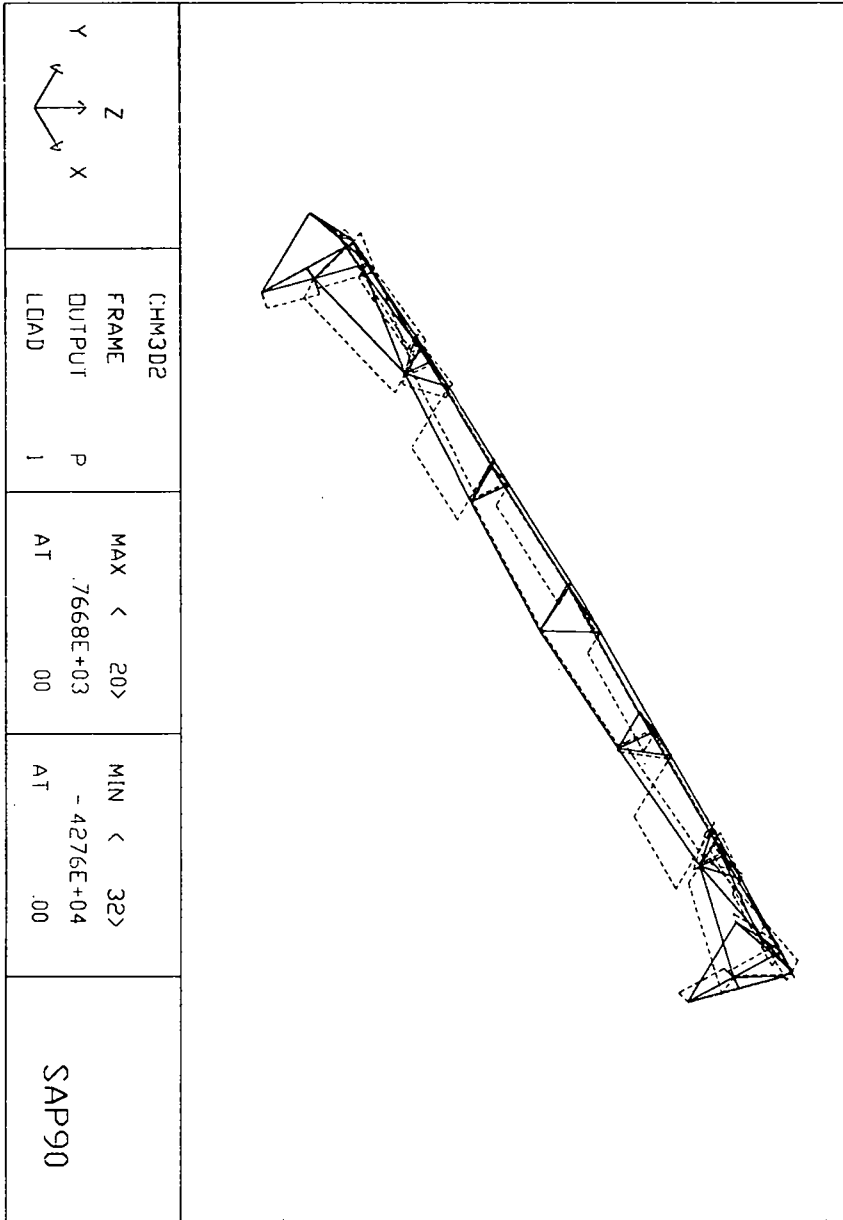


그림 3-13. 풍하중에 대한 축방향력 선도

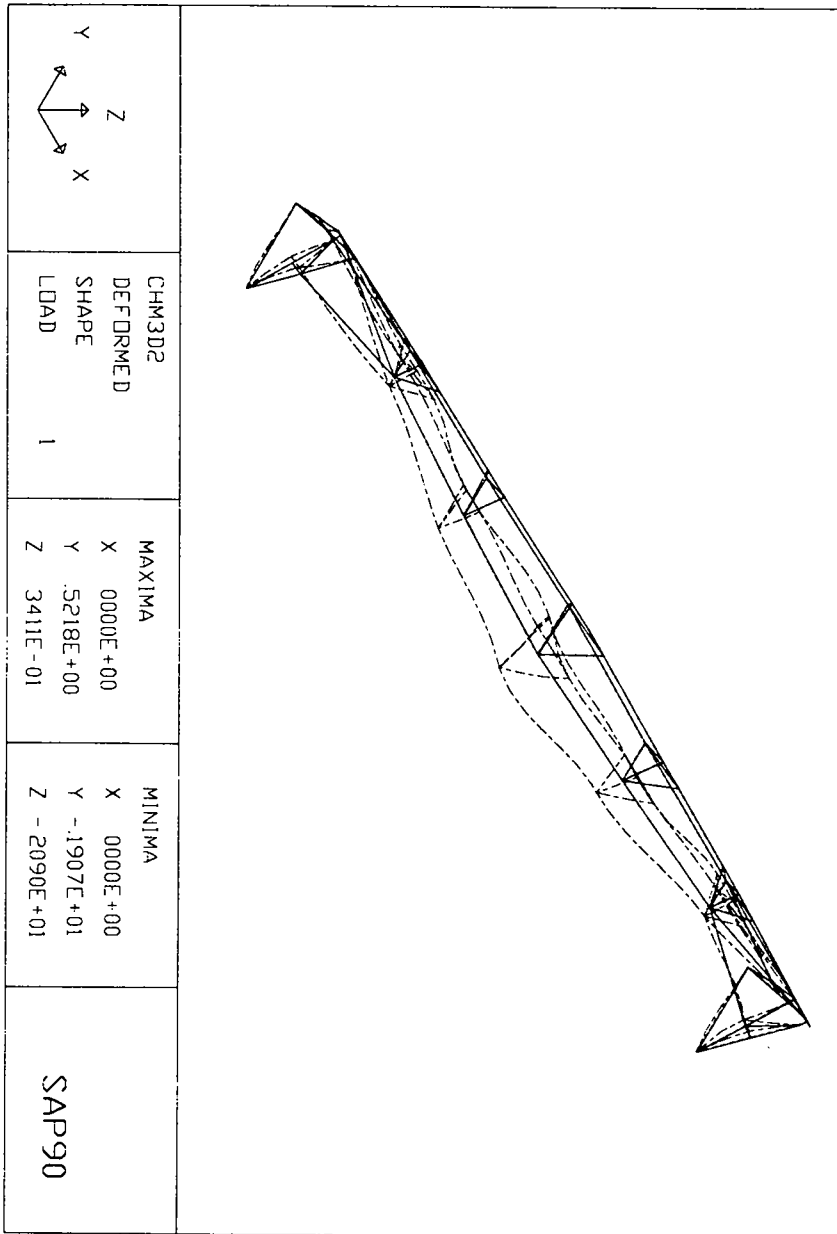


그림 3-14. 풍하중에 대한 Chemigation system의 변형선도

그림 3-13은 풍하중으로 인한 부재의 축방향력을 보이며 표 3-5에 부재의 종류 별로 모아 정리하였다. 파이프부재는 전형적으로 압축력을 받으나 최대의 값이 (-4276.138 kgf, 부재 32, 60) 감소하였다. 풍압으로 인하여 전형적으로 축방향 인장력을 견디는 장력로드에서 압축력을 받는 부재가 나타났다 (-586.966 kgf, 부재 21, 72). 그림 3-14는 풍하중으로 인한 변형을 도식하였는데 최대의 변형은 절점 25에서 y축방향으로 -1.907 cm와 z축방향으로 -2.090 cm 처짐을 보였다.

3-2 부재설계

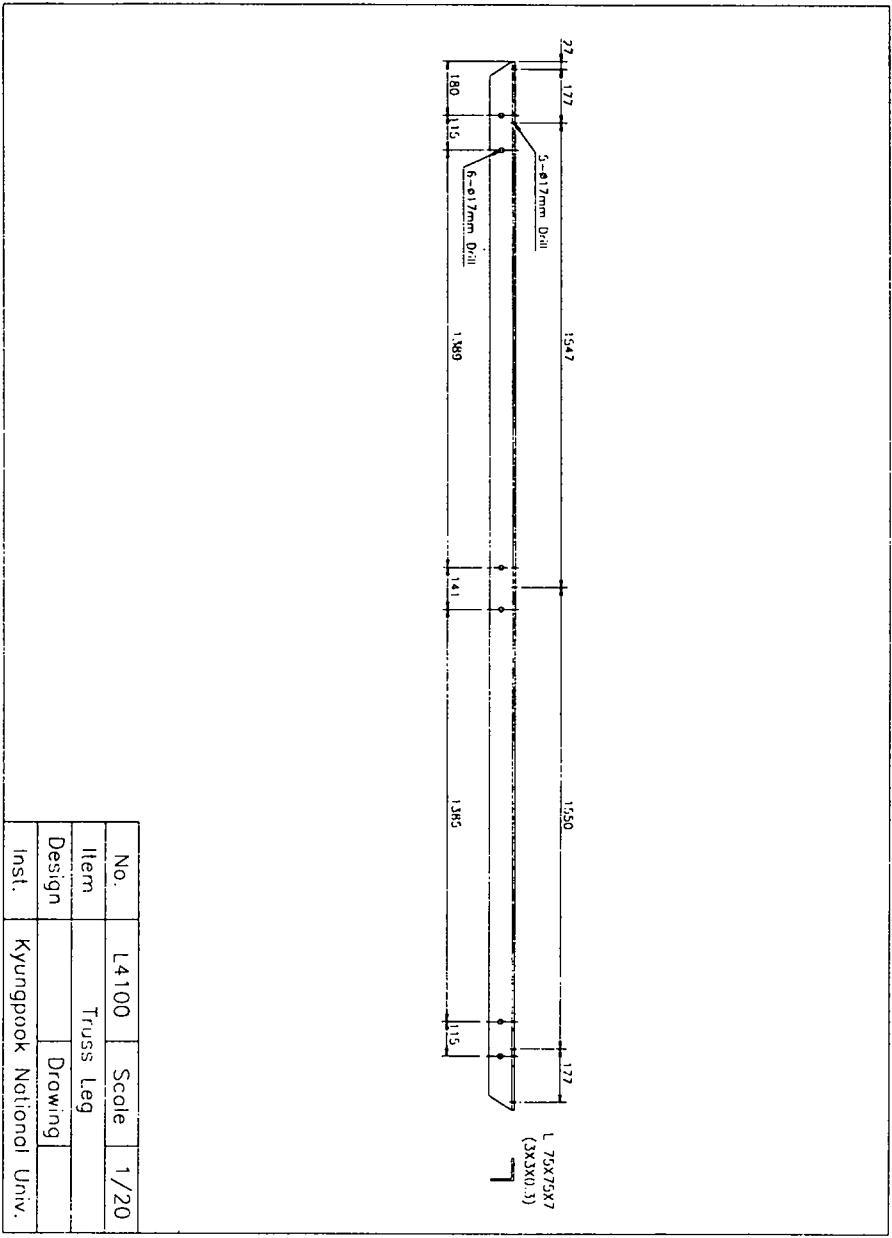
1. 구조부재의 단면설계

구조부의 단면을 결정하기 위하여 복합하중에 대한 검토를 하였다. 표 3-6은 주요부재의 복합하중과 따라 선택된 부재의 재원을 정리하였다. 파이프부재는 압축력, 전단력과 휨모멘트를 복합적으로 받게 되어 작업하중을 주로 감당하며, 트러스 앵글과 지거기둥을 통하여 하중을 전달하게 된다. 지거베이스는 장비하중이 가해져 생긴 복합하중이 가해지며 휨모멘트에 주목되며 장력로드는 인장 축하중에 의해 단순히 설계될 수 있다. 하중해석을 통한 대표적인 주요 부재를 그림 3-15~19에 보이고 있다.

표 3-6. 구조부의 설계를 위한 복합하중과 설계단면

부재명 (공칭)	부재 번호	면적 (cm ²)	관성모멘트 (cm ⁴)	단면계수 (cm ³)	하중		
					휨모멘트 (kgf-cm)	전단력 (kgf)	축하중 (kgf)
파이프 (Φ165mm)	41,51	224.32	4004.21	473.87	14466.08	120.22	-6001.81
지거기둥 L(3×3×¼)	2,4	9.29	51.61	9.46	4050.57	22.73	-795.07
지거베이스 (파이프 및 C6×8.2)	93	255.28	4061.91	480.70	18528.13	192.50	260.70
장력로드 (Φ19.5mm)	33,62	2.99	0.72	0.73	0.47	0.00	1263.89
트러스앵글 L(2×2×⅛)	30,66	7.00	38.00	8.00	452.49	4.21	-475.64

표 3-6와 그림 3-15~19에 보인 부재들은 풍하중에 대하여 충분한 강도를 유지할 수 있으나 장력로드의 부재는 인장부재로 설계되어 있기 때문에 측방향 풍압에서 압축력을 받아서는 곤란하다. 앞에서 예측한 내구년한 20년, 안전율 70%, 재현기간 57년의 태풍에 대한 최대순간풍속에 견딜 수 있을 것으로 예상된다.



No.	L4100	Scale	1/20
Item	Truss Leg		
Design		Drawing	
Inst.	Kyungpook National Univ.		

그림 3-16. 지거 기둥부재의 설계도면

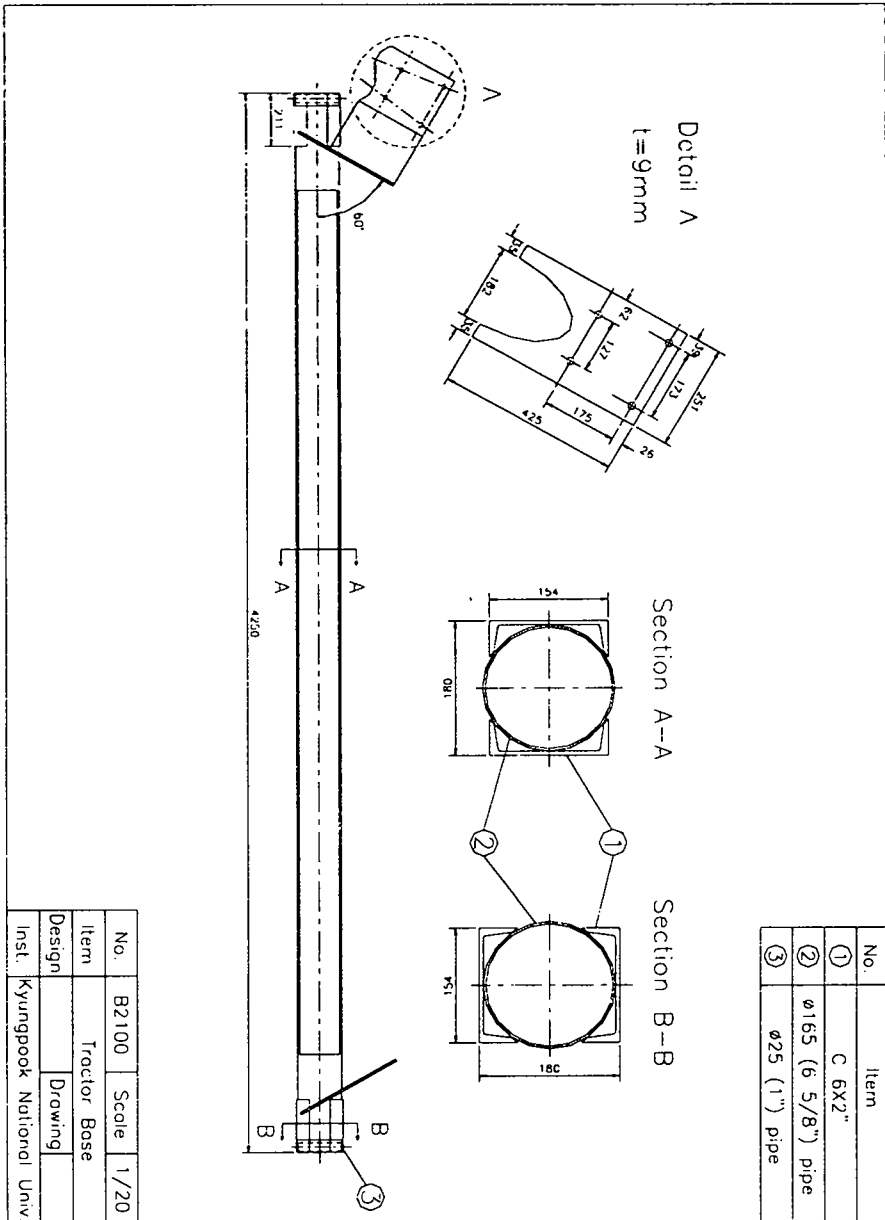


그림 3-17. 지거 베이스부재의 설계도면

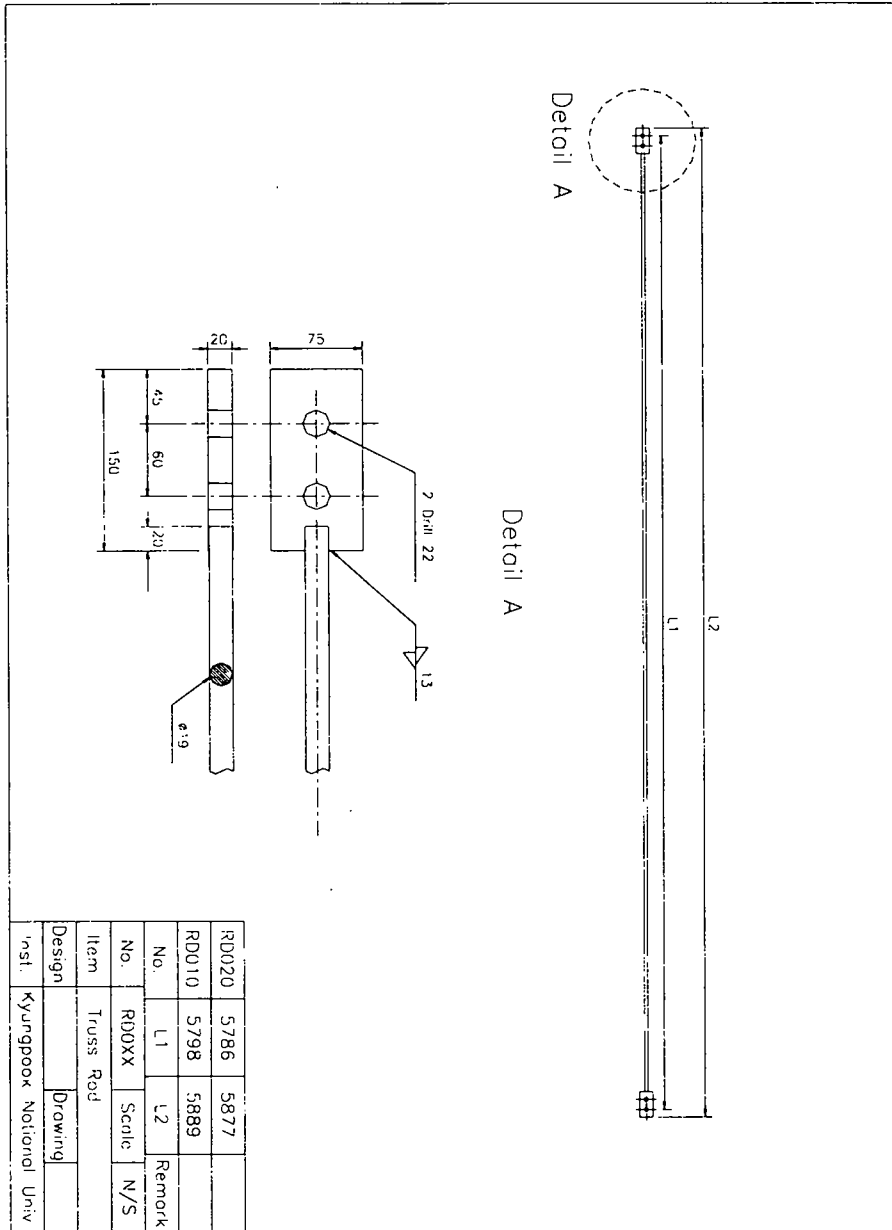


그림 3-18. 장력 로드 부재의 설계도면

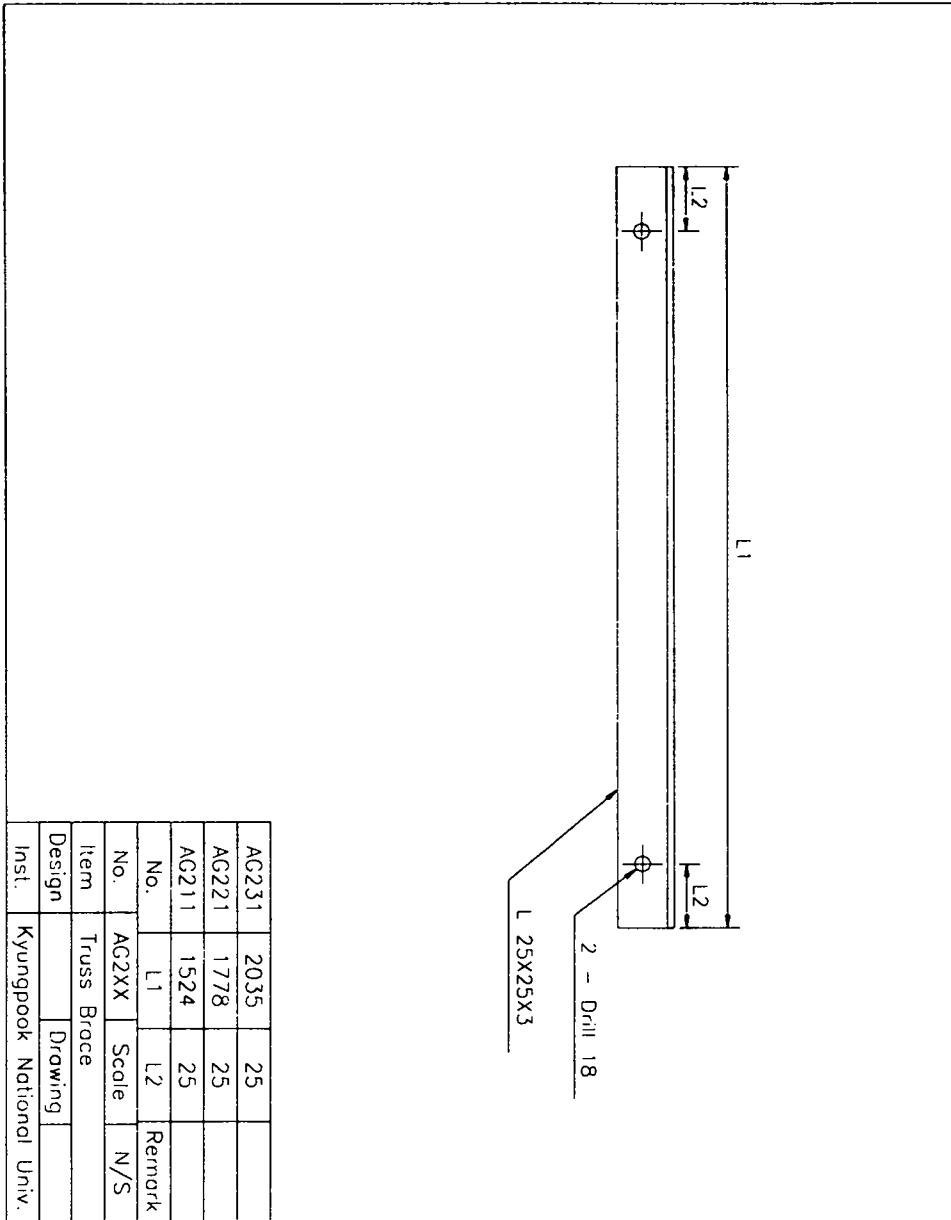


그림 3-19. 트러스 앵글 부재의 설계도면

표 3-7 작업하중에 대한 절점에서의 힘의 해석

EDUCATIONAL VERSION OF SAP90 - COMMERCIAL USE PROHIBITED
 CHEMIGATION SYSTEM STRUCTURE MODEL
 REACTIONS AND APPLIED FORCES
 LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(x)	F(z)	M(y)	M(z)
1	156.7909	443.8500	.0000	.0000
2	156.7909	443.8500	.0000	.0000
3	951.7769	.0000	.0000	1100.7892
4	60.9726	.0000	.0000	-.1194
5	951.7769	.0000	.0000	-1100.7892
6	60.9726	.0000	.0000	.1194
7	60.1298	.0000	.0000	295.1288
8	60.1298	.0000	.0000	-295.1288
9	0.0000	.0000	.0000	.0000
10	-791.2297	.0000	431.4325	.0000
11	4269.3682	.0000	-7150.3933	.0000
12	-4137.3564	.0000	-91.0484	.0000
13	-1746.0281	.0000	.0000	-2048.5035
14	-1746.0281	.0000	.0000	2048.5035
15	89.5523	.0000	21.6577	.0000
16	.1646E+05	.0000	.1002E+03	-.8525E-09
17	-.1752E+05	-.8896E-11	.1990E+00	.1958E-08
18	5866.9358	.0000	-.0049	.0000
19	1271.4030	.0000	.0000	-.2234
20	1271.4030	.0000	.0000	.2234
21	-4982.3351	.0000	.1048	.0000
22	-.1683E-10	-.1279E-11	.0000	.0000
23	4982.3351	.0000	-.1048	.0000
24	.2854E-09	.3762E-10	.0000	-.1430E-10
25	-.1517E-09	.0000E+00	.0000	-.1298E-10
26	-5866.9358	.0000	.0049	.0000
27	.1752E+05	.3882E-10	-.1990E+00	-.3466E-09
28	-1271.4030	.0000	.0000	.2234
29	-1271.4030	.0000	.0000	-.2234
30	-.1646E+05	-.1137E-11	-.1002E+03	.6086E-09
31	-89.5523	.0000	-21.6577	.0000
32	1746.0281	.0000	.0000	2048.5035
33	1746.0281	.0000	.0000	-2048.5035
34	4137.3564	.0000	91.0484	.0000
35	-4269.3682	.0000	7150.3933	.0000
36	791.2297	.0000	-431.4325	.0000
37	0.0000	.0000	.0000	.0000
38	-60.1298	.0000	.0000	295.1288
39	-60.1298	.0000	.0000	-295.1288
40	-951.7769	.0000	.0000	1100.7892
41	-60.9726	.0000	.0000	-.1194
42	-951.7769	.0000	.0000	-1100.7892
43	-60.9726	.0000	.0000	.1194
44	-156.7909	636.3500	.0000	.0000
45	-156.7909	636.3500	.0000	.0000

2. 고정용 부재와 조립

상기한 부재는 T/L Irrigation Co. (Hastings, NE)에서 제작하여 부품상태로 경북대학교 부속농장에서 조립되었다. 구조부의 부재를 연결하여 조립하기 위하여 볼트와 너트를 이용하였으며 고정용 부재의 설계를 위하여 절점들의 복합하중에 대한 검토를 하였다 (표 3-7). 하중 가운데 영향력이 미미한 $F(y)$ 와 $M(x)$ 은 표시에서 제외하였다. 절점 (15)-(18)-(22) -(26)-(31)에 해당하는 파이프연결 부위는 절점(18: $F(x)=5867$ kgf)의 강도설계의 관점에서 보다 유체의 샘방지를 위하여 6개의 볼트($\phi 16$ mm)를 체결했다. 절점 (13)-(14)-(19)-(20)-(24)-(25)-(28)-(29)-(32)-(33)에 해당하는 장력로드연결 부위는 절점(13,14: $F(x)=1746$ kgf, $M(z)=2049$ kgf·cm)에 2개의 볼트($\phi 19$ mm)를 체결했다. 반면 끝부위인 절점(10,36: $F(x)=791$ kgf, $M(z)=431$ kgf·cm)에는 자유로운 회전을 위해 1개의 볼트($\phi 19$ mm)를 체결했다. 절점 (12)-(16)-(17)-(21)-(23)-(27)-(30)-(34)에 해당하는 트러스앵글 연결부위는 절점 (17,27: $F(x)=17520$ kgf)에 양쪽 2개의 볼트($\phi 16$ mm)를 체결했으며, 지거기둥의 앵글 연결부위인 절점(11,35: $F(x)=4270$ kgf, $M(x)= 7150$ kgf·cm)에 볼트($\phi 16$ mm)를 체결했다.

가운데 트러스앵글을 예로 들어 부재들의 연결된 모습을 그림 3-20에 보였으며 그림 3-21은 구조부의 조립이 끝나서 시험포장에 설치되어 있는 전경을 나타냈다. 조립 할 때는 한쪽 지거로부터 파이프 부재가 자연스런 곡선을 이루고 장력로드가 충분히 장력을 받으며 조립되어 활모양의 “bow” 구조가 되도록 공중에 매달아 가며 진행한다. 한 지거를 들어 지거기둥을 세울 때는 좌우로 넘어지지 않도록 보조 가로대를 반대쪽에 설치한다. 일단 한쪽 지거가 삼각형을 이루어 안정되면 다른 쪽에서 들더라도 자세를 유지한다.

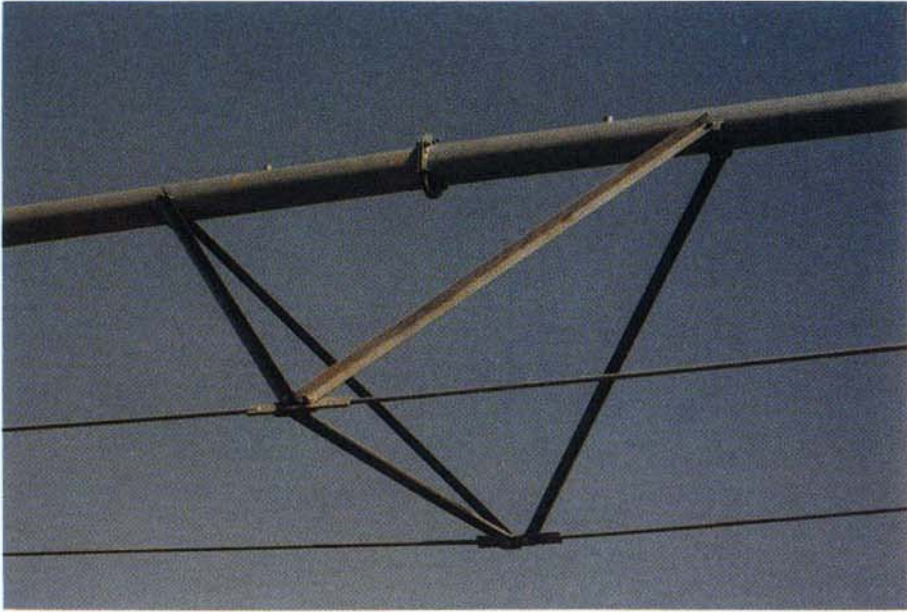


그림 3-20. 구조부의 부재가 조립된 모양



그림 3-21. 구조부가 조립되어 시험포장에 설치된 전경

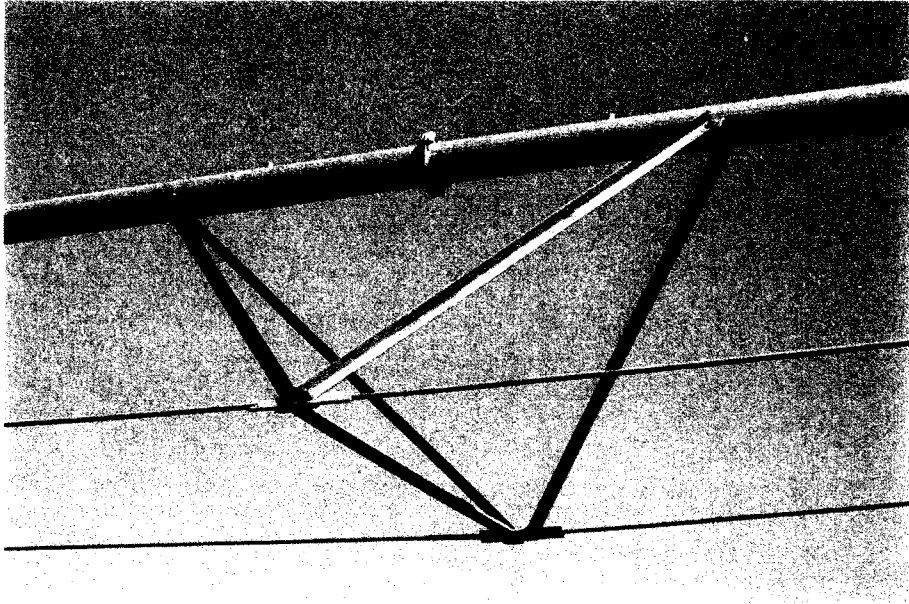


그림 3-20. 구조부의 부재가 조립된 모양



그림 3-21. 구조부가 조립되어 시험포장에 설치된 전경

여 백

제 4 장 유 체 유 동 부

여 백

제 4 장 유 체 유 동 부

4-1 유체기계

1. 유체관로 및 펌프

Chemigation system의 유체관로는 단위 면적당 약제 살포량으로부터 시간당 유량을 산정함으로써 설계를 시작한다. $Q_s = (F \times W_s \times S_s) / C$ 에서 F : 단위면적당 농약살포량 (l/ha), W_s : 가로주행식 시스템의 폭 (m), S_s : 주행속도 (m/hr), C : 농도 희석배수 Q_p/Q_s , Q_s : 혼합액의 총유량 (l/hr), Q_p : 약제유량 (l/hr). 총유량 (Q_s)은 펌프의 크기를 나타내며 시스템 압력(H_u)과 함께 펌프의 종류와 용량을 선택하는 중요 인자이다. 펌프의 구동에 필요한 마력은 펌프의 선택시 결정된다. 총유량 (Q_s)을 노즐의 총수(N)로 나누어 노즐의 크기와 종류를 결정한다. 노즐의 종류는 방제용으로 중압용인 扇形(fan) 혹은 環形(swirl)노즐을 쓰고, 관수용으로 저압용인 flood 노즐을 사용하여 기저살포 한다. 관로는 주관로와 노즐관로에 대하여 손실수두는 시스템압력의 10%이내, 수격을 고려하여 평균유속이 3.0 m/s 이하가 되도록 선정해야 한다.

관로의 선택은 구조부의 설계와 양립해야 하며 유동특성을 표 3-1에 나타내었다. 몇가지 관로에 대한 평균유속 주입에 따른 36m 최말단까지 이르는 지연시간 및 관로에 감히는 양을 계산하였다. 방제와 관개관로를 따로 사용하면 1.0" 관을 방제에 사용할 수 있으며, 같은 관로를 사용하면 2.0" 관을 두 작업에 공히 사용하고 구조부 설계에 의한 관로트러스를 구성한다. 작업개시와 종료시 나타나는 지연시간과 내부용적에 감혀 남는 용액은 운영방법과 주입장치를 역으로 활용하므로 해소할 수 있다. 또한, 정치식의 관로에 잔존하는 양에 비하면 심각하지 않다. 구조부의 하중분석에

의하면 4.0" 이하의 관을 사용할 수 없을 것으로 판단되며 방제의 경우 지연시간과 잔존용적의 문제를 해결하기 위하여 지거를 가로질러 2.0" 관을 설치하였다.

표 4-1. 유동관로의 크기에 따른 유동특성

공칭(in)	직경(mm)	유속(cm/sec)		지연시간(sec)		내부용적(L)	문제점
		방제	관개	방제	관개		
0.5"	13	351	1755	10	2	5	유속손실
1.0"	25	95	475	37	7	17	관개유속
2.0"	50	24	119	147	30	69	양립성
4.0"	100	6	30	1190	118	275	지연시간
6.0"	170	2	10	1750	340	794	내부용적

펌프의 용량은 작업할 포장의 면적 및 살포율 등에 의하여 다음과 같이 결정한다. $Q_s = (W_s \times L \times DDIR) / (K \times T)$ 여기서, Q_s : 펌프용량 (L/min), W_s : 시스템의 폭(m), L : 포장의 진행방향 거리(m), $DDIR$: 일일 살포 요구량(mm/day), K : 단위변환 상수, T : 1일 살포시간(hr). 펌프의 소요동력(H_p)은 약액의 비중량(γ), 펌프의 유량(Q_s), 양정(H_u) 및 펌프의 효율(η) 등에 의하여 다음과 같이 결정한다. $H_p = (\gamma \times Q_s \times H_u) / \eta$, 여기서 양정 H_u 는 포장지형의 경사도에 의한 양정(ΔZ)과 파이프의 수두손실(h_f) 및 기타 수두손실(h_r)을 고려하여 결정한다. 그림 4-1에는 시스템에 사용할 2" 와 2.5" 의 100m 파이프 및 호스에 대한 손실을 수두의 단위로 표시하였다. 실제 적용포장에 대한 손실수두는 100m의 관로 당 0.2m의 수두손실 이하였으며 전 시스템에 대한 손실은 1m이하로 예상되었다.

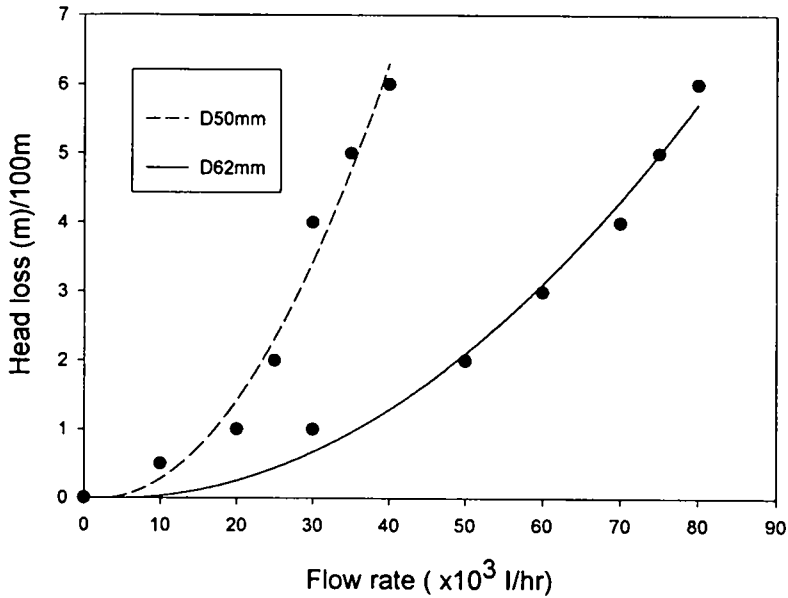


그림 4-1. 유체 유동관로의 마찰손실

전작물의 방제 실태를 분석한 결과 작물에 따라 2,000-3,000 L/ha의 총살포량을 보이며 이를 36m의 시스템에 적용하면 4 m/min의 속도에서 30-50 L/min의 유량이 된다. 방제에는 작물의 형태에 따라 0.3-1.2 lpm 크기의 50-70개의 노즐이 필요하고 400 kPa이상의 중압에서 사용한다. 관개시 물의 양은 이보다 훨씬 많게 되며 5mm의 관수에 대하여 물의 양은 50,000 L/ha가 된다. 이는 0.4 m/min의 속도에서 70 L/min의 유량이며 0.8 m/min에서 140 L/min이다. 관개는 작물폭에 따라 1.3-5.3 lpm 크기의 15-50개의 노즐을 저압에서 운영한다.

펌프는 웨스코 점성펌프 (유진펌프: 151×03)를 선택하였으나 농장설계에 따라 달라 질 수 있다. 경북대학교 칠곡농장 여건에 맞춰 연구용으로 선택한 펌프의 성능은 30-50 L/min에서 120-140m의 수두를 내어 방제의 목적에 사용되며, 120-140 L/min에서 30-50m의 수두를 내어 관수시비의 목적으로 사용될 수 있기 때문이다. 그림 4-3에 펌프의 모습을 보였다.

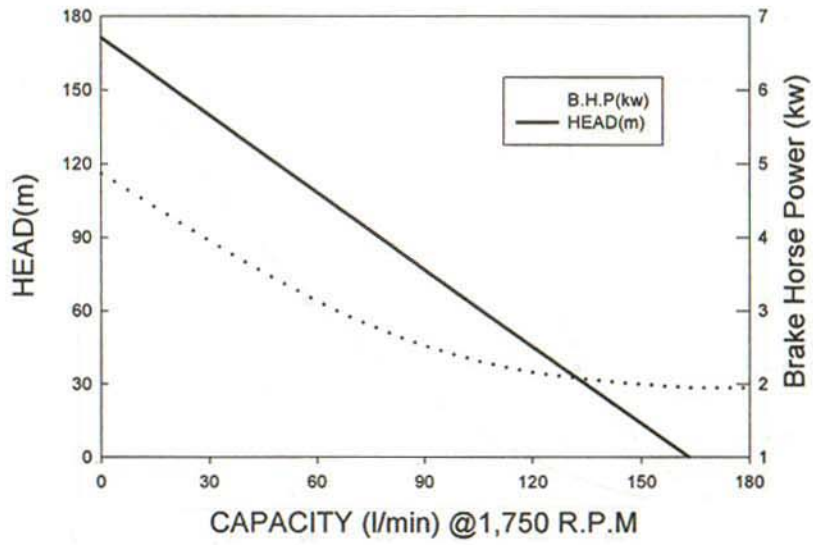


그림 4-2. 유체유동부의 연구용 웨스코 점성펌프의 성능곡선

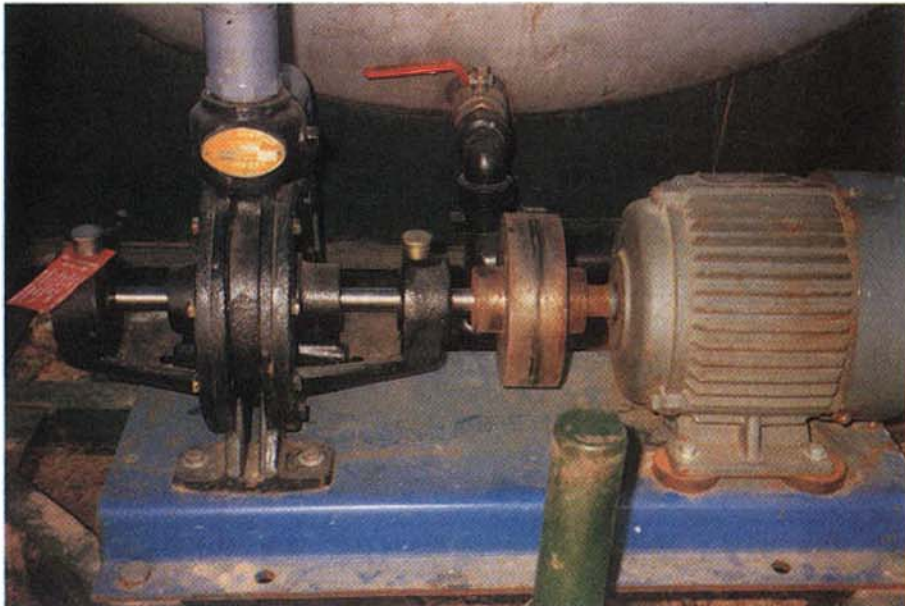


그림 4-3. Chemigation system용 웨스코 점성펌프

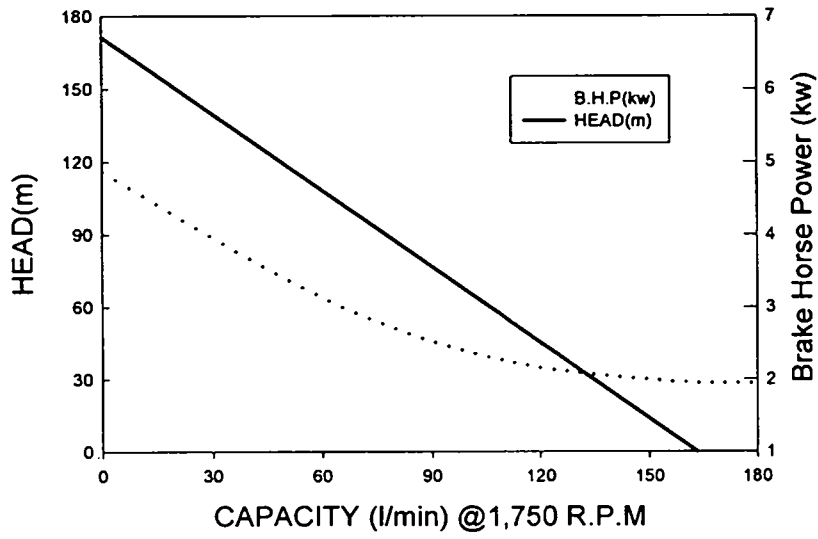


그림 4-2. 유체유동부의 연구용 웨스코 점성펌프의 성능곡선



그림 4-3. Chemigation system용 웨스코 점성펌프

2. 유량 및 압력센서

시스템의 유량을 측정하기 위하여 paddle형 유량계(Omega, FP-5300)를 설치구(FP5120PO, K=7.35 L/pulse)에 사용하여 장착하였다. 이 유량계는 1 ACV p-p/fps의 출력을 내므로 0-5V 신호로 증폭하여 펄스의 폭을 시간으로 측정하였다. 그림 4-4는 계측 및 제어시 사용할 유량계의 보정식을 나타내었고 그림 4-5는 센서의 장착된 모습을 보였다. 유량계의 보정식은 $Q_s(\text{L/min}) = 6.9631 \times V_{\text{out}}(\text{mV}) + 0.9162$ 을 사용하였다. 또한, 시스템의 압력을 측정하기 위하여 압력계 (Omega, PX181- 100G5V)를 설치하였으며 그림 4-6에는 센서에 대한 보정결과를, 그림 4-7에는 장착된 모습을 보였다. 압력계의 보정식은 $H_d(\text{kg/cm}^2) = 1.6516 \times V_{\text{out}}(\text{mV}) - 1.4936$ 을 사용하였다.

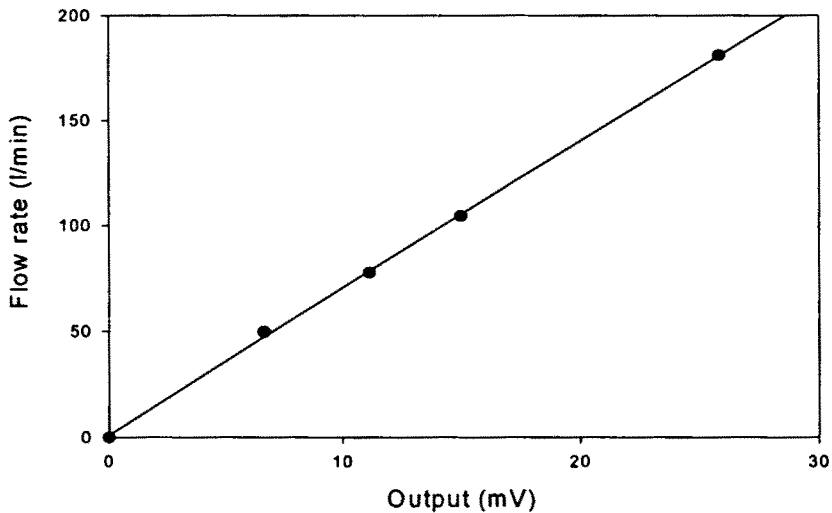


그림 4-4. Paddle형 유량계(Omega, FP-5300)의 보정식

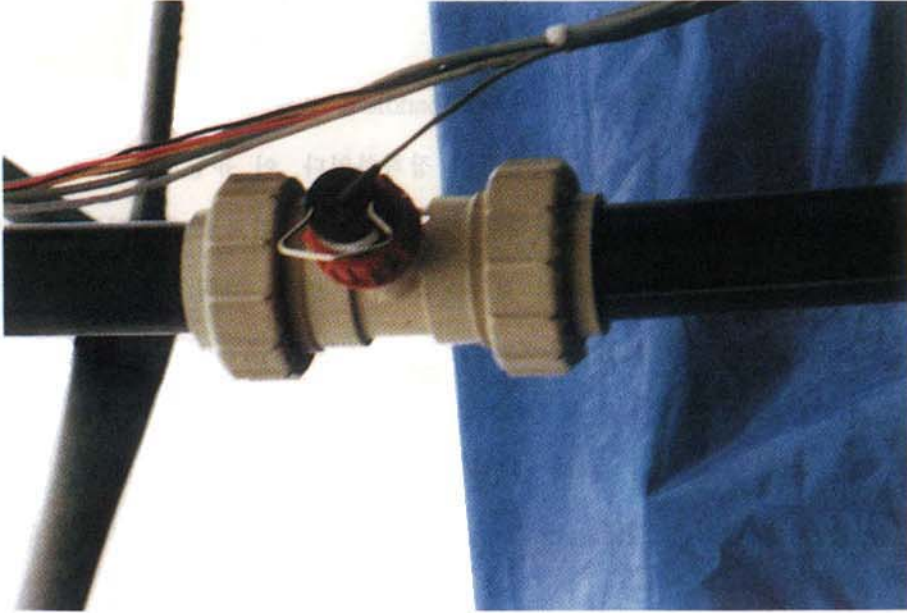


그림 4-5. 유량계의 관로 장착모습

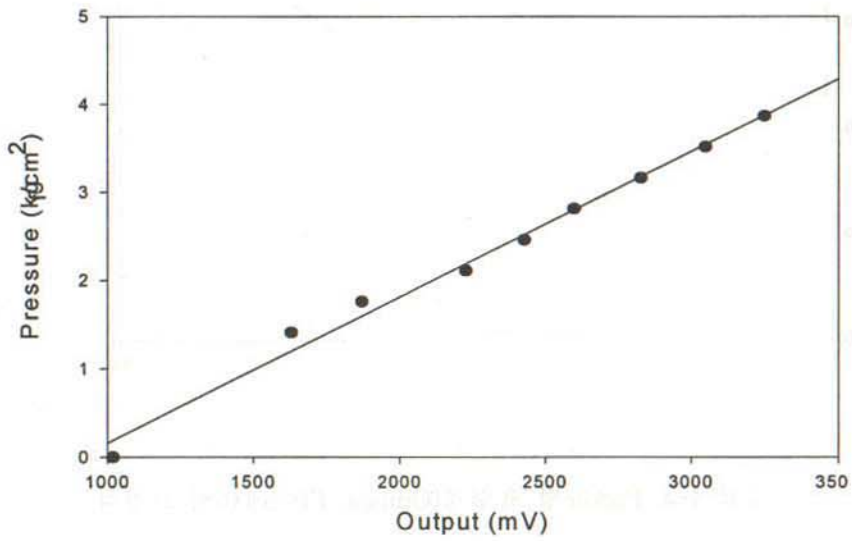


그림 4-6. 압력계(Omega, PX181-100G5V)의 보정식

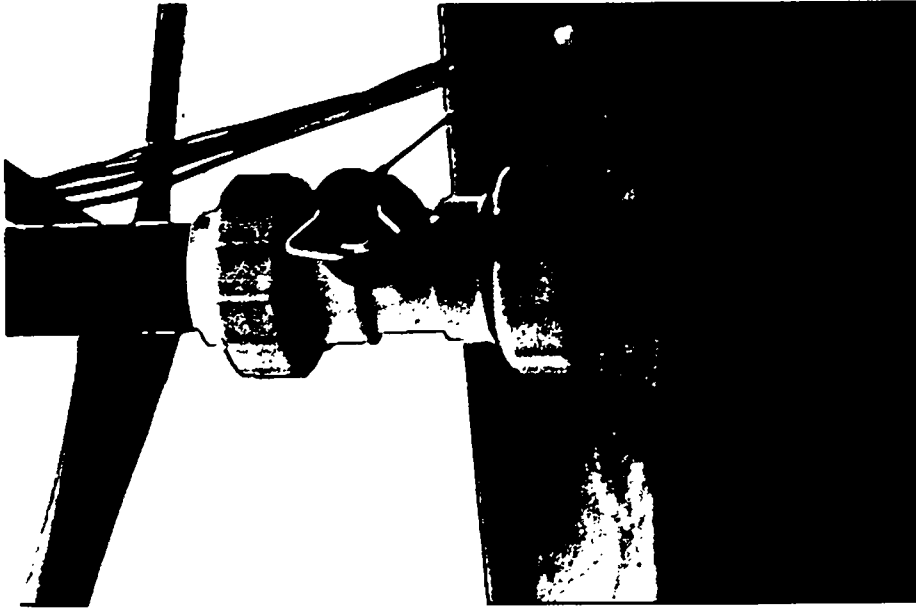


그림 4-5. 유량계의 관로 장착모습

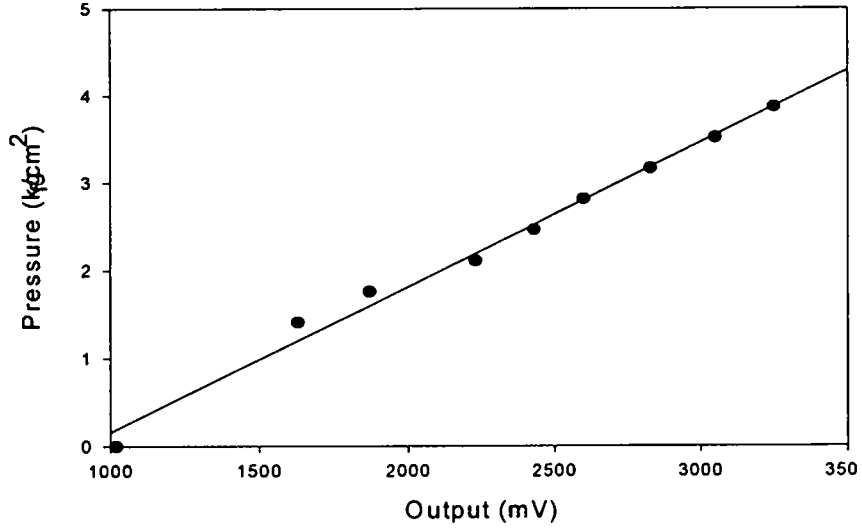


그림 4-6. 압력계(Omega, PX181-100G5V)의 보정식



그림 4-7. 압력계의 관로 장착모습

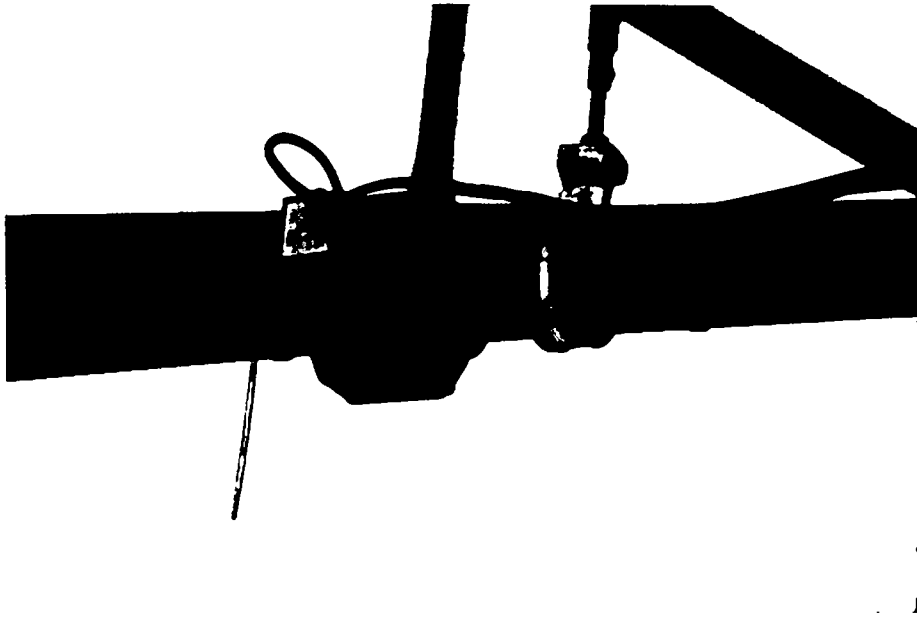


그림 4-7. 압력계의 관로 장착모습

4-2 약액 주입장치

1. 주입펌프

Chemigation에서 이용되고 있는 주입펌프는 주로 piston pump 와 diaphragm pump 가 있으나 배출량이 균일하고 제어가 보다 용이한 diaphragm pump를 선택했다. 체크밸브는 관정의 오염 또는 약액탱크의 흘러 넘침을 방지하기 위하여 2개소에 설치하며 물펌프와 약액의 주입구 사이에 설치한 체크밸브는 물펌프가 갑자기 멈추었을 때 약액이 혼합된 물이 펌프를 통하여 관정을 오염시키는 것을 방지하고, 약액의 주입펌프와 주입구 사이에 설치한 체크밸브는 주입펌프가 멈추었을 때 물펌프로부터 공급되는 물이 주입펌프를 통하여 약액탱크로 흘러 들어오는 것을 방지한다. 추가적인 안전을 위해서 솔레노이드 밸브를 약액의 주입펌프의 흡입구 측에 설치하여 엔진이나 주입펌프의 작동이 멈추었을 때 자동으로 닫히게 하여 약액이 탱크 쪽으로 역류하는 것을 방지 할 수 있다.

주입부의 설계는 작업운영 방법을 결정하는 것으로부터 시작한다. 상기한 방제 및 시비조건을 참고하여 표 4-2에 연계된 주행부, 유체유기계부 및 주입부의 운영조건을 정리하였다. 주입량은 작업종류에 따라 150-1200 ml/min의 넓은 범위에 걸쳐있음을 파악하고 양용량 주입펌프를 선택하였다 (Milton Roy, AG18/2.5P, 0.5hp, 39A, 12VDC 모터, 1800 rpm). 그림 4-8에 보인 주입펌프의 소용량 혹은 대용량으로 계량하여 체크밸브(Agri-inject, Inc.)를 통하여 주입하여 보다 정밀한 살포를 실시하게 된다 (그림 4-9). 희석탱크의 용량은 포장의 크기를 고려하여 1회 작업에 충분한 200L로 선택하였으며 경우에 따라 필요한 희석용 교반기를 설치하였다 (그림4-10).

표 4-2. 유체유동부와 주입부의 운영조건에 대한 제시

구 분	작업요소	방제작업	시비(관수)작업
유체유동부	주행속도 (m/min)	4.0	0.4
	유체압력 (kg/cm ²)	2.5	0.6
	총유량 (L/min)	28	70
주입부	총살포량 (L/ha)	2,000	50,000
	주입량 (ml/min)	179 (소유량)	1400 (대유량)
	회석배수	500	1000
	1차회석배수	5	20

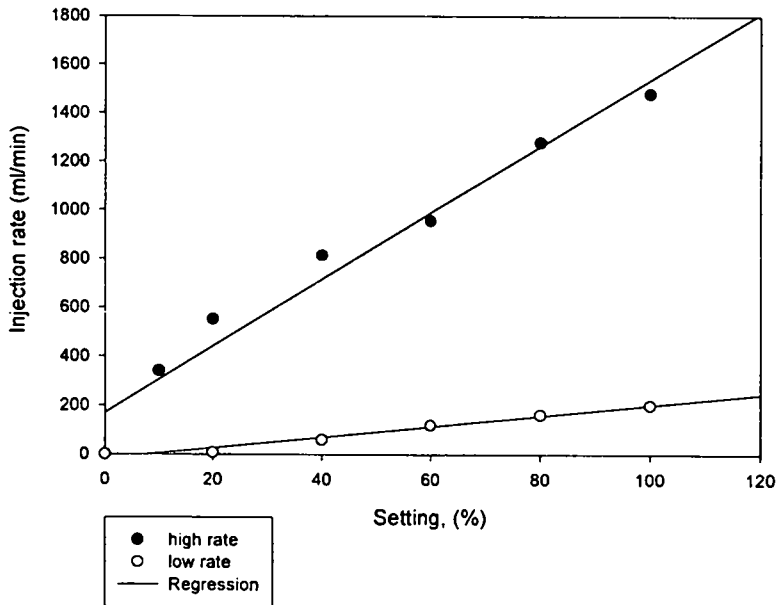


그림 4-8. 양용량 주입펌프의 토출량 (주입압력 6.9 kg/cm²)



그림 4-9. Chemigation system 주입부의 주입펌프, 약액탱크 및 주입구

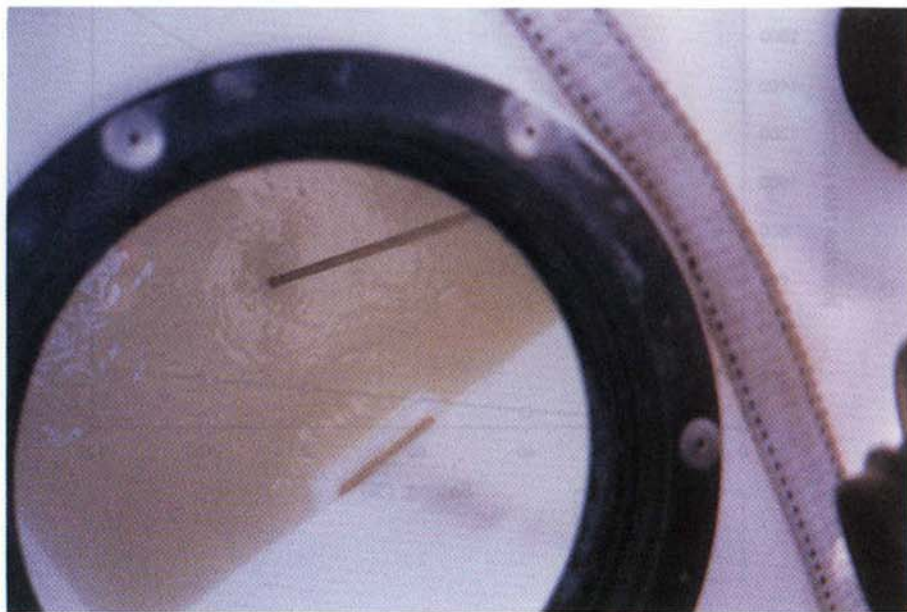


그림 4-10. 수화제등 1차 회석 및 혼합이 필요한 약제탱크의 교반기

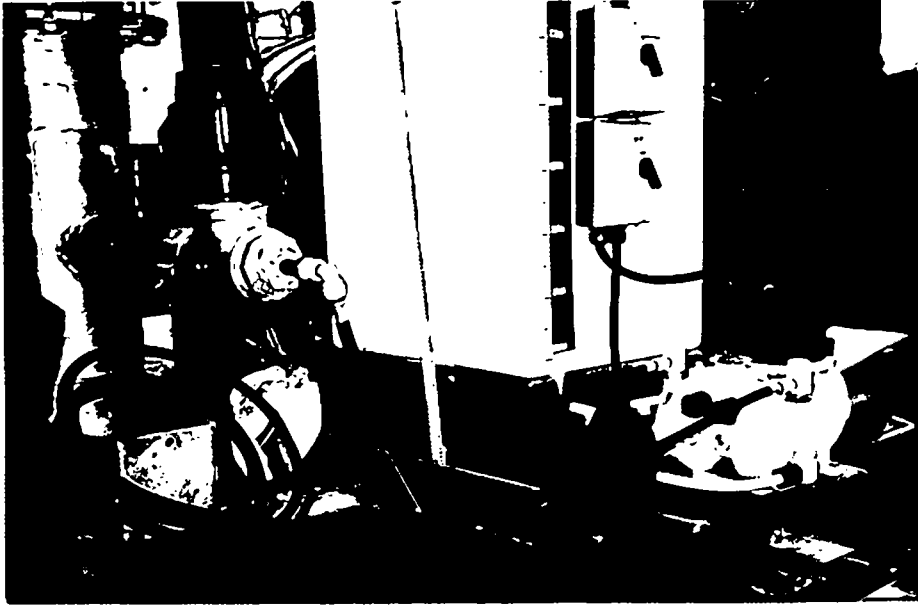


그림 4-9. Chemigation system 주입부의 주입펌프, 약액탱크 및 주입구



그림 4-10. 수화제등 1차 회석 및 혼합이 필요한 약제탱크의 교반기

2. 잔여액 회수장치

작업이 끝난 후에는 관로에 남아 있는 잔여액은 회수하여 재사용 하거나 안전하게 폐기할 수 있도록 하였으며 이를 위하여 전자밸브(Spraying System Co., 344AEC-2)를 관로 끝에 부착하고 조작스위치는 주입펌프 제어패널에 설치하였다. 관로 안의 잔여용량은 70L정도이기 때문에 약제탱크를 회수용 탱크로 사용하기에 충분하였다. 그림 4-11에 전자밸브가 관로 말단에 설치되어 있는 모양을 보였다. 시스템에 이상이 생기면 비상연동이 작동하며 또한 작업자가 임의로 기지부로부터 시스템을 정지시킬 수 있도록 하였으며 이는 비정상적인 약제의 주입을 차단하기 위한 장치이다 (그림 4-12). 이 장치는 제어장치와 연동이 되어 있어 자세한 설명은 계측제어부에서 기술하려 한다.

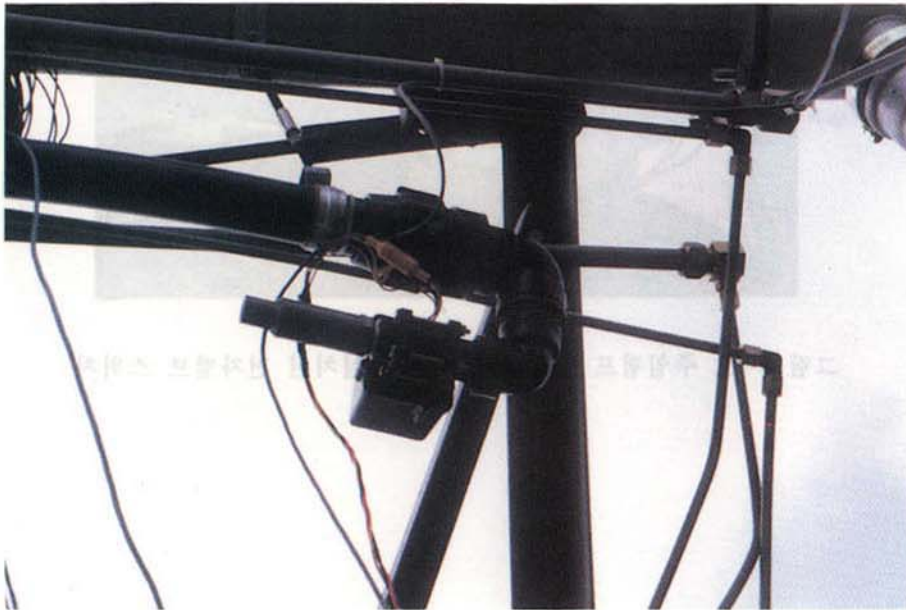


그림 4-11. 잔여액 회수를 위해 관로 끝에 설치한 전자밸브

2. 잔여액 회수장치

작업이 끝난 후에는 관로에 남아 있는 잔여액은 회수하여 재사용 하거나 안전하게 폐기할 수 있도록 하였으며 이를 위하여 전자밸브(Spraying System Co., 344AEC-2)를 관로 끝에 부착하고 조작스위치는 주입펌프 제어패널에 설치하였다. 관로 안의 잔여용량은 70L정도이기 때문에 약제탱크를 회수용 탱크로 사용하기에 충분하였다. 그림 4-11에 전자밸브가 관로 말단에 설치되어 있는 모양을 보였다. 시스템에 이상이 생기면 비상연동이 작동하며 또한 작업자가 임의로 기지부로부터 시스템을 정지시킬 수 있도록 하였으며 이는 비정상적인 약제의 주입을 차단하기 위한 장치이다 (그림 4-12). 이 장치는 제어장치와 연동이 되어 있어 자세한 설명은 계측제어부에서 기술하려 한다.

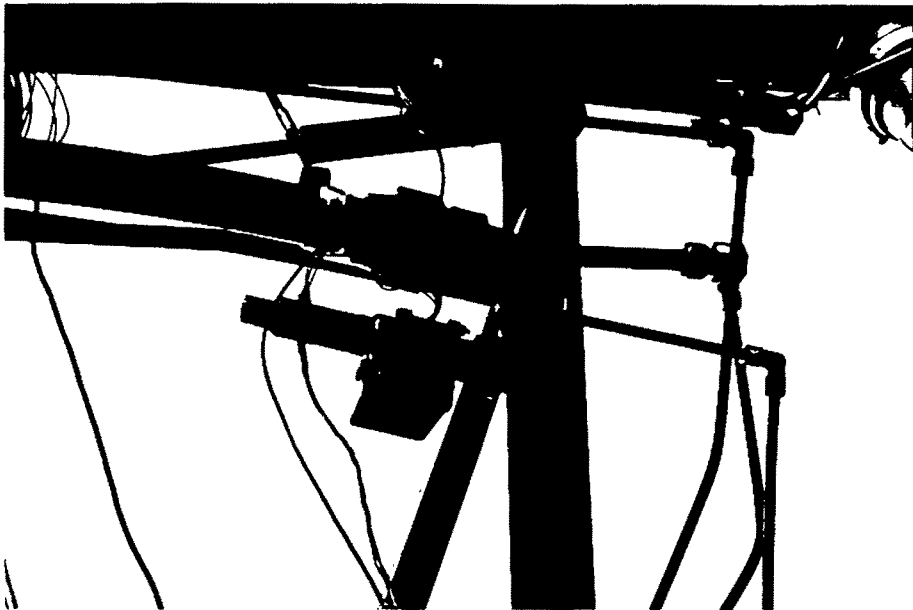


그림 4-11. 잔여액 회수를 위해 관로 끝에 설치한 전자밸브



그림 4-12. 주입펌프 연동장치 패널에 설치된 전자밸브 스위치

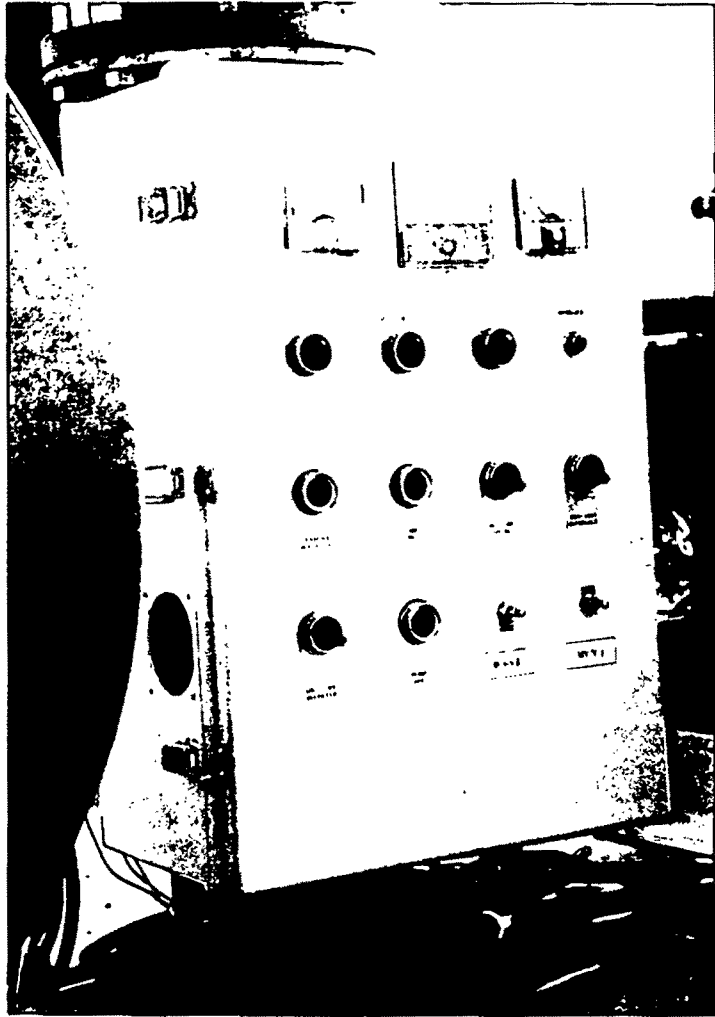


그림 4-12. 주입펌프 연동장치 패널에 설치된 전자밸브 스위치

4-3 노즐장치

방제의 경우 작물의 특징에 따라 지거의 높이와 노즐배치를 조정하고 접근살포를 통하여 피복율을 높인다. 노즐의 배치는 drop nozzle로 잎의 전면살포를 가능케 한다. 노즐이 작물에 접근해 있으므로 정치식보다 높은 피복율과 투과력을 예상하며 과수의 경우는 樹形에 따른 노즐의 적절한 배치가 더욱 중요하다. 따라서 살균 및 살충에 대한 방제는 중압노즐 ($2.0-4.0 \text{ kg/cm}^2$)을 작물의 형태에 따라 배치하여 양면살포로 피복율을 높이고, 제초방제 및 관비는 저압노즐 (1.0 kg/cm^2 이하)로 基部에 살포하는 방법이 유리하다. 방제와 관비시 노즐의 위치가 다르므로 압력에 따라 중압 이상에서와 저압이하에서 각각 작동하는 체크밸브를 사용한다. 노즐은 고랑을 따라 진행하며 두둑에 심겨진 작물을 향하여 살포작업을 하게 된다. 전작의 경우에 노즐의 간격은 이랑너비로 결정되며, 과수의 경우 노즐배치는 재식거리에 의해 결정된다. 긴포장에서 가로주행식 시스템의 효율이 좋으며 주행속도는 작업에 따라 $0.4-5.0 \text{ m/min}$ 범위가 적당하다.

Chemigation system에 적용하여 쓸 수 있는 노즐의 종류와 제원을 표 4-3에 보였다. 노즐은 용도에 따라 근접 살포용과 全床(broadcast) 살포용으로 구분되며 작물과 주된 작업목적에 따라 선택될 수 있다. 경영 처리용이나 접촉성(contact) 약제는 근접살포 방법이 유리하다. 토양처리제 및 침투이행성(systemic) 약제는 broadcast 살포로 가능하다. 근접살포용은 분무의 침투력(penetration)이 좋고 중압에서 대부분 작업이 이루어지며 전상살포는 저압에서 이루어 저도 좋다. 작업이 저압에서 이루어지는 경우 에너지 저투입의 잇점이 있다. 표 4-4는 노지고추, 밀식재배 사과 및 울타리식포도에 대하여 노즐장착을 구상한 것으로 옥수수 및 콩 등의 전상작업의 경우도 포함하고 있다. 그림 4-13과 4-14에 고추와 옥수수에 적용한 노즐 사용의 예를 보이고 있다.

표 4-3. Chemigation system에 적용하여 쓸 수 있는 노즐의 종류

	사용압력 (bar)	노즐당유량 (l/min)	Penetration (cm)	살포폭 (cm)	사용용도
Extended flat fan	1-4	0.2-3.7	25-50	70-80	근접방제 contact
Swirl	1-3	1.2-5.9	30-50	50-80	근접방제 contact
Flood	1-2	0.9-6.5	30	80-120	근접시비, 방제 systemic
Micro sprayer	1-4	0.7-2.0	20	300-500	관개시비, 방제 systemic
Sprinkle head	0.5-4	1.2-30.0	-	500-1000	관개시비 systemic
LEPA	0.5-2	0.5-30.0	-	-	관개시비 systemic

표 4-4. 작물형태에 따른 주요 장치, 시설 및 노즐의 비교 (1.0 ha 기준)

	노지고추	밀식왜성 사과	울타리식 포도	옥수수	콩
총살포량 (방제)	2000 l/ha 근접경엽살포	4000 l/ha 근접경엽살포	3000 l/ha 근접경엽살포	3000 l/ha broadcast	2000 l/ha systemic
총살포량 (관비)	50000 l/ha 경엽살수	50000 l/ha 기저살수	30000 l/ha 경엽살수	50000 l/ha spinkler	50000 l/ha LEPA
노즐배치 (노즐수)	0.8m (65-130)	4.0m (120-240)	1.8m (80-130)	3.0 m (12-24)	1.5 m (24-48)
노즐유량	0.6 lpm	0.4 lpm	0.4 lpm	4.0 lpm	2.0 lpm



그림 4-13. 노지고추재배에 Chemigation system을 적용시키기 위한 노즐배치의 예



그림 4-14. 옥수수재배에 Chemigation system을 적용시키기 위한 노즐배치의 예



그림 4-13. 노지고추재배에 Chemigation system을 적용시키기 위한 노즐배치의 예

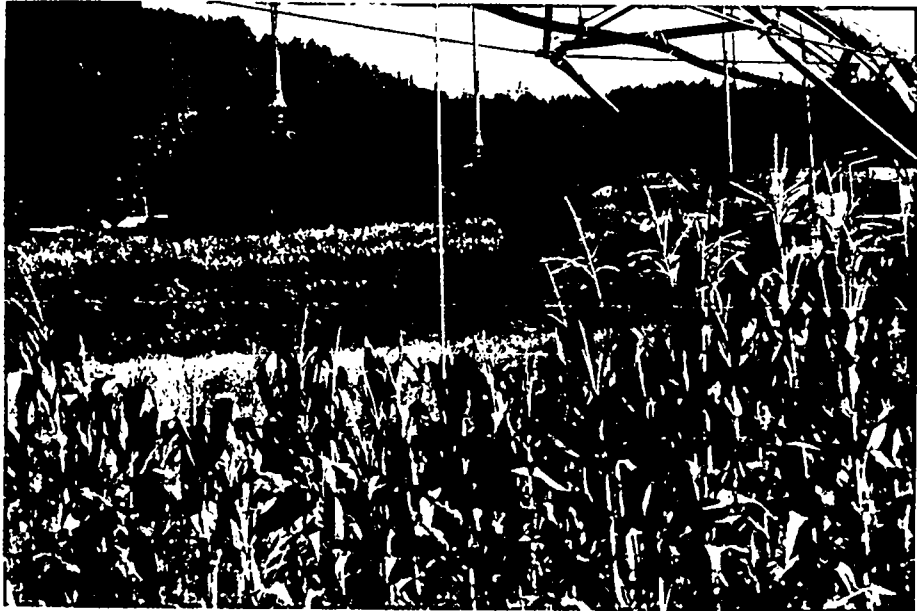


그림 4-14. 옥수수재배에 Chemigation system을 적용시키기 위한 노즐배치의 예

여 백

제 5 장 동 력 구 동 부

여 백

제 5 장 동 력 구 동 부

5-1 유압체계의 구성

1. 유압구동부

양지거가 멀리 떨어진 가로주행식 chemigation system의 구동부는 유압시스템을 바탕으로 구성하는 것이 편리하다고 판단되었다. 따라서 동력구동부는 원동기-유압펌프의 power unit, 유압모터와 실린더의 actuator, 유량조정밸브와 방향제어 밸브, 유압회로의 배관 등을 포함하였다 (T/L Irrigation Co.). 그림 5-1에는 구동부를 위해 고안된 유압회로도를 보였다. 기준지거(LT)와 트랙터지거(TT)에 유압모터를 설치하고 제어패널에 설치된 방향조정밸브를 통하여 시스템의 진행방향을 정할 수 있게 하였다. 기준지거 유량조정밸브를 통하여 시스템의 기준속도를 유지하도록 하였다. 트랙터지거에는 방향조정밸브를 연동시켜 그 방향위치에 따라 유량을 증감하여 원하는 방향을 유지하도록 하였다. 유압시스템으로 구성된 구동부는 원동기로 구동되는 유압펌프를 설치하여 동력을 전달받으며 각 지거에는 유압실린더를 장착하여 세로방향으로의 이동과 시험목적으로 자중을 들어올릴 수 있도록 하였다.

유량의 조절은 비례제어 방법을 적용하여 최적 제어상태를 유지하고 트랙터지거의 과도한 속도 변화를 방지하기 위하여 트랙터지거의 최저 속도를 기준지거의 50%로 제한한다. 가로주행 시스템은 케미게이션 작업 후 본래의 위치로 복귀하며 관수작업을 수행할 때의 주행속도는 약 0.4 m/min(저속)으로, 방제작업이나 이동의 경우는 이보다 빠른 약 4 m/min(고속)을 기준으로 구동바퀴의 유량을 설정한다. 그림 5-2는 구동바퀴를 돌려 시스템이 세로 방향으로 이동 할 수 있도록 준비된 상태를 보이고 있다.

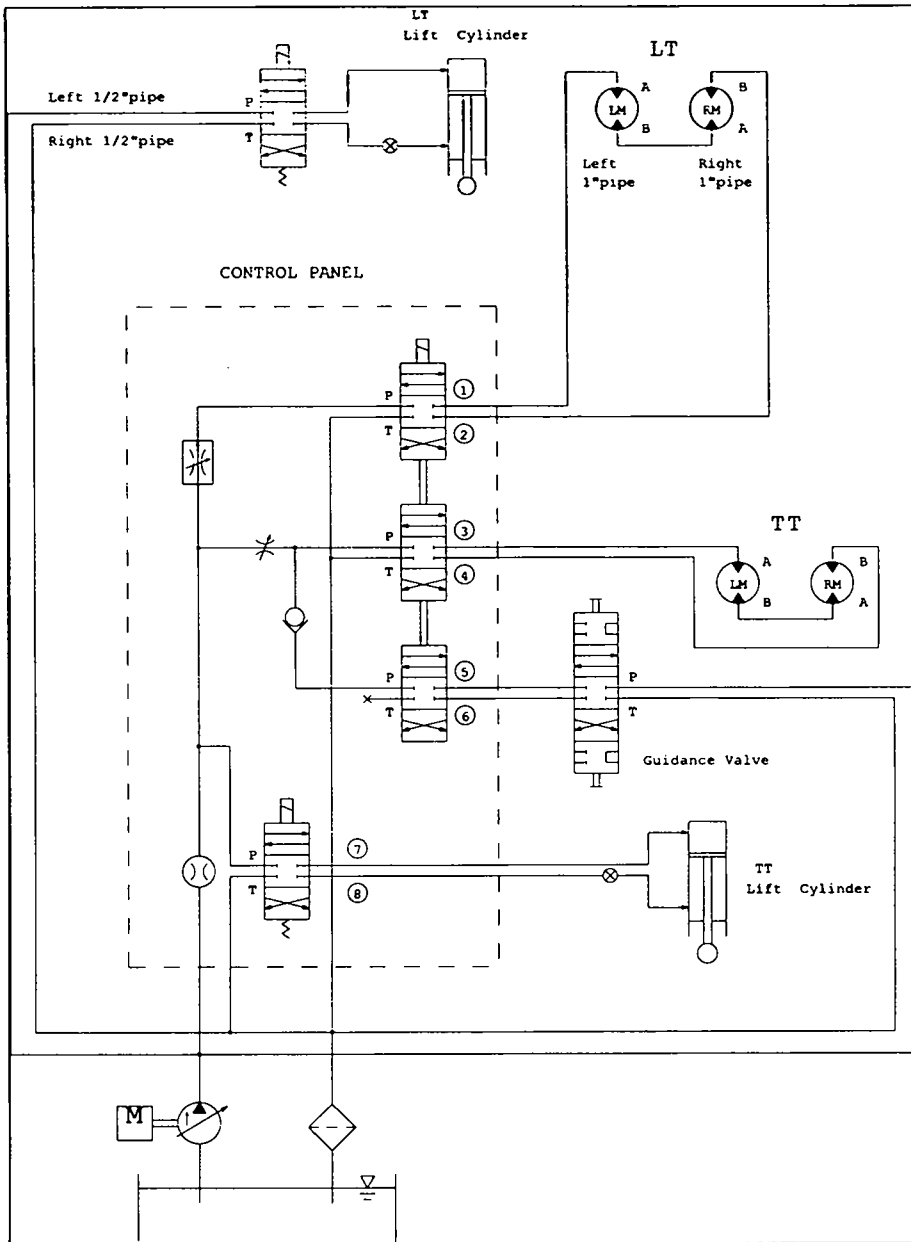


그림 5-1. Chemigation system의 동력구동부의 유압회로도



그림 5-2. 구동바퀴를 세로방향으로 정렬한 상태

2. 방향 유도 방법

가로주행식 chemigation system의 운전은 다음과 같은 장치에 의해서 제어될 수 있다. 가로 주행 시스템의 운전은 전·후진 주행 선택 스위치, 직선 주행을 위한 주행방향 오차 검출기, 포장의 끝을 표시하는 스위치 등에 의하여 제어된다. 방향 제어 밸브를 사용하여 작업자가 전진, 정지, 후진을 선택할 수 있도록 한다. 가로주행 시스템이 포장 내에서 직선 궤도를 따라 주행하기 위해서는 포장 내에 주행 방향을 표시하는 지표가 있어야 한다. 주행 방향을 표시하는 지표로는 다음과 같은 방법이 이용될 수 있다.

- 컴퓨터 영상처리에 의하여 작물의 열을 측정하는 방법
- 작물이 식재된 포장의 외측에 주행 안내 바퀴를 위한 고랑(furrow)을 만드는 방법

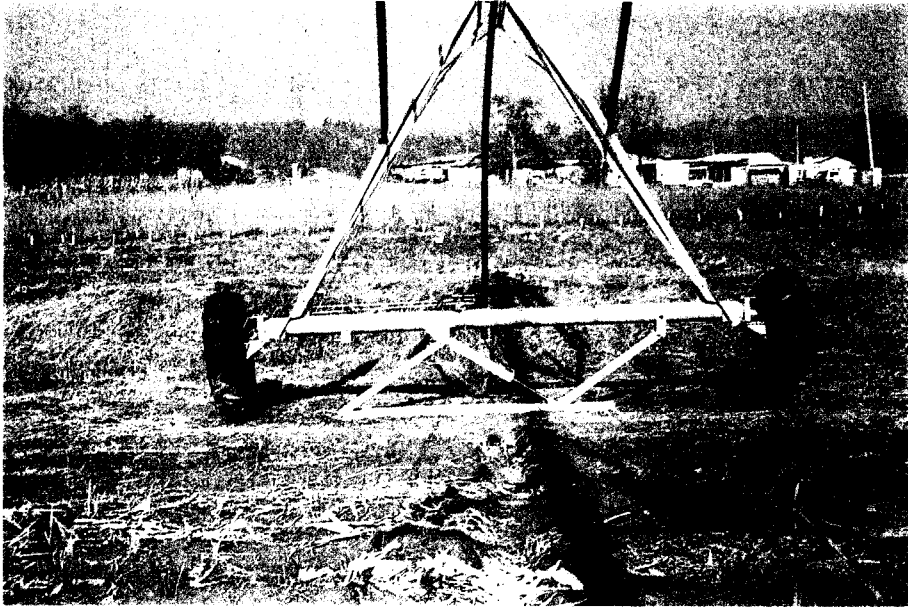


그림 5-2. 구동바퀴를 세로방향으로 정렬한 상태

2. 방향 유도 방법

가로주행식 chemigation system의 운전은 다음과 같은 장치에 의해서 제어될 수 있다. 가로 주행 시스템의 운전은 전·후진 주행 선택 스위치, 직선 주행을 위한 주행방향 오차 검출기, 포장의 끝을 표시하는 스위치 등에 의하여 제어된다. 방향 제어 밸브를 사용하여 작업자가 전진, 정지, 후진을 선택할 수 있도록 한다. 가로주행 시스템이 포장 내에서 직선 궤도를 따라 주행하기 위해서는 포장 내에 주행 방향을 표시하는 지표가 있어야 한다. 주행 방향을 표시하는 지표로는 다음과 같은 방법이 이용될 수 있다.

- 컴퓨터 영상처리에 의하여 작물의 열을 측정하는 방법
- 작물이 식재된 포장의 외측에 주행 안내 바퀴를 위한 고랑(furrow)을 만드는 방법

- 작물이 식재된 포장의 외측에 지상 약 50cm 높이로 안내 케이블을 설치하는 방법
- 토양 중에 전선을 매설하여 자장을 이용하는 방법

위에 열거한 방법 중에서 영상처리 방법과 자장을 이용하는 방법은 많은 장치 및 비용이 요구되며 상황에 따라서는 정확도가 저하될 우려가 있어서 가로주행 시스템의 방향제어에는 적합하지 않다. 지상에 케이블을 가설하는 방법은 설치하기가 쉽고 정확한 방향제어가 가능한 반면 포장 내에 부자연스러우며 각종 작업기의 주행에 방해가 될 수 있는 장벽이 만들어진다는 단점이 있다. 고랑을 이용하는 방법은 포장 내에 일직선으로 10~15 cm 깊이의 V자형 고랑을 만들고 가로주행 시스템에 이와 일치하는 V자형의 안내 바퀴를 부착하여 이 바퀴가 고랑을 따라 진행하게 하는 방법이다. 이 방법은 설치가 가장 단순한 반면 고랑이 비교적 건조한 상태를 유지하여 안내 바퀴가 고랑을 이탈하지 않도록 관수 작업시 외측 스프링클러의 회전각을 제한할 필요가 있다.

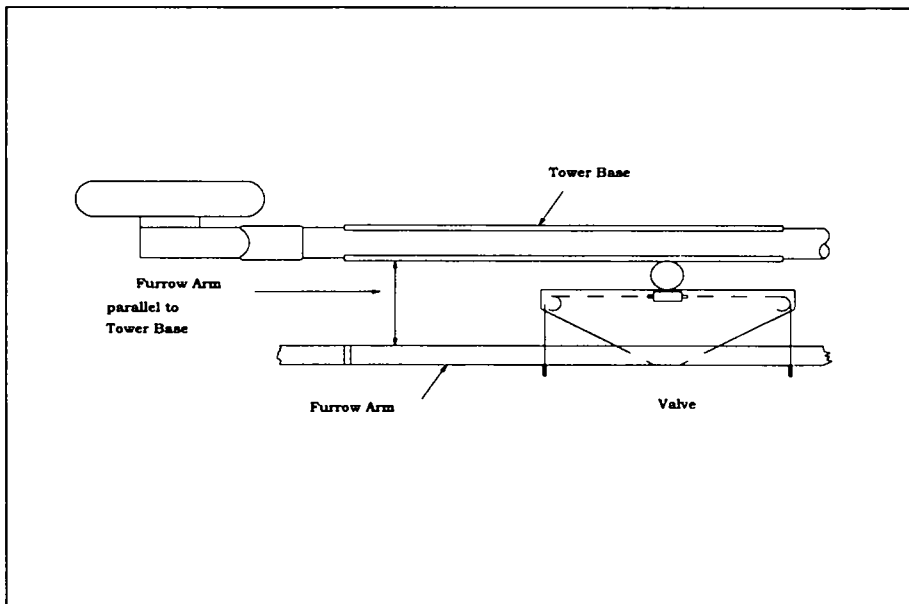


그림 5-3. 고랑안내방식 방향유도방법

그림 5-3에 보인 것 같이 가로주행 시스템의 진행방향이 고랑에 평행하지 않으면 안내 바퀴가 연결된 암이 회전하여 오차 신호를 발생하게 된다. 가로주행 시스템이 고랑의 방향을 따라 직진할 수 있도록 하기 위해서는 오차 신호의 크기와 방향에 따라 트랙터지거 측 구동륜의 유압모터에 공급되는 유량을 조절하여 트랙터 측의 속도를 변화시켜 주행 방향을 제어하고자 한다. 트랙터지거의 속도가 기준지거의 속도보다 늦어질 경우에는 트랙터지거 측 구동 유압모터의 유량을 증가시켜 방향을 유지하도록 하며 이와 반대의 경우는 속도를 느리게 하여 방향오차 안에서 유지 될 수 있도록 한다. 가로주행 시스템의 직선주행을 위해서는 전 후진 이동 중에 안내 바퀴가 통과할 고랑의 형태가 잘 유지되어야 한다. 전진 과정에서 관수작업을 모두 마치면 후진 작업을 시작할 시점에서 포장이 너무 과습하여 구동륜의 슬립이 증가하고 안내바퀴가 고랑을 이탈할 가능성도 있다. 이에 따라 주행순서를 고려 할 필요가 있다. 즉 가로주행 시스템이 전진시에는 길이(주행)방향으로 50%의 포장을 chemigation작업하고 포장의 나머지 부분에 대해서는 고속으로 전진하며, 후진시에 미작업 부분(50%)을 처리한 후 기 작업된 부분은 고속으로 통과하는 방식을 채택할 수 있다. 이는 주행방법을 변경할 포장 위치에 구조물을 설치하여 가로주행 시스템이 이 지점을 통과할 때 스위치가 작동하여 주행 속도와 작업 여부를 선택하여 실현할 수 있다.

5-2 동력해석

1. 구동해석

구동해석은 바퀴에 작용하는 수직하중(W), 구름저항계수(TF/W), 추진력(F), 견인력(H), 견인계수(H/W), 견인효율(TE) 등을 분석하므로 시작한다. 구름저항계수는 바퀴의 수직하중(W)에 대한 구름저항력 (TF)의 비로서 바퀴의 조건과 토양의 상태의 함수로서

$$\frac{TF}{W} = \left(\frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right) \text{ 이다. 여기서 } C_n: (CI)bd/W, CI: \text{원추지수(ASAE R313.1}$$

시험법), b: 바퀴폭, d: 바퀴직경 등이다.

추진력(F)은 구동바퀴와 지면 사이에서 바퀴에 전진방향으로 작용하는 힘으로서 구동축의 토크를 결정하는 요소가 된다. 구동축의 수직하중에 대한 구동력의 비를 총견인계수(F/W)로 정의하며 이는 바퀴의 치수, 토양상수 및 미끄럼율에 따라 변화하며

$$\frac{F}{W} = \frac{T}{rW} = 0.75(1 - e^{-0.3C_r S}) \text{ 이다. 여기서 } S: \text{미끄럼율}(\%), r: \text{구름반경, } T:$$

토크 등이다.

견인력(H)은 추진력에서 구름저항력을 뺀 값이며 구동축의 수직하중에 대한 견인력의 비를 순견인계수(H/W)로 정의하며 (F-TF)/W로부터 구한다. 이론적으로 H=0일 때 구동바퀴는 자주적으로 주행한다. 그러나 실제로 여유분의 견인력(H)은 필요하며 구름저항(TF)과 합하여 구동축의 토크를 계산한다. 구동 토크(T)를 감당하며 회전속도(ω)를 유지하는 데드는 동력은 (P=T \times ω)이며 가로주행식의 경우 상당히 느린 속도의 진행이므로 크지 않다. 구동바퀴의 직경과 폭은 견인효율이 최대가 되는 조건으로부터 설계하고, 소요되는 구동축 동력은 추진력과 작업속도와 관계로부터 구할 수 있다. 견인력(H)은 추진력에서 구름저항력을 뺀 값이며 구동축의 수직하중에

대한 견인력의 비를 순견인계수(H/W)로 정의하며

$$\frac{H}{W} = 0.75(1 - e^{-0.3C_n S}) - \left(\frac{1.2}{C_n} + 0.04\right) \text{ 식으로 구한다. 견인효율(TE)은 구동}$$

$$\text{축동력에 대한 견인동력에 대한 비율로서 } TE = \frac{\left(\frac{H}{W}\right)}{\left(\frac{F}{W}\right)} (1 - S) \text{ 식을 쓴다.}$$

구동바퀴의 직경과 폭은 위의 견인효율이 최대가 되는 조건으로부터 설계하고, 소요되는 구동축동력의 크기는 추진력과 작업속도와 관계로부터 구하였다.

표 5-1 구동부 해석의 요약

	트랙터지거 (TT)	기준지거 (LT)	비고
W(N): 하중/tire	9710	5640	유체하중(작업조건)
TF(N): 구름저항	600	380	차륜수치(Cn) = 19.2 원추지수(CI) = 40N/cm ²
F(N): 추진력	1630	930	
T(N.m): 구동토크	900	520	
H(N): 견인력	1030	550	100m 견인호스 (2½") 유체하중 (350kg)의 30%
P(W):동력/tire@1.5rpm	140	80	유성기어 감속기
Pax(W): 총동력	280	160	
C _H =H/2W(%): 견인계수	8.7	7.4	

표 5-1은 상기한 해석방법에 따라 분석한 결과로 구동부의 동력은 연속적이며 제어안정성이 높은 유압모터를 사용하였다. 기준지거는 1200 kg_r 정도이며 트랙터지거는 자중과 엔진의 무게를 포함하며 2000 kg_r 정도로 호스를 끌때 요구되는 견인력을 자체 및 유체무게의 약30%로 예상하였다. 따라서, CI = 40 N/cm²의 전형적인 토양에 대하여 11.2-24(Code R-1) 타이어의 폭(b)=28.5 cm과 직경(d)=110.4 cm 이므로 바퀴 하나당 하중(W)=6530 N에서 차륜수치(Cn)는 19.2이다.

선택한 타이어는 24" 의 림직경, 11.2" 의 설계 절단폭(design section width), 19.8" 의 정적하중 반경(static load radius), 44.34" 의 설계 전직경 (design overall diameter)의 치수를 갖는다. 타이어 공기압 150kPa(22 psi)에서 9000N의 용량을 갖으며 840-970 cm²의 접지면적을 갖는다.

견인력 계수(CH=H/2W)는 0.18이므로 예상되는 미끄럼율(S)은 약 7%로 예상된다. 추진력(F)은 견인력(H)과 구름저항(TF)의 합으로 3267N 이었다. 이에 필요한 토크(T=Fxr)는 바퀴당 1660 Nm이며 최대 전진속도(Vt) 5.0 m/min에 대하여 견인동력(Pdb) 210W, 축동력(Pax)은 580W로 계산되었고 견인효율(TE)은 36% 이었다.

동력은 원동기로 가동되는 발전기로써 전동력을 부담하며 구체적인 내용으로 (1) 트랙터지거의 두 바퀴를 구동하는 유압모터, (2) 기준지거의 바퀴를 구동하는 유압모터, (3) 유압모터 구동을 위한 원동기, (4) 펌프의 구동을 위한 전기모터, (5) 제어 및 주입모터를 위한 기타 동력 등이고 효율을 고려하여 전동력을 위한 동력부를 설계한다. 전기한 구동을 위한 동력은 약80%의 효율로 3-4마력/타워이며, 약액공급을 위한 주입펌프와 제어장치에 필요한 전원은 엔진의 동력을 이용하여 발전기로 전원을 생산 공급하기 위하여 2-3마력이 필요하고 원동기의 동력은 구동부 소요동력, 유동부의 소요동력 및 발전동력을 합산한 값에 동력전달효율 및 예비동력을 고려하여 14마력으로 설계하였다.

2. 동력 구동장치

동력구동부 장치는 원동기-유압펌프의 power unit, 유압모터와 실린더의 actuator, 유량조정밸브와 방향제어 밸브 등을 말한다. 원동기에 의하여 구동되는 펌프는 기준지거 구동모터로의 유량, 트랙터지거 구동모터로의 유량, 방향유도 밸브를 통한 트랙터지거로의 유량 및 승하기로의 유량을 감당하는 성능의 펌프로써 axial piston Vickers PVQ40 형식으로 1800-2000 rpm에서 75.5 lpm(12.1 MPa)이 정격운전

조건이다 (그림 5-4). 구동부와 주입부등의 부하 및 소요동력 측정을 위해서 엔진 회전속도-토크변환기를 flywheel과 유압펌프 사이에 설치하였고 처짐과 진동의 진정을 위해서 吸振形 지지대를 설치하였다. 구동모터를 구동륜과 분리구동시켜 엔진부하를 측정함으로써 유압회로내 손실을 실측하며, 연동시켜 각 유량별 소요동력과 구동륜 토크를 간접적으로 계측할 수 있다 (그림 5-5).

구동모터는 하중의 차이를 고려하여 기준지거의 모터 보다 트랙터지거의 것을 토크기준으로 80% 큰 것을 선정하고 같은 회전속도를 유지하기 위해서는 방향유도밸브를 통하여 유량을 60-70% 증가시킨다. 표 5-2 (a)와(b)에 사용된 Eaton T시리즈 모터의 제원을 보였다 (그림 5-6). 구동토크를 증가시키기 위해서 遊星齒車列 감속기(Fairfield Co. 68:1)를 채택하였다. 예상최대 동력을 산출하기 위하여 유압펌프의 총송출량의 22.7 lpm이 기준지거로 분류하고 방향조절밸브 및 유량계를 통하여 37.9 lpm가 트랙터지거로 분류하면 각각 지거에 5.6 와 3.08 kW의 동력이 분산되어 바퀴의 토크는 1.5 rpm에서 36.4와 20.0 kN·m을 나타냈다 (표 5-3).

주행방향의 측정을 위해서 기준선을 설정하고 유도밸브의 움직임을 측정하기 위하여 LVDT를 장착하였다. 트랙터지거 및 기준지거구동륜의 전진속도를 측정함으로써 주행방향 유도체계의 특성을 파악할 수 있다. 기어형태의 치형판을 근접센서에 접근시켜 속도를 측정하였으며 그림 5-6에 보였다. 트랙터지거의 치형판은 외경:350 mm, 내경:150 mm, 잇수:30, 피치:36.65 mm이며 기준지거의 것은 외경:285 mm, 내경:158 mm, 잇수:26, 피치:34.43 mm 로 하였다. 원동기의 마력은 주입장치의 펌프구동과 계측장비용 인버터(12VDC-110VAC)출력을 포함하여 여유있는 디젤엔진 (Isuzu 3LD1, diesel engine, 18kW) 을 장착하였다. 각 지거의 중량을 기준으로 유압실린더를 장착함으로써 인근 경구로의 세로이동을 가능케 하였다. 각 부의 추가적인 제원을 표 5-4에 보였다.

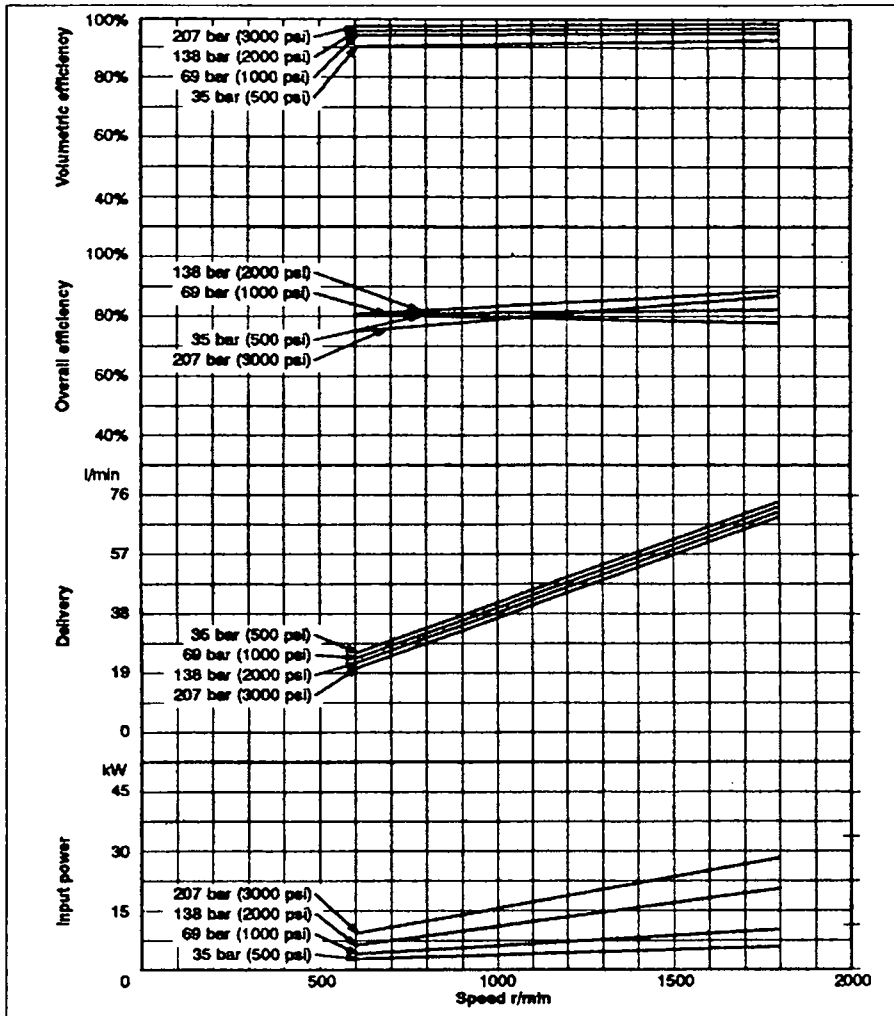


그림 5-4. 유압펌프로 선택된 Axial piston식 Vickers PVQ40의 성능곡선

표 5-2 (a). 트랙터지거(TT) 유압모터의 성능제원 (Eaton T-Series, 306cc/rev.)

		Pressure (bar)				
		69	83	97	103	110
Flow rate (l/min)	30.3	285 (96)	339 (94)	390 (89)	414 (86)	438 (83)
	37.9	280 (120)	334 (117)	385 (112)	410 (108)	535* (104)
	45.4	271 (145)	326 (142)	379 (136)	404 (131)	428 (127)
	53.0	264 (169)	318 (165)	371 (159)	397 (154)	423 (150)
	56.8	258 (181)	313 (177)	366 (171)	393 (165)	419 (160)

표 5-2(b). 기준지거(LT) 유압모터의 성능제원 (Eaton T-Series ,195cc/rev)

		Pressure (bar)				
		83	97	110	121	125
Flow rate (l/min)	7.6	222 (28)	253 (25)	283 (20)	304 (16)	310 (14)
	15.1	227 (71)	259 (68)	292 (65)	316 (62)	324 (61)
	22.7	228 (107)	263 (104)	294* (100)	320 (97)	328 (95)
	30.3	226 (144)	260 (142)	293 (139)	318 (134)	326 (132)
	37.9	221 (183)	255 (181)	290 (176)	315 (168)	323 (166)

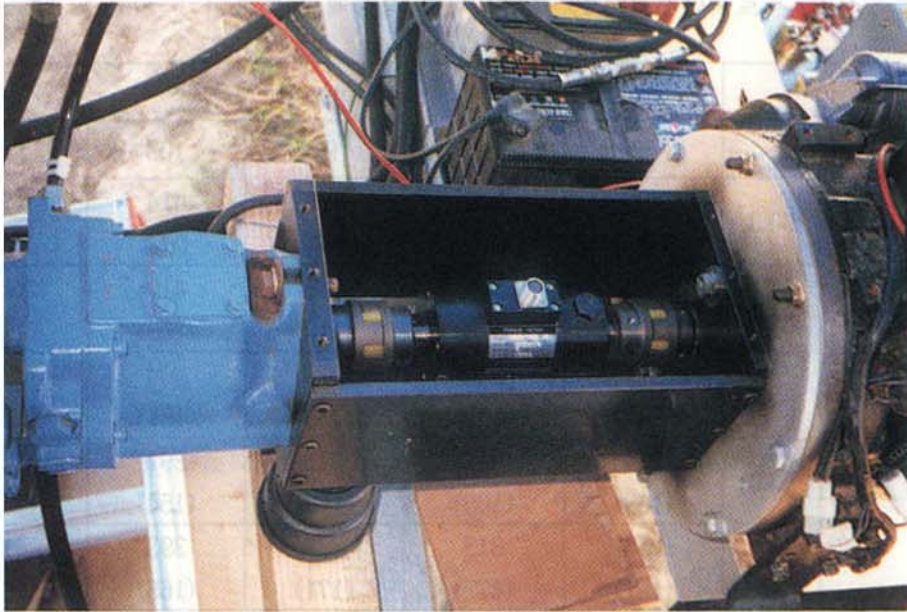


그림 5-5. 원동기에 토크변환기를 통하여 장착된 유압펌프

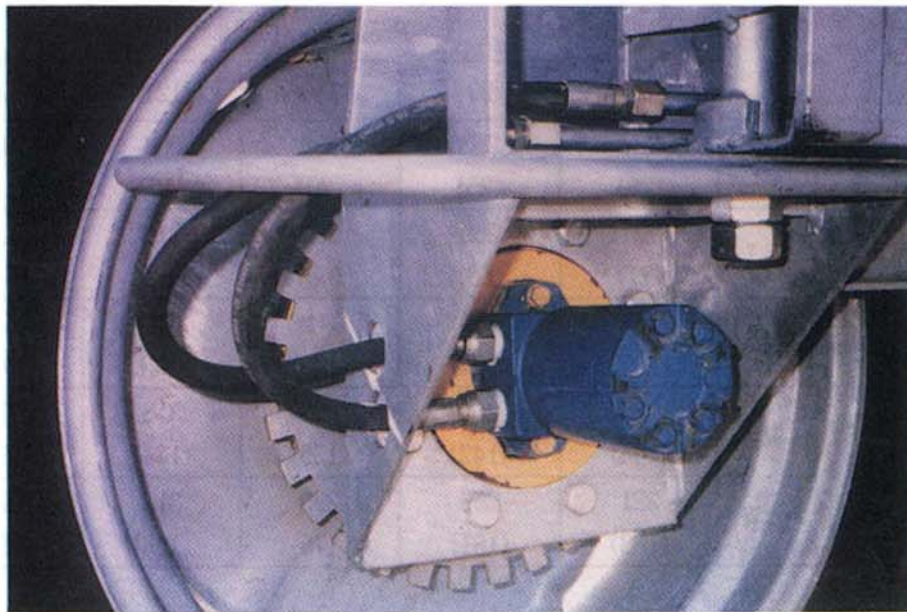


그림 5-6. 감속기가 내장된 구동부에 장착된 유압모터와 치형판의 모습

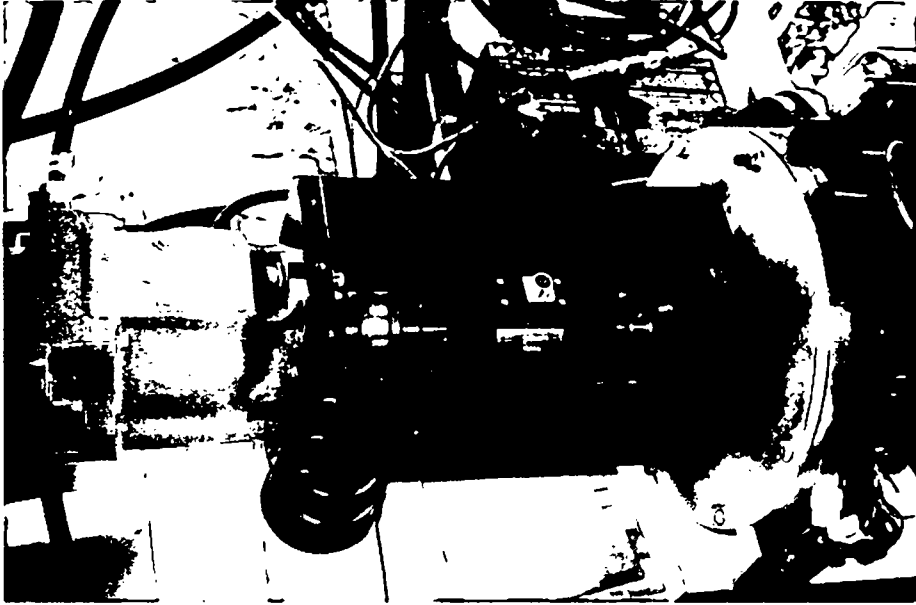


그림 5-5. 원동기에 토크변환기를 통하여 장착된 유압펌프



그림 5-6. 감속기가 내장된 구동부에 장착된 유압모터와 치형판의 모습

표 5-3 구동부 최대출력 분석

	트랙터지거 (TT)	기준지거 (LT)	비고
Q(lpm): 유량 @110MPa	37.9	22.7	총유량 75.5 lpm
T(N.m)/모터:토크	535	294	@100 rpm
P(kW):동력	5.60	3.08	@100 rpm
T(kN.m)/wheel:토크	36.4	20.0	감속후(68:1) @1.5 rpm
P(hp):동력 @1.5rpm	4.0	7.5	감속후 @1.5rpm

표 5-4. 동력구동부의 추가적인 요약

<p>추가요약</p> <ul style="list-style-type: none"> - 유압실린더: 트랙터지거; 내경 75mm, 외경 85, 로드경 30, 행정거리 750, 최소거리 775 기준지거 ; 내경 63mm, 외경 73, 로드경 30, 행정거리 750, 최소거리 775 - 구동륜 타이어: 11.2-24(Code R-1) 폭(b)=28.5 cm과 직경(d)=110.4 cm, 공기압 150kPa (22 psi)에서 9000N의 용량; 접지면적 840-970 cm² - 원동기: Isuzu 3LD1, diesel engine, 18kW @1800-2000rpm - 유압펌프: Vickers PVQ40, 75.7 lpm @12.3MPa, 정격운전 14kW @2000rpm - 인버터(500W) 및 주입펌프(500W)를 위한 전기동력: 50A alternator 설치

5-3 동력구동부의 시험

1. 동력구동시험

구동부의 해석을 위하여 산업용 floor scale(CAS R-1000)을 이용하여 그림 5-7과 같이 구동바퀴에 걸리는 수직하중을 측정하였다. 기준지거는 바퀴당 600 kgf이며 트랙터지거는 자중과 장비의 무게를 포함하며 바퀴당 1000 kgf으로 측정되었다. 구동부의 소요동력 측정을 위해서 엔진 회전속도 및 토크변환기(Minebea Co., TMNR-5KM)를 원동기와 유압펌프 사이에 설치하였고 처짐과 진동의 진정을 위해서 吸振形 지지대를 설치하였다. 구동모터를 Idle상태에서 구동시켜 엔진부하를 측정함으로써 유압회로내 손실을 실측하며, 또한 연동시켜 각 유량별 소요동력과 토크를 간접적으로 계측하였다 (그림 5-8). 그림 5-9에 보인바와 같이 토크는 작업의 상태에 따라 1-2.5 kgf.m의 변동폭을 보이고 있다. 표 5-5에는 작업별 토크와 동력을 정리하였다. 작업중 지거를 들어올리는 작업이 8.22 kW의 동력이 필요하여 비교적 많은 동력을 요하였고, 주행속도가 빨라지면서 동력이 증가하였는데 약 60%의 유량에서 약 2.4 m/min의 속도를 내었고 동력은 4.93 kW를 기록하였다. 주행속도가 증가하면서 동력의 증가분은 감소하는 경향을 보였고 최대속도 (4.0 m/min)에서 6.0 kW 정도를 예상하였다.

2. 방향유도시험

상기한 주행방향의 유도방법에 따라서 그림 5-10에 보이는 것과 같이 제5륜을 고랑에 위치하고 그 방향의 움직임에 따라 주행 방향유도 밸브를 조정할 수 있도록 하였다. 주행방향의 측정을 위해서 기준선을 설정하고 (그림 5-11) 유도밸브의 움직임을 측정하기 위하여 LVDT (LD500, Omega)를 장착하였다 (그림 5-12).



그림 5-7. 구동부 해석을 위한 바퀴의 수직하중 측정

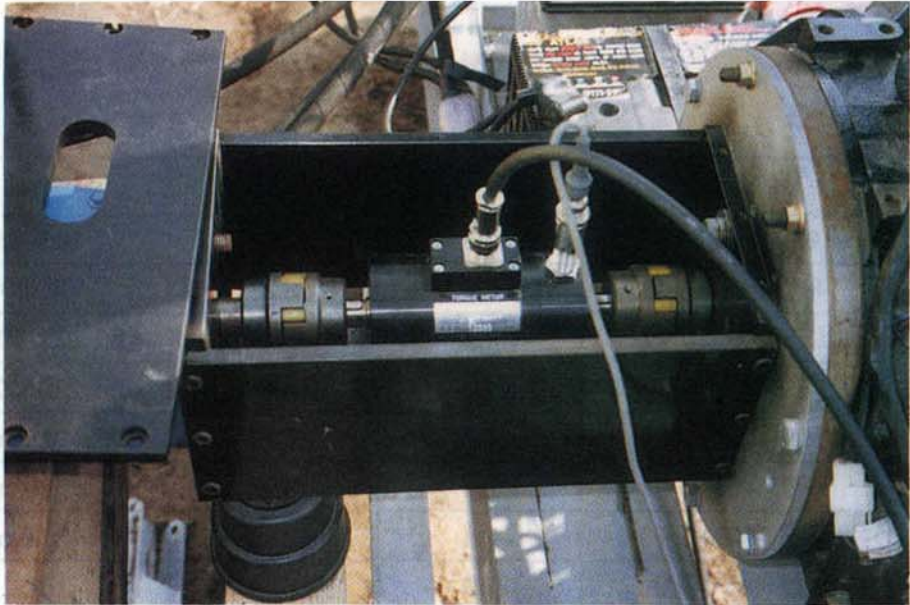


그림 5-8. 토크 및 동력측정을 위한 토크 변환기

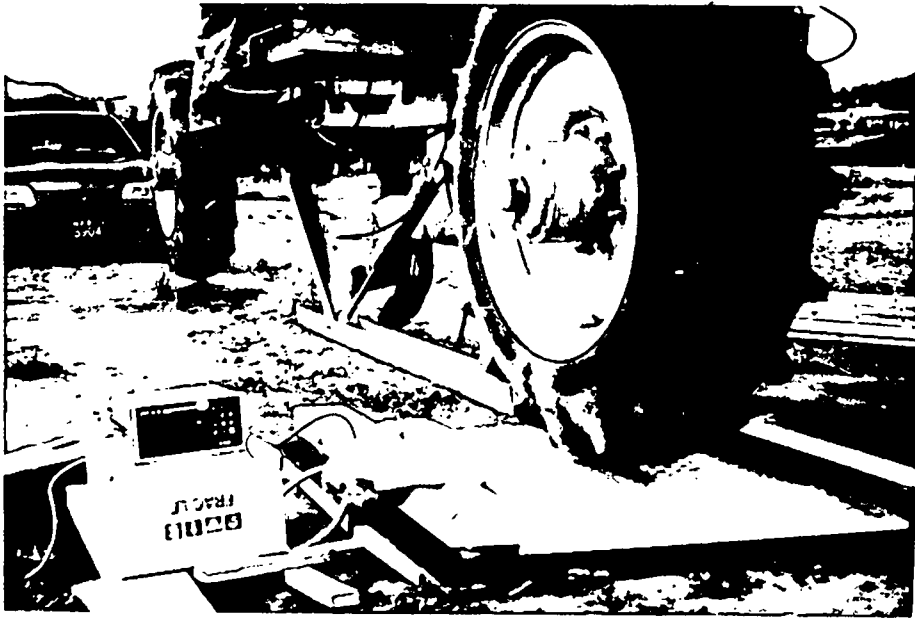


그림 5-7. 구동부 해석을 위한 바퀴의 수직하중 측정

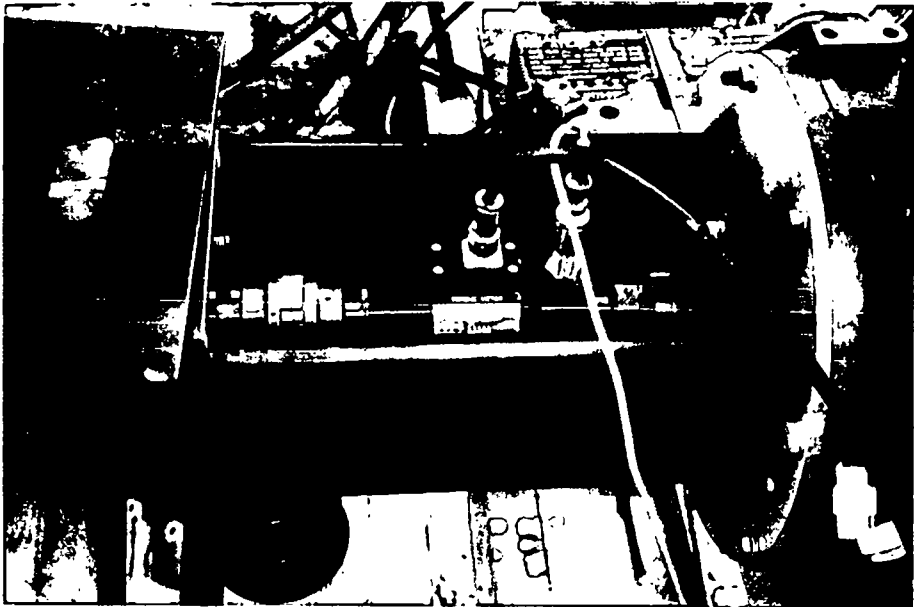


그림 5-8. 토크 및 동력측정을 위한 토크 변환기

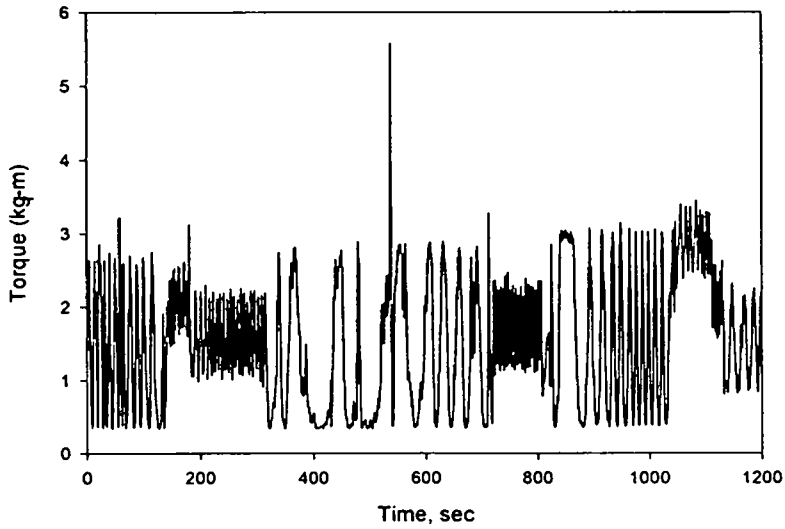


그림 5-9. 다양한 작업시 동력부의 토크 측정예

표 5-5. 작업별 토크와 소요동력의 측정치

작업형태	토크(kgf · m)	소요동력(kW)	비고
원동기 공회전	1.3	2.67	(0.3-2.5)
유압실린더작동	4.0	8.22	최대치
주행 공회전 (20%유량)	1.5	3.08	(1.0-2.0) 20%유량
주행 공회전 (40%유량)	2.0	4.11	(1.5-2.5) 40%유량
주행 (20%유량)	1.8	3.70	속도 0.8 m/min
주행 (40%유량)	2.2	4.52	속도 1.6 m/min
주행 (60%유량)	2.4	4.93	속도 2.4 m/min
손실 (40%유량)	1.0	0.41	간접계산



그림 5-10. 고랑안내 방식 방향유도를 위한 제5륜

구동륜의 속도를 측정하여 진행거리를 계산하고자 기어형태의 치형판을 근접 센서 (ZVF-C12-4DNO, LG산전)에 접근시켜 진행속도를 측정하였으며 그림 5-13에 보였다. 트랙터지거의 치형판은 외경:350 mm, 내경:150 mm, 잇수:30, 피치:36.65 mm 이며 기준지거의 것은 외경:285 mm, 내경:158 mm, 잇수:26, 피치:34.43 mm 로 하였다. 피치는 사용된 근접센서의 지름크기 12mm를 염두에 둔 것이며 속도가 상대적으로 느리기 때문에 반피치 진행에 필요한 시간을 100Hz clock을 이용하여 측정하였다.

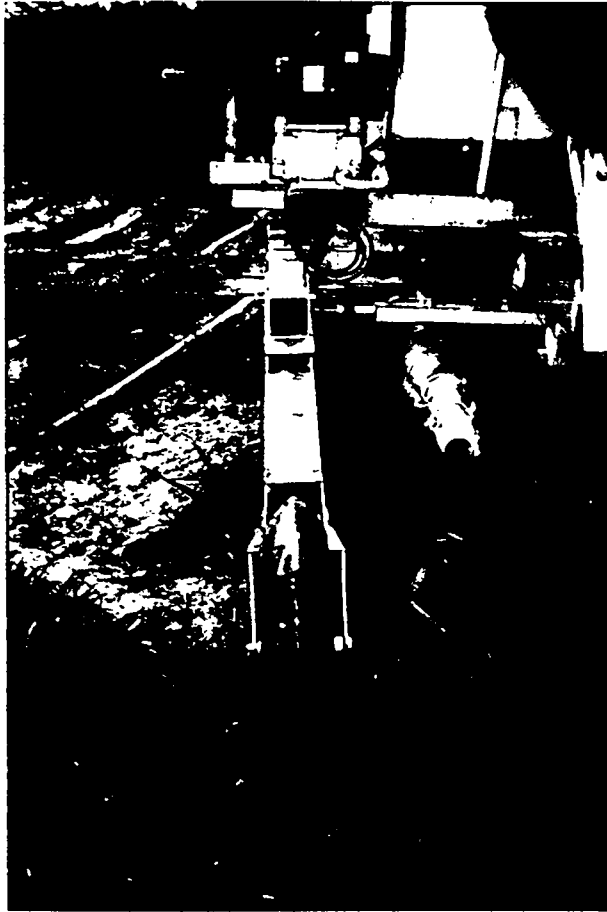


그림 5-10. 고랑안내 방식 방향유도를 위한 제5륜

구동륜의 속도를 측정하여 진행거리를 계산하고자 기어형태의 치형판을 근접 센서 (ZVF-C12-4DNO, LG산전)에 접근시켜 진행속도를 측정하였으며 그림 5-13에 보였다. 트랙터지거의 치형판은 외경:350 mm, 내경:150 mm, 잇수:30, 피치:36.65 mm 이며 기준지거의 것은 외경:285 mm, 내경:158 mm, 잇수:26, 피치:34.43 mm 로 하였다. 피치는 사용된 근접센서의 지름크기 12mm를 염두에 둔 것이며 속도가 상대적으로 느리기 때문에 반피치 진행에 필요한 시간을 100Hz clock을 이용하여 측정하였다.



그림 5-11. 주행성능 분석을 위한 기준선의 설정

트랙터지거 및 기준지거 구동륜의 전진속도 및 밸브의 움직임을 측정함으로써 주행방향 유도체계의 상태를 파악할 수 있다. 주행부자체에서 안내바퀴와 밸브의 움직임에 따라 주행로를 따라 움직이나 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다.

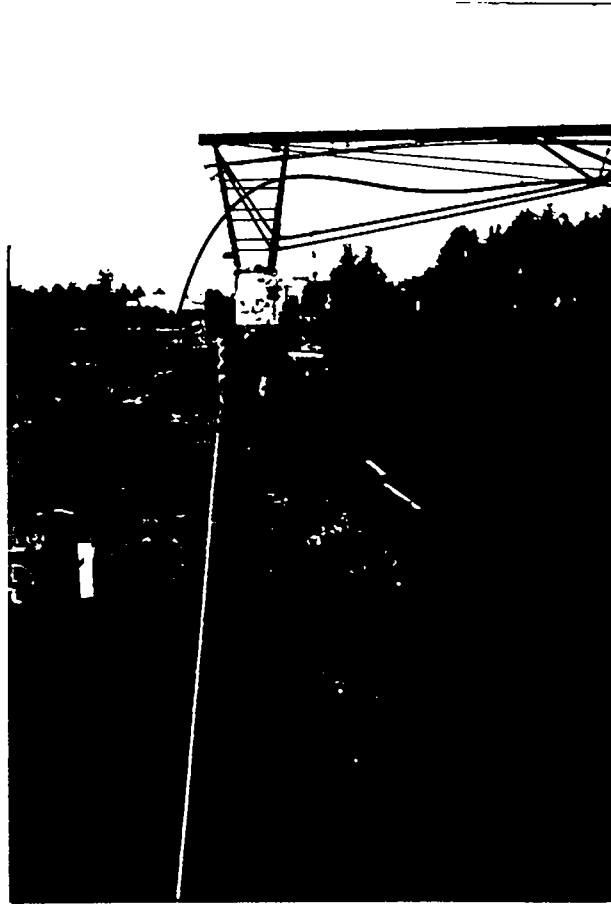


그림 5-11. 주행성능 분석을 위한 기준선의 설정

트랙터지거 및 기준지거 구동륜의 전진속도 및 밸브의 움직임을 측정함으로써 주행방향 유도체계의 상태를 파악할 수 있다. 주행부자체에서 안내바퀴와 밸브의 움직임에 따라 주행로를 따라 움직이나 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다.

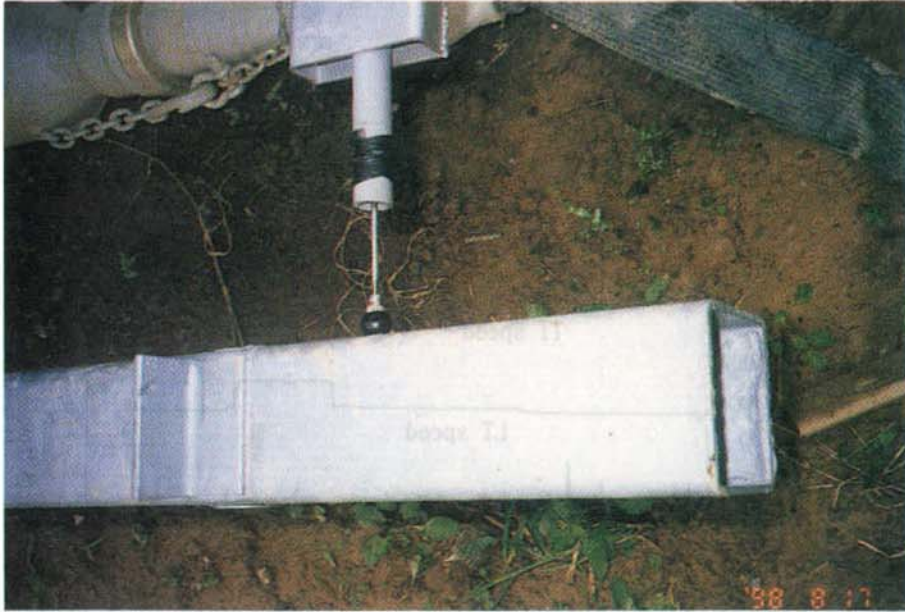


그림 5-12. 주행방향의 측정을 위한 LVDT

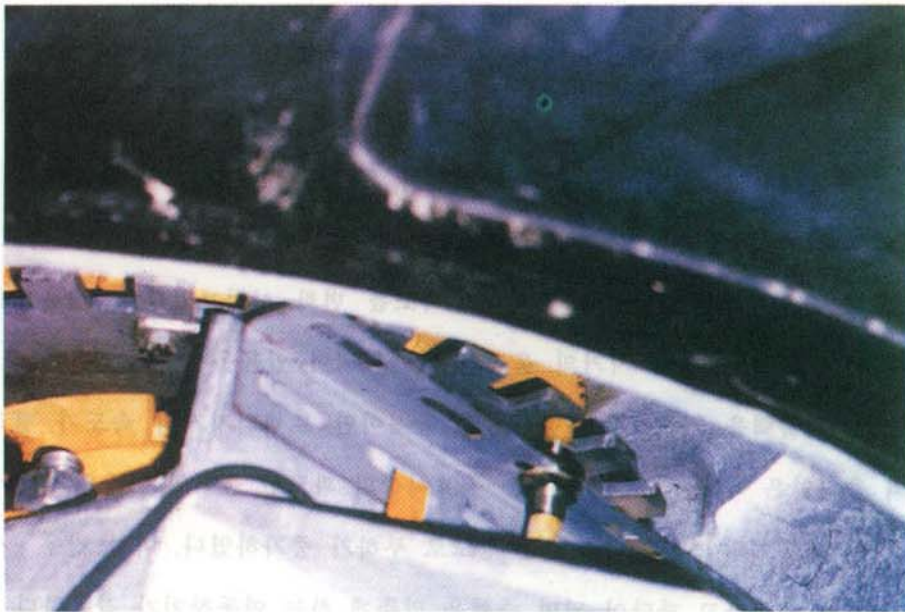


그림 5-13. 주행속도 측정용 근접센서와 치형판

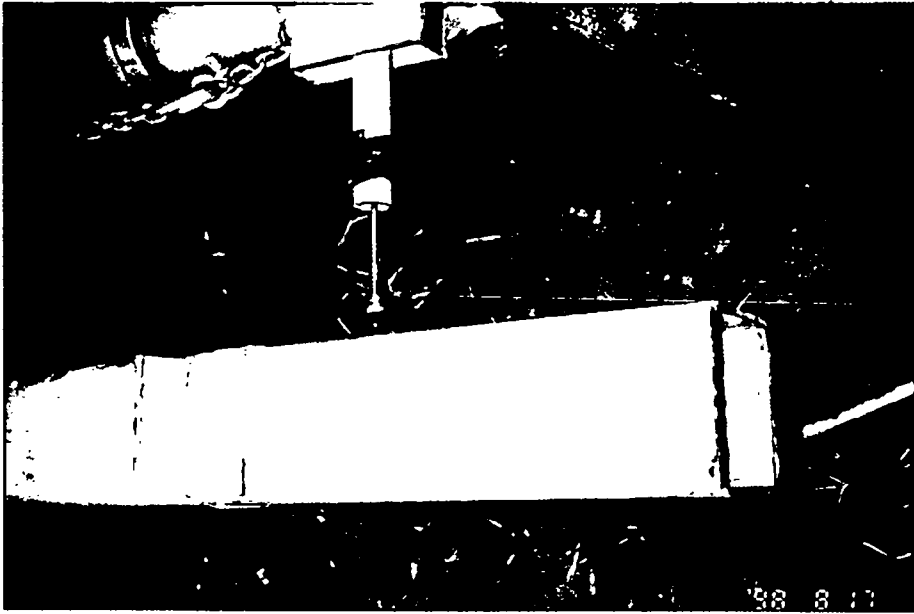


그림 5-12. 주행방향의 측정을 위한 LVDT



그림 5-13. 주행속도 측정용 근접센서와 치형판

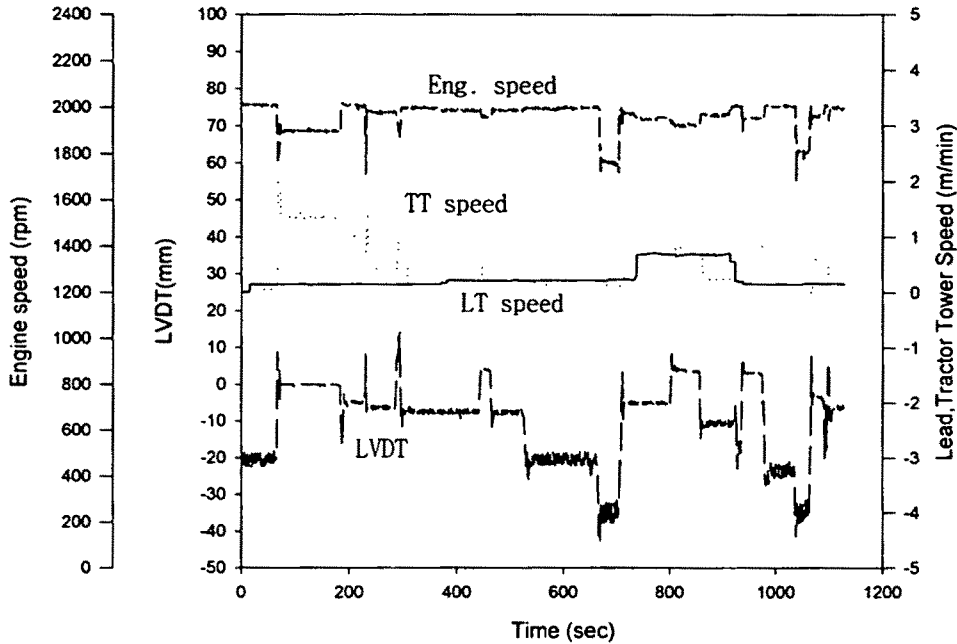


그림 5-14. 주행부의 시스템 운행속도, 방향 및 엔진상태

그림 5-14에는 앞에서 기술한 근접센서, LVDT 및 엔진 회전속도에 대한 변화를 보이고 있다. 기준지거는 유량 조절밸브의 위치에 따라 고정되어 목표속도를 유지하게 되나 그림에서는 3단계에 걸쳐 그 속도를 변화 시켜보았다. 방향유도밸브의 움직임과 이에 따른 트랙터 지거의 움직임이 연동되어 있음을 파악할 수 있다. -8.0 mm의 LVDT 출력을 기준으로 +방향으로 움직이면 트랙터지거의 속도가 빨라지며 반대로의 움직임은 속도를 감소시킨다. -40 이상의 과도한 움직임은 유압의 by-pass를 유발하여 원동기의 속도가 낮아 질 정도로 부하가 증가하였다. 이럴 경우 시스템 주행에 문제가 생겼다고 판단이 되며 주행을 멈추게 하는 연동장치가 작동한다.

그림에서 안내밸브의 움직임을 측정하는 LVDT의 움직임을 볼 수 있으며 이

에 따라 트랙터지거의 속도가 조절되어 주행로를 따라 운행될 수 있게 된다. 시스템의 기준 속도는 chemigation의 투입량과 투입목표치에 따라 계산하여 기준지거에 맞추어진 속도를 유지하게 되어 시행한다.

그림 5-11에 보인 것 같이 기준선에서 벗어나는 오차폭을 진행거리 50cm 마다 수동으로 측정하여 주행오차의 정도를 보았다. 그림 5-15에서 보인 시스템의 주행오차는 초기의 유도밸브위치 상태에 따라 차이가 있으나 주행유도 회전암의 위치를 주행방향으로 조정함으로써 오차를 줄일 수 있었으며 주행이 진행됨에 따라 ± 2.5 cm 이내에서 안정될 수 있다.

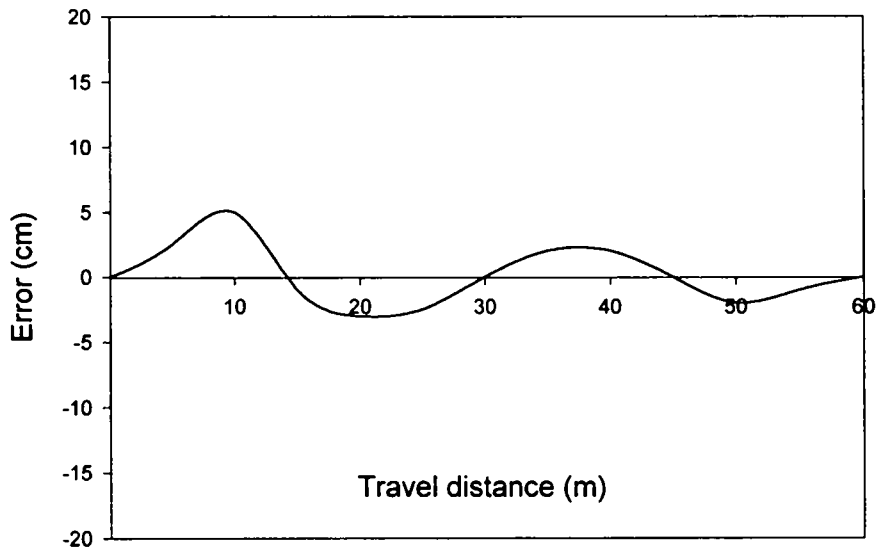


그림 5-15. Chemigation system의 주행시험과 오차측정

여 백

제 6 장 계 측 제 어 부

여 백

제 6 장 계 측 제 어 부

6-1 계측제어부의 구성

Chemigation system의 구성은 계측기지부(base unit)와 가로주행부(driving unit)로 구분된다. 계측기지부는 고정된 위치에 설치되는 장치로서 관정, 펌프, 기상 환경 관측에 관련되는 각종 계측제어 장비로 구성되며, 가로주행부는 구동부에 설치되는 각종 센서와 장비로 구성된다. 계측기지부와 가로주행부의 데이터 수집과 장치의 제어는 각각 별도의 컴퓨터에 의하여 수행되도록 하였다.

본 연구에서 제작한 시스템은 가로주행부가 계측기지부로부터 직선 거리로 약 200 m 떨어져 위치하고 있으며, 또한 가로주행부는 작업 중 계속 이동하기 때문에 두 컴퓨터 사이의 자료 교환을 위해서 447 MHz의 라디오 주파수를 사용하는 무선 모뎀(모델 SDT-2000, 신안전자)을 각 컴퓨터의 직렬통신 포트에 설치하여 양방향 데이터 전송이 가능하도록 하였다. 연구에 사용한 무선 모뎀은 double superheterodine 수신방식을 사용하며, 데이터 전송속도는 1200 또는 2400 bps 중에서 선택할 수 있다. 그림 6-1은 기지부의 기상센서와 구동부의 작업상태 센서 및 무선모뎀에 의한 데이터 전송장치의 구성을 도시하였고, 그림 6-2와 6-3은 시험포장에 설치된 가로주행부와 기지부를 보였다.

관수시기의 결정과 병해충 발생 예측을 위해서는 포장이 위치한 국지의 기상 환경과 토양 수분 상태의 연속적인 관측이 요구된다. 이를 위하여 포장에 인접한 위치에 간이 기상 측정장치와 포장 내에 토양 수분의 경시적 변화를 측정하기 위한 토양수분 센서를 설치했으며, 측정에 사용한 센서의 제원은 표 6-1과 같다. 기상환경 및 토양 수분 데이터는 PC와 자료수집장치를 이용하여 수집·분석하며 예측프로그램과 병행 운영된다. 방제 시기의 결정 방법은 기상센서로부터 습도의 지속시간, 온도의

변화치, 강우 및 들풍현상 등을 기초로 daily severity 값을 구하고 누계가 문턱값을 초과하면 병발생 경고신호를 발생하도록 한다. 관수 시기는 기상관측 시스템에 토양 수분 센서를 추가로 설치하여 이들 센서로부터 읽어 들인 기상자료와 작물의 생육 단계에 따른 필요 수분을 비교하여 결정한다.

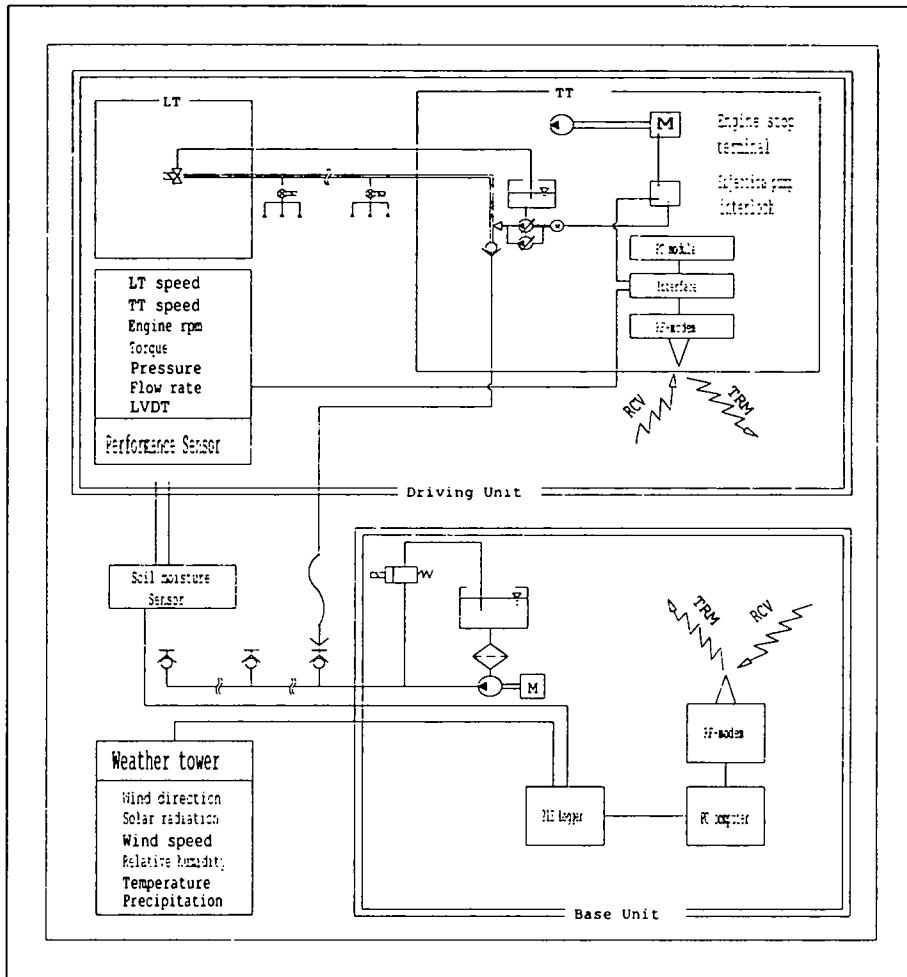


그림 6-1. Chemigation system의 기지부 및 구동부의 제어계측장치 개요도



그림 6-2. Chemigation 시스템의 가로주행부 전경



그림 6-3. Chemigation 시스템의 기지부 전경



그림 6-2. Chemigation 시스템의 가로주행부 전경

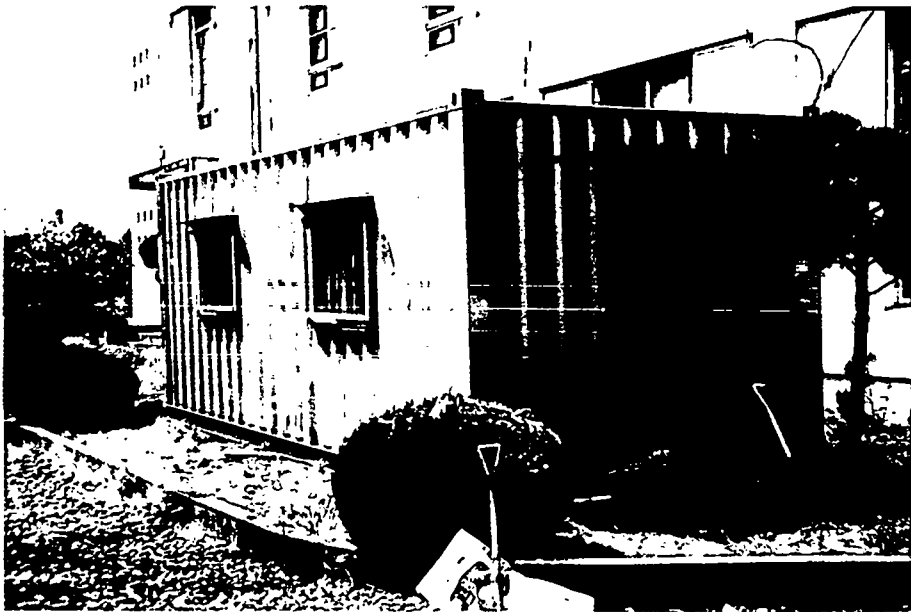


그림 6-3. Chemigation 시스템의 기지부 전경

표 6-1. 기상환경 및 토양수분 측정 센서의 제원

측정 항목	측정 방식	측정 범위	신호 형태	수량
기온	Thermister	-35 ~ 50℃	DC voltage	1
대기 습도	Capacitive type	100% (RH)	DC voltage	1
풍향	Potentiometer	0 - 360°	DC voltage	1
풍속	3-cup anemometer	45 m/s	AC pulse	1
일사량	Pyranometer	3000 W/m ²	pulse	1
강수량	Tipping bucket	infinite	pulse	1
토양수분	Time domain Reflectometer	100% (w.b.)	pulse	6

가로주행 시스템의 성능을 감시하기 위하여 엔진의 구동 토크 및 소요동력, 엔진속도, 가로주행부의 주행방향과 주행속도, 관수의 유량과 압력 등을 다음과 같이 측정하였으며, 사용된 센서의 제원은 표 6-2와 같다.

- ① 토크 및 소요 동력: 원동기와 유압펌프 사이에 토크변환기로 토크를 측정하며 회전수를 곱하여 구동축의 소요 동력을 측정한다.
- ② 엔진회전속도 : 토크변환기의 축에 연결된 기어(잇수 60T)의 회전을 근접센서로 측정한다.
- ③ 주행방향: 안내 바퀴와 가로주행부 사이의 각을 LVDT로 측정하여 주행방향을 관측한다.
- ④ 주행 속도: 양 지거의 구동륜에 설치된 치형판에 근접센서를 연결한 후 펄스의 폭(주기)을 측정하여 주행속도를 구한다.
- ⑤ 유량 및 압력: 관수 호스와 노즐 사이에 유량계와 압력계를 설치하여 측정한다.

표 6-3에는 기지부의 기상센서와 구동부의 주행상태센서에서 얻은 정보를 무선 모뎀에 의하여 교환하는 것을 설명하였다.

표 6-2. 동력 및 구동부 성능측정 센서의 제원

측정 항목	측정 방식	측정 범위	신호제원	수량
토크	Strain gage, slip ring	5kg.m-10000rpm	DC voltage	1
엔진회전속도	Proximity	4000 rpm	pulse	1
주행속도	Proximity	10 kph	pulse	2
주행방향	LVDT	50 mm	DC voltage	1
관수유량	Paddle AC pulse	0.2-4", 0.3-6.1 m/s	AC pulse	2
관수압력	Transducer	0.7 MPa	DC voltage	2
구동륜하중	Load cell	0.5-1000 kg	DC voltage	4
DC모터전류	전류미터	50A	DC ampere	1
유압유 유량	Float piston	3.8-38 lpm	-	1

표 6-3. 계측기지부와 가로주행부의 정보 연계도

계측기지부 (Base unit)		⇔	가로주행부 (Driving unit)	
PC	무선 모뎀 주행정지 신호	⇔	무선 모뎀 작업성능정보	PC module
<기상정보> 온도, 습도 일사량 풍향, 풍속 강우량 토양수분	<관개정보> 관수기계상태	⇔	<관수, 방제정보> 관수압력/유량 방제작업	<작업정보> 주행속도/방향 구동토크/동력 엔진 상태 유압 상태 작업 상태

6-2 계측기지부

1. 기상정보계측

기상환경 및 토양수분 데이터는 개인용 컴퓨터(PC)와 자료수집장치(micrologger 21X, Campbell Scientific, Inc., UT)를 이용하여 수집·분석한다. 그림 6-4는 계측기지부의 컴퓨터, 데이터 로거, 무선 모뎀 및 각종 센서의 연결을 도시한 것이며, 그림 6-5는 21X와 PC를 통하여 수집한 데이터가 화면에 표시되는 것을 나타낸 것이다. 기상환경 신호는 21X 자료수집장치를 통하여, 토양수분센서의 신호는 21X의 확장 모듈인 카운터 입력단자(SDM-INT8, Interval timer)를 통하여 컴퓨터에 입력된다. 기상 데이터는 10초 간격으로 각 센서의 값을 측정하여 다음 강우량 신호는 30분 동안의 누계를, 기타 신호는 30분 동안의 평균을 화면에 표시하고, 하드디스크에 저장한다. 기상환경 자료는 매일의 데이터를 별도의 파일로 자동 저장하며, 파일의 마지막에는 하루 동안의 강우량 누계와, 기타 기상 신호의 평균을 기록한다. 엔진 출력 등의 작업성능 신호는 1초 간격으로 각 센서의 값을 읽어 가로주행부에 탑재된 컴퓨터에서 해당 공학단위로 변환한 후 무선 모뎀을 통하여 계측기지부의 컴퓨터로 실시간 전송된다.

기상환경을 측정하기 위하여 지상 약 15 m 높이에 기상탑(Campbell Scientific, Inc., UT)을 세워 대기 온도/습도(HMP35C), 풍향(024A), 풍속(014A), 일사량(LI200X) 및 강우량(TE525) 센서를 설치하였다(그림 6-6). 토양 수분함량을 측정하기 위하여 관수 지역의 세 장소에 깊이에 따라 30 cm와 60 cm에 2개씩 총 6개의 TDR(Time domain reflectometry) 토양수분 센서(CS613)를 설치하여 강우 및 관수 후 시간의 경과에 따른 토양수분 함량의 변화를 측정했다. 토양수분센서의 펄스(P: Hz) 출력을 토양수분함량의 값으로 변환하기 위하여 펄스출력의 주기와 토양수분함량

의 관계를 보정하였으며, 그 결과는 그림 6-7과 같다. 수분량을 측정하는데 습기준(wet base)으로 $Wd(\%) = 4.544 / P(Hz) + 14.428$ 의 식을 사용하였다. 그림 6-8은 토양수분센서를 고추밭에 30과 60cm 깊이에 설치하고 그 위치를 표시한 것이다. 포장의 토양수분을 계측기지부에서 지속적으로 관측할 필요가 있으므로, 기지부로부터 토양수분 센서가 설치된 포장까지 10P 전선을 매설하였다. 전선의 기지부 쪽 끝은 카운터 입력단자(SDM-INT8)에 연결하였으며, 포장 쪽 끝에는 터미널 박스(그림 6-9)를 설치하고 여기에 토양수분센서의 단자를 연결하였다. 가로주행부의 작업 개시와 종료를 계측기지부의 컴퓨터에 알리기 위하여 터미널 박스의 전면에 토글 스위치를 부착하였으며, 작업자가 이 스위치를 올리면(ON) 계측기지부의 컴퓨터는 기상자료 수집을 일시 종료하고 가로주행부와 무선 모뎀을 통하여 자료를 송수신하는 모드로 전환하도록 하였다.

포장에 인접한 위치에 설치한 간이 기상 측정장치와, 포장 내에 토양 수분의 경시적 변화를 측정하기 위한 토양수분 센서를 이용하여 관수시기를 결정하고 병해충 발생을 예측할 수 있다. 기상환경 및 토양 수분 데이터는 Penman법을 이용하여 증발산량(evapotranspiration)과 토양수분을 예측하는데 쓰이며, 예상치가 field capacity와 depletion 한계치 사이에 있도록 chemigation 시기를 결정한다. 일례로 그림 6-10, 6-11, 6-12에 보인 기상 데이터를 이용하여 그림 6-13에 보인 것과 같이 토양수분을 예측하고 관수시기를 결정할 수 있다.

1998년 여름에는 강우량이 많아서 관개의 필요성보다 방제의 필요성이 증대하였다. 개발한 chemigation system 주행로의 배수와 견고성을 유지하면서 습한 포장의 방제가 적기에 수월히 이루어 질 수 있도록 하였다.

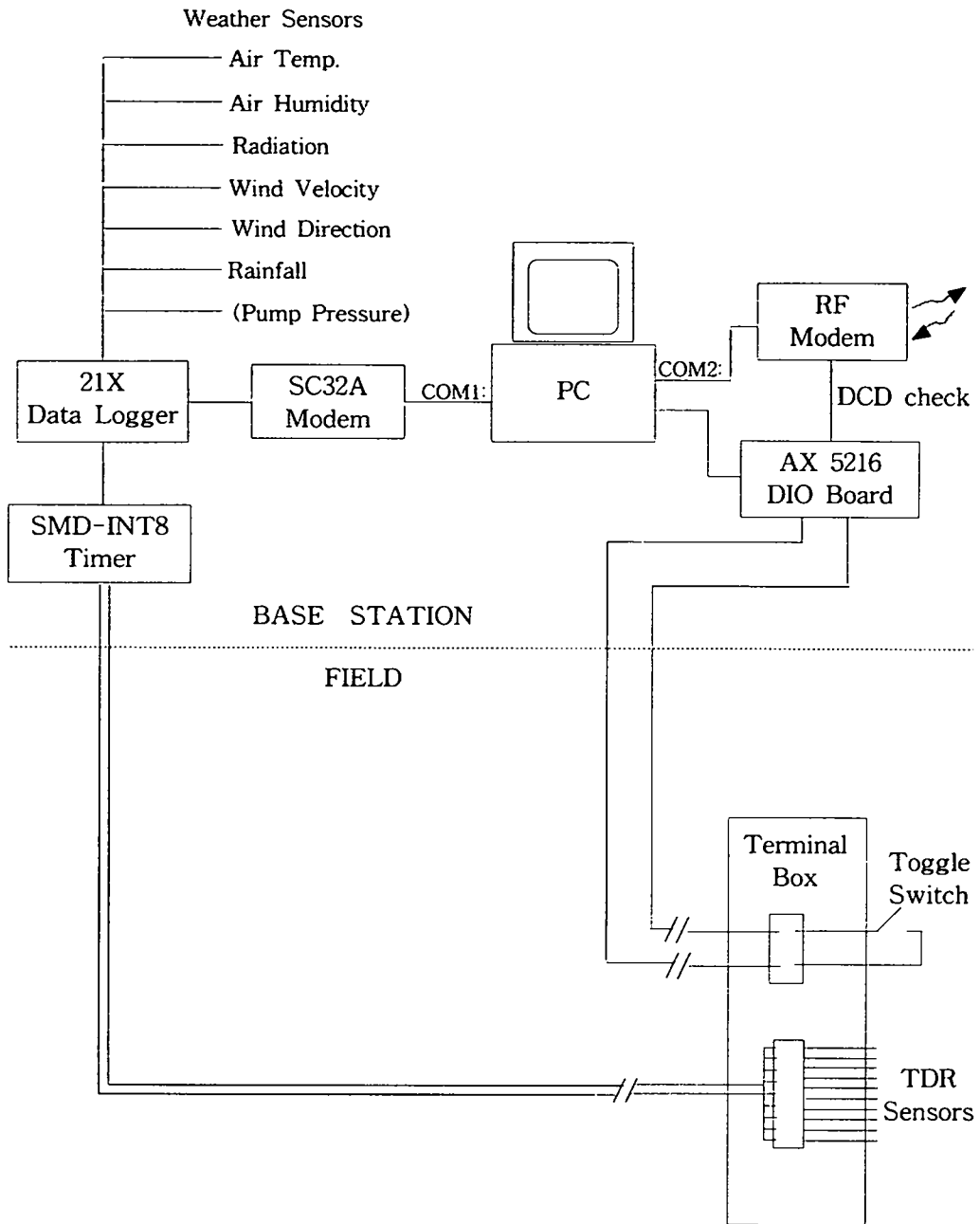


그림 6-4. 계측기지부의 시스템 구성도



그림 6-5. 계측기지부 내부의 기상 데이터 수집장치 및 시스템제어장치

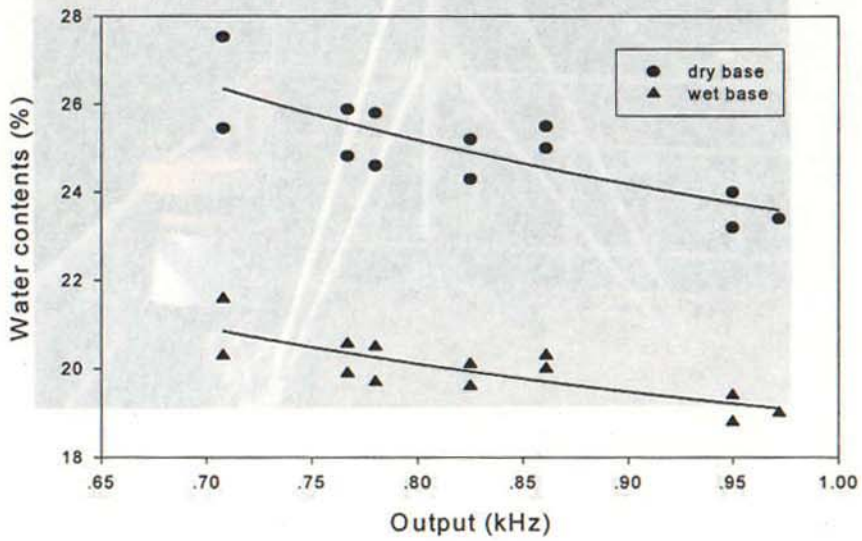


그림 6-7. 포장 토양수분 센서(TDR)의 보정식

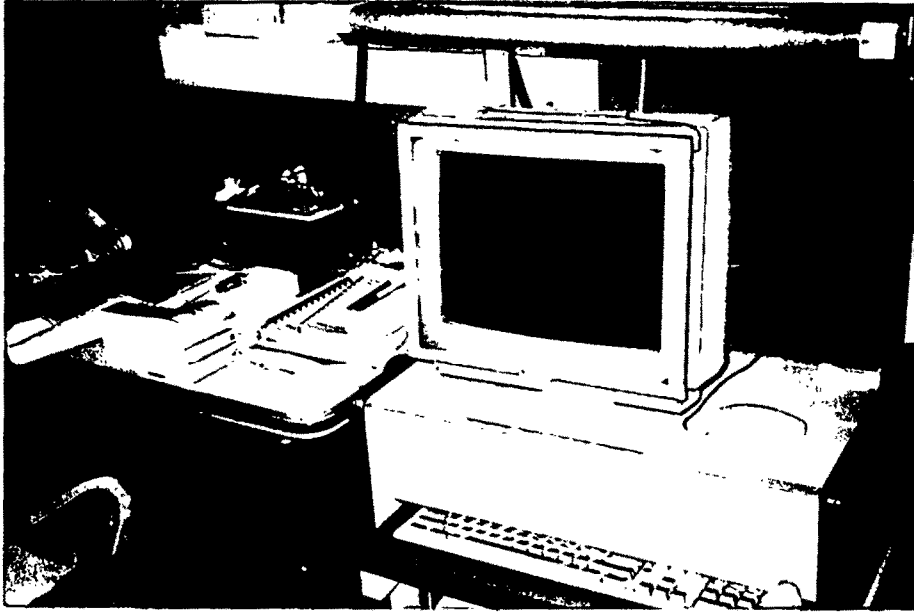


그림 6-5. 계측기지부 내부의 기상 데이터 수집장치 및 시스템제어장치

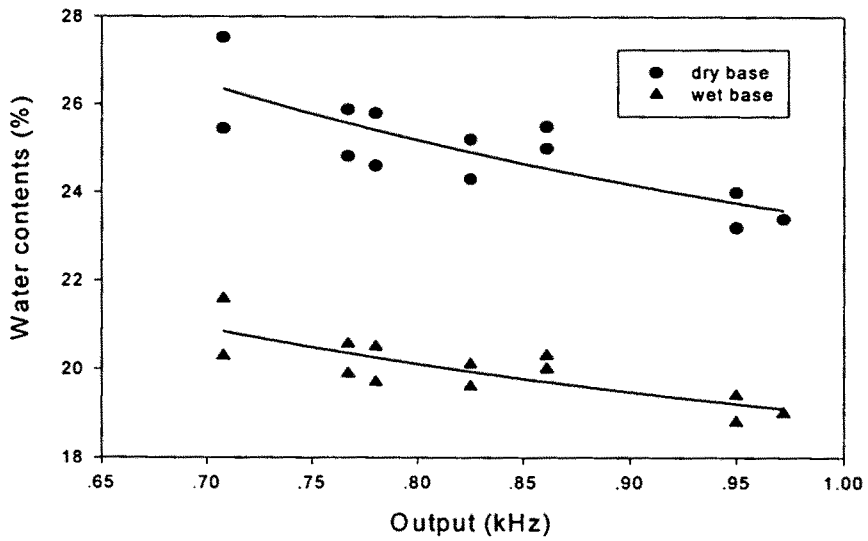


그림 6-7. 포장 토양수분 센서(TDR)의 보정식



그림 6-6. 기지부 근처 포장기준 높이 $Z=15\text{m}$ 에 설치된 기상센서(고도 55m).

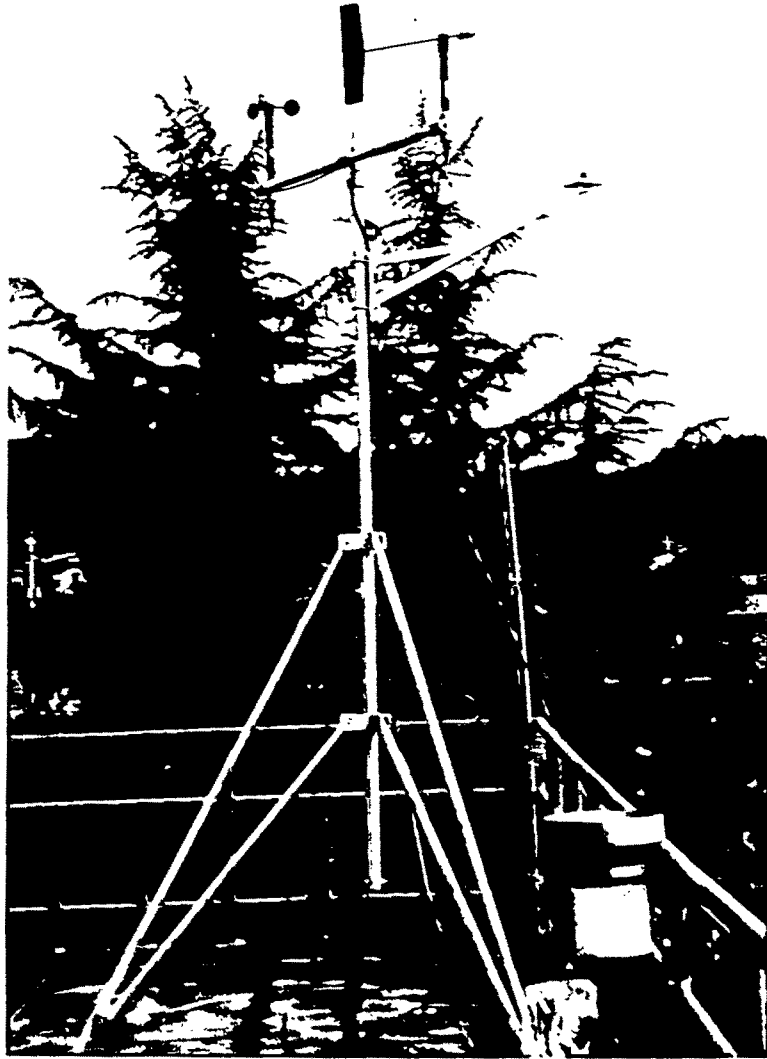


그림 6-6. 기지부 근처 포장기준 높이 $Z=15\text{m}$ 에 설치된 기상센서(고도 55m)



그림 6-8. 고추밭에 30과 60 cm 깊이에 토양수분센서를 장치하고 표시한 모양



그림 6-8. 고추밭에 30과 60 cm 깊이에 토양수분센서를 장치하고 표시한 모양

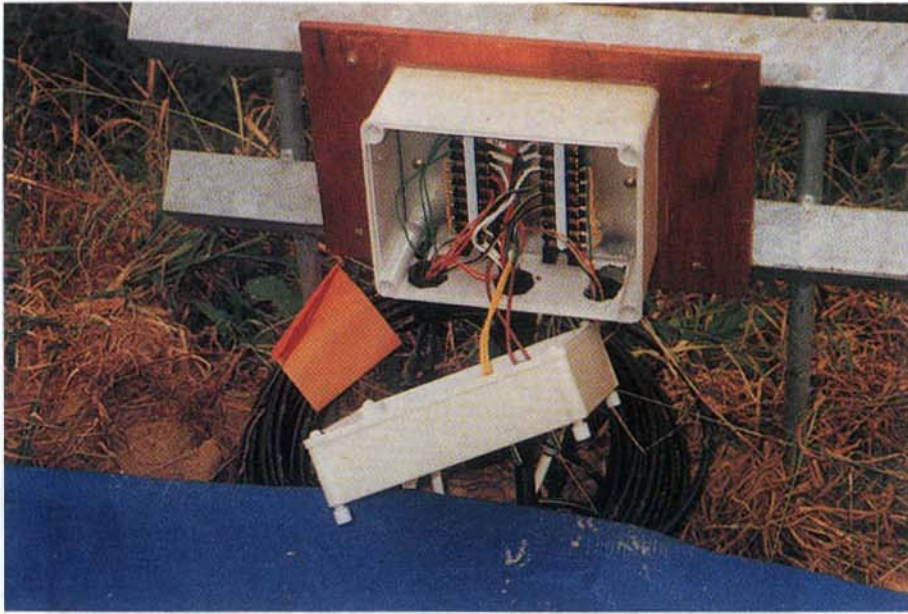


그림 6-9. 토양수분센서를 연결하고 토글 스위치를 달아 놓은 터미널 박스

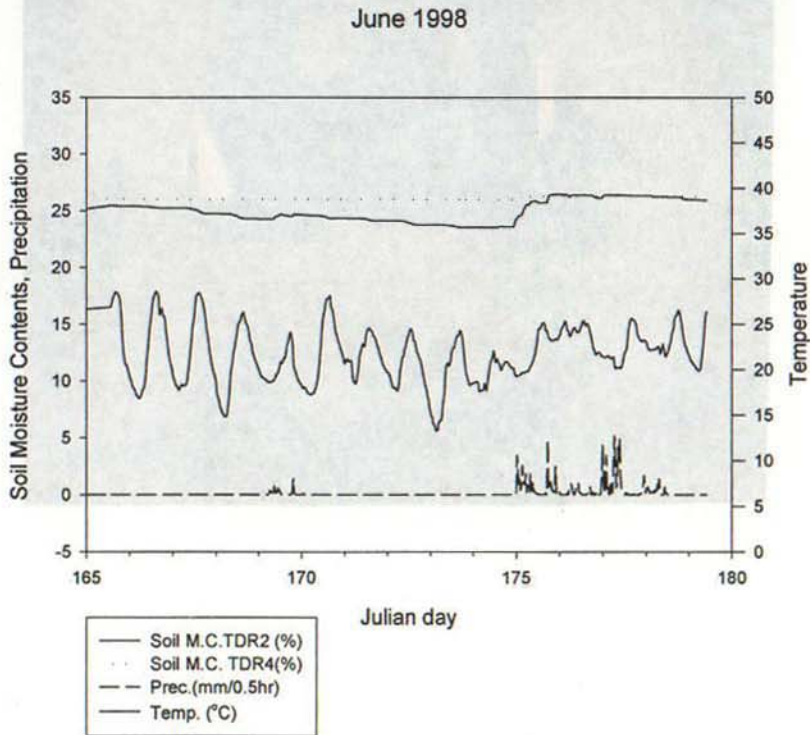


그림 6-10. Chemigation 시기결정에 이용되는 토양수분, 기온 및 강우량의 정보



그림 6-9. 토양수분센서를 연결하고 토글 스위치를 달아 놓은 터미널 박스

June 1998

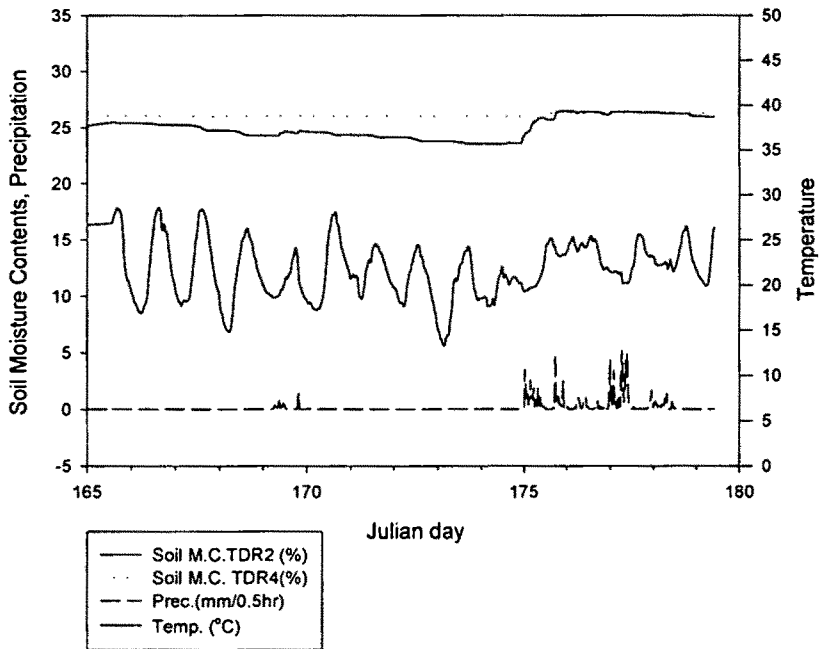


그림 6-10. Chemigation 시기결정에 이용되는 토양수분, 기온 및 강우량의 정보

June 1998

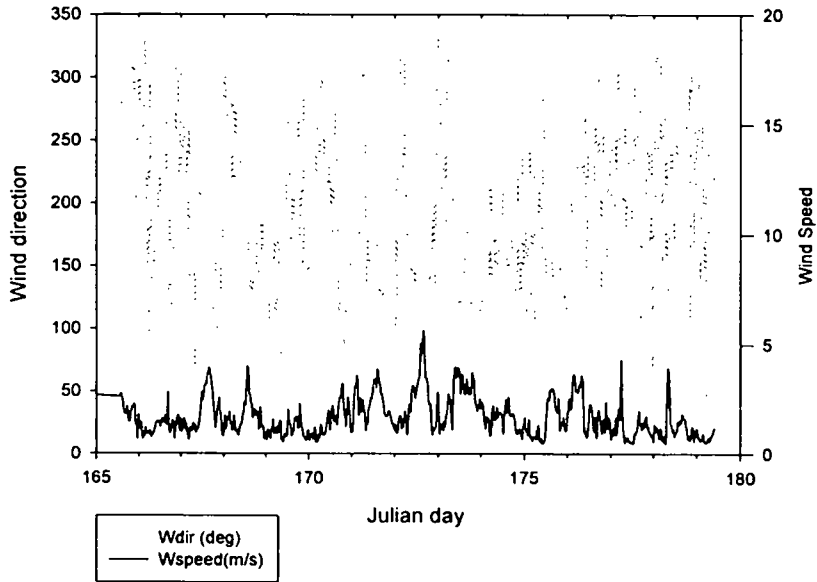


그림 6-11. Chemigation 시기결정에 이용되는 풍속 및 풍향 기상정보

June 1998

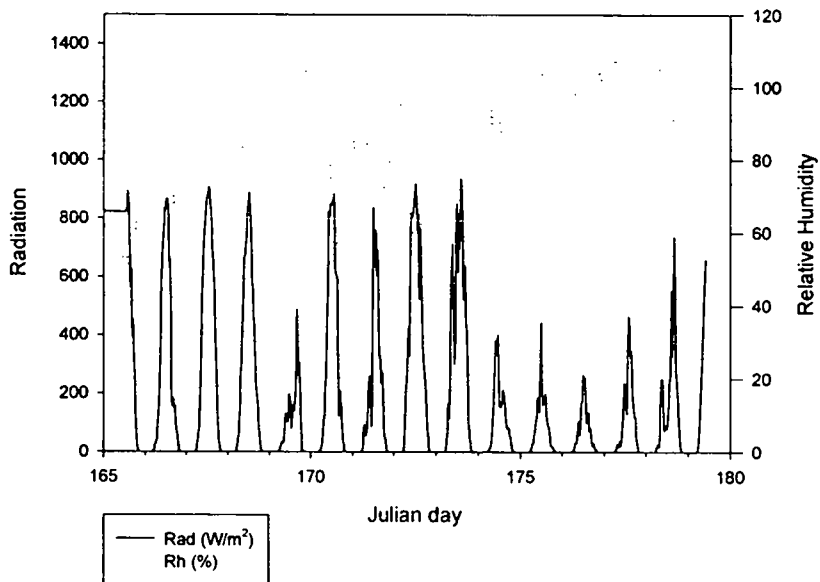


그림 6-12. Chemigation 시기결정에 이용되는 상대습도 및 일사량 기상정보

Prediction of Soil Moisture Contents

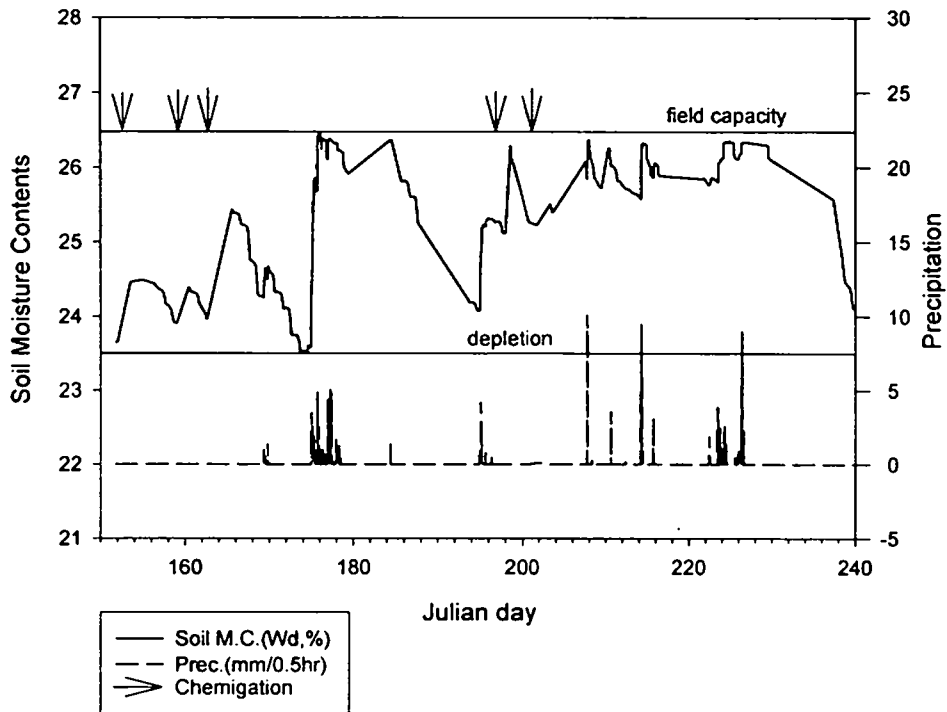


그림 6-13. Chemigation 시기예측 및 시행 시점

그림 6-13에는 chemigation 시점과 강우량을 동시에 표시하여 토양수분의 예측치와 실측치를 이해할 수 있도록 하였으며, 토양 수분은 포화상태(field capacity)와 고갈상태(성장저해 수분점: depletion)사이에서 유지될 수 있도록 하였다. Penman 방법에 사용되는 기상변수는 다음과 같다. (1) 일일 평균기온, (2) 평균 기압, (3) 일일 누적풍속, (4) 평균 및 극한 일일 수증기압, (5) 일일 일사량, (6) 상대습도, (7) 고도: 55m, (8) 기상탑 위치: 포장에서 15m, (9) 작물비: 1.0, (10) 실측 토양수분.

2. 기지부 제어계측 프로그램

Chemigation system은 기상환경자료, 토양수분함량 및 작물의 생육상태를 조사·측정하여 작업의 시작여부와 작업속도 및 배출량을 결정한다. 작업이 시작되면 직진주행유도 및 안전장치 작동 등의 제어를 수행하면서 엔진출력, 작업속도, 배출량, 배출압력, 직진주행상태 등의 작업성능을 모니터링 한다. 가로주행부는 자동 또는 수동방식에 의하여 작업을 개시할 수 있다. 자동 방식은 기상환경자료와 토양수분자료 등을 온라인 분석하여 관수 작업이 필요하다고 판단되는 시점에서 계측기지부의 컴퓨터가 무선 모뎀을 통하여 가로주행부의 컴퓨터에 작업개시 명령을 내리는 방식이다.

이러한 자동 방식은 궁극적으로는 chemigation 시스템의 무인화를 추구하는 것이다. 그러나 현재로서는 작업시기의 결정의 정확도, 관수 펌프의 조작, 약액의 조제 및 주입, 작업의 안전성 등을 고려할 때 무인작업의 필요성이 크게 대두되고 있지 않다. 본 연구에서는 기상환경자료 등의 분석을 통하여 chemigation 작업의 필요가 있을 때 수동으로 작업을 개시하는 방식을 적용하였다. 수동 개시방식은 작업을 시작할 때 작업자가 가로주행부의 엔진 시동을 걸고, 컴퓨터와 무선 모뎀에 전원을 투입하고, 계측기지부에 작업개시를 통보하기 위하여 토글 스위치를 조작하는 것을 의미한다.

계측기지부 컴퓨터 프로그램의 흐름도는 그림 6-14와 같으며 부록 I 에 실제 프로그램을 실었다. 포장에 위치하여 가로주행부의 작업상태를 표시하는 토글 스위치가 평시에는 off 상태에 있으며, 이 때 계측기지부의 컴퓨터는 기상환경자료와 토양수분자료를 수집·저장하는 작업을 수행한다. 기상과 토양수분 자료는 21X 데이터 로거를 통하여 실시간으로 수집되며 실제 프로그램은 부록 II에 참고로 실었다. 21X 데이터 로거는 SC32A 전용 모뎀을 통하여 계측기지부 컴퓨터의 직렬통신 포트(COM1:)에 연결되며, 데이터 로거의 FSL(final storage location)에 저장된 매 30분 간격의 기상 및 토양수분 자료를 binary dump 모드를 통하여 PC에 전송한다. 프로그램은 21X의

DSP(data storage pointer)를 검사하여 새로운 자료가 FSL에 추가되었는지 확인하고, 새로운 자료가 추가되었으면 MPTR(modem pointer)를 확인하여 직전에 읽어들이는 후에 기록된 자료를 모두 읽어 화면에 표시하고 데이터 파일에 저장한다. 21X로부터 읽어 들이는 자료에는 30분 단위의 시작 시간이 포함되어 있다. 하루의 마지막에 해당하는 23시 30분부터 30분간의 자료를 파일에 기록한 후에는 기상자료의 24시간 평균(강우량은 24시간의 누계)을 기록한 후에 해당 데이터 파일을 닫는다. 기상 및 토양수분 데이터 파일의 이름은 “WTmmdd.DAT”의 형식을 취하며, 여기에서 WT는 기상 및 토양자료 파일임을, mm은 월을 표시하는 십진수 두 자리를, dd는 일을 표시하는 십진수 두 자리를 나타내어 데이터 파일을 서로 쉽게 구분할 수 있도록 하였다.

기지부에 설치된 관수 펌프의 작동상태가 불량한 경우에는 구동부의 안전한 운영을 위해서 약액 주입펌프와 엔진을 정지시킬 필요가 있다. 이를 위하여 chemigation 작업 중에 계측기지부의 컴퓨터는 관수 압력을 지속적으로 측정하여 압력이 저하되는 경우에는 무선 모뎀을 통하여 가로주행부의 컴퓨터에 비상정지 명령을 전송한다. 비상정지 명령을 수신한 가로주행부의 컴퓨터는 릴레이를 작동하여 엔진과 약액 주입펌프를 정지시키게 된다. 두 컴퓨터의 연동(interlock)을 위한 모뎀의 데이터 전송 방식에 대하여는 6-4절에 기술한다.

Chemigation 작업 중에는 계측기지부의 컴퓨터는 무선 모뎀을 통하여 가로주행부의 컴퓨터로부터 엔진 속도, 토크, 주행속도, 펌프 압력, 유량 등 작업상태에 관한 데이터를 전송받아 그 상태를 화면에 표시한다. Chemigation 작업이 종료되면 수신한 데이터를 하드디스크에 저장하는데, 파일명은 “BmmddhhM.dat”의 형식을 취한다. 여기에서 B는 기지부(Base unit)에 저장되는 데이터 파일임을 나타내며, mm은 작업이 개시된 시점에서 실시간 클럭의 월, dd는 일, hh는 시간, M은 분의 십자리 수로 조합하여 작업 데이터 파일들이 각기 다른 파일명을 갖도록 하였다.

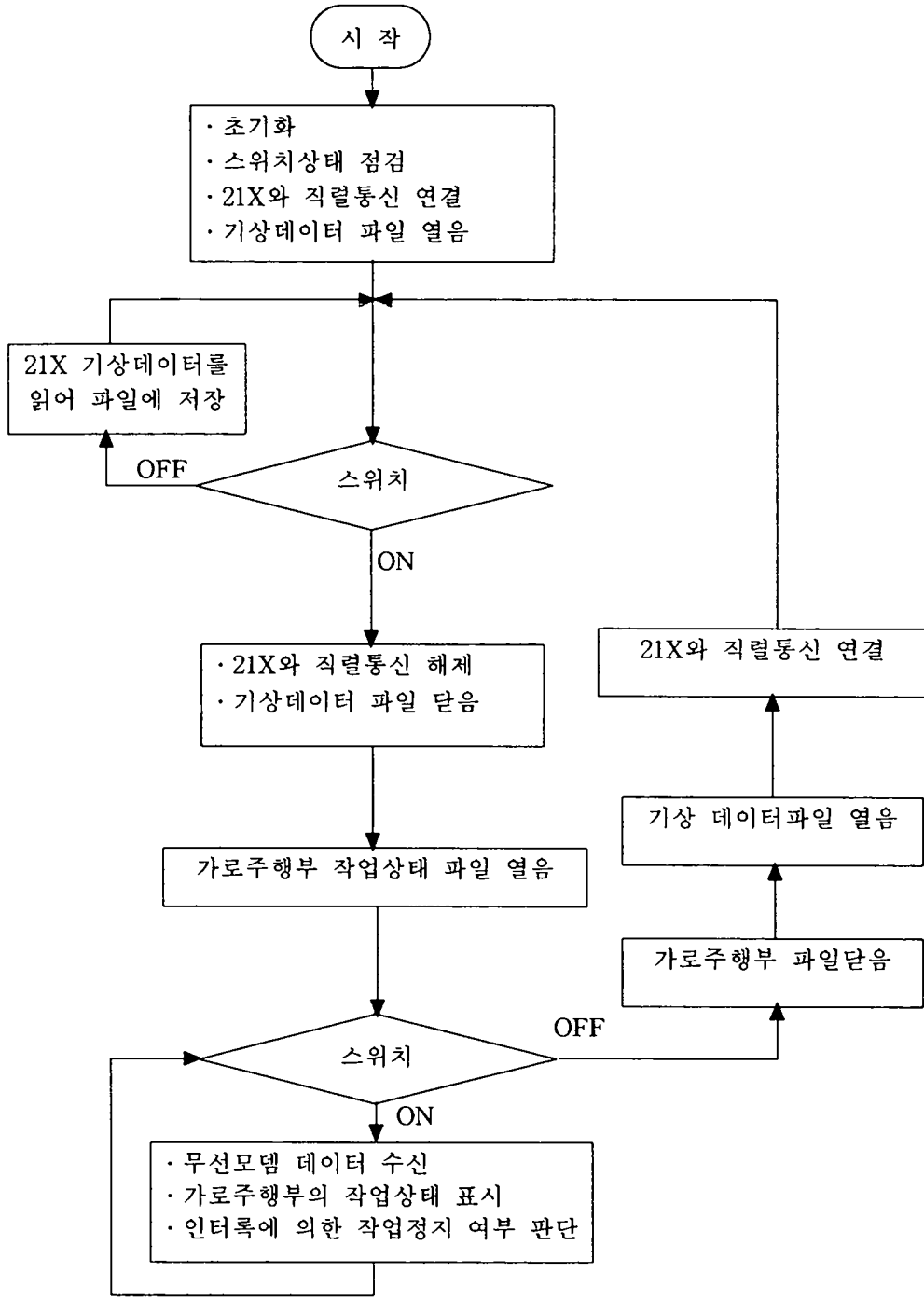


그림 6-14. 기지부 컴퓨터 프로그램의 흐름도

그림 6-15는 관수시기를 예측하는 프로그램의 개념도로서 이는 현재 포장의 기상상태에 따라 기준 증발산량(E_{tr})을 계산하므로써 시작한다(Penman method).

$$(E_{tr} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (Rn + G) - \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 15.36 Wf (e_a - e_d))$$

여기서 $G=0$: soil heat flux to surface ($\text{cal/cm}^2 \cdot \text{day}$), Δ : the slope of the vapor pressure-temperature curve ($\text{mb}/^\circ\text{C}$) 는 다음 식으로 표시된다.

$$\Delta = 2.00 (0.00738 T + 0.8072)^7 - 0.00116 \quad (2)$$

T : daily average temperature ($^\circ\text{C}$)이며, γ : psychrometer constant ($\text{mb}/^\circ\text{C}$) = 0.386 (P/L) 이다. 여기서 L : latent heat of vaporization (cal/g) = $595 - 0.51T$ 와 P : average barometric pressure = $1013 - 0.1055E$ 이다. E 는 포장의 고도로서 55m를 사용하였다. 기준 증발산량 식의 Wf : dimensionless wind function = $0.75 + 0.0115U_2$ 로 알팔파를 기준하였다 (Wright and Jensen, 1972). U_2 는 측정장치의 높이 보정치로서 실제 측정 높이(Z)=15m를 다음 식으로 보정하였다.

$$U_2 = U_z \left(\frac{2}{Z} \right)^{0.2} \quad (3)$$

U_z : daily wind travel at Z (m).

Penman의 제2방법으로 $(e_a - e_d)$: mean daily vapor pressure deficit (mb)를 구하면 (e_a) : saturation vapor pressure at mean air temperature = $\frac{1}{2} (e_{a\max} + e_{a\min})$ (e_d): saturation vapor pressure at the daily dew point temperature 이며 프로그램에서 (e_d) 는 다음에 보인 습공기선도(psychrometric chart)의 포화공기압과 온도의 환산연속식을 이용하여 계산하였다.

$$\ln(P/R) = \frac{A + B Tk + C Tk^2 + D Tk^3 + E Tk^4}{F Tk - G Tk^2} \quad (4-a)$$

$$T - 225.38 = \sum_{i=0}^8 A_i [\ln 0.00145 P]^i \quad (4-b)$$

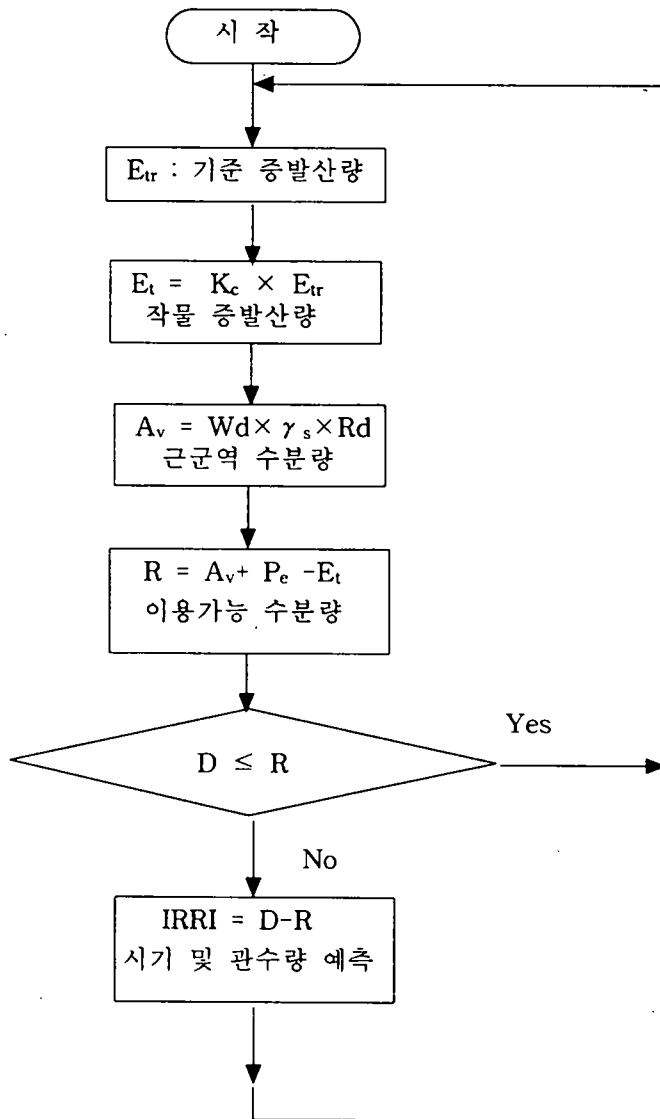


그림 6-15. 관수시기의 예측 개념도

(a)식은 Kelvin온도(Tk)에 대하여 증기압(P)을 계산하며 계수는 R=22105649.25, A=-27405.526, B=97.5413, C=-0.146244, D=0.12558E-3, E=-0.48502E-7, F=4.34903, G=0.39381E-2 이다 (Keenan and Keyes, 1936). (b)식은 반대의 과정이며 계수는 A₀=19.5322, A₁=13.6626, A₂=1.17678, A₃=-0.189693, A₄=0.087453, A₅=-0.0174053, A₆=0.00214768, A₇=-0.138343E-3, A₈=0.38E-5 이다 (Steltz and Silvestri, 1958).

환산식의 P는 단위가 (Pa)이므로 e_a를 계산하기 위하여는 100으로 나누어주어야 하며 일일최고 및 최저온도를 켈빈온도로 바꾸어 포화증기압을 구해 평균을 내므로써 일일 평균온도에 대한 증기압을 구하였다. 이슬점 온도에 대한 증기압은 평균 증기압에 상대습도를 곱하여 절대증기압을 구하므로 이슬점온도(Td) 및 이슬점의 포화 증기압 Pd을 구하였다. (e_d)는 단위환산계수 100을 나누어 얻을 수 있다.

Rn: net radiation (cal/cm²·day) = (1-α)Rs-Rb로 얻을 수 있으며 α: refelected radiation albedo =0.23이 적당하다. Rs는 측정된 일사량으로 (ly=cal/cm²)의 단위를 쓰므로 본 연구에서 쓰인 일일 일사량 단위인 (W·day/m²)에 단위환산 1004.88를 곱하여 사용한다. Rb: net outgoing radiation (ly)= (1.2 Rs/Rso-0.2)Rbo으로 여기서 Rso: net measured solar radiation at clear day (700 ly) 이다. Rbo: net outgoing solar radiation at clear day은 다음의 식으로부터 구하였다.

$$R_{bo} = \epsilon (11.71 \times 10^{-8}) T_k^4 \quad (5-a)$$

$$\text{여기서 } \epsilon = -0.02 + 0.261 \exp[-7.77 \times 10^{-4} (273 - T_k)^{1.5}] b$$

위에서 계산된 기준 증발산량은 작물의 종류에 따라서 작물계수(Kc)를 곱하여 보정해주어 작물 증발산량(Et)을 계산하였다. 이 작물증발산량을 기준으로 앞으로의 토양수분을 예측하게 된다. 근근역의 수분량(Av)을 토양의 비체적(γ_s)과 근근역의 깊이(Rd)을 이용하여 계산하였는데 토양의 비체적은 2.7과 깊이는 고추의 경우 600mm를 사용하였다. 프로그램은 최근 현재의 수분량을 토양수분의 측정치로부터 계산하며 근근역의 수분량(Av)과 강우량(Pe)을 더하여 이용 가능 수분량(R)을 계산해

낸다. 미래의 토양수분량은 작물증발산량을 일단위로 누적하여 예측하게 된다. 이 예측치는 현재의 최근 정보를 이용하여 매일 수정하게 되어 며칠후 관개가 필요한지를 알 수 있게 된다.

관개시기의 예측과 같지 않게 병충해발생 정보는 대상, 과년기상조건, 작물 등에 따라 상당히 어렵다. 본 연구에서는 생물학적인 접근방법 보다 작물의 습윤지속 시간, 고온지속시간 및 일일풍속거리 등을 참고하여 문턱값이 넘을 때는 경고하도록 하였다. 농업기관에서 발하는 병충해발생 정보에 의존하여 예방토록 하였다.

6-3 구동부 계측

1. 작업정보 계측

주행부는 자체의 안내바퀴와 밸브에 의하여 고정된 주행경로를 따라 움직이나, 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다. 구동부의 소요동력 측정을 위해서 엔진 회전속도 및 토크변환기(Minebea Co., TMNR-5KM)를 원동기와 유압펌프 사이에 설치하였고, 처짐과 진동의 진정을 위해서 吸振形 지지대를 설치하였다 (그림 5-7). 가로주행 시스템이 포장 내에서 궤도를 따라 주행하기 위한 안내고랑 방법은 포장 내에 10-15cm 깊이의 V자형 고랑(그림 6-16)을 만들고 가로주행 시스템에 이와 일치하는 안내 바퀴를 부착하여 이 바퀴가 고랑을 따라 진행하게 하는 방법으로 설치가 비교적 단순하다. 주행방향의 유도 방법에 따라서 그림 5-10에 보이는 것과 같이 제5륜을 고랑에 위치하고 그 방향의 움직임에 따라 주행방향유도 밸브를 조정할 수 있도록 하였다. 유도밸브의 움직임을 측정하기 위하여 LVDT를 장착하였다 (그림 5-12). 구동륜의 속도를 측정하여 진행 거리를 계산하고자 기어형태의 치형판을 근접센서 (ZVF-C12-4DNO, LG산전)에 접근시켜 진행속도를 측정하였다 (그림 5-13). 또한 시스템의 유량을 측정하기 위하여 paddle형 유량계(Omega, FP-5300)를 설치하였고 (그림 4-5), 시스템의 압력을 측정하기 위하여 압력계 (Omega, PX181- 100G5V)를 설치하였다 (그림 4-7).

가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 1초 간격으로 측정하여 기지부로 전송한다. 이와 같은 데이터의 계측, 주행부의 운영 및 비상연동을 위한 구동부 계측·제어시스템을 하나의 콘트롤 박스 내에 구성하였다 (그림 6-17).



그림 6-16. 주행방향을 안내하는 안내바퀴의 V형 고랑

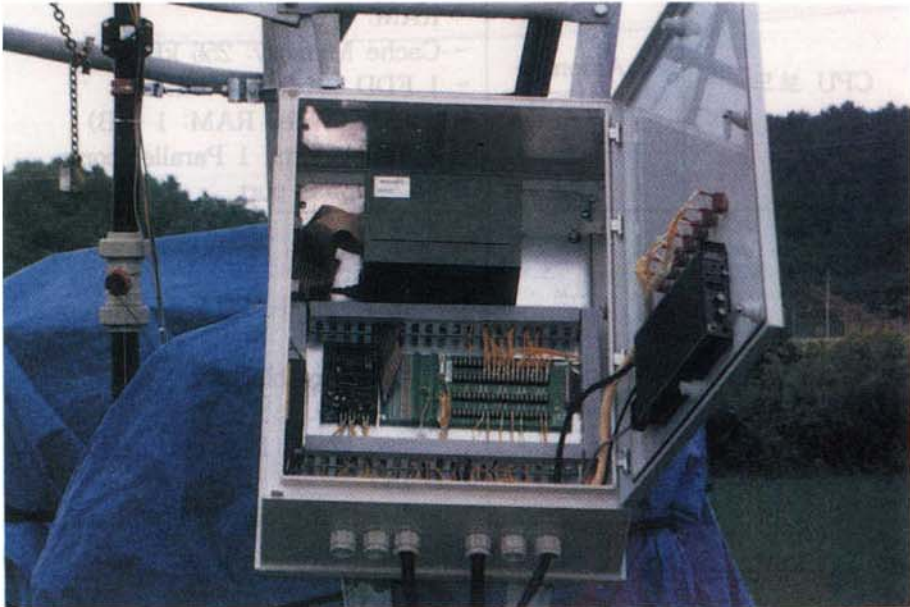


그림 6-17. 주행부의 운영, 계측 및 연동의 제어를 관장하는 제어 박스



그림 6-16. 주행방향을 안내하는 안내바퀴의 V형 고랑

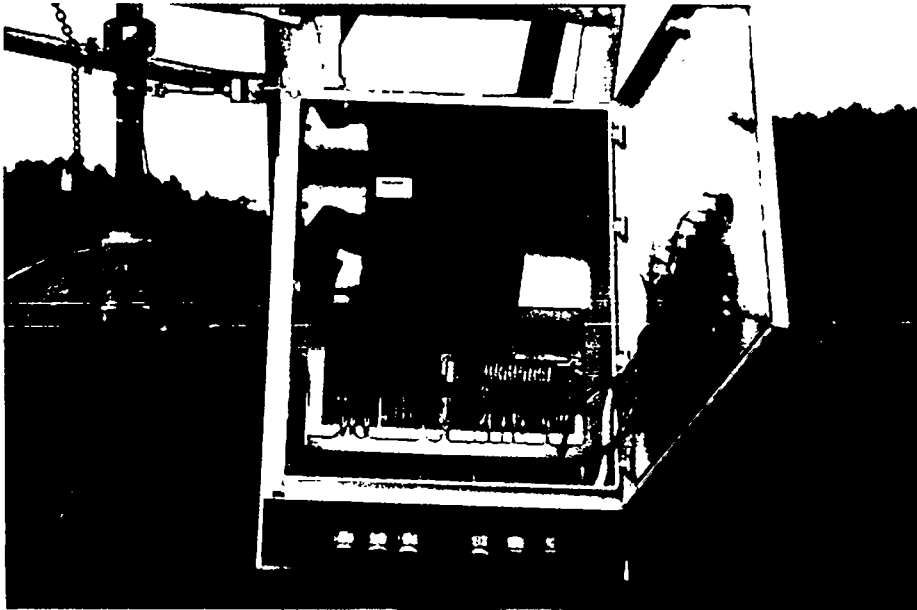


그림 6-17. 주행부의 운영, 계측 및 연동의 제어를 관장하는 제어 박스

가로주행부의 계측제어 시스템은 Axiom사의 제품으로 구성하였다. 시스템을 콘트롤 박스 내에 장착하기 위하여 개인용 컴퓨터를 사용하지 않고 ISA 방식의 슬롯이 4개 설치된 마이크로 박스(AX6032)에 단일 보드 컴퓨터(AX8135H: 80486 DX2, 66 MHz), 그래픽 카드(SVGA), 자료수집 보드(AX5622B) 및 타이머/카운터 보드(AX5218)를 설치하였다. 공간적인 제약과 시스템 작동시의 진동 등을 고려하여 하드 디스크는 설치하지 않았으며, 3.5 인치용 플로피 디스크 드라이브 1개를 장착하여 프로그램과 데이터를 저장할 수 있도록 하였다. 표 6-4는 가로주행부 계측제어 시스템의 제원을 나타낸 것이다.

표 6-4. 가로주행부 계측제어 시스템의 제원

품 명	제품 모델	제 원
CPU 보드	Axiom AX8135H	<ul style="list-style-type: none"> - 80486 DX2, 66 MHz - RAM: 8 MB - Cache Memory: 256 kB - 1 FDD (3.5", 1.44 MB) - SVGA (Video RAM: 1 MB) - 2 Serial ports, 1 Parallel port - PS2 Mouse port
자료수집 보드	Axiom AX5622B	<ul style="list-style-type: none"> ○ A/D <ul style="list-style-type: none"> - 16 bit - 16 single-ended / 8 differential channels - programmable gain ○ D/A <ul style="list-style-type: none"> - two 12-bit D/A channels ○ D I/O <ul style="list-style-type: none"> - 8 digital input, 8 digital output channels
타이머/카운터 보드	Axiom AX5218	<ul style="list-style-type: none"> ○ counter/timer <ul style="list-style-type: none"> - 10 ch., 16 bit ○ D I/O <ul style="list-style-type: none"> - 24 bit

그림 6-18은 가로주행부 계측제어 시스템의 구성을 도시한 것이다. 토크변환 기용 증폭기와 CPU의 전원은 DC/AC 인버터를 이용하여 축전지의 직류 전원을 AC 110V로 변환하여 사용하였으며, 센서들에 공급되는 전원은 AC 110V를 스위칭 전원 공급기를 이용하여 다시 직류 12V로 변환하여 안정된 값을 유지하도록 하였다.

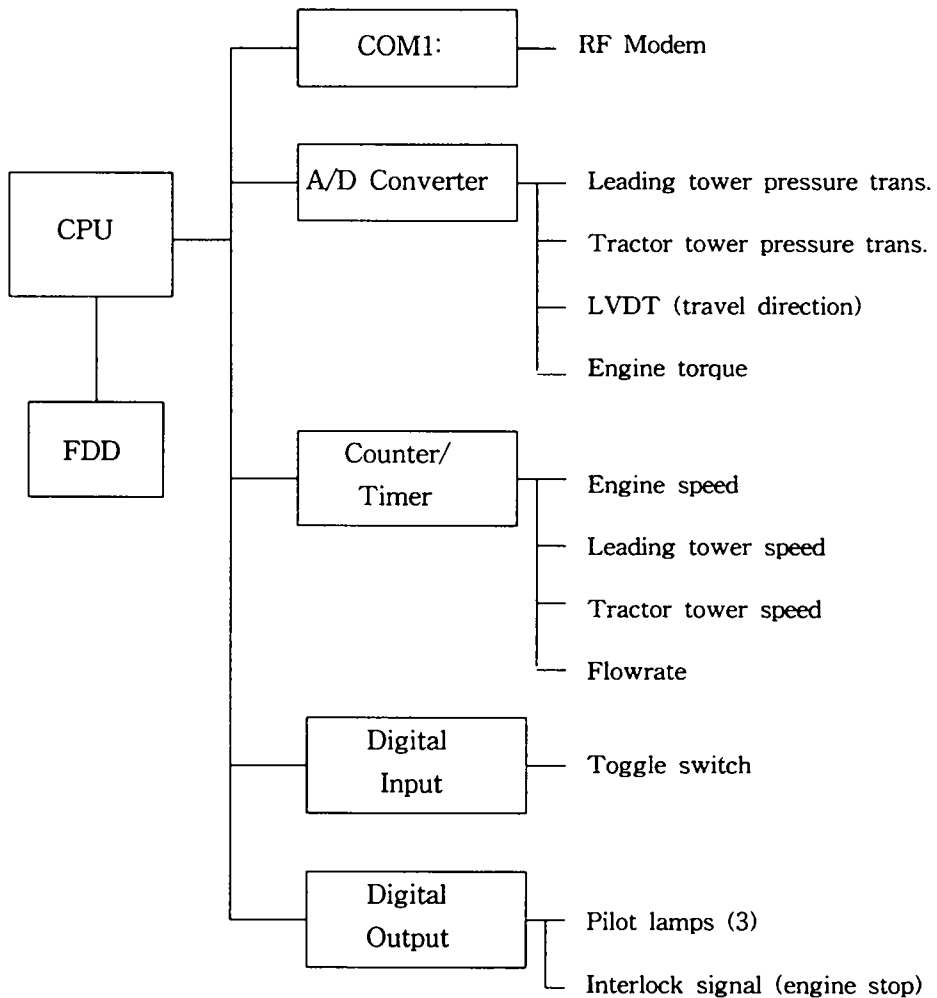


그림 6-18. 가로주행부의 계측제어 시스템의 구성

2. 구동부 계측제어 프로그램

그림 6-19는 구동부의 제어 및 계측 프로그램의 흐름도이다. 구동부의 콘트롤 박스에는 2개의 토글 스위치와 3개의 파일럿 램프가 전면부에 부착되어 있다. 첫 번째 토글 스위치는 컴퓨터의 전원 스위치이다. 작업자는 구동부 계측제어 프로그램을 실행 파일로 만들고, 이 프로그램이 자동 실행되도록 autoexec.bat 파일을 작성하여 디스켓에 저장한 다음 디스크 드라이브(A:)에 삽입한다. 토글 스위치를 조작하여 컴퓨터에 전원을 투입하면 자동 실행 파일에 의하여 계측제어 프로그램이 실행된다. 두 번째 토글 스위치와 3개의 파일럿 램프는 키보드와 모니터를 사용하지 않고 프로그램의 실행을 통제하고, 프로그램의 작동 상태를 확인하기 위한 것이다. 두 번째 토글 스위치는 자료의 수집과 모뎀을 통한 데이터의 송수신을 통제하는 것으로서, 초기에 OFF 상태에 있던 스위치가 ON 상태로 되면 자료의 수집과 데이터 송수신을 개시하고, 다시 OFF 상태로 되면 프로그램의 실행을 종료하게 된다. 가로주행부의 컴퓨터는 하드디스크를 사용하지 않고 플로피 디스크 하나만으로 작동하기 때문에, 프로그램의 크기를 작게 하기 위해서 Microsoft 사의 QuickBASIC 4.5를 이용하여 실행 파일을 작성하였다.

데이터의 수집은 QuickBASIC의 ON TIMER 명령을 사용하여 1초 간격으로 반복되도록 하였다. A/D 변환기를 통하여 수집하는 오일 압력, 주행방향, 엔진 토크는 보정에 의한 변환식을 이용하여 측정된 직류 전압을 해당 공학단위로 환산하였다. 카운터/타이머 보드를 이용하여 측정하는 엔진 회전수, 트랙터지거와 기준지거의 주행속도 및 유량은 펄스 한 사이클이 high 상태를 유지하는 시간(반주기)을 고주파 게이트 신호를 이용하여 계수하였다. 비교적 주파수가 큰 엔진 회전수는 1 MHz 게이트 신호를 이용하여 측정하였으며, 펄스의 주기가 수 초 단위로서 매우 저주파인 주행속도와 유량은 1 kHz 게이트 신호를 이용하여 측정하였다. 두 번째 토글 스위치의 ON/OFF 상태는 디지털 입력 포트를 이용하여 검출하였다.

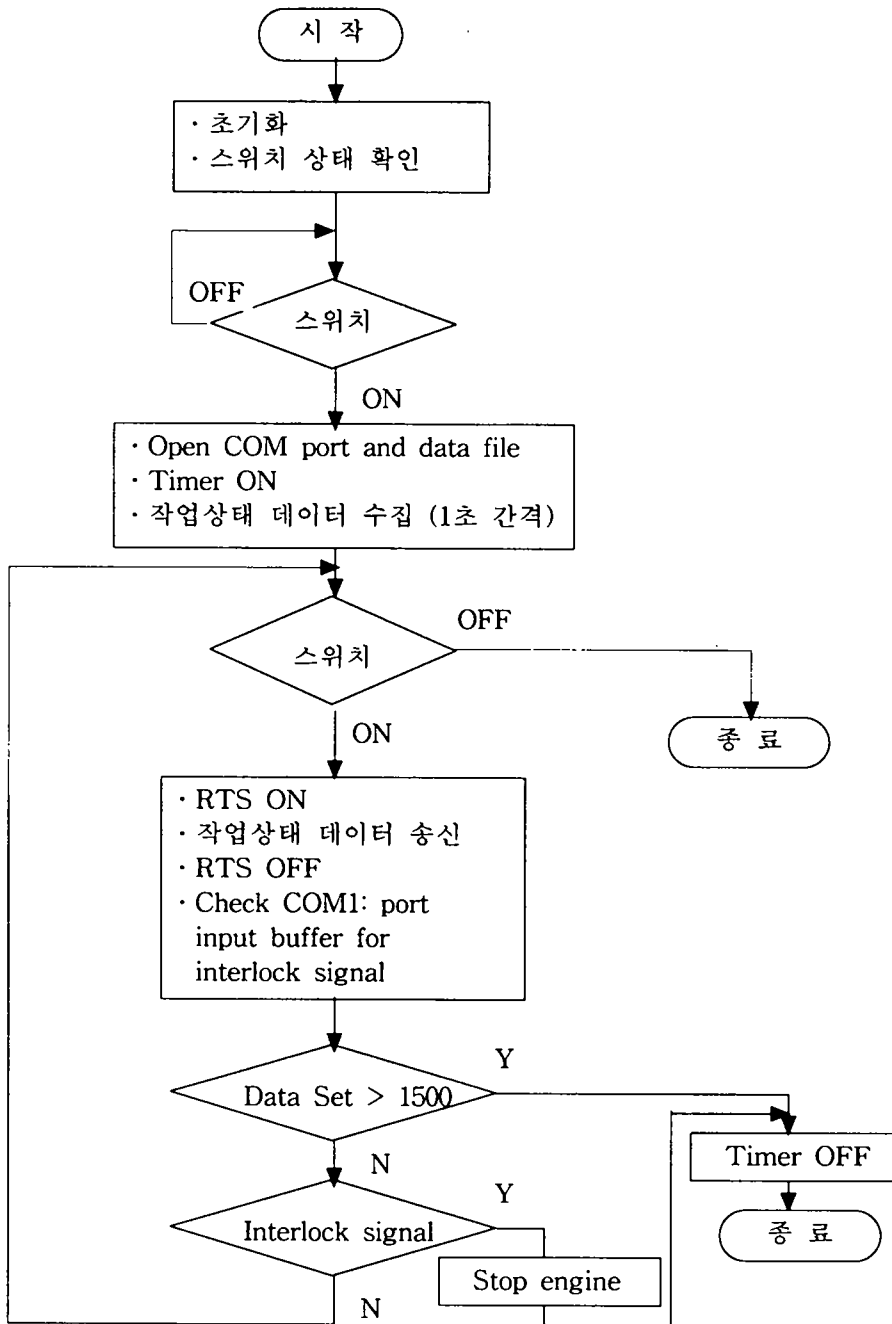


그림 6-19. 가로주행부 컴퓨터 프로그램의 흐름도

프로그램의 작동 상태를 표시하기 위하여 콘트롤 박스의 전면에 3개의 직류 12V용 파일럿 램프를 설치하였다. 파일럿 램프는 디지털 출력 포트에 연결된 릴레이 제어 회로를 통하여 조작된다. 컴퓨터에 전원이 투입되고 계측제어 프로그램이 자동 실행되면 첫 번째 파일럿 램프가 점등되며, 토글 스위치 2를 조작하여 데이터의 수집을 개시하면 두 번째 파일럿 램프가 점등된다. 마지막 파일럿 램프는 프로그램의 실행이 종료되면 점등된다.

다음 3가지 조건의 하나가 만족되면 데이터의 수집이 종료된다. 두 번째 토글 스위치가 ON 상태에서 OFF 상태로 바뀌거나, 1500 세트의 데이터(25분간의 데이터에 해당함)가 수집되거나, 또는 계측기지부의 컴퓨터로부터 엔진 비상정지를 명령하는 인터록 신호가 무선 모뎀을 통하여 수신되는 경우이다. 첫 번째 조건에 의하여 데이터의 수집이 종료된 경우에는 토글 스위치 2를 다시 ON 상태로 하면 새로운 파일명으로 데이터의 수집이 재개된다. 두 번째 조건에 의하여 데이터의 수집이 종료된 경우에는 작업자가 토글 스위치 2를 OFF 상태로 한 후 다시 ON 시키면 데이터의 수집이 재개된다. 세 번째 경우는 계측기지부에서 관수 펌프의 압력이 저하되어 주행부를 비상정지 시키는 경우로서, 주행부의 컴퓨터는 릴레이를 통하여 인터록 회로를 작동시켜서 엔진과 약액 공급 펌프를 동시에 정지시키게 된다. 따라서 이 경우에는 컴퓨터의 전원을 OFF 시킨 후 시스템을 점검하여야 한다.

6-4 RF 모뎀과 정보공유

기지부와 가로주행부에 설치된 각 컴퓨터는 무선 모뎀을 사용하여 데이터를 교환하였다. 무선 모뎀은 각 컴퓨터의 RS232C 직렬통신 포트에 연결하여 사용하며, 전송속도는 2,400 bps로 하였다(그림 6-20). 통신방식은 반이중 모드(half duplex mode)이며, 교환할 데이터의 내용은 가로주행부에 장착된 컴퓨터는 작업 상태에 관한 데이터를 송신하여 계측기지부에서 이를 모니터링 할 수 있도록 하며, 계측기지부의 컴퓨터는 필요시 가로주행부의 비상 정지 명령을 송신할 수 있다.

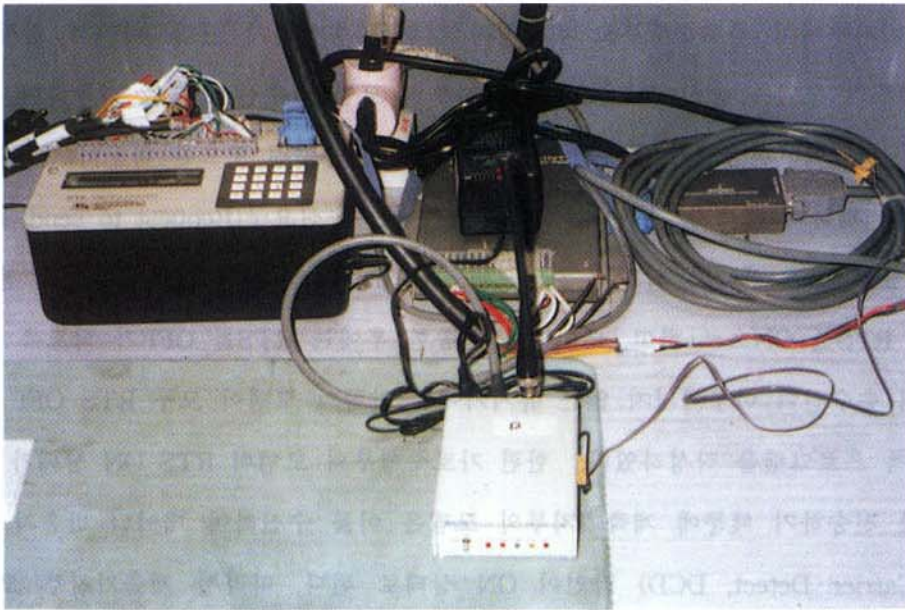


그림 6-20. 기지부와 구동부의 정보 송수신을 위해 사용한 RF 모뎀

6-4 RF 모뎀과 정보공유

기지부와 가로주행부에 설치된 각 컴퓨터는 무선 모뎀을 사용하여 데이터를 교환하였다. 무선 모뎀은 각 컴퓨터의 RS232C 직렬통신 포트에 연결하여 사용하며, 전송속도는 2,400 bps로 하였다(그림 6-20). 통신방식은 반이중 모드(half duplex mode)이며, 교환할 데이터의 내용은 가로주행부에 장착된 컴퓨터는 작업 상태에 관한 데이터를 송신하여 계측기지부에서 이를 모니터링 할 수 있도록 하며, 계측기지부의 컴퓨터는 필요시 가로주행부의 비상 정지 명령을 송신할 수 있다.

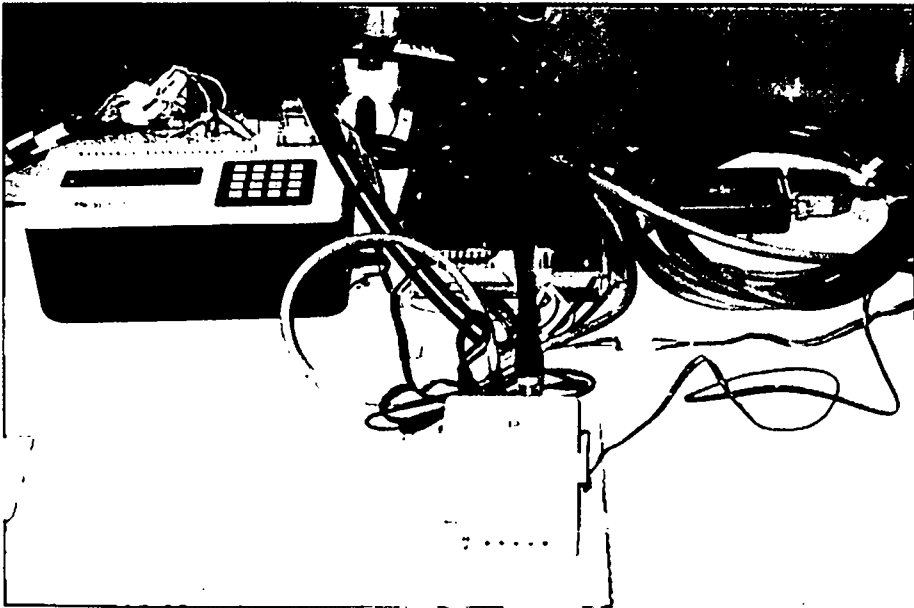


그림 6-20. 기지부와 구동부의 정보 송수신을 위해 사용한 RF 모뎀

사용 주파수는 447.8625 MHz ~ 447.9875 MHz 대의 구내 무선주파수 영역에 해당하며, 송신은 바리캡에 의한 FM 변조 방식이고, 수신은 이중 슈퍼헤테로다이 방식을 사용한다. 본 연구에서 사용한 무선 모뎀은 반이중 모드에서 작동하기 때문에 하나의 모뎀이 송수신을 동시에 할 수는 없다. 각각의 모뎀을 송신 또는 수신 전용으로 사용하는 경우에는 데이터의 교환이 쉽게 이루어지지만, 각 모뎀이 송신과 수신을 해야하는 경우에는 하나의 모뎀이 데이터를 송신하기 위해서는 상대 모뎀이 송신 모드에 있지 않음을 확인할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 정상적인 경우에는 가로주행부의 모뎀이 주행상태 데이터를 전송하고, 계측기지부의 모뎀은 이를 수신하는 방식으로 작동한다. 다만 계측기지부의 관수 펌프 압력에 이상이 발생한 경우에는 계측기지부에서 가로주행부로 비상정지 명령을 송신하게 된다. 따라서 평시에는 가로주행부의 모뎀은 송신 모드로, 계측기지부의 모뎀은 수신 모드로 작동하며, 계측기지부의 모뎀이 비상정지 명령을 송신할 경우에만 송수신 모드를 바꾸어 줄 필요가 있다. 이를 위하여 계측기지부의 컴퓨터는 평시에는 송신요구(Request to send, RTS) 라인이 항상 OFF 상태가 되도록 하였으며, 가로주행부의 컴퓨터는 데이터를 전송하기 전에 RTS를 ON으로 하고, 데이터를 전송한 후에는 RTS를 OFF가 되도록 하여, 데이터의 송수신이 이루어지지 않는 휴지기에는 양쪽의 모뎀이 모두 RTS OFF 상태가 되도록 프로그램을 작성하였다. 한편 가로주행부의 모뎀이 RTS ON 상태가 되면 반송자를 전송하기 때문에 계측기지부의 모뎀은 이를 수신하여 데이터 반송자 검출(Data Carrier Detect, DCD) 라인이 ON 상태로 된다. 따라서 계측기지부 모뎀의 DCD 신호를 검출하면 상대 모뎀의 송수신 모드를 확인할 수 있다. 본 연구에 사용한 모뎀은 DCD 신호를 검출하지만 이 신호의 상태를 LED로 표시할 뿐 별도의 신호선으로 제공하지 않기 때문에, 계측기지부의 모뎀을 개조하여 LED의 전압 레벨을 디지털 입력 포트를 이용하여 확인할 수 있도록 하였다. 즉, 계측기지부에서 비상정지 명령을 송신하기 위해서는 계측기지부 모뎀의 DCD 신호를 검출하여 이 신호가 OFF 상태에 있을 때까지 대기한 후 (가로주행부의 모뎀이 송신 모드에 있지 않음을 확인)

RTS를 ON으로 하고 비상정지 명령을 전송하는 방식을 취하였다. 모뎀의 전송속도는 300 byte/s (2400 bps)인 반면, 한 세트의 데이터는 CR과 LF를 포함하여 72 byte 이기 때문에(그림 6-21) 한 세트의 데이터를 전송하는데 소요되는 시간은 약 0.24초에 해당한다. 따라서 비상정지 신호를 전송할 상황이 발생하면 1초 이내에 이를 모뎀을 통하여 송신할 수 있게 된다.

가로주행부의 모뎀이 데이터를 전송하고 RTS를 OFF로 한 후에는 직렬통신 포트의 입력 버퍼를 확인하여 계측기지부로부터 비상정지 인터록 신호가 전송되었는지를 확인한다. 계측기지부는 비상정지 신호로서 "STOP STOP"을 100회 반복하여 전송한다.

```

column
1111111111222222222233333
1234567890123456789012345678901234
"RF #### #.### #.### #.### #.#####" -- data line 1
-----
a      b      c      d      e
"RF #####.###.# #####.# #####.# ##.###" -- data line 2
-----
f      g      h      i      j

```

where,

- a, f: Data set number, decimal
- b: Leading tower pulse period (speed), second
- c: Tractor tower pulse period (speed), second
- d: Flow velocity pulse period, second
- f: Engine speed pulse period, second
- g: Leading tower oil pressure, psi
- h: Tractor tower oil pressure, psi
- i: Deflection of guidance LVDT, mm
- j: Engine torque, kg · m

그림 6-21. 무선 모뎀을 통한 가로주행부 주행상태 데이터의 전송 내용

6-5 비상 연동

1. 동력부의 연동

작업 중 시스템에 이상이 발생한 경우에는 엔진이나 유체유동부를 정지시켜 시스템을 보호할 필요가 있다. 다음과 같은 이상이 감지된 경우에는 비상정지 시킨다: 엔진 냉각수 온도가 높은 경우, 엔진 오일 압력이 낮은 경우, 관수 수압이 저하된 경우, 유압유의 압력이 낮은 경우, 유압유가 부족한 경우, 작업 경로의 끝에 도달했을 경우, 혹은 작업자에 의해 비상정지 버튼이 작동된 경우, 고랑을 따라 진행하는 안내 바퀴의 방향과 가로주행 시스템의 주행방향 사이에 오차가 너무 과도한 경우 등을 포함한다. 연동의 조건이 되면 원동기의 연료주입펌프와 정지 솔레노이드(#12)에 #8의 정지신호(GND)를 보냄으로써 정지시키게 된다. 그림 6-22는 원동기를 포함한 유압동력부, 주행부의 연동장치의 구성도를 보였다. 구동부가 정지해 있거나 주행방향이 과도하게 흐트러졌을 경우는 회유로의 유압유 압력이 정상상태로 있지 못하므로 1분의 지연시간 후 연동장치가 작동한다. 그림 6-23은 동력부의 연동장치가 구성된 제어상을 보였다.

2. 주입펌프의 연동

Chemigation 시스템에 있어서 관수, 액비 및 농약을 공급하기 위한 펌프는 가로주행 시스템의 작업상태에 따라 조작되어야 한다. 즉 주행 시스템이 정지하면 모든 펌프의 작동이 중지되어야 한다. 또한 어떤 이유에 의해서든 관수 펌프의 작동이 정지되면 액비 및 농약 공급 펌프도 이에 연동하여 멈추어야하므로 액비 및 농약의 역류에 의한 관정오염 방지를 위하여 주행 시스템, 관수 펌프, 액비 및 농약 공급 펌프간에 연동회로를 구성한다.

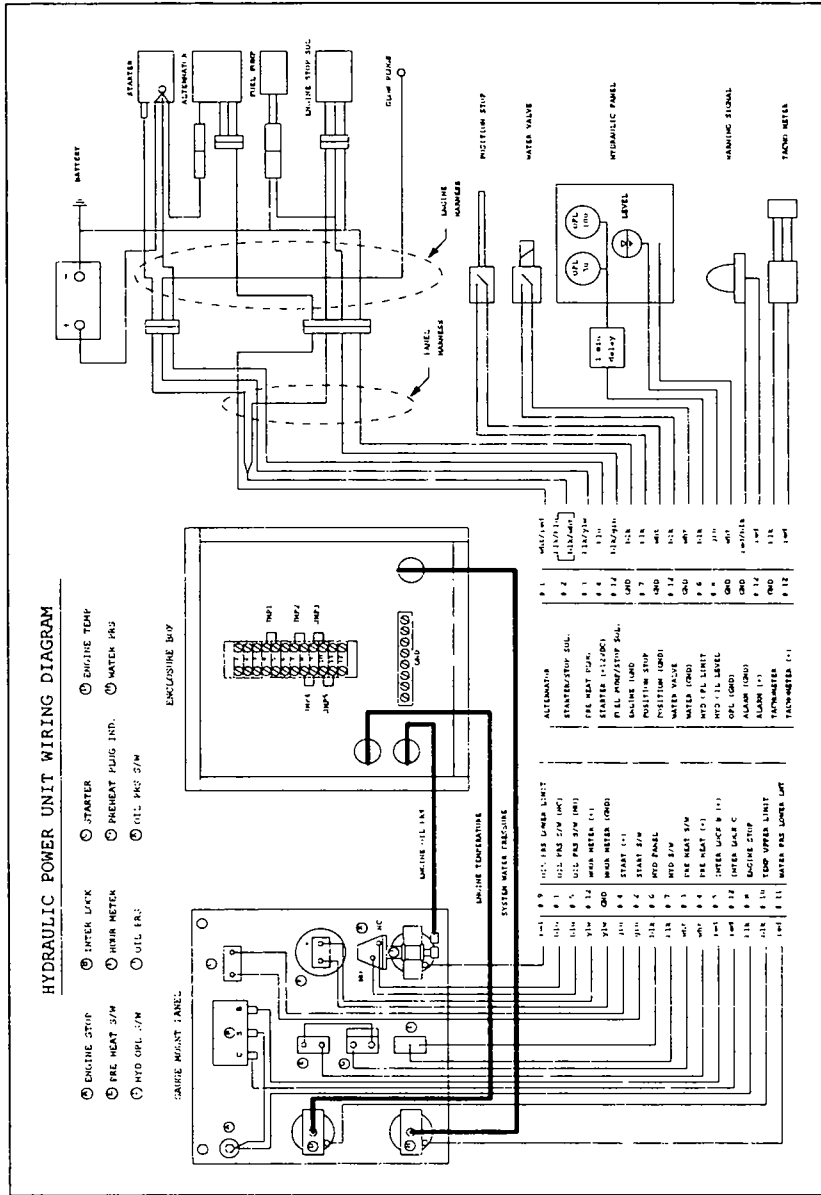


그림 6-22. 원동기, 유압동력부, 주행부의 연동장치 구성도

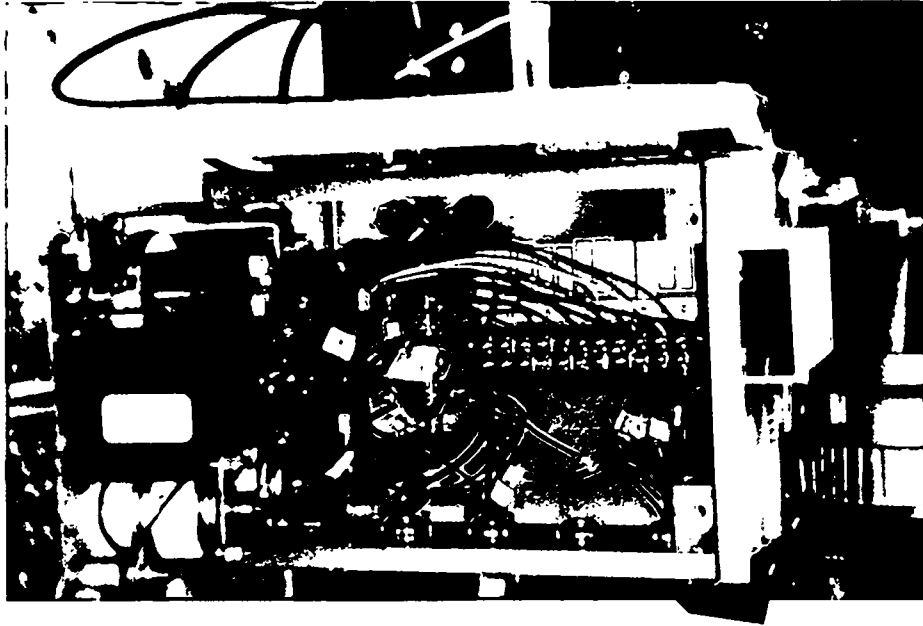


그림 6-23. 동력부의 연동장치상자

관수펌프 또는 약액펌프의 작동에 이상이 발생한 경우에는 즉시 주행부에 신호를 전송하여 가로주행 시스템의 주행을 정지시켜야 한다. 또한 주행시스템에 이상이 발생한 경우에는 관수 및 약제의 공급을 중지해야 한다.

그림 6-24는 주입펌프의 연동을 위한 제어회로도로서 주입펌프 전원 제어부와 교류전원 공급부로 구성되어 있다. 축전지의 직류 12 볼트 전원을 P, N으로 표시하였다. A1은 직류 전류계이며, V1은 직류 전압계로서 직류 전원의 소비 전류와 전압을 표시하기 위한 것이다. MCB1, MCB2, MCB3는 배선용 차단기로서 회로를 과부하로부터 보호하기 위한 것이다.

회로의 작동 방법은 누름단추 스위치 PB1을 누르면 릴레이 R1의 코일이 여자 되며, 전자접촉기 MC1과 병렬로 연결된 릴레이 R1의 a접점이 닫혀서 직류/교류 인버터에 전원이 공급되어 교류 110V 전원이 R, T 단자에 공급된다. V2는 교류전압

을 표시하기 위한 전압계이다. 누름단추 스위치 PB2는 주입펌프 기동 스위치로서 이를 누르면 릴레이 R3의 코일이 여자 되어 주입펌프 제어회로의 릴레이 R3의 a접점을 닫으며, 인터록 선택 스위치 SW3의 위치에 따라 서로 다른 방법으로 주입펌프를 작동시킬 수 있다. 누름단추 스위치 PB3는 주입펌프 정지 스위치로서 이를 누르면 릴레이 코일 R3가 소자 되며, 이에 따라 릴레이 R2의 코일과 전자접촉기 MC2의 코일이 차례로 소자 되어 전자접촉기 MC2가 복귀함으로서 주입펌프가 정지한다.

선택스위치 SW1은 전자접촉기 MC1을 통하여 인버터를 동작시키기 위한 것이다. 스위치 SW1을 닫으면 전자접촉기 MC1이 작동하며, 이에 부설된 MC1의 b접점이 개방되어 릴레이 R1의 코일이 소자 된다. 이에 따라 전자접촉기 MC1과 병렬로 연결된 릴레이 R1의 a접점이 개방되어 축전지의 직류 12V 전원은 전자접촉기 MC1을 통해서만 인버터에 공급된다. 선택스위치 SW2는 전자접촉기 MC3를 통하여 컴퓨터 등에 공급되는 교류 전원을 단속하기 위한 것이다. 선택스위치 SW3는 주입펌프의 작동을 엔진 운전 여부와 연동시키는 인터록을 선택하기 위한 것이다. 주입펌프의 연동에는 엔진 운전 신호(engine run signal)가 사용되는데, 이 신호는 엔진의 운전여부를 표시하는 신호로서 엔진 작동 중에는 직류 12볼트 값을 가지며, 엔진이 정지한 상태에서는 접지 상태가 되도록 회로를 구성한다. 따라서 엔진이 운전 중인 상태에서는 릴레이 R4의 코일이 여자 되어 릴레이 R4의 a접점이 닫힌다. 따라서 스위치 SW3를 enable 위치로 하면 엔진이 작동 중인 상태에서만 주입펌프의 운전이 가능하며, 엔진이 정지하면 릴레이 R4의 a접점이 복귀하여 주입펌프도 정지하게 된다. 한편 스위치 SW3를 disable 위치로 하면 엔진의 운전 여부에 관계없이 펌프 기동 스위치 PB2와 펌프 정지 스위치 PB3를 조작하여 펌프를 작동시킬 수 있다.

주입 펌프의 구동은 엔진 인터록 신호뿐만 아니라 기지부에 설치된 관수공급 펌프의 작동상태에 따라서도 연동된다. 관수 공급펌프의 작동에 이상이 발생한 경우(관수 압력이 낮은 경우 등)에는 기지부에서 이를 감지하여 무선 모뎀을 통하여 엔진 및 주입 펌프 비상정지 신호를 가로주행부의 컴퓨터에 전송한다. 가로주행부의 컴퓨

터는 이 비상정지 신호를 받는 즉시 디지털 출력 포트를 통하여 솔리드 스테이트 릴레이 등을 여자 시켜 릴레이 MR4의 a접점을 닫아 릴레이 R5의 코일을 여자 시켜 a 접점이 닫는다. 엔진정지(engine stop) 단자는 엔진의 연료 공급을 제어하는 신호로서 이를 접지에 접속하면 엔진이 정지하도록 회로를 구성한다. 따라서 가로주행부에서 비상정지 신호를 수신하여 릴레이 MR4를 작동시키면 릴레이 R5의 접점을 통하여 엔진정지 단자가 접지에 연결되어 엔진이 멈추며, 이에 따라 주입 펌프도 정지하게 된다. 순서도에 표시된 PL1, PL2, PL3, PL4 및 MR4는 제어회로의 동작 상태를 표시하기 위한 파일럿 램프들이다. 그림 6-25는 주입펌프 연동 제어 회로를 구성한 것이다.

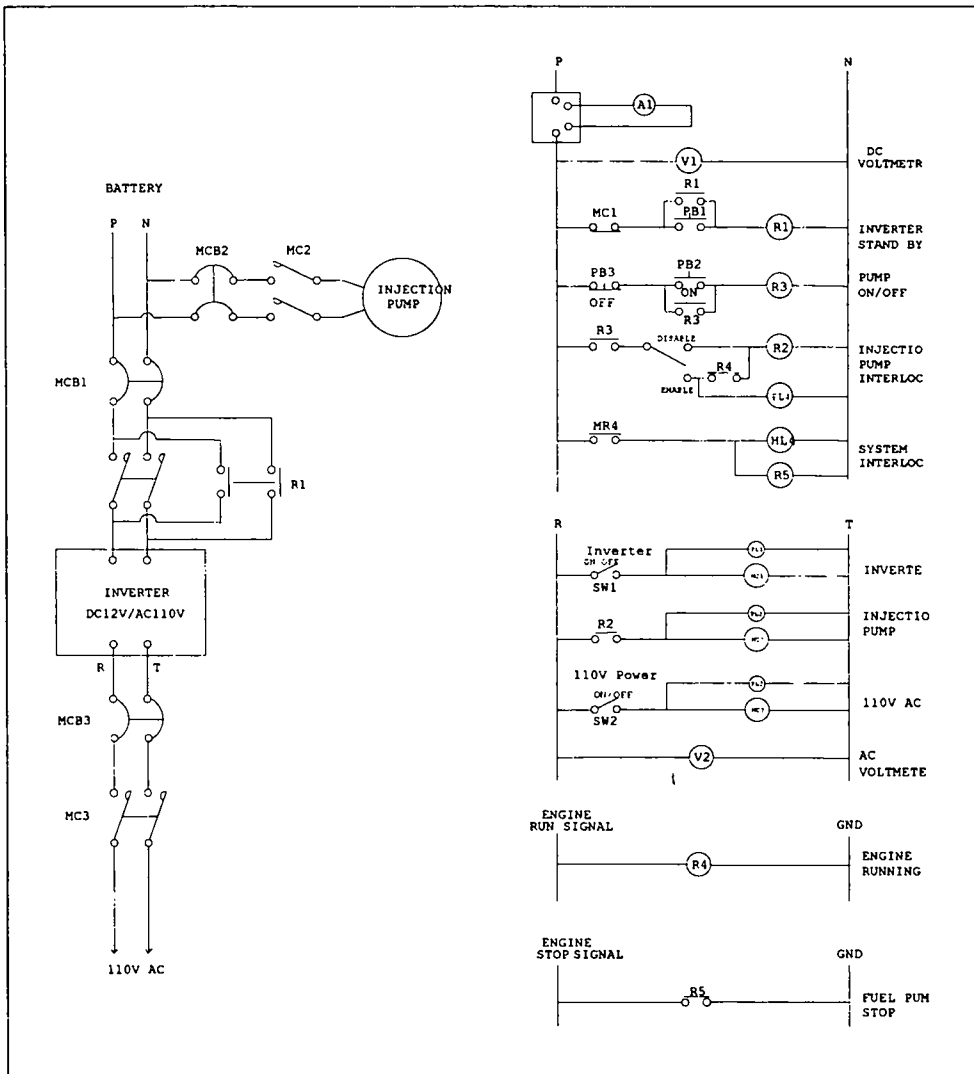


그림 6-24. 주입펌프의 연동제어 회로도

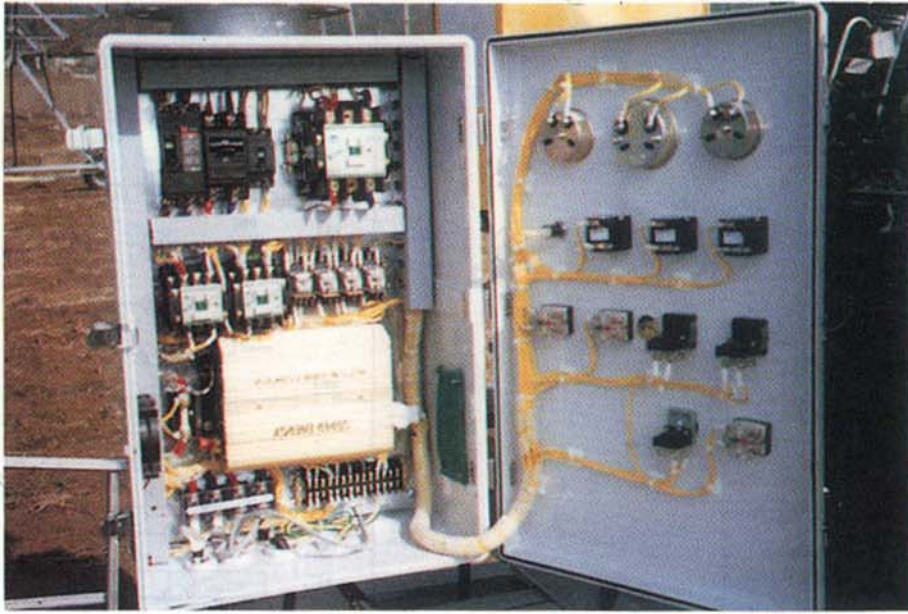


그림 6-25. 주입펌프의 연동제어장치

3. 시스템 연동

펌프 또는 주행시스템을 정지시키는 경우는 표 6-5와 같으며, 작업중 이상현상 발생시 시스템을 보호하고 약액에 의한 토양오염을 방지하기 위하여 하드웨어 및 소프트웨어적인 연동회로를 상기와 같이 구성하였다. 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다.

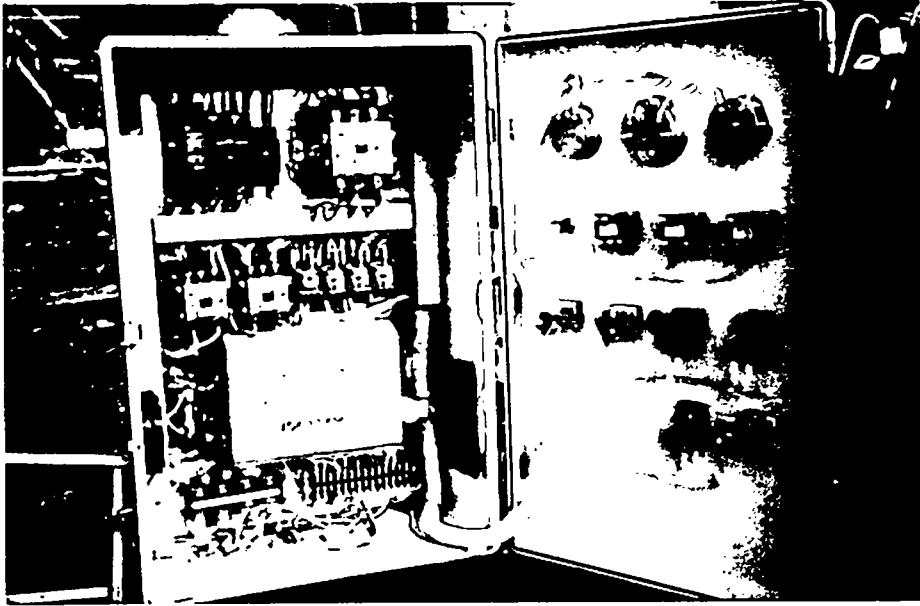


그림 6-25. 주입펌프의 연동제어장치

3. 시스템 연동

펌프 또는 주행시스템을 정지시키는 경우는 표 6-5와 같으며, 작업중 이상현상 발생시 시스템을 보호하고 약액에 의한 토양오염을 방지하기 위하여 하드웨어 및 소프트웨어적인 연동회로를 상기와 같이 구성하였다. 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다.

표 6-5. 시스템의 연동조건

- 구동부의 정지 요인
 - 약제 펌프 및 관수펌프 정지 요인 발생시
 - 주행 속도 및 주행 방향 이상시
 - 주행 방향의 과도한 오차
 - 작업경구의 말단에 이르렀을 때

- 엔진의 정지 요인
 - 엔진 냉각수 온도 이상시, 엔진 오일 압력 저하시
 - 구동부 유압 오일 압력 저하시
 - 유압 오일의 레벨 저하시
 - 약제 펌프 및 관수펌프 정지 요인 발생시
 - 인위적 연동신호 발생

- 약제 펌프의 정지 요인
 - 관수 압력 저하시
 - 주행 속도 이상시, 주행 방향 이상시
 - 엔진 이상시, 구동부 유압 오일 압력 저하시

- 관수 펌프 정지 요인
 - 약제 압력 저하시
 - 주행 속도 이상시, 주행 방향 이상시
 - 엔진 이상시, 구동부 이상시

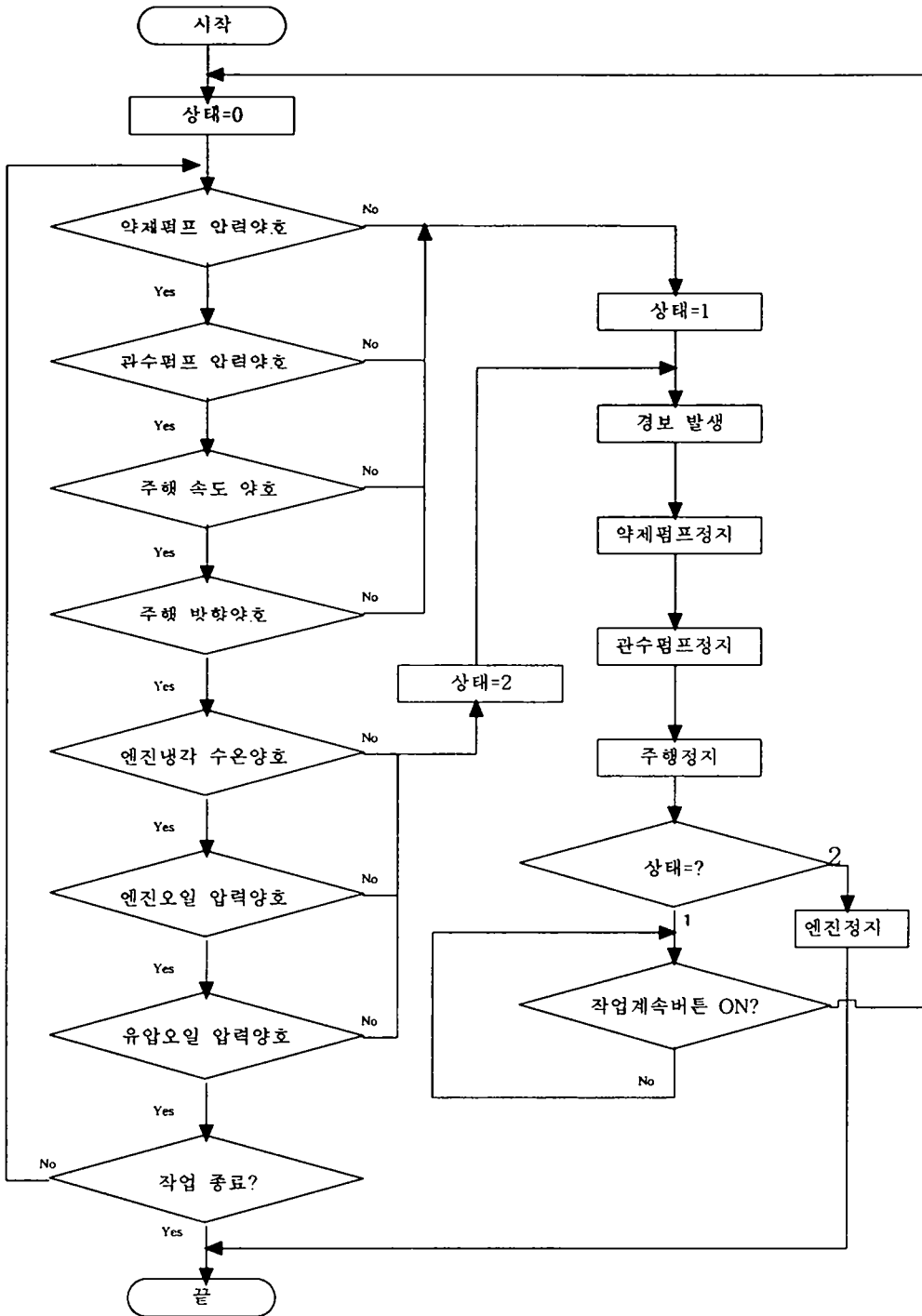


그림 6-26. 연동장치의 흐름도

연동의 조건이 되면 원동기의 연료주입펌프와 정지 솔레노이드(#12)에 #8의 정지신호(GND)를 보냄으로써 정지시키게 된다. 구동부가 정지해있거나 주행방향이 과도하게 흐트러졌을 경우는 회유로의 유압유 압력이 정상상태로 있지 못하므로 1분의 지연시간 후 연동장치가 작동한다. 경구의 말단에 이르면 포장에 장치되어 있던 표식이 리미트스위치를 작동시켜 시스템이 정지하도록 하였다.

관수펌프 또는 약액펌프의 작동에 이상이 발생한 경우에는 기지로부터 즉시 주행부에 신호를 전송(F1)하여 가로주행 시스템의 주행을 정지시켜야 한다. 주행의 정지는 릴레이(그림 6-27)를 통한 정지 솔레노이드에 신호를 보내 시행하며 또한 주행시스템에 이상이 발생한 경우에도 관수 및 약제의 공급을 중지하게 된다. 그림 6-26는 전체의 시스템 운영 흐름도를 보이고 있다.

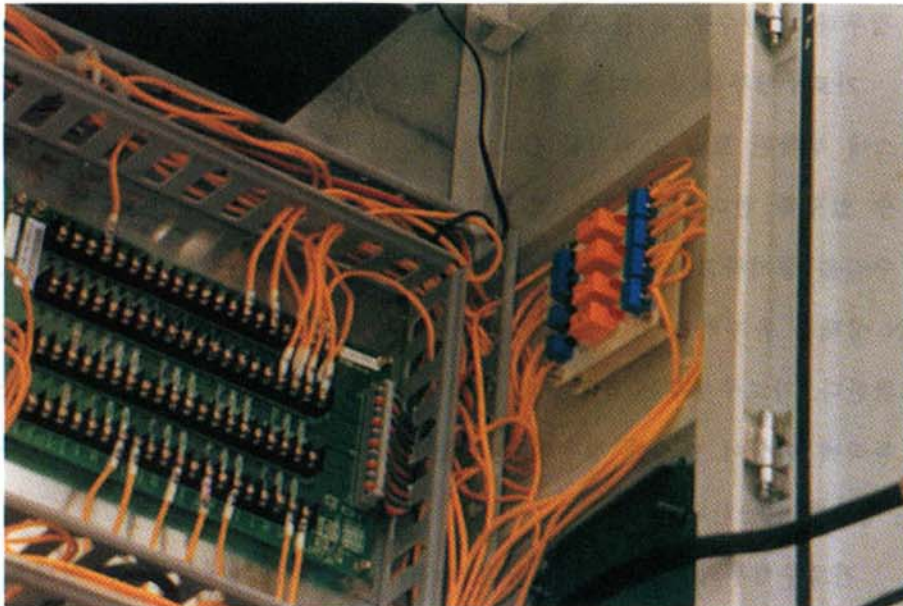


그림 6-27. 시스템 비상연동을 위한 릴레이

연동의 조건이 되면 원동기의 연료주입펌프와 정지 솔레노이드(#12)에 #8의 정지신호(GND)를 보냄으로써 정지시키게 된다. 구동부가 정지해있거나 주행방향이 과도하게 흐트러졌을 경우는 회유로의 유압유 압력이 정상상태로 있지 못하므로 1분의 지연시간 후 연동장치가 작동한다. 경구의 말단에 이르면 포장에 장치되어 있던 표식이 리밋스위치를 작동시켜 시스템이 정지하도록 하였다.

관수펌프 또는 약액펌프의 작동에 이상이 발생한 경우에는 기지로부터 즉시 주행부에 신호를 전송(F1)하여 가로주행 시스템의 주행을 정지시켜야 한다. 주행의 정지는 릴레이(그림 6-27)를 통한 정지 솔레노이드에 신호를 보내 시행하며 또한 주행시스템에 이상이 발생한 경우에도 관수 및 약제의 공급을 중지하게 된다. 그림 6-26는 전체의 시스템 운영 흐름도를 보이고 있다.



그림 6-27. 시스템 비상연동을 위한 릴레이

6-6 Chemigation System의 운영

1. 기지부의 운영순차

기지부의 운영 순차는 가로주행부가 위치한 인근에 스위치를 부착하고 이를 기지부의 컴퓨터에서 인식할 수 있도록 연결하였다. 기지부의 컴퓨터 프로그램을 실행하면 우선 스위치의 상태를 읽어서 이 것이 ON 상태에 있으면 화면에 메시지를 표시하여 작업자가 스위치를 OFF 상태로 조작하도록 한다. 스위치가 OFF 상태에 있는 것이 확인되면 기상 데이터를 수집하는 자료수집장치를 초기화한다. 자료수집 장치와의 데이터 교환은 직렬통신 포트를 이용한다. 스위치가 OFF 상태에 있는 동안에 기지부의 컴퓨터는 21X 자료수집장치로부터 기상데이터(기온, 상대 습도, 일사량, 풍향, 풍속, 강우량, 토양수분 등)를 30분 간격으로 읽어 들인다.

가로주행부를 운전하는 경우에는 조작자가 포장의 TDR 토양수분 센서 터미널 박스에 부착된 토글 스위치를 ON 상태로 바꿈으로서 기지부에서 작업 개시를 인식할 수 있도록 한다. 스위치가 ON되면 기지부의 컴퓨터는 데이터로거를 통한 기상 자료 수집을 중지하고, 가로주행부의 작업상태 데이터를 저장할 파일을 연다. 스위치가 ON 상태를 유지하고 있는 동안에는 두 대의 컴퓨터가 무선 모뎀을 통하여 데이터를 교환한다. 가로주행부는 작업상태 데이터를 기지부로 전송하고, 기지부는 관수펌프의 동작에 이상이 발생한 경우에 작업을 중단시키기 위한 비상정지 인터록 신호를 가로주행부에 전송한다.

가로주행부의 작업이 종료되면 스위치를 ON 상태에서 OFF 상태로 바꾼다. 기지부의 컴퓨터에서 스위치가 OFF된 것을 인식하면 가로주행부 작업상태 데이터 파일을 닫은 후 기상 데이터를 수집하는 과정으로 복귀한다.

2. 가로주행부의 운영 순차

가로주행부의 컴퓨터에는 선택 스위치의 열린·닫힌 상태를 인식할 수 있도록 회로를 구성한다. 이 스위치는 작업의 시작과 종료를 표시하기 위한 것이다. 가로주행부의 컴퓨터에 전원이 투입되면 프로그램이 자동으로 실행되며, 우선 스위치의 상태를 읽어들인 후 스위치가 ON 상태에 있으면 화면에 메시지를 표시하거나, 파일럿 램프를 점등하거나, 또는 경보음을 발생하여 작업자가 스위치를 OFF 상태로 조작하도록 한다. 스위치가 OFF 상태에 있는 것이 확인되면 스위치가 ON 상태가 될 때까지 대기한다.

스위치가 ON 상태로 바뀌면 작업상태(엔진 속도, 엔진 토크, 작업 속도, 주행 방향, 관수 유량, 관수 압력 등) 데이터를 저장하기 위한 파일을 연다. 스위치 값이 ON 상태를 유지하는 동안에는 가로주행부의 컴퓨터에 연결된 자료수집장치 회로를 통하여 매초 간격으로 작업상태 값을 읽고 이를 파일에 저장한 후 무선모뎀을 통하여 전송하는 과정을 반복한다. 가로주행부의 작업이 종료되면 스위치를 OFF 상태로 한다. 스위치가 ON에서 OFF로 바뀌면 데이터의 수집과 전송을 종료하고 데이터 파일을 닫는다. 플로피 디스켓의 용량을 고려하여 수집된 데이터가 1500 세트에 도달하면 (25분간의 데이터에 해당함) 자료의 수집을 종료한다. 또한 계측기지부에서 전송한 비상정시 신호를 수신하는 경우에는 릴레이 회로를 구동하여 엔진과 주입 펌프를 정지시키고 프로그램의 실행을 종료한다.

3. 시스템 운영순차

관리자 또는 기지부의 컴퓨터가 기상 데이터, 토양수분 데이터 및 병충해 발생 상황 등을 종합하여 관수 또는 방제 작업이 필요하다고 판단하는 시점에서 가로주행부의 엔진을 기동하고 가로주행부에 장착된 컴퓨터에 전원을 투입하면 별도의 조작

없이 프로그램이 곧 바로 실행되도록 자동실행 파일을 작성한다. 가로주행부의 컴퓨터는 기지부의 컴퓨터에 엔진 속도, 엔진 토크, 주행(작업) 속도, 주행 방향, 관수 유량, 관수 압력 등 작업상황에 대한 실시간 정보를 1초 간격으로 전송하고, 기지부로부터는 관수펌프 이상 작동시 발생하는 급수펌프 비상정지 명령을 수신한다. 가로주행부가 위치한 인근에 토양수분 측정을 위한 센서를 매설하고 이 센서의 배선을 기지부의 컴퓨터에 연결된 자료수집장치까지 연장하며, 스위치의 조작을 통하여 가로주행부와 작업 개시 및 종료를 기지부에서 인식하도록 한다.

기지부에서는 평소 기상데이터를 수집하며 예상 chemigation 시점을 결정하게 되면 기상모드를 무선통신 모드로 바꾸고 작업을 준비한다. 가로주행부에는 계획에 따라 약제를 주입탱크에 1차 희석배수로 준비하고 관정(혹은 급수원)에서 물을 압력을 맞추어 공급할 준비를 한다. 주입펌프의 연동장치를 순서에 따라 작동을 시켜 연동과 제어기의 전원을 가동한다. 포장 근처의 TDR 센서 터미널 박스에 장착된 스위치를 올려 기지부의 컴퓨터에서 작업준비 완료를 인식하도록 하고, 주행부의 컴퓨터를 작동시키고 스위치를 올려 데이터 수집과 전송을 시작한다. 무선 전송은 상대모뎀의 수신과 송신상태를 확인하여 반이중 방식의 데이터 교환이 이루어 질 수 있도록 한다. 주입약액의 지연진행을 고려하여 약 1분간 주입펌프를 작동시킨 후 기준지거의 속도를 맞추어 작업을 진행시킨다. 진행중 기지부에서 이상이 감지되면 정지신호를 보내 비상정지 시킬 수 있다. 진행과 시스템의 이상 유무를 구동부에서 자체 제어하며 작업을 끝낸 후 스스로 정지하면 잔여액을 회수하고 작업을 마무리한다. 구동부의 스위치를 끄면 그 동안 모은 주행 데이터를 저장하고 제어시스템을 마감한다. 또한 TDR 센서 터미널 박스의 스위치를 끄면 기지부에서는 수신한 주행 데이터를 저장하고 기상관측 모드로 복귀한다.

제 7 장 시스템 운영

여 백

제 7 장 시 스템 운 영

7-1 운영법

1. Chemigation 작업의 계획

기상정보로부터 계산된 작물 증발산량을 기준으로 앞으로의 토양수분을 예측하게 되며 근근역의 수분량을 계산한다. 현재의 수분량을 토양수분의 측정치로부터 계산하며 근근역의 수분량과 강우량을 더하여 이용 가능 수분량을 계산해내므로써 이량이 부족하면 관개를 시작하게된다. 관수시 작물의 영양상태에 따라 시비작업이 병행되며 엽면시비도 가능하였다. 또한, 작물의 습윤지속시간, 고온지속시간 및 일일풍속거리 등이 문턱값이 넘을 때는 경고하고 농업기관에서 발하는 병충해발생 정보를 참조하여 방제를 시작하였다.

작업의 결정이 이루어지면 방제 및 시비의 구체적인 약제의 형태와 양을 결정하는데 시험재배인 노지고추의 경우 표 7-1에 보인 것 같은 약제를 사용하였다. 유체유동부에서 제시한 방법에 의하여 1.4ha의 고추농장에 대하여 작업계획 하였으며 그 결과를 표 7-2에 보였다. 약제는 주입펌프의 소용량 혹은 대용량으로 주입하며 필요에 따라 1차희석하여 교반하며 주입하여 보다 정밀한 살포를 실시하게된다.

1998년 여름에는 강우량이 많아서 관개의 필요성보다 방제의 필요성이 증대하였으며 개발한 chemigation system 주행로의 배수와 견고성을 유지하여 이용하므로써 습한 포장의 방제가 적기에 이루어 질 수 있었다.

표 7-1. 노지고추에 대한 병해, 충해, 잡초 방제 및 시비작업

	방제대상	발생부위	적용약제 상품명(일반명)	제형	희석배수 (20L당)	살포회수 (량/10a)
병해	탄저병	과실	만코지 (mancozeb)	수화	40g	3
	역병	뿌리, 줄기	리도밀동 (metalaxyl-copper oxychloride)	수화	20g	2
충해	진딧물	잎, 새순	코니도(imidacloprid) 조아진(deltamethrin-dichlorvos)	수화 유제	10g 20ml	4
	담배나방 파밤나방	과실	피레스(cypermethrin) 데시스(deltamethrin)	유제 유제	20ml 20ml	4
잡초	바랭이 쇠비름	발생전도양 비선택성	알라(alachlor) 그라목손(paraquat dichloride)	유제 액제	30ml 50ml	1(100L) 2(130L)
시비	영양장애	경엽 및 토양 살포	모리카룬C 복살-서스펜션F 요소	수화 수화 액제	1000	3 (200L)

표 7-2. 1.4 ha의 고추농장에 대하여 계획한 chemigation 작업조건

구 분	작업요소	방제작업	시비(관수)작업
유체유동부	총살포량 (L)	2,800	70,000
	살포량 (L/ha)	2,000	50,000
	노즐유량 (lpm)	0.379	1.287
	유체압력(kg/cm ²)	2.5	0.6
	총노즐유량 (lpm)	28	70
	주입부	주입량(ml/min)	179 (소유량)
희석배수		500	1000
1차 희석배수		5	20
주행부	주행속도 (m/min)	4.0	0.4

2. Chemigation 운영순서

- ① 관리자 또는 기지부의 컴퓨터가 기상정보, 토양수분 데이터 및 병충해 발생 상황 등을 종합하여 관수 또는 방제 작업이 필요하다고 판단하는 시점에서 기상모드를 무선통신 모드로 바꾸고 작업 준비한다. 이때 기지부 모뎀을 켜고 가변저항기를 맞춰 최상의 무선통신 상태를 유지한다.
- ② 가로주행부가 위치한 인근 토양수분센서의 터미널 박스에 스위치를 부착하고 이를 기지부의 컴퓨터에서 인식할 수 있도록 연결하였다. 가로주행부를 운전하려는 경우에는 조작자가 스위치를 닫힌 상태로 바꿈으로서 기지부에서 작업 개시를 인식할 수 있도록 한다. 스위치가 켜지면 기지부의 컴퓨터는 데이터로거를 통한 기상자료 수집을 중지하고 기상 데이터 파일을 닫는다. 이때 주행부 모뎀을 켜는다.
- ③ 기지부의 컴퓨터는 가로주행부의 작업상태 데이터를 저장할 파일을 연다. 스위치가 닫힌 상태를 유지하고 있는 동안에는 두 대의 컴퓨터가 무선 모뎀을 통하여 데이터를 교환한다. 가로주행부는 작업상태 데이터를 기지부로 전송하고, 기지부는 관수펌프의 동작에 이상이 발생한 경우에 작업을 중단시키기 위한 인터록 신호(F1)를 가로주행부에 전송이 가능하게 된다.
- ④ 가로주행부의 엔진을 기동하고 시스템의 기준 속도는 chemigation의 투입량과 투입 목표치에 따라 기준지거에 속도를 맞춘다. 기준지거의 속도는 미리 보정된 유압유량과 주행속도간의 관계를 이용하여 조정한다. 트랙터지거로의 기본 유량은 기준지거 유량의 반 정도로 맞춰주면 나머지 유압유량은 주행방향 유도밸브 쪽에서 보상한다.
- ⑤ 토글 스위치 1을 조작하여 가로주행부에 장착된 컴퓨터에 전원을 투입하면 별도의 조작 없이 자동실행 파일이 작동한다. 계측제어 프로그램이 자동 실행되면 첫 번째 파일럿 램프가 점등되며, 토글 스위치 2를 조작하여 데이터의 수집을 개시하면 두 번째 파일럿 램프가 점등된다.

⑥ 주입펌프의 연동장치를 순서에 따라 작동을 시켜 연동과 제어기의 전원을 가동한다. 펌프제어 패널을 열고 차단 스위치를 올린다. 주입펌프는 12VDC에 의해서 작동되나 시스템 제어를 위하여 인버터를 가동한다. 인버터 대기(standby)버튼을 누르고 신호음이 울리면 인버터 작동(on)버튼을 눌러 110VAC를 작동시킨다. 110VAC 스위치를 올리고 주입펌프 연동스위치를 가능(ENABLE)위치에 두어 연동을 준비한다.

⑦ 가로주행부에는 계획에 따라 약제를 주입탱크에 1차 희석배수로 준비하고 관정에서 물을 압력을 맞추어 공급한다. 주입 약액의 지연진행을 고려하여 약 1분간 주입펌프를 작동시킨 후 기준지거의 속도를 맞추어 작업을 진행시킨다. (그림 7-1)

⑧ 가로주행부의 컴퓨터는 기지부의 컴퓨터에 엔진 속도, 엔진 토크, 주행(작업) 속도, 주행 방향, 관수 유량, 관수 압력 등 작업상황에 대한 실시간 정보를 약 1초 간격으로 전송하고, 기지부으로부터는 관수펌프 이상 작동시 발생하는 급수펌프 비상정지 명령을 수신 할 수 있다.

작업 중 시스템에 이상이 발생한 경우에는 엔진이나 유체유동부를 정지시켜 시스템을 보호하며 다음과 같은 이상이 감지된 경우에는 비상정지 되거나 기지부로부터 즉시 주행부에 신호를 강제로 전송(F1)하여 가로주행 시스템의 주행을 정지시킨다. 연동의 조건이 되면 원동기의 연료주입펌프와 정지 솔레노이드(#12)에 #8의 정지신호(GND)를 보냄으로써 정지시키게 된다. 구동부가 정지해있거나 주행방향이 과도하게 흐트러졌을 경우는 회유로의 유압유 압력이 정상상태로 있지 못하므로 1분의 지연시간후 연동장치가 작동한다.

주행부자체에서 안내바퀴와 밸브의 움직임에 따라 주행로를 따라 움직이나 가로주행 시스템의 주행상태를 파악하거나 비상시에는 연동정지 시키기 위하여 소요동력, 토크, 엔진속도, 주행방향, 주행속도, 유량 및 압력 등을 측정하여 기지부로 전송한다.

⑨ 진행과 시스템의 이상 유무를 구동부에서 자체 제어하며 작업을 끝낸 후 스스로

정지하면 잔여액을 회수하고 작업을 마무리한다. 구동부의 토글스위치 2를 끄면 그 동안 수집한 주행데이터를 저장하고 계측제어 작업을 마감한다. 제어박스의 세 번째 파일럿 램프는 프로그램의 실행이 종료되면 점등되고 잠시후 소등된다. 이어서 TDR 센서 터미널 박스에 부착된 스위치를 끄면 기지부에서도 수신한 같은 데이터를 저장한다.

- ⑩ 가로주행부의 작업이 종료되면 스위치를 닫힌 상태에서 열린 상태로 바꾼다. 기지부의 컴퓨터에서 스위치가 열린 것을 인식하면 가로주행부 작업상태 데이터 파일을 닫은 후 기상 데이터를 수집하는 과정으로 복귀한다.
- ⑪ 작업이 끝난 후에는 관로에 남아 있는 잔여액을 회수하여 재사용 하거나 안전하게 폐기한다. 이를 위하여 펌프연동 장치패널에 장치된 회수밸브를 잠시 열어 약액 통으로 회수시키므로 행해진다.



그림 7-1. 호스를 견인하며 작업하는 chemigation system

정지하면 잔여액을 회수하고 작업을 마무리한다. 구동부의 토글스위치 2를 끄면 그 동안 수집한 주행데이터를 저장하고 계측제어 작업을 마감한다. 제어박스의 세 번째 파일럿 램프는 프로그램의 실행이 종료되면 점등되고 잠시후 소등된다. 이어서 TDR 센서 터미널 박스에 부착된 스위치를 끄면 기지부에서도 수신한 같은 데이터를 저장한다.

- ⑩ 가로주행부의 작업이 종료되면 스위치를 닫힌 상태에서 열린 상태로 바꾼다. 기지부의 컴퓨터에서 스위치가 열린 것을 인식하면 가로주행부 작업상태 데이터 파일을 닫은 후 기상 데이터를 수집하는 과정으로 복귀한다.
- ⑪ 작업이 끝난 후에는 관로에 남아 있는 잔여액을 회수하여 재사용 하거나 안전하게 폐기한다. 이를 위하여 펌프연동 장치패널에 장치된 회수밸브를 잠시 열어 약액 통으로 회수시키므로 행해진다.

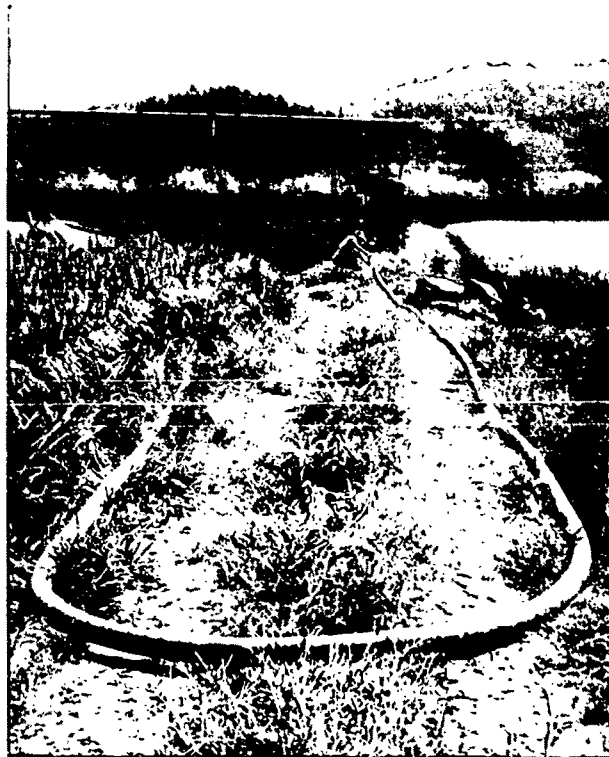


그림 7-1. 호스를 견인하며 작업하는 chemigation system

7-2 시험재배

본 연구에서는 실제작물への 적용을 위하여 고추, 사과, 포도 등에 대하여 검토하고 실제 고추, 옥수수, 콩에 대하여 적용하였다. 작업의 예시로서 토양의 준비과정에서 잡초발생전 처리제인 alachlor계 제초제를 살포하므로써 화분과 잡초를 억제할 수 있었다 (그림 7-2). 노지에서의 재배는 넓은 면적에 대한 제초를 인력으로 할 수 없기 때문에 비닐멀칭 방법과 제초제를 사용한다. 두둑만을 비닐로 멀칭하고 골에는 제초제를 살포하여 잡초의 발생을 억제한다. 이주전에는 정지작업후 약제를 살포하고 비닐피복후 2-3일 이내에 이식하며, 이식후에는 고추에 묻지 않도록 살포하고 발아억제제를 뿌려줄 수 있다. Alachlor 외에 pendimethalin(스토프), napropamide(데브리놀) 등도 같은 목적에 사용할 수 있다.



그림 7-2. 토양 준비과정중 제초제의 처리모습

7-2 시험재배

본 연구에서는 실제작물에의 적용을 위하여 고추, 사과, 포도 등에 대하여 검토하고 실제 고추, 옥수수, 콩에 대하여 적용하였다. 작업의 예시로서 토양의 준비과정에서 잡초발생전 처리제인 alachlor계의 제초제를 살포하므로써 화분과 잡초를 억제할 수 있었다 (그림 7-2). 노지에서의 재배는 넓은 면적에 대한 제초를 인력으로 할 수 없기 때문에 비닐멀칭 방법과 제초제를 사용한다. 두둑만을 비닐로 멀칭하고 골에는 제초제를 살포하여 잡초의 발생을 억제한다. 이주전에는 정지작업후 약제를 살포하고 비닐피복후 2-3일 이내에 이식하며, 이식후에는 고추에 묻지 않도록 살포하고 발아억제제를 뿌려줄 수 있다. Alachlor 외에 pendimethalin(스토프), napropamide(데브리놀) 등도 같은 목적에 사용할 수 있다.



그림 7-2. 토양 준비과정중 제초제의 처리모습



그림 7-3. 고추의 노지 이식후 제충제 살포

이주 초기에는 고추묘에 흙을 덮어주어 비교적 얇은 고추뿌리의 착상을 돕고 토양이 건조하지 않도록 관수를 해준다. 표준관수량은 5-15mm 정도이며 시비를 같이 할 경우에는 적은 양을 여러번에 나누어 하는 것이 바람직하다. 어린 묘의 잎뒷면에는 진딧물의 피해가 예상되며 심하면 생육이 정지된다. 진딧물은 5월 하순 - 6월 상순에 유시충형태로 작물로 이동하며 증식하기 시작했을 때 imidacloprid과 methomyl 계의 약제를 번갈아 가며 살포한다 (그림 7-3).



그림 7-3. 고추의 노지 이식후 제충제 살포

이주 초기에는 고추묘에 흙을 덮어주어 비교적 얇은 고추뿌리의 착상을 돕고 토양이 건조하지 않도록 관수를 해준다. 표준관수량은 5-15mm 정도이며 시비를 같이 할 경우에는 적은 양을 여러번에 나누어 하는 것이 바람직하다. 어린 묘의 잎뒷면에는 진딧물의 피해가 예상되며 심하면 생육이 정지된다. 진딧물은 5월 하순 - 6월 상순에 유시충형태로 작물로 이동하며 증식하기 시작했을 때 imidacloprid과 methomyl 계의 약제를 번갈아 가며 살포한다 (그림 7-3).



그림 7-4. 시비 및 병해에 대한 약제 살포

고추가 착상을 하고 과실이 달리기 시작하면 나방류(Noctuidae)와 곰팡이류의 침투가 과실에 나타나기 시작한다. 나방류의 애벌레는 새순과 과실을 먹어 들어가 구멍을 낸다. 비가 적고 적당한 기온에서 증식하며 유충시기에 방제하는 것이 중요하다. 노숙하게 되면 약제에 대한 내성이 생겨 방제효과가 떨어진다. Deltaemthrin 이외에 endosulfan 이나 생물제인 *Bacillus thuringiensis* 계의 사용으로 방제 할 수 있다. 역병과 탄저병은 고추재배시 가장 문제가 되는 병으로 곰팡이가 원인이다. 주로 과실에 일으키므로 상품성에 치명적인 영향을 미친다. 6월 하순에서 7월에 장마가 시작되면 발생하기 시작하며 포자는 비바람에 의해 전파되어 수분이 적당하면 심하게 증식한다. 장마기간에 포장이 젖은 상태에서 작업이 이루어 져야하므로 chemigation 시스템의 구동선을 따라 견고한 트랙을 유지하여 적기에 방제가 일어 날 수 있도록 했다 (그림 7-4). 3회에 걸친 병충해의 발생 정도를 조사한 결과 표 7-3에 보였다. 그림 7-5와 7-6에는 고추의 피해과 및 건실과의 상태를 보였으며 1998년의 여름은 습해 및 병해가 최고도에 달하였던 바 약 84%의 건실과 비율을 얻었다.



그림 7-4. 시비 및 병해에 대한 약제 살포

고추가 착상을 하고 과실이 달리기 시작하면 나방류(Noctuidae)와 곰팡이류의 침투가 과실에 나타나기 시작한다. 나방류의 애벌레는 새순과 과실을 먹어 들어가 구멍을 낸다. 비가 적고 적당한 기온에서 증식하며 유충시기에 방제하는 것이 중요하다. 노숙하게 되면 약제에 대한 내성이 생겨 방제효과가 떨어진다. Deltaemthrin 이외에 endosulfan 이나 생물제인 *Bacillus thuringiensis* 계의 사용으로 방제 할 수 있다. 역병과 탄저병은 고추재배시 가장 문제가 되는 병으로 곰팡이가 원인이다. 주로 과실에 일으키므로 상품성에 치명적인 영향을 미친다. 6월 하순에서 7월에 장마가 시작되면 발생하기 시작하며 포자는 비바람에 의해 전파되어 수분이 적당하면 심하게 증식한다. 장마기간에 포장이 젖은 상태에서 작업이 이루어 져야하므로 chemigation 시스템의 구동선을 따라 견고한 트랙을 유지하여 적기에 방제가 일어 날 수 있도록 했다 (그림 7-4). 3회에 걸친 병충해의 발생 정도를 조사한 결과 표 7-3에 보였다. 그림 7-5와 7-6에는 고추의 피해과 및 건실과의 상태를 보였으며 1998년의 여름은 습해 및 병해가 최고도에 달하였던 바 약 84%의 건실과 비율을 얻었다.

표 7-3. 옥수수과 고추의 병발생 정도 조사(kg)

* 병해정도는 0:무해, 1:하품, 2:상해흔적, 3:손실로 분류

작물	조사일자	병해정도*				비율(%) (0+1/total)
		0	1	2	3	
고추	6/23	3.0	0.1	0.3	0.1	88.6
	7/23	5.8	0.18	0.8	0.3	84.5
	8/23	10.4	0.2	0.5	1.5	84.1
옥수수	6/13	10.8	1.0	0.1	0.1	98.3
	7/2	10.2	1.1	0.2	0.1	97.4
	7/23	35.8	4.2	4.5	2.0	86.0



그림 7-5. 병충해를 3 수준으로 받은 고추

표 7-3. 옥수수과 고추의 병발생 정도 조사(kg)

* 병해정도는 0:무해, 1:하품, 2:상해흔적, 3:손실로 분류

작물	조사일자	병해정도*				비율(%) (0+1/total)
		0	1	2	3	
고추	6/23	3.0	0.1	0.3	0.1	88.6
	7/23	5.8	0.18	0.8	0.3	84.5
	8/23	10.4	0.2	0.5	1.5	84.1
옥수수	6/13	10.8	1.0	0.1	0.1	98.3
	7/2	10.2	1.1	0.2	0.1	97.4
	7/23	35.8	4.2	4.5	2.0	86.0



그림 7-5. 병충해를 3 수준으로 받은 고추

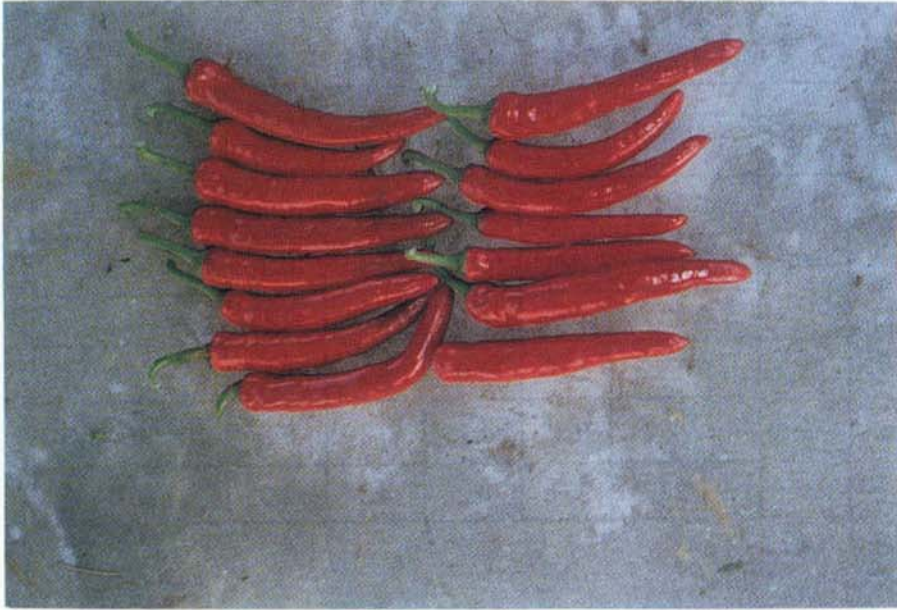


그림 7-6. 병충해를 받지 않은 0 수준의 건실과



그림 7-7. 병충해를 3 수준으로 받은 옥수수



그림 7-6. 병충해를 받지 않은 0 수준의 건실과



그림 7-7. 병충해를 3 수준으로 받은 옥수수



그림 7-8. 병충해를 받지 않은 0 수준의 건실이삭

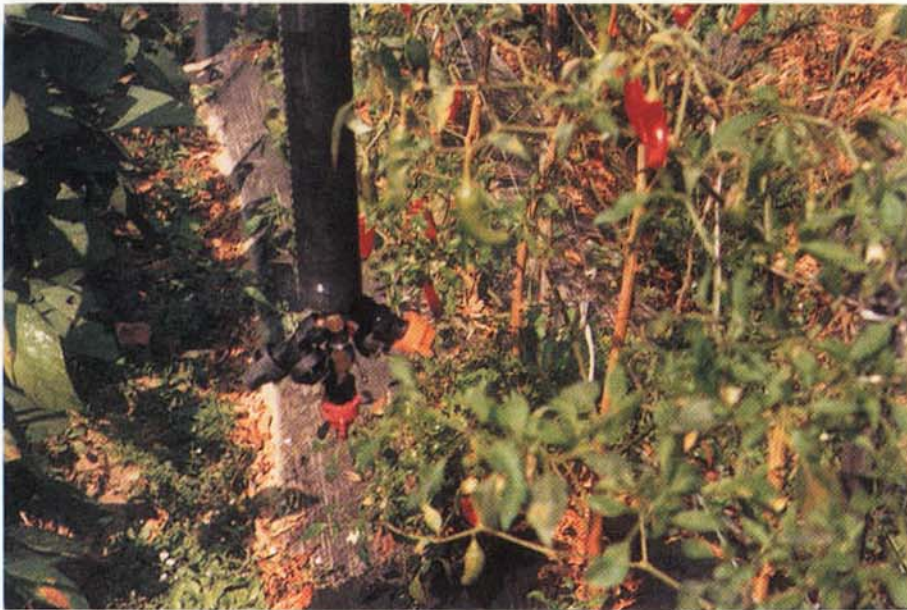


그림 7-9. 영양제의 경엽살포



그림 7-8. 병충해를 받지 않은 0 수준의 건실이삭



그림 7-9. 영양제의 경엽살포

7월 23일 동일한 조사에서 옥수수는 주로 충해를 입어서 나방류(Lepidoptera)의 2-3령 애벌레와 번데기를 34마리와 먼지벌레(Coleoptera) 다수를 발견하였다. 그림 7-7과 7-8에는 옥수수의 병충해 및 건실이삭의 상태를 보였다. 고추는 뿌리의 70% 이상이 알게 분포하여 있어 침수와 바람에 약하며 여름철에 습해를 받아 성장의 장애 뿐 아니라 병해의 원인이 되었다. 따라서 영양 및 생리장애에 대하여 경엽살포를 행하였다. 그림 7-9는 종합영양제의 경엽살포 모습을 보였다.

제 8 장 종합 결론

여 백

제 8 장 총 합 결 론

전작의 관개, 시비, 방제작업을 통합 시행함으로써 생산물의 경쟁력을 제고할 수 있는 초생력 자동화 chemigation을 개발하여 우리 나라 전작농에 맞는 시스템의 개발 및 운영지침을 제시할 목적으로 수행된 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- ① 과도한 노동력투하와 不適期 灌溉, 방제작업의 기피현상 등이 심화됨에 따라 생력화된 새로운 생산작업 체계의 정립이 절실히 필요할 때이다. 본 연구에서 추구한 chemigation system은 농산물의 효율적 생산을 위한 전업농의 규모화와 안정된 생산체계를 얻기 위해 시행되었다. 토양과 작물상태에 따른 관개시기의 결정과 동시에 시비작업을 처방에 따라 행하게 되며 필요에 따라 방제작업을 병행 혹은 동시에 행할 수 있는 기계시설 및 제측제어장치를 갖추어 적시에 적절하게 관개, 시비 및 방제작업을 행할 수 있도록 함으로써 효율적이며 안정된 생산시설체계와 농업종사자의 작업환경을 개선하고 생력화하도록 했다.
- ② Chemigation을 위하여 선택된 모델인 가로 주행식 시스템은 사각형포장의 세로방향의 배관과 동력선을 작물위로 高架式으로 설치하고 가로방향을 따라 진행하며 방제, 관개 및 시비하는 방법으로 10%이하의 완만한 구릉지의 포장에 적용할 수 있다. 이 시스템은 관비나 농약을 계획에 따라 주입하는 장치를 두어 처방농업의 개념을 도입하였고 살수형 防霜장치로도 사용이 가능하다.
- ③ 가로주행식은 1.0ha(3000평) 이상의 대규모 농장에서 경제적으로 운영 할 수 있으며 규모의 증가에 따라 단위면적당 제작비와 이용비용은 점차 감소 하였고 포장의 형태에 따라 긴 포장은 급격한 감소를 보였다.

- ④ 시스템은 계측기지부와 가로주행부로 구성하였으며 기지부에는 기상관측장치와 토양수분센서 및 제어부가 위치하였다. 이 곳에는 관정과 주펌프가 위치할 수 있으며 운영자가 주로 위치하여 시스템을 관장하는 곳이다. 가로주행부는 움직이며 계획된 포장에 작업을 할 수 있도록 구동부와 주입부가 장치되고 작업수행 정보의 수집장치도 탑재되었다.
- ⑤ 가로주행부의 구조를 해석하기 위하여 교육용 SAP90을 이용하였고 3차원 구조물을 모델화하여 해석하였다. 예상 하중은 자중, 장비하중, 및 작업하중에 대하여 고려하였다. 비상하중인 풍압에 대하여 내구년한 20년, 재현기간 57년 및 지역특성을 고려하여 안전도를 검토하였다.
- ⑥ 전작물의 관개, 시비 및 방제 실태를 분석하고 유체유동부를 설계하였다. 경북 대학교 칠곡농장 여건에 맞춰 주펌프로 웨스코 점성펌프를 선택하여 방제 및 관수시비 양용 목적으로 사용될 수 있었다. 주입펌프 또한 다이아프램 정용량 펌프를 대유량/소유량 兩用으로 선택하였다. 희석탱크의 용량은 포장의 크기를 고려하여 1회 작업에 충분한 200L로 선택하였으며 수화제나 분말형 비료의 경우를 대비하여 교환기를 설치하였다.
- ⑦ 작업이 끝난 후에는 관로에 남아 있는 잔여액을 회수하여 재사용 하거나 안전하게 폐기할 수 있도록 하기 위하여 전자밸브를 관로 끝에 부착하고 조작스위치는 주입펌프 제어패널에 설치하였다. 비정상적인 약제의 주입을 차단하기 위하여 연동장치를 구성하였다.
- ⑧ 양지거가 멀리 떨어진 가로주행식의 구동부는 유압시스템을 바탕으로 구성하였으므로 동력구동부의 원동기-유압펌프, 유압모터와 실린더, 유량조정밸브와 방향제어밸브, 유압회로의 배관 등을 구성하였다. 제어패널에 설치된 방향조정밸브를 통하여 시스템의 진행방향을 선택하였고 기준지거 유량조절밸브를 통하여 시스템의 기준속도를 유지하도록 하였다. 또한 각 지거에는 유압실린더를 장착하여 세로방향으로의 이동을 위한 바퀴의 전환과 시험목적으로 자중을 들어올릴 수 있도록 하였

다.

- ⑨ 트랙터지거에는 고랑 안내식 방향 유도장치를 연동시켜 주행부의 방향을 유지하도록 하였다. 시스템의 주행오차는 초기의 유도밸브위치 상태에 따라 차이가 있으나 주행유도 회전암의 위치를 주행방향으로 조정함으로써 오차를 줄일 수 있었으며 주행이 진행됨에 따라 ± 2.5 cm 이내에서 안정될 수 있다
- ⑩ 가로주행부는 이동하기 때문에 주행부와 지지부 사이에 무선 송수신장치를 두어 작업정보와 연동신호 등을 공유 할 수 있도록 하였다. 작업 중 시스템에 이상이 발생한 경우에는 시스템을 보호하기 위하여 기지로부터 주행부에 신호를 전송하여 가로주행 시스템을 정지시킨다.
- ⑪ 관수시기의 결정과 병충해 발생 예측을 위한 기상탑과 토양수분센서를 설치했다. 기상환경 및 토양수분 데이터와 Penman법을 이용하여 근근역의 수분량을 예상하여 이용가능 수분량을 계산해낸다. 토양수분이 한계치 사이에 있도록 chemigation 시기를 결정하며 병충해 발생 경보는 작물의 습윤지속시간, 고온지속시간 및 일일 풍속거리 등을 참고하여 문턱값이 넘을 때는 경고하도록 하였다.
- ⑫ Chemigation system를 실제 작물에 적용하기 위하여 본 연구에서는 고추, 옥수수 및 콩 등에 대하여 시험재배하였다. 장마기간에 포장이 젖은 상태에서 작업이 이루어지므로 견고한 트랙을 유지하여 적기에 방제가 가능하였다. 3회에 걸친 병충해의 발생 정도를 조사한 결과 약 84%의 건실과 비율은 1998년의 여름은 습해 및 병해 조건을 비교하면 우수했다 평가된다.

본 연구를 통하여 개발된 chemigation system의 직접적인 기대효과로는 주목적인 노동력감소 및 작업자보호 뿐 아니라 관개, 방제, 시비의 보다 균일한 살포, 適期작업, 토양의 다짐현상 감소, 엽면시비 가능 등을 꼽을 수 있다.

참 고 문 헌

경북대학교 농업과학기술연구소 세미나. 1990. 사과병해충 발생생태와 방제.

과학기술처. 1991. 한국전작잡초 발생분포조사와 도감작성. 연구보고서. 농촌진흥청. 맥류연구소.

구영모, H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1992. A theoretical efficacy of insecticide-oil droplets applied via chemigation. ASAE Paper No 92-1064. St. Joseph, MI.

구영모, H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1992. Formation of immiscible oil droplets during chemigation I. In-line dispersion. TRANSACTIONS of the ASAE 35(4): 1121-1125.

구영모, H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1992. Formation of immiscible oil droplets during chemigation II. Nozzle dispersion and emulsification. TRANSACTIONS of the ASAE 35(4): 1127-1133.

구영모, H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1993. Insecticide-oil droplet size effect on fall armyworm larvae control via chemigation. TRANSACTIONS of the ASAE 36(4): 1033-1038.

구영모. 1995. 밤나방유충의 관개방제 효과와 유화 액적직경의 영향. 농촌열에너지연구보고서논문집 11(1):61-69, 충북대학교 농촌열에너지 연구소

구영모, H. R. Sumner., L. D. Chandler. 1996. 관개방제의 효력 예측을 위한 시뮬레이션. 한국농업기계학회지. 21(1):10-20

구영모, 배영환, 박금주. 1998. 가로주행식 케미케이션 시스템의 개발(I): 모델의 설계. 한국농업기계학회 학술논문발표 논문집 3(2): 42-52.

김병수, 김광용, 김상기, 성진근. 1995. 신농민 강좌시리즈(7) 고추: 수지맞는 기술과 유통전략.

김선규, 성진근, 김성순, 최동용, 손창화. 1996. 신농민 강좌시리즈(8) 포도: 심기부터 판매까지.

김성봉, 김점국, 신건철. 1989. 왜성사과 재배 신기술. 오성출판사.

농약공업협회. 1998. 농약사용지침서

농어촌진흥공사. 1986. 밭 기반조성연구. 농업토목시험연구소.

농어촌진흥공사. 1988. 발작물 소비수량 산정방법 정립 연구(II). 연구보고서, 서울대학교

농어촌진흥공사. 1992. 전환기 한국농업생산기반 및 환경정비 발전방안에 관한 연구 (II) 연구보고서, 서울대학교

농어촌진흥공사. 1995. 원예시설의 구조안전기준 작성. 연구보고서. 농어촌연구원.

농촌진흥청. 1988. 발작물 관수방법 연구. 연구보고서. 고려대학교.

농촌진흥청. 1995. 2001년 목표 작목별 전업농육성 표준영농 모형개발. 농업사회발전 연구소

농촌진흥청. 1995. 시설재배지 관수, 관비, 방제 종합시스템의 자동제어장치 개발. 연구보고서

농촌진흥청. 1995. 과수원 생력 약제살포 장치의 개발. 전남대학교. 연구보고서,

농촌진흥청. 1995. 사과해충 종합관리를 위한 기반기술 개발. 연구보고서, 서울대학교.

농촌진흥청. 1998. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간. 농업경영 연구보고 제60호

농협중앙회. 1998. 농협연감-국내농업동향.

안재영, 양영렬, 노현섭. 1996. QBASIC의 이해와 응용. 기전연구사

정창주, 류관희, 김경옥. 1992. 농업동력학. 문운당.

한국농업기계공업협동조합. 1997. 농업기계연감

한국농자재산업협회. 1995. 농업생산자재 총람

Addink, J. W., J. Keller., C. H. Pair., R. E. Sneed. and J. W. Wolfe. 1983. Design and operation of sprinkler systems. p 621-660. In: M. E. Jensen(ed.). Design and operation of farm irrigation systems. ASAE Beltsville, MD.

ASAE Standards, 1998. American Society of Agricultural Engineers

Banks, P. A. and C. C. Dowler. 1986. December. Application efficiency and distribution of several herbicides by center-pivot sprinkler irrigation. The Georgia Agricultural Experiment Stations, College of Agriculture, The University of Georgia. Research Bulletin 343.

Bennett, A. S., D. D. Fangmeier. and E. B. Hundtoft. 1987. By-pass tank system for chemical injection into irrigation pipe. TRANSACTIONS of the ASAE 30(5): 1435-1439.

Brady, U. E., R. Tippins., J. Perry., J. R. Young. and R. D. Wauchope. 1991. Chlorpyrifos exposure of workers entering sweet corn after chemigation. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 46: 343-350.

Brenneman, T. B., H. R. Sumner., L. R. Chandler. J. M. Hammond. and A. K. Culbreath. 1994. Effect of application techniques on performance of propiconazole for peanut disease control. Peanut Science 21: 134-138.

Buschman, L. L., F. R. Lamm, P. E. Sloderbeck, and G. L. Dick. 1985. Chemigation in corn : Effects of nonemulsifiable oils and sprinkler package on the efficacy of corn borer (Lepidoptera:Pyralidae) insecticides. Journal of economic entomology 78(6): 1331-1336.

Buttermore, G. W. and D. E. Eisenhauer. 1989. Calculation of chemical flushing times in center pivot irrigation systems. TRANSACTIONS of the ASAE 32(4): 1193-1196.

Chalfant, R. B. and J. R. Young. 1981. Chemigation to manage insect pests of vegetables: Peanuts and soybeans. p 65-73. In Proceedings in national symposium on chemigation. Tifton, GA.

Chalfant, R. B. and J. R. Young. 1984. Management of insect pests of broccoli, cowpeas, spinach, tomatoes, and peanuts with chemigation by insecticides in oils, and reduction of wand mero virus 2 by chemigated oil. *Journal of economic entomology* 77(5): 1323-1326.

Chalfant R. B. and J. R. Young. 1982. Chemigation, or application of insecticide through overhead sprinkler irrigation systems, to manage insect pests infesting vegetable and agronomic crops. *Journal of economic entomology* 75(2): 237-241.

Chambers, G. V. 1987. The role of orchex 796 in pesticide application. p 23-25. In Proceedings of the International conference on pesticides in tropical agriculture. Kuala Lumpur, Malaysia.

Chandler, L. D., H. R. Sumner. and B. G. Mullinix. 1994. Assessment of irrigation-related insecticide application methods for control of lepidopteran insect pests of sweet corn. *Journal of Economic Entomology*. 87(1): 212-219.

Chandler, L. D. and H. R. Sumner. 1993. Effective use of chemigation technology for managing soybean insect pests, with notes on *geocoris punctipes* (say). *Journal of Agricultural Entomology* 10(2): 125-137.

Cochran, D. L., E. D. Threadgill. and J. R. Young. 1984. Use of center pivot simulator for chemigation research. ASAE Paper No 84-2099. St. Joseph, MI.

Cochran, D. L., E. D. Threadgill. and J. R. Young. 1985. Effects of pressure and sprinkler orifice diameter on oil-formulated insecticides used in chemigation. ASAE Paper No 85-2577. St. Joseph, MI.

Cochran, D. L., H. R. Sumner. and M. C. Smith. 1988. Effects of irrigation mainline characteristics on chemical droplet distribution. ASAE Paper No 88-2621. St. Joseph, MI.

Crutchfield, S. R. December 1990. Cotton agricultural chemical use and farming practices in 1989. USDA-ERS Staff Report AGES 9076.

Culbreath, A. K., T. B. Brenneman., L. D. Chandler. and H. R. Sumner. 1993. Chemigation and ground-spray applications of cyproconazole for control of leaf spot of peanut. *Plant Disease* 77(5): 505-507.

Duke, H. R., D. F. Heermann. and L. J. Dawson. 1992. Appropriate depths of application for scheduling center pivot irrigations. *TRANSACTIONS of the ASAE* 35(5): 1457-1464.

Eisenhauer, D. E. and D. E. Hay. ---- Anti-pollution protection when applying chemicals with irrigation system. Nebiaka Cooperative Extension EC 89-730.

Evans, R. G., S. Han. and M. W. Kroeger. 1995. Spatial distribution and uniformity evaluations for chemigation with center pivots. *TRANSACTIONS of the ASAE* 38(1): 85-92.

Ge, J., D. L. Thomas., C. R. Camp. and E. J. Sadler. 1994. Microsprinkler performance under a moving irrigation system simulator. ASAE Paper No 942168. St. Joseph, MI.

Gilley, J. R. 1985. Drift and runoff hazards. p 20-21. In Proceedings of the chemigation safety conference. Lincoln, NE.

Groselle, D. E., J. R. Stansell. and J. R. Young. 1984. Droplet size of oil formulated insecticides generated in irrigation water during chemigation. ASAE Paper No 84-2098. St. Joseph, MI.

Groselle, D. E., J. R. Stansell. and J. R. Young. 1986. Effects of injection parameters on the droplet size of an oil formulated insecticide during chemigation. TRANSACTIONS of the ASAE 29(4): 1065-1069.

Harrison, K. A. 1982. Factors to consider in selecting an irrigation system. Cooperative Extension service, University of Georgia College of agriculture, Athens. Bulletin 882.

Harrison, K. A. and R. E. Skinner. March 1981. Why use chemigation. Georgia extension service Circular 736.

Harrison, K. and A. Tyson. 1987. Irrigation scheduling methods. Cooperative extension service, The University of Georgia College of Agriculture, Athens. B-974.

Harrison, K. and A. Tyson. 1990. Drip irrigation for pecans. Cooperative extension service, The University of Georgia College of Agriculture, Athens. Bulletin 936.

Harrison, K. and A. Tyson. 1993. Irrigation scheduling methods. Cooperative extension service, The University of Georgia College of Agricultural & Environmental Science, Athens. B-974.

Heermann, D. F., H. R. Duke., A. M. Serafim. and L. J. Dawson. 1992. Distribution functions to represent center-pivot water distribution. TRANSACTIONS of the ASAE 35(5): 1465-1472.

Heermann, D. F. and R. A. Kohl. 1983. Fluid dynamics of sprinkler systems. p 583-618. In: M. E. Jensen(ed.). Design and operation of farm irrigation systems. ASAE Beltsville, MD.

Hermann, G. J., G. M. McMaster. and D. W. Fitzsimmons. 1974. Mixing in sprinkler irrigation systems. TRANSACTIONS of the ASAE -----:1020-1025

Hinds, W. C. 1982. Particle size statistics. p 69-103. In: Aerosol Technology. John Wiley & Sons, Inc. Los Angeles, CA.

Hoffman, G.J., T.A. Howell, K.H. Solomon (eds.) 1992. Management of Farm Irrigation Systems., ASAE Monograph No. 9. American Society of Agricultural Engineers

Jaynes, D. B., R. C. Rice. and D. J. Hunsaker. 1992. Solute transport during chemigation of a level basin. TRANSACTIONS of the ASAE 35(6): 1809-1814.

Jenson, M.E.(ed.) 1983. Design and operation farm irrigation systems, ASAE Monograph No. 3. American Society of Agricultural Engineers

Johnson, A. W., J. R. Young., E. D. Threadgill, C. C. Dowler and D. R. Sumner. 1986. Chemigation for crop production management. Plant Disease 70(11): 998-1004.

Keller, J. and R.D. Bliesner. 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. Chapman & Hall.

Koegelenberg, F. H. 1994. Center-pivot-mounted microsprayer system for pest control. Irrigation journal : 10-12

Kohl, R. A., K. D. Kohl. and D. W. Deboer. 1987. Chemigation drift and volatilization potential. APPLIED ENGINEERING in AGRICULTURE 3(2): 174-177.

Koo, Y. M., H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1992. A theoretical efficacy of insecticide-oil droplets applied via chemigation. ASAE Paper No 92-1064. St. Joseph, MI.

Koo, Y. M., H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1992. Formation of immiscible oil droplets during chemigation I. In-line dispersion. TRANSACTIONS of the ASAE 35(4): 1121-1125.

Koo, Y. M., H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1992. Formation of immiscible oil droplets during chemigation II. Nozzle dispersion and emulsification. TRANSACTIONS of the ASAE 35(4): 1127-1133.

Koo, Y. M., H. R. Sumner. and L. D. Chandler. 1993. Insecticide-oil droplet size effect on fall armyworm larvae control via chemigation. TRANSACTIONS of the ASAE 36(4): 1033-1038.

Kundell, J. E. and L. A. Warner. 1982. Legal aspects of chemigation. p 88-95. In Proceedings in 2nd National symposium on chemigation. RDC-Tifton, GA.

Lee, R. D. 1994. Irrigated corn production in georgia. Cooperative Extension service, The University of Georgia College of agricultural and Environmental Sciences, Athens. Bulletin 891.

Lyle, W. M., E. D. Bynum, Jr., J. P. Bordovsky. and T. L. Archer. 1989. In-canopy chemigation with multifunction LEPA irrigation systems. TRANSACTIONS of the ASAE 32(6): 2009-2014.

Matthews, G.A. Pesticide application methods. 2nd ed. Longamn Scientific and Technical.

Mayo, Z. B. 1984. Influences of rainfall and sprinkler irrigation on the residual activity of insecticides applied to corn for control of adult western corn rootworm(Coleoptera: chrysomelidae). Journal of economic entomology 77(1): 190-193.

Microsoft QuickBASIC 4.0. Reference and Manual book

McDowell, L. L., G. H. Willis., S. Smith. L. M. Southwick. 1985. Insecticide washoff from cotton plants as a function of time between application and rainfall. TRANSACTIONS of the ASAE 28(6): 1896-1900.

McMaster, G. M. and D. R. Douglas. 1976. Fungicide application through sprinkler irrigation systems. TRANSACTIONS of the ASAE 19(6): 1041-1044.

Morgan, L. 1982. Peanuts: Insect control with insecticides applied through irrigation systems. p 54-57. In Proceedings in 2nd National symposium on chemigation. RDC-Tifton, GA.

Mulliner, H. R., L. R. Robison. and P. E. Fischbach. 19xx. Irrigate and control weeds in a single operation. Nebraska extension service QR 8-72.

New. L. L., H. W. Kaufman, T. Lee., B. W. Bean., S. H. Amosson., W. P. Morrison., D. McWilliams., C. D. Patrick., G. Fipps., M. G. Hickey. and J. Sweeten. 1990. Chemigation workbook. Texas agricultural extension service. B-1652

Peterson, D. L. and H. W. Hogmire. 1994. Tunnel sprayer for dwarf fruit trees. TRANSACTIONS of the ASAE 37(3): 709-715.

Pitre, H. N. 1986. Chemical control of the fall armyworm(*lepidoptera: noctuidae*): an update. Florida Entomologist 69(3): 570-578.

Portree, J.(eds.) 1996. Greenhouse vegetable production guide. Province of British Columbia. Ministry of agriculture. Fisheries and Food.

Raun, E. S. May-June 1979. Pest management using center pivots. IA:17-18

Siemens, M. C. and W. E. Coates. 1996. Control system for the mobile truss of a cable drawn farming system. ASAE Paper No 961101. St. Joseph, MI.

Silveira, R. C. M., D. J. Hills. and, W. E. Yates. 1987. Insecticide oil distribution pattern from a linear move spray head. TRANSACTIONS of the ASAE 30(2): 438-441.

Skinner R. E. 1976. Tensiometers & electrical resistance meters for scheduling irrigation. Cooperative extension service, The University of Georgia College of Agriculture. Bulletin 798.

Stone, K. C., J. R. Stansell. and J. R. Young. 1985. Insecticide distribution through an irrigated plant canopy. ASAE Paper No SER 84-209. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R., R. D. Wauchope., C. C. Truman., C. C. Dowler. and J. E. Hook. 1992. A rainfall simulator and plot design for mesoplot runoff studies. ASAE Paper No 922629. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R., C. C. Dowler. and P. M. Garvey. 1994. Chemigation and pass for pesticide applications. ASAE Paper No 941596. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R., E. D. Threadgill., J. R. Young. and D. L. Cochran. 1989. Irrigation system simulator for small plot chemigation research. APPLIED ENGINEERING in AGRICULTURE 5(1): 35-3

Sumner, H. R., G. A. Herzog. and L. D. Chandler. 1991. A direct injection sprayer for application of oil-formulated pesticides. ASAE Paper No 911055. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R., L. F. Bouse. and J. R. Young. 1991. Oil-formulated pesticide droplet size distribution in chemigation. ASAE Paper No 911056. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R., P. M. Garvey., D. F. Heermann. and L. D. Chandler. 1994. Center pivot irrigation attached sprayer. ASAE Paper No 941028. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R., R. B. Chalfant. and D. Cochran. 1991. Influence of chemigation parameters on fall armyworm control in field corn. Florida Entomologist 74(2): 280-287.

Sumner, H. R. 1996. Tractor mounted irrigation system simulator for chemigation research. ASAE Paper No 962040. St. Joseph, MI.

Sumner, H. R. and D. L. Cochran. 1988. Collecting oil-formulated pesticide droplets from chemigation sprinklers. ASAE Paper No 88-2622. St. Joseph, MI.

Sumner, P. E., W. E. Seigler., K. A. Harrison., A. W. Tyson. and B. Tyson. 1989. Agricultural pesticide application equipment. Cooperative extension service, The University of Georgia College of Agriculture, Athens. Bulletin 1017.

Supalla, R. J. 1985. Economics of chemigation. p 51-53. In Proceedings of the chemigation safety conference. Lincoln, NE.

Thomson, S. J. and E. D. Threadgill. 1988. Microcomputer based controller for flow regulation of a chemigation pump. APPLIED ENGINEERING in AGRICULTURE 4(4): 356-359.

Threadgill, E. D. 1985. Chemical injection equipment. p 9-11. In Proceedings of the chemigation safety conference. Lincoln, NE.

Threadgill, E. D. 1985. Chemigation via sprinkler irrigation: Current status and future development. APPLIED ENGINEERING in AGRICULTURE 1(1): 16-23.

Truman, C. C., H. F. Perkins., L. E. Asmussen. and H. D. Allison. 1988. Some applications of ground-penetrating radar in the southern coastal plains region of Georgia. The Georgia Agricultural Experiment Stations College of Agriculture, The University of Georgia. Research Bulletin 362.

Tuner, J. H., C. L. Anderson., G. W. Smith. and J. E. Wren. (eds.) 1971. Planning for an irrigation system.. American Association for Vocational Instructional Materials. Soil Conservation Service United States Department of Agriculture.

Turner, S. A. December 1991. Chemigation. Ag-pilot international. p 54-56.

Tyson. A. and K. Harrison. 1995. Irrigation for lawns & gardens. Cooperative Extension service. University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. Athens. Bulletin 894.

Van der Gulik, T. W., Sie Tan Chieng., and F. J. Smith. 1986. B.C. Agricultural drainage manual. The B.C. Ministry of Agriculture and Food. Agricultural Engineering Branch.

Van der Gulik, T. W. 1987. B.C. Trickle irrigation manual. The B.C. Ministry of Agriculture and Fisheries. Agricultural Engineering Branch.

Van der Gulik, T. W. 1989. B.C. Sprinkler irrigation manual. The irrigation industry association of British Columbia.

Van der Gulik, T. W. 1993. Chemigation : Guidelines for British Columbia. The B.C. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Soils and Engineering Branch.

Weihing, W. J. and D. E. Eisenhauer. 1991. Methodology for risk analysis of chemigation. TRANSACTIONS of the ASAE 34(5): 2021-2030.

White, J. G. 1986(winter). Odds and ends irrigation. Irrigation Age : 46-47.

Whitney, J. and M. Salyani. 1991. Deposition characteristics of two air-carrier sprayers in citrus trees. TRANSACTIONS of the ASAE 34(1): 47-50.

Wilmes, G. J., D. L. Martin. and R. J. Supalla. 1993. Decision support system for design of center pivots. TRANSACTIONS of the ASAE 37(1): 165-175.

Wilson, E.L. and A. Habibullah. 1989. SAP90 Manual. Computer & Structures, Inc. Univ. of California at Berkeley.

Witkowski, J. F. 1985. Calibration. p 16-19. In Proceedings of the chemigation safety conference. Lincoln, NE.

Wyman, J. A. and J. F. Walgenbach. 1984. Extension's role in chemigation: Chemigation trials for control of potato pests in wisconsin. p 19-23. In Proceedings in National Entomological society meetings. San Antonio, TX.

Young, J. R., R. B. Chalfant. and G. A. Herzog. 1984. Role of formulations in the application of insecticides through irrigation systems. p 2-12. Proceedings in national entomological society meetings. San Antonio, TX.

Young, J. R., T. C. Keisling. and J. R. Stansell. 1981. Insecticide application with sprinkler irrigation systems. TRANSACTIONS of the ASAE 24(1): 120-123.

Young, J. R. 1981. Chemigation: Insecticides applied in irrigation water for control of the corn earworm and fall armyworm in sweet and field corn. p 56-64. In Proceedings in National symposium on chemigation. Tifton, GA.

Young, J. R. 1982. Corn and sorghum: Insect control with insecticides applied through irrigation systems. p 36-40. In Proceedings in 2nd national symposium on chemigation. Tifton, GA.

Young, J. R. 1985. Safe chemigation of insecticides. p 41-43. In proceedings of the chemigation safety conference. Lincoln, NE.

Young, J. R. 1986. Fall armyworm(lepidoptera: noctuidae) control through chemigation: an update. Florida Entomologist 69(3): 593-599.

Young, J. R. and G. A. Herzog. 1987. Foliar spray application techniques for the management of heliothis species. Southern cooperative Series Bulletin # 329 : 2-6.

부 록

I. 기지부 계측제어 프로그램

```
REM PROGRAM BASE.BAS
REM QuickBASIC PROGRAM FOR BASE STATION, RF MODEM + 21X

ON ERROR GOTO HANDLER
KEY(1) ON
ON KEY(1) GOSUB KEY1
DIM Data21X(20)
FORM1$ = " TEMP: ###.# 'C    RH : ###.# %    WDIR: ###.# deg
FORM2$ = " RAD.: ####.# W/m2    WSPD: ###.## m/s    RAIN: ###.## mm
FORM3$ = " SOIL MOIST. (kHz): #.### #.### #.### #.### "
ODSP% = 1: DAYRAIN = 0
CLS
DO
  D1% = NOT INP(&H232) AND &H1 ' DECIMAL VALUE OF SWITCH 1 ON TDR BOX
  IF D1% <> 0 THEN
    LOCATE 5, 2: PRINT " SWITCH 1 ON THE TDR SENSOR WIRING BOX IS 'ON
    LOCATE 6, 2: PRINT "          SWITCH IT OFF TO CONTINUE "
  ELSE
    EXIT DO
  END IF
LOOP
CLS
GOSUB SETTELECOM21X
  REM OPEN FILE FOR WEATHER DATA
  D$ = DATE$
  MONTH$ = LEFT$(D$, 2)
  DAY$ = MID$(D$, 4, 2)
  OUTFILE$ = "C:\QB45\CHEMIGAT\WT" + MONTH$ + DAY$ + ".DAT"
  LOCATE 4, 2: PRINT "FILE <" : OUTFILE$ : "> OPEN FOR WEATHER DATA
  OPEN OUTFILE$ FOR APPEND AS #2
  REM INITIALIZE DAILY RAINFALL TO ZERO MM
  DAYRAIN = 0
  PRINT #2, DATE$
```

```

DO
DI% = (NOT INP(&H232)) AND &H1      ' SWITCH VALUE
IF DI% = 0 THEN                      ' SWITCH 0
  IF OD1% = 0 THEN                  ' SWITCH 0 -> 0
    GOSUB GET21XDATA
  ELSEIF OD1% = 1 THEN              ' SWITCH 1 -> 0
    CLOSE #4
    PRINT "CLOSING DATA FILE "
    PRINT
    FOR I% = 1 TO 100: FOR J% = 1 TO 10000: NEXT J%: NEXT I%
    CLS
    CLOSE #3      ' COM2 PORT (RF MODEM) CLOSED
    D$ = DATE$
    MONTH$ = LEFT$(D$, 2)
    DAY$ = MID$(D$, 4, 2)
    OUTFILE$ = "C:\QB45\CHEMIGAT\WT" + MONTH$ + DAY$ + ".DAT"
    OPEN OUTFILE$ FOR APPEND AS #2
    PRINT "FILE <"; OUTFILE$; "> OPEN AS APPEND FOR 21X DATA "
    GOSUB SETTELECOM21X      ' ESTABLISH TELECOMMUNICATION FOR 21X
  END IF
ELSEIF DI% = 1 THEN                  ' SWITCH 1
  IF OD1% = 0 THEN                  ' SWITCH 0-> 1
    CLOSE #1      ' CLOSE COM1 PORT (21X)
    CLOSE #2      ' CLOSE WEATHER DATA FILE
    CLS
    LOCATE 2, 2: PRINT "SWITCH STDR1 IS ON"
    LOCATE 4, 2: PRINT "  OPEN COM2: FOR RF MODEM"
    REM OPEN COMMUNICATION PORT FOR RF MODEM
    OPEN "COM2:2400,N,8,1,BIN,CDO,CSO,DSO,OP0,RS,TB2048,RB2048" FOR RANDOM
      AS #3
    REM TURN RTS(REQUEST TO SEND) OFF
    OUT &H2FC, (INP(&H2FC) AND &HFD)
    REM OPEN DATA FILE FOR RF MODEM
    OFILE$ = "C:\QB45\CHEMIGAT\B" + MID$(DATE$, 1, 2) + MID$(DATE$, 4, 2) +
      MID$(TIME$, 1, 2) + MID$(TIME$, 4, 1) + ".DAT"
    LOCATE 12, 2: PRINT " FILE <"; OFILE$; "> OPEN FOR RF MODEM DATA "
    OPEN OFILE$ FOR APPEND AS #4
  ELSEIF OD1% = 1 THEN              ' SWITCH 1-> 1
    GOSUB RFMODEM
  END IF
END IF
OD1% = DI%
LOOP

```

```

RFMODEM:
IF LOC(3) > 34 THEN
  A$ = " "
  LINE INPUT #3, A$
  IF MID$(A$, 1, 1) = "R" OR MID$(A$, 2, 1) = "F" THEN
    A$ = RIGHT$(A$, LEN(A$) - 2)
    PRINT "DATA RECEIVED: "; A$
    PRINT #4, A$
  END IF
END IF
RETURN

```

```

SETTELECOM21X:
REM OPEN COMMUNICATION FOR 21X
REOPEN:
CLOSE #1
OPEN "COM1:9600,N,8,1,ASC" FOR RANDOM AS #1
TRY% = 0
REPEAT:
  DO UNTIL LOC(1) <> 0
  CR$ = CHR$(13) ' CARRIAGE RETURN
  PRINT #1, CR$
  REM FOR I = 1 TO 20000: NEXT I
  TRY% = TRY% + 1
  FOR I% = 1 TO 20000: NEXT I% ' PAUSE
  LOCATE 2, 2: PRINT "TRYING TO ESTABLISH TELECOMMUNICATIONS "; TRY%; " TIMES
  IF TRY% >= 200 THEN GOTO REOPEN
  LOOP
  REM WAIT UNTIL 21X RESPONDS BY SENDING '*' TO INDICATE READY TO RESPOND
  DO
  From21X$ = INPUT$(LOC(1), 1)
  R$ = RIGHT$(From21X$, 1)
  LOOP UNTIL R$ = "*"
  LOCATE 3, 2: PRINT "21X READY"
RETURN

```

```

GET21XDATA:
D$ = INPUT$(LOC(1), 1)
PRINT #1, "A"
D$ = ""

```

```

DO
FOR I% = 1 TO 10000: NEXT I%
D$ = D$ + INPUT$(LOC(1), 1)
LOOP UNTIL RIGHT$(D$, 1) = "*"
DSP% = VAL(MID$(D$, 7, 6))
FSL% = VAL(MID$(D$, 16, 6))
MPTR% = VAL(MID$(D$, 43, 6))
DUMMY% = NOT (DUMMY%)
LOCATE 21, 2: PRINT "DSP% = "; DSP%; " ODSP% = "; ODSP%; " "; DUMMY% + 1
IF DSP% <> ODSP% THEN
NumData% = 16.
ODSP% = DSP%
LOCATE 20, 2: PRINT "<21X MEMORY ACCESS STATUS>          "
LOCATE 22, 2: PRINT " FSL = "; FSL%; " MPTR = "; MPTR%
REM MOVE MPTR TO THE FINAL STORAE LOCATION
IF (NumData% MOD 16) <> 0 THEN
DAYOVER% = 1 ' DAYILY MAXIMUM AND MINIMUM VALUES ARE INCLUDED
ELSE
DAYOVER% = 0 ' NOT INCLUDED
END IF
PRINT #1, RTRIM$(LTRIM$(STR$(DSP% - NumData%))); "G"
D$ = ""
DO
FOR I = 1 TO 20000: NEXT I
LOOP UNTIL LOC(1) <> 0
D$ = INPUT$(LOC(1), 1)
DO
FOR I% = 1 TO 1000: NEXT I%
D$ = D$ + INPUT$(LOC(1), 1)
LOOP UNTIL RIGHT$(D$, 1) = "*"
PRINT #1, RTRIM$(LTRIM$(STR$(NumData%))); "F"
FOR J% = 1 TO 100: FOR I% = 1 TO 3000: NEXT I%: NEXT J%
DO
FOR I% = 1 TO 20000: NEXT I%
LOOP UNTIL LOC(1) <> 0
D$ = INPUT$(LOC(1), 1)
IF MID$(D$, 3, 1) = "F" THEN
ArrayID% = ASC(MID$(D$, 7, 1))
Time1$ = LTRIM$(RIGHT$(STR$(ASC(MID$(D$, 8, 1))), 1))
IF Time1$ = " " THEN Time1$ = "0"
Time2$ = LTRIM$(STR$(ASC(MID$(D$, 9, 1))))

```

```

IF LEN(Time2$) = 0 THEN
    Time2$ = "000"
ELSEIF LEN(Time2$) = 1 THEN
    Time2$ = "00" + Time2$
ELSEIF LEN(Time2$) = 2 THEN
    Time2$ = "0" + Time2$
END IF
Time1% = VAL(Time1$)
Time2% = VAL(Time2$)
DataTime% = Time1% * 256 + Time2%
LOCATE 9, 15: PRINT "ArrayID = "; ArrayID%; "    DateTime = "; DateTime%
    FOR IJ% = 1 TO 14
        SignBit = ASC(MID$(D$, 8 + IJ% * 2, 1)) AND &H80
        MSByte = ASC(MID$(D$, 8 + IJ% * 2, 1)) AND &H1F
        LSByte = ASC(MID$(D$, 9 + IJ% * 2, 1))
        DecimalPoint = (ASC(MID$(D$, 8 + IJ% * 2, 1)) AND &H60) / 32
        Data21X(IJ%) = (MSByte * 256 + LSByte) / (10 ^ DecimalPoint)
        IF SignBit <> 0 THEN Data21X(IJ%) = -Data21X(IJ%)
    NEXT IJ%
ELSE
PRINT " DATA FAULT AT MPTR = "; MPTR%
END IF
    ' end of if block 1
DAYRAIN = DAYRAIN + Data21X(14)
LOCATE 11, 10: PRINT USING FORM1$: Data21X(1); Data21X(2); Data21X(3)
LOCATE 12, 10: PRINT USING FORM2$: Data21X(4); Data21X(5); Data21X(14)
LOCATE 13, 10: PRINT USING FORM3$: Data21X(6); Data21X(7); Data21X(8)
Data21X(9)
LOCATE 15, 10: PRINT USING " DAILY RAINFALL: ###.## mm    "; DAYRAIN
PRINT #2, USING "####": DateTime%;
    FOR IJ% = 1 TO 9
        PRINT #2, Data21X(IJ%); " ";
    NEXT IJ%
PRINT #2, Data21X(14)
PRINT
    IF DateTime% = 0 THEN
        PRINT #2, "DAILY RAINFALL: ", DAYRAIN
        CLOSE #2
        FOR I2% = 1 TO 10: FOR I3% = 1 TO 10000: NEXT I3%: NEXT I2%
        D$ = DATE$
        MONTH$ = LEFT$(D$, 2)
        DAY$ = MID$(D$, 4, 2)
        OUTFILES$ = "C:\QB45\CHEMIGAT\WT" + MONTH$ + DAY$ + ".DAT"
        OPEN OUTFILES$ FOR APPEND AS #2
    
```

```

    REM INITIALIZE DAILY RAINFALL TO ZERO MM
    DAYRAIN = 0
    PRINT #2, DATE$
    END IF
END IF
RETURN

HANDLER:
RESUME

KEY1:
DO
    D12% = INP(&H232) AND &H4
    LOOP UNTIL D12% = 4 ' WAIT UNTIL DCD TURNS OFF
    REM TURN RTS ON TO SEND EMERGENCY STOP MESSAGE
    PRINT
    PRINT "TURN RTS ON"
    PRINT
    OUT &H2FC, (INP(&H2FC) OR 2)
    FOR I% = 1 TO 10000: FOR J% = 1 TO 100: NEXT J%: NEXT I%
    PRINT "SENDING EMERGENCY STOP MESSAGE"
    FOR I% = 1 TO 100
    PRINT #3, "STOP STOP"
    PRINT "STOP "; I%
    FOR J% = 1 TO 30000: NEXT J%
    NEXT I%
    CLOSE      ' CLOSE ALL FILES
    STOP      ' STOP PROGRAM EXECUTION
END

```

II. 기상관측 데이터로거 계측 프로그램

측정 간격: 10초

저장: 30분간 평균, 일 최고, 일 최저, 강우량 누계

*A Change memory allocation
A 96 Increase the intermediate storage to 96 locations (384 bytes)
A

*1 Enter Program Table 1
A
01: 10 10 second execution interval
A

---- Data input program

01: P11 Temp 107 Probe (대기 온도)
01: 1 Reps
02: 2 SE ch. (1L)
03: 3 Excit. ch.
04: 2 LOC. Air Temp., °C
05: 1 Mult
06: 0 Offset

02: P4 --- Excite, delay, SE input (대기 상대습도)
01: 1 Reps
02: 5 ±5000 mV slow range (16.67 ms integration time)
03: 3 SE ch. (2H)
04: 2 Excit. ch.
05: 15 delay (0.01 × 15 = 0.15 sec)
06: 5000 5000 mV excitation
07: 3 LOC., RH, %
08: 0.1 Mult
09: 0 Offset

03: P4 --- Excite, delay, SE input (풍향)
01: 1 Reps
02: 15 ±5000 mV fast range (250 μs integration time)
03: 4 SE ch. (2L)
04: 1 Excit. ch.
05: 2 delay (0.01 × 2 = 0.02 sec)
06: 1000 1000 mV excitation
07: 4 LOC., 풍향
08: 0.7157 Mult = 360/503 (full-scale input for the excitation voltage)
09: 0 Offset

04: P2 --- Voltage input (Differential), 일사량
01: 1 Reps
02: 2 ±15 mV slow range
03: 3 Diff. ch.
04: 5 LOC (일사량, W/m²)
05: 200 Mult
06: 0 Offset

05: P3 --- Pulse (풍속)
01: 1 Reps
02: 1 Pulse input ch.
03: 2 Config. -- switch closure
04: 6 LOC (풍속, m/s)
05: 0.08 Mult = 0.8/T, T: execution interval (sec)
06: 0.447 Offset

06: P3 --- Pulse (강우량)
01: 1 Reps
02: 2 Pulse input ch.
03: 2 Config. -- switch closure
04: 15 LOC (강우량, mm)
05: 0.1 Mult: 0.1 for metric TE525 model, 0.254 for standard model
06: 0 Offset

07:P101 --- SDM-INT8 (토양 습도 TDR)
01: 00 ADDR
02: 2222 Config. 8765: Low level, rising edge
03: 2222 Config. 4321: "
04: 2222 Function 8765: frequency, kHz
05: 2222 Function 4321: "
06: 0 Average over execution interval
07: 7 LOC. (7 - 14), kHz
08: 1 Mult
09: 0 Offset

----- Program control instruction (average)
08:P92 If time
01: 0 0 minutes into the interval
02: 30 30 minute interval
03: 10 Set output flag (flag 0)

----- Output processing instruction
09:P77 Output time
01: 10 Store hour and minute

10:P71 Average
 01: 13 Repetition (LOC. 2 - 14)
 02: 2 Starting input storage number

11:P72 Totalize
 01: 1 Rep
 02: 15 LOC. RAIN

----- Program control instruction (daily maximum and minimum)

12:P92 If time
 01: 0 0 minutes into the interval
 02: 1440 1440 minutes (24 hrs) interval
 03: 10 Set output flag (flag 0)

----- Output processing instruction

13:P77 Output time
 01: 110 Store day, hour, and minute

14:P73 Maximize
 01: 14 Repetition (LOC 2-15)
 02: 10 Output time
 03: 2 Starting input storage number

15:P74 Minimize
 01: 14 Repetition
 02: 10 Output time
 03: 2 Starting input storage number

*0 Compile program table 1 and commence logging data

III. 주행부 계측제어 프로그램

```
REM PROGRAM REMOTE.BAS
REM QuickBASIC PROGRAM FOR LINEAR MOVE

DECLARE SUB SetADC ()
DECLARE SUB ReadADC (VALUE!())
DECLARE SUB ReadDIO (DI%)
DECLARE SUB SetCounter ()
DECLARE SUB ReadCounter (PERIOD!())
DECLARE SUB AX5218 (FUN AS INTEGER, SEG ARRAY AS INTEGER, FLAG AS INTEGER)
DECLARE SUB AX5622 (FUN AS INTEGER, SEG ARRAY AS INTEGER, FLAG AS INTEGER)
CLS
ON ERROR GOTO handler
DI% = 0: ODI% = 0: NDATA% = 0
MAXDATA% = 1500: SENTPTR% = 0
DIM SHARED DIO%(16), CDIO%(10), PERIOD(6), VALUE!(16), GAIN%(16)
DIM COUNTER(1 TO 4, MAXDATA%), AD(0 TO 2, MAXDATA%)
CALL SetADC ' INITIALIZE A/D CONVERTER
CALL SetCounter ' INITIALIZE TIMER/COUNTER
FORM1$ = "DIGITAL INPUT: ###"
FORM2$ = "COUNTER 1 LEADING TOWER PULSE PERIOD: ###.### SEC"
FORM3$ = "2 TRACTOR TOWER PULSE PERIOD: ###.### SEC"
FORM4$ = "3 FLOW VELOCITY PULSE PERIOD: ##.### SEC"
FORM5$ = "4 ENGINE SPEED PULSE PERIOD:##.##### SEC"
FORM6$ = "5 ##.#### SEC"
FORM7$ = "A/D CH. 0 LEADING TOWER PRESSURE: ##.### VOLT, ###.## PSI"
FORM8$ = "1 TRACTOR TOWER PRESSURE: ##.### VOLT, ###.## PSI"
FORM9$ = "2 GUIDANCE LVDT: ###.### VOLT, ###.### MM"
FORM10$ = "3 TORQUE TRANSDUCER: ###.### VOLT"
FORM11$ = "4 ###.### VOLT"
FORM12$ = "5 ###.### VOLT"
SENDFORM1$ = "RF #### #.### #.### #.### #.### #.#####"
SENDFORM2$ = "RF #### ####.#.####.#.####.#"
SENDFORM3$ = "#### #.### #.### #.### #.### #.#####"
SENDFORM4$ = "#### ####.#.####.#.####.#"
REM CHECK SWITCH STATUS
```

```

DO
  CALL ReadDIO(D1%)
  IF D1% <> 0 THEN
    LOCATE 3, 2: PRINT "SWITCH ON THE PANEL IS ON"
    LOCATE 4, 2: PRINT "      TURN IT OFF"
  ELSE
    EXIT DO
  END IF
LOOP
REM TURN ON THE FIRST PILOT LAMP
OUT &H303, &H1
DO
CALL ReadDIO(D1%)
IF D1% = 0 THEN
  IF OD1% = 0 THEN      ' SWITCH 0 -> 0
    REM WAIT UNTIL SWITCH RMT1 ON
    LOCATE 6, 2: PRINT "WAITING UNTIL SWITCH RMT1 TURNS ON"
  ELSE                  ' SWITCH 1 -> 0
    CLS
    REM TURN ON THE FIRST THREE PILOT LAMPS
    OUT &H303, &H7
    IF NDATA% > 0 THEN
      PRINT "SAVING DATA FILE ON DRIVE A:"
      FOR I% = 1 TO NDATA%
        PRINT #2, USING SENDFORM3$: I%: COUNTER(1, I%); COUNTER(2, I%);
          COUNTER(3, I%); COUNTER(4, I%)
        PRINT #2, USING SENDFORM4$: I%: AD(0, I%); AD(1, I%); AD(2, I%)
      NEXT I%
      NDATA% = 0
      SENTPTR% = 0
    END IF
    TIMER STOP
    CLOSE
    REM WAIT A WHILE
    FOR I% = 1 TO 10000: FOR J% = 1 TO 1000: NEXT J%: NEXT I%
    REM TURN THE SECOND AND THIRD PILOT LAMPS OFF
    OUT &H303, &H1
    LOCATE 19, 2: PRINT "DATA FILE CLOSED"
    LOCATE 21, 2: PRINT "TIMER STOP"
  END IF
END IF

```

```

ELSEIF DI% = 1 THEN
  IF OD1% = 0 THEN 'SWITCH 0 -> 1
    CLS
    LOCATE 1, 2: PRINT "SWITCH SRMT1 IS ON"
    REM TURN ON THE FIRST AND SECOND PILOT LAMPS
    OUT &H303, &H3
    REM OPEN COMMUNICATION PORT FOR WIRELESS MODEM
    OPEN "COM1:2400,N,8,1,BIN,CDO,CSO,DSO,OPD,RS,TB2048,RB2048" FOR RANDOM
      AS #1
    FOR I% = 1 TO 10000: FOR J% = 1 TO 100: NEXT J%: NEXT I%
    REM TURN RTS OFF
    OUT &H3FC, (INP(&H3FC) AND &HFD)
    REM OPEN DATA FILE ON DISK DRIVE A:
    OFILE$ = "A:" + MID$(DATE$, 1, 2) + MID$(DATE$, 4, 2) + MID$(TIME$, 1, 2) +
      MID$(TIME$, 4, 1) + ".DAT"
    OPEN OFILE$ FOR APPEND AS #2
    LOCATE 2, 2: PRINT "FILE: "; OFILE$: " OPEN"
    REM TURN TIMER ON AND START DATA ACQUISITION
    TIMER ON
    ON TIMER(1) GOSUB GETDATA
  ELSEIF OD1% = 1 THEN 'SWITCH 1 -> 1
    IF NDATA% >= MAXDATA% THEN EXIT DO
    REM SEND DATA
    IF NDATA% > SENTPTR% + 4 THEN ' SENTPTR% = POINTER FOR LAST DATA SENT
      REM TURN RTS ON
      OUT &H3FC, (INP(&H3FC) OR 2)
      PRINT #1, "  HEADER"
      DO
        SENTPTR% = SENTPTR% + 1
        LOCATE 19, 2: PRINT "SEND DATA SET NUMBER: "; SENTPTR%; " "
        PRINT #1, USING SENDFORM1$: SENTPTR%; COUNTER(1, SENTPTR%);
          COUNTER(2, SENTPTR%); COUNTER(3, SENTPTR%); COUNTER(4, SENTPTR%)
        PRINT #1, USING SENDFORM2$: SENTPTR%; AD(0, SENTPTR%);
          AD(1, SENTPTR%); AD(2, SENTPTR%)
      LOOP UNTIL SENTPTR% = NDATA%
      REM TURN RTS OFF
      DO
        LOOP UNTIL LOF(1) = 2048
      FOR I% = 1 TO 10000: FOR J% = 1 TO 10: NEXT J%: NEXT I%
    END IF

```

```

OUT &H3FC, (INP(&H3FC) AND &HFD)
REM CHECK COM(1) INPUT BUFFER FOR EMERGENCY STOP MESSAGE FROM BASE
IF LOC(1) > 0 THEN
  LENBUFF% = LOC(1)
  A$ = " "
  A$ = INPUT$(LENBUFF%, #1)
  FOR I% = 1 TO LENBUFF% - 3
    IF MID$(A$, I%, 4) = "STOP" THEN
      TIMER OFF
      BEEP: BEEP: BEEP: BEEP
      PRINT "***** EMERGENCY STOP *****"
      REM WRITE 1 AT DIGITAL OUTPUT PORT, CH. 3 TO STOP ENGINE
      OUT &H303, (INP(&H303) OR &H8)
      FOR J% = 1 TO 10000: FOR K% = 1 TO 100: NEXT K%: NEXT J%
      REM RESET DIGITAL OUTPUT CH. 3
      OUT &H303, (INP(&H303) AND &HF7)
      STOP
    END IF
  NEXT I%
END IF
END IF
END IF
OD1% = DI%
LOOP
PRINT " DATA SET NUMBER EXCEEDED "; MAXDATA%
PRINT
PRINT " PROGRAM STOP"
PRINT
PRINT " TURN SWITCHES OFF AND REDO FROM START"
TIMER OFF
CLOSE
END

GETDATA:
NDATA% = NDATA% + 1
LOCATE 2, 2: PRINT "DATA SET NUMBER: "; NDATA%; " "
LOCATE 3, 2: PRINT " TIME: "; TIME$
CALL ReadCounter(PERIOD())
COUNTER(1, NDATA%) = PERIOD(1)
COUNTER(2, NDATA%) = PERIOD(2)
COUNTER(3, NDATA%) = PERIOD(3)
COUNTER(4, NDATA%) = PERIOD(4)

```

```

LOCATE 6, 2: PRINT USING FORM2$: COUNTER(1, NDATA%)
LOCATE 7, 2: PRINT USING FORM3$: COUNTER(2, NDATA%)
LOCATE 8, 2: PRINT USING FORM4$: COUNTER(3, NDATA%)
LOCATE 9, 2: PRINT USING FORM5$: COUNTER(4, NDATA%)
CALL ReadADC(VALUE!())
AD(0, NDATA%) = VALUE!(0) * 25! - 25
AD(1, NDATA%) = VALUE!(1) * 25! - 25
AD(2, NDATA%) = VALUE!(2) / .072
LOCATE 12, 2: PRINT USING FORM7$: VALUE!(0); AD(0, NDATA%)
LOCATE 13, 2: PRINT USING FORM8$: VALUE!(1); AD(1, NDATA%)
LOCATE 14, 2: PRINT USING FORM9$: VALUE!(2); AD(2, NDATA%)
RETURN

```

```

SUB ReadADC (VALUE!())
  WHILE (1)
    FUN% = 4 'software trigger single A/D CONVERSION
    CALL AX5622(FUN%, D10%(0), FLAG%)
    IF FLAG% <> 0 THEN PRINT "FUNCTION 4 OF AX5622 FAILED, FLAF% = "; FLAG%
    IF D10%(0) < 0 THEN ' D10%(0) : A/D DATA RETURNED
      RVALUE! = (20! / 65535!) * (D10%(0) + 32768)
    ELSE
      RVALUE! = (20! / 65535!) * D10%(0) - 10!
    END IF
    IF D10%(2) = 0 THEN ' D10%(2) = GAIN CODE
      CHGAIN = 1 ' CHGAIN = GAIN VALUE
    ELSEIF D10%(2) = 1 THEN
      CHGAIN = 2
    ELSEIF D10%(2) = 2 THEN
      CHGAIN = 4
    ELSE
      CHGAIN = 8
    END IF
    VALUE!(D10%(1)) = RVALUE! / CHGAIN ' D10%(1) = CHANNEL NUMBER
    FUN% = 2 'GET A/D NEXT CH. NUMBER AND GAIN CODE
    CALL AX5622(FUN%, D10%(0), FLAG%)
    IF FLAG% <> 0 THEN PRINT "FUNCTION 2 OF AX5622 FAILED, FLAG% = "; FLAG%
    NEXTCH% = D10%(0) ' NEXT A/D CH.
    IF NEXTCH% = 0 THEN GOTO STOP1
  WEND
STOP1:
END SUB

```

```

SUB ReadCounter (PERIOD())
DIM COUNT%(6)
  REM MEASURE PULSE PERIOD
  FUN% = 4          ' FUNCTION 4
  CD10%(0) = 1     ' counter 1
  CD10%(1) = 2     ' 2ND Am9513
  CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " FUNCTION 4 COUNTER 1 CALL ERROR "
  COUNT%(1) = 32000 - CD10%(0)    ' COUNT OF 10kHz PULSE (HIGH LEVEL)
  CD10%(0) = 2          ' counter 2
  CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " FUNCTION 4 COUNTER 2 CALL ERROR "
  COUNT%(2) = 32000 - CD10%(0)    ' COUNT OF 10kHz PULSE (HIGH LEVEL)
  CD10%(0) = 3          ' counter 3
  CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " FUNCTION 4 COUNTER 3 CALL ERROR "
  COUNT%(3) = 32000 - CD10%(0)    ' COUNT OF 10kHz PULSE (HIGH LEVEL)
  CD10%(0) = 4          ' counter 4
  CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " FUNCTION 4 COUNTER 4 CALL ERROR "
  COUNT%(4) = 32000 - CD10%(0)    ' COUNT OF 10kHz PULSE (HIGH LEVEL)
  FOR I% = 1 TO 3
    PERIOD(I%) = COUNT%(I%) * .001 ' PULSE PERIOD IN SECONDS
  NEXT I%
  PERIOD(4) = COUNT%(4) * .000001
  FUN% = 5          ' SET COUNTER CONTROL COMMAND, FUNCTION 5
  CD10%(0) = 1     ' ARM COMMAND
  CD10%(1) = 1     ' SELECT COUNTER 1
  CD10%(2) = 1     '           2
  CD10%(3) = 1     '           3
  CD10%(4) = 1     ' SELECT COUNTER 4
  CD10%(5) = 0     ' DO NOT SELECT COUNTER 5
  CD10%(6) = 2     ' 2ND AM9513
  CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " ARM COUNTER 1 THROUGH 5 ERROR "
END SUB

SUB ReadDIO (DI%)
FUN% = 14 ' READ DIGITAL INPUT CHANNELS
CALL AX5622(FUN%, DIO%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " FUNCTION 14 OF AX5622 FAILED, FLAG% = "; FLAG%
DI% = (NOT DIO%(0)) AND (&H3) ' CONVERT TO 1 = SWITCH ON, 0 = SWITCH OFF
END SUB

```

SUB SetADC

REM SUBROUTINE TO INITIALIZE A/D CHANNELS AND TO SET GAIN FOR EACH CH
INDIVIDU.

IOPORT% = &H300

REM INITIALIZE AX5622

FLAG% = 0 ' ERROR CODE
FUN% = 0 ' Initial
DIO%(0) = IOPORT% ' IO port ADDRESS
DIO%(1) = 5 ' IRQ NO. (DEFAULT)
DIO%(2) = 3 ' DMA CHANNEL (DEFAULT)

CALL AX5622(FUN%, DIO%(0), FLAG%)

IF FLAG% <> 0 THEN

PRINT "FUNCTION 0 OF AX5622B FAILED, FLAG% = "; FLAG%
STOP

END IF

REM A/D DEFAULTS ARE: BIPOLAR, SINGLE-ENDED (16 CH.)

REM SET START AND STOP CHANNELS TO 0 AND 5, RESPECTIVELY

STR% = 0 ' START CH.

STP% = 5 ' STOP CH.

FUN% = 1 ' Set channel function
DIO%(0) = STR% ' Start channel set
DIO%(1) = STP% ' Stop channel set
DIO%(2) = 0 ' SINGLE-ENDED

CALL AX5622(FUN%, DIO%(0), FLAG%)

IF FLAG% <> 0 THEN

PRINT "FUNCTION 1 OF AX5622 FAILED, FLAG% = "; FLAG%
STOP

END IF

REM SET GAIN FOR EACH CHANNEL : FUNCTION 3

REM GAIN CODE	0	1	2	3
REM GAIN VALUE	1	2	4	8
REM INPUT RANGE	+/-10V	+/-5V	+/-2.5V	+/-1.25V

REM SET GAIN CODE (DEFAULTS TO 0)

FUN% = 3 'set Gain depending on gain%() array

CALL AX5622(FUN%, GAIN%(0), FLAG%)

IF FLAG% <> 0 THEN

PRINT "FUNCTION 3 OF AX5622 FAILED, FLAG% = "; FLAG%
STOP

END IF

END SUB


```

SUB SetCounter
REM SUBROUTINE TO PROGRAM AX5218 TIMER/COUNTER
REM AX5218 IO PORT
  CIOPORT% = &H230
  FUN% = 0      ' Initial ax5218, FUNCTION 0
  CDIO%(0) = CIOPORT%
  CALL AX5218(FUN%, CDIO%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " AX5218 DRIVER INITIALIZATION FAILED, FLAG%
    FLAG%
  REM SET MASTER MODE REGISTER OF 2ND AM9513
  FUN% = 1      ' SET MASTER MODE REGISTER, FUNCTION 1
  CDIO%(0) = 1  ' FOUT SOURCE F1 (1 MHZ)
  CDIO%(1) = 0
  CDIO%(2) = 0
  CDIO%(3) = 0
  CDIO%(4) = 0  ' TOD DISABLE
  CDIO%(5) = 2  ' 2ND AM9513
  CALL AX5218(FUN%, CDIO%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET MASTER MODE REGISTER ERROR "
  FUN% = 2      ' SET COUNTER MODE REGISTER, FUNCTION 2
  CDIO%(0) = 1  ' SELECT COUNTER 1
  CDIO%(1) = 6  ' SELECT ACTIVE HIGH EDGE GATING
  CDIO%(2) = 0  ' COUNT ON RISING EDGE
  CDIO%(3) = 14 ' COUNTER SOURCE (F4, 1kHz)
  CDIO%(4) = 1  ' ENABLE SPECIAL GATE FUNCTION
  CDIO%(5) = 0  ' RELOAD FROM LOAD REGISTER
  CDIO%(6) = 0  ' COUNT ONCE
  CDIO%(7) = 0  ' BINARY COUNT
  CDIO%(8) = 0  ' COUNT DOWN
  CDIO%(9) = 0  ' INACTIVE OUTPUT CONTROL
  CDIO%(10) = 2 ' 2ND AM9513
  CALL AX5218(FUN%, CDIO%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET COUNTER 1 MODE ERROR "
  CDIO%(0) = 2  ' SELECT COUNTER 2
  CALL AX5218(FUN%, CDIO%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET COUNTER 2 MODE ERROR "
  CDIO%(0) = 3  ' SELECT COUNTER 3
  CALL AX5218(FUN%, CDIO%(0), FLAG%)
  IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET COUNTER 3 MODE ERROR "
  CDIO%(0) = 4  ' SELECT COUNTER 4
  CDIO%(3) = 11 ' F1, 1 MHz

```

```

CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET COUNTER 4 MODE ERROR "
FUN% = 3          'SET COUNTER LOAD REGISTER, FUNCTION 3
CD10%(0) = 1     'SELECT COUNTER 1
CD10%(1) = 32000 '
CD10%(2) = 2    '2ND AM9513
CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET LOAD REGISTER COUNTER 1 ERROR
CD10%(0) = 2     'SELECT COUNTER 2
CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET LOAD REGISTER COUNTER 2 ERROR
CD10%(0) = 3     'SELECT COUNTER 3
CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET LOAD REGISTER COUNTER 3 ERROR
CD10%(0) = 4     'SELECT COUNTER 4
CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " SET LOAD REGISTER COUNTER 4 ERROR
REM LOAD AND ARM COUNTER 1 THROUGH 5
FUN% = 5          'SET COUNTER CONTROL COMMAND, FUNCTION 5
CD10%(0) = 3     'LAOD AND ARM COUNTER
CD10%(1) = 1     'SELECT COUNTER 1
CD10%(2) = 1     '          "          2
CD10%(3) = 1     '          "          3
CD10%(4) = 1     '          "          4
CD10%(5) = 0     'DO NOT          "          5
CD10%(6) = 2     '2ND AM9513
CALL AX5218(FUN%, CD10%(0), FLAG%)
IF FLAG% <> 0 THEN PRINT " LOAD AND ARM CONTROL ERROR "
END SUB

```

```

handler:
RESUME NEXT

```