

최 중
연구보고서

논관개용 관수로의 분수량관리시스템과 자동급수장치 개발에 관한 연구

A Study on Development of Offtake device and water management
support System for paddy field irrigation in pipeline System

연구기관
농업기반공사

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “논관개용 관수로의 분수량 관리 시스템 및 자동급수장치 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 12 월 일

주관연구기관명 : 농업기반공사

총괄연구책임자 : 김 영 화

세부연구책임자 : 이 영 일

세부연구책임자 : 정 광 근

연 구 원 : 김 현 수

연 구 원 : 서 인 국

위탁연구기관명 : 충 북 대

위탁연구책임자 : 김 진 수

위탁연구기관명 : 신 구 대

위탁연구책임자 : 박 창 언

여 백

요 약 문

I. 제 목

논관개용 관수로의 분수량관리시스템과 자동급수장치 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

가. 자동급수장치 개발에 의한 논관개시스템 개선

농업용수로는 물관리 효율증대를 위하여 콘크리트 개거 혹은 관수로에 의하여 구조물화가 진행되고 있다. 특히, 최근에는 수원공 및 간지선 용수로 물관리에 집중물 관리시스템(TC/TM)을 도입하여 물관리 자동화를 추진하고 있다. 이와 같은 물관리 자동화 시스템은 대규모 수리시설의 간지선 등에는 적용이 가능하나 소규모의 수리시설에는 경제성 등의 이유로 적용이 곤란하며, 대규모라도 말단 포장까지의 자동화는 어려운게 현 실정이다.

말단 포장의 물관리 효율을 높이기 위한 자동화 방안으로 급수물고의 자동화를 생각할 수 있다. 급수물고는 용수호가 토공에서 구조물화 되면서 수동식 물고가 개발되어 이용되고 있으며, 개수로에서는 자동식 급수장치가 개발되어 활용되고 있다. 그러나, 관수로용의 자동급수장치는 개발되어 있지 않아 이에 대한 기술 개발이 필요한 실정이다.

나. 관수로의 효율적 용수배분을 위한 분수량관리 지원시스템의 개발

농업용수의 효율적인 배분을 위해서는 공급자 주도형의 수로조직을 구축해갈 필요가 있으며, 현재 구축되어 있는 농업용 용수로의 대부분이 공급자 주도형의 수로조직 형태를 띠고 있다. 이와 같은 공급자 주도형의 용수로 조직에 대한 물관리를 효과적으로 수행하기 위해서는 물관리 기술개발이 필요하다.

관수로의 경우 공급자가 애로를 겪고 있는 것은 공급량의 예측과 적적 유량배분을

위한 밸브조절 기술이다. 관수로의 유량배분은 관리자가 말단의 수요량에 대하여 예측하여 용수를 공급하여 적정하게 배분하는 방식으로 이루어지고 있다. 이 경우는 관리자가 관수로의 수리현상을 정확하게 이해하고 있어야만 유량배분을 적정하게 할 수 있다. 그러나, 관리자가 관수로 수리현상을 파악하기까지는 상당한 시일이 소요된다. 특히, 분수공의 숫자가 많을 경우에는 분수량 관리를 위한 밸브관리가 지극히 어렵다.

관수로의 분수량 관리를 효과적으로 수행하기 위해서는 분수량을 수리학적인 방법을 활용하여 관리해야 하며, 이를 위해서는 컴퓨터를 활용하여 관행에 의하여 이루어지고 있는 물관리를 과학적인 방법으로 승화시키기 위한 물관리 기술개발이 이루어져야 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 물관리 자동화를 위한 관수로용 자동급수전 개발

가. 자동급수장치 개발

1) 목적

- 포장에 과잉으로 공급되는 물량을 줄여 꼭 필요한 양만 공급하여 공급비용을 줄이고 물관리에 소요되는 노력을 줄이기 위하여 자동급수장치를 개발한다.

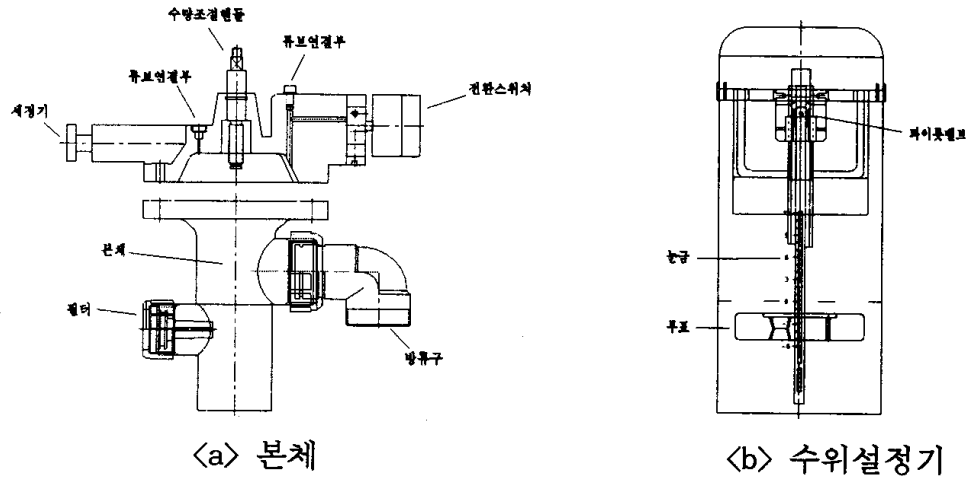
2) 개발내역

- 동 력 원 : 관수로의 수압을 이용(무동력)
- 조작방법 : 평상시에는 자동으로 사용하고 작동이 불가능 할 때에는 수동으로 작동 가능함
- 급 수 량 : 수량조정 밸브를 사용하여 급수량 조절 가능
- 담 수 위 : 공급량은 포장의 담수위 상태를 감지하여 상한수위가 되면 공급이 중단되고 하한수위가 되면 공급을 재개할 수 있는 구조
- 수위설정 : 수위설정기에서 담수위의 상한치와 하한치 설정 가능
- 재 질 : 시제품에서는 강재 및 스테인레스로 시제품 제작
- 부 유 물 : 급수전에 부유물 등이 유입되지 않도록 여과기 설치 및 세정기를 배치한 구조로 개발

3) 자동급수장치의 구조

가) 본체부 (<그림> 참조)

다이하후램밸브, 수량조작핸들, 전환스위치, 세정기, 여과기로 구성되어 있음



〈그림〉 분리형 자동급수장치 구조도

나) 수위설정기

수위설정기는 수위를 설정하는 눈금판과 플로트 및 파이롯밸브로 구성되어 있으며, 담수위의 상한수위(급수정지수위)와 하한수위(급수개시수위)를 세트하여 본체부를 조작하는 역할을 함

4) 작동원리

가) 자동급수

㉠ 지수상태 : 논의 수위상승에 수반하여 수위설정기 플로트가 상승하여 담수위 상한스토퍼에 도달하면 수위설정기 암이 작동하여 파이롯밸브가 닫혀 파이프 수압이 다이아후램에 전달되어 본체밸브가 닫히면서 급수 정지

㉡ 급수상태 : 담수위가 하강하면 플로트가 하강하여 하한스토퍼에 도달하여 파이롯밸브가 열리면서 배수되어 다이아후램에의 관로수압 전달이 차단되어 본체밸브가 열려 급수를 개시

나) 수동급수

자동급수전의 수위설정기를 사용하지 않고 급수전 본체만을 사용하면 수동으로 급수할 수 있으며, 수동으로 사용할 때에는 본체부 상부에 있는 전환스위치를 열림에 맞추면 급수되며 닫힘에 맞추면 급수가 정지된다.

나. 자동급수전의 용수 및 물관리 노력 절감효과 분석

1) 시험포 내역

가) 시험지구

- 시험포 : 충북 보은군 보은읍 학림리 소재 학림지구
- 용수원 : 보청천에서 취입보를 통한 하천수 취수. 상류에는 상공저수지(저수용량 16만5천 m^3) 위치함.
- 용수조직 : 용수간선(개수로), 용수지거(관수로)로 구성

나) 현장시험

- 측정항목 : 용수량, 침투수량, 증발산량, 논 담수심 등 4개 항목
- 시험장치 : 자동급수전, 유량계 및 측정장치 제작 설치
- 시험기간 : 2000년~2001년 2년간 5월부터 9월까지 5~10일 간격으로 자동급수전과 수동급수전 논에 대한 용수량, 침투수량, 지표배수량 측정

2) 시험결과

가) 공급량 절감 효과

- 충북보은 학림지구의 2001년도 시험결과에 의하면 용수공급량이 자동급수장치가 5,818톤/ha, 수동급수장치가 17,672톤/ha로 나타나 수동급수장치가 자동급수장치에 비하여 3배나 많은 물을 관개한 것으로 나타났다.
(학림지구는 수원공이 하천의 취입보이므로 용수가 풍부함)
- 해남지구의 경우 연간 급수량은 자동급수장치가 3,234톤/ha이 공급되었고, 수동급수장치가 6,313톤/ha가 공급되어 수동급수장치가 자동급수장치에 비하여 2배나 많은 물을 공급한 것으로 나타났다.
(해남지구는 수원공이 양수장으로 필요할 때만 관개)
- 위의 두 지구는 지구조건 및 영농조건이 다르기 때문에 절수효과가 다른 것은 당연하며 수동급수장치의 공급량을 기준으로 자동급수장치의 절수효과는 50~66%로 나타났다.

나) 물관리시간 절감효과

- 충북보은 학림지구의 2001년도 시험결과에 의하면 자동급수장치에 의한 물관리시간 절감효과는 자동급수전이 수동급수전에 비하여 27.3%(11.3 시간)을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

※ 자동급수장치를 사용하면 물관리 개선 효과가 뛰어난 것으로 검증되었음

다. 관수로의 분수량관리 지원시스템 개발

1) 개발방향

- 관수로 유형별 분수량 관리방법 조사분석하여 분수량 관리방법 개발
- 공급자 주도형의 물관리를 실시하는 지구에서 사용이 가능토록 공급량 산정 및 밸브개도 계산 프로그램 개발
- 밸브손실계수와 밸브개도의 관계를 수리시험에 의하여 검토하여 밸브의 수리학적 특성을 관계식으로 표현
- 프로그램 작성 후 분수량 및 밸브개도에 대한 계산정도를 현장시험을 통하여 검증
- 분수량 관리 알고리즘 및 분수량 계산 프로그램을 작성하여 사용자 편의 시스템 개발

2) 분수량관리 방법 조사

용수조직이 관수로인 지구의 분수량 관리방법을 조사 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 관수로 유형 I 은 간선이 개수로이고 말단 지거가 관수로이므로 관수로에서의 분수량 관리는 필요 없는 형태임
- 관수로 유형 II 은 관수로와 개수로의 연결부에 있는 분수공의 조절밸브를 사용하여 분수량을 조절하고 있어 분수량관리가 필요한 형태임
- 관수로 유형 III 는 용수호가 전부 관수로로 되어 있어 수요자가 급수밸브만 개방하면 관개가 가능하기 때문에, 용수로에서 과잉취수를 방지하기 위한 분수량 관리가 필요한 수로 형태 임

3) 관수로 분수량 관리 프로그램 개발

- 용수로의 상·하류 경계조건 처리방법 검토
- 밸브손실계수 처리 알고리즘 개발
- 감수심법에 의한 수요량 산정 알고리즘 개발
- 분수량 계산 프로그램 작성

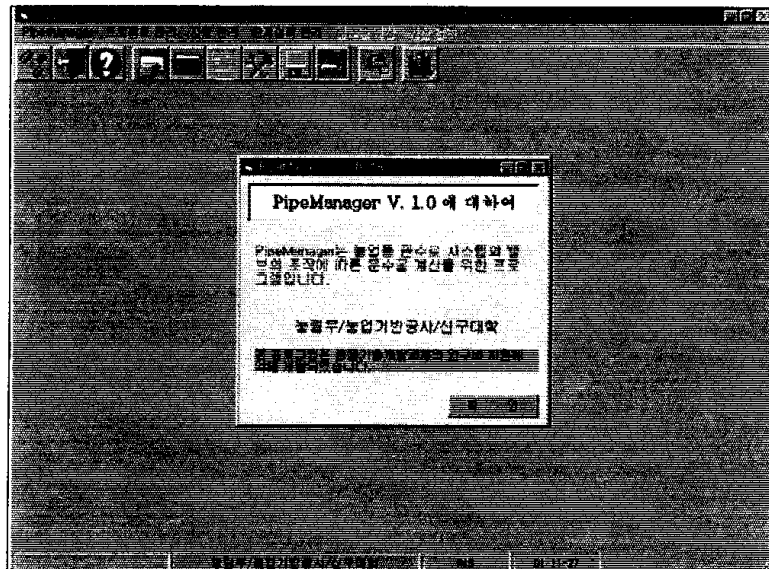
4) 분수량 계산 시스템 개발

- 사용자 요구조건 분석
 - 현장 실무자(농업기반공사)의 기술적 요구조건과 개발방향 반영
 - 손쉬운 입력자료의 구축환경제공과 최종성과물의 다양한 출력품 제공

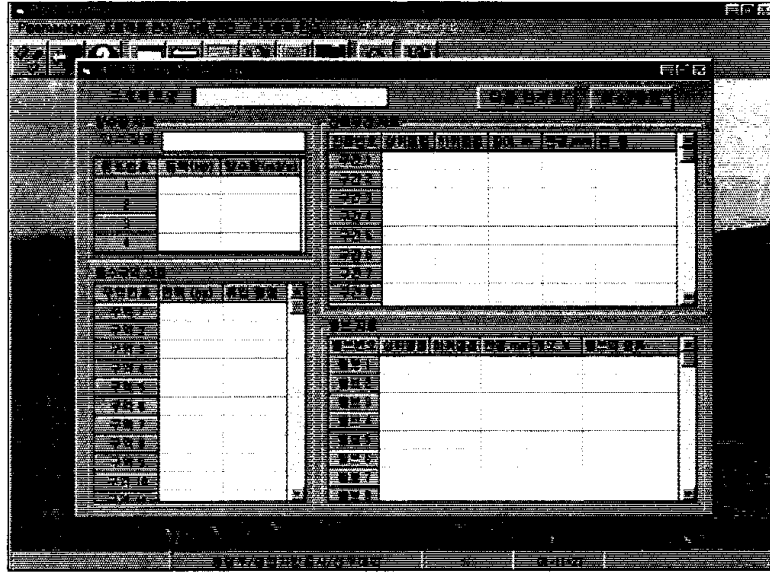
- 시스템 개발 사양
 - 하드웨어 : PC(펜티엄급 이상)
 - 운영체제 : 윈도우즈(Windows)
 - 개발언어 : Visual Basic

나) 사용자 편의 시스템 개발

- 윈도우 시스템 환경에서의 메뉴 방식 적용
- 그래픽/텍스트 구동방식 적용



- 분수량 계산을 위한 기초/입력자료의 구축에 따른 오류를 방지하고 손쉬운 자료입력방식을 제공하며 다양한 형식의 결과물을 제공하여 현장기술자의 결과 해석이나 보고서 예비출력품을 제공.
- Visual Basic을 이용한 메뉴 및 대화상자 입력양식, 텍스트 및 이미지 출력



- 분수량 계산 프로그램의 기초 자료를 제공하고, 현황 자료를 관리하기 위하여 통합시스템에서 연계 운영되는 Database System 개발
- Microsoft사의 Access 이용
- 현장에서 시공되고 있는 파이프/밸브 자료의 데이터베이스
- 밸브손실계수/ 마찰계수 자료의 데이터베이스

5) 분수량관리 시스템 적용

분수량 관리시스템의 적용결과는 다음과 같다.

- 분수량 계산을 위하여 관수로망 해석을 위한 기본이론을 정리하고 관로망 요소 매트릭스를 구성하여 각 구간의 유량 및 수두를 계산할 수 있는 프로그램 작성하였다.
- 분수량 계산 프로그램의 시험적용은 해남지구와 금암지구를 대상으로 실시하였다.
- 분수량 계산 프로그램에 적용할 밸브손실계수를 검토하기 위하여 버터플라이밸브에 대하여 수리모형시험을 실시하여 기존의 손실계수 값과 비교하여 손실계수 값을 검증하여 사용하였다.
- 관개계획에의 활용성을 검토하기 위하여 시범지구에 세부관개 계획을 수립하여 관개 종료시간을 예측하여 그 실용성을 검증하였다.
- 분수밸브의 개도를 적절하게 설정하여 관개시간을 예측한 결과 약 48시 근처에서 관개가 종료되는 것으로 나타나, 분수량 계산 프로그램이 관수로의 관개계획에 충분히 활용할 수 있는 것으로 나타났다.
- 사용자편의시스템은 프로젝트별로 데이터를 처리할 수 있도록 하여 범용성을

부여하여 개발하였다.

- 메뉴구성은 프로젝트관리가 가능토록 부메뉴에 기존 프로젝트의 편집 외에 신규 프로젝트를 작성할 수 있도록 하였다.
- 자료관리 메뉴에는 밸브, 관로, 담수심 등 자료 작성이 가능토록 하였다.
- 분수량 계산 메뉴에는 밸브조절계획, 밸브통수량 및 밸브개도 계산이 가능토록 하였다.
- 시스템의 운영자료 및 계산결과 자료는 프린터를 통하여 인쇄가 가능하도록 하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

가. 관수로 지구 급수물고 자동화 시범사업 실시

- 자동급수장치와 수동급수장치의 급수량의 차이가 2~3배정도 차이가 나며, 수동급수장치를 기준으로 용수량 절감효과를 환산하면 자동급수장치의 용수량 절감효과가 50~66% 절감이 가능하고 물관리시간(급수관리)도 27%(11시간)을 절감할 수 있는 것으로 나타나 그 기대 효과가 크게 나타나 자동급수장치를 보급하면 농업용수 및 이를 공급하기 위한 비용을 크게 절감할 수 있는 것으로 나타났다.
- 따라서, 경지정리지구 등의 설계에 반영하여 적극적으로 실용화할 필요가 있으며, 우선, 경지정리사업지구에 급수물고 자동화 시범사업을 실시하여, 전국에 확대 보급할 필요가 있다.

나. 분수량 관리지원시스템의 관수로 지구 분수량 관리에 활용

- 본 연구에서 개발한 분수량관리 시스템은 용수로 전체가 관수로인 지구 혹은 간선·지선이 관수로이며 지거가 개수로인 지구의 분수밸브 조작 관리에 의한 통수량 관리에 활용이 가능함
- 본 시스템을 관수로지구의 분수량 관리에 적용하여 경험에 의하여 수행하고 있는 물관리를 과학적인 방법으로 관리할 수 있도록 해야함.

Summary

I. Title

A Study on Development of Offtake device and water management support System for paddy field irrigation pipeline System

II. Purpose and Necessity of study

1. Improvement of paddy field irrigation system by development of automatic type offtake Device

Pipeline system is used for irrigation of paddy field since 1980. In recent years, pipeline system is widely used for irrigation system in farmland consolidation project, tideland reclamation project and upland consolidation project.

In water management practices, pipeline system is more efficient than open canal system. Firstly, pipeline has less or no water loss along the channel wall and secondly, less waste of water occurs in the pipeline system because the system is easily operated. And waste of irrigation water in the pipeline system is greatly reduced by changing of manual type valve to automatic type valve.

This report describes new offtake device which will bring much benefits for water saving as well as labor saving and operation hours.

2. Development of Water management system in pipeline system

For efficient distribution at division work, the irrigation pipeline system have to constructed with the supply oriented irrigation system rather than user oriented irrigation system.

Most of irrigation pipeline are supply oriented irrigation type, which type is necessary valve operation technique at division work.

In pipeline system, the operator have to control the division valve for irrigation. however, the valve operation technique for efficiency distribution are not developed in irrigation system.

It is necessary that valve control techniques for supplier, which are

prediction of irrigation water and control method of valve.

The operator optimally can deliver the discharges of division work with correctly comprehension the hydraulic phenomenon of pipeline system. Valve Control is difficult to understand by trial and error, which need the labor and time.

In this study, we develop the water management system using hydraulic calculation method of pipeline to support the water management work for operator.

If water management work use this system, operator easily will control valve operation by scientific method.

III. Research content and range

1. Development of automatic type offtake device for automatic irrigation in paddy field

a. Development of automatic type offtake device

1) Purpose

- The automatic type offtake device developed for saving the water, labor and time in pipeline irrigation system

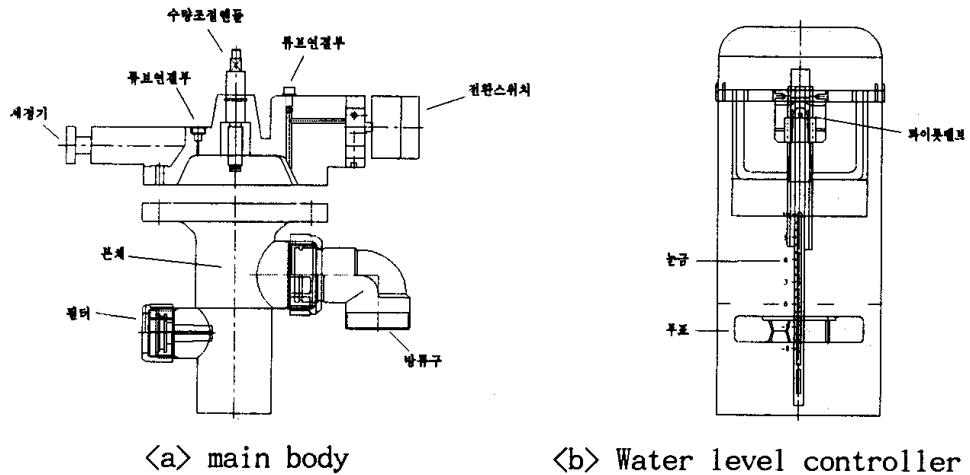
2) Contents of development

- Power resource : use the pressure of pipeline (Non-power)
- Operation method : Automatic operation, manual operation
- Discharge control : use discharge control valve
- Depth of flooding water control : use float, high water level stop irrigation and low water level starting irrigation
- Setting water level : use water level controller, setting high water level and low water level
- material : steel
- Float Protection : use filter and air pump

3) Structure of automatic type offtake device

a) main body

- The main consist of Diaphragm valve, operation handle, Switch, Air pump, Filter



b) Water level controller

Water level controller consist of float and pilot valve, which controled the main valve catching the upper water level and lower water level

2. Effects Analysis of automatic type offtake device

1) Field test

a) Project area

- location : Hakrimri Boueunup, Chungbuk
- Water resource : weir on Bojung river, Sanggung Reservoir
- Irrigation system : main canal(open channel), sub canal(pipeline)

b) Field test

- measure factor
: Discharge, Infiltration, Evaporation, Depth of flooding water
- Test Equipment
: automatic type offtake device, manual type offtake device, flow meter, pressure meter
- Period : 2000~2001

2) Result of field test

a) Effect of saving water

- In result of chungbuk, automatic type offtake device saved water which was 66% on pipeline irrigation system
- In case of haenam, the water was supplied 3,234m³/ha by automatic type, and the water was supplied 6,313m³/ha by manual type, therefore automatic type off take device supplied water saved 50% than manual type.

b) Effect of labor

- Effect of saving labor was 27.3% by automatic type Offtake device than manual type.
- To reduce the water loss and labor in paddy field, manual type Offtake device need to change to automatic type offtake device.

3. Development of water management support system

1) Survey of water management method

- The water management method surveyed the pipeline irrigation system, which is divided Type I, II, III.
- The result of analysis Type I is user oriented water management style, because that is not proper.
- Type II, III were supplier oriented water management style, which is proper the water management support system, Because the water management system were developed for Type II, III of pipeline system.

< Type of pipeline system >

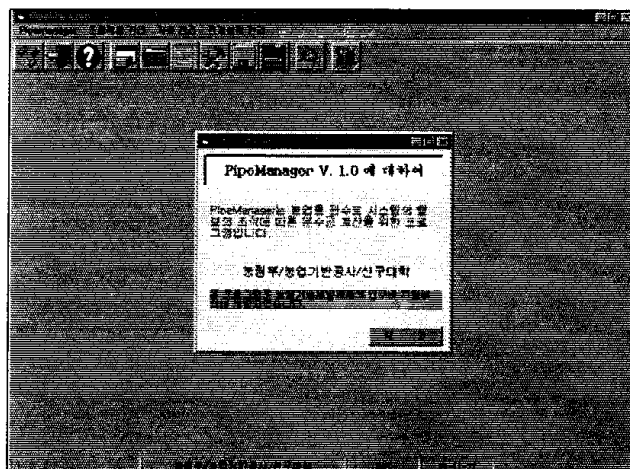
- Type I which is main canal is open and sub canal is pipeline was not proper the system.
- Type II which is main canal and sub canal are pipeline was proper the system.
- Type III which is main canal is pipeline and sub canal is open channel was proper the system.

2) Development of water management support system

a) Operation system

- Hardware : PC

- Operation system : Windows
 - Language : Visual Basic
- b) Developed content and application results
- The calculation program of discharge and valve opening were developed using the pipe network analysis program, which calculate steady state of flow
 - Developed system were tested using the pipeline irrigation system, haenam tideland reclamation project area and kumam farmland consolidation project area
 - Valve loss coefficients were proved with the experimental test which is necessary calculate the valve opening.
 - The experimental test of valve loss coefficients were carried out the experimental pipeline in rural research institute of karico.
 - The system were designed with next contents
 - User can adapting new project area this system by inputting the new data of pipeline system
 - Database involved valve loss coefficients, pipe classification, Depth of flooding
 - Discharge calculation menu involves the valve control plan and valve opening calculation
 - The operated and calculated result are can print the user print
 - Discharge and valve opening calculation program developed and applied the Type II, III of pipeline system



- This system was developed for water management support of pipeline project area.

CONTENTS

Chapter 1. INTRODUCTION

Sec. 1 Necessity of Study	1
Sec. 2 Present condition and problem	2
Sec. 3 Objective and content of the study	4

Chapter 2. Development of Offtake Device

Sec. 1 Introduction	15
Sec. 2 Paddy field of pipeline irrigation system	16
Sec. 3 Development of pipeline automatic type Offtake Device	40
Sec. 4 Manual of automatic type Offtake Device	67
Sec. 5 Summary and Conclusion	79

Chapter 3. Effects Analysis of automatic type Offtake Device

Sec. 1 Introduction	80
Sec. 2 Field test of automatic type Offtake Device (first year)	80
Sec. 3 Field test of automatic type Offtake Device (second year)	96
Sec. 4 Summary and Conclusion	108

Chapter 4. Development of water management system in irrigation pipeline system

Sec. 1 Introduction	110
Sec. 2 Method of water management	111
Sec. 3 Development of discharge calculation program	118
Sec. 4 Valve lose coefficient and valve opening	148
Sec. 5 Field Survey of irrigation District	157
Sec. 6 Application of discharge calculation program	174
Sec. 7 Development of water management support system	260
Sec. 8 Summary and Conclusion	275

Chapter 5. Summary and Conclusion

278

Appendix

◊ Data of 2000	281
◊ Data of 2001	284

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성	1
제 2 절 국내·외 관련기술의 현황과 문제점	2
제 3 절 연구개발의 목표 및 내용	4

제 2 장 자동급수장치 개발

제 1 절 서론	15
제 2 절 관수로 지구 논관개 시스템	16
제 3 절 자동급수장치 개발	40
제 4 절 자동급수장치 사용설명서	67
제 5 절 요약 및 결론	79

제 3 장 자동급수장치 효과분석

제 1 절 서론	80
제 2 절 자동급수장치 현장시험(1차년도)	80
제 3 절 자동급수장치 현장시험(2차년도)	96
제 4 절 요약 및 결론	108

제 4 장 관수로의 분수량관리 시스템 개발

제 1 절 서론	110
제 2 절 관수로의 분수량관리 방법	111
제 3 절 분수량 계산 프로그램의 개발	118
제 4 절 밸브개도에 따른 손실계수	148
제 5 절 시범지구 현장조사	157
제 6 절 분수량 계산 프로그램의 적용	174
제 7 절 사용자 편의시스템의 개발	260
제 8 절 요약 및 결론	275

제 5 장 종합결론	278
------------------	-----

부 록

○ 2000년도 자료	281
○ 2001년도 자료	284

표 목 차

<표 2.2.1> 경지정리지구	16
<표 2.2.2> 관수로 시스템 유형	16
<표 2.2.3> 수리시설현황	18
<표 2.2.4> 수로조직 형태	19
<표 2.2.5> 관수로 형식 분류	19
<표 2.2.6> 말단 급수장치(수동식)	20
<표 2.2.7> 수로조직	20
<표 2.2.8> 관수로 형식 분류	20
<표 2.2.9> 말단급수장치	20
<표 2.2.10> 급수장치의 종류	21
<표 2.2.11> 급수장치 설치내역	25
<표 2.2.12> 급수장치 설치내역	26
<표 2.2.13> 급수장치 설치내역	26
<표 2.2.14> 급수장치 설치내역	27
<표 2.2.15> 허용최대평균유속	33
<표 2.2.16> 공기밸브 종류	34
<표 2.2.17> 급수장치 문제점 및 개선방안	39
<표 2.2.18> 관수로시스템의 문제점 및 개선방안	39
<표 2.3.1> 자동급수장치 개발 흐름도	40
<표 2.3.2> 밸브구경계산	42
<표 2.3.3> 급수장치 구경산정	43
<표 2.3.4> 시험포 개요	52
<표 2.3.5> 측정결과	55
<표 2.3.6> 측정결과	56
<표 2.3.7> 측정결과	56
<표 2.3.8> 측정결과	57
<표 2.3.9> 해남지구 급수량 측정시험 결과표	61
<표 3.2.1> 시험포장의 개요	81
<표 3.2.2> 실험포장에서의 수량 및 수질 측정항목	82
<표 3.2.3> 수동급수구에서의 유입량과 유출량	85
<표 3.2.4> 시험포장의 시비시기	86
<표 3.2.5> 시험포장의 시비량	86
<표 3.2.6> 시험포장의 T-N, T-P 및 COD농도	87
<표 3.2.7> 수동급수구에서의 오염물질의 원단위	91
<표 3.2.8> 자동 및 수동급수전의 월별 고장일수	93

<표 3.2.9> 자동과 수동급수전의 고장내역	94
<표 3.2.10> 자동급수전의 고장 및 수리의 개요	95
<표 3.3.1> 2년차 시험포장 개량	97
<표 3.3.2> 2001년도 관개기의 급수 일정	98
<표 3.3.3> 시험포장의 시비시기	102
<표 3.3.4> 시험포장의 시비량	102
<표 3.3.5> 시험포장의 오염물질의 농도 (2001)	103
<표 3.3.6> 자동 및 수동급수구의 물관리 노력의 비교	106
<표 3.3.7> 자동 및 수동급수전의 장단점	107
<표 4.2.1> 용수지거 관로화 사업지구 실적	111
<표 4.2.2> 해남3공구 용수간선 현황	114
<표 4.2.3> 익산도수로 황금간선 현황	115
<표 4.3.1> 프로그램의 구성내역	127
<표 4.3.2> 대상지구 용수조직의 간·지선 현황	131
<표 4.3.3> 관수로 구간의 구조물 현황	133
<표 4.4.1> 밸브 손실계수 측정을 위한 수리실험 결과	151
<표 4.4.2> 기존의 밸브 손실계수	153
<표 4.4.3> 수리모형 실험에 의한 밸브개도에 따른 손실계수	154
<표 4.5.1> 황금용수간선지구의 용수로 제원 (1)	160
<표 4.5.2> 관수로 말단 개수로 구간의 단면 제원	167
<표 4.5.3> 1차 현장조사 결과 (2000년 12월)	169
<표 4.5.4> 2차 현장조사 결과 (2000년 12월)	170
<표 4.5.5> 3차 현장조사 결과 (2001년 8월)	171
<표 4.5.6> 4차 현장조사 결과 (2001년 9월)	172
<표 4.6.1> 관로의 미손손실계수	174
<표 4.6.2> 밸브개도에 따른 밸브손실계수	175
<표 4.6.3> 관로의 종류에 따른 유속계수	175
<표 4.6.4> 순별 적정 담수심	177
<표 4.6.5> 관로 입력자료	179
<표 4.6.6> 밸브 입력자료 (1)	181
<표 4.6.7> 용수구역 입력자료	184
<표 4.6.8> 경계조건 입력자료	185
<표 4.6.9> 밸브개도 입력자료	187
<표 4.6.10> 각 분수밸브 말단의 최대통수량	190
<표 4.6.11> 제수밸브 100% 개도에 따른 각 용수구역별 분수량	192
<표 4.6.12> 제수밸브 개도 조절에 따른 각 용수구역별 분수량	194
<표 4.6.13> 황금용수간선에서의 분수밸브 개도 검정 결과	196

<표 4.6.14>	22번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	200
<표 4.6.15>	23번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	201
<표 4.6.16>	24번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	202
<표 4.6.17>	25번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	203
<표 4.6.18>	26번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	204
<표 4.6.19>	27번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	205
<표 4.6.20>	28번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	206
<표 4.6.21>	29번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	207
<표 4.6.22>	30번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	208
<표 4.6.23>	31번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	209
<표 4.6.24>	32번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	210
<표 4.6.25>	33번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	211
<표 4.6.26>	34번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	212
<표 4.6.27>	35번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	213
<표 4.6.28>	39번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	214
<표 4.6.29>	40번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	215
<표 4.6.30>	41번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	216
<표 4.6.31>	관개계획 모의발생을 위한 분수밸브의 조건별 밸브개도	218
<표 4.6.32>	관개계획에 따른 조건별 분수밸브의 폐쇄시간	219
<표 4.6.33>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(6 : 00)	223
<표 4.6.34>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(8 : 31)	225
<표 4.6.35>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(9 : 41)	227
<표 4.6.36>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(11 : 35)	229
<표 4.6.37>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(12 : 58)	231
<표 4.6.38>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(13 : 16)	233
<표 4.6.39>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(15 : 08)	235
<표 4.6.40>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(17 : 21)	237
<표 4.6.41>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(18 : 37)	239
<표 4.6.42>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(19 : 29)	241
<표 4.6.43>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(20 : 20)	243
<표 4.6.44>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(22 : 27)	245
<표 4.6.45>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(23 : 32)	247
<표 4.6.46>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(23 : 40)	249
<표 4.6.47>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(25 : 22)	251
<표 4.6.48>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(25 : 36)	253
<표 4.6.49>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(30 : 59)	255
<표 4.6.50>	황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(48 : 14)	257

<표 4.7.1> 사용자 편의시스템 메뉴 구성	261
<표 부록.1> 일강수량	281
<표 부록.2> 수동급수구에서의 담수심의 변화	282
<표 부록.3> 시험포장의 1일 용수량	283
<표 부록.4> T-N 농도	283
<표 부록.5> T-P 농도	283
<표 부록.6> COD 농도	283
<표 부록.7> 강수량	284
<표 부록.8> 시험포장에서의 담수심 변화	285
<표 부록.9> 침투량 및 증발산량	285
<표 부록.10> 시험포장에서의 일용수량	285
<표 부록.11> 시험포장에서의 누가용수량	286
<표 부록.12> T-N 농도	286
<표 부록.13> T-P 농도	286
<표 부록.14> COD 농도	286

그림 목 차

<그림 2.2.1> 수리시설전경	19
<그림 2.2.2> 덕곡지구 급수장치	25
<그림 2.2.3> 우성지구 급수장치	26
<그림 2.2.4> 덕곡지구 급수장치	26
<그림 2.2.5> 강서지구 급수장치	27
<그림 2.2.6> 개수로용 자동급수장치	27
<그림 2.2.7> 자연압식	30
<그림 2.2.8> 배수조방식	30
<그림 2.2.9> 관경설계순서	31
<그림 2.2.10> 분사밸브형 급수전	33
<그림 2.2.11> 통기공의 설치 예	34
<그림 2.2.12> 공기밸브공	35
<그림 2.2.13> 공기밸브의 기기배치	36
<그림 2.2.14> 제수밸브실	37
<그림 2.2.15> 배니시설	38
<그림 2.2.16> 맨홀	38
<그림 2.3.1> 밸브구경산정 결과	43
<그림 2.3.2> 분리형 자동급수장치 구조도	46
<그림 2.3.3> 자동급수장치 시제품 (분리형)	47
<그림 2.3.4> 자동급수장치 시제품 (분리형 150mm)	48
<그림 2.3.5> 일체형자동급수장치 구조도	49
<그림 2.3.6> 성능시험장치 개요도	50
<그림 2.3.7> 성능시험장치 전경	51
<그림 2.3.8> 시험포장 개략도	53
<그림 2.3.9> 시험포장 전경	53
<그림 2.3.10> 시험장치 개략도	54
<그림 2.3.11> 급수장치 개방시	54
<그림 2.3.12> 급수장치 폐쇄시	55
<그림 2.3.13> 자동급수장치 시험시설	56
<그림 2.3.14> 수동급수장치 시험시설	56
<그림 2.3.15> 급수관로 압력변화	58
<그림 2.3.16> 압력에 따른 급수량 변화	59
<그림 2.3.17> 시간대에 따른 급수량 변화	59
<그림 2.3.18> 수동급수와 자동급수구의 담수위 변화	63
<그림 2.3.19> 수동급수구와 자동급수구의 압력변화	63
<그림 2.3.21> 자동급수장치와 수동급수장치의 일급수량(톤)	65
<그림 2.3.22> 자동급수장치와 수동급수장치의 일급수량(mm/d)	65

<그림 2.3.23> 자동급수장치와 수동급수장치의 일급수량(m ³ /s)	66
<그림 2.3.22> 급수량과 강수량과의 관계	66
<그림 2.4.1> 자동급수장치(일체형) 구조도	67
<그림 2.4.2> 자동급수장치 작동원리	68
<그림 2.4.3> 자동 급수장치의 설치위치	69
<그림 2.4.4> 자동급수장치의 튜브 연결 및 제거방법	70
<그림 2.4.5> 자동급수장치 수위설정기	71
<그림 2.4.6> 급수장치의 평상시 관리	72
<그림 2.4.7> 심수관개 사례	78
<그림 3.2.1> 시험지구	80
<그림 3.2.2> 시험포장의 개요	80
<그림 3.2.3> 자동 급수전	81
<그림 3.2.4> 다양한 측정장치	81
<그림 3.2.5> 2000년도의 강수량	82
<그림 3.2.6> 수동급수구에서의 담수심의 변화	83
<그림 3.2.7> 시험포장의 1일 용수량	84
<그림 3.2.8> 시험포장의 평균 1일 용수량	84
<그림 3.2.9> T-N 농도변화	88
<그림 3.2.10> T-P 농도변화	89
<그림 3.2.11> COD의 농도변화	90
<그림 3.2.12> 2단계로 된 스크린	93
<그림 3.2.13> 스크린 내부의 이 물질	93
<그림 3.3.1> 시험포장의 개요	96
<그림 3.3.2> 자동급수전	96
<그림 3.3.3> 수동급수전	96
<그림 3.3.4> 2000년 스크린(30×15×10 cm)	97
<그림 3.3.5> 2001년 스크린(40×40×30 cm)	97
<그림 3.3.6> 가뭄시의 관정굴착	98
<그림 3.3.7> 보은의 강수량(2001년)	99
<그림 3.3.8> 시험포장에서의 담수심의 변화	99
<그림 3.3.9> 자동급수구에서의 침투량 및 증발산량	100
<그림 3.3.10> 자동급수구와 수동급수구의 용수량 비교	101
<그림 3.3.11> 시험포장의 누가용수량 비교	101
<그림 3.3.12> 시험포장에서의 수질농도의 변화	105
<그림 4.2.1> 용수지거 관로화지구 모식도	112
<그림 4.2.2> 해남3공구 용수조직 모식도	113
<그림 4.2.3> 황금용수간선 모식도	115
<그림 4.3.1> 관수로망 조직	118

<그림 4.3.2> 관수로의 수두	119
<그림 4.3.3> 관로망의 유량	120
<그림 4.3.4> 관로망 조직의 예	122
<그림 4.3.5> 분수량 계산 프로그램의 흐름도	128
<그림 4.3.6> 대상지구의 용수로 조직	130
<그림 4.3.7> 대상지구 용수로 조직의 모식도	132
<그림 4.3.8> 용수로 구간별 설계도수량	134
<그림 4.3.9> 제1,2호 용수간선에서의 통수량	136
<그림 4.3.10> 제1,2호 용수간선에서의 수두	137
<그림 4.3.11> 제3~6호 용수간선에서의 통수량	138
<그림 4.3.12> 제3~6호 용수간선에서의 수두	139
<그림 4.3.13> 제1,2호 용수간선에서의 통수량(1-1, 1-2지선 폐쇄후)	140
<그림 4.3.14> 제1,2호 용수간선에서의 통수량(2-1, 2-5지선 추가 폐쇄후)	141
<그림 4.3.15> 제1,2호 용수간선에서의 통수량(2-2, 2-4지선 추가 폐쇄후)	142
<그림 4.3.16> 제1,2호 용수간선에서의 통수량(2-3, 연곡배후지선 추가 폐쇄후) ..	143
<그림 4.3.17> 제3~6호 용수간선에서의 통수량(3-1, 3-4지선 폐쇄후)	144
<그림 4.3.18> 제3~6호 용수간선에서의 통수량 (6호간선, 기동배후지선 추가 폐쇄후)	145
<그림 4.3.19> 제3~6호 용수간선에서의 통수량(3-3, 4-1지선 추가 폐쇄후)	146
<그림 4.4.1> 밸브 손실계수 측정을 위한 수리모형시설 모식도	148
<그림 4.4.2> 밸브 손실계수 측정을 위한 수리모형시설 전경	149
<그림 4.4.3> 수리모형시설의 조절밸브	149
<그림 4.4.4> 수리모형시설의 유량계	150
<그림 4.4.5> 수리모형시설의 저수조 배수구 조절밸브	150
<그림 4.4.6> 밸브의 내부 구조	150
<그림 4.4.7> 밸브개도 조절을 위한 내부 구조	150
<그림 4.4.8> 밸브개도에 따른 손실계수의 비교	154
<그림 4.4.9> 수위차와 밸브개도에 따른 유량의 비교	155
<그림 4.5.1> 금강으로부터 관개용수를 양수하는 나포양수장	157
<그림 4.5.2> 황금용수간선 시점의 계획수위 조절을 위한 조절수조	158
<그림 4.5.3> 황금용수간선 시점의 계획수위 조절을 위한 배수문	159
<그림 4.5.4> 황금용수간선 시점인 고수조	159
<그림 4.5.5> 황금용수간선지구 관망도	163
<그림 4.5.6> 황금용수간선의 금암분수문	164
<그림 4.5.7> 황금용수간선의 금암1분수문	164
<그림 4.5.8> 조절이 편리한 금암1분수문의 밸브	165
<그림 4.5.9> 조절이 불편한 금암5분수문의 밸브	165
<그림 4.5.10> 3-4지선 시점 개수로 (폭 0.5m)	166

<그림 4.5.11> 금암2지선 시점 개수로 (폭 0.8m)	166
<그림 4.5.12> 시범지구 금암1지선에서의 현장조사	168
<그림 4.6.1> 밸브종류별 손실계수의 비교	176
<그림 4.6.2> 황금용수간선지구 관망도	178
<그림 4.6.3> 황금용수간선지구 밸브 현황	180
<그림 4.6.4> 황금용수간선지구 용수구역 현황	183
<그림 4.6.5> 황금용수간선지구 경계조건 현황	186
<그림 4.6.6> 황금용수간선 최대통수량	191
<그림 4.6.7> 황금용수간선 제수밸브 100% 개도에서의 분수량	193
<그림 4.6.8> 황금용수간선 제수밸브 개도 조절에 따른 분수량	195
<그림 4.6.9> 황금용수간선 분수밸브 개도 검정 결과	197
<그림 4.6.10> 황금용수간선 검정 결과에 따른 밸브개도 상태	198
<그림 4.6.11> 22번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	200
<그림 4.6.12> 23번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	201
<그림 4.6.13> 24번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	202
<그림 4.6.14> 25번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	203
<그림 4.6.15> 26번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	204
<그림 4.6.16> 27번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	205
<그림 4.6.17> 28번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	206
<그림 4.6.18> 29번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	207
<그림 4.6.19> 30번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	208
<그림 4.6.20> 31번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	209
<그림 4.6.21> 32번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	210
<그림 4.6.22> 33번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	211
<그림 4.6.23> 34번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	212
<그림 4.6.24> 35번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	213
<그림 4.6.25> 39번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	214
<그림 4.6.26> 40번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	215
<그림 4.6.27> 41번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화	216
<그림 4.6.28> 조건별 22번 분수밸브의 분수량 변화	220
<그림 4.6.29> 조건별 39번 분수밸브의 분수량 변화	220
<그림 4.6.30> 조건별 31번 분수밸브의 분수량 변화	221
<그림 4.6.31> 조건별 35번 분수밸브의 분수량 변화	221
<그림 4.6.32> 조건별 1번 관로구간의 통수량 변화	222
<그림 4.6.33> 조건별 7번 관로구간의 통수량 변화	222
<그림 4.6.34> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (6:00)	224
<그림 4.6.35> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (8:31)	226
<그림 4.6.36> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (9:41)	228

<그림 4.6.37> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (11:35)	230
<그림 4.6.38> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (12:58)	232
<그림 4.6.39> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (13:16)	234
<그림 4.6.40> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (15:08)	236
<그림 4.6.41> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (17:21)	238
<그림 4.6.42> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (18:37)	240
<그림 4.6.43> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (19:29)	242
<그림 4.6.44> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (20:20)	244
<그림 4.6.45> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (22:27)	246
<그림 4.6.46> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (23:32)	248
<그림 4.6.47> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (23:40)	250
<그림 4.6.48> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (25:22)	252
<그림 4.6.49> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (25:36)	254
<그림 4.6.50> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (30:59)	256
<그림 4.6.51> 황금용수간선 구간별 통수량 및 용수구역 담수심 (48:14)	258
<그림 4.7.1> 통합시스템의 구성	260
<그림 4.7.2> 사용자 편의시스템의 초기화면	262
<그림 4.7.3> 시스템의 개발배경 설명화면	263
<그림 4.7.4> 나포양수장 전경으로 설정한 배경화면	263
<그림 4.7.5> 시범지구 조절조로 설정한 배경화면	264
<그림 4.7.6> 프린트 설정을 위한 시스템 화면	264
<그림 4.7.7> 시스템 사용 종료를 위한 화면	265
<그림 4.7.8> 새 프로젝트 작성을 위한 화면	266
<그림 4.7.9> 기존 프로젝트를 열기 위한 화면	266
<그림 4.7.10> 열려진 프로젝트의 내용을 보기 위한 화면	267
<그림 4.7.11> 기존의 프로젝트 내용을 수정하기 위한 화면	268
<그림 4.7.12> 수정되어진 프로젝트를 다른 이름으로 저장하기 위한 화면	268
<그림 4.7.13> 손실계수를 수정하기 위한 화면	269
<그림 4.7.14> 관로 자료를 확인하고 수정하기 위한 화면	270
<그림 4.7.15> 밸브 자료를 확인하고 수정하기 위한 화면	270
<그림 4.7.16> 밸브개도에 따른 손실계수의 확인 및 수정을 위한 화면	271
<그림 4.7.17> 적정 담수심 자료의 확인 및 수정을 위한 화면	271
<그림 4.7.18> 관개실적 관리를 위한 대화상자 화면	272
<그림 4.7.19> 밸브 조절 계획을 위한 입력자료 준비 화면	273
<그림 4.7.20> 밸브 통수량 계산을 위한 입력자료 준비 화면	273
<그림 4.7.21> 밸브 개도 계산을 위한 입력자료 준비 화면	274

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

가. 자동급수전에 의한 논관개시스템 개발

농업용 수리시설의 물관리 효율증대를 위하여 농업용수로로 관로화하는 추세에 있으므로 이에 대한 기술개발이 필요하며, 농업용수의 효율적인 관리를 위하여 수원공, 용수간선, 지선 등에 집중물관리 시스템(TC/TM)이 도입되고 있으나 말단포장내의 물관리 효율화를 위한 노력은 미진한 상태이다.

말단 포장내의 물관리 효율을 높이기 위하여 개수로용 및 관수로용의 수동물고기 개발되어 급수장치가 현대화되고 있으나 포장내 용수관리의 효율화를 위한 자동급수 장치의 개발은 미진하다. 개수로용 자동급수장치는 개발되어 활용되고 있으나, 말단 용수로가 관수로인 지구에서 사용할 수 있는 관수로용 자동급수장치는 개발되어 있지 않아 개발이 시급하다.

나. 관수로의 효율적 용수배분을 위한 분수량관리 지원시스템의 개발

농업용수의 효율적인 배분을 위해서는 공급자 주도형의 물관리 시스템을 구축해갈 필요가 있으며, 이와 같은 공급자 주도형의 용수관리를 실현하기 위해서는 간선, 지선부의 유량배분에 대한 기술개발이 필요하다.

관수로의 유량배분은 관리자가 말단의 사용량을 파악하여 수원공의 상태를 고려하여 이루어져야 한다. 이와 같은, 용수배분방식을 취할 경우에는 관리자가 관수로의 수리현상을 이해해야만 효율적으로 유량배분이 이루어질 수 있으나, 관수로의 수리현상을 파악하기까지는 상당한 시일이 필요하다. 특히, 분수공의 숫자가 많은 경우에는 적절한 용수관리가 어려운 실정이다. 그러나, 용수관리를 수리학적인 방법을 사용하여 관리할 수 있게 되면 물관리는 한층 수월해진다.

관수로의 효율적인 물관리를 위하여 수리학의 기초지식과 컴퓨터를 활용한 용수배분 기법 및 시스템을 개발이 필요하다.

2. 경제·산업적 측면

- 농업수리시설 개발에 따른 용수로 시스템 구축에 의하여 농업기술 경쟁력 확보

- 농업용수의 합리화를 위해서는 자동화 등에 의한 현대화된 다양한 수리시설 개발이 필요
- 장치개발에 의하여 관련산업 활성화 및 수리시설의 현대화
- 농업수리시설 개발에 의하여 21C 선진형 농업기반형성
- 말단포장내의 물관리 자동화에 의한 용수 및 노동력 절감
- 농업기반시설의 현대화를 통해 생산성 증대

3. 사회·문화적 측면

- 현대화된 농업시설에 의한 수도작 물관리 자동화를 실현하여 노동력 절감
- 농업용수 물관리 노력절감에 의하여 쌀의 생산성 증대
- 말단포장의 물관리 기술 향상
- 관수로용 자동물고 개발에 의한 관개시설의 현대화

제 2 절 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

1. 현황

가. 국내

- 물관리 현대화를 위한 개수로용의 물고개발 활발
- 말단용수로의 관수로 비율이 낮아 관수로용 자동급수장치 미개발
- 관수로 용수배분에 관한 기술 등 물관리기술 개발 연구 활발

나. 국외

- 자동급수전과 관수로에 의한 논관개 시스템이 실용화되어 있음
- 말단의 포장물관리 자동화를 위한 급수장치 개발(일본, 한국)
- 관수로용 분수량관리 지원시스템 개발(일본)
- 농업생산기반 부문의 생산성 향상, 노동의 쾌적화 등을 전제로 신기술 개발 장기목표에 의하여 기술개발에 많은 투자를 하고 있음
- 수문, 밸브 등 신기술을 이용한 첨단 수리구조물 개발

2. 문제점

- 영농기술은 콤바인 등의 도입에 의하여 지속적으로 기계화가 추진되고 있으며

농업용수 관리도 TC/TM에 의하여 수원공, 간선, 지선의 물관리의 자동화를 추진하고 있으나, 말단 포장에서의 물관리 자동화는 미진한 상태이며, 관수로용의 자동급수장치는 개발되어 있지 않음

- 농업용수로의 관수로화는 90년대 초부터 활발하게 추진되어 왔으나 아직 초기 단계이기 때문에 분수량관리 등 물관리에 대한 기술이 개발되어 있지 않음

3. 앞으로 전망

- 농촌의 노동력은 점점 노령화되고 있는 추세로 작물재배를 위한 노동력을 절감시킬 수 있는 관개기술 개발이 필요함.
- 농업의 대외 경쟁력을 확보하기 위해서는 대구획 경지의 확보에 의한 기계화와 더불어 물관리 노력 절감에 의한 생산성 향상에 대한 기술 개발이 지속적으로 이루어져야 함.
- 농지개량 및 정비사업 투자에 대한 타당성 분석만이 아니라 관련 기술 개발투자에 대한 효과분석이 필수적으로 이루어져야 함.
- 기술개발 없이는 농지개량 및 생산기반정비사업의 정비수준향상은 기대하기 어려움
- 지속적인 기술개발과 시설투자를 위해서 개발된 기술의 실용화 방안 및 합리적인 기술보급체계 구축이 중요함

4. 기술도입의 타당성

- 각국 영농조건, 영농형태 등이 다르므로 우리실정에 맞는 기술 개발 필요
- 농업부문에 외국에서 판매되고 있는 제품을 구입하여 사용할 경우 사업비의 증대 및 농업관련 제조업의 활성화 지장 초래

제 3 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발목표와 내용

가. 기술개발의 최종목표

- 관수로용 자동급수전 개발에 의한 수도작 포장내의 담수관리 자동화
- 관수로용 자동급수전 개발에 의한 논관개 시스템의 개선
- 말단포장의 자동 물관리에 의한 용수 및 관리노력 절감
- 관수로 말단의 용수배분 합리화 및 용수관리 업무를 지원하기 위한 분수량관리시스템 개발

나. 기술개발 내용

1) 자동급수장치 개발에 의한 논관개시스템 개선

- 물관리 자동화를 위한 관수로용 자동급수전 개발
 - 포장내의 수위를 감지하여 관수로 말단의 압력을 이용하여 무동력으로 작동하는 자동급수장치 개발
 - 현장시험에 의하여 급수장치의 수리현상 및 효과분석
- 자동급수전에 의한 논관개시스템 제안
 - 현행의 논관개시스템을 보완한 새로운 형태의 논관개시스템을 제안
 - 자동급수전에 의한 논관개시스템의 설계요령 정립
 - 포장규모에 따른 자동급수전의 크기 및 적정설치 개수 등의 설계요령 정립
- 자동급수전에 의한 담수위 관리방법 제안
 - 생육시기에 따른 관리수위 등을 검토하여 자동급수전에 의한 적정 물관리 방법을 제시
 - 자동급수전의 사용방법, 급수방법, 유지관리 방법을 사용설명서로 제시
- 자동급수전에 의한 용수 및 물관리 노력절감 효과 분석

- 기존의 물고조작 횟수, 시간, 관리현황과 자동급수전에 의한 물고조작 횟수, 시간, 관리 현황을 비교하여 분석
- 기존의 담수의 관리방법과 자동물고 설치시의 담수위 관리방법 차에 의한 용수량 절감효과를 현장시험에 의하여 분석

2) 관수로의 분수량관리 지원시스템 개발

○ 분수량 관리유형 현장조사

- 분수량 관리유형 조사분석
- 관수로 유형별 분수량 관리방법 조사분석

○ 관수로의 밸브개도계산 프로그램 개발

- 공급자 주도형의 물관리를 실시하는 지구에서 사용 가능
- 말단에서 필요한 용수량을 공급하기 위한 밸브개도 계산 프로그램 개발
- 관수로의 수리현상을 고려한 밸브개도 계산 기법 개발
- 밸브의 압력, 손실계수, 개도의 관계를 검토하여 밸브의 수리학적인 특성을 관계식으로 표현
- 현장시험에 의하여 밸브 종류별 특성식을 작성하여 프로그램에 적용
- 프로그램 작성 후 실제 사용량에 대한 밸브개도의 계산정도를 검토

○ 분수량관리 알고리즘 개발에 의한 D/B 작성

- 현장조사를 바탕으로 분수량 관리에 필요한 관리방법을 제시
- 분수량 관리 알고리즘을 이용하여 프로그램을 작성
- 분수량 관리내역을 주별, 원별로 작성하여 시기별로 사용량을 알 수 있도록 D/B를 개발
- 사용량 산정프로그램을 개발

2. 연차별 연구개발목표와 내용

가. 자동급수전에 의한 논관개 시스템 개발

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
1 차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전에 의한 논관개시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관수로 지구 논관개 시스템 유형 조사 <ul style="list-style-type: none"> -용수로를 관수로로 설계한 경지정리사업지구를 대상으로 용수로 유형을 조사분석
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전 설계 <ul style="list-style-type: none"> -급수전 규모 설계 -급수전 작동원리 설계 -급수전 설계도면 완성 ○ 시제품제작 <ul style="list-style-type: none"> -급수전 시제품 제작 ○ 급수장치 현장설치 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전을 경지정리 등 관수로 지구에 설치
2 0 0 0	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전에 의한 관개효과분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물관리노력 분석 <ul style="list-style-type: none"> -용수로를 관수로로 설계한 경지정리사업지구를 대상으로 물관리노력을 설문조사에 의하여 분석한다. ○ 용수량 절감 분석 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전에 의한 용수량 절감을 분석하기 위하여 자동급수전과 기존물고가 설치된 포장을 선택하여 유입량, 유출량, 사용량을 측정하여 분석 ○ 오염부하량의 저감 분석 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전과 기존물고가 설치된 포장에서의 N, P, COD의 유입부하량, 유출부하량을 측정하여 분석 ○ 유지관리상의 문제점 분석 ○ 관개효과의 경제성분석

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
2 차 년 도 2 0 0 1	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전에 의한 논관개시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논관개시스템 제안 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전에 의한 논관개시스템의 설계방안제시. -배관형태별 용수로조직의 설계요령 제시 -필지구모별(30a, 1ha)로 자동급수전의 적정 개소 수 및 크기 등 설계요령 제시
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 성능시험 <ul style="list-style-type: none"> -관수로 지구를 선정하여 시제품을 설치하여 현장 성능시험 실시 -성능시험을 실시하여 급수전의 수리학적 특성을 규명하여 설계자료로 활용 -현장에서의 유지관리상의 문제점을 분석 제시 ○ 자동급수전의 사용설명서 작성 <ul style="list-style-type: none"> -작동원리 및 사용방법, 유지관리상의 문제점 및 용수관리요령 제시
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동급수전에 의한 관개 효과분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물관리 노력분석 <ul style="list-style-type: none"> -용수로를 관수로로 설계한 경지정리사업지구를 대상으로 물관리 노력을 설문조사에 의하여 분석 ○ 용수량의 절감 분석 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전에 의한 용수량 절감을 분석하기 위하여 자동급수전과 기존물고가 설치된 포장을 선택하여 유입량, 유출량, 사용량을 측정하여 분석 ○ 오염부하량의 저감 분석 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전과 기존물고가 설치된 포장에서의 N, P, COD의 유입부하량, 유출부하량을 측정하여 분석 ○ 유지관리상의 문제점 분석 <ul style="list-style-type: none"> -자동급수전의 유지관리 측면의 문제점 조사 분석 ○ 관개효과의 경제성 분석

나. 관수로의 분수량관리 지원시스템 개발

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
1 차 년 도	○ 분수량관리 기법개발	○ 분수량관리 방법조사 -관수로지구의 분수량관리 방법 조사
	○ 분수량관리 시스템 개발	○ 분수량관리 알고리즘 개발 -분수공의 용수공급량 산정 알고리즘 개발 -데이터입력 알고리즘 개발 -밸브개도 계산 알고리즘 개발 -밸브조작개도 설정시의 유량계산 알고리즘 개발 -데이터 출력 알고리즘 개발 -분수공의 분수량, 개도 등 데이터관리 알고리즘 개발
	○ 개발 시스템의 검증	○ 밸브손실계수 측정 -시스템에 사용할 밸브특성치를 현장에서 측정 -밸브 특성치 측정은 밸브의 1차, 2차압과 유량을 밸브개도에 따라 측정 ○ 밸브특성식 검증 -밸브의 개도, 손실계수의 측정치로 특성식을 작성 -특성식을 프로그램으로 작성하여 계산한 계산치와 측정치와 비교하여 계산정도를 비교 ○ 마찰저항계수 측정 -관수로 수리계산에 사용할 Hazen-Williams의 유속계수C 측정
2 차 년 도	○ 분수량관리기법 개발	○ 분수량관리 기법 제안 -시스템에 의한 분수량관리 방법 제안 -관수로 시스템을 대상으로 제안
	○ 분수량관리 시스템 개발	○ 분수량관리 프로그램 작성 -분수공의 용수배분량 산정 프로그램 작성 -데이터입력 프로그램 작성 -밸브개도 계산 프로그램 작성 -밸브조작개도 설정시의 유량계산 프로그램 작성 -데이터 출력 프로그램 개발 -분수량, 개도 등 데이터관리프로그램 개발
	○ 개발 시스템의 검증	○ 정상류 해석 프로그램 검증 -현장을 대상으로 작성한 프로그램으로 손실수두 및 유량의 계산정도 검증 ○ 분수량 관리시스템 검증 -실제 공급량에 대한 밸브개도를 계산하여 이 값으로 밸브의 개도를 설정하여 이때의 공급량을 분수공에서 측정하여 공급량과 비교

* 연차별 연구개발 목표 및 내용과 그 연구개발 범위를 구체적으로 기술함.

** 연구개발 범위는 연구개발 내용에 대한 자료수집, 모델정립, 시제품 제작 등으로 서술함.

3. 추진전략 및 방법

가. 추진전략

1) 기본방향

- 대학, 산업체, 농기공이물관리 기술개발을 위하여 긴밀한 산학연합동연구체제 구축
- 농정방향 및 기술개발에 필요한 정보를 파악하여 적극활용
- 본 연구에서 개발되는 장치 및 기술은 현장의 실용성을 중점을 두고 개발
- 자동급수전에 의한 용수 및 노력 절감효과를 분석하여 계량화
- 자동급수전의 실용화를 위하여 개발단계에서부터 관련기관 및 설계부서에 적극 홍보

2) 협동연구 추진

- 협동연구체제를 구축하여 전문분야별로 역할을 분담하여 연구추진
- 자동급수장치 개발은 농기공에서 적극 추진하고 장치의 검증시험 및 효과분석, 프로그램 개발은 대학에서 기초적인 지식을 활용하여 검토
- 대학 및 공사가 긴밀한 협조체제하에 과업 수행

3) 실용화 추진

- 자동급수장치를 개발하여 경지정리 등의 용수로 설계에 활용할 수 있도록 실무자를 연구에 참여시켜 실무자의 의견을 적극 반영하여 신규사업지구 설계에 반영토로 노력
- 분수량 관리지원시스템을 현장을 대상으로 개발하여 연구완료와 동시에 실용화 실현하고 향후 집중물관리 시스템(TC/TM) 설계지구를 대상으로 물관리 지원프로그램으로 활용할 수 있도록 설계부서와 적극협조
- 연구완료 후 설계자를 대상으로 자동급수전에 의한 용수로 설계에 대한 실용화 교육 실시

4) 효과분석

- 자동급수장치를 개발하여 경지정리 등의 용수로에 적용했을 때의 물관리 노력 및 용수절감효과 및 오염부하량의 저감효과를 현장시험을 통하여 계량화한 수치로 제시

나. 추진방법

1) 기술정보수집

- 국내 및 선진국의 연구실적을 수집하여 조사분석
- 물관리실태, 효과분석 및 개선방안 도출을 위한 농가 및 관련기관 조사

- 선진의 물관리 사례 조사
- 관수로 설계지구의 설계사례조사

2) 관수로용 자동급수장치 개발

- 개발방법
 - 자동급수장치는 논의 물고로 활용이 가능토록 개발
 - 관수로용의 자동급수장치를 고안하여 관련 업체에 제작 의뢰
 - 자동급수장치는 초기 급수시는 수동으로 개방하고 개방후에는 논의 수위에 따라 자동으로 개폐되는 자동식으로 개발
- 현장시험
 - 관수로 사업지구를 선정하여 자동급수전을 설치하여 성능시험 실시
 - 용수절감효과, 노력절감효과, 오염량 저감효과를 분석하기 위하여 시험포 선정
 - 시험포에서 유지관리면에 있어서의 문제점 등을 조사분석
 - 시험포에 자동급수전을 설치하여 실용성 검증

3) 관수로 분수량관리 시스템 개발

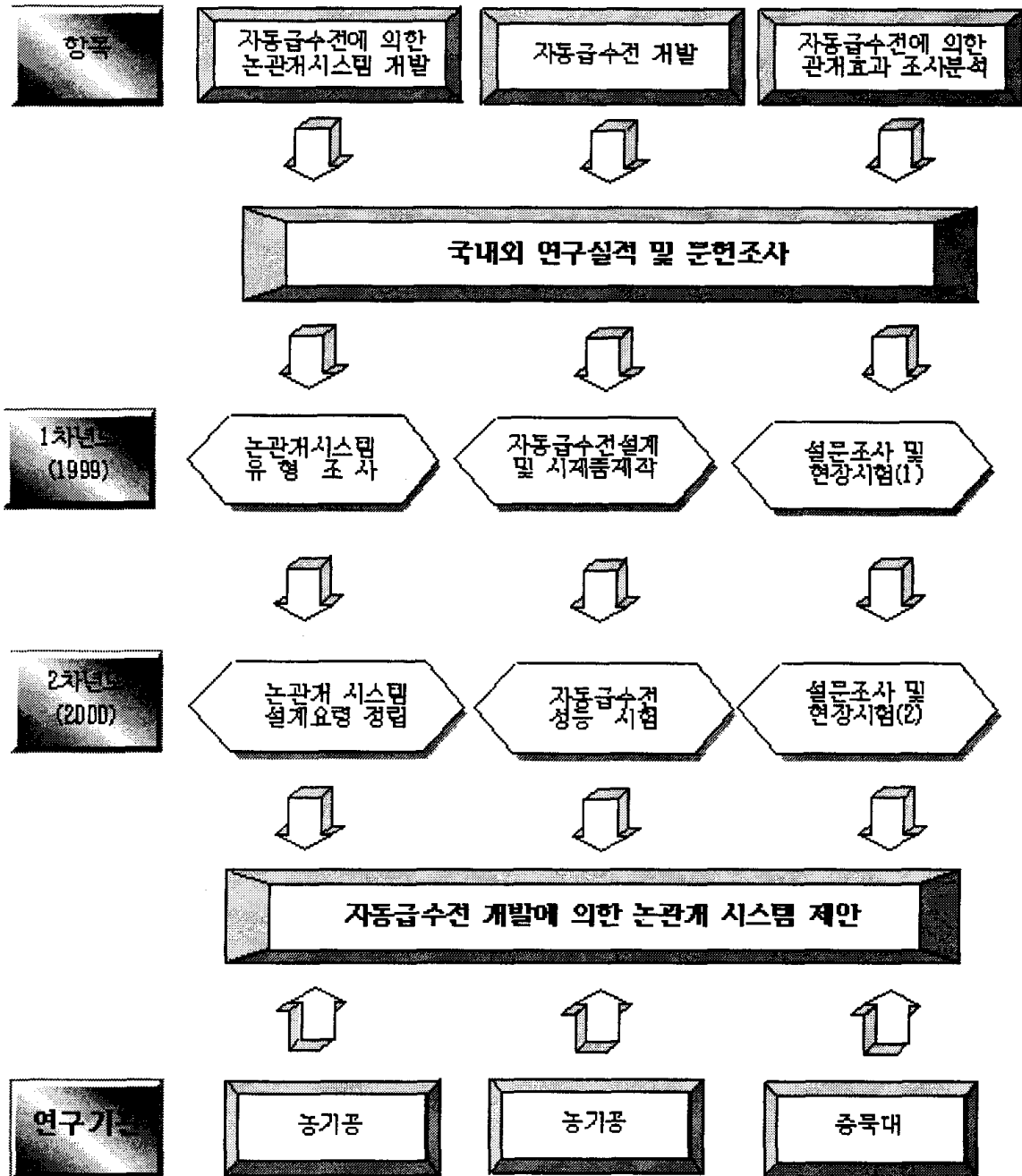
- 개발방법
 - 관수로 설치현장의 분수량 관리 방법을 현장조사를 통하여 분석
 - 현장조사결과를 바탕으로 물관리자가 사용할 수 있는 분수량 관리 방안 도출
 - 분수량 관리를 위한 컴퓨터 알고리즘 도출하여 이를 프로그램화
- 검증방법
 - 사업지구의 관수로를 대상으로 분수량 관리시스템 작성
 - 관수로 프로그램 작성시 마찰계수 및 밸브손실계수를 현장시험을 통하여 검증
 - 현장을 대상으로 분수량 관리방안을 제시하여 실용성을 검증하여 보급

4) 연구추진방법

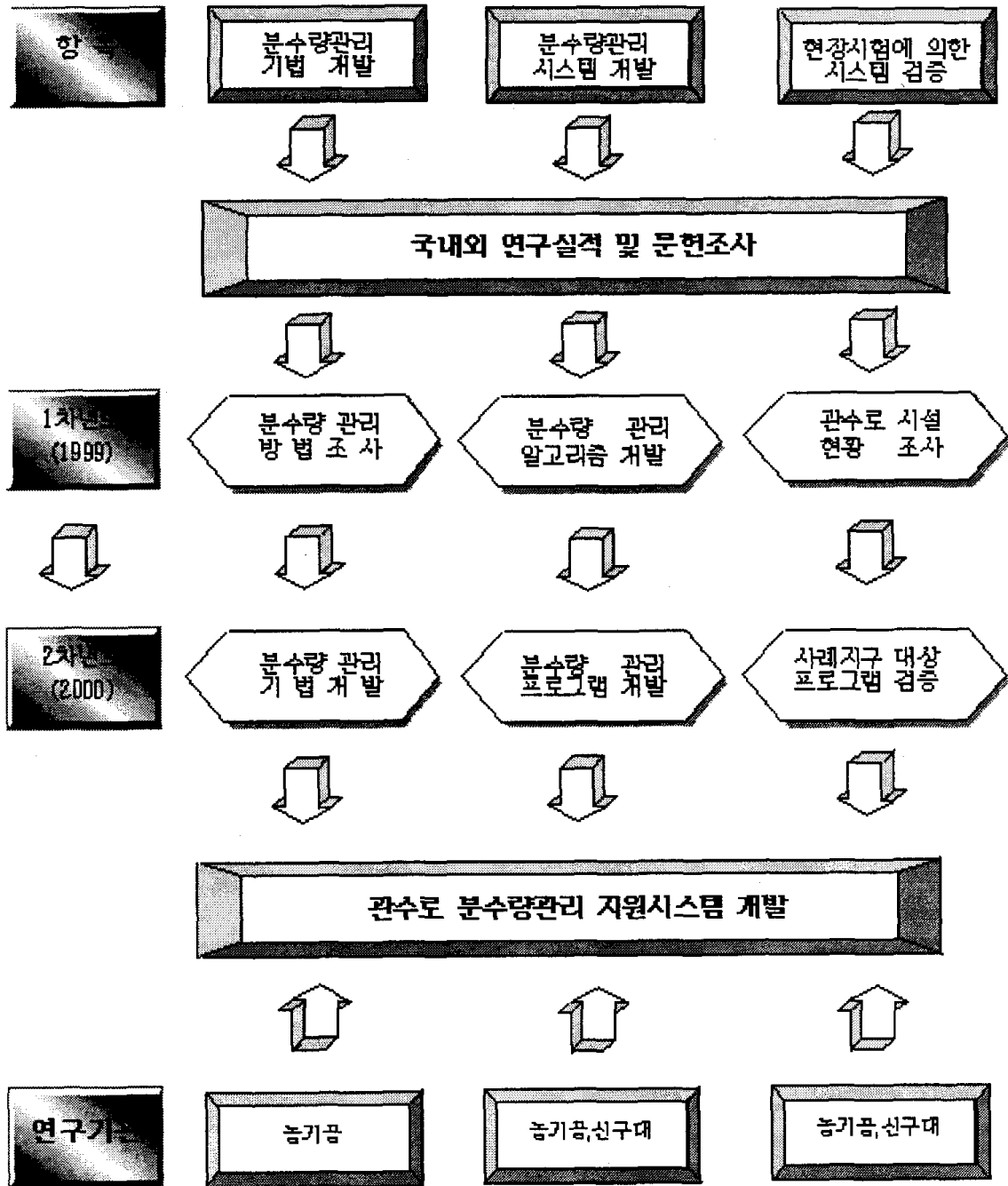
- 자동급수전 효과분석 시험 및 분수량관리 프로그램 개발은 대학의 기초지식과 인력을 활용하여 연구의 성과를 높일 수 있도록 위탁연구추진
- 효율적인 연구추진을 위하여 위탁연구기관과의 연구협의회 운영
- 1차년도에 분리형으로 개발한 자동급수장치를 장치의 단순화를 위하여 2차년도에 일체형으로 개발할 예정 임
- 현장에서의 막힘 현상을 방지하기 위하여 여과기의 규모를 키워서 유지관리가 용이토록 시험장치 보완
- 용수로가 간선, 지선, 지거까지 관수로로 시공된 지구로 현장시험을 확대하여 완전관수로인 지구의 사용량 절감효과를 측정하여 장치의 계량효과 분석 보강

4. 연구개발 추진체계

가. 자동급수전에 의한 논관개시스템 개발



나. 관수로의 분수량관리 지원시스템 개발



5. 국제공동연구개발 추진 계획

“해당사항 없음”

6. 기대효과

가. 기술적 측면

1) 자동급수장치 개발에 의한 용수로 정비수준 및 물관리 기술 향상

- 말단포장내의 용수로 시설수준을 1단계(토공수로에 의한 논두렁 물고), 2단계(콘크리트, 파이프 구조물에 의한 수동물고), 3단계(콘크리트, 파이프 구조물에 의한 자동물고)로 본다면, 말단포장내의 물관리 자동화를 위한 자동급수전을 개발하면 수도작 생산기반 정비수준의 획기적인 향상으로 인한 농업생산기반정비시설의 현대화 및 물관리 기술의 현대화에 기여
- 농업용 수리시설의 수원공, 용수로의 간선, 지선의 물관리를 위한 TC/TM장치 도입 등 농업용 수리시설의 현대화와 더불어 획기적인 물관리 기술의 전환이 이루어지고 있는 현 시점에서 용수로 말단의 물관리 자동화는 금후 추구해야 할 용수로 전체의 물관리 자동화 실현에 크게 기여할 것으로 판단됨
- 개발대상 자동급수전이 용수로가 관수로인 경우에 사용이 가능하므로 자동급수 전설치에 필요한 관수로조직 설계요령을 정립

2) 분수량관리 기법 및 시스템 개발에 의한 분수량관리 기술의 획기적 향상

- 농업용 간선수로가 콘크리트 및 관수로에 의하여 구조물화 되고, 수원공의 펌프 및 수로내의 수문 및 밸브의 원격감시, 원격제어 시설 도입에 의한 물관리의 자동화가 활발하게 추진되고 있는 단계임
- 물관리에 있어서의 수많은 지원프로그램의 하나인 관수로의 분수량 관리 프로그램은 농업용수 분수량 관리에 수리학적인 기법을 접목시킬 수 있는 고도화된 물관리 기술로서 향후 농업용수 물관리 기술의 선진화에 크게 기여할 것임

3) 사업추진 및 정책수립 자료로 활용할 수 있는 계량화된 효과분석 자료 제시

- 자동급수전을 설치하지 않았을 때의 물관리 노력과 설치 후의 물관리상의 노력을 비교하여 사업개발 및 정책추진 자료로 활용할 수 있도록 계량화된 효과분석

나. 경제 · 산업적 측면

1) 관련산업 활성화

- 경지정리 등에 관수로용 자동급수전을 설치하면 생산기반 정비수준의 향상과 더불어 농업관련 제조업의 활성화에 기여

2) 수자원개발 대체

- 말단포장의 자동급수장치에 담수관리를 하게 되면 생육시기별로 적정량 관개가 가능하여 농업용수 절감에 의하여 수자원개발 대체효과 큼

3) 전기 사용량 절감

- 최근에 용수로를 관로화 하면서 수원공이 양수장으로 되어 있는 지구가 증가하고 있으나 말단의 적정담수심 관리에 의하여 용수절약이 가능하게 되면 수원공의 양수기의 가동시간을 줄여 전기 사용량 절감

4) 물관리 노동력 절감

- 관수로용 자동급수전에 의하여 용수를 공급하게 되면, 간단관개, 유회관개 실시가 용이하고, 적은 인원으로 관리할 수 있어 노동력 절감효과 큼

5) 자동급수전 개발에 의한 특허권 확보

- 자동물고를 개발하면 특허권을 확보할 수 있어 제품가격을 다운시킬 수 있음

4) 수입대체

- 자동급수전 개발로 수입대체 효과 기대

5) 산학연 연대 기술개발

- 산업체, 대학, 연구소가 공동개발을 하여 각 분야의 균형발전과 분산되어 있는 기술력 응집에 의하여 기술 개발 가능

6) 농업기반시설의 현대화 효과

- 자동급수전 개발에 의한 용수로 부대시설 현대화

7. 활용방안

- 경지정리지구 용수로설계에 적용
- 농업생산기반정비의 정비수준 향상을 위한 방향설정자료로 활용
- 관수로의 물관리에 활용
- 집중물관리시스템의 지원프로그램으로 활용

제 2 장 자동급수장치 개발

제 1 절 서론

농업 용수로는 70년대에는 토공수로가 대부분이었으나, 이때부터 농업용수로에 관수로가 이용되기 시작하여 80년대 후반부터 경지정리지구의 용수로에 시범적으로 설치되기 시작하였다.

관수로는 유입부 및 도중의 오염수의 유입차단, 용수의 효율적인 이용, 수초제거 불필요 등의 유지관리 용이, 경지이용율 증대 등 관수로의 다양한 장점에 의하여, 90년대부터 확대 보급되어 경지정리사업, 간척개발사업 등에 활발하게 이용되고 있다.

특히, 94년부터 시행하고 있는 받기반정비사업의 경우 수혜지가 경사지에 위치해 있어 지형의 영향을 받지 않고 수압에 의하여 용수공급이 가능한 관수로를 사용하고 있다.

관수로의 말단에는 급수량 조절을 위하여 눈에 수동식밸브를 설치하여 사용하고 있어 밸브만 조작하면 용수조절이 가능하여 개수로보다 급수관리가 용이하다. 그러나, 용수로는 관수로인 경우 급수밸브를 적기에 차단하지 않거나 개방한 채로 방치하면 필요수량 이상으로 취수되어 물관리 손실량이 늘어난다.

말단포장의 과잉취수를 방지하기 위해서는 필요수량이 공급된 후에는 급수밸브를 폐쇄해야 할 필요성이 있으나, 현재 설치되어 있는 수동식 급수밸브는 개폐조작을 인력에 의존하고 있기 때문에 적기의 급수차단이 어려워 방류손실이 많은 실정이다.

본 연구에서는 말단포장에서의 과잉취수 현상을 방지하기 위하여 담수상태에 따라 자동적으로 개폐되는 관수로용 자동급수장치를 개발하여 현행의 수동급수장치 부착형 관수로 시스템을 개선한 자동급수장치 부착형 관수로 시스템을 제안하였다. 이와 같은 자동급수장치 부착형 관수로 시스템을 용수로 조직으로 활용하면 물관리 손실 및 관리 노력을 획기적으로 절감할 수 있다.

제 2 절 관수로 지구 논관개 시스템

1. 관수로 시스템 유형

<표 2.2.1>은 '89~'95년 사이에 경지정리지구에서 관수로가 시공된 지구이다. 이들 지구는 간·지선이 개수로이며 지거가 관수로인 복합 용수로 형태이며, 간선이 개수로인 형태이기 때문에 수압측면에서 보면 저압 관수로 형태이다.

<표 2.2.1> 경지정리지구

구분	원부	송선	용풍	구천	모흥	덕곡
시행년도	'89	'90	'91	'92	'93	'95
면적(ha)	24.2	57	27.7	20.6	14.9	166.17
연장(m)	1,224	1,738	1,434	950	937	10,670
관경	φ 200, φ 250	φ 200	φ 250	φ 250	φ 150	φ 200~φ 350

<자료 : 관수로 시험연구사업 보고서, 1997.12, 농지개량조합연합회>

관수로 지구의 관개면적은 덕곡을 제외하고는 10~57ha로 소규모이며, 관경은 200~300mm로 소형관으로 시공되어 있으며, 관의 전체 연장도 덕곡지구를 제외하고는 1~2km로 짧아 90년대 초반은 소규모로 계획시공 되었다.

이들 관수로지구의 용수로 시스템 유형을 분류하면 <표 2.2.2>와 같다. 대부분의 관수로 유형이 간·지선이 개거, 지거가 관수로인 Type1이다. 간·지선이 관수로이며 지거가 개수로인 Type2는 금암지구, 용수로는 전부 관수로인 Type3는 해남지구 등이다. 현재까지 가장 많이 설치되어 있는 관수로 시스템 유형은 Type1이다.

<표 2.2.2> 관수로 시스템 유형

유형	수로조직	지구명
Type1	간·지선(개수로)+지거(관수로) +급수장치(수동밸브)	원부, 송선, 용풍, 구천, 모흥, 덕곡, 우성, 해남(2공구)지구
Type2	간·지선(관수로)+지거(개수로) +급수장치(개수로용 물고)	금암지구
Type3	간·지선(관수로)+지거(관수로) +급수장치(수동밸브)	해남(3공구)지구

Type1은 간선이 개수로, 지선·지거가 관수로인 복합수로 형태로 되어 있다. 개수로와 관수로의 연결부에는 부유물 유입방지를 위한 스크린(15mm×15mm)과 수문이 설치되어 있으며, 스크린 다음에는 토사유입 등을 차단하기 위한 침사지가 설치되어 있고, 관수로 말단에는 급수장치가 설치되어 있다.

이 시스템은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- 개수로에서 취수하기 때문에 관수로에 걸리는 수두차가 적어 말단부에 가면 급수가 불가능한 경우가 발생한다.
- 관수로 유입부 스크린에 수초 등 부유물이 부착되어 통수장애가 발생한다.

Type2는 간·지선이 관수로이며 지거가 개수로인 복합수로 형태로 되어 있다. 관수로와 개수로의 연결부에는 분수시설이 설치되어 있으며, 지거인 개수로에는 개수로용의 급수장치가 설치되어 있다. 이 스타일은 분수시설에 설치되어 있는 조절밸브로 관개량을 조절하고 있기 때문에 공급자가 분수공의 밸브를 적절하게 통제하면 공급자 주도형의 물관리가 가능하다.

Type3은 간·지선, 지거의 용수로 전체가 관수로인 수로형태로 말단에 수동식 밸브가 설치되어 있는 형태이다. 이 유형은 용수호가 전체가 관수로이기 때문에 용수로 자체의 손실수량은 적으나, 수요자가 임의로 개폐하여 급수하기 때문에 급수밸브를 적기에 잠그지 않으면 과잉으로 취수되는 현상이 발생되기 때문에 물관리에 상당한 주의를 요하는 스타일이다.

이와 같은, 과잉취수는 용수가 필요한 만큼 관개되었을 때 관리자가 용수공급을 중단하던지 아니며 사용자가 관개가 끝난 후에 취수를 중단해야하는 등의 조치를 취하지 않으면 물관리 손실을 줄일 수 없다.

관수로 유형을 물관리 측면에서 분석하면 Type1, Type2는 물관리의 주도권을 공급자가 가지고 있는 공급자주도형이며, 이 형태는 공급자의 허가 없이는 관개가 불가능한 유형이다.

Type3은 물관리의 주도권을 수요자가 가지고 있는 수요자주도형이며, 이 형태는 관로내에 물이 차있는 경우에는 언제든지 수요자 중심으로 관개가 가능한 용수로 시스템으로 농업용수로의 이상적인 수로형태라 할 수 있다.

2. 관수로 지구 사례

가. 간척개발사업지구

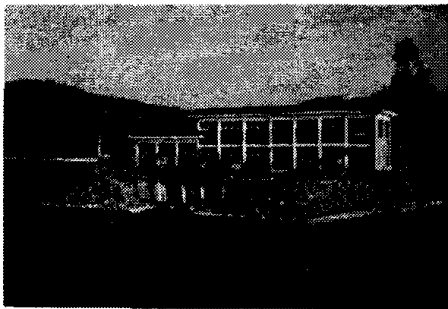
1) 일반현황

- 사업명 : 해남지구 간척농지종합개발사업
- 위치 : 전라남도 해남면 해남읍 외 4개면 (황산, 화산, 삼산, 익산)
- 사업기간 : 1987 ~ 2001
- 지구면적 : 총 1,831ha (2공구 1,065ha, 3공구 766ha)

2) 수리시설현황

〈표 2.2.3〉 수리시설현황

구분	계	2공구	3공구
양수장	2개소	250HP×650mm×3대	260HP×650mm×2대 250HP×600mm×2대
용수로(m)	285조 179,692	164조 106,771	121조 72,921
배수로(m)	285조 161,178	167조 97,842	118조 63,336
개발면적		1,065ha	766ha



(a) 연곡양수장



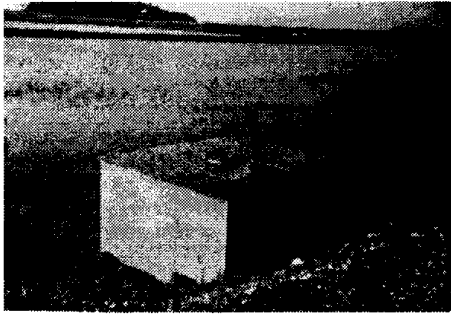
(b) 관수로 유입부 취수문



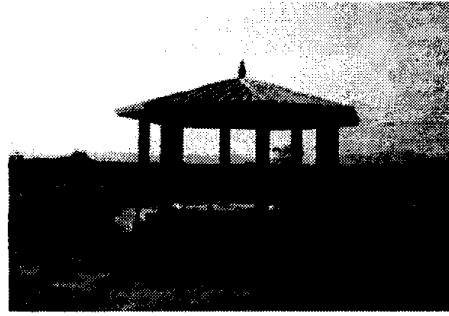
(c) 취수문의 스크린



(d) 관수로 유입부 침사지



(e) 제수밸브 보호공



(f) 정자

<그림 2.2.1> 수리시설전경

3) 수로조직 분석

<표 2.2.4> 수로조직 형태

구 분		2공구	3공구
수 원 공		양수장 + 토출조	양수장 + 배수조
용수로	간선	콘크리트라이닝수로(개수로)	관수로(도복장강관)
	지선	콘크리트라이닝수로(개수로)	관수로(PE관)
	지거	PE관(관수로)	관수로(PE관)
말 단		관수로용 수동급수전	관수로용 수동급수전
수로조직 유 형		<유형 I> 간, 지선(개수로)+지거(관수로)+ 말단(수동급수전)	<유형 II> 간선, 지선, 지거(관수로)+ 말단(수동급수전)

<표 2.2.5> 관수로 형식 분류

구 분	2 공 구	3 공 구
수 로 형 식	반폐쇄식: 지거관로의 시점부에 침사지를 배치	폐쇄식: 배수조부터 말단까지 자유수면부 가 없음
배 관 방 식	분기형: 지거관로에서 급수전까지의 관 로가 나무가지 모양으로 배치되 어 있음	가지형: 좌동
송 수 방 식	자연압방식: 간·지선 수로의 수위와 말단급 수전의 수두차에 의하여 자연압 으로 관개	자연압방식: 배수조에서 말단까지는 배수조 수 위와 말단 급수전의 수두차에 의 하여 송수

〈표 2.2.6〉 말단 급수장치(수동식)

관개면적(ha)		급수장치	구경(mm)	설치갯수	
				ha당	계
2공구	1,089	농업용분사밸브 (아성밸브)	150	1개/ha	1,089개
3공구	685	콘밸브형급수전 (대림산업)	150	1개/ha	685개

나. 경지정리지구

1) 일반현황

- 사업명 : 우성지구대구획경지정리사업
- 위치 : 충청남도 공주시 우성면 방문리외 3개리
- 사업기간 : 1996.10~1997.8
- 지구면적 : 총 191ha

2) 수로조직 분석

〈표 2.2.7〉 수로조직

구분	내역	
수원공	보(하천)	
용수로	간선	콘크리트라이닝수로(개수로)
	지선	콘크리트라이닝수로(개수로)
	지거	PE관(관수로)
말단	수동급수전	
유형	간선(개수로)+지선, 지거(관수로)+말단(수동급수전)	

〈표 2.2.8〉 관수로 형식 분류

구분	내역
수로조직	반폐쇄식: 지거관로의 시점부에 침사지를 배치
배관방식	가지형: 지거관로에서 급수전까지의 관로가 나무가지 모양으로 배치되어 있음
송수방식	자연압방식: 간·지선 수로의 수위와 말단 급수전의 수두차에 의하여 자연압으로 관개

〈표 2.2.9〉 말단급수장치

관개면적(ha)	급수장치	관경(mm)	설치갯수	
			ha당	계
1,089	HRB급수기 한중산업	100	3개/ha	240개

3. 관수로용 급수장치 현황

관수로 지구에서 사용하는 관개용 급수장치는 급수밸브 및 보호통으로 구성되어 있으며, 급수밸브는 농수산용 분사밸브 및 나이프게이트 밸브, 상수도용 게이트밸브가 일반적으로 사용되고 있으며, 보호통은 대부분 폴리에틸렌관, 파형강관, 콘크리트 박스 등이 사용하고 있다. 급수장치는 인력에 의하여 개폐하는 수동식이다.


가. 급수장치 종류

포장에 설치되어 사용하고 있는 급수장치는 아래 표와 같다. 그러나, 최근에는 개수로용 자동급수장치가 개발되어 경지정리지구에 사용되고 있다.

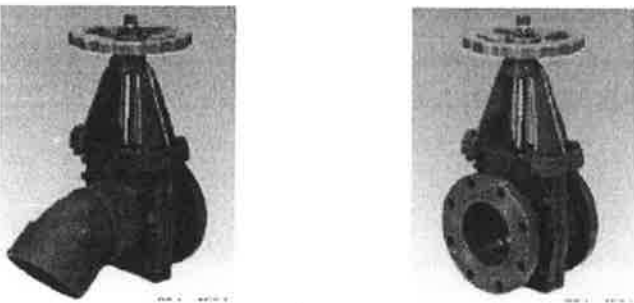
<표 2.2.10> 급수장치의 종류

명칭(제품)	규격(mm)	적용수로	작동방식
농수산용 분사밸브	구경 80, 100, 125, 150	관수로	수동식
농수산용 나이프 게이트 밸브	구경 80, 100, 125, 150	관수로	수동식
콘밸브형 급수전 (분수밸브 PEM-S 600)	-	관수로	수동식
HRB급수개폐기	150, 250, 300	개수로	수동식
농업용 용수조절장치	-	개수로	수동식
기타(앵글밸브, 볼밸브조립품)	-	관수로	수동식


1) 농수산용 분사밸브

구 분	내 역
사 양	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재 질 : 합성수지 ○ 제조규격 : 80, 100, 125, 150mm ○ 허용압력 : 7.5kgf/cm²
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분리보관에 의한 내구성 증대 ○ 분사에 의한 산소함량증가 및 작물생육촉진 ○ 커버에 의한 바닥훼손 방지
적용수로	○ 관수로
제 조 사	○ 아성밸브
	
사 진	


2) 농수산용 나이프게이트밸브

구 분	내 역
사 양	<ul style="list-style-type: none"> ○ 밸브본체 : 나이프밸브 ○ 제조규격 : 80, 100, 125, 150mm ○ 재 질 : 합성수지 ○ 허용압력 : 7.5kgf/cm²
특 징	○ 밸브본체가 나이프 모양으로 제작되어 비닐 등 부유물 제거가 용이 함
적용수로	○ 관수로
제 조 사	○ 아성밸브
	
사 진	

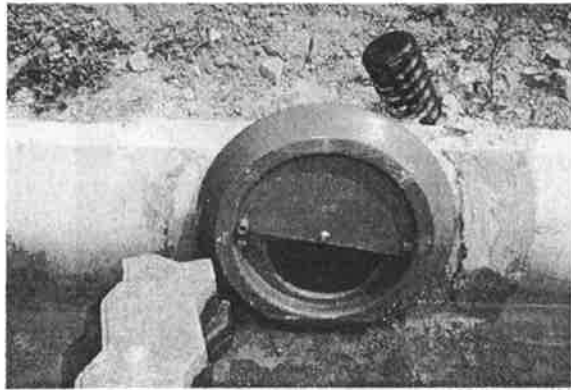
3) 콘밸브형 급수전(분수밸브 PEM-S 600)

구 분	내 역
사 양	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재질 - 보호 공 : PE관 - 밸브규격 : 150mm - 변체재질 : PE - 손 잡 이 : 스텐레스
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저압에서 사용가능 ○ 급수량은 핸들을 조작하여 콘밸브의 개도로 조절
적용수로	○ 관수로
제 조 사	○ 대림산업
	
사 진	


4) HRB급수개폐기(레진물반이 부착형)

구 분	내 역
사 양	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재질 - 물반이통 : 레진수지 - 제조규격 : 150, 250, 300mm - 바 킹 : EDPM - 부 이 : PE - 당 김 줄 : 스텐레스
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저압에서 사용가능 ○ 급수량은 당김줄의 길이를 조절하여 부이의 개방정도에 의하여 조절
적용수로	○ 개수로
제 조 사	○ 한중산업
	
사 진	

5) 농업용 용수조절장치

구 분	내 역
사 양	○ 재질 : 폴리에틸렌
특 징	○ 설치장소가 용수로측에 있으므로 농작업에 지장이 없다 ○ 용수량을 임의로 간단하게 조절할 수 있다. ○ 설치가 간단하다.
적용수로	○ 개수로
제 조 사	○ 동주산업주식회사
	
사 진	

※ 수위조절기 (레진물받이 부착형)

구 분	내 역
사 양	○ 제조규격 : 150mm ○ 재 질 - 물받이통 : 레진수지 - 수 문 : 레진수지 - 손 잡 이 : 스텐레스
특 징	○ 포장의 배수로 근처에 설치하여 수문을 개폐하여 배수위 조절
용 도	○ 포장내의 배수 수위 조절
제 조 사	○ 한중산업
	
사 진	

나. 급수장치 현장시공 사례

1) 해남지구

<표 2.2.11> 급수장치 설치내역

관개면적 (ha)		급수전					보호공			비고
		종류	구경 (mm)	갯수		단가 (원)	규격	재질	단가	
				ha당	계					
2 공구	1,089	농업용 분사밸브 (아성밸브)	150	1개/ha	1,089개	200,000	원형 600mm	PE관	-	밸브, 보호공 분리
3 공구	685	콘밸브형 급수전 (대림산업)	150	1개/ha	685개	300,000 보호공 포함	원형 600mm	PE관	-	밸브, 보호공 분리



(a) 콘밸브형 급수전



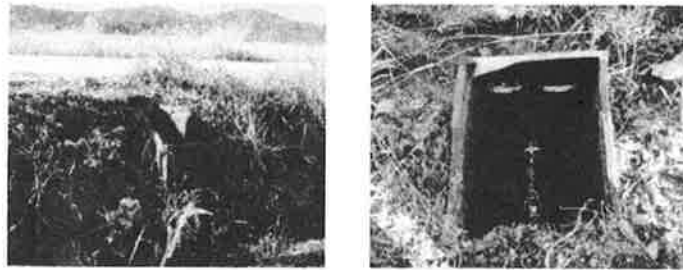
(b) 분사밸브형 급수전

<그림 2.2.2> 덕곡지구 급수장치

2) 우성지구

<표 2.2.12> 급수장치 설치내역

관개 면적 (ha)	급수전				보호공			유형	
	종류	관경 mm	설치갯수		단가	규격	재질		단가
			ha당	계					
80	H R B 급수기 한중산업	100	3개/ha	240개	95,000원 보호공 포함	박스 400× 490× 760	합성 수지	-	일체형 (밸브, 보호 공 일체)



<그림 2.2.3> 우성지구 급수장치

3) 덕곡지구

<표 2.2.13> 급수장치 설치내역

관개 면적 (ha)	급수전				보호공			비고	
	종류	구경 mm	갯수		단가	규격	재질		단가
			ha당	계					
147	농업용 분사밸브 (아성밸브)	75	3개/ha	562개	-	박스 660× 660× 680	콘크리트 2차 제품	-	밸브 보호공 분리
	나이프 밸브 (아성밸브)	75	3개/ha	138개	-				



<그림 2.2.4> 덕곡지구 급수장치

4) 강서지구

〈표 2.2.14〉 급수장치 설치내역

관개 면적 (ha)	급수전					보호공			유형
	밸브 종류	관경 mm	갯수		단가	규격	재질	단가	
			ha당	계					
275	게이트 밸브	50	소유자 별 1개 3개/ha	834개	340,000 원/개	660× 680	수도 미터기 보호통 플라스틱	150,000 원/개	밸브 보호공 분리



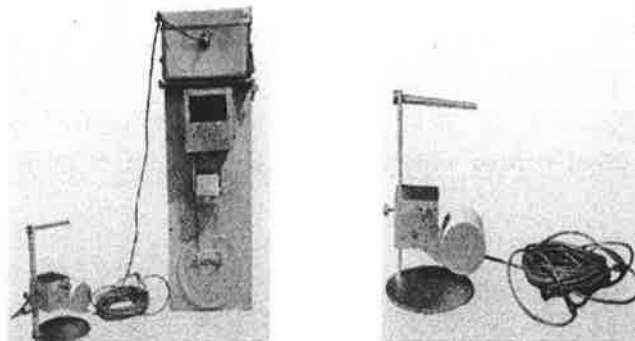
〈급수장치〉



〈보호통〉

〈그림 2.2.5〉 강서지구 급수장치

5) 자동식 급수장치



〈그림 2.2.6〉 개수로용 자동급수장치

- 개수로에 사용되고 있는 자동식 급수장치
- 동력사용 : 전지로 작동

4. 관수로 시스템 설계

가. 개요

관수로 설계는 관개목적, 입지조건 등의 필요한 정보를 파악하여 관수로를 구성하는 제반시설과 그 외 관련 수리시설 등을 유기적으로 연결하여 하나의 시스템으로서 기능을 발휘할 수 있도록 설계해야 한다. 관수로 시스템 설계시 고려할 사항은 다음과 같다.

- 송·배수능력의 확보
- 분수기능의 확보
- 안전기능의 확보
- 물관리, 시설관리의 합리성
- 건설비와 유지관리비의 경제성
- 주변환경과의 조화

관수로의 형식 및 물 사용방법에 따라서 공기의 집적에 의하여 유량이 단절되는 사태가 발생할 수 있다. 이것은 관수로 관리상 바람직하지 않기 때문에 통수 후 관로 내의 공기를 배출시킬 수 있는 구조로 하지 않으면 안 된다. 또한, 농업용수는 미세한 모래, 부유토사를 함유하고 있기 때문에 이를 배제할 수 있는 침사지 유말공을 설치하여야한다.

나. 관수로의 조직설계

1) 관수로조직 계획

관수로조직은 관로시설의 배치방식, 배관방식, 송배수방식, 제반시설의 기능을 검토하여 계획한다.

가) 배치방식의 검토

관수로는 구성요소에 에 따라 배치방식을 개방형(Open type), 폐쇄형(Closed type), 반폐쇄형(Semi-closed type)으로 분류할 수 있으므로 지구특성을 고려하여 조직을 계획한다.

① 개방형(Open type)

개방형은 관수로 중간에 상하류의 표고차가 그다지 크지 않은 위치에 자유수면을 가진 수조를 배치한 형식이다. 이 수조는 감압작용 외에 분수 및 방류기능을 겸하는 것이 일반적이다. 조압수조와 조압수조 사이는 필요에 따라서 분수공(급수공)을 설치한다. 이 형식은 조정지까지의 간선수로 및 논관개 용수로에서 많이 이용된다. 이 형식은 개수로에 준한 수로형식이며 노선중의 수문 및 밸브를 이용하여 수량을 조

절하며 잉여수는 전부 방류되므로 수원수량이 적어 절수가 필요한 지구는 조정지 등을 설치하여 무효방류 방지대책을 세워야 한다.

② 폐쇄형(Closed type)

폐쇄형은 상류의 수원에서 말단의 분수공까지 폐수로 되어 있고, 말단의 급수밸브를 조작하여 소요수압, 수량을 얻을 수 있는 형식으로 급수에 적정압력을 필요로 하는 경우에 적당하다.

③ 반폐쇄형(Semi-closed type)

반폐쇄형은 관로 도중에 자유수면을 가진 저수조를 설치하여 수조에 플로트 밸브를 설치하여 무효방류가 발생하지 않도록 한 구조이다. 이 형식은 하류 측의 밸브를 개방하여 물을 사용하면 수조의 수위가 저하된다. 그 후 일정수위(L. W. L)에 도달하면 플로트 밸브(디스크 밸브)가 작동하여 수위가 자동으로 회복된다.

나) 배관방식 계획

배관방식에는 가지형배관과 관망배관이 있으며 지구의 지형형상, 크기, 수원위치, 지배면적 등의 제반조건을 검토하여 계획한다.

① 가지형(분기형)배관

가지형 배관은 관로가 간선, 지선으로 순차적으로 분기하여 물이 말단을 향하여 일정방향으로 흐르는 방식이다.

② 관망배관

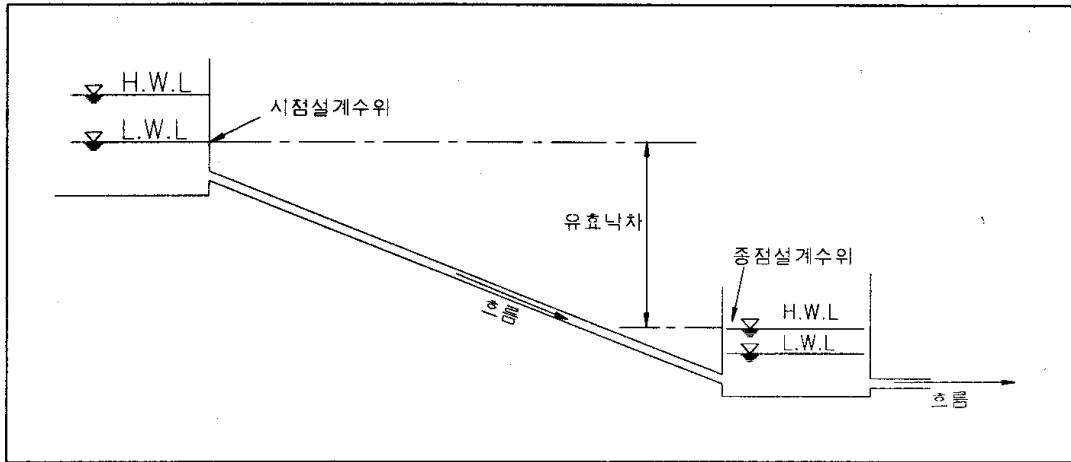
관망배관은 관로가 거미줄 모양으로 연결되어 사용 급수전의 수압에 의하여 관내의 물은 정·역 방향으로 흐름을 바꾸어 흐른다. 따라서 관망배관은 폐쇄형에만 적용할 수 있다.

다) 송·배수방식 검토

송배수 방식은 수원공, 지구의 지형상의 특성을 고려하여 검토한다.

① 자연압식

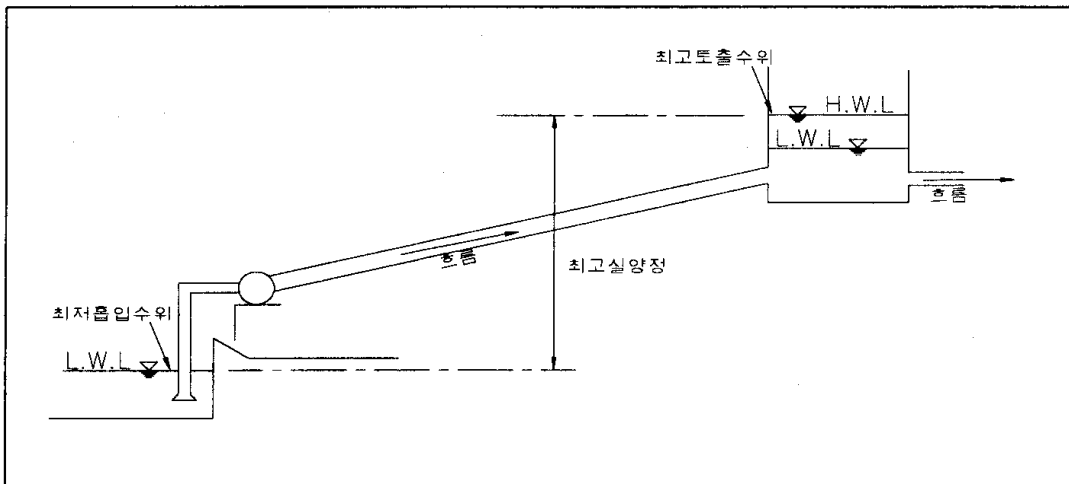
지형상의 수압차를 이용하여 관개하는 방식이다.



<그림 2.2.7> 자연압식

② 배수조방식

송·배수에 충분한 수두를 얻을 수 있는 장소에 배수조를 설치하여 이곳에 일단 펌프로 양수한 후에 자연압으로 송·배수하는 방식이다.



<그림 2.2.8> 배수조방식

③ 펌프직송식

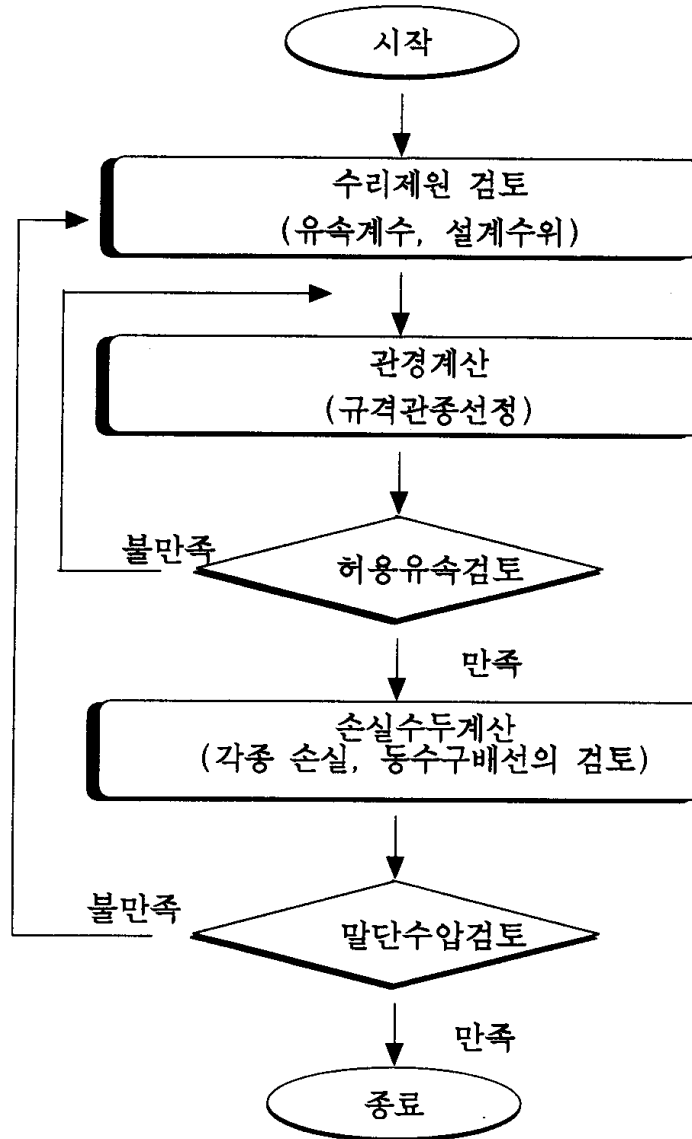
소정의 수압이 필요한 경우에 직접 펌프에 의하여 압송하는 방식이다. 특히 관계 면적이 소규모인 경우에 한하여 배수조 부근에 압력수조식 가압펌프를 설치하는 경우도 있다.

2) 노선선정

노선선정은 일반적으로 공사가 용이하며 노선연장이 짧고 시설관리에 편리한 노선이 최적노선이라 할 수 있으나 이와 같은 조건을 만족하는 것은 상당히 어렵다. 노선은 전체 시스템의 경제성에 의하여 좌우되며 관수로화의 필요성, 사회적 배경, 사고 발생시의 복구공사비 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3) 관경설계

가) 설계순서



<그림 2.2.9> 관경설계순서

나) 관경계산

(1) 계산식

Hazan-Williams공식을 변형 m^3/s 한 식으로 구경(D)을 계산한다.

$$D = 1.6258 C^{-0.38} Q^{0.38} H_f^{-0.205} l^{0.205} \quad (2.1)$$

여기서 C : 유속계수

Q : 설계용수량()

H_f : 수두차(손실수두의 합)(m)

l : 관길이(m)

(2) 준비사항

- 노선 및 분수공 설치지점을 확정한다.
- 말단의 분수공에 대한 지배면적 및 단위용수량으로 설계용수량을 결정한다.
- 상류, 하류, 중간수조 등의 설계수위(H.W.L과 L.WL)를 결정한다.
- 말단의 압력을 설정한다. 발관개 지구는 스프링클러 등 관개장치를 사용할 수 있도록 말단압력을 충분히($2\sim 3\text{kgf/cm}^2$) 확보한다.

(3) 계산순서

① 1차시산

- Hazen-Williams 공식을 사용하여 관로구간별로 손실수두를 계산한다.

$$H_f = 10.67 C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} L \quad (2.2)$$

- 상류수위로부터 관로손실수두를 제하여 하류수두를 결정한다.
- 상하류 수두차로부터 상기 (2.1)식을 사용하여 관로구경을 산정한다.
- 상기에 의하여 산정한 구경을 시중에서 판매하고 있는 규격관로의 상위관로를 선택한다. (이때 사용할 관종을 가정한다.)

② 2차시산

- 규격관로로 관로구간의 손실수두를 계산한다.
- 상류수위로부터 관로손실수두를 제하여 하류수두를 결정한다.
- 상하류 수두차로부터 관로유속을 계산하여 유속이 설계유속 범위에 들어 있는지 확인하여 구경을 조정하면서 말단수두가 충분하도록 설계한다.

(4) 설계조건

① 유속계수: 지구의 특성 등을 고려하여 후보 관종을 선정하여 유속계수를 정한다. 유속계수는 설계기준에 정하는 수치의 10%정도를 적게 설정하여 미소손실을 고려한다.

② 수위경계: 관경은 수리단위별로 결정하기 때문에 자유수면이 있는 곳의 수위조건설정이 중요하다. 관경계산시 상류수위는 L.W.L, 하류수위는 H.W.L을 사용하여 설계한다.

③ 설계한계유속: 설계유속은 농업용 관수로 설계시공지침에 제시되어 있는 한계유속을 기준으로 한다. 관로내의 부유물의 퇴적을 방지하기 위하여 최소유속은 0.3m/s 이상으로 설계한다.

<표 2.2.15> 허용최대평균유속

관 종	유속(m/s)
콘크리트관(흙관, PC)	3.0
강관(SP)	6.0
주철관 또는 닥타일 주철관(DCIP)	6.0
폴리에틸렌관(PE)	6.0
강화플라스틱복합관(FRPM)	6.0

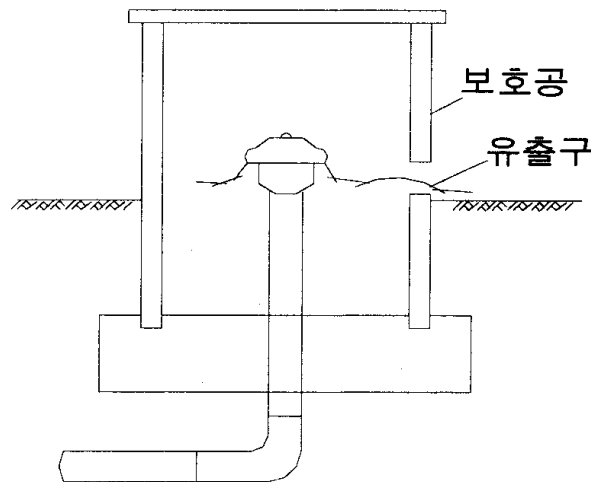
④ 설계(안) 설정:수리해석을 한가지 안으로만 검토할 경우 그 이외의 수리현상에 대한 검증이 되질 않아 설계가 실패할 수가 있다. 이러한 경우를 보완하기 위해 여러 개의 안을 제시하고 이 안들 중에서 최선의 안을 선택하도록 한다.

다. 부대시설

파이프라인은 사용목적, 지형, 송수방식, 수로형식, 관개방법 및 제어방식 등의 제반조건에 따라 소정의 부대시설을 적절한 곳에 배치하여 관개시설로서 사용하고 있다. 따라서 관개용수를 원활하게 배분하려면 이들 부대시설의 구조, 기능 등을 충분히 파악하여 설계해야 한다.

1) 급수전

파이프라인에서 포장으로 급수하기 위한 장치이다. 파이프라인의 물을 지상으로 끌어내는 급수전은 지거에 정T관(말단에서는 곡관)을 설치하고, 그 위에 라이저(riser)관을 세워서 상부에 급수전을 설치한 구조이다.

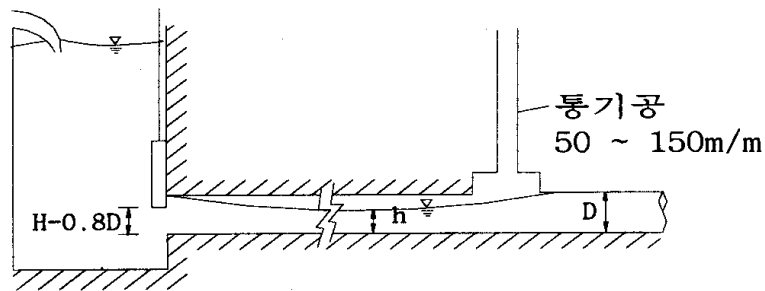


<그림 2.2.10> 분사밸브형 급수전

2) 통기시설

관로에 통수할 때의 관로 밖으로의 배기, 관로를 단수하고 배수할 때 관내가 부압으로 되어 외압에 의해서 관이 파손될 위험이 있을 때 관로내로 공기 흡기, 유체 중에 혼입·용해되어 있는 공기가 관로凸부에 적체되었을 경우의 배기, 과도적인 압력 강하에 의한 부압방지, 수격압을 완화시키며 감압 등의 역할(통기스탠드)을 한다.

통기공은 관로쪽의 입구에 설치하여 수문 직하류의 관로의 공기배제 및 공급을 위해 설치한다. 통기공은 관로 유입구의 직하류에 설치하며 입구로부터 관로 구경과 거의 같은 위치에 <그림 2.3.17>과 같이 직경 50~150mm의 파이프를 설치한 구조이다.



<그림 2.2.11> 통기공의 설치 예

3) 공기밸브

파이프라인(매설관 및 수관교 등)의凸부에 설치하여, 관내의 공기배제와 관내로의 공기공급을 위하여 사용한다. 공기밸브의 종류는 <표 2.3.1> 과 같다.

가) 수도용 공기밸브

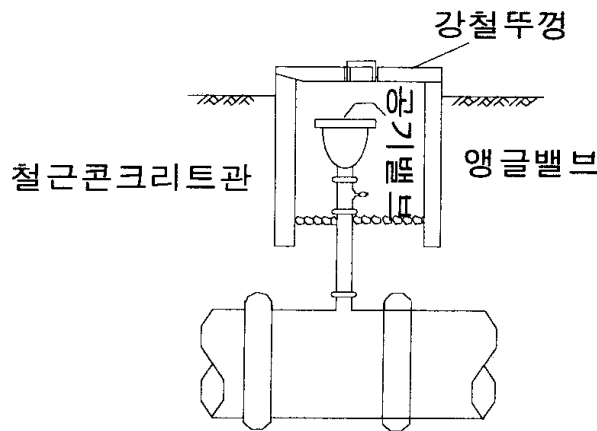
수도용 공기밸브는 급속(急速), 단구(單口), 쌍구(雙口)밸브가 있고, 400mm 이상 특히, 공기의 유출입이 많은 관로는 급속 또는 쌍구 공기밸브를 사용한다. 급속 공기밸브는 단구, 쌍구 공기밸브와 비교해서 배·흡기량이 많고 형상이 단순하므로 400mm 이상의 관로는 거의 급속 공기밸브를 사용한다.

<표 2.2.16> 공기밸브 종류

종류		호경	사용압력
수 도 용 공 기 밸 브	급속	25, 75	7.5kgf/cm ² 10kgf/cm ² 16kgf/cm ²
		100, 150 200	
	단구	13, 20 25	
	쌍구	75, 100 150	7.5kgf/cm ²
플로트 레버식 공기밸브		13, 20 25, 75 100, 150	20kgf/cm ² 이 상

나) 공기밸브 설치주의사항

- 공기밸브는 수직으로 설치하고 어쩔 수 없는 경우에는 2° 이내로 한다. 경사져 있으면 누수의 원인이 된다.
- 유체 중에 부유물이나 분진이 포함된 경우는 여과기 설치가 바람직하다.
- 한냉지에서 수관교 등에 설치된 공기밸브는 동결을 방지하기 위해서 방한재로 보호하거나 부동식의 공기밸브를 선정할 필요가 있다. 매설관로는 밸브실내에 적당한 방한재를 충전하는 등의 방한공(防寒工)을 설치한다.



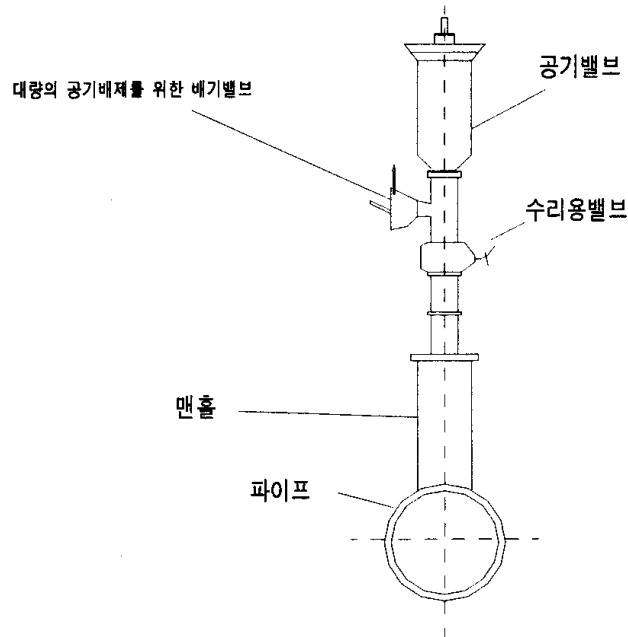
<그림 2.2.12> 공기밸브공

다) 통기시설 관리밸브

① 보수밸브: 공기밸브 하부를 점검, 수리할 때 사용하기 위하여 보수용 밸브를 설치한다. 밸브 기종은 전부 열렸을 때 손실저항이 없는 볼밸브 또는 차단밸브를 사용한다.

② 배기밸브: 통수시 관내의 다량의 공기를 신속하게 배제할 때 공기밸브의 배기한계 이상으로 충수하면 유동 밸브체와 플로트 밸브체가 뜬 상태가 되어 공기구멍을 막아 진동, 수격작용 등을 일으킬 위험이 있다.

본관과 공기밸브 사이에 정T관을 연결하여 배기밸브를 설치하면 수동으로 배기할 수 있다. 밸브의 종류는 차단밸브가 사용된다.



〈그림 2.2.13〉 공기밸브의 기기배치

라) 급수전 겸용

배수(配水) 파이프라인에 급수전이 많이 설치된 구간은 급수전이 통기 기능을 겸할 수 있기 때문에 통기시설을 생략한다.

4) 관리시설

파이프라인을 안전하고 효율적으로 조작운용하기 위해서는 제수밸브, 배니시설, 제진시설, 맨홀, 양수시설, 여수토 등 관리시설을 적절하게 배치해야 한다.

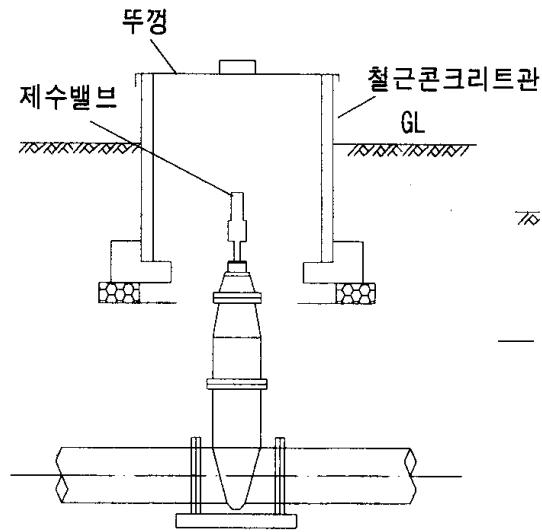
가) 제수밸브

제수밸브는 차단밸브와 버티플라이 밸브가 주로 사용된다. 수압조절기능 외에 사고의 복구, 보수, 점검, 신설관 연결, 세정배수 등을 목적으로 파이프라인의 유수를 차단하고 유량을 조절하기 위해 설치한다.

① 슬루스밸브: 슬루스밸브의 주요부분은 밸브상자와 밸브몸체 및 밸브몸체를 작동시키는 스피들(spindle)로 구성되어 있다. 원칙적으로 지수용(ON-OFF)에 사용하고 제어용으로는 적합하지 않다.

② 버티플라이 밸브: 밸브 몸통과 밸브축 주위를 90° 회전하는 렌즈형 밸브 몸체로 구성되어 있으며 개폐가 용이하고 대구경이 경제적이다. 밸브를 전부 개방해도 밸브 몸체가 관내에 남기 때문에 수두손실이 발생한다. 금속시트 방식은 전부 닫았을 때에 다소 누수가 발생하지만 고무시트 방식은 지수성이 뛰어나다. 차단밸브보다도 케비테이션에 강하기 때문에 유량이나 압력조절용으로 사용한다.

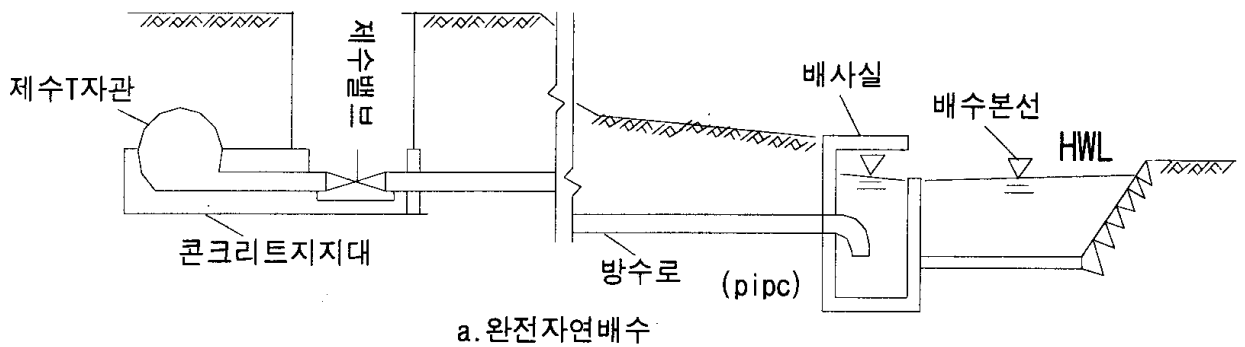
③ 밸브실: 제수밸브의 소재를 명확하게 하고 조작, 점검 및 보수를 용이하게 하기 위해서 철근콘크리트 구조 등으로 밸브실을 설치한다. 밸브실 상부는 철골콘크리트제, 주철제, 고강판제 뚜껑을 설치한다.



<그림 2.2.14> 제수밸브실

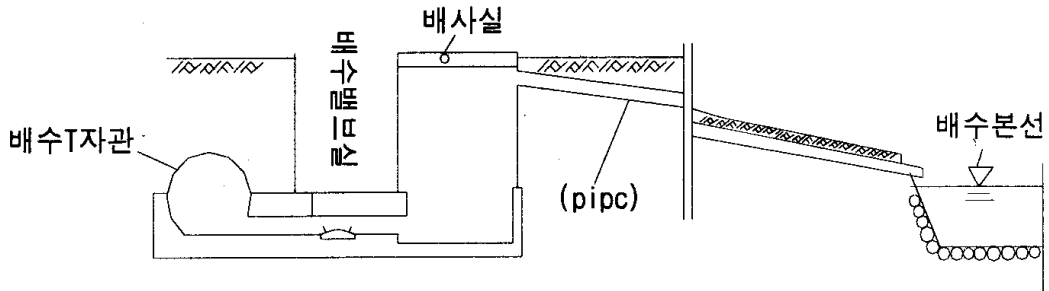
나) 배니시설

파이프라인 매설 후나 보수시 세정배수구의 용도 및 관내의 물을 배수하기 위해 설치한다. 배수관은 정T관을 배수용 지관과 본관을 연결시켜 배수관에 제수밸브를 달아 방류장소까지 유도한다. 배수관 말단에는 배수구를 설치하며 대구경의 배수구는 일반적으로 철근콘크리트로 제작한다. 배수구는 배수관에서 분출수를 벽을 부딪쳐 감세시키는 구조로 한다.



a. 완전자연배수

(a) 완전자연배수

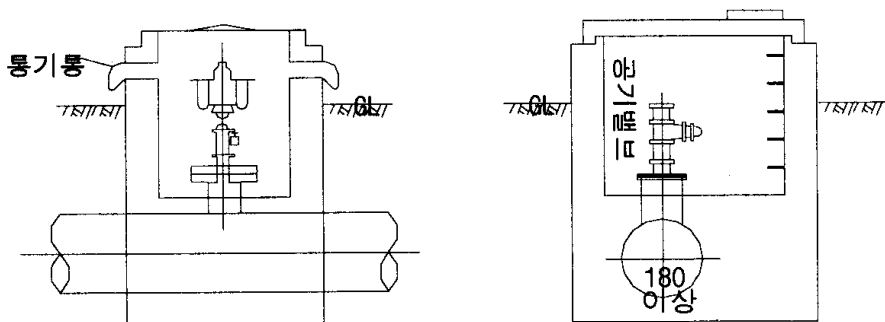


(b) 일부자연배수

<그림 2.2.15> 배니시설

다) 맨홀

관내의 점검, 청소, 보수 등을 위해 사람이 관내로 들어갈 수 있도록 호경 800mm 이상의 파이프라인에는 원칙적으로 맨홀을 설치한다. 맨홀은 직경 600mm을 표준으로 수관교, 제수밸브 및 지형·지질이 변화하는 장소 등에 설치한다. 맨홀은 보통 상향으로 설치하고 맨홀내의 공기를 배제하기 위해 공기밸브 또는 급수전을 설치한다. 또한, 바로 위에는 맨홀 방을 만들고 측면 벽에는 사다리를 설치한다. 철판 뚜껑은 관리자가 드나들 수 있도록 $\phi 500-600\text{mm}$ 정도가 적절하다. 설치지점의 최고수위가 지상 1.0m이하의 경우에는 감시수조를 설치한다.



<그림 2.2.16> 맨홀

5. 논관개용 관수로시스템의 개선방향

가. 급수장치 개선

농업용수로가 관수로화 되면서 급수장치로 밸브를 사용하게 되어 포장에서의 관개 작업은 편리하게 되었으나 다음과 같은 문제점이 있다.

- 관개가 완료된 후에도 밸브를 폐쇄하지 않으면 필요이상으로 취수됨
- 관개때 마다 급수장치를 인력으로 개폐조작 해야 함
- 보호통 재질이 폴리에틸렌 등 합성수지로 되어 있어 불에 타기 쉬움
- 보호통에 덮개를 하지 않아 급수밸브 및 배관이 햇빛에 노출되어 있음
- 급수밸브의 유출구가 담수심 아래에 설치되어 있어 상류답에서 급수장치를 통하여 하류답으로 유출됨

<표 2.2.17> 급수장치 문제점 및 개선방안

구분		세부내용	문제점	개선방안
급수장치	밸브	-수동밸브	-과잉취수, 조작 번잡	-자동급수장치 (다양한 형태가 있을 수 있음)
	보호공	-폴리에틸렌관 -현장시공 -뚜껑없음	-열화 진행 -불에 약함	-콘크리트박스 -기성품화 -뚜껑설치

나. 관수로 시스템 개선 방향

현장조사를 바탕으로 검토한 관수로 시스템의 유형별 문제점 및 개선방안은 다음과 같다. 관수로 시스템에 자동급수장치를 부착하면 물관리가 용이한 차세대형의 관수로 시스템이 될 수 있으므로 말단의 급수장치는 자동식 급수장치를 활용함이 바람직하다.

<표 2.2.18> 관수로시스템의 문제점 및 개선방안

구분	현행	문제점	개선방안
Type1	간선(개수로) +지선·지거(관수로)	-간지선부 부유물 유입 -스크린 1단 -수압이 약함	-간 선 : 관수로화 -스크린 : 2단 -급수장치 : 수동밸브 →자동급수장치
Type2	간선·지선(관수로) +지거(개수로)	-분수량 관리 어려움	-좌 동 -지 거 : 관로화
Type3	간선(개수로)+지선·지거(관수로)+수동급수장치	-과잉취수 -조작번번	-급수장치 : 수동밸브 →자동급수장치

제 3 절 자동급수장치 개발

1. 자동급수장치 설계

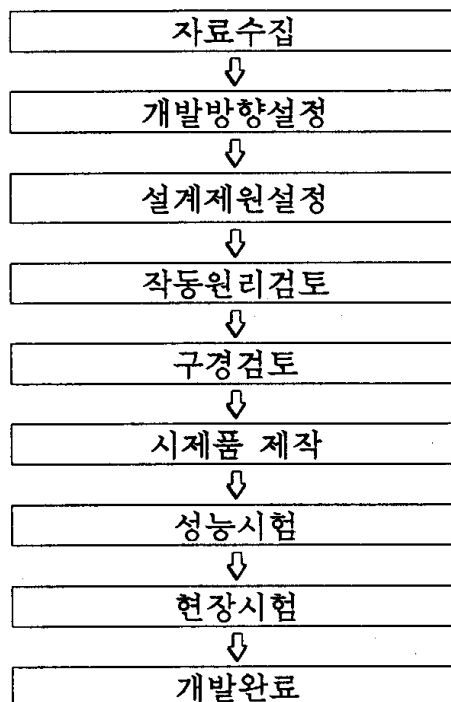
가. 기본방향

논의 물관리에서 벼의 생육시기에 맞추어 담수위를 적절하게 조절하는 것이 가장 중요하다. 그러나, 현행의 논의 물관리는 공급된 용수가 일정수위 이상이 되면 배수 물고를 통하여 배수로에 방류된다. 전통적으로 관개용수를 공급하고 남은 물은 월류시켜 하류답에서 관개하여 왔으나, 경지정리에 의하여 용배수로의 분리가 진행되어 온 지금은 용수로에서 공급된 물은 배수로를 통하여 하천으로 흘러 내려가 지구내 이용이 어렵다. 이와 같은, 하류로 흘러 내려가는 과잉수를 발생시키지 않고 벼의 생육에 필요한 수량만 공급할 수 있도록 수리시설이 되어 있다면 상당량의 용수를 절약하여 유지관리 비용을 절감할 수 있다.

논에서의 과잉수를 배제할 수 있는 방법으로는 논의 급수관리를 인력 대신 기계로 대체하는 것이며, 담수위를 정밀하게 관리하여 필요수량만 관개할 수 있다면 배수로로 방류되는 수량을 대폭 줄일 수 있다.

따라서, 자동급수장치의 기본 개발방향은 논의 담수위 관리를 정밀하게 관리할 수 있도록 하여, 인력을 최대한 배제할 수 있도록 자체적으로 작동할 수 있도록 하며, 관로내의 수압에 의하여 무동력으로 작동할 수 있도록 동력을 배제하여 개발하였다. 자동급수장치는 다음과 같은 순서로 개발하였다.

<표 2.3.1> 자동급수장치 개발 흐름도



나. 설계유량 검토

급수장치의 구경결정을 위한 설계유량은 다음 식에 의하여 산정하였다.

- 씨레질용수량($m^3/s/ha$)

$$q_1 = \frac{D_p}{8,640 \times (1 - P/100)} \quad (2-3)$$

여기서, D_p : 이양용수량(일반적으로 140mm)

n : 이양일수

E_{pt} : 이양기중발산량

P_t : 삼투량

P : 수로손실율(10%)

- 이양기관리용수량($m^3/s/ha$)

$$q_2 = \frac{E_{pt} + P_t}{8,640 \times (1 - P/100)} \quad (2-4)$$

- 이양기최대용수량($m^3/s/ha$)

$$q_3 = \frac{(n-1) \cdot (E_{pt} + P_t) + D_p}{8,640 \times (1 - P/100)} \quad (2-5)$$

다. 급수장치 구경

1) 산정식

급수밸브구경은 설계유량과 말단의 수두를 사용하여 다음식으로 구하였다.

$$Q = CA\sqrt{2gH} \quad (2-6)$$

여기서 Q : 밸브유출량(m^3/s)

C : 유량계수

A : 밸브의 통수단면적($\pi D^2 / 4$)

g : $9.8 (m/s^2)$

H : 밸브수두(m)

(2-6) 식을 밸브의 통수단면적에 관한 (2-7)식으로 변환하였다.

$$A = \frac{Q}{C\sqrt{2gH}} \quad (2-7)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{C\pi\sqrt{2gH}}} \quad (2-8)$$

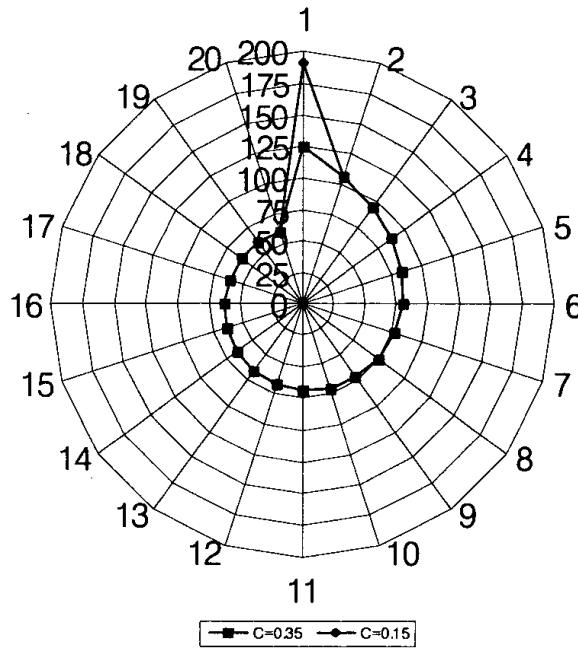
2) 수압별 구경

밸브구경은 수압조건 등에 따라 다르나 일반 경지면적, 경지에서의 수두조건, 논 의 담수심을 고려하여 (2-8)식으로 산정하였다.

< 계산조건 > 밸브유량 $Q = 0.0189 \text{ m}^3/\text{s}$, 유량계수 $C = 0.35$, $H = 1 \sim 30\text{m}$

<표 2.3.2> 밸브구경계산

H (kgf/cm ²)	밸브구경 mm	조건
0.1	130	Q : 0.0189 m ³ /s C : 0.35 g : 9.8 m/s ² 일반경지의 수두는 10m 내외임
0.2	105	
0.3	95	
0.4	88	
0.5	83	
0.6	80	
0.7	77	
0.8	74	
0.9	72	
1.0	70	
1.5	63	
2.0	59	
3.0	53	



<그림 2.3.1> 밸브구경산정 결과

밸브구경은 수압이 높을수록 소구경이 필요하고 수압이 낮을수록 대구경이 필요하다. 현장에서 사용할 경우는 수압조건이 다양하므로 수압이 다른 조건에서도 사용할 수 있도록 시제품을 제작하였다.

3) 포장규모별 구경

포장규모에 따른 구경을 검토하기 위하여 포장면적이 30a 일때와 1ha 일때의 구경을 검토하였다. 조건은 이양용수량 140mm, 수로손실을 10%일 때의 써레질용수량 0.0180m³/s를 사용하여 수압을 경지조건을 고려하여 3~9m를 사용하였다. 위 조건으로 급수장치의 구경을 산정하면 Table. 5와 같으며, 포장구획 30a에서는 40, 50mm정도가 필요하고, 1ha에서는 70~90mm가 필요한 것으로 나타났다.

<표 2.3.3> 급수장치 구경산정

수두 H(m)	포장구획	Q (m ³ /s)	구경 D(m)
3	30a	0.0054	0.051m (50mm)
	1ha	0.0180	0.092m (90mm)
5	30a	0.0054	0.045m (40mm)
	1ha	0.0180	0.081m (80mm)
7	30a	0.0054	0.041m (40mm)
	1ha	0.0180	0.075m (75mm)
9	30a	0.0054	0.038m (40mm)
	1ha	0.0180	0.070m (70mm)

주) 검토조건 (C : 0.35, g : 9.8 m/s²)

라. 포장규모별 공급능력 검토

1) 30a포장 (이앙기 공급량기준)

가) 검토조건

- 이앙기 논수심 : 140mm
- 이앙기 공급량
- 가로 100m × 세로 30m × 수심 0.14m = 420 m³

나) 공급능력 산정

- 10시간 공급시 필요한 급수전의 공급능력(유량)
 $420 \text{ m}^3 \div (10 \text{ hour} \times 3600 \text{ sec}) = 0.0117 \text{ m}^3/\text{s}$
- 20시간 공급시 필요한 급수전의 공급능력(유량)
 $420 \text{ m}^3 \div (20 \text{ hour} \times 3600 \text{ sec}) = 0.00583 \text{ m}^3/\text{s}$
- 24시간 공급시 필요한 급수전의 공급능력(유량)
 $420 \text{ m}^3 \div (24 \text{ hour} \times 3600 \text{ sec}) = 0.00486 \text{ m}^3/\text{s}$

다) 검토결과

30a의 포장에 이앙기 때 24시간에 관개하려고 할 때는 급수장치는 초당 5리터 공급능력을 가지고 있어야 하며, 검토결과와 같이 10시간 동안에 공급하려고 할 경우에는 초당 12리터의 용수 공급능력을 보유해야 한다.

2) 1ha포장 (이앙기 공급량기준)

가) 검토조건

- 이앙기 논수심 : 140mm
- 이앙기 공급량
- 가로 100m × 세로 100m × 수심 0.14m = 1400 m³

나) 공급능력 산정

- 10시간 공급시 필요한 급수전의 공급능력(유량)

$$1400 \text{ m}^3 \div (10 \text{ hour} \times 3600 \text{ sec}) = 0.0388 \text{ m}^3/\text{s}$$

○ 20시간 공급시 필요한 급수전의 공급능력(유량)

$$1400 \text{ m}^3 \div (20 \text{ hour} \times 3600 \text{ sec}) = 0.0194 \text{ m}^3/\text{s}$$

○ 24시간 공급시 필요한 급수전의 공급능력(유량)

$$1400 \text{ m}^3 \div (24 \text{ hour} \times 3600 \text{ sec}) = 0.0162 \text{ m}^3/\text{s}$$

다) 검토결과

1ha의 포장에 이앙기 때 24시간에 관개하려고 하면 급수장치는 초당 16리터의 공급능력을 가지고 있어야 하며, 10시간 동안에 공급하려고 할 경우에는 초당 39리터의 공급능력이 있어야 한다.

마. 급수장치 작동원리 개발

급수장치의 작동원리는 일본에서 개발한 급수장치의 작동원리를 분석하여 이용하여 개발하였다.

1) 자동급수 방법

가) 지수상태

용수가 공급되어 담수위가 상승하면 수위설정기의 부표가 상승하여 설정 상한치에 도달하면 연결축이 작동하여 파이롯밸브가 닫혀 관로의 수압이 본체밸브의 다이어램에 전달되어 다이어램에 연결되어 있는 밸브체가 유로를 막으면서 급수가 차단된다.

나) 급수상태

담수위가 하강하면 수위설정기의 부표가 하강하여 설정 하한치에 도달하면 파이롯밸브가 열리면서 본체밸브의 다이어램에 전달된 관로수압이 차단되어 유로를 막고 있던 밸브체가 열려 급수를 개시한다.

2) 수동급수 방법

자동급수장치의 수위설정기를 사용하지 않고 급수밸브 본체만을 사용하여 수동으로 급수할 수 있으며, 수동급수시는 본체 상부에 있는 전환스위치를 열림에 맞추면 급수되며 닫힘에 맞추면 급수가 정지된다.

2. 자동급수장치 시제품 제작

가. 제작방향

- 1) 논에 필요수량만 공급할 수 있도록 하기 위하여 영농시기별로 담수위 상태를 감지하여 수위관리가 가능하도록 상한수위가 되면 관개가 중단되고 하한수위가 되면 관개를 재개할 수 있도록 제작한다.
- 2) 밸브조작은 수동식은 인력에 의하여 개폐하지만 개폐시간 및 횟수를 줄이기 위하여 스스로 개폐가 가능토록 하며, 필요시에는 수동으로 개폐가 가능토록 한다. 즉, 수동 및 자동으로 전환이 가능토록 개발한다.
- 3) 밸브의 열림정도에 따라 수량조절이 가능토록 제작한다.
- 4) 밸브개폐에 필요한 동력은 수압을 이용하여 무동력으로 개폐가 가능토록 제작한다.
- 5) 농업용수에 포함되어 있는 부유물 등이 장치에 유입되어 작동에 방해되지 않도록 여과기능을 부착하여 제작한다.
- 6) 급수장치의 재질은 태양광에 노출되어도 견딜 수 있는 재료를 사용한다.
- 7) 사용자가 농민임을 고려하여 사용이 용이토록 제작한다.
- 8) 급수장치는 농민이 체계수리가 가능토록 분해가 가능토록 제작한다.

나. 시제품 제작 내역

상기의 검토결과를 바탕으로 자동급수장치 시제품을 분리형과 일체형 2종 제작하였다.

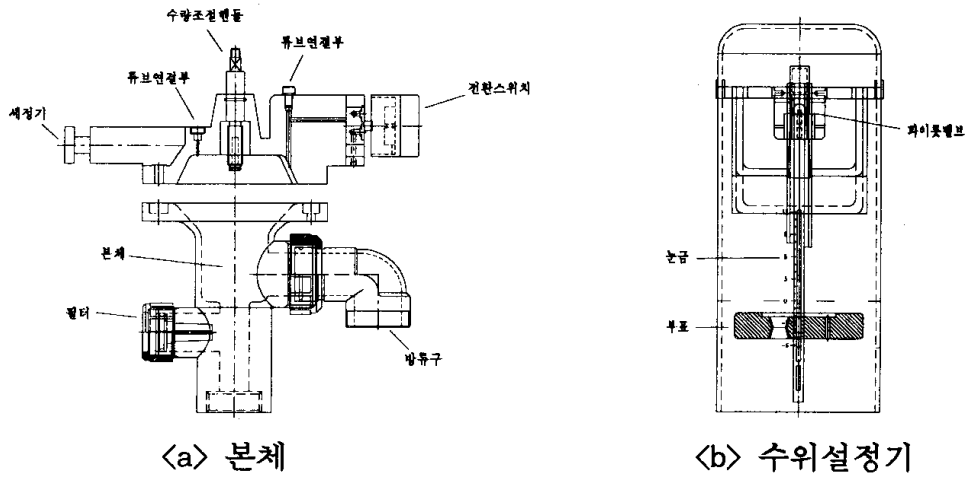
1) 자동급수장치(분리형)

급수장치는 본체와 수위설정기로 분리하여 호스로 연결하여 작동이 가능토록 제작하였다. 본체 (<그림 2.3.2, a> 참조)는 동력을 사용하지 않고 수압에 의하여 작동되도록 적은 힘에 의해서도 작동이 가능한 다이아후램밸브를 사용하였다.

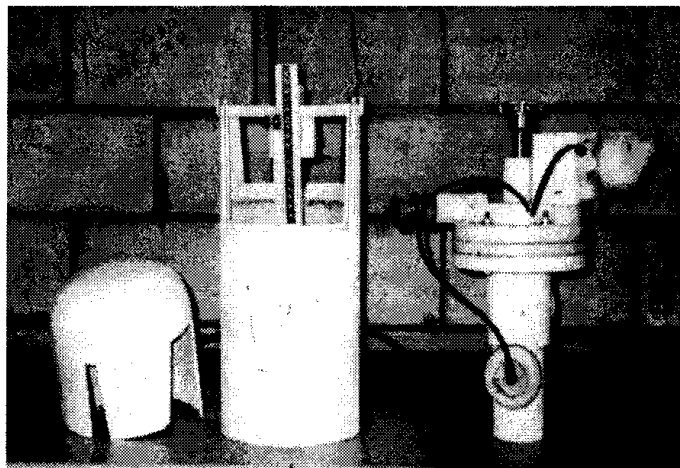
기본적으로 자동으로 작동되도록 제작하였으나, 수동으로도 작동이 가능토록 자동수동 전환스위치를 부착하였다. 전환스위치는 본체와 수위설정기의 물의 흐름을 개방하고 차단하는 구조로 제작하였다.

관개기 및 수압에 따라 수량조절이 가능토록 수량조절핸들을 부착하였고, 본체와 수위설정기 및 본체의 호스유입부의 막힘을 방지하기 위하여 필터를 두고, 막혔을 경우 부유물 제거를 가능토록 세정기를 부착하여 유지관리가 용이하도록 제작하였다.

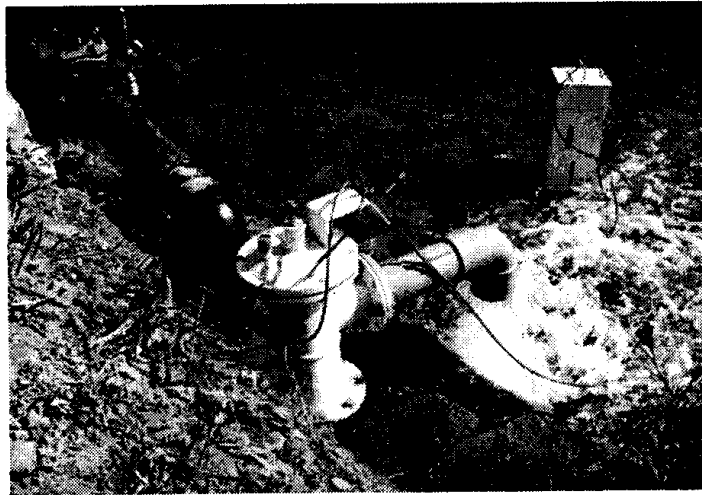
수위설정기(<그림 2.3.2, b> 참조)는 논의 담수위를 설정하는 눈금판과 담수위를 감지하는 원판형 플로트와 수압을 전달하고 차단하여 본체 밸브를 작동시키는 파이롯 밸브로 제작하였다. 수위설정기는 담수위의 상한수위(급수정지)와 하한수위(급수개시)를 플로트로 감지하여 파이롯밸브로 본체 밸브를 자동으로 개폐하는 역할을 한다.



<그림 2.3.2> 분리형 자동급수장치 구조도



<그림 2.3.3> 자동급수장치 시제품 (분리형)



〈그림 2.3.4〉 자동급수장치 시제품 (분리형 150mm)

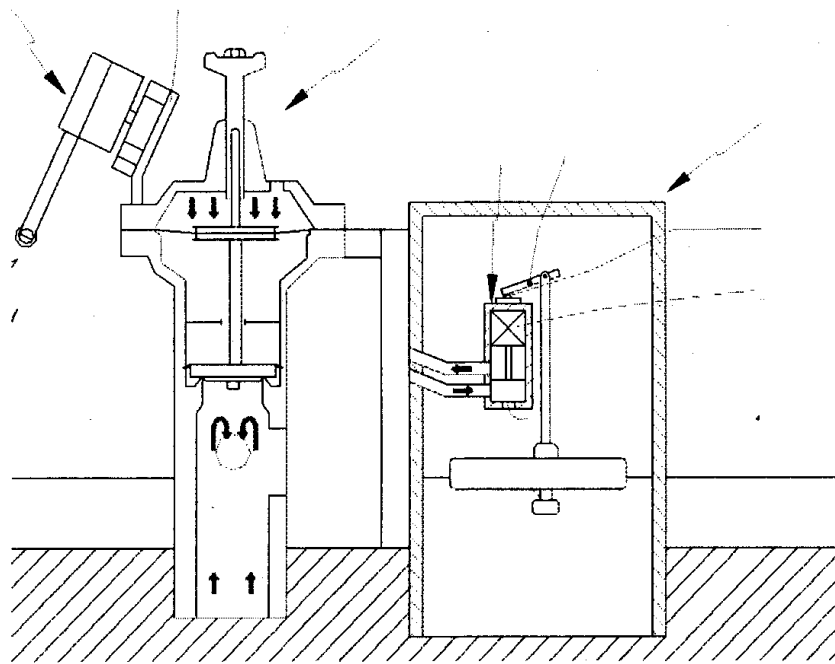
2) 자동급수장치(일체형) 제작

일체형 급수장치는 본체에 수위설정기를 부착하여 사용이 간편하도록 제작하였다. 본체 (〈그림 2.3.5〉 참조)는 분리형과 같은 다이아후램밸브를 사용하였다. 자동수동 전환수위치는 분리형에서는 별도로 가공하여 사용하였으나 일체형은 시중에서 판매하고 있는 삼방밸브를 사용하였다. 시판하고 있는 부품을 사용하면 개발비용을 대폭으로 절감할 수 있다.

수량조절 핸들을 분리형과 같으며, 세정기는 필터의 막힘을 용이하게 제거하기 위하여 필터와 함께 부착하였다.

수위설정기(〈그림 2.3.5〉 참조)는 논의 담수위를 설정하는 눈금판을 없애고 담수위의 상한치만을 감지할 수 있게 하여 구조를 단순화 시켰으며, 본체밸브를 개폐하는 역할을 하는 파이롯밸브는 시판용의 수압식 솔레노이드밸브를 사용하여 제작하였다.

일체형에서는 눈금판의 구조를 단순화시키고 파이롯밸브를 시판용인 솔레노이드밸브로 대체하여 제작비용을 절감하였다.



<그림 2.3.5> 일체형자동급수장치 구조도

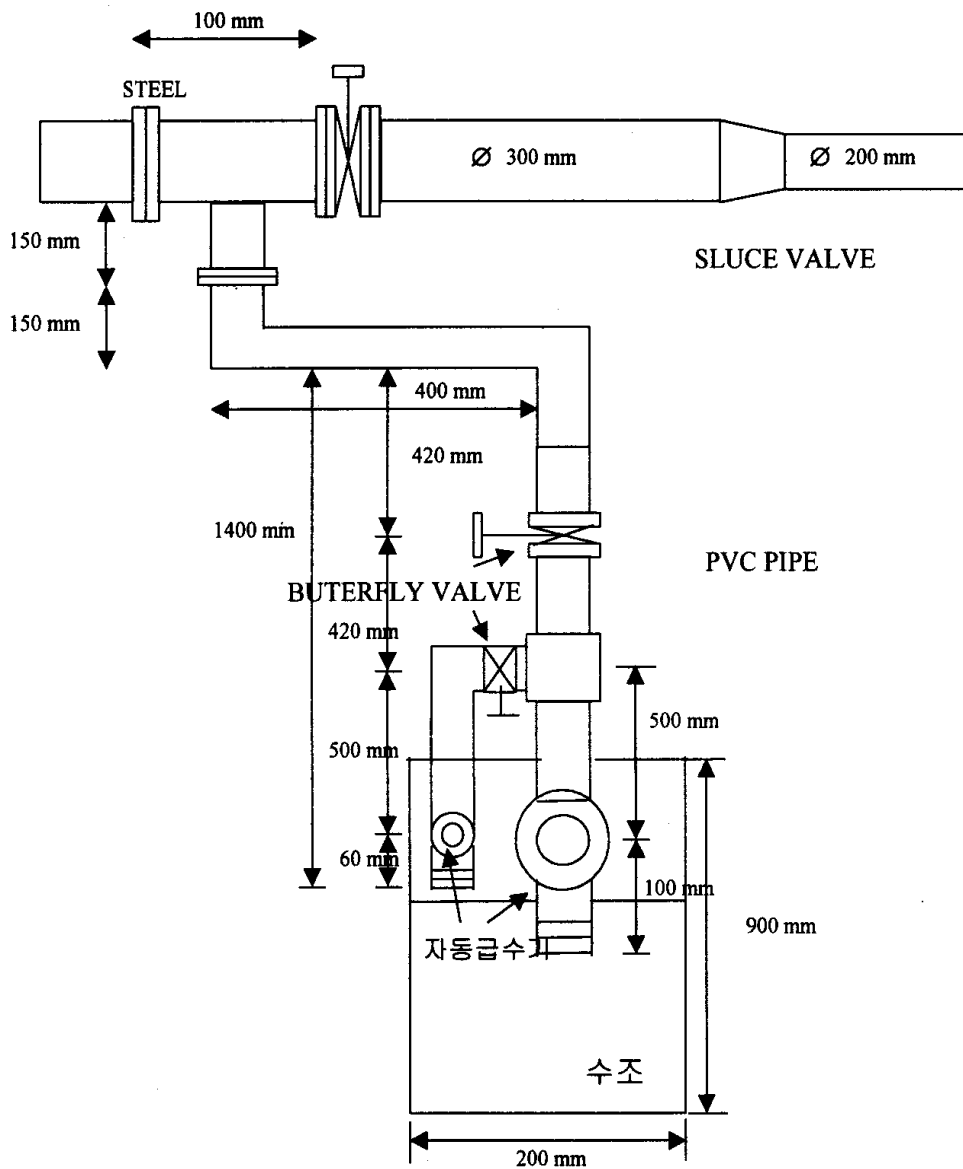
다. 관수로용 자동급수장치의 특징

- 비의 생육단계별로 필요한 담수위를 설정하여 관개할 수 있다.
- 담수위가 일정수위에 도달하면 스스로 급수가 정지되기 때문에 과잉취수, 무효방류를 방지할 수 있다.
- 자동으로 급수, 단수를 반복하기 때문에 인력에 의존하고 있는 급수관리를 기계로 대체할 수 있다.
- 급수장치 본체밸브의 유량조절기능을 이용하여 공급량을 조절할 수 있다.
- 세정용 피스톤을 부착하고 있어 부유물에 의한 막힘을 방지할 수 있다.
- 어태치먼트를 부착하여 농기구 및 스프링클러 등에 연결하여 이용할 수 있다.

3. 급수장치 성능시험

가. 시험장치 제작

제작한 급수장치의 작동여부 및 개발과정에서의 작동성을 시험하기 위하여 다음과 같은 시험장치를 농업기반공사 연구원에 설치하여 개발에 이용하였다. 이 장치는 150mm의 PVC 파이프를 이용하여 제작하였으며 동시에 2대를 시험할 수 있도록 제작하였다.



<그림 2.3.6> 성능시험장치 개요도



<그림 2.3.7> 성능시험장치 전경

나. 작동시험

- 1) 시험내용 : 자동밸브를 설치하여 수동, 자동시의 작동여부를 체크
- 2) 시험일시 : 2001. 5. 27
- 3) 시험대상 : 자동급수장치 규격 150mm, 작동압 0.6kgf/cm²

다. 시험결과

1) 수동사용시

- 가) 차단상태 : 밸브의 전환스위치를 수동차단의 위치로 돌린 후 지수여부 검토 하였으나 작동상태 양호
- 나) 개방상태 : 밸브의 전환스위치를 수동개방의 위치로 돌린 후 방류여부를 검토하였으나 작동상태 양호

2) 자동사용시

밸브의 스위치를 자동으로 돌린 후 수조에 물을 채워 일정 수위에서 밸브가 자동으로 차단되는지를 살펴본 결과, 밸브가 차단은 되었으나 다음과 같은 문제 발생

3) 문제점 및 대책

가) 문제점

- 지수불량 : 자동으로 설정한 후 밸브가 차단되었을 때 완전지수 되지 않음
- 진동발생 : 밸브가 차단되는 도중에 진동 및 소음이 발생

나) 발생원인

- 지수불량 및 진동발생 현상은 밸브를 차단하기 위한 밸브실내 수압이 밸브하부의 급수관 수압에 비하여 상대적으로 크지 않아 발생하는 현상임

다) 개선대책

- 밸브실내의 수압과 급수관의 수압차를 크게하기 위하여 밸브 실내 차단부분의 하류부분의 관로구경을 줄여 밸브실과 급수관의 압력차를 크게 하여 지수불량 및 진동문제를 해결하였음

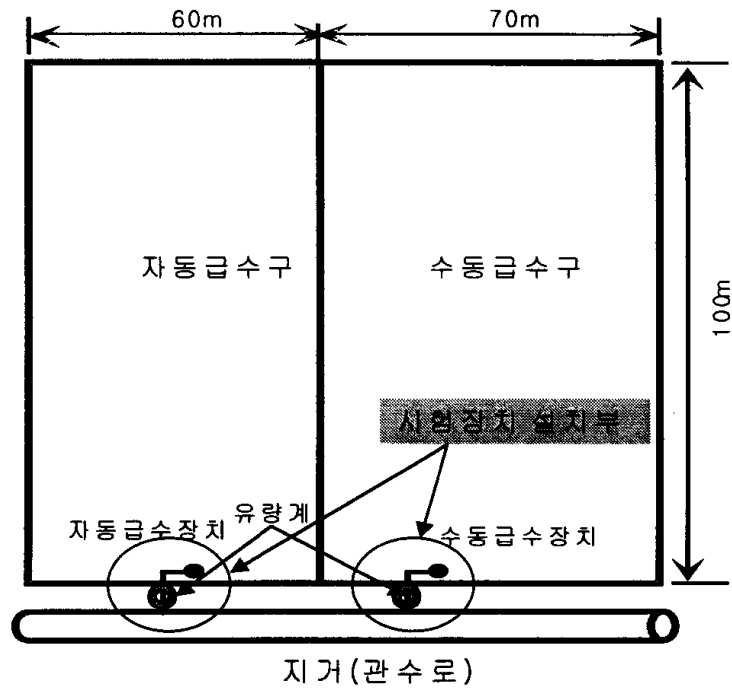
5. 급수장치 현장성능 시험

가. 시험포 개요

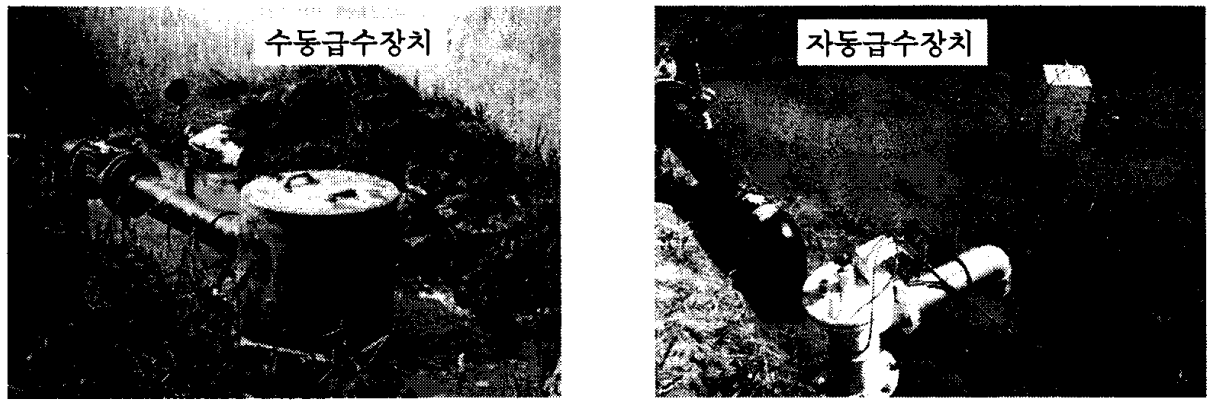
- 시험목적 : 용수호가 전부 관수로인 해남지구에 150mm 자동급수장치 시제품을 설치하여 성능시험을 실시하여 급수전의 급수능력 등 수리학적 특성을 규명하여 설계자료로 활용하기 위함
- 위치 : 전남 해남군 화산면

<표 2.3.4> 시험포 개요

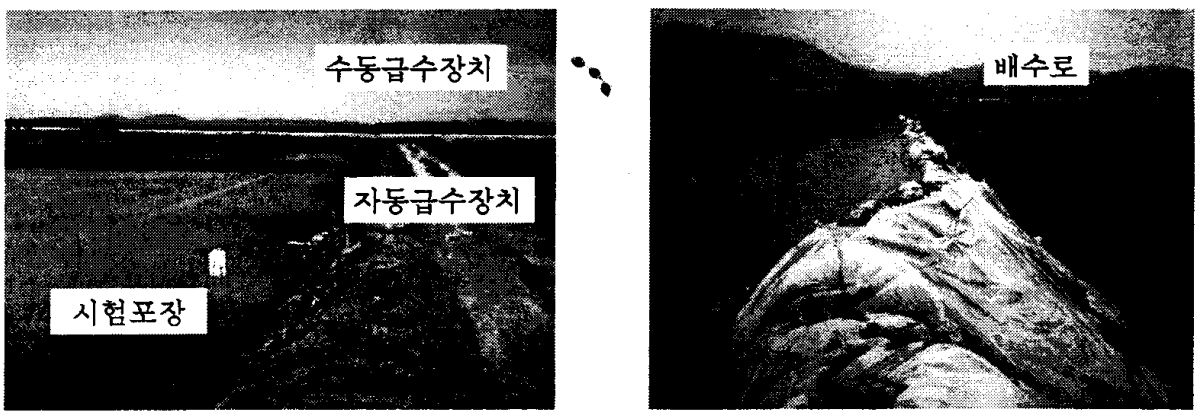
구 분	시험포A	시험포B
면 적	2000평	3000평
급수장치	자동	수동
벼	익산 150	익산150
영농방법	담수직파	담수직파



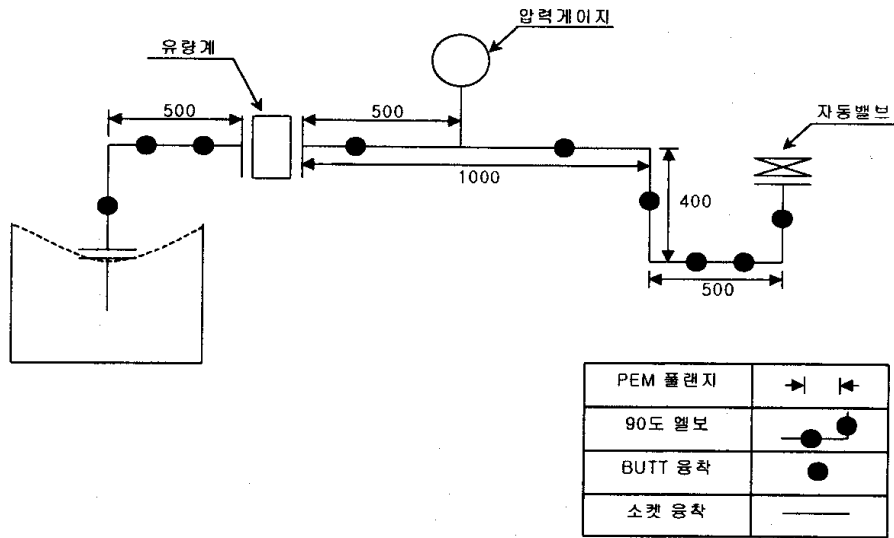
<그림 2.3.8> 시험포장 개략도



급수장치 전경



<그림 2.3.9> 시험포장 전경



<그림 2.3.10> 시험장치 개략도

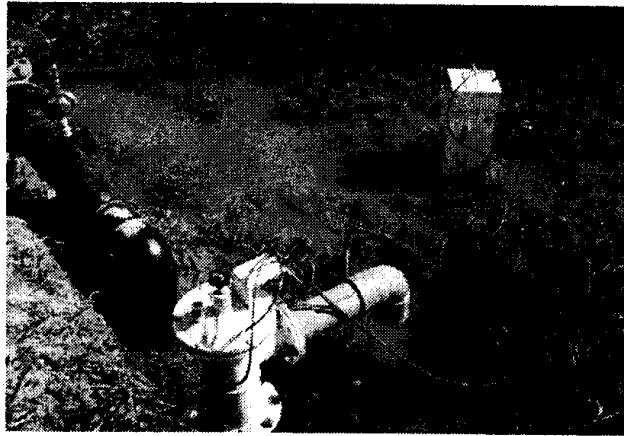
나. 작동시험내용 및 결과

1) 수동·자동 작동시험

- 수동으로 사용할 때 작동여부 (개방 : ok, 폐쇄 : ok)
- 자동으로 사용할 때 작동여부 (개방 : ok, 폐쇄 : ok)



<그림 2.3.11> 급수장치 개방시



〈그림 2.3.12〉 급수장치 폐쇄시

2) 작동시간 측정

- 가) 개방시간 : 수위설정기가 작동하여 본체밸브의 다이어후램에 작용하는 압력이 차단되어 본체밸브가 열려 물이 나오는 데 약 3초가 걸렸음
- 나) 폐쇄시간 : 수위설정기가 작동하여 본체밸브의 다이어후램에 압력이 전달되어 본체밸브가 폐쇄되는데 걸리는 데 약 6초가 걸렸음

3) 수위설정시험

- 상한수위 설정
가능 (○), 불가능 ()
- 하한수위 설정
가능 (○), 불가능 ()

4) 급수능력 측정시험

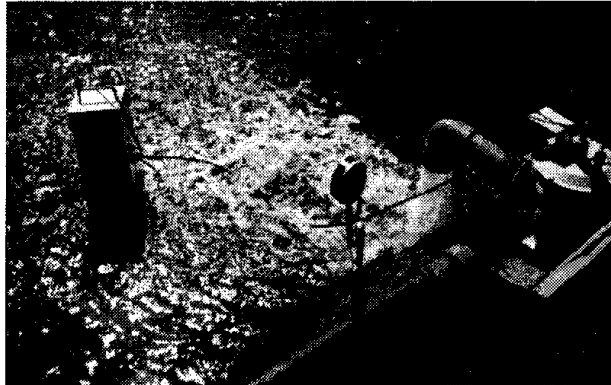
〈표 2.3.5〉 측정결과

시 각	압력(kgf/cm ²)		유량(m ³)	
	자 동	수 동	자 동	수 동
9 : 48	0.60	0.55	-	-
10 : 10	0.50	0.50	-	-
10 : 20	0.60	0.55	9.59	12.87
10 : 30	0.51	0.50	9.62(폐)	13.49
10 : 40	0.50	0.51	9.62(폐)	14.15
10 : 50	0.50	0.50	9.62(폐)	15.98
11 : 00	0.49	0.50	9.62(폐)	15.62
11 : 10	0.51	0.50	9.62(폐)	16.33
11 : 20	0.56	0.55	10.75(잠시사용)	16.96
11 : 30	0.58	0.56	10.75(폐)	17.58
14 : 00	0.82	0.80	10.85(잠시사용)	25.17(폐)
평균				

주) ()안에 “폐”는 자동급수장치가 일정 수위에 도달하면 작동이 폐한 상태임.

()안에 “잠시사용”은 장치가 일정하게 동작했는지 수동으로 점검하여 유량을 사용한 상태임.

5) 자동급수장치 공급능력 측정시험

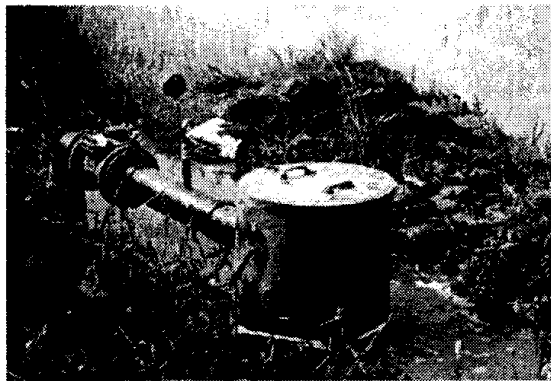


<그림 2.3.13> 자동급수장치 시험시설

<표 2.3.6> 측정결과

시 각	압력(kgf/cm ²)	유량(m ³)
15 : 20	1.1	10.27
15 : 40	1.1	10.60
15 : 45	1.02	11.00
15 : 56	1.12	11.03
16 : 01	1.05	11.36
16 : 06	1.00	12.87
16 : 11	0.98	13.38

6) 수동급수장치 공급능력 측정시험



<그림 2.3.14> 수동급수장치 시험시설

<표 2.3.7> 측정결과

시 각	압력(kgf/cm ²)	유량(m ³)
16 : 14	1.1	25.28
16 : 19	0.94	26.90
16 : 24	0.92	27.71
16 : 29	0.91	28.47

※ 상한수위를 6cm로 설정함

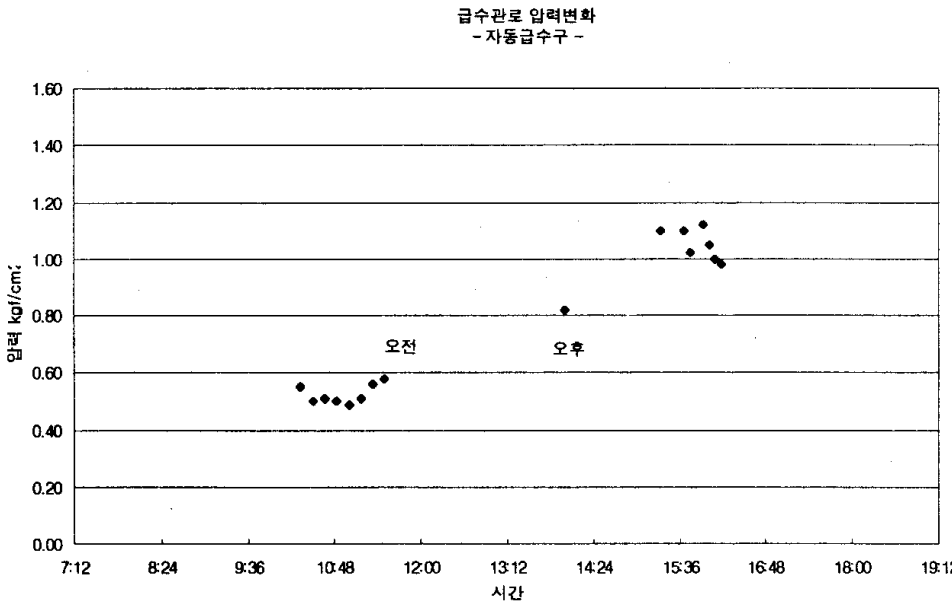
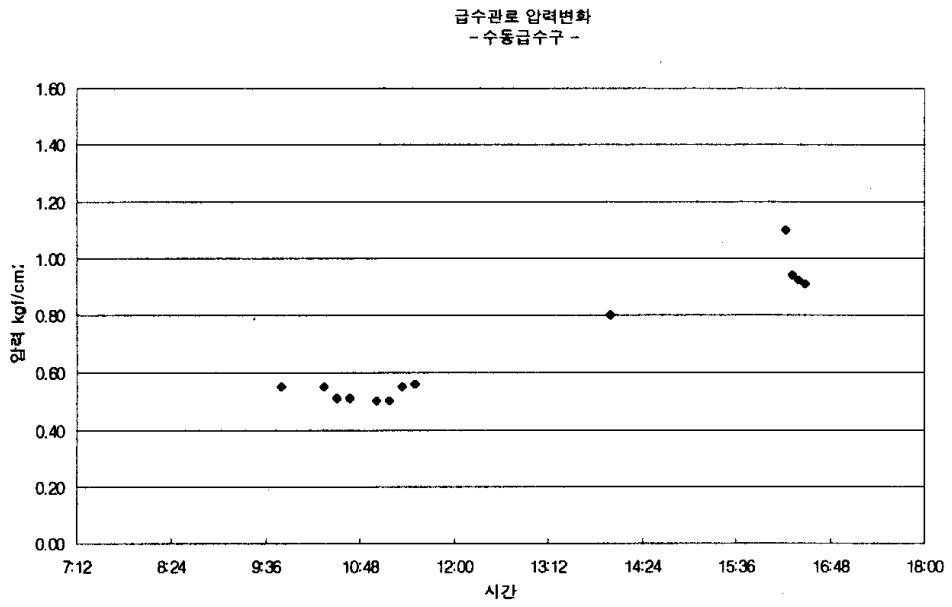
7) 급수장치의 급수량 측정

<표 2.3.8> 측정결과

수동급수구 측정치								비고
측정횟수	시각	압력	유량	시간	유 량			
		kgf/cm2	m ³	(min)	m ³	m ³ /min	m ³ /s	
1	9:48	0.55	89.2	-	-	-	-	
2	10:20	0.55	128.7	32	39.5	1.234	0.0206	측정
3	10:30	0.51	134.9	10	6.2	0.620	0.0103	
4	10:40	0.51	141.5	10	6.6	0.660	0.0110	
5	11:00	0.50	156.2	20	14.7	0.735	0.0123	
6	11:10	0.50	163.3	10	7.1	0.710	0.0118	
7	11:20	0.55	169.6	10	6.3	0.630	0.0105	
8	11:30	0.56	175.8	10	6.2	0.620	0.0103	
9	14:00	0.80	251.7	30	75.9	2.530	0.0422	
10	16:14	1.10	252.8	-	-	-	-	밸브차단
11	16:19	0.94	269.9	5	17.1	3.420	0.0570	밸브개도(대)
12	16:24	0.92	277.1	5	7.2	1.440	0.0240	
13	16:29	0.91	284.7	5	7.6	1.520	0.0253	
자동급수구 측정치								비고
측정횟수	시간	압력	유량값	시간	유 량			
		kgf/cm2	m ³	(min)	m ³	m ³ /min	m ³ /s	
1	10:20	0.55	95.9					
2	10:30	0.50	96.2	10				밸브차단
3	10:40	0.51	96.2	10				밸브차단
4	10:50	0.50	96.2	10				밸브차단
5	11:00	0.49	96.2	10				밸브차단
6	11:10	0.51	96.2	10				밸브차단
7	11:20	0.56	96.2	10				밸브차단
8	11:30	0.58						
9	14:00	0.82						밸브차단
10	15:20	1.10	102.7					밸브보수
11	15:40	1.10	106.0	20	3.3	0.165	0.0028	밸브보수
12	15:45	1.02	110.0	15	4.0	0.267	0.0044	밸브보수
13	15:56	1.12	110.3	11	0.3	0.027	0.0005	밸브차단
14	16:01	1.05	113.6	5	3.3	0.660	0.0110	밸브개도(소)
15	16:06	1.00	128.7	5	15.1	3.020	0.0503	밸브개도(대)
16	16:11	0.98	138.8	5	10.1	2.020	0.0337	밸브개도(중)

<그림 2.3.15>는 급수관로의 압력이 오전 시간대에는 0.5kgf/cm²를 나타내고 있었으나, 오후시간대에는 1kgf/cm²를 나타내 관로 압력이 변화하고 있는 것을 나타내고 있다. 이는 오전에 관개를 많이 하기 때문에 관로의 압력이 저하하고 관개를 적게하는 오후에는 관로 압력이 상승한다는 것을 나타내고 있다.

자동급수장치의 압력과 수동급수장치의 압력이 거의 동일하게 나타났으나, 이는 동일한 지거에 급수장치가 설치되어 있기 때문이다.

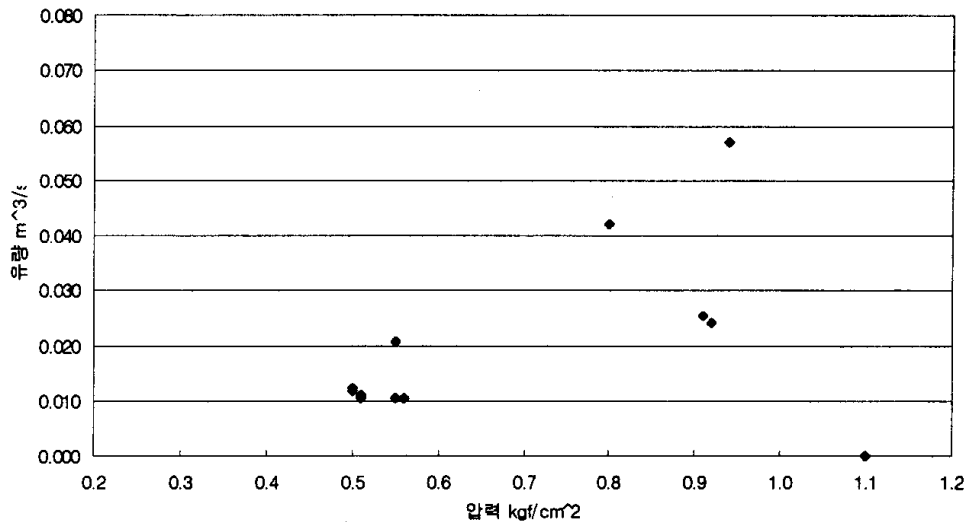


<그림 2.3.15> 급수관로의 압력변화

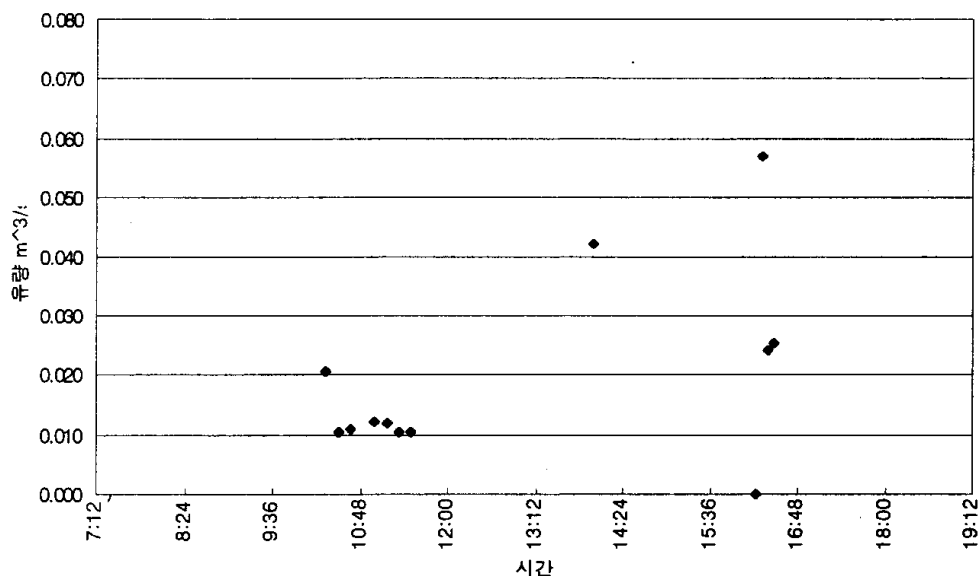
수동급수전의 공급량을 측정하기 위하여 시험장치의 계량기와 압력계를 이용하여 5, 10분 간격으로 수량과 압력을 측정하였다.

<그림 2.3.16>는 수동급수구의 압력에 따른 급수량을 실측한 것이다. 압력이 0.5 ~ 0.6kgf/cm²일때 10~20 l/s를 급수하고 있고, 압력이 0.8kgf/cm²일때 40 l/s를 급수하고 있으나, 압력이 0.90~0.95kgf/cm²일 때 유량이 0.57 l/s이나, 거의 동일한 압력에서 유량이 0.25 l/s를 나타내 차이를 보이고 있는 것은 밸브의 개폐 정도가 다르기 때문이다.

시간대와 급수량의 관계를 나타낸 그래프로부터 시간대에 따라 급수량이 변화하고 있는 것을 확인할 수 있다.



<그림 2.3.16> 압력에 따른 급수량 변화



<그림 2.3.17> 시간대에 따른 급수량 변화

6. 자동급수장치의 급수량 비교 시험

가. 시험목적

용수호가 관수로인 지구의 자동급수장치와 수동급수장치의 급수량을 비교하여 자동급수장치의 절수효과를 분석하기 위함

나. 시험기간

관개기간인 5.31일부터 9월 21일까지의 급수량, 압력, 담수위 등을 측정하였다.

다. 측정방법

- 압력은 게이지식 압력계를 사용하여 압력 측정
- 유량은 수도용 계량기를 사용하여 매일 사용량 측정
- 담수위는 자를 이용하여 측정

라. 시험결과

시험결과는 <표 2.3.9>에 정리하였다.

1) 논의 담수위 변화

<그림 2.3.18>은 시험포장의 담수위의 변화상태를 나타내고 있으며, 5월 말부터 7월 초순에는 60~80mm를 유지하며 일주일에 1일은 낙수하고 7월 4일부터 7월 20일까지는 낙수기에 접어 들어 관개를 중단하였다.

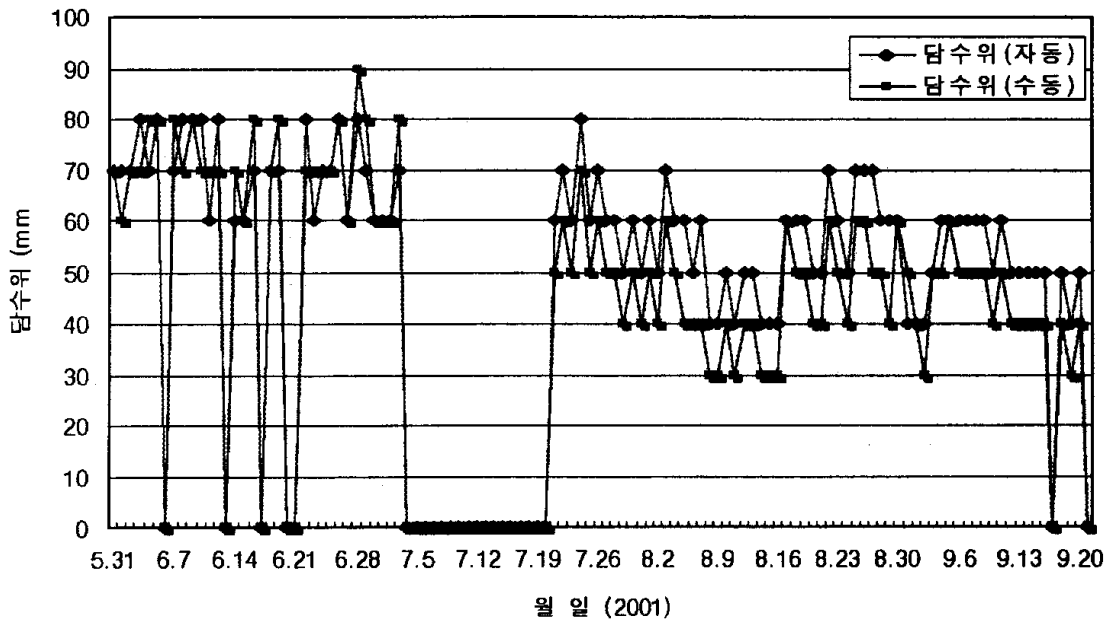
7월 21일부터 7월 28일까지는 담수위를 60~70mm를 유지하고 있고, 7월29일부터 8월7일까지는 50~60mm를 유지하고, 8월 8일부터 8월 16일까지는 30~50mm를 유지하고 있으며, 8월 17일부터 8월 말까지는 40~60mm를 유지하고 9월초에 30~50mm의 수위를 유지하다 9월 21일 이후는 관개를 중단하고 있다.

이와 같이 담수위는 생육시기별로 다르게 관리되고 있었으나, 대체적으로 5월에서 6월은 60~80mm의 담수위를 유지하고 7월초부터 말까지는 낙수기에 들어가서 7월 20일 이후에 담수위를 57~70mm에서 30~50mm까지 점점 수위를 낮게 관리하다가 8월에는 40~60mm로 담수위를 유지하며, 9월 초순에서 중순까지는 4일에 한번 정도로 낙수하다가 9월 말에 관개를 종료하였다.

〈표 2.3.9〉 해남지구 급수량 측정시험 결과표

일자	시간	압력kgf/cm ²		계량기 m ³		사용량 m ³ /d		수위 m		자동밸브		수동밸브		날씨	급수여부	영농상태
		자동	수동	자동	수동	자동	수동	자동	수동	개방	차단	개방	차단			
5.31	10:55	0.53	0.52	9.62	15.38			70	70	장치설치	장치설치	잠음	잠음	맑음	급수기 설치	전일 비료
6.1	14:10	1.10	1.00	20.27	42.10	10.65	26.72	70	60	14:10	17:05	14:10	17:05	맑음	급수함	작과
6.2	8:10	1.05	1.00	34.04	95.14	13.77	53.04	70	70	8:10	12:40	8:10	12:40	맑음	급수함	
6.3	10:20	1.20	1.10	70.48	164.12	36.44	68.98	80	70	10:20	17:10	10:20	17:10	맑음	급수함	
6.4	8:10	1.10	1.00	85.91	191.58	15.43	27.46	70	80	8:10	16:20	8:10	16:20	흐림	급수함	
6.5	6:10	1.10	1.10	119.79	437.84	33.88	246.26	80	80	6:10	19:10	6:10	19:10	흐림	급수함	
6.6	결측	-	-	119.79	437.84	-	-	-	-	-	-	-	-			
6.7	5:20	1.10	1.00	119.79	437.84	-	-	70	80					맑음	급수안함	비료,농약
6.8	6:20	1.10	1.10	119.79	437.84	-	-	80	70					맑음	급수안함	
6.9	5:20	0.90	0.90	120.79	437.84	1.00	-	80	80	5:20	18:10	5:20	18:10	맑음	급수함	
6.10	5:30	0.90	0.70	147.56	538.98	26.77	101.14	80	70	5:30	18:20	5:30	18:20	맑음	급수함	농약
6.11	5:10	0.90	0.70	225.79	684.51	78.23	145.53	60	70	5:10	17:20	5:10	17:20	맑음	급수함	농약
6.12	6:05	0.60	0.60	268.45	737.34	42.66	52.83	80	70	6:05	18:10	6:05	18:10	흐림	급수함	
6.13	결측	-	-	268.45	737.34	-	-	-	-	-	-	-	-			
6.14	5:30	0.20	0.20	297.21	772.19	28.76	34.85	60	70	폐쇄		폐쇄		비	급수안함	
6.15	6:10	0.20	0.20	297.21	772.19	-	-	60	60	6:10	16:20	6:10	16:20	맑음	급수함	
6.16	6:05	0.50	0.40	373.21	1,320.41	76.00	548.22	70	80	6:05	15:20	6:05	15:20	맑음	급수함	
6.17	결측	-	-	373.21	1,320.41	-	-	-	-	-	-	-	-			
6.18	5:10	0.60	0.50	373.21	1,320.41	-	-	70	70	폐쇄		폐쇄		비	급수안함	
6.19	5:30	0.90	0.80	376.75	1,324.24	3.54	3.83	70	80	5:30	17:20	5:30	17:20	맑음	급수함	비료
6.20	결측	-	-	376.75	1,324.24	-	-	-	-	-	-	-	-			
6.21	결측	-	-	376.75	1,324.24	-	-	-	-	-	-	-	-			
6.22	6:10	0.90	0.80	379.64	1,403.84	2.89	79.60	80	70	6:10	15:05	6:10	15:05	흐림	급수함	
6.23	6:20			379.64	1,403.84	-	-	60	70					비	급수안함	
6.24	6:05			379.64	1,403.84	-	-	70	70					비	급수안함	
6.25	5:40			379.64	1,403.84	-	-	70	70					비	급수안함	
6.26	6:10			379.64	1,403.84	-	-	80	80					비	급수안함	
6.27	6:10			379.64	1,403.84	-	-	60	60					비	급수안함	비료 농약
6.28	6:20	1.30	1.20	420.00	1,652.00	40.36	248.16	80	90	6:20	14:10	6:20	14:10	흐림	급수함	
6.29	5:10			420.00	1,652.00	-	-	70	80					비	급수안함	
6.30	6:30			420.00	1,652.00	-	-	60	60					흐림	급수안함	
7.1	6:05			420.00	1,652.00	-	-	60	60					맑음	급수안함	
7.2	6:10			420.00	1,652.00	-	-	60	60					흐림	급수안함	
7.3	5:20	0.80	0.80	446.53	1,845.25	26.53	193.25	70	80	5:20	16:10	5:20	16:10	맑음	급수함	비료 농약
7.4	6:02	0.90	0.90	446.53	1,845.25	-	-	0	0					맑음	급수안함	
7.5	6:10	0.90	0.90	446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.6	6:20	1.20	1.10	446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.7	6:20			446.53	1,845.25	-	-	0	0					맑음	급수안함	
7.8	5:30	0.90	0.80	446.53	1,845.25	-	-	0	0					맑음	급수안함	
7.9	6:00	0.90	0.90	446.53	1,845.25	-	-	0	0					맑음	급수안함	
7.10	6:00	0.90	0.80	446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.11	7:00	0.90	0.80	446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.12	5:30			446.53	1,845.25	-	-	0	0					흐림	급수안함	
7.13	6:00			446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.14	6:00			446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.15	결측	-	-	446.53	1,845.25	-	-	-	-	-	-	-	-		급수안함	
7.16	6:20			446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.17	7:00			446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.18	8:00			446.53	1,845.25	-	-	0	0					맑음	급수안함	농약
7.19	6:00			446.53	1,845.25	-	-	0	0					비	급수안함	
7.20	6:20	1.50	1.40	446.53	1,845.25	-	-	0	0					맑음	급수안함	제조제
7.21	6:20	0.60	0.60	587.27	1,843.15	140.74	2.10	60	50	6:02	17:20	6:02	17:20	맑음	급수시작	
7.22	6:05	0.50	0.40	626.27	2,041.26	39.00	198.11	70	60	6:05	17:10	6:05	17:10	맑음	급수	
7.23	6:02	0.42	0.40	685.48	2,185.14	59.21	143.88	60	50	6:02		6:02		맑음	급수	
7.24	5:30	0.2	0.2	856.26	2,358.14	170.78	173.00	80	70	5:30		5:30		맑음	급수	
7.25	6:25	0.30	0.30	876.72	2,396.24	20.46	38.10	60	50	6:25		6:25		맑음	급수	

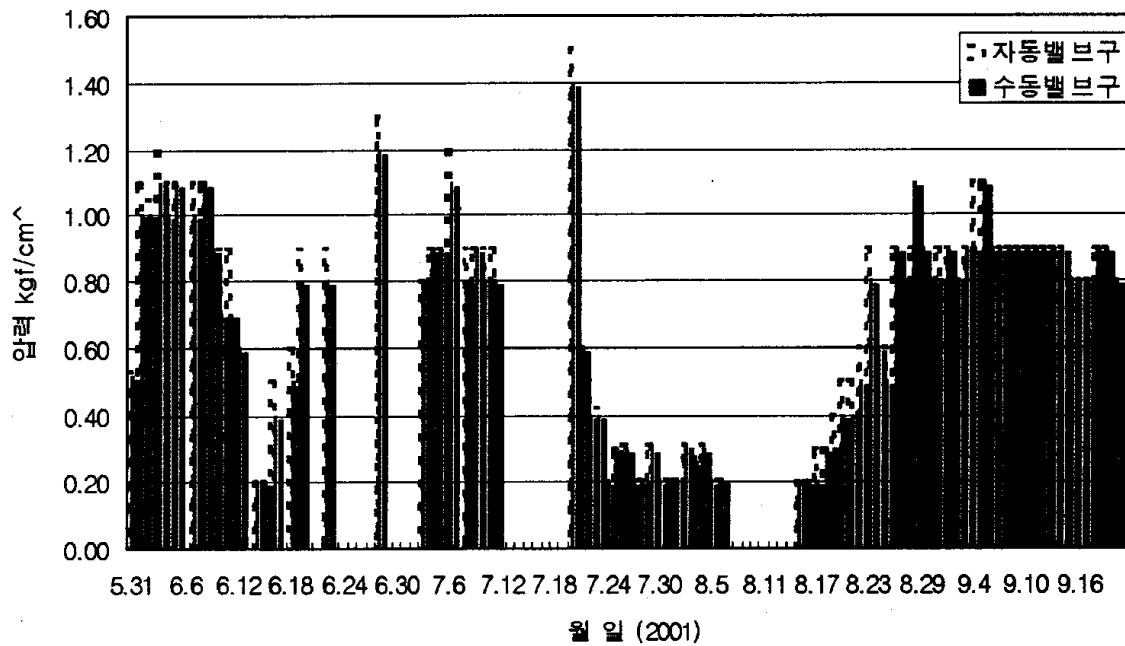
일자	시간	압력kgf/cm ²		계량기 m ³		사용량 m ³ /d		수위 m		자동밸브		수동밸브		날씨	급수여부	영농상태
		자동	수동	자동	수동	자동	수동	자동	수동	개방	차단	개방	차단			
7.26	7:10	0.31	0.30	876.72	2,396.24	-	-	70	60	7:10		7:10		맑음	급수안함	이삭거름
7.27	6:05	0.21	0.20	876.72	2,396.24	-	-	60	50	6:05		6:05		맑음	급수안함	
7.28	6:20	0.21	0.21	876.72	2,396.24	-	-	60	50	6:20		6:20		맑음	급수안함	
7.29	6:04	0.31	0.30	920.58	2,725.86	43.86		50	40	6:04		6:04		맑음	급수	
7.30	6:25	0.21	0.20	928.14	2,794.27	7.56	68.41	60	50	6:25		6:25		맑음	급수	
7.31	8:10	0.21	0.21	928.14	2,794.27	-	-	50	40	8:10		8:10		맑음	급수안함	
8.1	6:20	0.21	0.20	928.14	2,794.27	-	-	60	50	6:20		6:20		맑음	급수안함	
8.2	7:10	0.31	0.31	928.14	2,794.27	-	-	50	40	7:10		7:10		맑음	급수안함	
8.3	7:15	0.27	0.26	982.16	2,949.27	54.02	155.00	70	60	7:15		7:15		맑음	급수	
8.4	10:20	0.31	0.30	1,106.57	3,119.28	124.41	250.01	60	50	10:20		10:20		맑음	급수	
8.5	8:10	0.21	0.20	1,145.27	3,345.26	38.70	145.98	60	40	8:10		8:10		맑음	급수	
8.6	10:05	0.21	0.21	1,145.27	3,345.26	-	-	50	40	10:05		10:05		맑음	급수안함	
8.7	10:20	0.00	0.00	1,145.27	3,345.26	-	1.00	60	40	10:20		10:20		비	급수안함	
8.8	6:00	0.00	0.00	1,145.27	3,345.26	-	-	40	30	6:00		6:00		흐림	급수안함	
8.9	7:10	0.00	0.00	1,145.27	3,345.26	-	-	40	30	7:10		7:10		비	급수안함	
8.10	9:00	0.00	0.00	1,145.27	3,345.26	-	-	50	40	9:00		9:00		비	급수안함	
8.11	7:00	0.00	0.00	1,145.27	3,345.26	-	-	40	30	7:00		7:00		비	급수안함	
8.12	6:10	0.00	0.00	1,461.26	3,936.46	315.99	590.20	50	40	6:10		6:10		비	급수	
8.13	6:17	0.00	0.00	1,461.26	3,936.46	-	-	50	40	6:17		6:17		맑음	급수안함	
8.14	7:00	0.00	0.00	1,461.26	3,936.46	-	-	40	30	7:00		7:00		맑음	급수안함	
8.15	7:10	0.20	0.20	1,461.26	3,936.46	-	-	40	30	7:10		7:10		맑음	급수안함	복도열악함
8.16	7:20	0.20	0.20	1,461.26	3,936.46	-	-	40	30	7:20		7:20		맑음	급수안함	
8.17	6:10	0.30	0.20	1,568.42	4,018.72	107.16	82.26	60	60	6:10		6:10		맑음	급수	
8.18	7:05	0.30	0.30	1,568.42	4,018.72	-	-	60	50	7:05		7:05		맑음	급수안함	
8.19	6:02	0.40	0.30	1,568.42	4,018.72	-	-	60	50	6:02		6:02		맑음	급수안함	
8.20	8:10	0.50	0.40	1,568.42	4,018.72	-	-	50	40	8:10		8:10		흐림	급수안함	
8.21	9:12	0.50	0.40	1,627.56	4,286.78	59.14	268.06	50	40	9:12		9:12		흐림	급수	
8.22	8:14	0.60	0.50	1,627.56	4,286.78	-	-	70	60	8:14		8:14		맑음	급수안함	
8.23	7:13	0.90	0.80	1,627.56	4,286.78	-	-	60	50	7:13		7:13		흐림	급수안함	
8.24	6:40	0.60	0.60	1,627.56	4,286.78	-	-	50	40	6:40		6:40		맑음	급수	
8.25	8:10	0.60	0.50	1,765.27	4,315.58	137.71	28.80	70	60	8:10		8:10		흐림		
8.26	8:20	0.90	0.90	1,912.76	4,726.84	147.49	411.26	70	60	8:20		8:20		맑음	급수	
8.27	6:40	0.80	0.80	1,912.76	4,726.84	-	-	70	50	6:40		6:40		흐림		
8.28	8:10	0.90	1.10	2,032.78	5,081.87	120.02	355.03	60	50	8:10		8:10		맑음		
8.29	7:14	0.90	0.90	2,051.57	5,244.78	18.79	162.91	60	40	7:14		7:14		맑음		
8.30	6:13	0.80	0.80	2,051.57	5,560.14	-	315.36	60	60	6:13		6:13		맑음		
8.31	7:10	0.90	0.80	2,051.57	5,560.14	-	-	40	50	7:10		7:10		맑음	급수안함	
9.1	7:20	0.90	0.90	2,051.57	5,560.14	-	-	40	40	7:20		7:20		맑음	급수안함	비료, 농약
9.2	8:02	0.80	0.80	2,051.57	5,744.78	-	184.64	40	30	8:02		8:02		맑음	급수	
9.3	7:16	0.90	0.90	2,051.57	5,744.78	-	-	50	50	7:16		7:16		맑음	급수안함	
9.4	8:10	1.10	0.90	2,051.57	5,771.87	-	27.09	60	50	8:10		8:10		맑음	급수	
9.5	8:11	1.10	1.10	2,051.57	6,075.52	-	303.65	60	60	8:11		8:11		맑음	급수	
9.6	9:10	0.90	0.90	2,051.57	6,075.52	-	-	60	50	9:10		9:10		맑음	급수중단	
9.7	8:12	0.90	0.90	2,051.57	6,075.52	-	-	60	50	8:12		8:12		맑음	급수중단	
9.8	8:14	0.90	0.90	2,051.57	6,075.52	-	-	60	50	8:14		8:14		맑음	급수중단	
9.9	7:10	0.90	0.90	2,051.57	6,075.52	-	-	60	50	7:10		7:10		맑음	급수중단	
9.10	7:20	0.90	0.90	2,051.57	6,172.58	-	97.06	50	40	7:20		7:20		맑음	급수	
9.11	9:05	0.90	0.90	2,051.57	6,172.58	-	-	60	50	9:05		9:05		맑음	급수중단	
9.12	8:30	0.90	0.90	2,051.57	6,172.58	-	-	50	40	8:03		8:03		맑음	급수중단	
9.13	7:30	0.90	0.90	2,051.66	6,172.58	0.09	-	50	40	7:30		7:30		맑음	급수	
9.14	8:40	0.90	0.90	2,051.66	6,172.58	-	-	50	40	8:40		8:40		맑음	급수중단	
9.15	9:00	0.80	0.80	2,051.66	6,172.58	-	-	50	40	9:00		9:00		맑음	급수중단	
9.16	8:50	0.80	0.80	2,051.66	6,172.58	-	-	50	40	8:50		8:50		맑음	급수중단	
9.17	7:40	0.80	0.80	2,051.66	6,172.58	-	-	0	0	7:40		7:40		맑음	급수중단	
9.18	8:00	0.90	0.90	2,051.66	6,172.58	-	-	50	40	8:00		8:00		맑음	급수중단	
9.19	9:10	0.90	0.90	2,051.66	6,172.58	-	-	40	30	9:10		9:10		맑음	급수중단	
9.20	7:40	0.80	0.80	2,051.66	6,312.81	-	140.23	50	40	7:40		7:40		맑음	급수	
9.21	10:00	0.00	0.00	2,051.66	6,312.81	-	-	0	0	10:00		10:00		맑음	급수중단	물빼기작업
계																



<그림 2.3.18> 수동급수와 자동급수구의 담수위 변화

2) 급수관 압력변화

<그림 2.3.19>는 관로압력 변화를 월별로 관개를 개시하는 오전 6~8시에 측정하여 표시한 결과이다. 최저압은 0.20kgf/cm²이고 최고압은 1.5 kgf/cm²를 나타내고 있다.



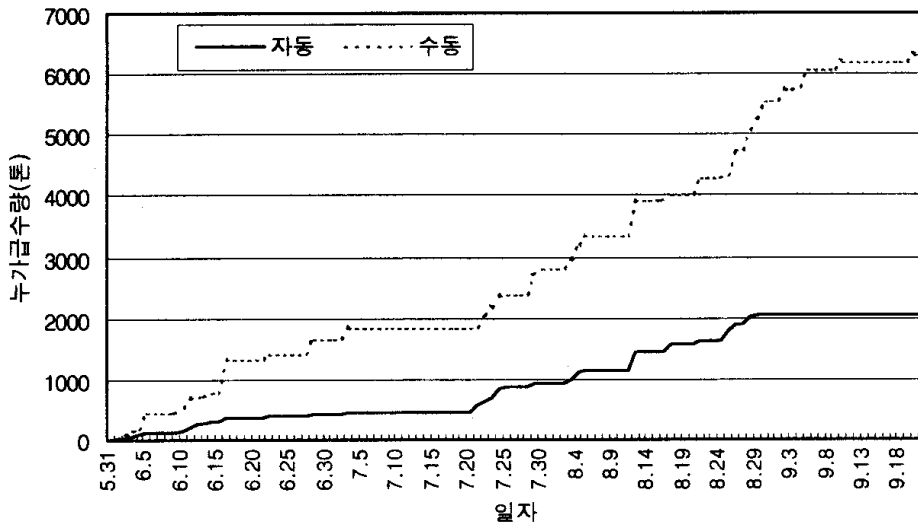
<그림 2.3.19> 수동급수구와 자동급수구의 압력변화

3) 급수량 비교

2000년 5월 31일부터 9월 21일까지 관개기간 동안 시험포에 공급한 전체 급수량은 수동급수구가 6,313톤이고 자동급수구가 2,051톤(ha당 3,234톤)으로 수동급수구가 월등히 많다. 1ha를 기준으로 자동급수장치와 수동급수장치의 급수량 차이는 2배로 자동급수 장치를 사용할 경우 농업용수를 대폭적으로 절감할 수 있다.

급수량 비교

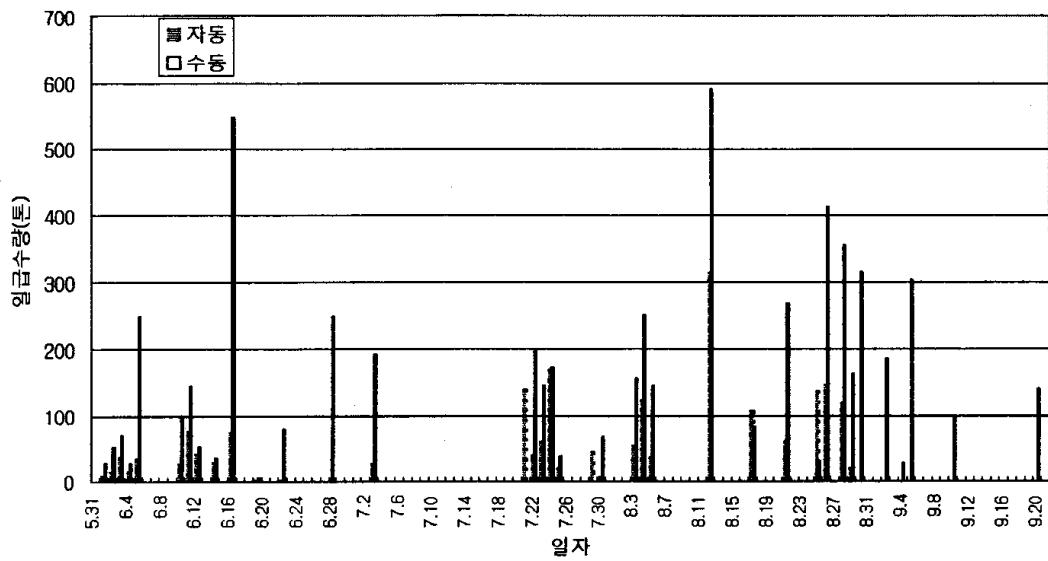
구 분		수동급수전	자동급수전
누가사용량 (톤)	전체	6,313	2,051
	ha당	6,313	3,234
면 적(평)		3,000 (1ha)	2,000 (0.617ha)



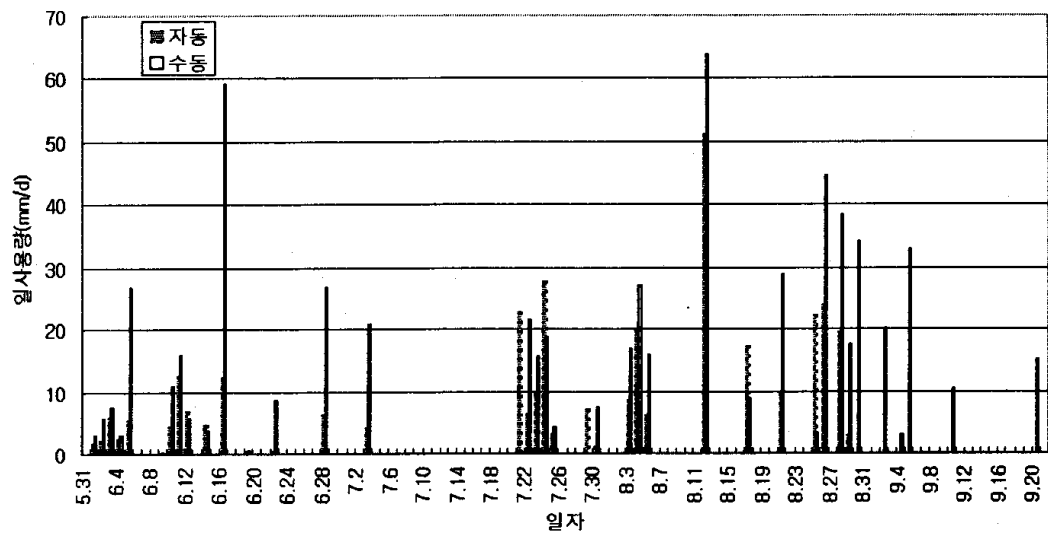
<그림 2.3.20> 자동급수장치와 수동급수장치의 누가급수량

<그림 2.3.21>은 1일 급수량을 나타내고 있으며 수동급수전의 경우 최대 590톤을 관개하고 자동급수전은 최대 310톤을 관개하여 급수량 차이는 약 2배가 된다. 즉, 밸브를 계속적으로 개방하고 있는 수동급수장치와 일정수위가 되면 용수공급을 중단하는 자동급수장치와는 급수량에 많은 차이가 나고 있다.

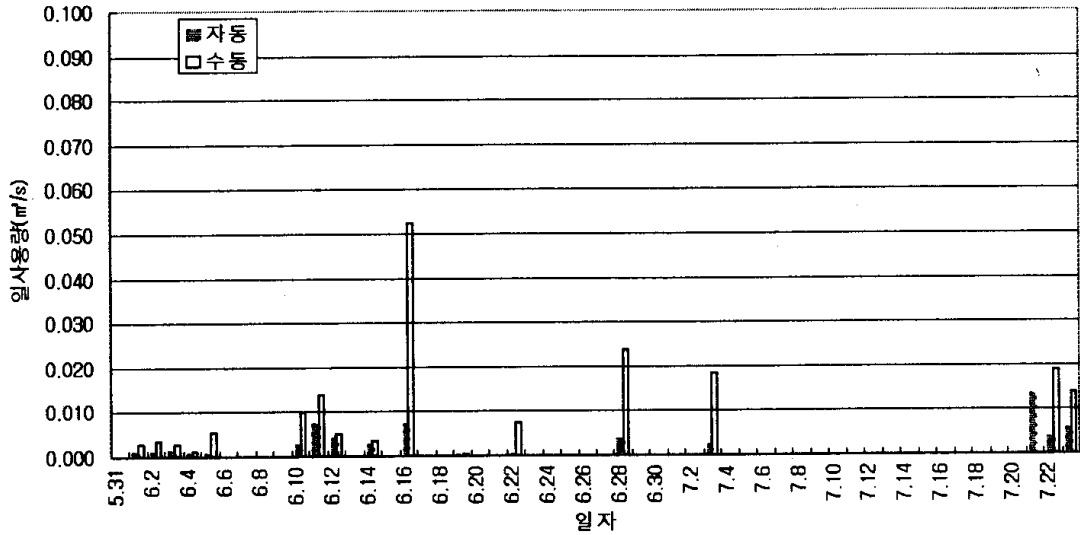
<그림 2.3.22>은 일사용량을 mm단위로 환산한 것이며, <그림 2.3.23>은 24시간 공급했을 때의 초당 공급량으로 환산하여 나타내 값이다. 급수전의 공급량은 10~20 l/s를 나타내고 있어 급수전의 공급능력이 이 정도면 충분하다는 것을 의미하고 있다.



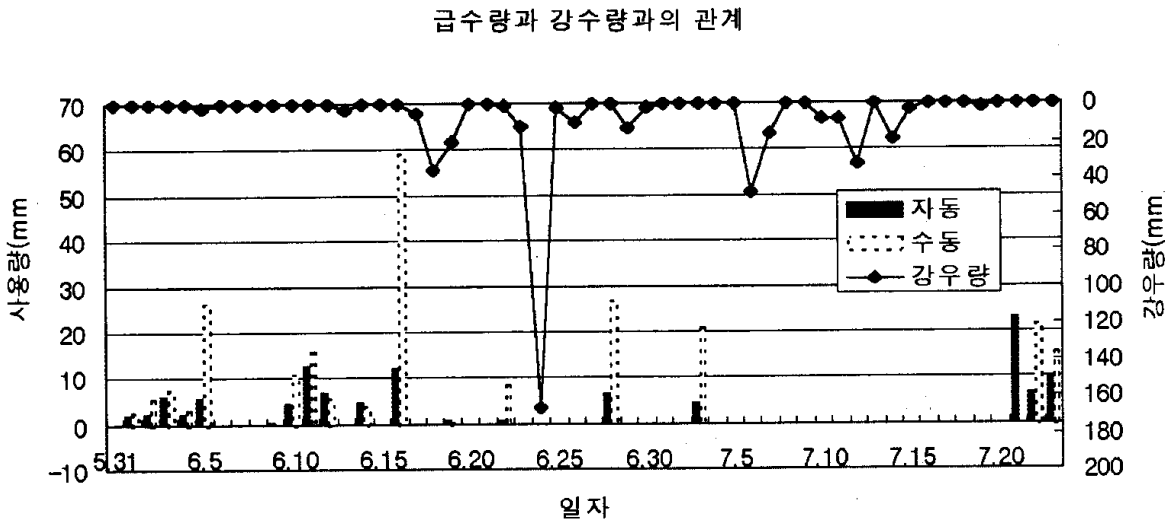
<그림 2.3.21> 자동급수장치와 수동급수장치의 일급수량(톤)



<그림 2.3.22> 자동급수장치와 수동급수장치의 일급수량(mm/d)



<그림 2.3.23> 자동급수장치와 수동급수장치의 일급수량(m³/s)



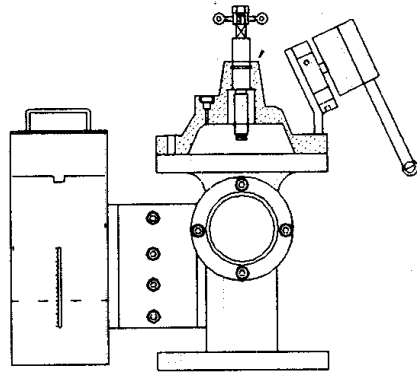
<그림 2.3.22> 급수량과 강수량과의 관계

제 4 절 자동급수장치 사용설명서

1. 자동급수장치 구조

자동급수장치는 논외 관수로 지거 말단부에 설치하는 급수장치로서 본체부와 수위설정부로 구성되어 있다. 급수장치 본체는 다이어후렘, 여과기, 세정기, 수량조절 핸들 구성되어 있으며, 수위설정기와는 튜브로 연결이 가능하다.

수위설정기에 있는 눈금판에 벼의 생육에 대한 상한 수위(급수를 정지하는 수위)와 하한수위(급수를 개시하는 수위)를 세트한다. 수위설정기는 수위(상·하한 수위)를 검출하여 급수장치 본체를 자동으로 조작하는 역할을 한다.



수위설정기 본체

<그림 2.4.1> 자동급수장치(일체형) 구조도

2. 자동급수장치 작동원리

가. 단수상태(밸브가 닫힌 상태)

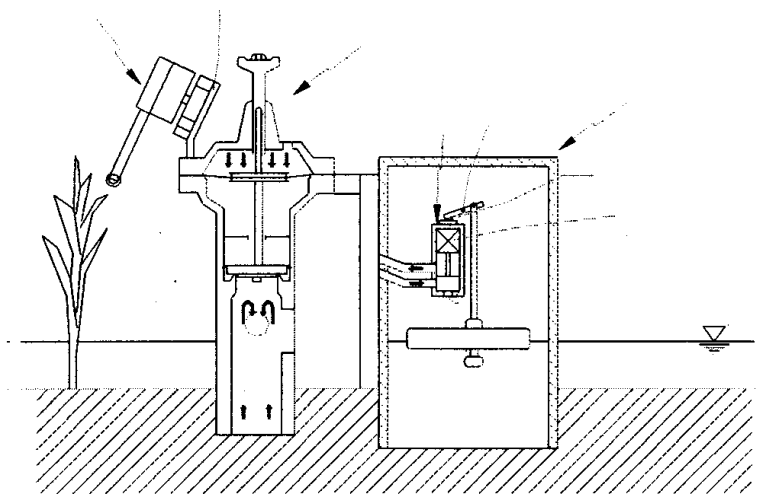
관개용수를 논에 공급하면 논외 수위는 점점 올라 간다. 수위의 상승에 수반되어 수위설정기의 플로트도 상승한다. 그래서 플로트가 상한 스톱에 도달하면 눈금판은 밀려 올라간다. 여기에 연결되어 있는 수위설정기 암이 작동하고 솔레노이드밸브가 닫힌다.

1차압 취출구에서 유입된 수압이 (1차압 취출구→세정용 피스톤 →전환스위치 → 다이어후렘)의 순서로 전달되어 수압에 의해 급수장치 본체부의 밸브가 닫히고 급수가 정지한다.

나. 급수상태(밸브가 열려 있는 상태)

논에 저수된 관개용수는 증발과 누수등에 의해 수위는 내려간다. 수위의 하강에 수반되어 플로트도 하강하여 플로트가 하한설정치에 도달하면 솔레노이드밸브가 열린다.

이때 1차압 취출구에서 유입된 압력은 솔레노이드밸브의 배수구에서 물이 배출되어 다이아후램까지 수압이 전달되지 않기 때문에 밸브가 열리게 되어 급수를 개시한다.

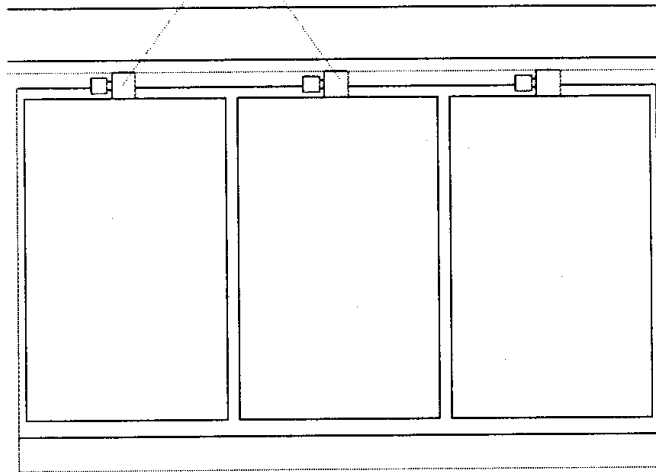


<그림 2.4.2> 자동급수장치 작동원리

3. 급수장치 설치방법

가. 본체설치

최근 경지정리지구에서는 대구획 경지정리 지역이 증가하고 있다. 용수로도 파이프라인으로 시공되는 지역이 증가하고 있으며, 말단에는 물관리를 위하여 수동식 급수장치를 사용하고 있다.



<그림 2.4.3> 자동 급수장치의 설치위치

- 1헥타아르 논에는 2~3대의 자동급수장치 설치 (유량계산하여 확정)
- 급수장치 본체부는 농로의 논두렁에 설치하고 분리형의 경우 수위설정부는 논
의 수위를 감지하는 장치이므로 논에 설치
- 논외 귀퉁이에 자동급수장치를 설치하면 논외 각종 부유물이 바람 등의 영향에
의해 논외 구석진 곳에 모여, 수위설정부(플로트)의 상하작동을 방해하기 때문
에 수위설정기 설치할 때에는 논외 귀퉁이 부분은 피한다.
- 급수장치 본체부에는 토출구가 있으므로 보호박스는 충분한 크기로 설치하며
보호박스의 밑부분의 관연결부 위치는 중심에서 약간 후방으로 한다.

나. 지거관과 급수장치의 연결

- 관개용수는 이물질 등이 관수로 안에 유입되기 때문에 이물질 유입방지에 대하
여 고려한다.
- 급수장치 본체부와 지거 파이프라인의 입상관과의 접속은 파이프라인에 부유물
이 잔류하여 송수에 트러블이 발생하더라도 처리가 용이하도록 플렌지식을 채
용한다. 급수장치 본체부를 교체할 경우에도 플렌지식으로 접속되어 있는 편이
착탈이 간단하다.
- 급수장치 본체부와 파이프라인의 입상관을 접속할 경우 염화비닐제의 밸브소켓
을 사용한다.
- 관수로 입상관의 구경이 급수장치 본체부의 구경과 맞지 않을 경우 구경이 다
른 소켓을 사용하되 급수장치 본체부의 구경에 맞추어 시공한다.
- 자동급수장치의 보호박스를 설치할 경우 보호박스가 넘어지고 침하되는 것을
방지하기 위하여 보호박스의 밑에 자갈이나 모래를 깔다. 또, 보호박스가 흙의
압력에 의해 전후 좌우로 기울지 않도록 급수장치 본체부를 설치한다.

3) 수위설정기 설치

가) 설치방법

- 급수를 하는 논의 벼의 생육에 맞는 상한수위 및 하한수위를 수위설정기의 눈금판에 셋팅해서 수위설정기가 그 수위를 감지하도록 하고 급수장치 본체부를 조작하는 기능을 한다.
- 수위설정기는 논의 지면에서 약 15cm, 직경 25cm의 구멍을 뚫어 수위설정기를 설치하고 주변을 메워 고정한다.

나) 설치순서

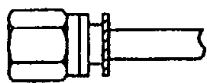
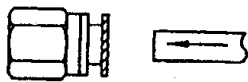
- 논 바닥에 수위설정기를 설치한다. 그 경우 센서케이스의 외측에 있는 매설 기준선(논의 지면을 흰색 선에 맞춘다.)을 논지면의 높이에 맞추어 설치하고 주변을 메우고 수위설정기를 고정한다.
- 수위설정기의 주변을 메울 때에 수위설정기 통속에 흙이 들어가지 않도록 하고 흙이 남아 있을 때에는 제거한다.
- 수위설정기의 설치는 논 지면에 수직이 되도록 설치한다.

다) 본체와의 연결방법

자동급수장치를 자동으로 조작할 경우에는 급수장치 본체부와 수위설정기를 튜브로 연결한다.

- 튜브의 연결은 급수장치 본체부 상부에 있는 전환스위치 하부에 있는 원터치 구멍에 삽입한다.
- 튜브의 접속 등 (삽입방법, 빼는 방법)은 원 터치이기 때문에 간단하게 연결이 가능하다.
- 튜브는 200cm 짜리가 연결되어 있으나 길 경우 적당한 길이로 잘라서 사용한다.

튜브를 원터치 입구에 그대로 삽입 이 부분을 누르면서 튜브를 당김



튜브 삽입방법

튜브 제거방법

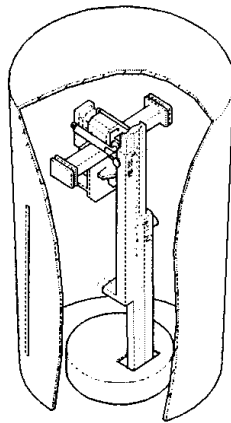
<그림 2.4.4> 자동급수장치의 튜브 연결 및 제거방법

4. 자동급수장치 사용방법

가. 급수방법

1) 자동급수

- 급수전 본체부 상부에 있는 전환스위치를 자동으로 하여 벼의 생육에 필요한 수위(상한수위 및 하한수위)를 어느 정도로 하는 것이 좋은지를 처음에 결정한다.
- 벼의 생육에 필요한 수위가 결정되면 논에 설치한 수위설정기의 눈금판에 그 수위를 셋팅하기 위해 센서케이스의 뚜껑을 연다.
- 벼의 생육에 필요한 수위를 눈금판(1눈금 1cm)에 맞춰 상한 수위를 셋팅한다. 다음에 하한 수위를 셋팅한다.
〈참고〉 상한수위란 논에 급수를 할 경우 급수를 정지시키는 수위이다 또한 하한수위란 논에 저수된 물이 증발, 누수 등에 의해 수위가 내려가지만 그 수위가 하한수위까지 내려가면 다시 상한수위까지 급수를 개시하는 수위이다.
- 자동으로 의해 급수를 함으로서 벼의 생육에 필요한 수위 확보가 가능하고 또한 과잉 취수 방지도 가능하기 때문에 관개용수의 절수를 도모한다. 때문에 남은 물의 배수로로의 무효방류도 완전히 방지할 수 있다.



〈그림 2.4.5〉 자동급수장치 수위설정기

2) 수동급수

- 자동급수전을 수동으로 급수를 할 경우 수위설정부를 사용하지 않고 급수전 본체부로 급수를 할 수 있다.
- 자동급수전을 수동으로 사용할 때에는 급수전 본체부 상부에 있는 전환스위치의 열림(開)을 화살표에 맞추면 급수를 시작한다.
〈참고〉 이 경우 전환스위치의 하부 부분까지 물이 나오는 구조로 되어 있다.
- 전환스위치의 닫힘(閉)을 화살표에 맞추면 급수를 정지한다.
〈참고〉 전환스위치를 닫힘으로 해서 급수가 완전히 정지할 때 까지 약 30초 정도 걸린다.

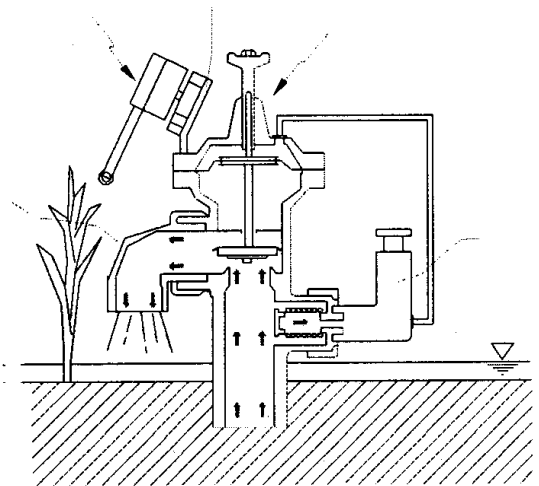
3) 수량조절방법

- 자동급수장치의 토출량 조절은 급수장치 본체부 상부중앙에 있는 수량조절핸들을 돌려서 조절한다.
- 급수량을 늘릴때는 수량조절핸들을 좌로 돌려서 토출량을 증가시키고 급수량을 줄이고 싶을 경우에는 수량조절핸들을 우로 돌려서 토출량을 줄인다. 수량조절핸들을 완전히 닫으면 급수는 정지한다.
- 급수장치 본체부 토출구에 어태치먼트를 접속할 때는 어태치먼트입구에 호스를 접속해서 급수를 할 경우 수압이 걸려 있기 때문에 수량조절핸들을 일단 닫고 나서 서서히 수량조절 핸들을 돌려서 급수한다.
- 최근에는 써래질과 모내기 작업을 일제히 하는 경우가 많아지고 있다. 따라서, 써래질과 모내기 작업에 필요한 용수가 일정시기에 집중함에 따라 토출량이 심하게 떨어지는 것이 예상된다. 이와 같은 지역에서는 관수로 계통 또는 블록으로 나누어서 로테이션으로 급수를 한다.

5. 유지관리요령

가. 평상시 관리

급수장치 본체부의 필터 및 튜브 등의 찌꺼기 방지를 위한 대책으로 급수장치 본체부의 세정용 피스톤을 급수상태에서 때때로 눌러준다.



<그림 2.4.6> 급수장치의 평상시 관리

- 1) 관수로 시공을 한 직후에는 파이프 가운데 있는 토사와 찌꺼기가 남아 있는 경우가 있기 때문에 처음에 통수할 때에는 필히 토사와 찌꺼기 등을 배출하기 위해서 충분히 흘려 보낸다. 그래서, 토사와 찌꺼기 등이 파이프에서 완전히 흘러나오는 것을 확인 한 후 전환스위치를 자동으로 하고 나서 수량조절 핸들을 서서히 열어 급수를 한다.

- 2) 논외 표면에 있는 벚짚 등이 논외 담수 함에 따라 수면에 뜨게 되어 바람이 불면 수위설정기의 주변에 모여 플로트의 작동에 영향을 미칠 수 있기 때문에 수위설정기 내부에 남아있는 찌꺼기 등은 완전히 제거한다.
- 3) 관개 기간 중에 큰 비 등이 예상될 경우에는 급수를 하지 않도록 전환스위치를 단힘으로 놓고 수량조절핸들을 단아서 급수를 하지 않도록 한다. 또, 태풍 등의 공습이 예상될 경우에는 급수장치 본체부에서 튜브와 수위설정기를 분리하여 집에 보관한다. (분리형의 경우)
- 4) 벼의 수확 전에는 물을 빼지만 물을 빼고 난 후에는 수위설정기는 사용하지 않을 뿐만 아니라, 농기계 작업에 지장을 주기 때문에 튜브와 수위설정기를 집에 가져가서 물로 닦은 후 말려서 비닐봉지 등에 넣어 보관한다.
- 5) 급수장치 본체부를 사용하지 않으면 본체부에 달라 붙어있는 찌꺼기 등을 물로 닦아서 제거한 후 비닐 봉지 등을 덮어씌우고 그 비닐 봉지 하단을 테이프 등으로 완전히 막는다.

나. 정상적으로 작동하지 않을 경우의 조치

1) 수위설정기의 플로트가 정상적으로 작동하지 않을 경우

가) 논외에 설치된 수위설정기가 비스듬하게 경사져 있지는 않는가

<대책> 만약 수위설정기가 비스듬하게 설치되어 있다면 수위설정기를 수직으로 설치한다.

나) 플로트가 흙에 묻혀 있지 않는가

<대책> 만약 수위설정기 중앙의 플로트가 흙으로 파 묻혀 있다면 수위설정기 내부에 있는 흙을 제거하고 플로트가 정상으로 상하작동을 하도록 한다.

다) 플로트에 오물이나 찌꺼기 등이 붙어 있지 않는가

<대책> 만약 수위설정기 가운데의 플로트에 오물이나 찌꺼기가 붙어 있으면 물로 씻어내고 오물 등을 분리한다.

라) 상기 가)~다)의 처리를 해도 플로트가 정상적으로 작동하지 않을 경우에는 구입처로 연락한다. 구입처 사원이 현지에 출장하여 조정, 보수 등의 작업을 한다. 그때까지는 번거롭지만 수동으로 급수를 한다.

※ 수압이 일시 떨어지면 급수를 하지 않는 경우가 있는데 수압이 올라가면 작동을 하게 된다.

2) 밸브가 닫히지 않을 경우

가) 자동으로 조작하기 위하여 수위설정기 눈금판에 벼의 생육에 필요한 수위 (상한수위 및 하한수위)를 정확히 하였는데도 불구하고 급수가 정지되지 않을 경우에는 전환스위치가 자동으로 되어있지 않고 수동의 열림으로 되어 있지 않는가

<대책> 만약 수동 열림으로 되어 있다면 자동으로 전환한다.

나) 밸브가 닫히지 않을 때는 급수장치 본체부의 밸브에 이 물질이 사이에 끼어 있다고 생각할 수 있다.

<대책>

- 급수장치 본체부 상부에 있는 전환스위치를 닫힘(閉)으로 한다.
- 급수장치본체부의 토출구를 손으로 막는다.
- 전환스위치를 열림으로 해서 급수장치 본체부 상부에 있는 수량조절핸들을 풀어서 급수를 시작한 후 손으로 토출구 입구를 막는다. 손으로 막고 있는 토출구에 수압이 걸렸을 때 손을 떼면 수압에 의하여 이 물질이 토출구에서 물과 함께 제거된다. (이와 같은 조작을 2~3회 반복한다.)
- 그 후 전환스위치를 닫힘으로 설정하고 동시에 수량조절핸들을 잠근다. (완전히 급수가 정지되는지를 확인한다.)

※ 급수가 정지되지 않을 때에 수량조절핸들을 무리하게 돌리면 밸브본체에 흠이 생기므로 주의한다.

다) 상기의 가) 및 나)의 조치를 해도 밸브가 닫히지 않을 경우에는 구입처로 연락한다. 사원이 현지에 나가서 조정, 보수 등의 작업을 한다.

3) 밸브가 열리지 않을 경우

가) 급수장치본체부 상부에 있는 전환스위치가 닫힘으로 되어 있지 않는가

<대책> 전환스위치가 닫힘으로 되어 있다면 자동으로 전환한다.

나) 급수장치본체부 상부에 있는 수량조절핸들이 완전히 닫혀진 상태로 되어 있지 않는가

<대책> 만약 완전히 닫힌 상태라면 수량조절핸들을 풀어서 느슨하게 한다.

다) 급수장치 본체부에 걸쳐있는 압력을 측정한다.

<대책> 압력을 측정한 결과 압력이 너무 떨어진 경우에는 압력을 높인다.

라) 상기 가)~다)의 조치를 해도 밸브가 열리지 않을 경우에는 폐사로 연락한다.

폐사의 사원이 현지에 나가서 조정, 보수 등의 작업을 행한다.

4) 기타

가) 각 농가에서 논에 일제히 동시에 급수를 하게 되면 관수로로 되어 있어도 높은 곳에 있는 논에서는 토출량이 떨어지고 물이 잘 나오지 않을 경우가 있다. 그러나, 이 급수장치 본체의 전환스위치를 자동으로 셋팅하고 수위설

정기 눈금판에 벼의 생육에 필요한 수위를 셋팅해 두면 자동적으로 밸브가 열리고, 닫혀서 급수를 하기 때문에 눈금판에 셋팅한 수위에 도달한 눈에서 부터 급수가 정지되면서 전체의 눈으로 저수를 하게 된다.

- 나) 자동급수장치는 내식성, 내한성, 내충격성에 강한 재료로 제조한 것이며 사용하지 않을 때에는 비닐봉지 등으로 덮어두고 장기간 보관한다.
- 다) 동절기, 자동급수장치를 사용하지 않을 때에는 비닐봉지로 덮어두어 주변의 흙, 모래와 찌꺼기 등으로부터 급수장치 본체부를 보호하도록 한다. (특히 원 터치 구멍의 막힘 등)

6. 자동급수장치에 의한 물관리방법

1) 개요

최근에는 거의 동시에 일제히 모내기를 하기 때문에 일제히 용수를 공급하는 것이 곤란한 경우가 많다. 자동급수장치를 사용하여 관개를 하면 관개 후 차단되기 때문에 관개용수의 효과적인 배분이 가능하여 절수뿐만 아니라 유지관리비(펌프의 운전비등) 까지 절감 할 수 있다.

지거 관로에는 다수의 급수장치가 설치되지만 급수장치는 평상시에 같은 압력 조건으로 급수를 하지 못한다. (예를 들면 눈에 있는 급수장치를 일제히 열고 급수를 시작하면 토출량이 많은 곳이 있는 반면 토출량이 부족한 이 발생한다.

자동급수장치에 의한 관개는 수위설정기의 눈금판이 상한수위에 도달하면 급수가 자동적으로 정지되기 때문에 토출량이 부족한 곳으로 수압이 전달되어 다른 눈에 급수가 가능하게 된다.

물이 부족한 지역에서는 지역을 수 개 블록으로 분할해서 급수량에 차이를 두어 순환관개를 할 때도 편리하다.

써래질을 할 경우에는 수위설정기를 떼어내고 써래질작업 및 모내기작업이 업이 끝난 후, 다시 설치해서 눈금판에 벼의 생육에 필요한 수위를 셋팅해서 사용한다.

2) 벼의 물 관리 방법(일반적인 예)

벼의 물관리는 그 지방의 기상 조건 , 벼의 품종, 발아시기, 모내기 시기, 토양 과 물의 조건 및 농가 기술 수준 등에 따라 다르므로 자동급수장치를 이용하여 급수 할 경우에는 다음의 물관리 방법(일반적인 예)를 참고해서 적절한 물관리를 하도록 한다.

<참고> 수위설정기의 눈금판에 수위를 셋팅해서 물관리한 결과(기상조건 등을 포함)는 잘 보관하여 내년 이후의 물관리에 참고한다.

자동급수장치를 사용해서 물 관리를 하면 사람의 인력에 의한 물관리 보다도 고정도의 담수위 관리가 가능하며 관개용수를 대폭적으로 절감할 수 있다. 또한, 물관리 노동시간을 단축할 수 있으며 유지관리비(펌프의 운전비등)를 경감할 수 있다.

3) 물관리 사례 (예)

가) 모내기 직후

벼를 심고나서 활착을 하기까지는 벼가 수몰되지 않을 정도의 수심을 유지하고 보온을 하고 동시에 잎사귀의 건조를 막고 조기에 활착시키도록 한다. 이를 위해 수위설정기의 눈금판의 상한수위를 3cm정도로 셋팅하고 하한수위를 1cm로 셋팅한다.

모내기 직후에는(수위 폭 2cm)

상한수위 눈면에서 3cm

하한수위 눈면에서 1cm

나) 벼 이삭이 패기전

알이 찰 시기는 벼의 생육에 있어서 제일 중요한 시기이므로 담수심을 유지하며 관개하여 벼의 생육을 촉진시킨다. 이를 위해 눈금판의 상한수위를 9cm로 셋팅하고 하한수위를 4cm로 셋팅한다.

벼의 생육기의 경우 셋팅(수위 폭 5cm)

상한수위 눈면의 9cm

하한수위 눈면의 4cm

다) 논에 물을 빼는 시기

논에서 물을 빼고, 벼의 무리한 퍼짐을 방지하고 흙 속에 산소를 공급하여 뿌리의 성장을 도모한다.

<참고> 자동급수장치는 자동으로 조작되지만 오랜 기간, 논에 물을 뺄 필요가 있을 때에는 전환스위치를 단힘으로 하고 수량조절핸들을 돌려 급수를 완전히 정지시킨다.

라) 간단관개 시기의 경우

벼를 수확하는 15일(정도)전후까지는 간단관개를 한다. 간단관개는 논에 물을 댄 후 물을 단시간에 배수하고 며칠동안 그대로 놓아두고 흙이 결집되면 다시 물을 넣어

두는 방법이다. 이것을 반복함으로써 벼 뿌리의 기능저하를 방지하고 생육을 촉진한다. 이를 위하여 눈금판의 상한수위를 7cm로 하고 하한수위를 -3cm로 해서 수위 폭을 크게 한다.

간단관개의 경우에는(수위 폭 10cm)

상한수위 7cm

하한수위 -3cm

<참고>

- ① 수위설정기는 논 수위를 검지하기 때문에 수위설정기의 하부에는 콘크리트판 등은 깔지 않는다.
- ② 간단관개의 경우, 4일 정도 논에 담수한 것을 단시간에 배수구로부터 배수하고, 수일간 그대로 두면 지하수위(논지면에서 3cm정도)가 내려감에 따라서 논에는 날마다 틈새가 나서 흙은 결집되지만 그때의 지하수위를 이 수위설정기가 검지하고 다시 급수를 한다.

4) 심수관개의 경우(예)

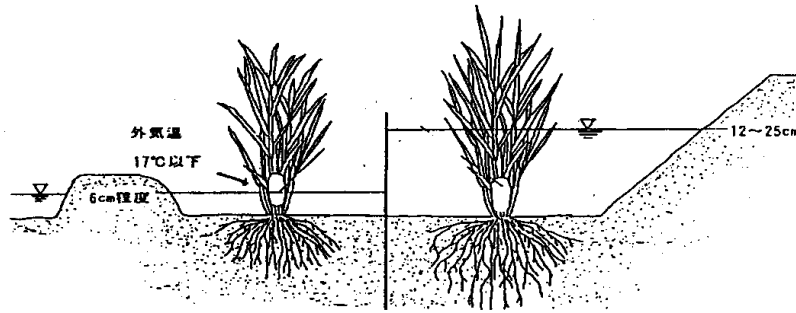
냉해 등에 의한 벼 수확 감수를 방지하기 위하여 각 지역의 기상과 벼의 생육시기에 맞는 적절한 물관리(심수대책 등)를 하는 것이 중요하다.

<참고>

- 냉해 등에 의한 벼 수확의 감소를 방지하기 위하여 심수관개가 행해지고 있지만 이 방법은 먼저 수위설정기 눈금판의 상한수위를 12cm로 하여 자동급수를 한다. 그래서, 기상상황과 벼의 생육 등에 대응하여 심수대책(심수 12cm 이상)을 실시하고 있지만 그 경우 전환스위치를 열림으로 해서 급수를 한다.
- 심수에 의한 관개시에는 그 논외 논두렁에서 물이 새지 않도록 논두렁을 충분히 정비함과 동시에 하루종일 수온을 올리도록 한다.

< 심수관개 사례 >

심수관개에 의한 물관리는 대기의 저온으로부터 벼이삭을 수면 밑으로 숨겨서 보호하는 것이므로, 외부 온도에 비해 따뜻한 물로 찬 공기로부터 벼를 보호하는 효과가 있다.



<그림 2.4.7> 심수관개 사례

5) 자동급수장치의 사용효과

- 자동급수장치를 사용할 경우 절수와 물관리를 위한 노동시간을 단축하고 유지관리비(펌프 운영경비 등)를 절감할 수 있다.
- 자동급수장치는 수위설정기를 사용하지 않고 급수장치 본체부의 전환스위치를 수동으로 조작하여 급수와 단수가 가능하다.
- 자동급수장치의 토출구(엘보우)의 앞부분을 호스로 연결하여 밭, 과수원, 하우스 등 관개용 또는 살수용으로 사용이 가능하고, 각종 농기계 세정에 사용이 가능하다.
- 자동급수를 함으로서 벼의 생육에 필요한 담수위 확보가 가능하며, 또한 과잉취수도 방지할 수 있기 때문에 관개용수의 절수가 가능하다. 그리고, 잉여수의 배수로로의 무효방류도 완전히 방지할 수 있다.

제 5 절 요약 및 결론

농업용수로가 관수로인 지구의 관수로 시스템을 분석하여 유형별로 특징 및 문제점과 관수로 지구인 해남과 우성지구의 수로조직 형태와 말단의 급수장치를 조사하여 지구사례를 제시하였다.

현재, 경지정리 지구 등에 설치되어 있는 관수로 시스템의 유형은 간선이 개수로인 유형이 대부분이며, 간·지선이 관수로이고 지거가 개수로인 유형 및 용수로가 전부 관수로인 유형은 수지구에 불과하였다. 그리고, 관수로 급수장치는 농수산용 분사밸브, 농수산용 나이프게이트 밸브, 콘밸브형 급수전 등 수동식 밸브가 사용되고 있었다.

본 장에서는 관수로지구의 물관리 개선을 위하여 플롯에 의하여 담수위를 감지하여 자동으로 급수 및 차단이 가능한 급수장치(물고)를 개발하였다. 그리고, 급수장치의 작동시험 및 급수량 비교 시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

자동급수장치로 공급된 연간 급수량은 1ha에 3,234톤이 공급되었고, 수동급수장치는 연간 급수량 6,313톤이 급수되어 자동급수장치가 수동식에 비해 용수절감량이 50%에 달하였다. 이는 수동급수장치 대신에 자동급수장치를 사용하면 농업용수를 대폭적으로 절감할 수 있다는 것을 의미한다.

또한, 자동급수장치의 작동원리 및 사용방법 등을 정리한 자동급수장치 사용설명서를 작성하였다.

제 3 장 자동급수장치 효과분석

제 1 절 서론

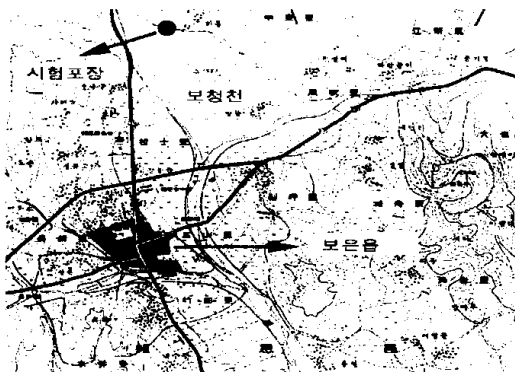
농업용수의 관리는 농민들 스스로에 의해서 이루어지고 있지만, 농민의 노령화 및 농촌의 과소화로 인한 부적절한 물관리로 과다한 양의 농업용수가 낭비되고 있다. 이러한 용수의 낭비를 줄이기 위해 최근 자동 물고 개발에 대한 노력이 시도되고 있는데, 국내에서는 정하우 등(1995), 김하집 등(2000)에 의해 개수로의 자동급수전에 관한 연구가 수행되었다.

최근 관개의 자유도를 증대시키기 위해 관수로에 의한 관개가 늘어나고 있지만, 용수량의 과다가 문제가 되고 있다. 본 장에서는 관수로 관개지구를 대상으로 자동급수구(자동급수전이 설치된 단위논)와 수동급수구(수동급수전이 설치된 단위논)에서의 용수량 및 물관리노력을 비교하여 자동급수전의 관개효과 및 유지관리상의 문제점을 분석하고자 한다.

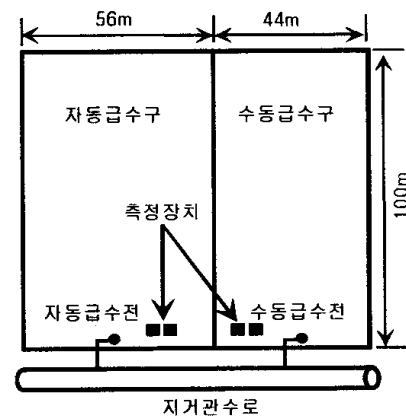
제 2 절 자동급수장치 현장시험(1차년도)

1. 시험개요

연구대상 지구로서 관수로 관개조직을 갖춘 충북 보은군 보은읍 학림지구의 논지구를 선정하였다. 학림지구는 경지정리된 대구획의 논으로서 물리면적은 약 280ha로서 농업기반공사에서 물관리를 담당하고 있다. 용수는 금강의 지류인 보청천에서 취입보를 통하여 하천취수를 하고 있는데, 상류에는 저수량 16만 5천 m^3 의 농업용 저수지인 상궁저수지가 있다. 또한 제1호 용수지선의 물리면적은 259ha로서 설계용수량은 $0.741 m^3/s$ 로 되어 있으며, 간선용수로는 개수로로 되어 있고, 지거용수로는 관수로로 되어 있다.



<그림 3.2.1> 시험지구



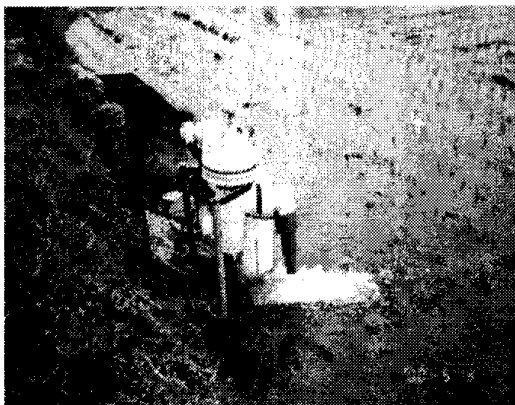
<그림 3.2.2>
시험포장의 개요

시험포장로서는 자동급수구(자동급수전이 설치된 시험논)과 수동급수구(수동급수전이 설치된 시험논)을 선정하였다. 두 시험포장의 용수량을 측정하기 위하여 급수전 앞에 유량계를 설치하였고 이물질의 유입을 막기 위해 유량계 앞에 스크린을 설치하였다. 두 시험포장에 대한 면적, 관리인, 물관리인의 교통수단, 급수경로 등의 개요는 <표 3.2.1>과 같다.

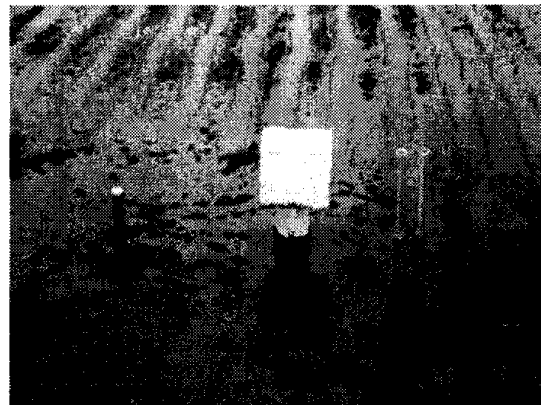
<표 3.2.1> 시험포장의 개요

	자 동 급 수 구	수 동 급 수 구
면 적	0.5 ha(1500 평)	0.29 ha(850 평)
관 리 인	67세 남자	62 세 남자
물관리시 교통수단	자 전 거	자 전 거
급수경로	지거관수로→ 스크린→ (유량계) → 자동급수전 → 급수구	지거관수로→ 스크린→ (유량계)→ 급수구

2000년 5월 12일 수동급수구에 모내기를 실시하였고, 5월 13일 자동급수구에 모내기를 실시하였으며, 5월 13일에 자동급수전, 유량계 및 측정장치를 설치하였다(<그림 3.2.3>, <그림 3.2.4>). 측정장치 및 시설로서는 유량계, 침투량 측정기, 감수심 측정기, 담수위 측정을 위한 자기수위계, 침투수 채수공 등이 있다.



<그림 3.2.3> 자동 급수전



<그림 3.2.4> 다양한 측정장치

수량 측정항목으로서는 용수량, 침투수량, 증발산량, 논담수심 등이 있고, 수질항목으로서는 용수, 배수, 침투수, 논표면수의 오염물질(T-N, T-P 및 COD)농도가 있다. 각 시험포장에서의 용수량과 담수위를 연속적으로 측정하여 물질수지를 산정하였다.

<표 3.2.2> 실험포장에서의 수량 및 수질 측정항목

구 분	측 정 항 목
수 량	1) 용수량 2) 침투수량 3) 증발산량 4) 눈담수위
수 질 (T-N, T-P, COD)	1) 용수 2) 침투수 3) 눈표면수 4) 배수

2000년 5월 15일부터 9월 중순까지의 관개기 동안에는 5일 간격으로 수량을 조사하였으며, 수질은 시비기(5월 중순~ 6월 중순)에는 5일, 비시비기에는 10일 간격으로 조사하였다.

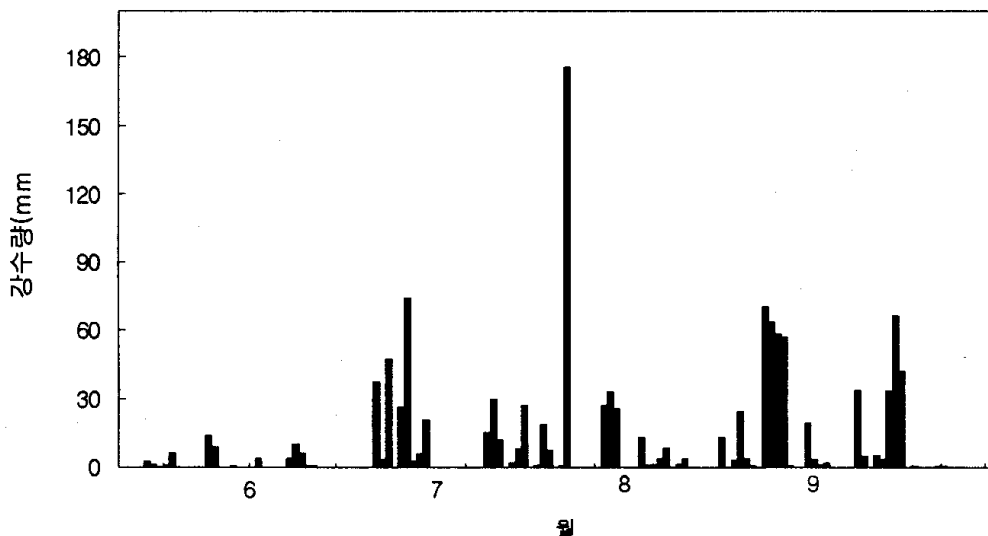
자동급수전은 용수가 눈에 유입되어 담수위가 설정수위까지 상승하면 자동급수전 내의 부표의 부력에 의해 밸브가 자동으로 폐쇄되는 기능을 가지고 있다. 자동급수전에 작용하는 압력은 약 0.6 kg/cm²이며, 수위는 상한수위 5cm, 하한 수위 2cm로 설정하였다.

2. 1차년도 시험결과

가. 실험포장에서의 물수지

1) 강수량

강수량의 변화는 <그림 3.2.5>와 같다. 조사기간 동안(5월 14일부터 9월 18일까지)의 총강수량은 1209.3mm이었고, 최대 일강우량은 7월 23일에 175.5mm를 기록했다.



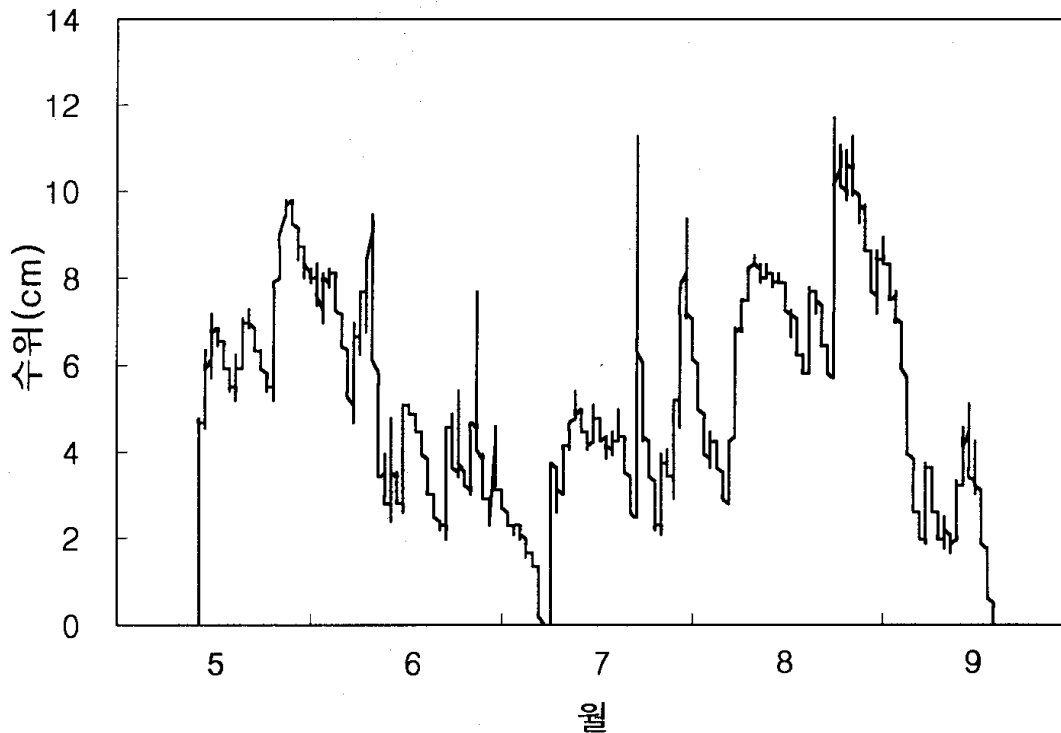
<그림 3.2.5> 2000년도의 강수량

2) 담수심

다음과 같은 저류방정식(3-1)에서의 용수량, 담수위 및 감수심을 연속적으로 측정함으로써 배수량을 추정할 수가 있다.

$$A \frac{dh}{dt} = I - Q \quad (3-1)$$

여기서 A는 논면적, h는 담수위, I는 유입량(용수량 + 강수량), Q는 유출량(배수량과 감수심)

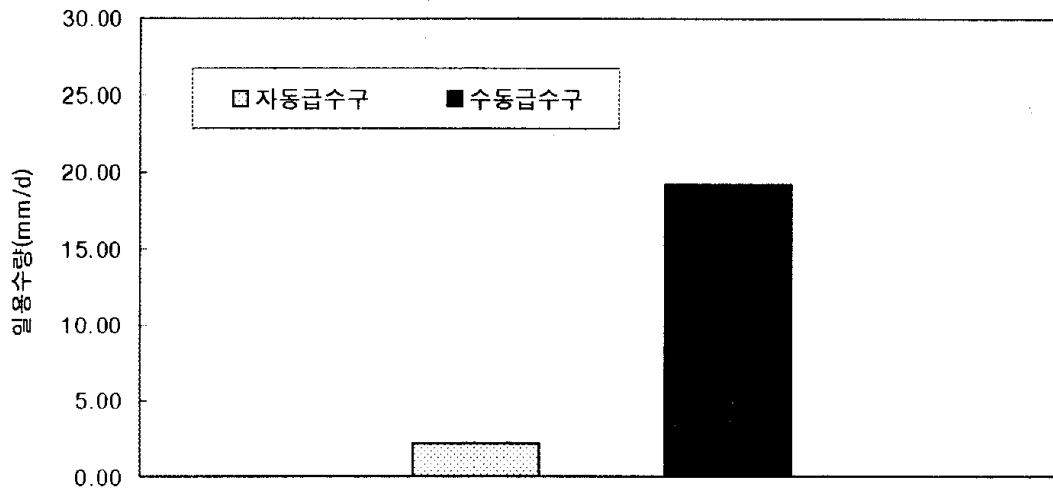


<그림 3.2.6> 수동급수구에서의 담수심의 변화

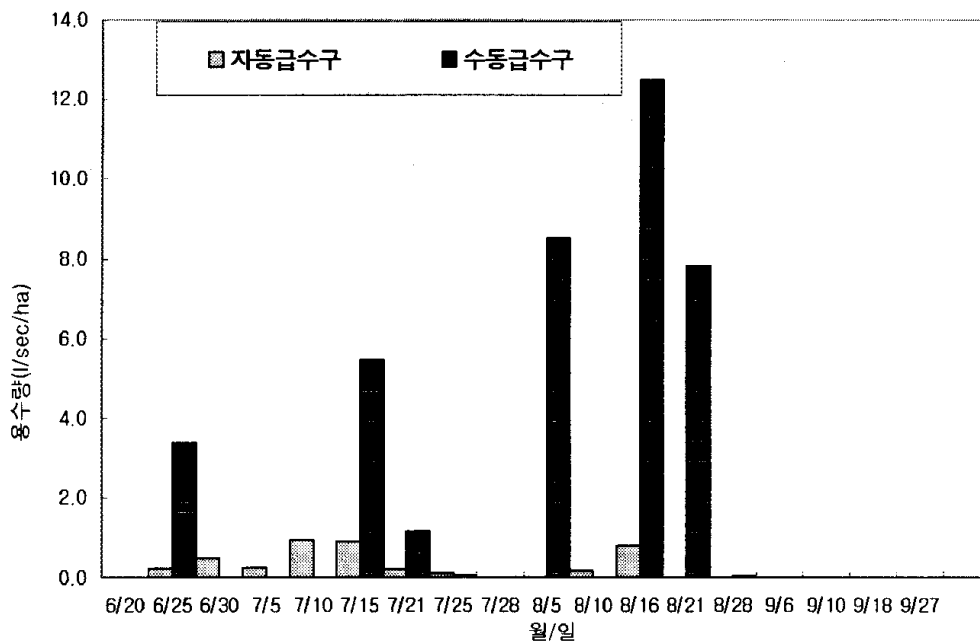
<그림 3.2.6>은 측정기간 동안의 수동급수구에서의 담수심의 변화를 나타낸다. 담수심은 8월 24일에는 최대 11.7 cm를 기록하였고 7월 8일과 9일에는 중간낙수로, 9월 19일 이후로는 용수공급의 중단으로 0 cm를 나타냈다. 관개기간 동안의 평균 담수심은 5 cm를 기록했다.

3) 용수량

5일 간격으로 측정한 시험포장의 1일 용수량의 변화는 <그림 3.2.7>과 같다. 수동급수구의 경우 6월 하순경에는 용수공급이 없었고 논표면은 거의 배수가 된 상태로 물이 없었다. 이 시기에 총 220 mm가량의 강우로 용수공급이 없었던 것으로 사료된다. 총용수량은 자동급수구의 경우 1,362 m³(272.4 mm), 수동급수구의 경우 7,001 m³(2414.1 mm)로 나타났다<그림 3.2.8>.



<그림 3.2.8> 시험포장의 평균 1일 용수량



<그림 3.2.7> 시험포장의 1일 용수량

시험포장별 일용수량은 자동급수구의 경우, 2.2 mm/d(0.25 L/s/ha)이고, 수동급수구의 경우 19.2 mm/d (2.22 L/s/ha)로서 수동급수구가 자동급수구보다 약 8.9 배 정도 높게 나타났다. 그러나 자동급수구의 용수량이 매우 작게 나타난 것은 자동급수전에 의한 용수절약보다는 자동급수전의 잦은 작동불량으로 소량의 용수가 공급되었기 때문으로 사료된다.

4) 물수지

자동급수구에서는 자기수위계의 잦은 고장으로 1 년간의 물수지가 정확하게 파악되지 못하였다. 한편, 수동급수구의 용수량은 2,414 mm, 강수량은 1,209 mm로 총유입수량은 3,623 mm로 산정되었다. 이 중 감수심(증발산량과 침투량)으로 929 mm가 유출되어, 배수량은 2,706 mm가 있는 것으로 추정되었다<표 3.2.3>.

<표 3.2.3> 수동급수구에서의 유입량과 유출량

기간	유입량(mm)			유출량(mm)				
	용수	강우	총유입량	침투량	증발산량	감수심	평균 담수심의 변화량	배수량
5/15~20	162.2	11.5	173.7	23.5	26.0	49.5	52.0	72.2
5/20~25	162.2	0.0	162.2	19.0	30.5	49.5	9.4	103.3
5/25~6/5	162.2	27.5	189.7	47.0	70.0	117.0	23.8	48.9
6/5~9	162.2	14.6	176.8	13.0	23.0	36.0	-22.5	163.3
6/9~15	162.2	7.5	169.7	14.3	27.6	41.8	-21.1	148.9
6/15~20	146.2	0.0	146.2	15.5	32.1	47.6	-5.7	104.3
6/20~25	0.0	88.5	88.5	10.5	20.3	30.8	-10.1	67.9
6/25~30	0.0	130.0	130.0	9.5	19.8	29.3	4.1	96.6
6/30~7/5	0.0	0.0	0.0	13.3	16.8	30.0	-30.0	0
7/5~10	236.6	15.5	252.1	17.0	14.5	31.5	-6.7	227.3
7/10~15	49.7	52.0	101.7	12.0	16.1	28.1	30.1	43.5
7/15~21	3.8	54.5	58.3	12.0	24.0	36.0	0.6	21.7
7/21~25	0.3	176.2	176.5	10.5	14.3	24.8	9.2	142.6
7/25~28	220.7	0.0	220.7	11.5	13.3	24.8	-22.5	218.5
7/28~8/5	0.0	100.0	100.0	18.0	27.0	45.0	23.2	31.8
8/5~10	539.0	15.5	554.5	12.0	23.6	35.6	-2.4	521.2
8/10~16	405.2	4.0	409.2	13.5	35.3	48.8	38.4	322.0
8/16~21	1.7	44.5	46.2	15.3	33.5	48.8	-16.0	13.5
8/21~28	0.0	251.0	251.0	17.0	37.4	54.4	24.8	171.9
8/28~9/6	0.0	26.0	26.0	23.3	36.7	60.0	-34.0	0
9/6~10	0.0	39.0	39.0	7.9	17.6	25.5	-57.1	70.6
9/10~18	0.0	151.5	151.5	10.0	24.0	34.0	1.6	115.9
합계	2,414.1	1,209.3	3,623.4	345.4	583.1	928.6	-11.0	2,705.8

나. 시험포장의 수질

1) 시비조건

시비구에 대한 시비는 기비, 분얼비, 수비의 3회 있었고 시비시기와 시비량은 <표 3.2.4>, <표 3.2.5>와 같다. 질소시비량은 자동급수구가 201.2 kg/ha로 수동급수구의 141.7 kg/ha보다 약 1.4배 높게 나타났고, 인의 시비량은 각각 29.7, 25.6 kg/ha로 자동급수구가 수동급수구보다 약간 높게 나타난다.

<표 3.2.4> 시험포장의 시비시기

	자동급수구	수동급수구
기비	5월 16일	5월 15일
분얼비	5월 30일	5월 29일
수비	7월 26일	7월 31일

<표 3.2.5> 시험포장의 시비량

구분	질소(kg/ha)				인 (kg/ha)
	기비	분얼비	수비	합계	기비
자동급수구	84.0	92.0	25.2	201.2	29.7
수동급수구	72.4	47.6	21.7	141.7	25.6

2) 기본통계치

5월 중순부터 9월 상순까지의 수질농도의 기본통계치는 <표 3.2.6>과 같다.

용수는 자동급수구와 수동급수구 모두 같은 관수로를 이용하므로 농도는 같은 값을 취했다. 용수의 T-N 평균농도는 모두 2.4 mg/L, T-P 평균농도는 0.04 mg/L, COD 평균농도는 4.1 mg/L로 비교적 낮은 농도를 나타냈는데, 이와 같이 용수 농도가 낮은 것은 용수원에 오염원이 거의 없기 때문으로 사료된다.

논표면수의 평균농도를 보면, T-N은 자동급수구와 수동급수구에서 4.0, 3.8 mg/L로 비슷하게 나타났으나, T-P는 수동급수구(0.41 mg/L)가 자동급수구(0.16 mg/L)보다 높게 나타났고, COD는 자동급수구(14.3 mg/L)가 수동급수구(13.3 mg/L)보다 약간 높게 나타났다.

배수의 평균농도는 T-N의 경우, 자동급수구에서 1.6 mg/L, 수동급수구에서 0.8 mg/L로 용수의 평균농도보다도 낮은 값을 보였다. T-P의 경우, 자동 및 수동급수구가 0.06, 0.16 mg/L이었으며, COD의 경우, 각각 7.7, 12.0 mg/L로 수동급수구가 자동급수구보다 높게 나타났다.

〈표 3.2.6〉 시험포장의 T-N, T-P 및 COD농도

구분	표본 개수	T-N(mg/L)			T-P(mg/L)			COD(mg/L)			
		평균	최대값	최소값	평균	최대값	최소값	평균	최대값	최소값	
자동 급수구	논표 면수	12	4.0	12.5	0.7	0.16	0.37	0.02	14.3	33.7	5.4
	침투수	8	4.1	7.6	2.3	0.05	0.12	0.01	7.8	14.1	4.3
수동 급수구	논표 면수	13	3.8	15.7	0.7	0.41	2.39	0.01	13.3	66.4	4.4
	침투수	14	1.7	2.8	0.6	0.04	0.08	0.02	6.7	14.9	3.0
용수		14	2.4	4.1	1.2	0.04	0.10	0.01	4.1	9.9	0.5

3) 농도변화

가) T-N

용수농도는 4 mg/L 이하로 거의 일정하게 나타났다.

논표면수 농도는 두 급수구 모두 분얼비 이후에 10 mg/L 이상의 높은 값을 나타냈으며, 특히 수동급수구에서는 기비 직후에 매우 높은 농도를 나타냈다. 그러나 7월 초순 이후로는 용수보다 낮은 값을 나타냈다.

침투수는 자동급수구에서는 관개초기에는 낮은 지하수위로 채수 할 수 없다가, 6월 하순부터 관개로 인한 지하수위의 상승으로 채수하기 시작하여 8월 하순까지 계속되었다. 한편, 수동급수구에서는 5월 중순부터 9월 중순까지 침투수를 채수하였다. 자동급수구에서는 7월 초순에는 7.6 mg/L를 기록했다가 저하하는 경향을 나타냈으나, 수동급수구에서는 3 mg/L 이하로 논표면수보다 낮은 농도를 나타냈다.

나) T-P

용수 농도는 0.1 mg/L 이하로 T-N과 마찬가지로 거의 일정한 값을 나타냈다.

논표면수 농도는 기비, 분얼비, 수비 이후에는 농도가 상승했다가 하강하는 경향을 나타냈는데, 특히 수동급수구에서는 이런 경향이 뚜렷하게 나타났다. 실제로 인이 시용되지 않는 분얼비와 수비기에도 농도가 상승하는 것은 시비작업으로 토양이 교란되어 토양에 흡착되어 있던 인이 용해되기 때문으로 사료된다.

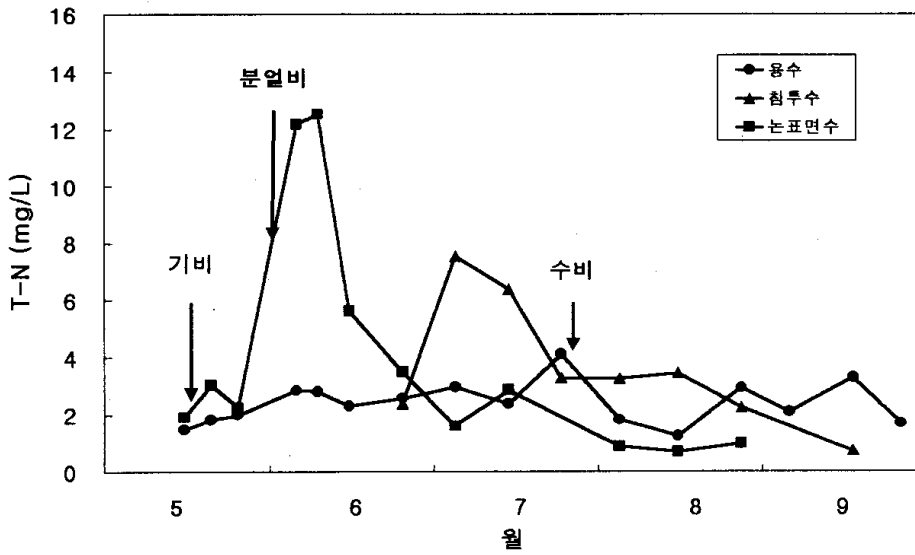
침투수 농도는 두 시험포장 모두 0.04~0.05 mg/L로 거의 일정하고 논표면수나 배수에 비하여 낮게 나타났다.

다) COD

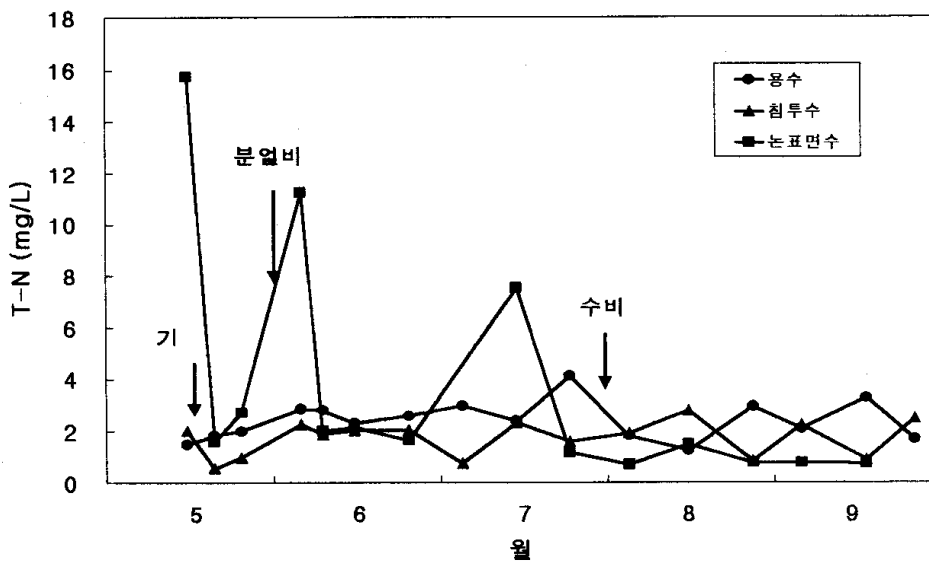
용수 농도는 10 mg/L 이하로 거의 일정하게 나타났다<그림 3.2.9>.

논 표면수 농도는 T-N이나 COD와 마찬가지로 분얼비 직후인 6월 초순에 상승하여 자동 및 수동급수구에서 각각 33, 66 mg/L의 높은 농도를 기록했다가 저하하여 15 mg/L 이하의 값을 나타냈다.

침투수 농도는 3~15 mg/L의 범위에서 변화가 적고 낮은 농도를 나타냈다.

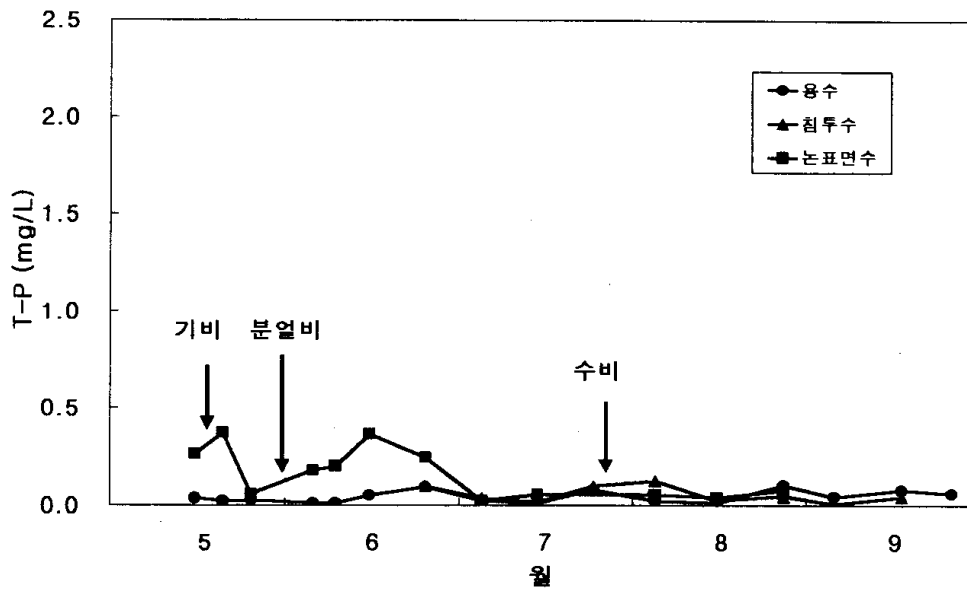


(a) 자동급수구

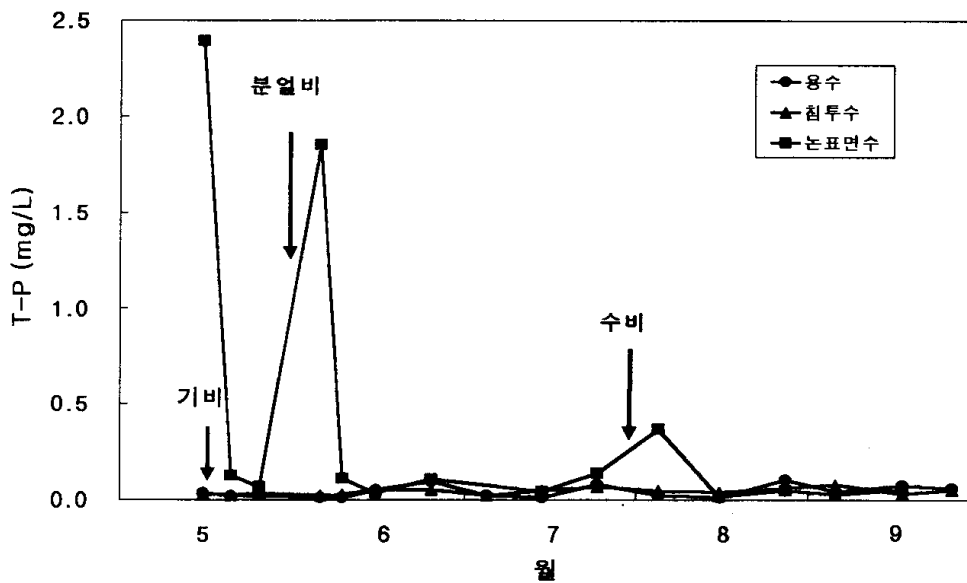


(b) 수동급수구

<그림 3.2.9> T-N 농도변화

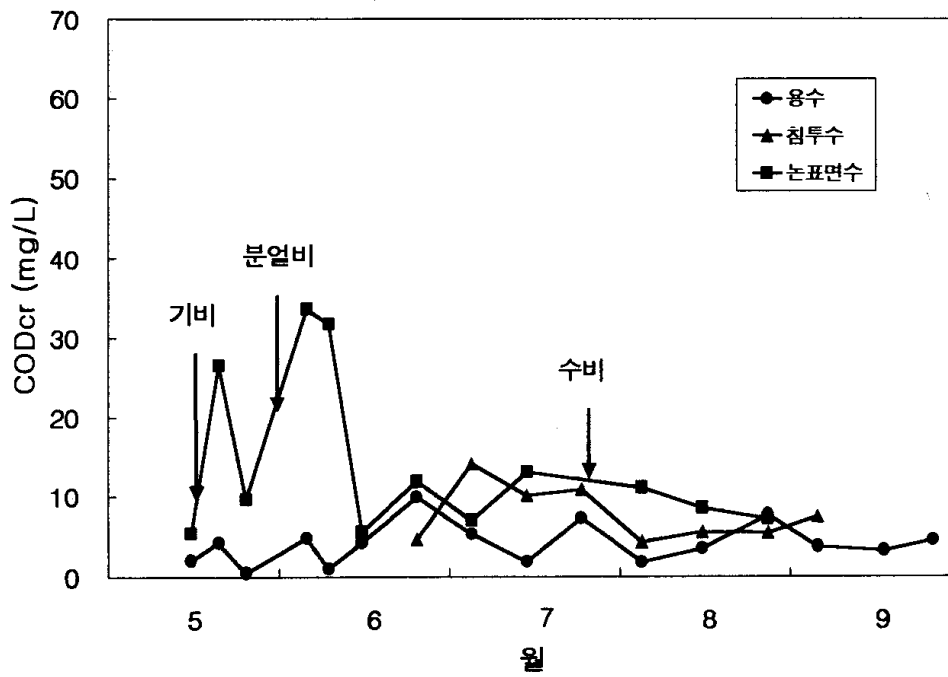


(a) 자동급수구

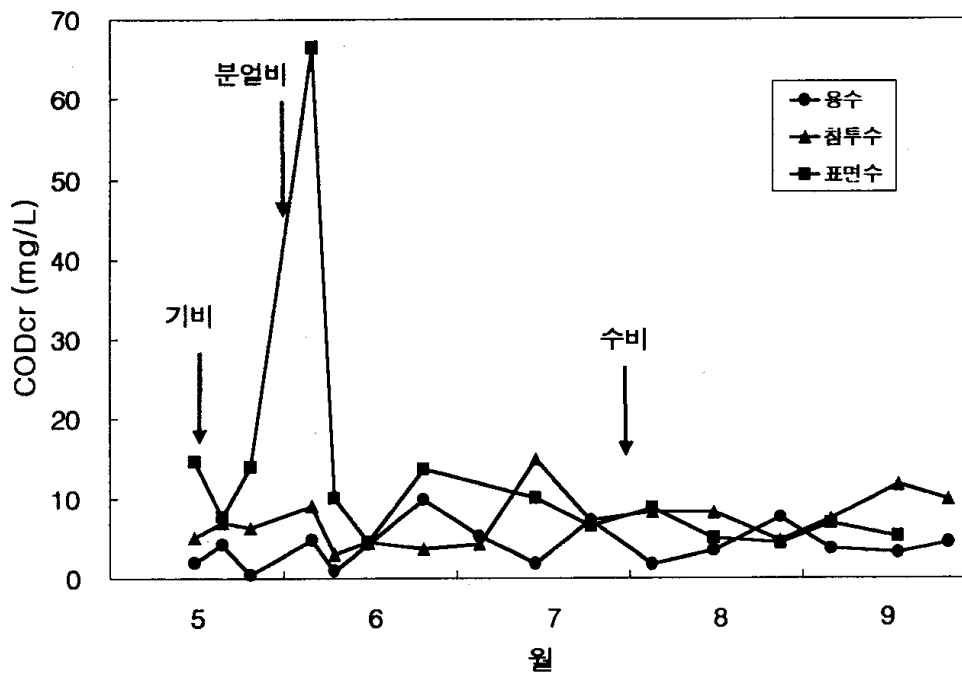


(b) 수동급수구

<그림 3.2.10> T-P 농도변화



(a) 자동급수구



(b) 수동급수구

<그림 3.2.11> COD의 농도변화

4) 수동급수구의 원단위

물수지에서 유입량은 강수량과 용수량으로 구성되고, 유출량은 지표유출량, 침투량 및 증발산량으로 구성된다. 또한 물질수지에는 유입부하(inflow load)와 유출부하(outflow load)가 있는데, 유입부하량은 용수부하와 강수부하량으로 구성되고, 유출부하량은 지표배출부하와 침투배출부하로 구성된다.

광역논에서의 원단위는 식(3-2)과 같이 산정된다.

$$\text{원단위} = \text{지표배출부하} + \text{침투배출부하} - \text{용수부하} \quad (3-2)$$

본 시험포장에서는 가능한 한 배수를 억제하여 배수의 채수가 불가능한 경우가 많아서 논표면수를 배수로 간주하였다.

조사기간 동안(5월 15일부터 9월 17일까지)의 수동급수구에서의 오염부하 원단위는 T-N이 22.3 kg/ha, T-P가 5.51 kg/ha, COD가 226.6 kg/ha로 산정되었다<표 3.2.7>. T-N과 T-P의 원단위 값은 일본에서 제시된 논에서의 원단위값의 범위에 속하며, COD의 경우는 상당히 높게 나타났다. 월별 원단위는 6월에 가장 높게 나타났는데, 이것은 6월에 시비의 영향으로 배수 농도가 용수 농도에 비하여 높기 때문으로 사료된다.

<표 3.2.7> 수동급수구에서의 오염물질의 원단위

(a) T-N

날짜	유입부하량(kg/ha)		배출부하량(kg/ha)		원단위(kg/ha)
	용수		침투	지표배출	
5월	7.8		0.9	9.9	3.0
6월	13.8		1.6	22.5	10.3
7월	14.9		1.4	22.0	8.5
8월	14.5		1.5	11.5	-1.5
9월	0.0		0.9	1.2	2.1
합계	51.0		6.3	67.0	22.3

(b) T-P

날짜	유입부하량(kg/ha)	배출부하량(kg/ha)		원단위(kg/ha)
	용수	침투	지표배출	
5월	0.10	0.02	1.20	1.12
6월	0.18	0.03	2.04	1.90
7월	0.17	0.04	0.93	0.80
8월	0.16	0.04	1.72	1.59
9월	0.00	0.03	0.06	0.09
합계	0.60	0.16	5.95	5.51

(c) COD

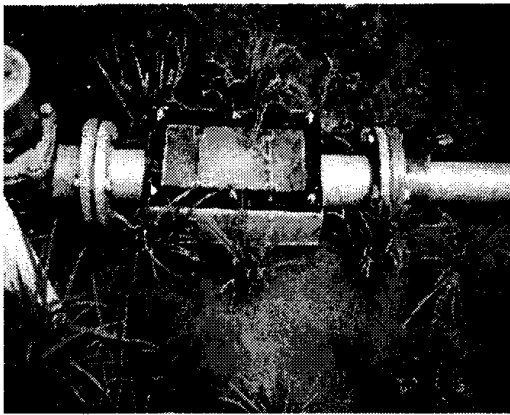
날짜	유입부하량(kg/ha)	배출부하량(kg/ha)		원단위(kg/ha)
	용수	침투	지표배출	
5월	11.1	4.7	29.3	22.9
6월	21.0	4.4	105.9	89.4
7월	21.8	7.3	64.5	50.1
8월	25.0	5.5	68.9	49.3
9월	0.0	5.3	9.6	14.9
합계	78.9	27.2	278.3	226.6

다. 자동급수장치 유지관리

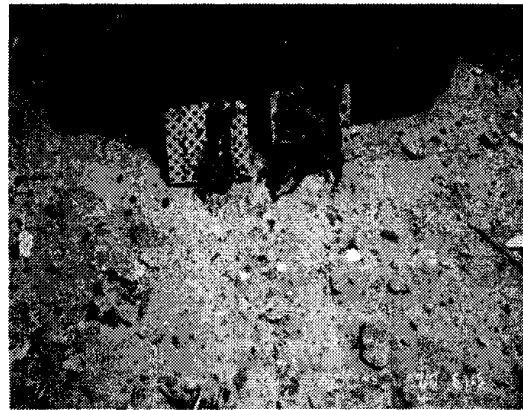
1) 실험상의 문제점

관수로 급수전은 용수 속에 크기가 큰 이물질이 있을 경우 막힘 현상이 발생하는 데, 이것이 농민 불만의 대상이 되어 왔다. 더욱 자동급수전은 벚짚, 조류, 고무 등과 같은 비교적 크기가 작은 이물질에 의해서도 막힘이 자주 발생하여 이를 제거하는 스크린의 필요성이 대두되었다(<그림 3.2.12>, <그림 3.2.13>).

관수로 급수전은 가동일수 129일 중 54일 동안 고장이 발생하여 42%의 높은 고장율을 나타냈다. 이것에 비하여 수동급수전은 가동일수 중 고장일수가 2일로 되어, 2%의 고장율로 자동급수전보다 매우 낮게 나타났다(<표 3.2.8-10>).



<그림 3.2.12> 2단계로 된 스크린



<그림 3.2.13> 스크린 내부의 이 물질

<표 3.2.8> 자동 및 수동급수전의 월별 고장일수

	5월13-31일	6월	7월	8월	9월1-18일	합계
가동 일수(A)	19	30	31	31	18	129
고장 일수(B)	16	23	13	2 (2)	0	54 (2)
고장비율(B/A)(%)	84	77	42	20 (20)	0	42 (2)

()은 수동급수전의 값

<표 3.2.9> 자동과 수동급수전의 고장내역 (● 고장, ○ 수리)

월	5		6		7		8		9	
	자 동	수 동	자 동	수 동	자 동	수 동	자 동	수 동	자 동	수 동
1			●		●					
2			○		●					
3					●					
4					●					
5			●		○					
6			●							
7			●							
8			●				●	●		
9			○				●	●		
10							○	○		
11										
12										
13	자동급수 전 설치		●							
14			●							
15			●							
16			●							
17			●							
18	●		●							
19	●		●		●					
20	●		●		●					
21	●		●		●					
22	●		●		●					
23	●		●		●					
24	●		●		●					
25	●		●		●					
26	●		●		●					
27	●		●		●					
28	●		●		○					
29	●		●							
30	●		●							
31	●		—						—	

〈표 3.2.10〉 자동급수전의 고장 및 수리의 개요

고 장		수 리		
일자	상 태	일자	원 인	조 치
5/20	· 자동급수전 미작동	6/2	· 다량의 이끼유입으로 프로펠러식의 유량계가 막힘.	· 유량계의 이끼제거 · 스크린설치 필요성 검토
6/5	· 자동급수전 작동불량 · 소량의 용수공급	6/9	· 다량의 이끼 유입이 원인	· 2단계로 된 스크린 설치
6/15	· 자동급수전 교환장치 (정지, 자동 및 수동으로 교환) 작동불량 · 세정기 작동상태 불량 · 스크린 용량 불량 : 용수공급시 1일 4회정도 이물질 제거	7/5	· 자동급수전 내부의 다이어프램에 작은 모래알갱이가 끼어서 용수의 완전한 차단이 이루어지지 않는 것이 원인.	· 자동급수전 내부의 모래 제거
7/20	· 자동급수전 정지상태 불량 · 소량의 용수공급	7/28	· 다이어프램과 연결된 상위조절 밸브의 접촉 불량 · 스크린 용량의 부족으로 유량계에 이끼 유입	· 자동급수전을 분리하여 청소
8/10	· 자동급수전 정지상태 불량 · 소량의 용수공급	8/10	· 유량계 내부로 이끼유입	· 유량계 내부의 이끼 제거 및 자동급수전 청소

2) 문제점 및 대책

자동급수전의 운영 및 관리의 문제점으로는 기계상, 관리상, 농업수리 사회시스템의 문제가 있다. 이러한 문제점에 대한 대책이 강구되지 않으면 물 절약 및 물관리 노력 절감을 위해 개발된 자동급수전의 목적은 퇴색할 우려가 있다.

가) 기계상의 문제

이물질의 유입으로 인한 막힘이 자주 발생하였고 자동·정지 및 수동의 교환장치가 불안정하였다. 자동급수전의 막힘과 고장으로 급수장치 보완의 필요성이 대두되었다. 또한 자동급수전에 적합한 스크린의 개발 필요성이 인식되었다.

나) 관리상의 문제

고령화된 농민에게는 자동급수전의 구조 및 사용방법에 대한 인식이 부족하였다. 따라서 자동급수전에 대한 장단점의 파악 및 이에 대한 홍보가 필요하리라고 생각된다.

다) 농업수리 사회시스템의 문제

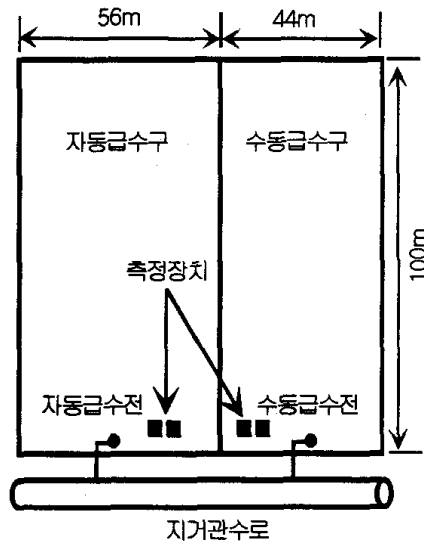
물값 폐지로 인한 절수에 대한 인식이 저하되어 있는 상태 하에 농민은 수동급수전에 비하여 복잡하고 고장발생의 확률이 높은 자동급수전을 적극적으로 도입하려고 하지 않는다. 물절약을 자극할 수 있는 농업수리 사회시스템으로의 전환이 요구된다.

제 3 절 자동급수장치 현장시험(2차년도)

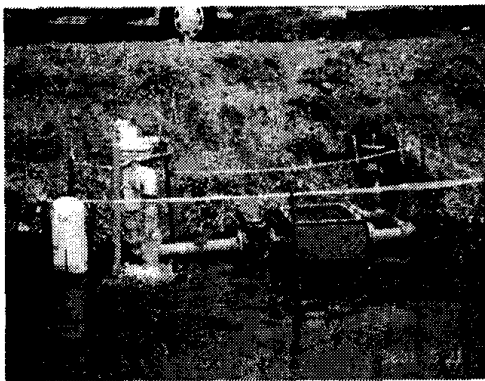
1. 시험개요

2001년도의 시험포장은 2000년도의 시험포장과 마찬가지로 학림지구에 위치하는데, 동일인이 관리하는 필지 논을 선정하기 위하여 장소는 변경되었다. 자동급수구의 면적은 0.56 ha 수동급수구의 면적은 0.44 ha이었다<그림 3.3.1>. 또한, 시험포장의 관리인(농민)은 7 ha 이상의 농지를 임대하여 경영하는 쌀전업농인 55세의 남자이었다.

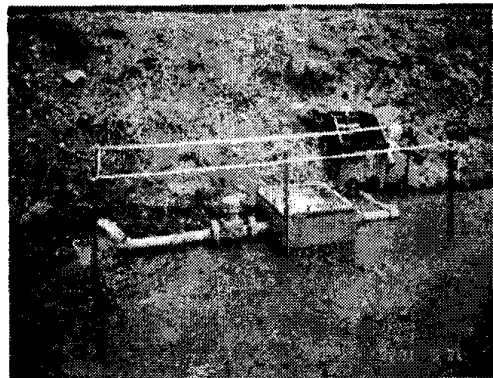
모내기는 두 시험포장 모두 2001년 5월 13일에 실시하였고, 5월 15일에 자동급수전과 유량계가 설치되었다(<그림 3.3.2>, <그림 3.3.3>). 2001년 5월 16일부터 9월 초순까지의 관개기 동안 5일 간격으로 시험포장의 수문량을 측정하였다. 자동급수전의 설정수위는 농민이 오랜 물관리 경험에 의하여 요구한 수심으로 상한수위 5 cm, 하한수위 2 cm로 되었다.



<그림 3.3.1> 시험포장자이 개요



<그림 3.3.2> 자동급수전

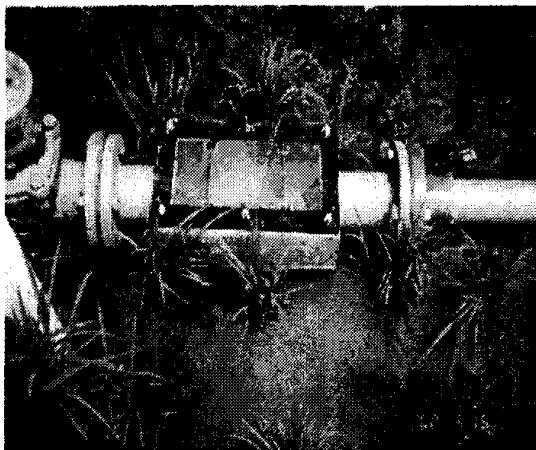


<그림 3.3.3> 수동급수전

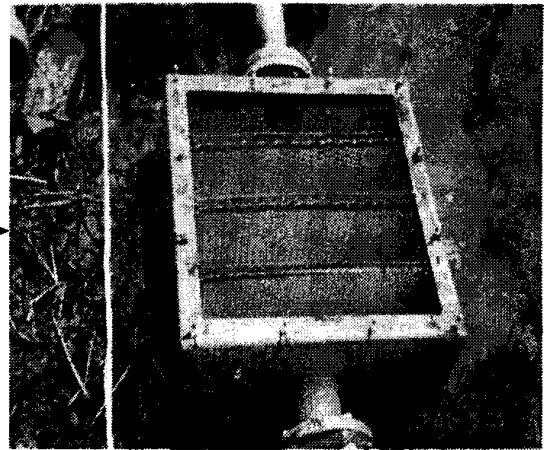
2. 시험장치 개량

2001년도 실험에는 1년차 실험에서 갖고 있던 문제점, 즉 자동급수전의 잦은 고장, 시험포장의 관리인이 동일인이 아닌데서 오는 물관리와 시비관리가 다른점, 등을 개선하고자 하였다.

2000년도에는 스크린 규모가 작아 1일 수회에 걸쳐 스크린에 걸린 이물질을 제거해야 했고, 급수전이 자주 막히는 상황이 발생하였다. 따라서 2년차에 스크린의 규모를 30×15×10 cm에서 40×40×30 cm로 확대하고, 스크린을 2단에서 3단으로 증가시켰다(〈그림 3.3.4〉, 〈그림 3.3.5〉). 이와 같은 스크린 구조의 개선에 의해 이물질은 10~15일에 1회 정도 제거하는 것으로 충분하였고 급수전 고장도 발생하지 않았다. 또한 2000년에는 지거용수로의 스크린도 자주 고장났지만, 2001년도에는 지거용수로 스크린의 관리상태가 양호하였다. 2001년도에는 고장이 거의 발생하지 않았으나 자동급수전의 수위조정계의 틈새로 토사의 유입 및 퇴적으로 인하여 자동급수전의 작동불량이 발생할 우려가 있으므로 이에 대한 감시가 필요하다.



〈그림 3.3.4〉 2000년
스크린(30×15×10 cm)



〈그림 3.3.5〉 2001년
스크린(40×40×30 cm)

물관리나 시비관리 상태를 두 시험포장에서 동일하게 하기 위해 동일인이 관리하는 자동급수구와 수동급수구를 선정하였다(〈그림 3.2.2〉).

이와 같은 2년차의 시험포장의 개선점을 요약하면 〈표 3.3.1〉과 같다.

〈표 3.3.1〉 2년차 시험포장 개량

문제점	원인	개선
자동급수전의 잦은 고장	1. 지거용수로의 스크린 고장 2. 급수전 스크린의 용량부족	1. 지거용수로 스크린의 양호 2. 급수전 스크린 용량 확대
다른 물관리와 시비관리 상태	시험포장의 관리인이 다름	시험포장 관리인이 동일

3. 용수공급 실태

2001년도 관개기간 중의 급수는 5월 16일부터 6월 4일까지는 하천수를 이용하였고, 6월 5일부터 19일까지는 심한 가뭄으로 인한 하천수의 고갈로 관정<그림 3.3.6>을 파서 지하수를 이용하였으며, 그 이후로는 다시 하천수를 이용하였다. 단 6월 25일부터 7월 4일까지, 7월 5일부터 9일까지에는 강우로 인해 용수공급이 중단되었다. 이와 같은 관개기의 급수일정을 요약하면 <표 3.3.2>와 같다.



<그림 3.3.6> 가뭄시의 관정굴착

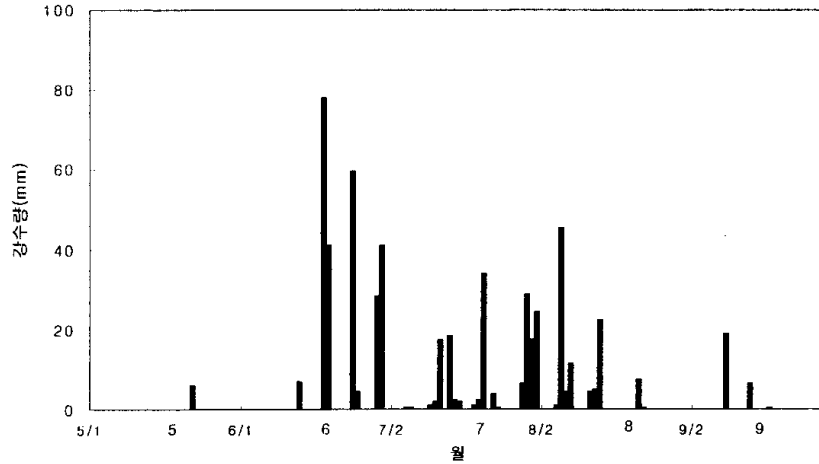
<표 3.3.2> 2001년도 관개기의 급수 일정

기 간	용수원	비 고
5월16일 ~ 6월 4일	하천수(급수전)	
6월 5일 ~ 6월19일	지하수(관정)	가뭄으로 인한 관정 용수 공급
6월20일 ~ 9월11일	하천수(급수전)	강우시에는 용수 공급 중단

4. 시험포장의 물수지

가. 강수량

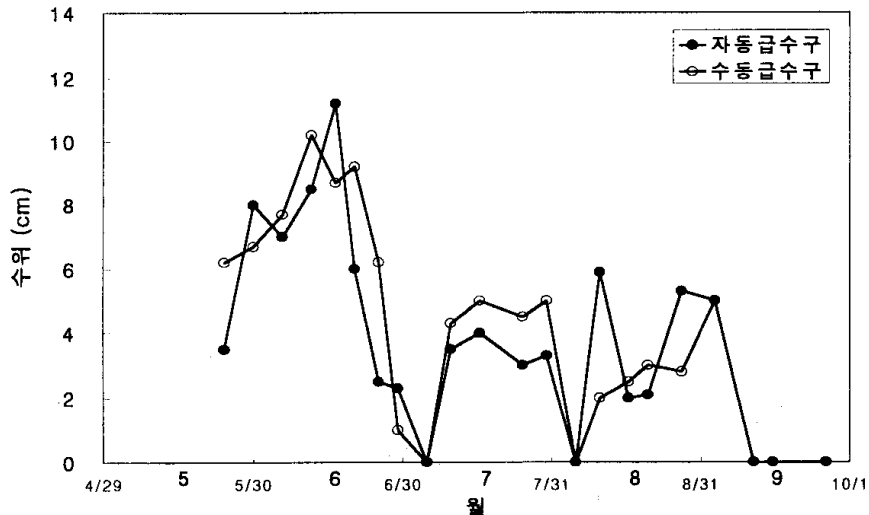
조사기간(5월 16일부터 9월 26일까지)의 총 강수량은 558 mm이고, 최대 일강수량은 6월 18일에 78 mm를 기록했다<그림 3.3.7>.



<그림 3.3.7> 보은의 강수량(2001년)

나. 담수심의 변화

자동 및 수동급수구에서의 5일 간격의 담수심의 변화는 그림 22와 같다. 6월 5일부터 20일까지는 심한 가뭄으로 인한 하천수의 고갈로 관정을 새로 파서 자동급수구를 통하여 인접한 논으로 용수를 공급하여, 두 시험포장은 7 cm 이상의 높은 수심을 유지하였다. 6월 25일 이후로는 6 cm 이하의 낮은 담수심이 유지되었고, 9월 11일 이후에 용수공급을 중단하였다. 담수심은 자동급수구에서는 관정에 의한 용수 공급시기인 6월 11일에 최대 11.2 cm를, 수동급수구에서는 6월 5일에 최대 10.2cm를 기록하였고, 7월 5일과 8월 5일에는 낙수로 0 cm를 나타냈다.

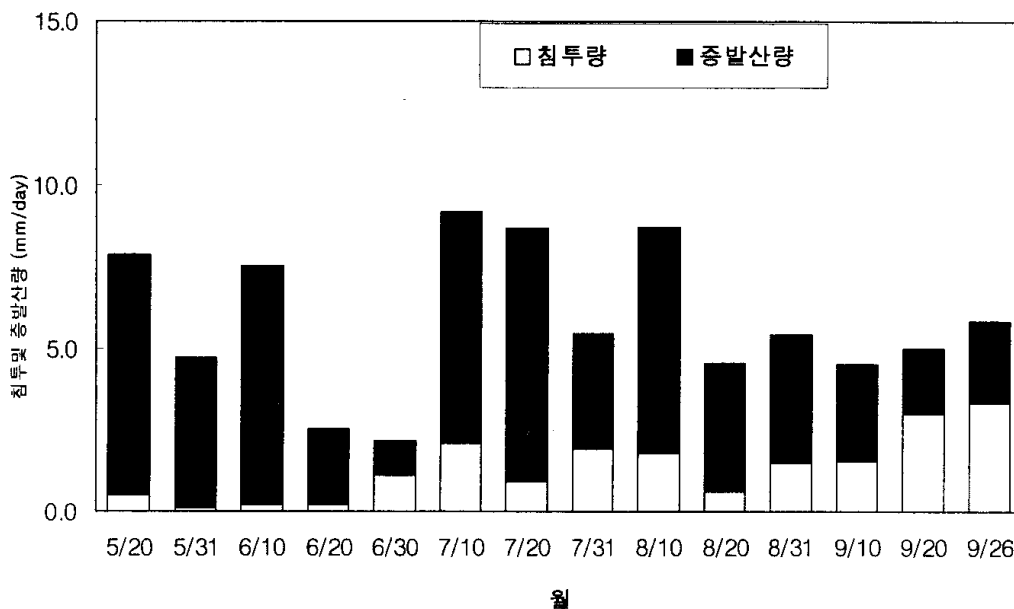


<그림 3.3.8> 시험포장에서의 담수심의 변화

관정으로 공급한 6월 5일부터 20일까지 기간의 평균담수위는 자동 및 수동급수구에서는 각각 8.9 cm를 기록하였고, 그 외 급수전을 통하여 공급한 기간의 평균담수위는 자동 및 수동 급수구에서 3.5, 4.0 cm를 나타냈다.

다. 침투 및 증발산량

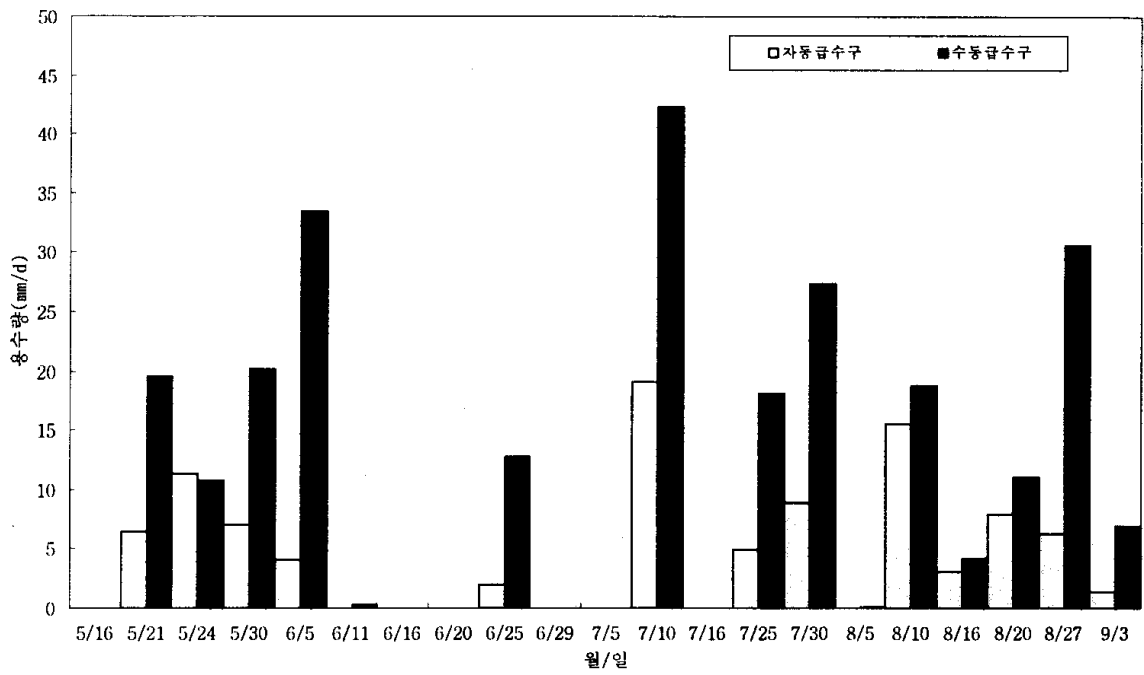
<그림 3.3.9>는 자동급수구에서의 침투량 및 증발산량의 경시적 변화를 나타낸다. 평균 증발산량은 4.5 mm/d를 나타냈으며, 최대값은 7월 중순에 7.8 mm/d, 최소값은 6월 하순에 1.1 mm/d를 나타냈다. 또한, 평균침투량은 자동급수구에서 1.3 mm/d, 수동급수구에서 1.5 mm/d로 비슷한 값을 나타냈다.



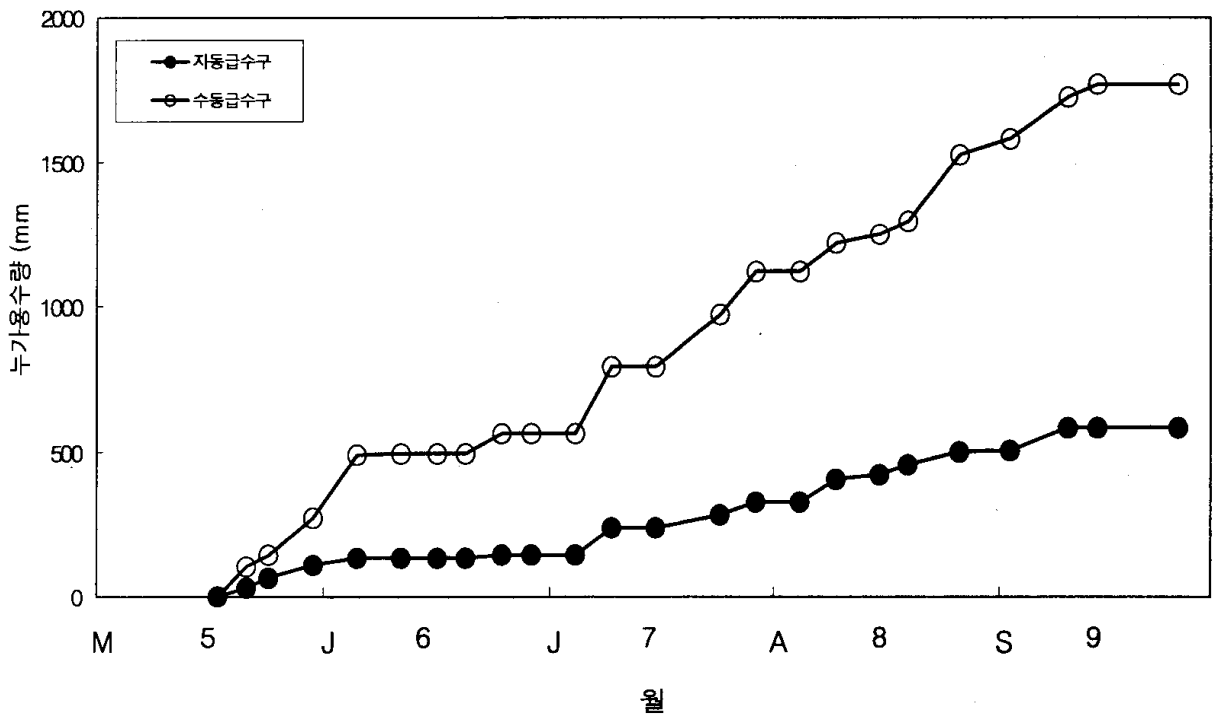
<그림 3.3.9> 자동급수구에서의 침투량 및 증발산량

라. 용수량

5월 16일부터 9월 26일까지의 일별용수량 및 누가용수량의 변화는 각각 <그림 3.3.10>, <그림 3.3.11>과 같다. 측정기간 동안의 총용수량은 자동급수구에서 3,258.4 m³(581.8 mm), 수동급수구에서 7,775.7 m³(1,767.2 mm)이며, 이것을 실제 급수기간인 73일에 대한 일평균용수량으로 환산하면 자동급수구에서는 8.0 mm/d이며, 수동급수구에서는 24.2 mm/d로 된다. 수동급수구가 자동급수구보다 약 3.0배정도 높게 나타났다. 이와 같이 자동급수구는 수동급수구에 비해 용수공급이 일정하게 이루어졌으며, 담수위의 변화에 따라 급수전이 자동적으로 개폐되어 용수손실을 크게 줄인 것으로 나타났다.



<그림 3.3.10> 자동급수구와 수동급수구의 용수량 비교



<그림 3.3.11> 시험포장의 누가용수량 비교

5. 시험포장의 수질분석

가. 시비조건

시비구에 대한 시비시기 및 시비량은 <표 3.3.3>과 <표 3.3.4>과 같다. 4월 27일에 기비로서는 완효성 비료(15-10-10)과 복합비료(21-17-17)가 함께 시용(施用)되었고, 7월 13일에 수비로서 복합비료(18-0-17)를 시용하였다. 두 시비구에 시용된 T-N은 141.0 kg/ha, T-P는 41.0 kg/ha를 나타냈다.

<표 3.3.3> 시험포장의 시비시기

	자동급수구	수동급수구
기 비	4월 27일	4월 27일
분얼비	-	-
수 비	7월 15일	7월 15일

<표 3.3.4> 시험포장의 시비량

구분	T-N(kg/ha)			T-P(kg/ha)
	기비	수비	합계	기비
자동급수구	132.0	9.0	141.0	41.0
수동급수구	132.0	9.0	141.0	41.0

나. 기본 통계치

시험포장의 논표면수의 농도는 급수구 부근과 배수구 부근에서 채수한 것을 평균하였다. 또한, 침투수의 채수를 위해 깊이 5 m 파이프관을 설치하였으나, 낮은 지하수위로 채수가 불가능하였다. 6월 11일은 가뭄으로 인한 관정굴착으로 지하수를 용수의 샘플로 사용하였고, 7월 5일에는 낙수로 인해 용수와 표면수의 채수가 불가능하였다.

<표 3.3.5>는 관개기 동안의 논표면수와 용수의 평균농도를 나타낸다. T-N은 용수

와 논표면수가 비슷하게 나타났으나, T-P와 COD는 논표면수가 용수보다 높게 나타났고, 특히 COD는 높게 나타났다. 또한 논표면수는 모든 수질항목에서 수동급수구가 자동급수구보다 높게 나타났다.

<표 3.3.5> 시험포장의 오염물질의 농도 (2001)

구분		샘플 갯수	T-N(mg/L)			T-P(mg/L)			COD(mg/L)		
			평균값	최대값	최소값	평균값	최대값	최소값	평균값	최대값	최소값
논 표면수	자동 급수구	12	1.35	2.71	0.13	0.08	0.16	0.02	15.1	24.7	5.7
	수동 급수구	12	1.61	3.24	0.86	0.14	0.47	0.04	20.0	35.1	5.9
용수		9	1.62	3.12	0.62	0.03	0.05	0.02	3.4	10.7	1.3

다. 경시적 변화

1) T-N

용수 농도는 시간에 따른 변동이 거의 없고 2.5 mg/L 이하의 값을 나타냈다(그림 3.3.12(a)). 6월 하순경에는 최대값 3.12 mg/L를 기록했는데, 이것은 오랜 가뭄 뒤의 용수공급 때문으로 생각된다.

논표면수는 완효성비료(질소함량 15%)를 4월 27일(모내기 20일전)에 시비하여 비료의 영향은 거의 보이지 않고 있으나, 수동급수구에서는 7월 중순에 3.24 mg/L의 최대 값을 나타냈다. 자동급수구에서는 6월 중순경 이후부터 수동 급수구에서는 7월 하순부터 논표면수가 용수보다도 낮은 값을 보였다.

2) T-P

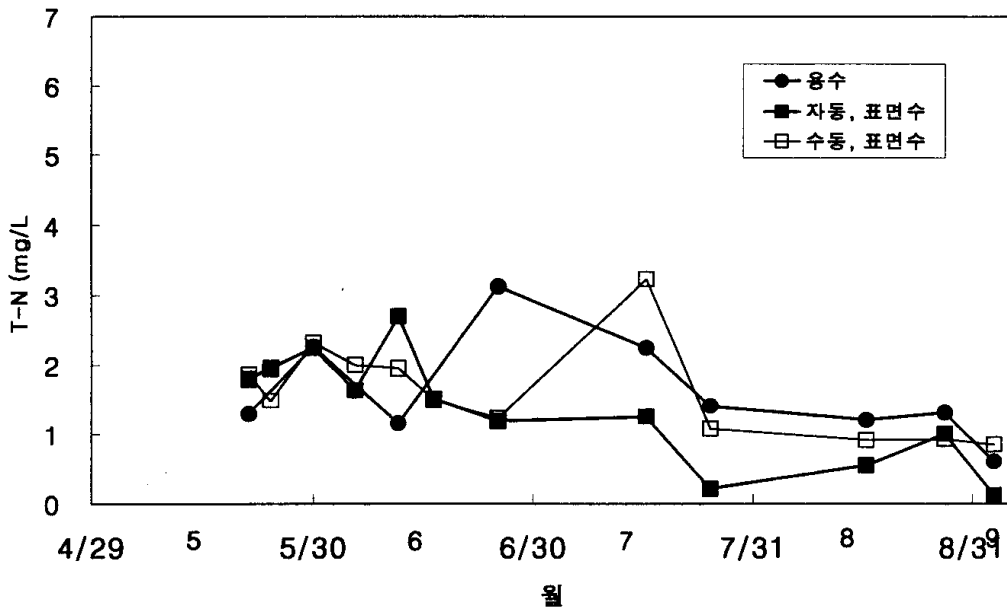
용수 농도는 거의 일정한 농도를 나타냈는데, T-N과 마찬가지로 6월 하순경에는 가뭄 뒤의 용수공급으로 최대값 0.05 mg/L를 기록했다(그림 3.3.12(b)).

논표면수는 완효성비료(인산함량 10%)를 4월 27일(모내기 20일전)에 시비하여 관개초기부터 농도가 저하하는 경향을 보였으나, 자동급수구에서는 7월 하순경에는 0.16 mg/L의 최대값을 나타냈고, 수동급수구에서는 6월 초순부터 상승하여 7월 하순경에는 0.47 mg/L의 최대값을 나타냈다. 전반적으로 수동급수구가 자동급수구보다 높은 농도를 나타냈다.

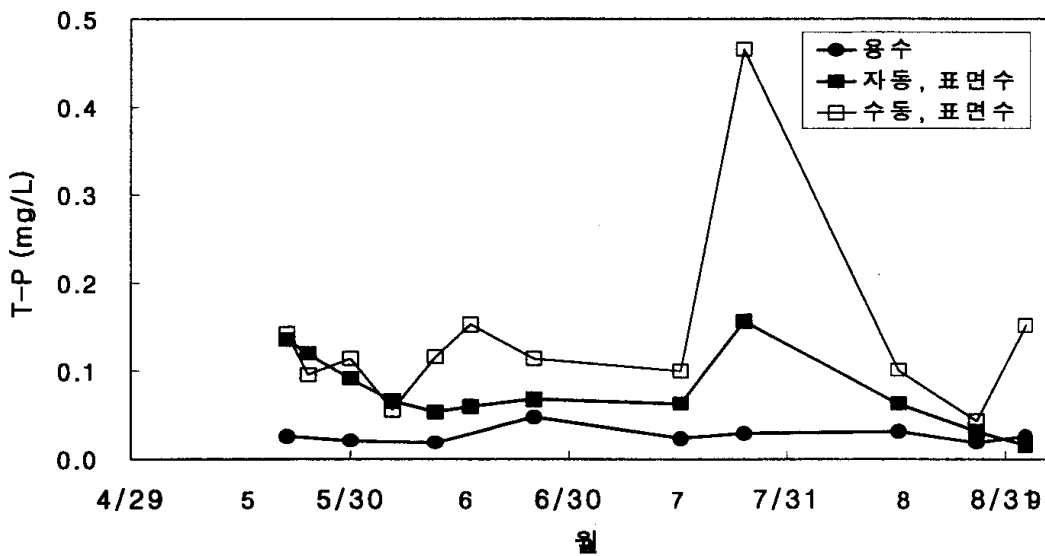
3) COD

용수 농도는 거의 일정하고 낮은 농도를 나타냈는데, 9월 하순경에는 상승하여 최대값 10.7 mg/L를 기록했다(그림 3.3.12(c)).

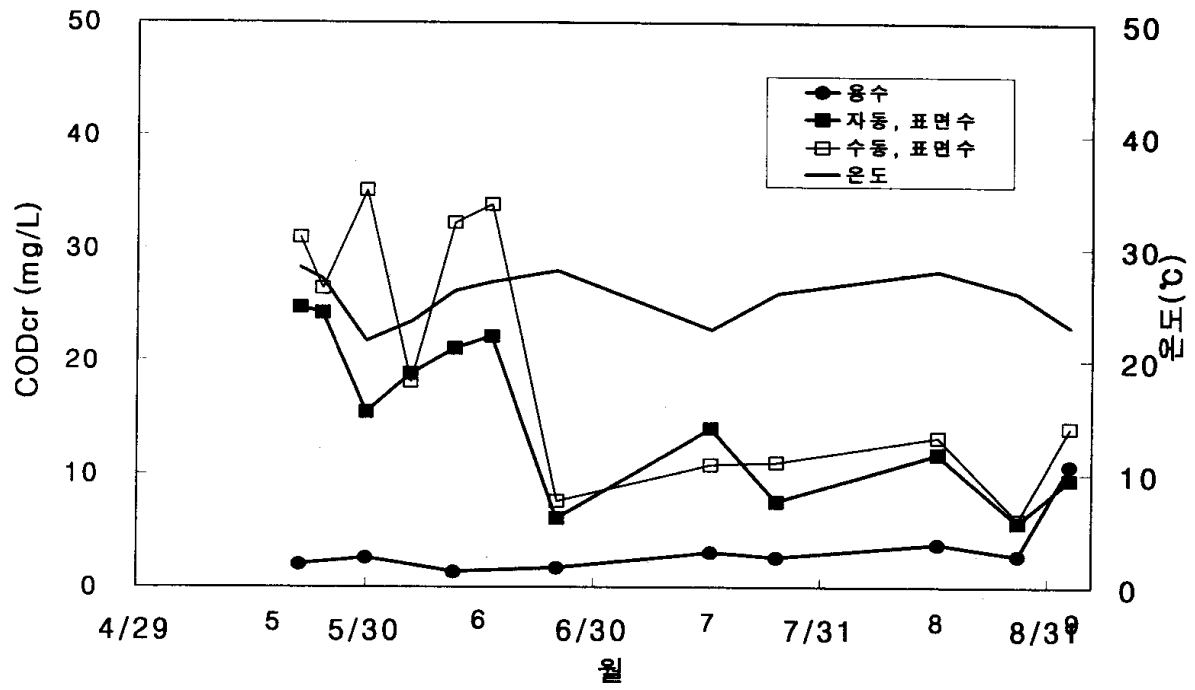
논표면수의 농도는 시비기인 5월 중순에서 6월 중순까지는 대부분 20~35 mg/L의 높은 값을 나타냈으나, 그 후로는 저하하여 15 mg/L 이하의 값을 나타냈다. 또한 시비기에는 T-P와 마찬가지로 수동급수구가 자동급수구보다 높은 값을 나타냈다. 한편, 논표면수의 온도는 20~30℃ 범위의 비교적 일정한 값을 나타냈다.



(a) T-N 농도



(b) T-P 농도



(c) COD 농도

< 그림 3.3.12 > 시험포장에서의 수질농도의 변화

6. 물관리 노력 비교

농민의 집과 시험포장까지의 거리는 약 200 m 정도로, 농민이 물관리를 위한 교통 수단으로는 오토바이를 사용하고 있다.

농민은 논이 담수상태와 작물의 생육상태를 확인하기 위하여 매일 오전 5~6 시경에 1회 정도 시험포장을 왕복하고 있는데, 이 때, 2~3 일에 1회는 급수를 위한 급수전을 개방하고 있다. 급수전 조작은 모내기 이후(5월 중순)부터 6월 중순까지는 2일에 1회 정도, 그 이후로는 약 3일에 1회 정도 실시하고 있는데, 급수는 오전(5~6시)에 개시하여 약 7~8시간 실시한 후 오후에 중지시키고 있다. 이 때, 급수전조작을 위하여 농민이 1회 논을 왕복하는데 소요되는 시간은 약 15분 정도였다.

관개기간 동안 급수전 폐쇄를 위하여 오후에 논을 왕복할 필요가 없는 일수는 5월 중순부터 6월 중순까지의 1개월 간은 15일이며, 6월 중순부터 9월 중순까지의 3개월 간은 월 10일 정도가 된다. 따라서 관개기간 동안 오후에 논을 왕복할 필요가 없는 총일수는 45일 (15 일 × 1 개월 + 10 일 × 3 개월)이 된다.

1회 급수전을 폐쇄하기 위한 물관리하는 데 소요되는 시간은 15분 정도이므로, 관개기간 동안 자동급수구의 경우의 총 물관리 시간은

$$120\text{일} \times 15\text{분} = 1,800\text{분} = 30\text{시간이 된다.}$$

또한, 수동급수구의 경우의 총 물관리 시간은

$$120\text{일} \times 15\text{분} + 45\text{일} \times 15\text{분} = 2,475\text{분} = 41.3\text{시간이 된다.}$$

따라서, 자동급수전을 사용할 경우 물관리에 절감되는 시간은 약 11.3 시간이 되며, 자동급수전의 물관리 노력시간은 수동급수구에 비하여 약 27%가 절감되는 것으로 나타났다.

자동급수전을 사용할 경우, 농민은 오전에는 담수 및 작물의 생육상태 확인만 하며 되고, 오후에 급수전을 폐쇄하기 위하여 논을 왕복할 필요가 없게 된다<표 3.3.6>. 1년 동안 자동급수전을 사용한 농민은 기계고장이 없는 조건 하에서는 자동급수전으로 인한 물관리 노력의 절감에 상당한 만족감을 나타냈다.

<표 3.3.6> 자동 및 수동급수구의 물관리 노력의 비교

방문 간격	방문 시기	자동급수구	수동급수구
매 일	오 전 5~6시	1. 담수 및 작물의 생육 상태 확인 2. 필요없음	1. 담수 및 작물의 생육 상태 확인 2. 급수전 개방 (2~3일에 1회)
2~3일	오 후	필요없음	급수전 폐쇄

자동급수전은 수동급수전에 비하여 용수절약 및 물관리노력의 절감이라는 장점을 가지고 있으나, 수동급수전에 비하여 복잡한 구조를 갖고 있고 유지관리가 소홀한 경우에는 고장발생 확률이 크다. 따라서 농민에게 자동급수전의 장단점에 대한 충분한 이해와 철저한 유지관리가 필요하다. 자동 및 수동급수전의 장단점을 요약하면 <표 3.3.7>과 같다.

<표 3.3.7> 자동 및 수동급수전의 장단점

	자동급수전	수동급수전
장점	1. 용수절약 2. 물관리노력의 절감	1. 고장 발생의 확률이 낮음 2. 단순한 급수전조작
단점	1. 고장 발생의 확률이 큼 2. 복잡한 급수전 조작	1. 과다한 용수손실 2. 급수전조작을 위한 물관리노력이 큼

7. 경제적인측면의 기대효과

가. 용수량 절감 효과

관개기간 동안의 시험포장의 용수량의 차이는 491.2 mm로 나타났는데, 이것을 충주댐의 농업용수 가격(3 원/m³)으로 환산한 경우, 14,740 원/ha 이 절약된다.

용수의 절감분을 생공용수로 전환하는 경우에는 1998년도의 수자원공사의 생공용수 원수대(16.36 원 /m³)를 적용한 경우 80,360원/ha이 절약된다.

나. 물관리노력 절감 효과

오후에 급수전 폐쇄를 위하여 논을 왕복할 필요가 없는 일수는 5월 중순부터 6월 중순까지의 1개월간은 15일이며, 6월 중순부터 9월 중순까지의 3개월간은 월 10일 정도가 된다. 따라서 관개기동안 논을 방문할 필요가 없는 총일수는 45일 (15 일 x 1 개월 + 10 일 x 3개월)이 된다.

또한, 1회 급수전을 폐쇄하기 위해 논을 왕복하는데 걸리는 시간은 15분 정도이므로 물관리 노력의 절감시간은 약 11시간 (45일 x 15분 = 675분)이 된다. 이와 같은 물관리 노력의 절감시간은 농민의 집과 포장까지의 거리가 멀수록 늘어날 것으로 예상된다.

만약, 45일 동안 일용잡용직으로 근무한 경우에는, 45일 x (4 ~5) 만원 = 180~225 만원의 수입이 있게 된다. 또한, 관개기간 동안 겸업이 가능하게 되어 월 60~80 만원의 급료를 받는다고 하면, 4 개월 x (60~80) 만원 = 240~320 만원의 수입이 있게 된다.

따라서, 농민은 겸업이 있을 경우에 180~320 만원 정도의 수입이 가능하리라고 사료된다.

제 4 절 요약 및 결론

본 연구에서는 관수로 지구의 자동급수구와 수동급수구의 시험포장을 대상으로 관개기간 동안 물관리 노력과 용수량을 비교·분석하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자동급수전을 사용할 경우, 농민은 2~3 일에 1회 정도 급수전을 폐쇄하기 위하여 오후에 논을 왕복할 필요가 없게 되어 수동급수전에 비하여 물관리 노력 시간을 27.3%(11.3 시간)을 절감할 수 있게 되었고, 겸업이 가능하게 되어 겸업에 의한 수입 증대를 예상할 수가 있다.

2. 2001년도 조사기간(5월 16일~9월 26일) 동안의 총용수량은 자동급수구에서 581.8 mm, 수동급수구에서 1,767.2 mm으로 나타났고, 평균일용수량은 자동급수구(8.0 mm/d)가 수동급수구(24.1 mm/d)의 약 1/3로 나타나, 자동급수전을 사용할 경우, 관개용수를 크게 절약할 수 있는 것이 정량적으로 평가되었다.

3. 2001년도 1년 동안 자동급수전을 사용한 농민은 자동급수전으로 인한 물관리 노력의 절감에 만족감을 나타냈다. 그러나, 자동급수전은 수동급수전에 비하여 용수속에 포함되어 있는 이물질에 의하여 기계고장을 발생할 가능성이 크므로, 간선 및 지거 용수로의 수준에서 손쉽게 관리할 수 있는 스크린장치가 개발되어야 하고 이에 대한 유지관리를 철저히 할 필요성이 있다.

4. 논표면수의 오염물질의 농도는 기비와 분얼비의 직후에는 높게 나타났으나 관개후기로 갈수록 감소하는 것으로 나타났고, 특히 2000년도 조사기간 동안(5월 15일부터 9월 17일까지)의 수동급수구에서의 오염부하 원단위는 T-N이 22.3 kg/ha, T-P가 5.51 kg/ha, COD가 226.6 kg/ha로 산정되었다. 월별 원단위는 6월에 가장 높게 나타났는데, 이것은 6월에 시비의 영향으로 배수 농도가 용수 농도에 비하여 높기 때문으로 사료된다.

5. 본래, 관수로 급수전은 개수로에 비하여 용수에 들어 있는 조류(algae), 벚짚, 철사, 깡통 등의 이물질에 의한 고장이 자주 발생하고 있어, 이를 방지할 수 있는 스크린 대책이 요구되고 있다.

더욱 자동급수전을 사용할 경우에는 기존의 수동급수전에 비하여 이물질에 의한 자동급수전의 고장이 발생할 확률이 크므로 간선 및 지거 용수로의 수준에서 손쉽게 관리할 수 있는 스크린 장치가 개발되어야 하고 이에 대한 유지관리를 철저히 하여야 한다.

수위조정계에는 물이 자유롭게 유출입할 수 있는 틈새 부분이 있는데, 물의 유출입과 함께 들어간 세립자가 조정계 내부에서 퇴적되어 수위 조정을 불량하게 할 소지가 있으므로 이에 대한 대책도 필요하다.

자동급수전에 의한 물관리 노력 및 용수량의 절감은 정량적으로 평가되었으나, 오염물질 저감효과에 대해서는 담수심 수위계의 잦은 고장 및 낮은 지하수위로 인한 침투수의 채수불가 등의 현장 실험의 어려움으로 본 연구에서는 만족할 만한 성과를 얻지 못했다. 이에 대한 연구는 금후의 과제로 하려고 한다.

제 4 장 관수로의 분수량관리 시스템 개발

제 1 절 서론

관개지구의 급수를 위하여 용수간·지선 등 관개조직을 관수로망으로 계획하는 경우나, 기존 관로망으로부터 적절한 급수조작이 이루어질 수 있는 물관리를 위해서도 해당 관로망 시스템의 수리학적 특성을 구명하는 것이 필요하다.

특히, 분수량을 관리하는 과학적인 물관리를 위해서는 관수로망에서의 수리현상이 정확하고 신속하게 분석되어야만 하며, 이를 위하여는 관로조직의 수리적 특징을 수학적 모형을 구성하여 검토하는 시뮬레이션 기법이 필요하다.

관수로의 수리현상은 정상류와 부정류로 대별할 수 있는데, 이들은 그 해석방법과 검토 목적에서 차이가 있으므로, 별도의 모형을 적용하게 된다. 정상류 상태는 송배수량이 일정할 때 나타나므로 통상적인 급수시에 적용되며, 부정류는 펌프의 개폐, 밸브조작 등에 의한 천이흐름 상태로서 비교적 짧은 시간에 국한하는 흐름상태이다. 따라서, 장시간이 소요되는 물관리에 있어서 정상류 상태의 수리학적 해석이 우선되어야 할 것이다.

정상류란 자연압, 펌프 등에 의하여 주어진 에너지에 따라 형성되어진 유량과 압력이 시점, 종점수위, 밸브 등의 수리특성에 의하여 균형을 맞춘 안정된 상태를 말한다. 이러한 정상류 상태의 흐름은 관경이나 양정 등의 관수로 시설규모와 용수이용형태, 물관리 방법 등에 의해 좌우되므로, 이들을 종합적으로 고려할 수 있는 수학적 모형이 필요하다.

본 장에서는 용수간·지선을 관로화한 관수로망에 대한 정상류 상태에서의 수리적 검토에 의하여 분수량을 관리할 때 사용이 가능한 관수로용의 분수량 관리 시스템의 개발한 결과를 제시하였다.

제 2 절 관수로의 분수량관리 방법

1. 분수량 관리방법 조사

가. 유형 I : 간·지선 개수로 지거가 관수로인 지구

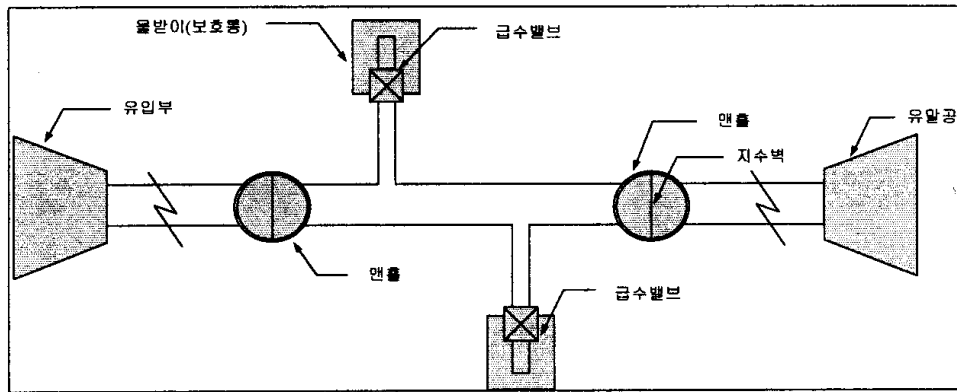
이 유형의 관수로시스템은 농지개량조합연합회에 의해 1988년~1993년까지 계획되어 운영되고 있는 지구로 <표 4.2.1>의 지구가 있다.

<표 4.2.1> 용수지거 관로화 사업지구 실적

년도	도별	위치		지구명	조합명	연장 (km)	관경 (mm)	비고
		군	읍/면					
'88	경기	용인	남서	삼인동 외 11지구	이천농조 외11농조	24.7	200	경지정리사업지구 각도별시행
'89	경기	여주	점동	원부	이천농조	1.2	250	농조연1) 연구사업
'90	경북	경주	건천	송선	경주농조	1.7	250	농조연 개보수사업
'91	경기	이천	장호원	용풍	이천농조	1.4	250	농조연 연구사업
'92	경북	의성	구천	구천	의성농조	0.9	250	농조연 연구사업
'92	경북	상주	함창	오사	상주농조	3.1	350	농조연 종합정비사업
'92	충남	논산	가야곡	왕암	논산농조	1.4	250	농조연 조립식구조물 시범사업
'93	경북	의성	구천	모흥	의성농조	0.9	150	농조연 연구사업
'96	경남	합천	덕곡	덕곡	합천농조	10.67	350 -200	대구획 경지정리사업

1) 경지정리지구 물관리 특성

용수지거 관로화 사업지구는 개방형 관로방식(<그림 4.2.1> 참조)을 채택하고 있으며 관로길이가 짧고 유입부의 유입수두(유량)에 따라 하류의 통수량이 결정되며 경작자가 직접 급수밸브를 작동하여 급수량을 조절하는 방식으로 물관리를 하고 있음



<그림 4.2.1> 용수지거 관로화지구 모식도

2) 해남 2공구 물관리특성

2공구 수로조직은 간선이 개수로, 지거가 관수로로 이루어져 있어 개수로와 관수로의 연결부에 설치되어 있는 분수문으로 분수량을 관리하는 수로조직으로 간선은 공급주도형으로 물관리가 가능한 형태이나, 지거는 관수로로 시공되어 있어 수요주도형의 물관리가 가능한 형태이다.

2공구 지거수로 말단은 사용자가 임의로 급수공을 조작하여 사용이 가능한 수요주도형의 물관리가 가능한 형태임에도 불구하고 간선이 개수로로 되어 있어 지구전체적으로는 공급주도형으로 물관리를 해야하기 때문에 면밀한 수위관리가 이루어지지 않으면 물관리가 어려운 지구이다.

이와 같은 지구는 관리자가 용수공급계획을 철저히 수립하여 공급하지 않으면 관리손실이 상당량 발생한다.

이 유형은 간선이 개수로로 되어 있어 분수문에 설치되어 있는 스크린을 통하여 부유물, 이끼 등이 유입하면 지거의 통수능력이 확연히 저하되며 부유물에 의하여 수로가 막히는 경우가 있어 유지관리가 곤란한 용수로 형태이다.

또한, 간선의 개수로와 말단 포장의 수위차에 의하여 관개하므로 간선의 수위가 확보되지 않으면 관개가 어렵다.

나. 유형 II : 간선·지선 관수로 지거 개수로 지구 (황금용수간선)

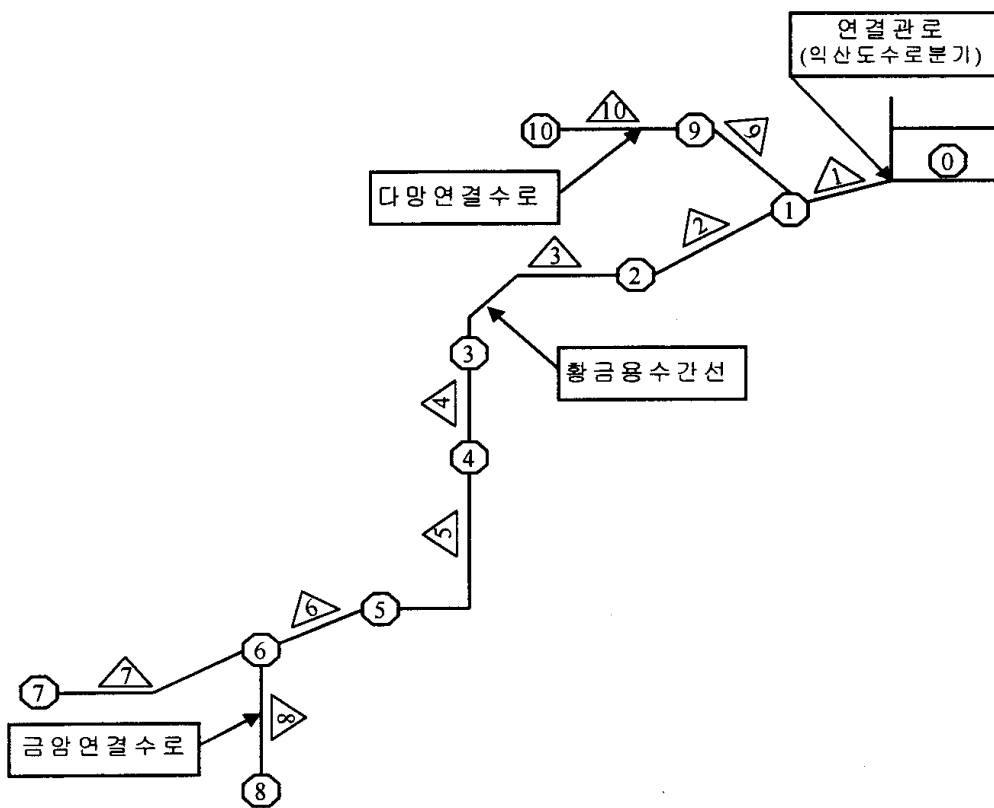
황금용수간선은 나포양수장에 의해 공급된 용수를 익산도수로로부터 취수하여 황금용수간선 및 황등용수간선 등 2개의 관수로 용수간선을 통하여 관개지구에 급수하고 있는 지구이다.

황금용수간선은 관로의 구성이 단순하고 간선의 길이가 짧아 유황의 변화를 각 간로구간에서 관찰하기 용이하며, 말단부의 개수로에서 유량, 수위 관측이 용이하여 분수량 관리 프로그램 개발지구로 적절하다.

분수량관리를 말단 분수공의 밸브를 사용하여 실시하고 있기 때문에 분수량 관리 시스템 개발에는 가장 적절한 지구이다.

1) 수리시설 제원

- 용수로 : (<그림 4.2.3> 참조)
- 수원공 : 나포양수장
- 용수조직 : 총연장 7,412 m이며, 관개지구의 면적은 3,138.2 ha임 (<표 4.2.3> 참조)



<그림 4.2.2> 황금용수간선 모식도

〈표 4.2.2〉 익산도수로 황금간선 현황

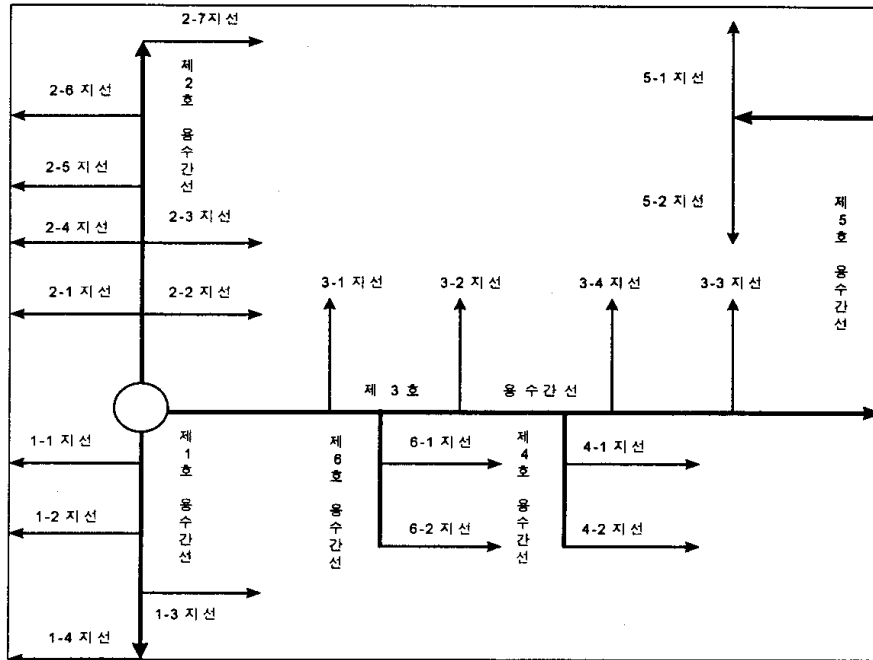
구간번호	연장 (m)	지배면적 (ha)	통수량 (m ³ /s)	관경	비고
1	376	866.8	2.694	1,500	
2	388	791.4	2.460	1,500	
3	773	353.6	1.100	1,200	
4	527	326.4	1.015	1,200	
5	1,400	297.6	0.925	1,200	
6	450	209.5	0.650	1,000	
7	1,274	56.3	0.200	900	
8	1,124	153.2	0.476	900	
9	356	45.8	0.142	500	
10	744	37.6	0.117	500	
계	7,412	3,138.2			

다. 유형Ⅲ : 간·지선, 지거가 관수로인 지구(해남지구 3공구)

농어촌진흥공사(현재의 농업기반공사로 통합)에 의해 해남지구 간척농지의 농업용수 공급을 위하여 해남3공구의 5개의 용수간선(총연장 63.531 km)이 폐쇄식 관수로로 설치 운영되고 있는 곳으로, 관경 600mm까지는 PE일반관(KSM 3407)을 사용하고 관경 700mm이상은 도복장강관을 사용한 지구임

1) 해남지구 용수로 제원

- 해남3공구 용수로 (〈그림 4.2.2〉 참조)
- 수원공 : 연곡양수장
- 용수조직 : 1~6호 용수간선 (〈표 4.2.2〉 참조)



〈그림 4.2.3〉 해남3공구 용수조직 모식도

〈표 4.2.3〉 해남3공구 용수간선 현황

용수간선	연장 (m)	지배면적 (ha)	통수량 (m ³ /s)	관경	비 고
1	1,216	295.7	0.5522	800	
2	2,409	287.4	1.4316	800	
3	4,338	541.6	1.6940	1,100	
4	911	166.1	0.4503	600	
5	2,020	162.2	0.4110		개수로
6	913	15.3	0.1140	400	

2) 해남 3공구의 물관리 특성

3공구 수로조직은 용수로 전체가 관수로로 이루어져 있어 말단의 사용자가 임의로 급수공을 조작하여 사용이 가능한 수요주도형의 물관리가 가능한 용수로 조직이다.

그리고, 폐쇄형 관수로로 되어 있어 토출조(배수조) 이외에서는 관로내에 부유물이 유입될 수 없는 수로 형태이므로 부유물에 의한 막힘이 적어 유지관리가 용이한 구조이다.

이와 같은 경우에는 사용자가 급수밸브를 폐쇄하지 않으면 방류손실이 발생하므로 물관리 손실을 줄이기 위해서는 관개 후에 급수전을 잠구어 단수토록 지도감독을 해야하며, 원활한 물관리를 위해서는 간·지선의 제수밸브를 활용하여 분수량을 관리할 필요가 있는 지구이다.

2. 분수량관리 시스템 적용 대상지구 선정

가. 적용대상 지구선정

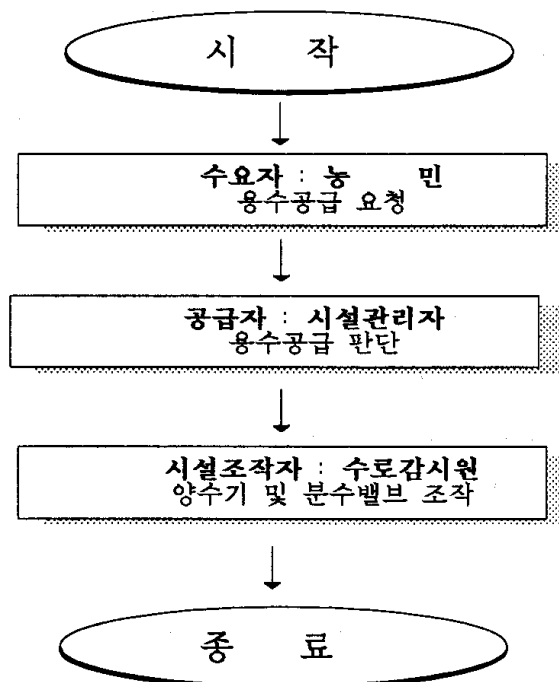
관수로로 시공된 지구에서 용수지거 관로화 사업지구는 수원공에서 용수공급과 차단이 이루어지고 개수로에서 물관리가 이루어지고 있기 때문에 본 연구 대상지구로 적절하지 못하다.

분수량관리 시스템을 적용할 수 있는 지구는 간선·지선이 관수로이며 지거가 개수로인 지구와 같이 간선의 밸브를 이용하여 관리하고 있는 지구 혹은 지구전체가 관수로인 지구가 가장 적합하므로 상기의 조건을 만족하는 지구로 경지정리지구인 금암지구를 대상으로 분석한다.

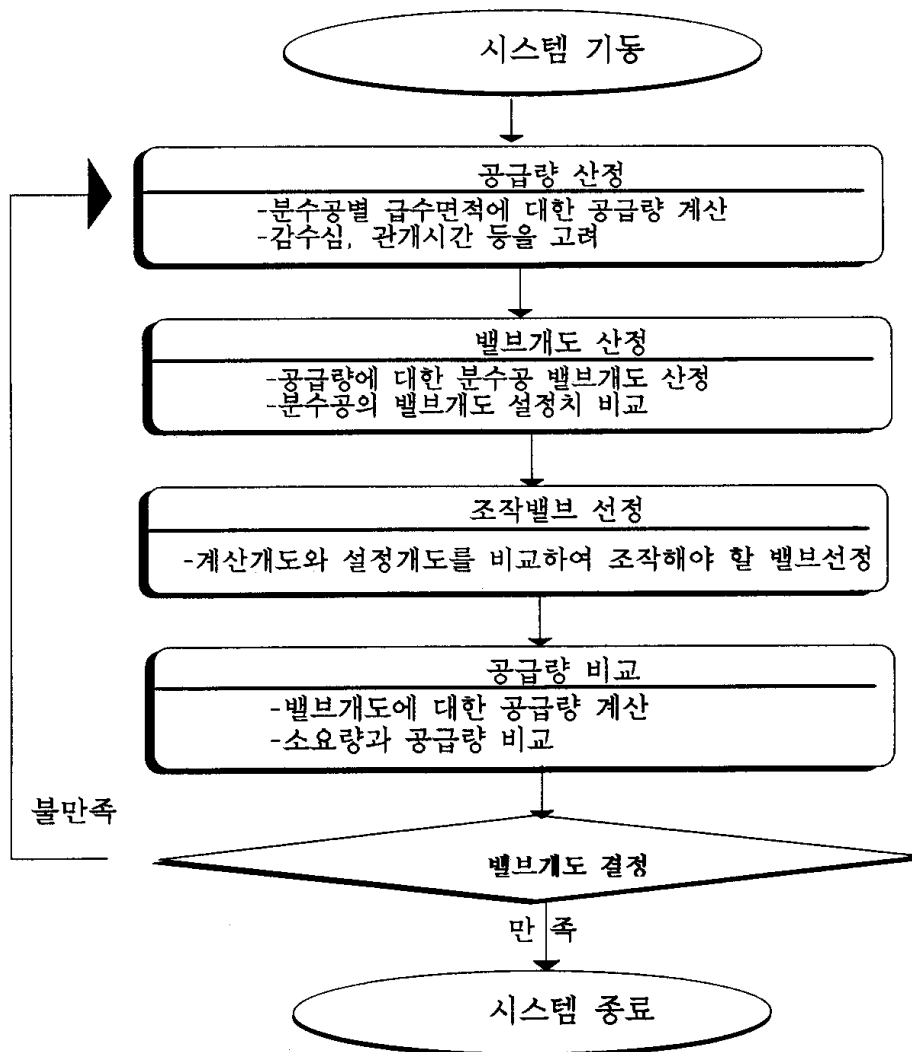
나. 금암지구의 분수량관리 방법 분석

금암지구의 물관리 방식은 수요자인 농민이 용수공급을 요청하면 관리자가 수원공인 양수장을 가동하여 공급하는 공급자주도형이다. 이 지구는 분수량을 분수공 별로 필요수량에 적합한 밸브개도로 관리하고 있으나, 지구내의 분수공에서 물이 잘나오는 분수공과 물이 잘나오지 않는 분수공이 있다. 이 지구의 경우 관리자가 밸브조작에 의한 관수로의 수리현상 예측이 어려워 분수량 관리에 어려움을 겪고 있어 분수량관리시스템 개발에 가장 적절한 지구이다.

이 지구를 대상으로 분수량 관리기법을 정리하면 다음과 같다.



<그림 4.2.4> 분수량 관리 체계



<그림 4.2.5> 시스템에 의한 분수량 관리 방법 및 순서

4. 요약 및 결론

용수조직이 관수로인 지구의 분수량 관리방법을 조사 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

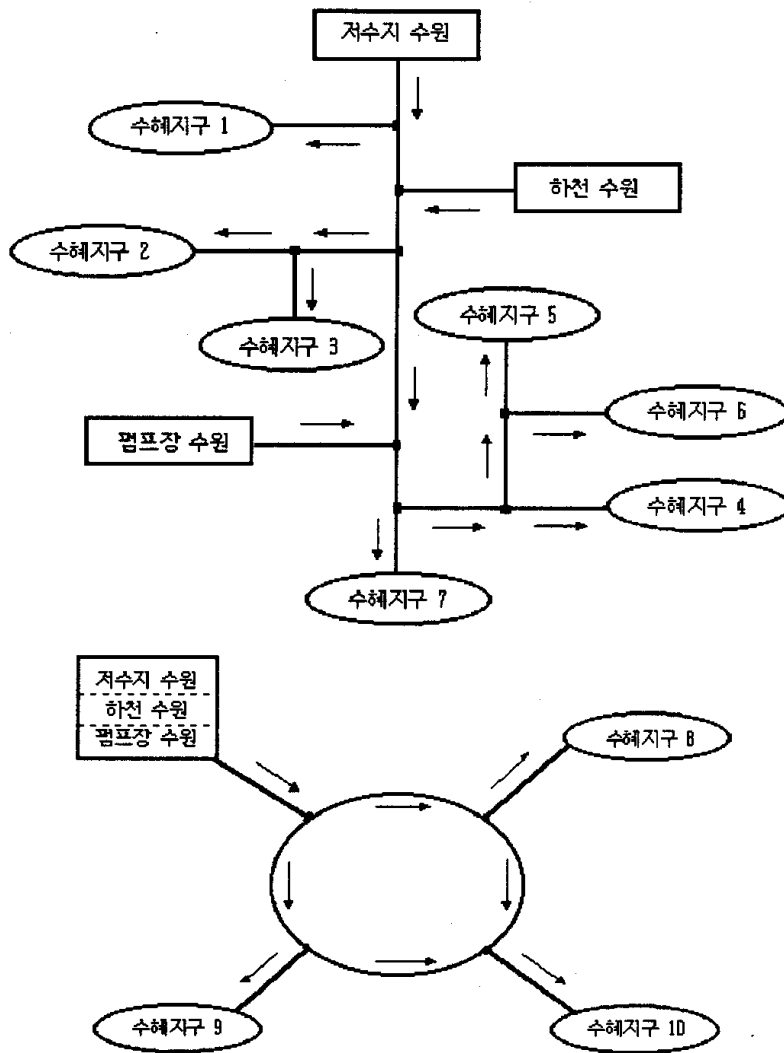
- 관수로 유형 I은 간선이 개수로이기 때문에 시스템 개발에 적절하지 않음
- 관수로 유형 II은 관수로와 개수로의 연결부에 있는 분수공의 조절밸브를 사용하여 분수량을 조절하고 있어 분수량관리 시스템 개발에 가장 적절한 형태이다.
- 관수로 유형 III는 용수호가 전부 관수로로 되어 있어 수요자가 급수밸브만 개방하면 관개가 가능하기 때문에 지선 혹은 지거에서 과잉취수를 방지하기 위한 수량 관리가 필요한 형태로 시스템 개발 대상지구로 적절하다.

제 3 절 분수량 계산 프로그램의 개발

1. 관로망에서의 정상류 해석

가. 관로망의 구성

관로망은 <그림 4.3.1>의 예에서 볼 수 있는 것과 같이 한 관로가 절점에서 다른 관로와 연결되어 있는 조직으로 정의된다. 즉, 저수지, 하천, 펌프장 등의 수원으로 부터 취수하여 용수를 공급받고자 하는 수혜지구에 관수로로서 용수를 공급하려는 조직을 말한다. 그래서, 관로망은 여러 개의 구간으로 구분되어 각각의 관경, 기하학적 제원과 절점에서의 취수량 등에 따라 그 수리적 특징이 좌우된다. 이러한 관로망에서의 정상류 상태의 흐름 해석에서는 각 관로의 유량과 각 절점에서의 수압 등을 규명하게 된다.



<그림 4.3.1> 관수로망 조직

나. 요소분석

<그림 4.3.2>에서와 같이 관수로의 한 점에서의 총수두는 위치수두, 압력수두, 유속수두의 합으로 정의된다. 이들의 총수두를 연결하면 경사를 갖게 되는데, 이를 에너지 수두경사선이라고 한다. 그리고, 위치수두와 압력수두 만의 합을 동수두라고 하며, 동수두를 잇는 선을 동수경사선(동수구배)이라 한다.

이러한 동수구배를 가지는 관로에서의 평균유속은 Hazen-Williams 식으로부터 다음과 같이 정의된다.

$$V = 0.849 C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (4-1)$$

여기서, V = 평균유속(m/sec), C = 유속계수, R = 경심(m), I = 동수구배 등이다.

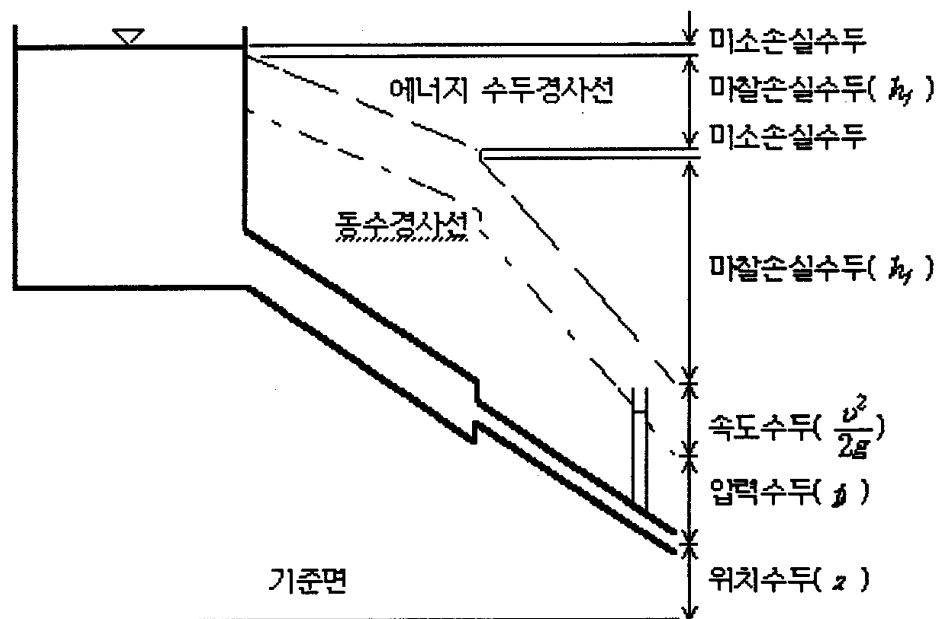
식(4-1)을 변형하면 다음과 같은 식들을 이용할 수 있다.

$$V = 0.355 C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad (4-2)$$

$$Q = 0.279 C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad (4-3)$$

$$D = 1.626 C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21} \quad (4-4)$$

$$I = \frac{h_f}{L} = 10.67 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \quad (4-5)$$



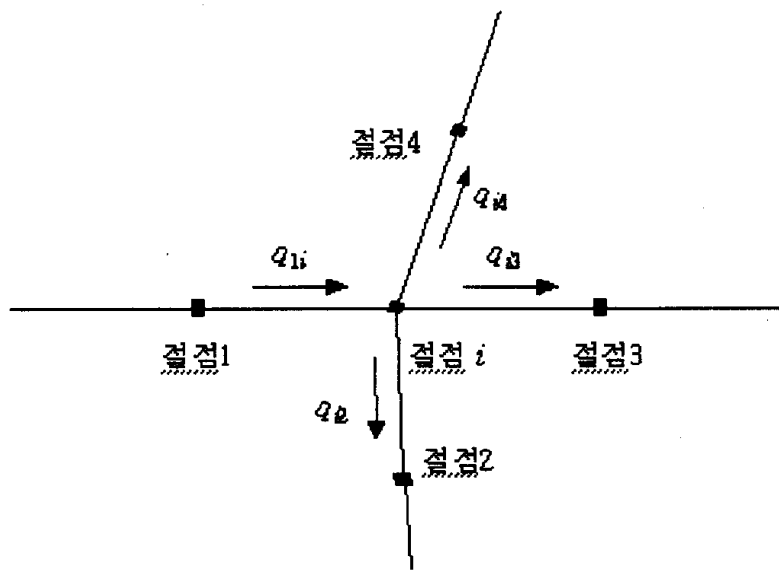
<그림 4.3.2> 관수로의 수두

여기서, D = 관의 구경(m), h_f = 마찰손실수두(m), Q = 유량(m³/sec), L = 관의 길이(m) 등이다.

특히, 식(4-3)은 마찰손실수두에 대한 함수로서 식(2-6)과 같이 표시할 수 있다.

$$Q = k \cdot h_f^{0.54} \quad (4-6)$$

$$k = 0.279 \frac{C \cdot D^{2.63}}{L^{0.54}} \quad (4-7)$$



<그림 4.3.3> 관로망의 유량

다. 요소메트릭스

<그림 4.3.3>과 같은 파이프라인 조직에 있어 임의의 분기점 i 절점에 있어서는 식(4-8)의 연속식이 성립된다.

$$- Q_i = q_2 + q_3 + q_4 - q_{1i} \quad (4-8)$$

여기서, Q_i = i 절점의 토출량(m³/sec), 단 이 경우의 Q_i 는 0 이다. Q_i 의 “-”는 “- 토출량” 즉, 유입량을 나타낸다. 또한, q_{1i} = i 절점으로의 유입량(m³/sec), q_2 = i 절점으로부터 절점2로의 유출량, q_3 = i 절점으로부터 절점3로의 유출량, q_4 = i 절점으로부터 절점4로의 유출량 등이다.

식(4-8)에서, $q_{1i} = q_{i1}$ 으로 정의하면 식(4-8)은 식(4-9)와 같이 나타낼 수 있어, 식(4-10)과 같은 일반식으로 표시가 가능하다.

$$- Q_i = q_{i1} + q_{i2} + q_{i3} + q_{in} \quad (4-9)$$

$$- Q_i = \sum q_{ij} \quad (4-10)$$

식(4-9)는 i 절점에 대해서는 j 의 최대값이 4인 경우이나, 관로망 조직의 절점이 n 개가 되면 j 의 최대치는 n 이다. 따라서 절점은 분기가 없는 직관부분에도 설정할 수 있기 때문에(이 경우의 Q_i 는 0이 된다.) 관로망 조직에서는 식(4-10)의 연속방정식이 성립하며 이를 다시 표시하면 식(4-11), (4-12)와 같이 정의할 수 있다.

$$Q_i = - \sum q_{ij} \quad (\text{단지, } i \neq j) \quad (4-11)$$

$$\sum q_{ij} = 0 \quad (4-12)$$

여기서, $Q_i = i$ 절점의 토출량(m^3/sec), $q_{ij} = i \sim j$ 구간의 유량(m^3/sec) 등이다.

식(4-11)의 $i \sim j$ 구간의 유량 q_{ij} 는 Hazen-Williams 공식을 사용하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_{ij} = 0.27853 C \cdot D_{ij}^{2.63} \cdot \left(\frac{h_i - h_j}{L_{ij}} \right)^{0.54} \quad (4-13)$$

여기서, $C =$ 유속계수, $D_{ij} =$ 구간 $i \sim j$ 의 관경(m), $h_i = i$ 절점의 동수위(m), $h_j = j$ 절점의 동수위(m), $L_{ij} = i \sim j$ 구간의 관수로 연장(m) 등이다.

식(4-13)은 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$q_{ij} = k_{ij} \cdot (h_i - h_j) \quad (4-14)$$

$$k_{ij} = 0.27853 C \cdot D_{ij}^{2.63} \cdot L_{ij}^{-0.54} |h_i - h_j|^{-0.46} \quad (4-15)$$

식(4-14)를 식(4-11)에 대입하면 식(4-16)이 되어 식(4-17)과 같이 전개할 수 있다.

$$Q_{ij} = - \sum k_{ij}(h_i - h_j) = - (\sum k_{ij})h_i + \sum k_{ij}h_j \quad (\text{단지, } i \neq j) \quad (4-16)$$

$$k_{11}h_1 + k_{11}h_1 + \dots + (\sum k_{ij})h_i + \dots + k_{in}h_n = Q_n \quad (4-17)$$

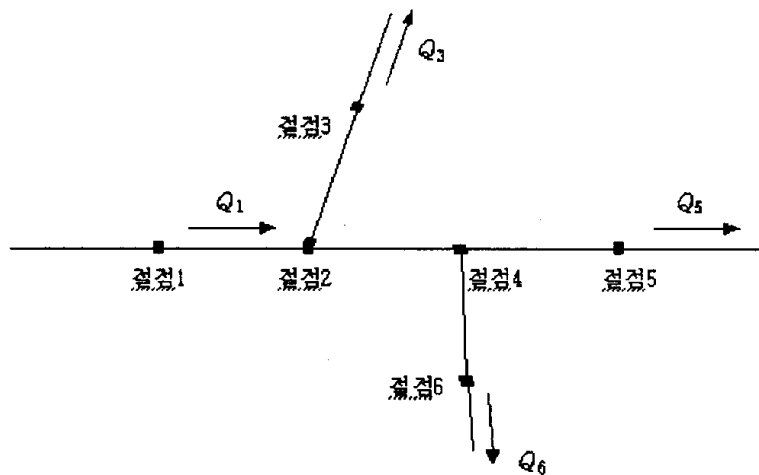
식(4-17)은 관로망 조직의 임의의 절점에 있어서 압력과 유량의 관계를 정하는 특성식이며, 전 절점 n에 대한 동수위 h와 유량의 관계는 k_{ij} 를 계수로 하여 식(4-16)에 나타낸 n 차원의 연립방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 (\sum k_{ij})h_1 + k_{12}h_2 + k_{13}h_3 + \dots + k_{1n}h_n &= Q_1 \\
 k_{21}h_1 + (-\sum k_{ij})h_2 + k_{23}h_3 + \dots + k_{2n}h_n &= Q_2 \\
 k_{31}h_1 + k_{32}h_2 + (-\sum k_{ij})h_3 + \dots + k_{3n}h_n &= Q_3 \\
 k_{n1}h_1 + k_{n2}h_2 + k_{n3}h_3 + \dots + (-\sum k_{ij})h_n &= Q_n
 \end{aligned}
 \tag{4-18}$$

여기서, h_i = 각 절점의 동수위, Q_i = 토출량(m³/sec) 등이다.

식(4-18)을 <그림 4.3.4>의 관로망 조직에 적용하면 다음과 같다. 즉, 식(4-14)에 의하여 관로망의 각 구간에 대하여 k_{ij} 가 설정되며, 관로망 조직의 특성방정식으로 식(4-19)를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 a_1 \cdot h_1 + k_{12} \cdot h_2 + 0 \cdot h_3 + 0 \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 &= Q_1 \\
 k_{21} \cdot h_1 + a_2 \cdot h_2 + k_{23} \cdot h_3 + k_{24} \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 &= 0 \\
 0 \cdot h_1 + k_{32} \cdot h_2 + a_3 \cdot h_3 + 0 \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 &= Q_3 \\
 0 \cdot h_1 + k_{42} \cdot h_2 + 0 \cdot h_3 + a_4 \cdot h_4 + k_{45} \cdot h_5 + k_{46} \cdot h_6 &= 0 \\
 0 \cdot h_1 + 0 \cdot h_2 + 0 \cdot h_3 + k_{54} \cdot h_4 + a_5 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 &= Q_5 \\
 0 \cdot h_1 + 0 \cdot h_2 + 0 \cdot h_3 + k_{64} \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + a_6 \cdot h_6 &= Q_6
 \end{aligned}
 \tag{4-19}$$



<그림 4.3.4> 관로망 조직의 예

여기서, $a_1 = -k_{12}$, $a_2 = -(k_{21} + k_{23} + k_{24})$, $a_3 = -k_{32}$,
 $a_4 = -(k_{43} + k_{46} + k_{45})$, $a_5 = -k_{54}$, $a_6 = -k_{64}$ 등이다.
 식(4-19)를 행렬식으로 나타내면 식(4-20)이 된다.

$$[A]\{h\} = \{F\} \quad (4-20)$$

식(4-20)은 연립방정식이므로 해법인 반복법(Gauss-Seidel) 및 소거법 등을 사용하여 해를 구할 수 있다. 대규모 관로망 조직에서는 절점수 n 이 높게 되어 매트릭스 $[A]$ 의 차원이 높아지면 사실상 컴퓨터 해석이 불가능한 경우가 있다. 이와 같은 때는 매트릭스의 특성을 이용한 매트릭스 분할법에 의하여 해를 얻을 수 있다. 단, 식(4-20)은 매트릭스 $[A]$ 중에 동수위 h 를 포함하고 있는 비선형식이기 때문에 정상유황을 구하기 위해서는 식(4-21)이나 식(4-22)를 만족할 수 있도록 수렴연산을 할 필요가 있다.

$$|h_i^{m+1} - h_i^m| \leq \epsilon_a \quad (4-21)$$

또는,

$$\frac{|h_i^{m+1} - h_i^m|}{h_i^m} \leq \epsilon_r \quad (4-22)$$

여기서, $h_i^m = i$ 절점의 제 m 회 재의 연산결과, $h_i^{m+1} = i$ 절점의 제 $(m+1)$ 회 재의 연산결과, $\epsilon_a =$ 허용오차 (일반적으로 103 이하), $\epsilon_r =$ 허용오차 (일반적으로 103 이하) 등이다.

식(4-21)에 있어서 h_i^{m+1} 의 수치는 식(4-20)의 $[A]$ 의 각 항을 h_i^m 에 치환하여 구할 수 있다. 이 경우 $(m+1)$ 번째의 연산을 실시할 때 다음에 나타내는 가속정수를 사용하면 계산이 빨라진다.

$$h_i^{m+1} = h_i^m + \alpha \cdot (h_i^{m+1} - h_i^{m-1}) \quad (4-23)$$

여기서, $\alpha =$ 가속정수 ($\alpha = 1$ 일때 치환, 보통 1.5 정도), $h_i^{m-1} = i$ 절점의 $(m-1)$ 회 재의 연산결과 등이다.

상기에 의하여 구해진 각 절점의 동수위를 식(4-13)에 대입하면 각 구간의 유량이 구해진다.

라. 경계조건의 설정

정상유황은 관로망을 구성하는 각 시설의 수리특성에 의하여 지배된다. 기본방정식으로 구성되어진 요소매트릭스를 해석하기 위해서는 경계조건의 설정이 우선되어야 한다. 경계조건의 설정 예를 설명하면 다음과 같다.

1) 유량 경계조건

관로망 조직의 취수점 및 토출점의 유량을 설정하여 식(4-19), (4-20)에 의하여 해석할 수 있다.

2) 수위 경계조건

<그림 4.3.4>의 절점1이 경계조건으로 수조가 있는 경우, 수위 h_1 이 취수량의 변화에 관계없이 일정한 경우에는 수위에 일정치를 대입하여 수위 경계조건으로서 정의할 수 있다. 기본방정식의 수위경계의 설정은 h_1 이 기지값이기 때문에 식(2-19)에 있어서 절점1의 식은 무시되고, 그 결과 식(4-20)은 식(4-24)와 같이 변형된다.

$$[A_0]\{h_0\} = \{F_0\} \quad (4-24)$$

식(4-24)는 식(4-20)에 비하여 연립방정식의 한 차수가 적다. 또, 벡터 $\{F_0\}$ 는 식(4-19)에서 기지값 h_1 이 이항된 모양이 된다. 이 수위 경계조건은 해석 목적에 따라서 임의의 절점에 설정할 수도 있다.

3) 펌프 경계조건

<그림 4.3.4>의 절점1이 펌프인 경우로, 이 때 절점1의 취수량 Q_1 은 펌프의 특성에 지배되어 펌프의 $H \sim Q$ 특성에 따라 취수량 Q_1 에 대한 토출양정 H_1 을 얻을 수 있다. 일반적으로 펌프 토출점에 있어서의 토출양정과 양수량의 관계는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$Q_p = a \cdot (\beta - H_p)^\gamma \quad (4-25)$$

여기서, Q_p = 펌프의 양수량(m^3/sec), H_p = 펌프의 토출수두(m), a, β, γ = 펌프와 배관조건에 의하여 정해지는 정수 등이다.

이것을 절점1에 적용하면 다음과 같이 정의된다.

$$Q_1 = -a \cdot (\beta - H_1)^r \quad (4-26)$$

여기서, H_1 은 펌프 토출지점의 관로표고를 GH_1 으로 하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_1 = h_1 - GH_1 \quad (4-27)$$

여기서, H_1 = 펌프의 토출수두(m), h_1 = 펌프의 토출수위(m) 등이다.

따라서, 식(4-26)은 식(4-28)이 되어 식(4-29)와 같이 변형할 수 있게 된다.

$$Q_1 = -a \cdot (\beta + GH_1 - H_1)^r \quad (4-28)$$

$$Q_1 = -P_1(\beta + GH_1 - h_1) = -P_1(\beta + GH_1) - P_1 h_1 \quad (4-29)$$

여기서, $P_1 = -a|(\beta + GH_1 - H_1)|^{r-1}$ 이다.

식(4-29)를 식(4-19)의 제1식에 대입하여 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$b_1 \cdot h_1 + k_{12} \cdot h_2 + 0 \cdot h_3 + 0 \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 = -P_1(\beta + H_1) \quad (4-30)$$

여기서, $b_1 = a_1 - P_1 = -k_{12} - a|(\beta + GH_1 - H_1)|^{r-1}$ 이다.

따라서, 식(4-20)은 식(4-31)과 같이 h_1 에 대응되는 부분이 치환된다.

$$[A_p]\{h_p\} = \{F_p\} \quad (4-31)$$

4) 밸브 경계조건

<그림 4.3.4>의 절점3 의 토출량 Q_3 는 밸브의 특성에 좌우된다. 일반적으로 그림에서와 같이 절점3에 밸브가 설치된 경우에는 식(4-32)와 같이 밸브지점 압력수두(2차측)에 관한 지수함수로 표시할 수 있다.

$$Q_3 = C \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H_3} \quad (4-32)$$

여기서, Q_3 = 밸브유량(m^3/sec), C = 유량계수, g = 중력가속도(m/sec^2), H_3 = 밸브지점의 하류측 압력수두(m), A = 밸브의 평균면적(m^2) 등이다.

식(4-32)를 절점3에 적용하면 식(4-33)이 된다.

$$Q_3 = C \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot (h_3 - GH_3)} \quad (4-33)$$

여기서, $GH_3 =$ 절점3의 벨브표고(m)이다.

식(4-33)은 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$Q_3 = B_3 \cdot (h_3 - GH_3) \quad (4-34)$$

$$B_3 = C \cdot A \sqrt{2g} \cdot |h_3 - GH_3|^{-\frac{1}{2}} \quad (4-35)$$

식(4-34)를 식(4-19)의 제3항에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$0 \cdot h_1 + k_{32} \cdot h_2 + C_3 \cdot h_3 + 0 \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 = -B_3 \cdot G \cdot h_3 \quad (4-36)$$

$$c_3 = a_3 - B_3 = -k_{32} - C \cdot A \sqrt{2g} \cdot |(h_3 - GH_3)|^{-\frac{1}{2}} \quad (4-37)$$

따라서, 식(4-20)은 식(4-38)과 같이 h_3 에 대응되는 부분이 변형된다.

$$[A_v]\{h_v\} = \{F_v\} \quad (4-38)$$

2. 분수량 계산 프로그램의 구성

가. 프로그램의 개요

본 프로그램은 정상류상태(steady state flow)의 관수로의 수리현상을 계산할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 이 프로그램은 설계용수량에 의하여 관경을 계산한 후에 동수경사선을 검토할 때와 통수단면의 적정성을 검토할 때 사용이 가능하도록, 절점수두법에 의해 관망해석이 진행되도록 구성되어 있다.

나. 프로그램의 구성

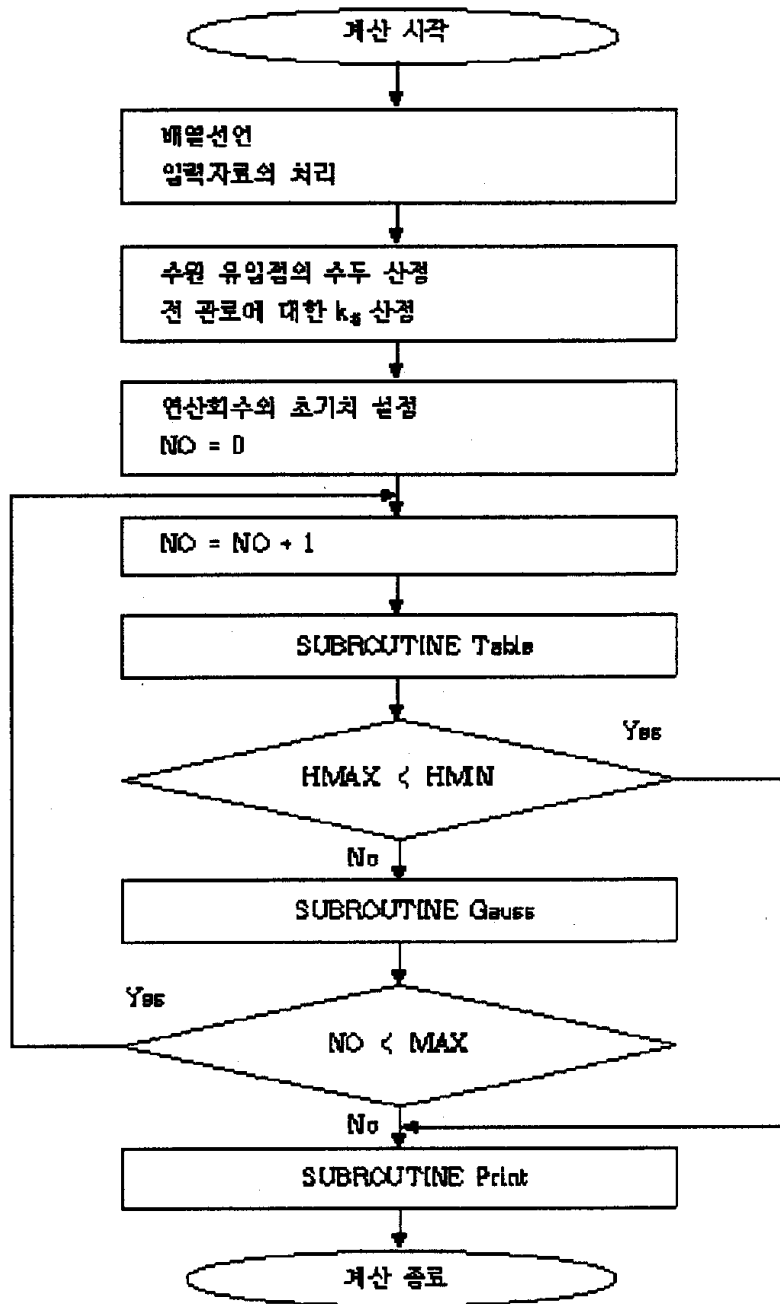
프로그램은 입력파일, 실행파일, 출력파일로 구성되어 있으며, 각 파일에 대한 간단한 설명은 <표 4.3.1>에 정리하였다.

다. 연산순서

<그림 4.3.5>는 분수량 계산 프로그램의 흐름도를 보여주고 있다.

<표 4.3.1> 프로그램의 구성내역

종 류		내 용	파일명	
입 력 파 일		관수로의 구조 및 연산회수, 수렴조건 등의 관망해석에 필요한 기초데이터를 작성 (절점수, 최대분기수, 수원유입점, 반복연산수, 추렴판정치, 관로길이, 관경, 유속계수, 절점 접속상황, 사용량, 초기수두)	ssfap.dat	
실 행 파 일	주 프로그램		ssfap.exe	
	부 프로그램	Table		연립방정식 작성 및 계수계산 수렴판정(Hmax)
		Gauss		Gauss-Seidal법에 의한 연립방정식 계산
		Print		절점의 손실수두, 유량 등 인쇄 명령
출 력 파 일		계산결과를 파일에 출력한 결과	ssfap.out	



<그림 4.3.5> 분수량 계산 프로그램의 흐름도

3. 분수량 계산 프로그램의 시험적용

가. 시험대상지구

분수량 계산 프로그램의 적용성을 검토하기 위하여, 관수로 시스템으로 개발되어진 해남간척지구 제3공구를 모형의 1차 시험대상지구로 선정하고 설계시의 자료를 참조하여 시험적용 하였다.

1) 용수로 현황

해남 간척지구 제3공구는 대부분 관수로로 구성되어 있으며, 그 현황은 <그림 4.3.6>과 같다. 대상지구의 용수조직은 29개의 구간으로 세분할 수 있는데, 각 구간에 대한 기본 제원은 <표 4.3.2>와 같다. 구간 1~6은 제1호 용수간선과 그로부터 분지되는 용수지선을 나타내며, 구간 6~14는 제2호 용수간선, 구간 15~19는 제3호 용수간선, 구간 20~23은 제4호 용수간선, 구간 24~26은 제5호 용수간선, 구간 27~29는 제6호 용수간선과 그 용수지선을 지칭한다.

가장 통수량이 큰 제3호 용수간선은 연장 4,338m, 지배면적 556.04ha로 그 통수량이 $1.410\text{m}^3/\text{sec}$ 였으며, 그 다음은 제1호 용수간선은 연장 1,450m, 지배면적 348.95ha, 통수량이 $0.840\text{m}^3/\text{sec}$ 였다. 또한, 각 구간별 관수로는 1,100mm, 800mm, 600mm, 500mm, 450mm, 400mm, 350mm 등의 종류로 구성되어 있었다. <그림 4.3.7>은 각 용수로 구간을 모식도로 표시한 것이다.

2) 용수로 구조물

대상지구에 있어서의 용수로 구조물 총괄표는 <표 4.3.3>과 같다. <표 4.3.3>은 관수로인 용수로 구간의 구조물로서 통수량을 조절하는 제수변이 116개소, 용수량 압력을 조절하기 위한 공기변이 44개소, 용수를 배제하기 위한 배수변이 23개소 등으로 구성되어 있었다.

3) 용수로 설계도수량

<그림 4.3.8>은 대상지구 용수로 구간의 설계도수량을 표시한 그림이다. 양수장에서 $3.05\text{m}^3/\text{sec}$ 의 용수량을 도수하여 제1호 용수간선으로는 $0.89\text{m}^3/\text{sec}$, 제2호 용수간선으로는 $0.76\text{m}^3/\text{sec}$, 제3호 용수간선으로는 $1.41\text{m}^3/\text{sec}$ 가 도수되는 것으로 설계되었다.

나. 용수로 조직의 구성

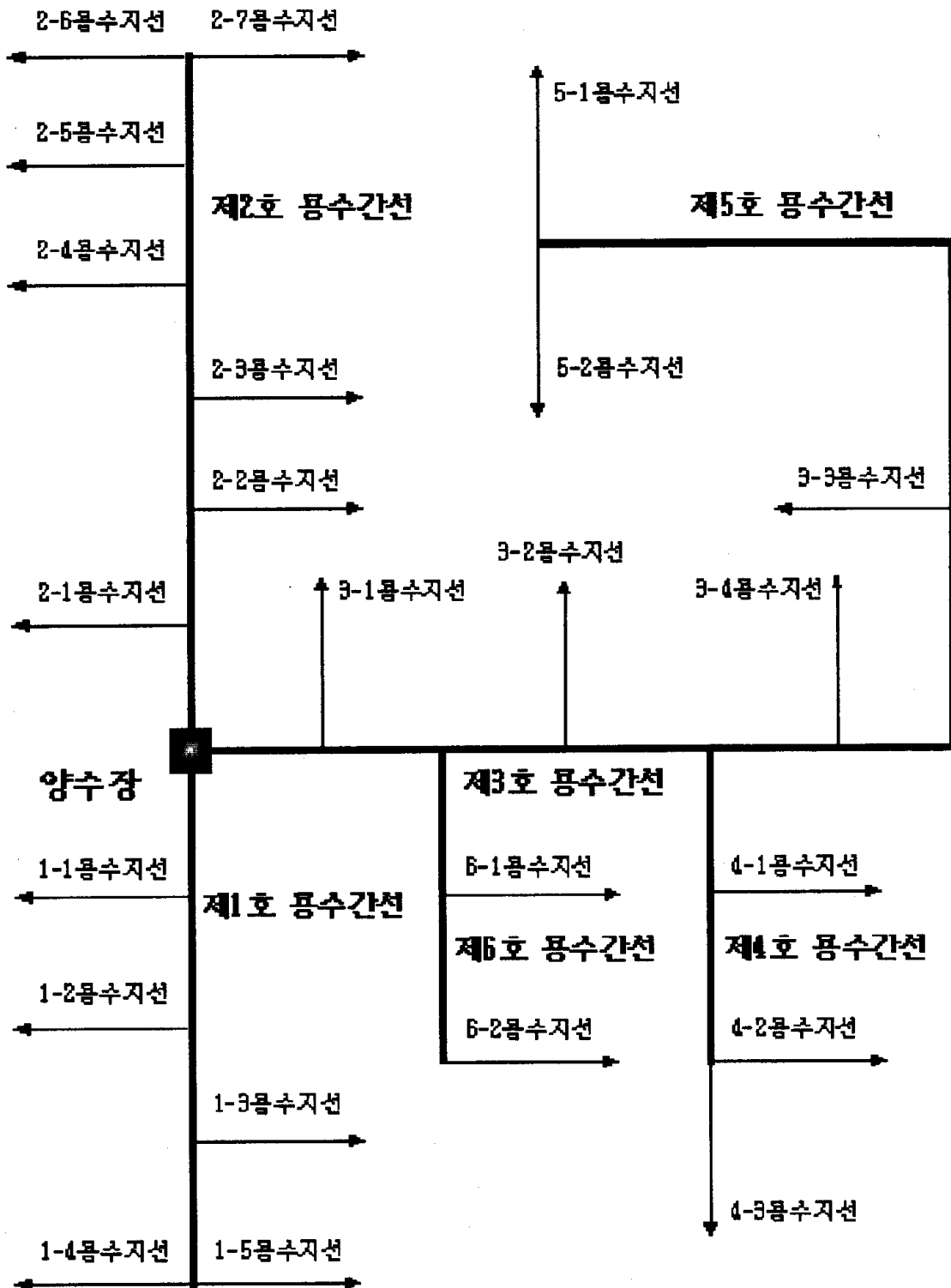
해남지구 제3공구의 용수로 조직은 연곡양수장의 2개의 수조에서 시작되는데, 하나는 제1,2호 용수간선으로, 그리고 다른 하나는 제3호 용수간선을 통해 제4~6호 용수간선으로 연결되어 있다.



<그림 4.3.6> 대상지구의 용수로 조직

<표 4.3.2> 대상지구 용수조직의 간·지선 현황

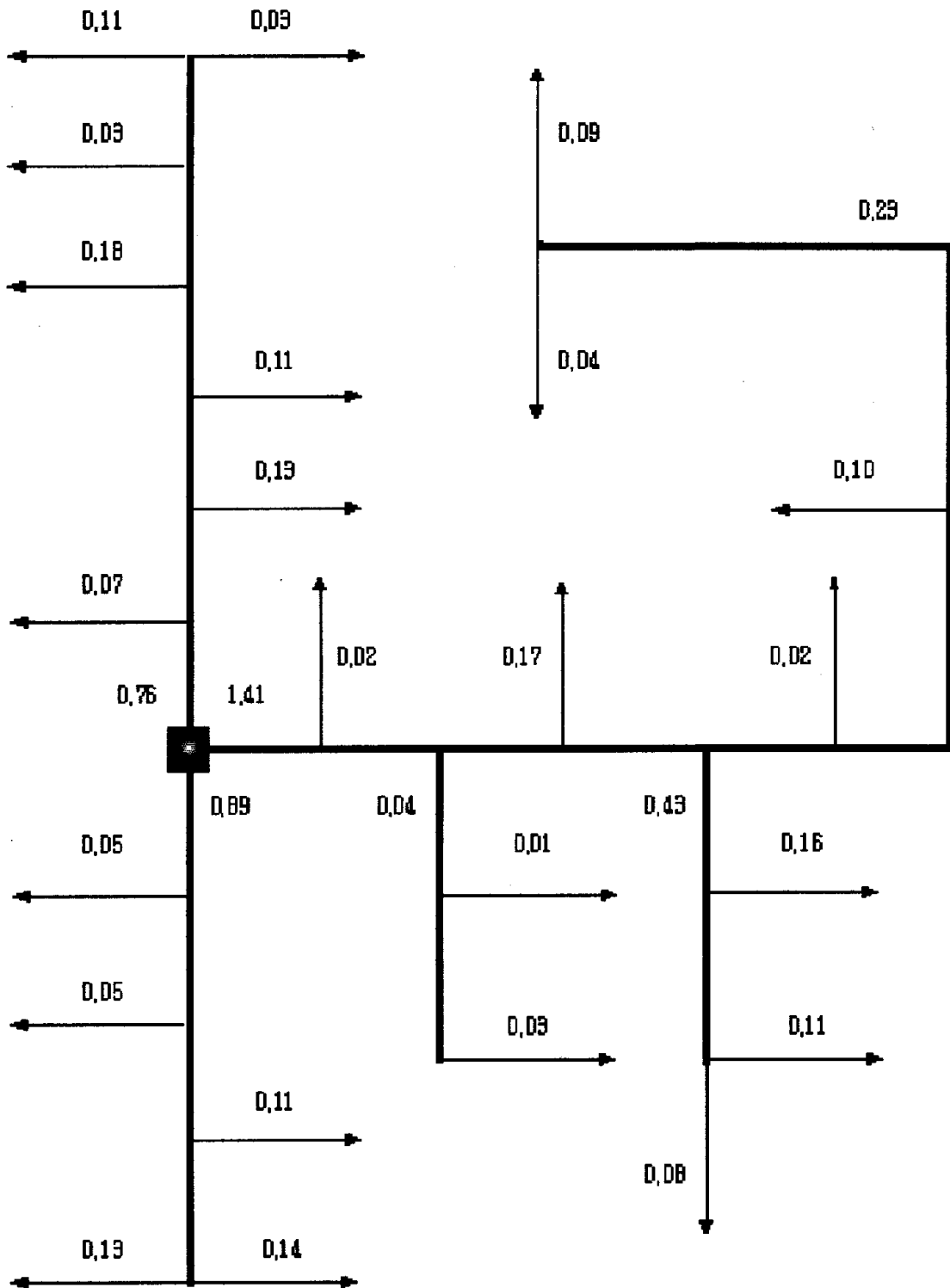
구분	간선	지 선	연 장 (m)	지배면적 (ha)	통수단면적 (m ²)	통수량 (m ³ /sec)	비고 (관경, mm)
1	1		1,450	348.95	0.504	0.840	관수로(800)
2		1-1	355	17.61	0.092	0.108	(350)
3		1-2	638	20.47	0.092	0.111	(350)
4		1-3	899	45.03	0.118	0.145	(400)
5		1-4	1,195	52.13	0.118	0.147	(400)
6		1-5	1,367	54.71	0.140	0.165	(450)
7	2		2,409	299.49	0.504	0.759	관수로(800)
8		2-1	625	28.35	0.118	0.113	(400)
9		2-2	856	49.46	0.140	0.150	(450)
10		2-3	921	41.62	0.140	0.141	(450)
11		2-4	552	69.11	0.173	0.176	(500)
12		2-5	320	13.58	0.092	0.089	(350)
13		2-6	870	41.48	0.118	0.115	(400)
14		2-7	618	9.89	0.092	0.078	(350)
15	3		4,338	556.04	0.945	1.410	관수로(1,100)
16		3-1	1,150	5.92	0.118	0.092	(400)
17		3-2	1,085	68.67	0.249	0.206	(600)
18		3-3	730	40.66	0.140	0.140	(450)
19		3-4	266	9.48	0.092	0.020	(350)
20	4		1,750	168.83	0.249	0.270	관수로(600)
21		4-1	900	62.13	0.140	0.150	(450)
22		4-2	460	44.12	0.140	0.125	(450)
23		4-3	1,076	31.58	0.118	0.117	(400)
24	5		2,020	162.22	0.458	0.305	개수로
25		5-1	700	13.75	0.222	0.128	개수로
26		5-2	1,316	36.39	0.222	0.128	개수로
27	6		913	15.25	0.118	0.116	관수로(400)
28		6-1	800	2.47	0.092	0.049	(350)
29		6-2	2,064	11.80	0.222	0.117	개수로
합계			32,643	1,204.48			



<그림 4.3.7> 대상지구 용수로 조직의 모식도

〈표 4.3.3〉 관수로 구간의 구조물 현황

구 분	제수변	공기변	배수변	배수암거	단면변화	교 량	엘보우	유말공
1호간선	1	3	2	5	2	0	0	
2호간선	5	3	3	5	6	0	0	
3호간선	7	9	4	3	3	1	2	
4호간선	3	3	1	8	1	0	1	
6호간선	3	2	0	0	0	0	1	
1-1지선	1	1	1	0	0	0	1	
1-2지선	1	2	0	0	0	0	1	
1-3지선	1	2	1	0	1	1	2	
1-4지선	1	2	0	6	1	0	1	
1-5지선	1	3	1	1	2	0	2	
2-1지선	1	1	1	0	1	0	1	
2-2지선	1	1	1	0	2	0	1	
2-3지선	1	1	1	5	2	0	1	
2-4지선	1	1	0	0	3	0	1	
2-5지선	1	1	0	0	0	0	2	
2-6지선	1	2	2	0	1	0	1	
2-7지선	1	0	0	3	0	0	0	
3-1지선	1	1	1	4	1	0	0	
3-2지선	1	0	1	0	4	0	1	
3-3지선	1	1	1	3	2	0	1	
3-4지선	1	1	0	0	0	0	1	
4-1지선	1	1	0	0	3	0	2	
4-2지선	1	1	0	0	2	0	2	
4-3지선	1	1	1	4	1	0	0	
6-1지선	1	1	1	2	0	0	0	
용수지거	77							77
합 계	116	44	23	49	38	2	25	77



<그림 4.3.8> 용수로 구간별 설계도수량 (단위 : m^3/sec)

분수량 계산프로그램을 해남간척지구 제3공구에 적용하기 위하여 용수로 조직을 각 수조에 연결된 용수로 단위별로 구분하였다. 제1,2호 용수간선은 2개의 용수간선과 12개 용수지선, 그리고 2개의 배후지선을 가지며 총 134개 절점과 133구간으로 구성되었으며, 제3~6용수간선은 4개 용수간선, 11개 용수지선, 4개의 배후지선을 포함하고 있으며, 총 73개 절점과 72구간으로 구성되었다.

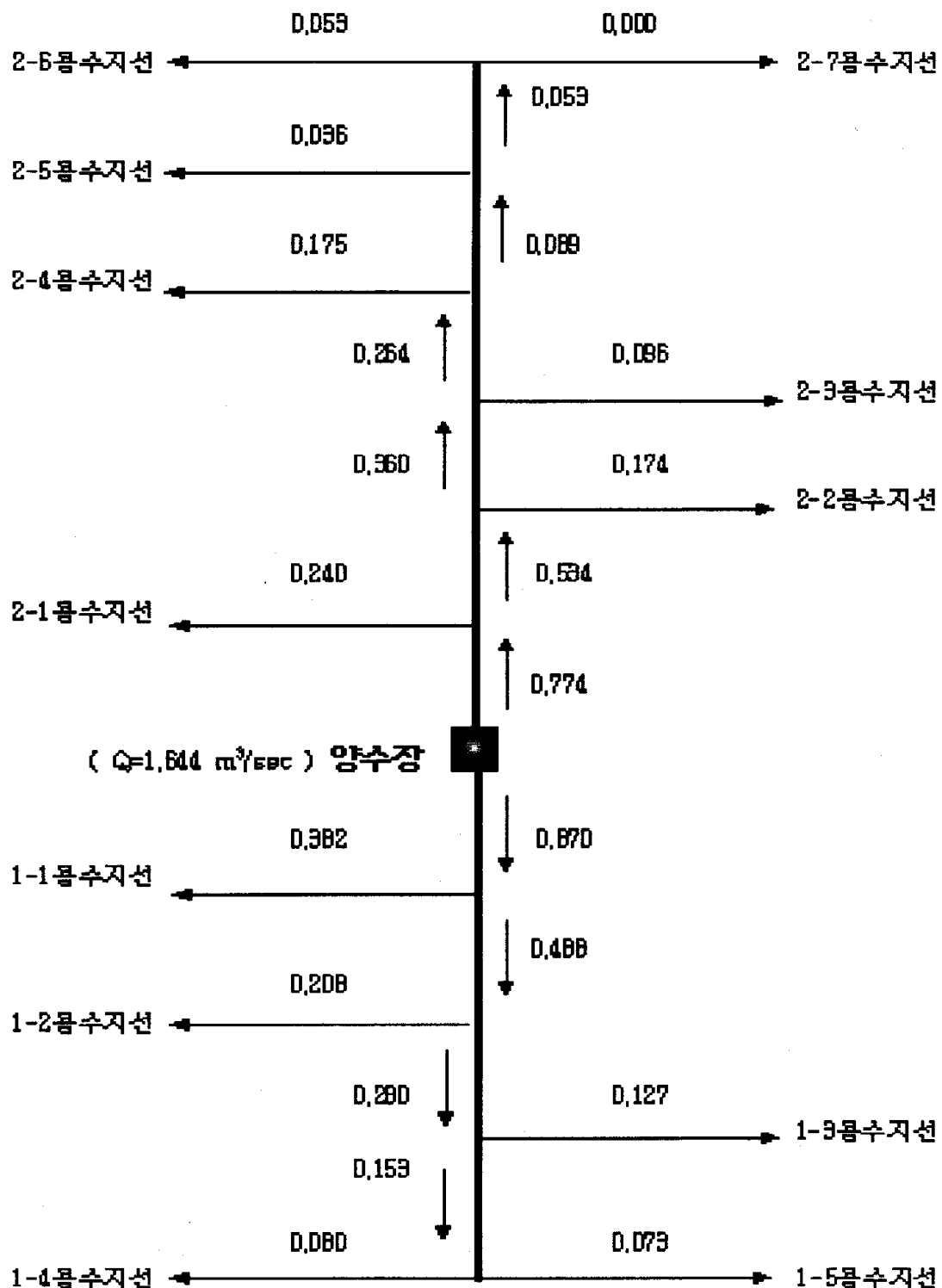
다. 관로망의 해석결과

해남3공구 관수로 조직의 관로망 해석을 위하여 각 구간의 연결상태 정보, 관경, outlet 절점의 지반고, Hazen-Williams 식의 C값 등을 입력자료로 준비하였으며, 특히 C 값은 모두 130으로 가정하였다. <그림 4.3.9>는 대상지구의 양수장으로부터 설계도수량이 양수될 때의 제1,2호 용수간선에서의 각 용수로 구간별 통수량을 계산한 결과인데, 연곡양수장 제1수조에서 1.644m³/sec가 급수될 때 제1,2호 용수로 구간의 분지점에서의 용수량을 나타내고 있으며 2-7용수지선의 경우는 통수가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. <그림 4.3.10>은 제1,2호 용수간선의 분지점 수두 계산결과이다. <그림 4.3.11>은 연곡양수장 제2수조에서 1.410m³/sec가 급수될 때 제3-6용수로 구간의 통수량이며, <그림 4.3.12>는 분지점에서의 수두 계산결과이다.

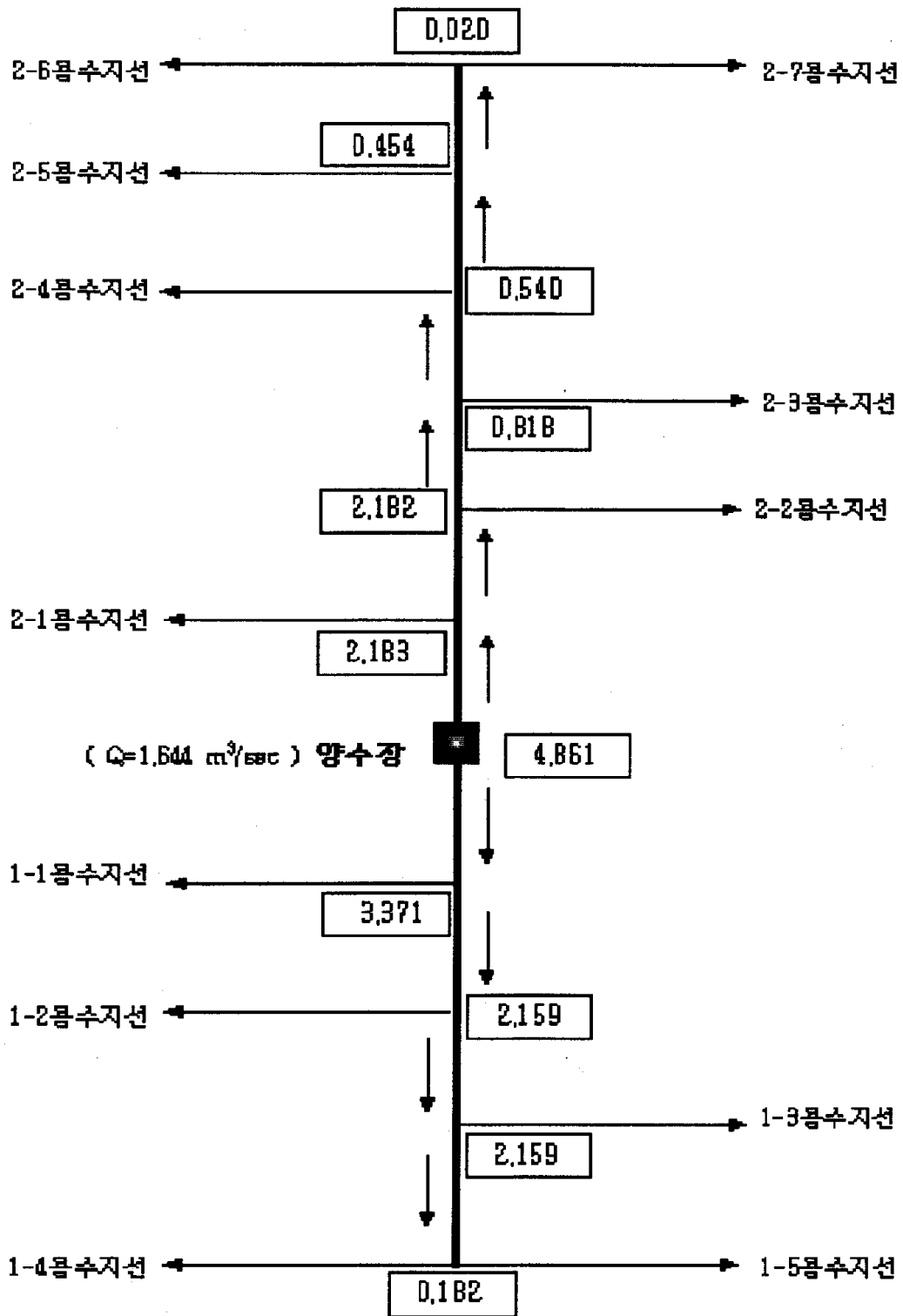
분수량의 조절은 영농계획에 따른 필요수량과 물관리 방법, 강수상태 등에 따라 수시로 변화가 이루어지는 사항이므로, 이의 조절에 따른 모형의 거동이 원활히 이루어질 수 있어야만 한다. 이를 시험하기 위하여, 일정한 필요수량을 정하고 각 구간별 필요수량을 공급받은 후에는 그 구간으로의 통수를 차단하는 것으로 가정하여 모형의 적용을 시도하였다. 이는 본 연구의 궁극적인 목표 실제 분수량 조절에의 적용이 가능한 프로그램으로 발전시키기 위한 1단계 시도라 할 수 있겠다.

제1,2호 용수간선의 경우는, 1-1용수지선의 경우가 관개면적에 비하여 많은 분수량을 가지게 되어 가장 빠른 시간내에 관개가 종료되는 구간으로 나타났다. 1-2용수지선도 같은 경우로서 두 번째로 관개가 종료되었다. <그림 4.3.13>은 이렇게 1-1용수지선과 1-2용수지선이 관개가 종료되어 분수문이 폐쇄되어진 경우의 각 구간별 분수량을 계산한 결과이다. 1-1용수지선과 1-2용수지선의 분수량이 0.000 m³/sec을 기록하고 있음을 볼 수 있으며, 그 대신에 다른 구간으로의 통수량이 조금씩 증가되었음을 알 수 있다. 이와 같은 방법으로, 다음으로 관개가 종료되는 2-1, 2-5용수지선으로의 분수문을 폐쇄한 후의 계산결과는 <그림 4.3.14>, 다시 2-2, 2-4용수지선으로의 관개가 종료되어 분수문이 폐쇄된 후의 계산결과는 <그림 4.3.15>, 2-3, 연곡배후지선이 폐쇄된 후의 계산결과는 <그림 4.3.16>과 같이 나타났다. 이러한 결과는 <그림 4.3.8>의 각 구간별 설계도수량과 많은 차이를 보였는데, 이에 대한 검토는 본 연구에서는 무시하였다.

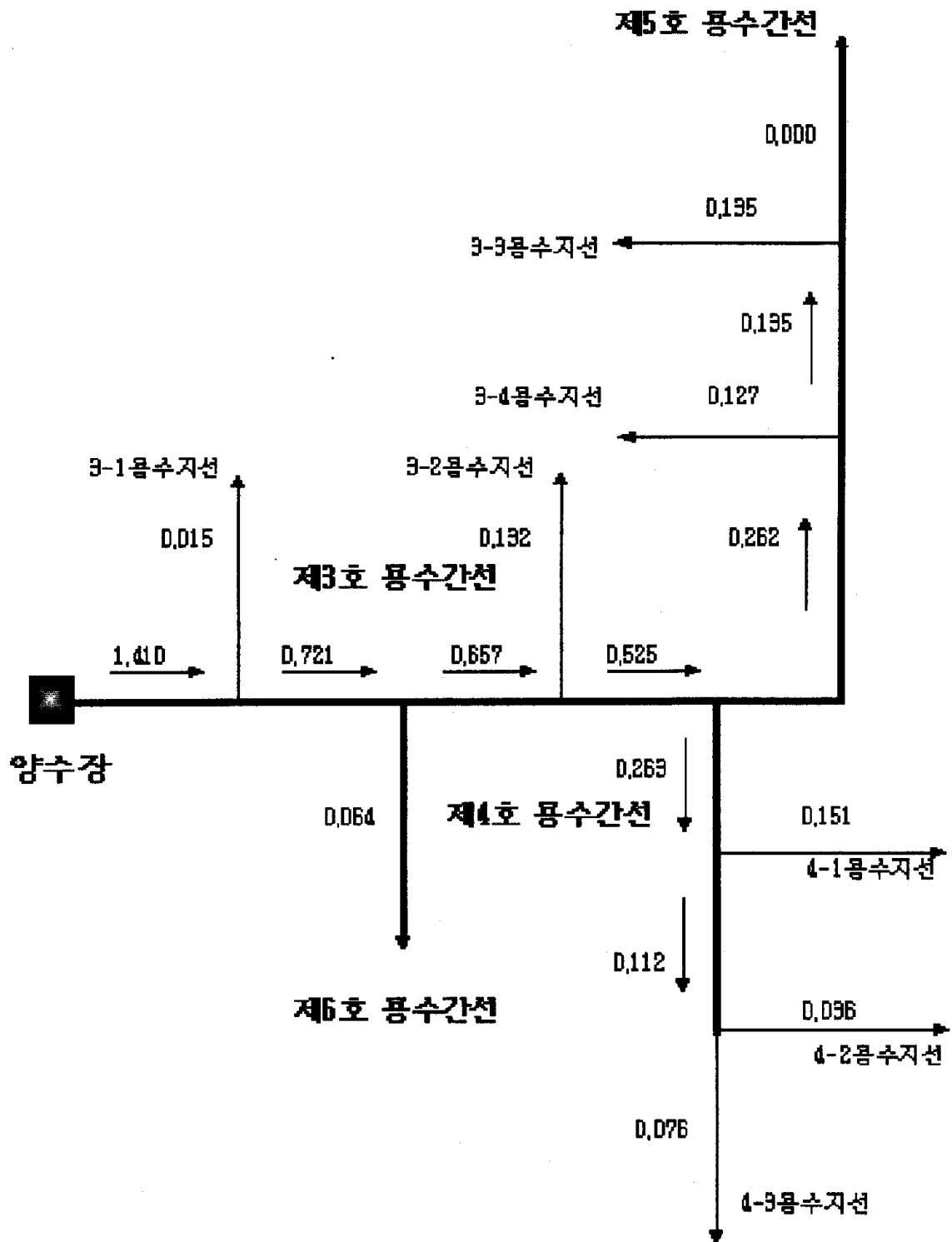
제3-6용수간선의 경우는 3-1용수지선이 처음으로 폐쇄되게 되며, 그 다음으로 3-4용수지선, 6호 용수간선, 기동배후지선, 3-3, 4-1의 순서로 폐쇄되게 된다. 이의 각각에 대한 분수량 계산 결과는 <그림 4.3.17>~<그림 4.3.19>와 같다.



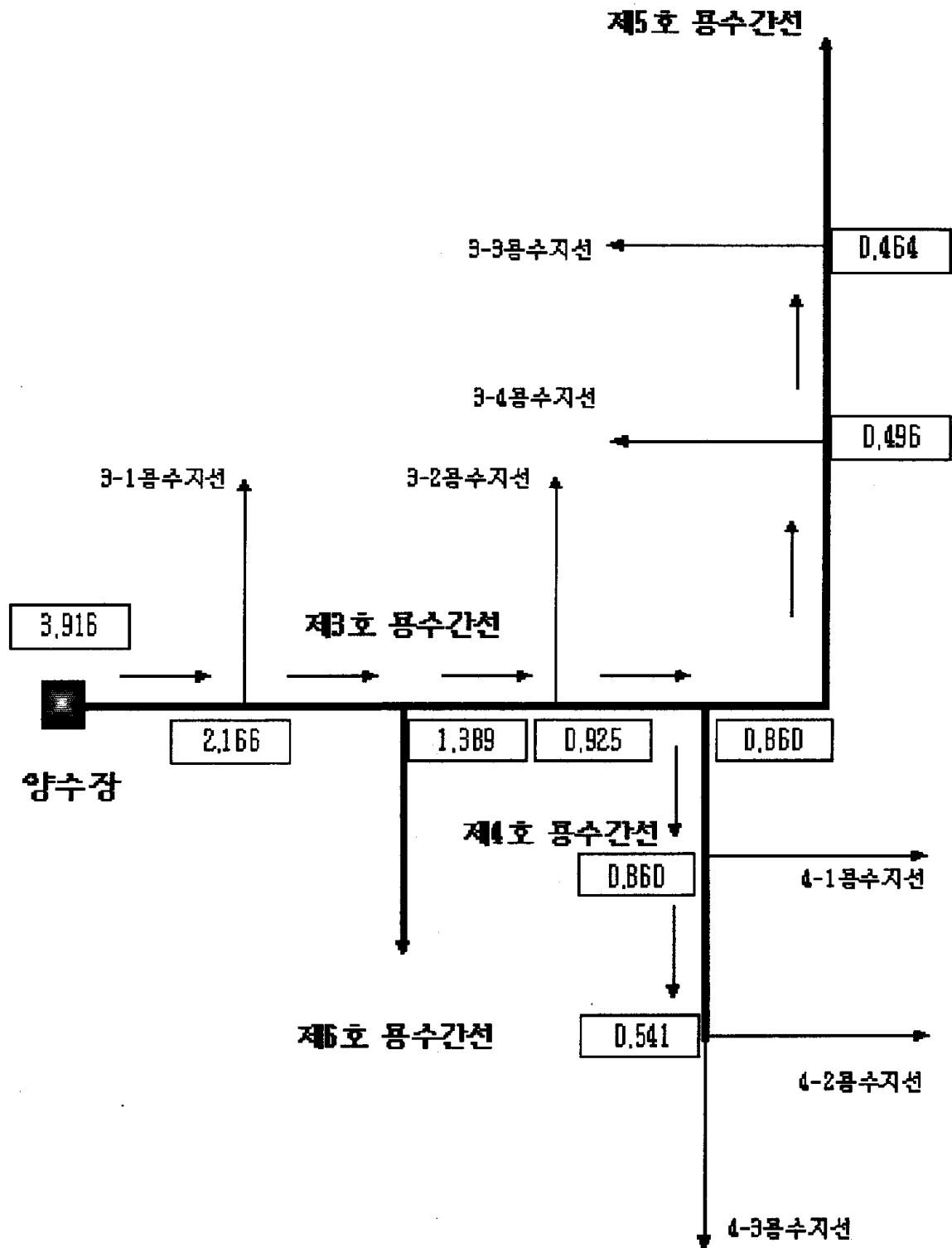
<그림 4.3.9> 제1,2호 용수간선에서의 통수량 (단위 ; m³/sec)



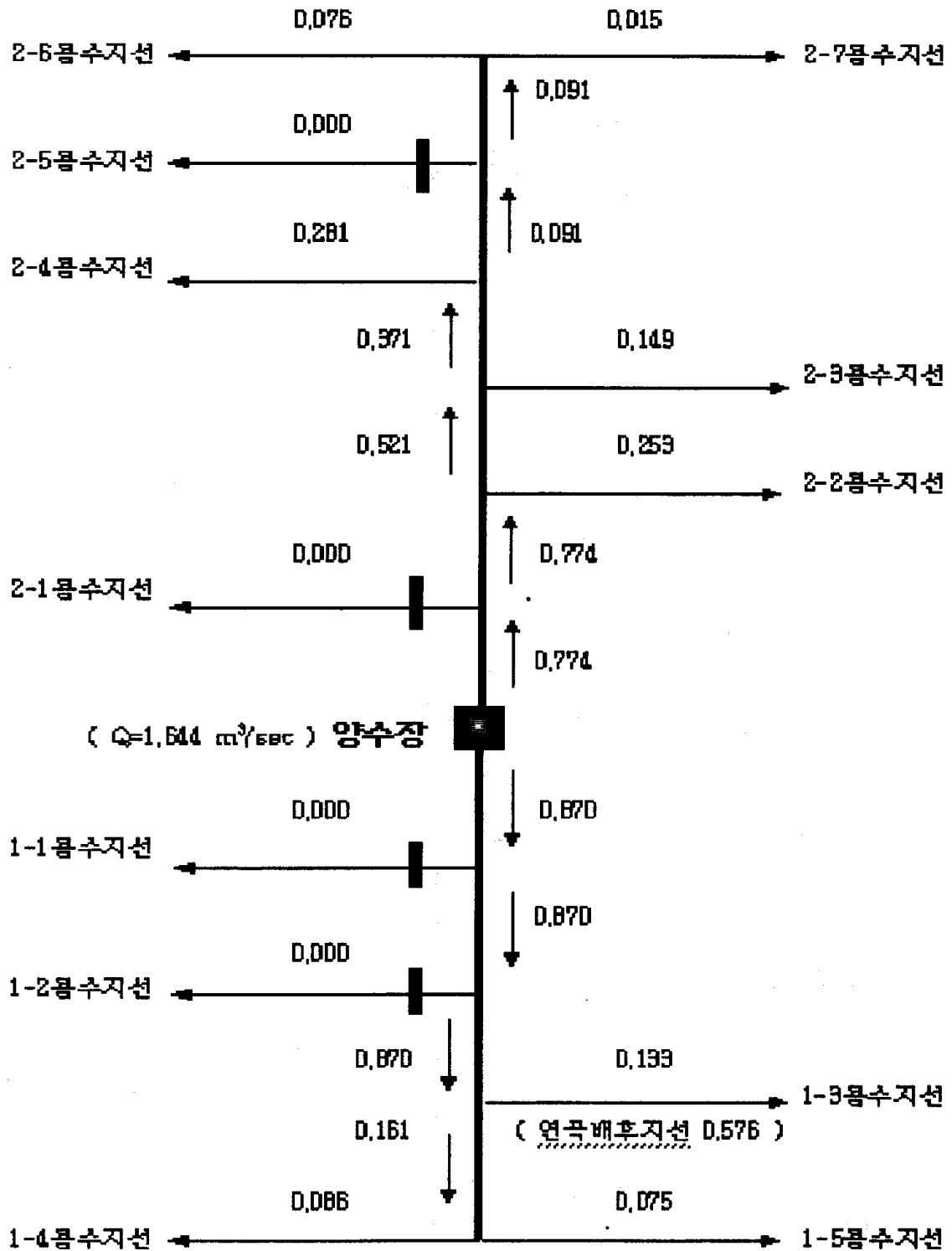
<그림 4.3.10> 제1,2호 용수간선에서의 수두 (단위 : m)



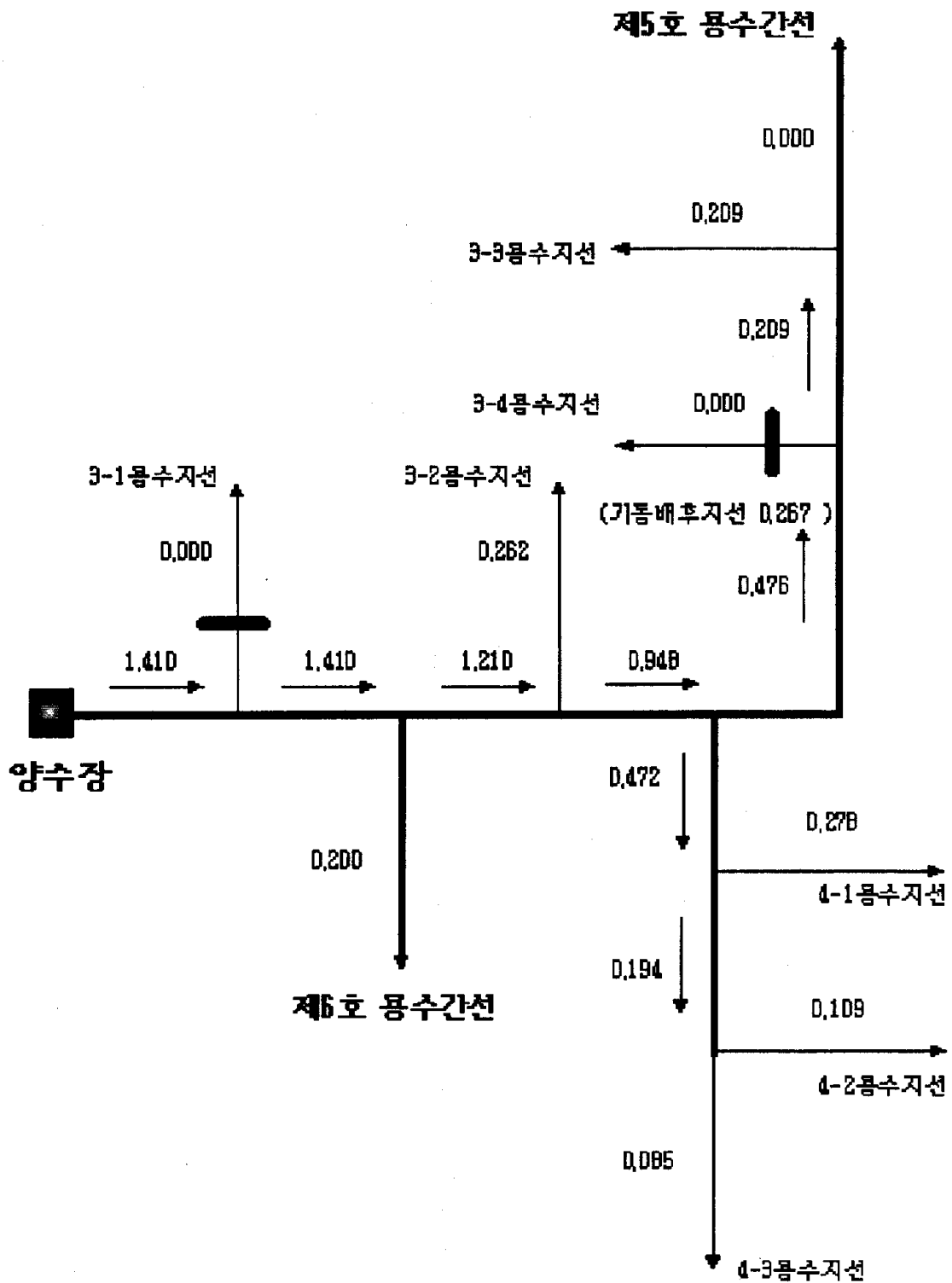
<그림 4.3.11> 제3~6호 용수간선에서의 통수량 (단위 : m³/sec)



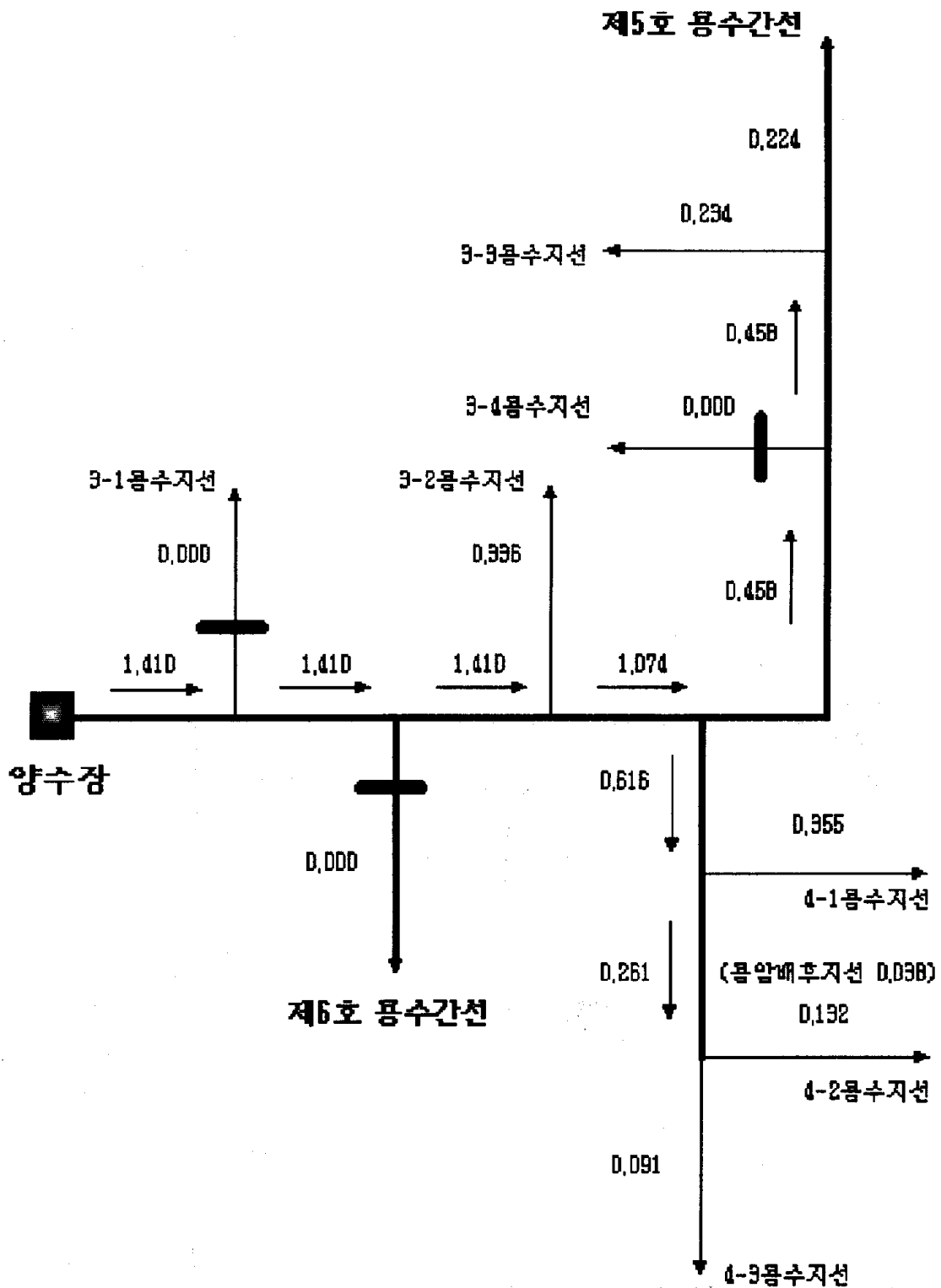
<그림 4.3.12> 제3~6호 용수간선에서의 수두 (단위 : m)



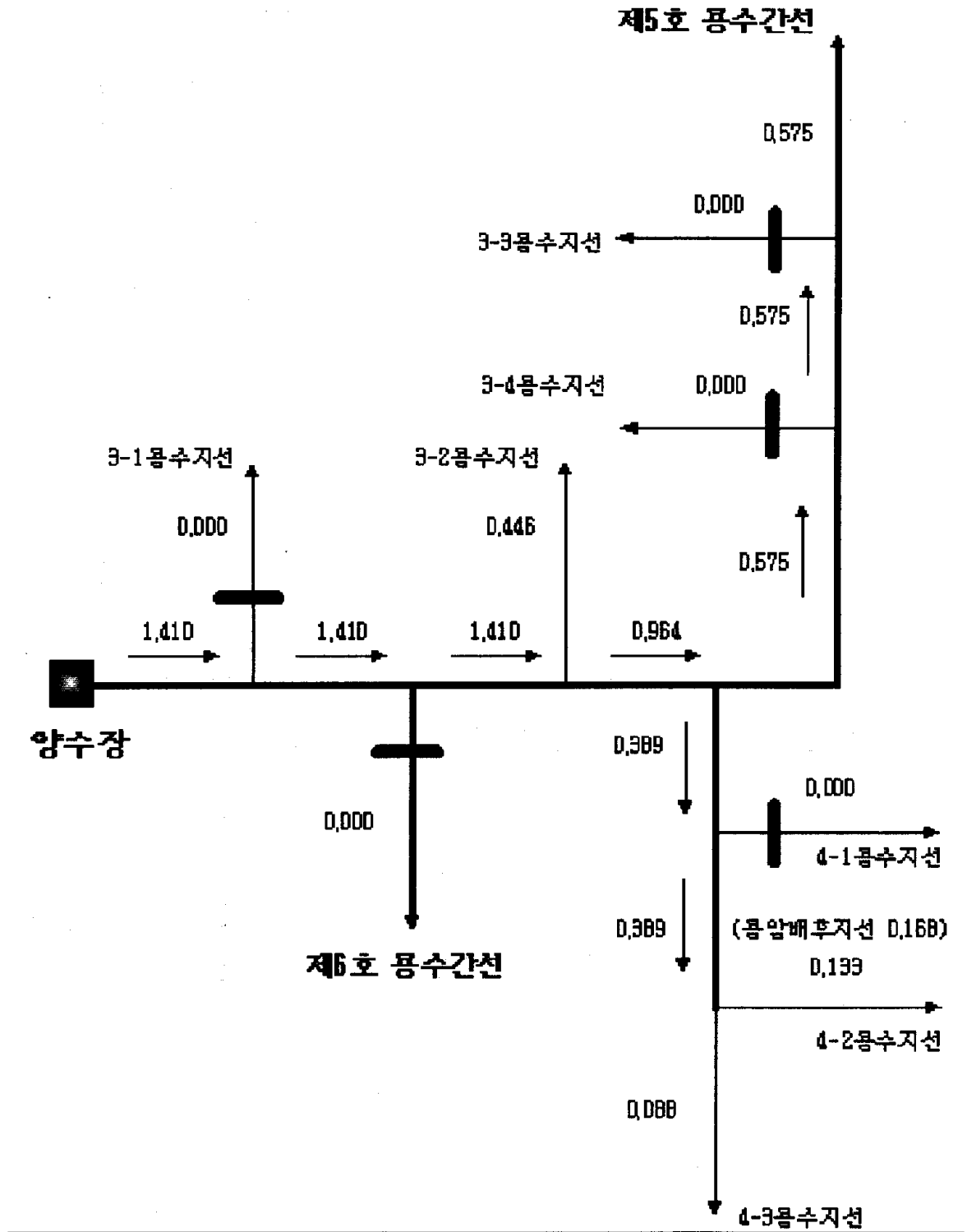
<그림 4.3.14> 제1,2호 용수간선에서의 통수량(2-1, 2-5지선 추가 폐쇄후, 단위 : m³/sec)



<그림 4.3.17> 제3~6호 용수간선에서의 통수량 (3-1, 3-4지선 폐쇄후, 단위 : m³/sec)



<그림 4.3.18> 제3~6호 용수간선에서의 통수량 (6호간선 기동배후지선 추가 폐쇄후, 단위 : m^3/sec)



<그림 4.3.19> 제3~6호 용수간선에서의 통수량(3-3, 4-1지선 추가 폐쇄후, 단위 : m³/sec)

4. 요약 및 결론

용수조직이 관수로로 구성되어지는 관개지구의 급수시 각 구간의 분수량을 계산하기 위한 분수량 계산 프로그램을 구성하여 시험적용을 실시하였다. 그 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 분수량을 계산을 위하여 관수로망 해석을 위한 기본 이론을 정리하고 관로망 요소의 매트릭스를 구성하였다.
- 관로망의 요소 매트릭스를 해석하여 각 구간의 유량 및 수두를 계산할 수 있는 프로그램을 구성하여 그 특성을 정리하였다.
- 분수량 계산 프로그램의 시험적인 적용을 위하여 해남간척지구의 제3공구 관수로 관개지구를 대상지구로 선정하여 용수로의 특성을 정리하고, 입력자료를 완성하였다.
- 실제적인 물관리를 가정하여 관개조작에 따른 관수로망에서의 분수량을 계산하였으며, 시험지구를 확정하여 현장을 통한 실제 운영자료를 입수한 후 프로그램을 보완하면 분수량 계산을 위하여 그 적용성이 클 것으로 판단되었다.

제 4 절 밸브개도에 따른 손실계수

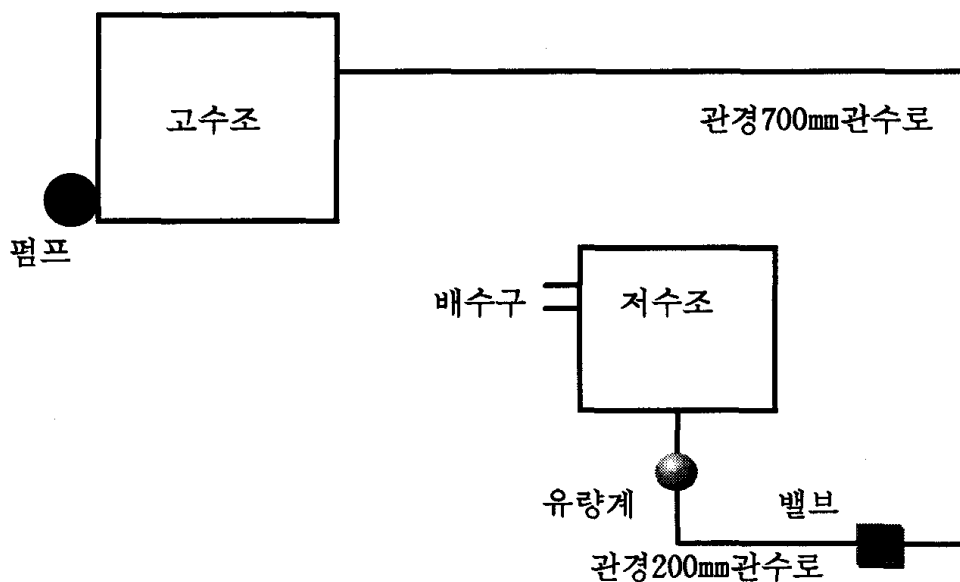
1. 서론

분수량 계산 프로그램에서는 관수로의 흐름에 따른 각 구간에서의 손실수두에 의하여 그 통수량이 정의되어 진다. 특히, 각 분수문에서의 분수량을 조절하기 위한 밸브의 조절은 그에 따른 손실수두의 변화를 가져오게 되어, 분수량이 결정되어지게 된다. 그래서, 보다 정확한 분수량을 계산하기 위해서는, 각 분수문에서의 밸브의 개도에 따라 정의되어야 하는 손실계수의 추정이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

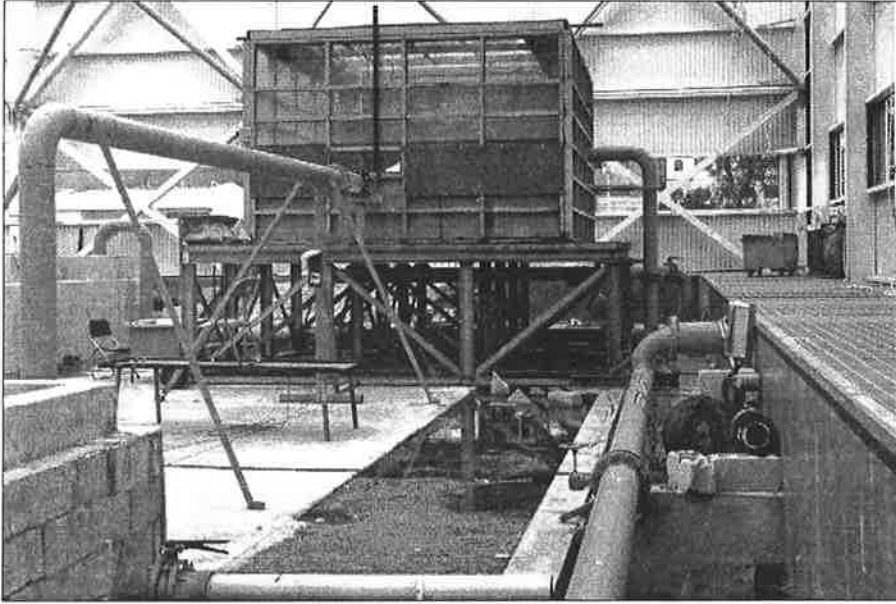
본 연구에서는 이미 정의되어 있는 기존의 밸브개도별 손실계수 추정식을 실제 수리모형실험을 통하여 검증하고, 그 결과를 분수량 계산 프로그램에서 사용하고자 하는 목적으로 추진되었다.

2. 수리모형의 구성

밸브개도에 따른 손실계수의 추정을 위하여 농업기반공사 농어촌연구원의 다른 모형실험을 위하여 제작되어진 시설을 이용하여 실험을 실시하였다. 실험을 위한 모형의 구조를 모식도로 나타내면 <그림 4.4.1>과 같으며, <그림 4.4.2>는 그 전경을 보여주고 있다.

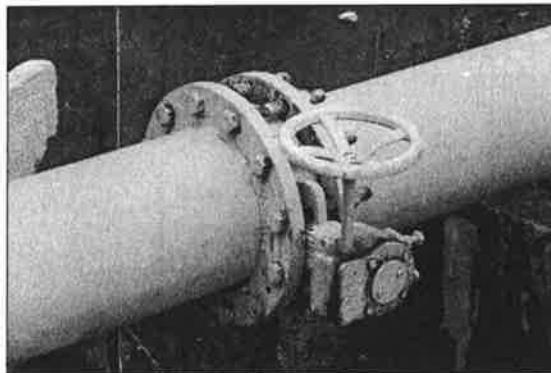


<그림 4.4.1> 밸브 손실계수 측정을 위한 수리모형시설 모식도



〈그림 4.4.2〉 밸브 손실계수 측정을 위한 수리모형시설 전경

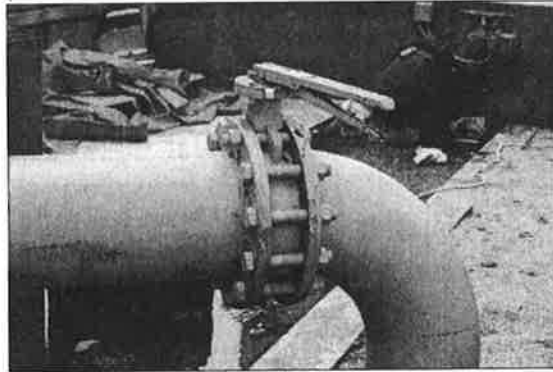
〈그림 4.4.1〉에서 보는 바와 같이, 고수조로부터 공급되어지는 유량은 긴 700mm 관경의 관수로 구간을 통과하여 관경 200mm의 관수로를 지나 〈그림 4.4.3〉과 같은 조절밸브와 〈그림 4.4.4〉의 유량계를 지나 하류부의 저수조로 들어오게 된다. 저수조에는 배수구에 〈그림 4.4.5〉와 같은 밸브를 설치하여 저수조의 수위를 일정하게 조절할 수 있도록 구성되었다. 특히, 고수조에는 500 l/sec를 양수할 수 있는 펌프가 설치되어 있어, 지하저수조에 있는 물을 양수하여 고수조에서 월류가 발생하도록 하여 항상 일정한 수위가 유지되도록 되어 있다. 또한 양수량 500 l/sec는 관수로로 공급되어지는 양의 100배 이상을 초과하므로, 관수로로의 통수량에 따른 고수조의 수위변화는 무시할 수 있을 정도로 판단되었다.



〈그림 4.4.3〉 수리모형시설의 조절밸브

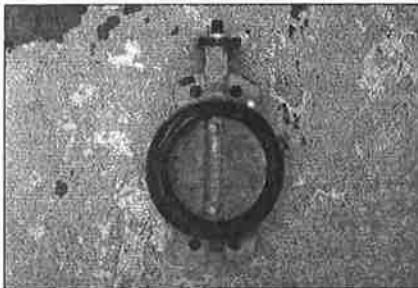


〈그림 4.4.4〉 수리모형시설의 유량계



〈그림 4.4.5〉 수리모형시설의 저수조 배수구 조절밸브

본 실험에 사용되어진 밸브는 〈그림 4.4.3〉과 같은 지름 200mm의 버터플라이밸브로서 〈그림 4.4.6〉과 같이 내부가 구성되어 있으며, 〈그림 4.4.7〉과 같이 원형 손잡이를 돌려서 개폐 정도를 조절할 수 있다. 전체 6과 1/2 회전으로 100% 개도를 만들 수 있으며, 실험은 회전수를 조절하여 개도에 따른 손실계수를 측정할 수 있도록 하였다.



〈그림 4.4.6〉 밸브의 내부 구조



〈그림 4.4.7〉 밸브개도 조절을 위한 내부 구조

3. 모형실험 결과

모형실험은 밸브의 6과 1/2회전에 의하여 100% 개도가 이루어지므로, 2, 3, 4, 5, 6과 1/2회전등으로 실험을 실시하였으며, 매 경우에 대하여 저수조 배수구의 밸브를 조절하여 저수위가 일정하게 유지될 때까지 실험을 하는 것으로 하였는데, 한 가지 경우의 실험이 완료되는데 4시간 이상이 소요되었다. <표 4.4.1>은 각 조건에 따른 실험결과를 정리한 것으로서, 매 경우에 대한 저수조의 수위와 유량을 측정하였다.

<표 4.4.1> 밸브 손실계수 측정을 위한 수리실험 결과

밸브 개도 (회전수)	밸브 개도 (%)	저 수 위 (m)	유 량 (ℓ/sec)	유 속 (m/sec)
2	30.8	0.828	9.80	0.312
3	46.2	1.263	16.65	0.530
4	61.5	0.055	30.80	0.980
5	76.9	1.462	17.00	0.541
6.5	100.0	1.100	23.05	0.734
		0.725	27.45	0.874

수리모형 실험의 조건에서 관수로내에서 발생하는 손실수두는 아래의 식(4-39)과 같이 정의할 수 있다.

$$H_1 - H_2 = \sum H_f + \sum H_k + H_v \quad (4-39)$$

여기서, H_1 = 상류측의 수두(고수조의 수위), H_2 = 하류측의 수두(저수조의 수위), $\sum H_f$ = 관수로 내에서의 마찰손실수두의 합, $\sum H_k$ = 밸브손실수두를 제외한 관수로 내의 기타손실수두의 합, H_v = 밸브손실수두 등이다.

밸브의 손실수두는 식(3-40)과 같이 계산될 수 있으며, 마찰손실수두의 합은 모형 시설이 700mm와 200mm의 두 가지 관경을 가진 관수로로 구성되어 있어 식(4-41)과 같이 정의할 수 있다. 또한, 유입손실수두, 유출손실수두, 엘보우에 의한 손실수두, 기타 다른 밸브의 손실수두 등을 합한 기타손실수두의 합은 관경이 다른 두 관수로 내에서 식(4-42)과 같이 정의할 수 있다.

$$H_v = f_v \frac{v_2^2}{2g} \quad (4-40)$$

$$\Sigma H_f = f_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{v_1^2}{2g} + f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{v_2^2}{2g} \quad (4-41)$$

$$\Sigma H_k = \Sigma f_{k1} \frac{v_1^2}{2g} + \Sigma f_{k2} \frac{v_2^2}{2g} \quad (4-42)$$

여기서, f_v = 밸브손실계수, v = 유속, g = 중력가속도, f = 두 관수로 구간에서의 마찰손실계수, L = 관수로의 연장, D = 관경, f_k = 각 관수로 구간에서의 기타손실계수 등이다.

식(4-40)~식(4-42)를 식(4-39)에 대입하여 정리하면 식(4-43)과 같은데, 여기서 식(4-44)과 같은 연속방정식을 적용하면, 식(4-45)과 같이 변형할 수 있다.

$$H_1 - H_2 = (f_v + f_2 \frac{L_2}{D_2} + \Sigma f_{k2}) \frac{v_2^2}{2g} + (f_1 \frac{L_1}{D_1} + \Sigma f_{k1}) \frac{v_1^2}{2g} \quad (4-43)$$

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (4-44)$$

$$H_1 - H_2 = [f_v + f_2 \frac{L_2}{D_2} + \Sigma f_{k2} + (f_1 \frac{L_1}{D_1} + \Sigma f_{k1}) \frac{A_2^2}{A_1^2}] \frac{v_2^2}{2g} \quad (4-45)$$

여기서, Q = 관수로 내에서의 유량, A = 관수로의 단면적 등이다.

식(4-45)의 일부분을 식(4-46)과 같이 정의하면, 식(4-47)과 같이 간단하게 표시할 수 있다.

$$\alpha = f_2 \frac{L_2}{D_2} + \Sigma f_{k2} + (f_1 \frac{L_1}{D_1} + \Sigma f_{k1}) \frac{A_2^2}{A_1^2} \quad (4-46)$$

$$H_1 - H_2 = (f_v + \alpha) \frac{v_2^2}{2g} \quad (4-47)$$

식(4-47)에서, 실험을 통하여 H_2 인 저수조의 수위와 유속인 v_2 가 측정이 되므로, 각 경우의 실험결과를 연립방정식을 구성하여 해석하면 밸브의 손실계수를 계산할 수 있다.

<표 4.4.2>는 농업기반공사의 김영화 박사에 의해서 연구된 슬루스밸브, 버터플라이밸브, 기타 밸브에 대한 손실계수 값을 보여주고 있다. 본 실험은 버터플라이밸브에 대하여 실시되었으므로, 그 결과를 <표 4.4.2>의 버터플라이밸브에 대한 손실계수 값과 비교하여 분수량 계산 프로그램에 적용할 수 있을 것이다.

<표 4.4.2> 기존의 밸브 손실계수

밸브개도(%)	슬루스밸브	버터플라이밸브	기타 밸브	비 고
10.0	100.00	10000.00	550.00	
20.0	21.87	1100.00	140.00	
30.0	8.51	200.00	55.00	
40.0	3.90	52.00	25.00	
50.0	1.82	19.00	11.00	
60.0	1.00	8.50	4.60	
70.0	0.55	3.60	1.80	
80.0	0.32	1.70	0.67	
90.0	0.21	0.89	0.28	
100.0	0.18	0.60	0.17	

<표 4.4.1>의 실험결과에서 밸브가 6과 1/2회전이 열린 100% 개도 상태에서 이루어진 2가지 결과로부터 <식 3-9>을 이용하여 H_1 과 $(f_v + \alpha)$ 를 계산하였다. 그 결과, 고수조의 수위인 $H_1 = 2.00\text{m}$, $(f_v + \alpha) = 32.749$ 을 얻을 수 있었다. 여기서, 버터플라이밸브가 100% 개도되었을 때의 기존 제시된 손실계수는 0.60인데, 이 값은 다른 밸브개도에 의한 손실계수에 비하여 극소한 값이므로 이를 실험결과에서 채용하여 밸브개도 100%에서의 손실계수를 $f_v = 0.60$ 으로 정의하고, $\alpha = 32.149$ 로 결정할 수 있었다. 이로부터 <식 4-47>를 이용하여 계산되어진 밸브개도에 따른 손실계수를 정리하면 <표 4.4.3>과 같다.

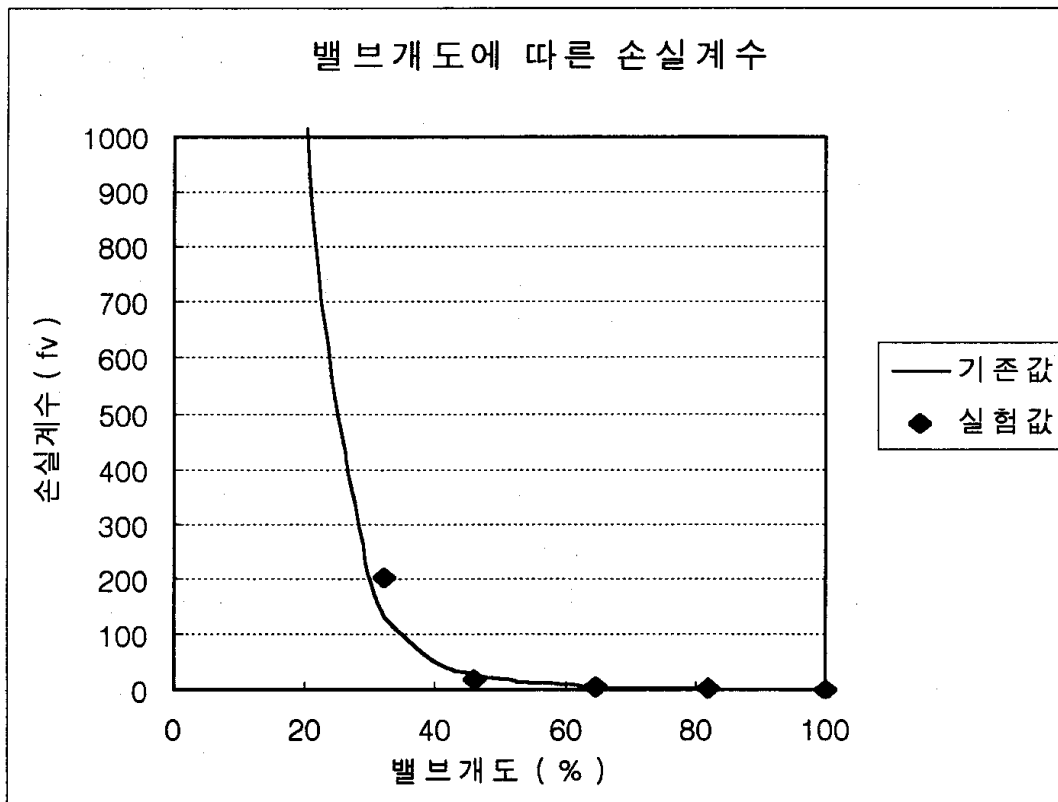
<그림 4.4.8>은 실험에 의해서 얻어진 밸브개도에 따른 손실계수의 값과 기존의 손실계수값을 비교한 것이다. 그림에서 실험치가 기존의 값에 잘 일치하는 것으로 판단되어, 본 연구에서의 분수량 계산을 위하여 <표 4.4.2.>의 손실계수값을 사용하여도 될 것으로 판단되었다.

<그림 4.4.9>는 <표 4.4.2>의 손실계수를 이용하여, 관수로의 상류경계조건 수위와 하류경계조건 수위와의 차이에 따라 발생하는 유량의 변화와 밸브의 개도에 따라 변화되는 유량의 변화를 비교하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 밸브의 개도가 클수록 수위차에 따른 유량의 변화가 크게 나타났으며, 수위차가 클수록 밸브개도에 따른 유량의 변화가 크게 나타나는 것을 잘 알 수 있다. 또한, 낮은 수위차에서의 많은 밸브개도보다 높은 수위차에서의 낮은 밸브개도로 그 만큼의 유량을 통수할 수 있음을 알

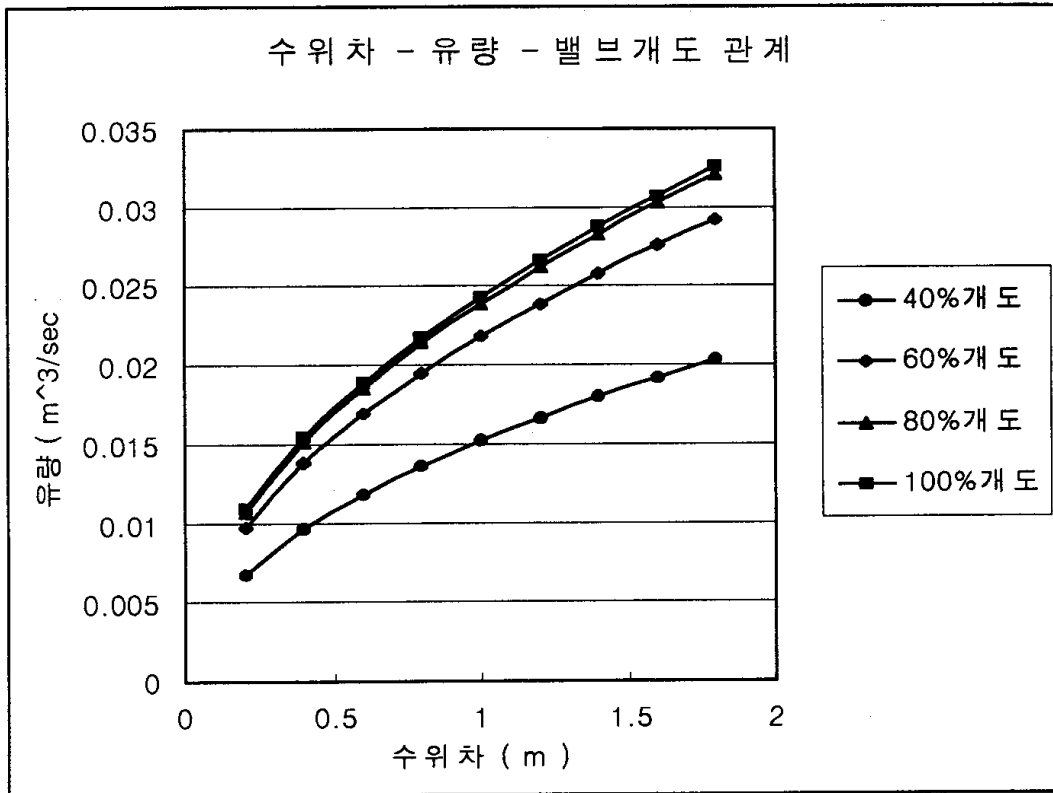
수 있다. 즉, 그림에서 수위차 0.4m에 100% 밸브개도시의 유량은 수위차 1.0m의 40% 밸브개도시 유량과 거의 비슷한 값을 보이는 것이다.

<표4.4.3> 수리모형 실험에 의한 밸브개도에 따른 손실계수

밸브 회전수	6.5		5	4	3	2
H1 (m)	1.100	0.725	1.462	0.055	1.263	0.828
Q (ℓ / sec)	23.05	27.45	17.00	30.80	16.65	9.80
$f_v + \alpha$	32.75		36.07	39.73	51.48	236.22
밸브개도(%)	100		82	64	46	32
f_v	0.60		3.92	7.58	19.33	204.07
비 고	H1 = 2.00m , $\alpha = 32.15$, A = 0.0314m ²					



<그림 4.4.8> 밸브개도에 따른 손실계수의 비교



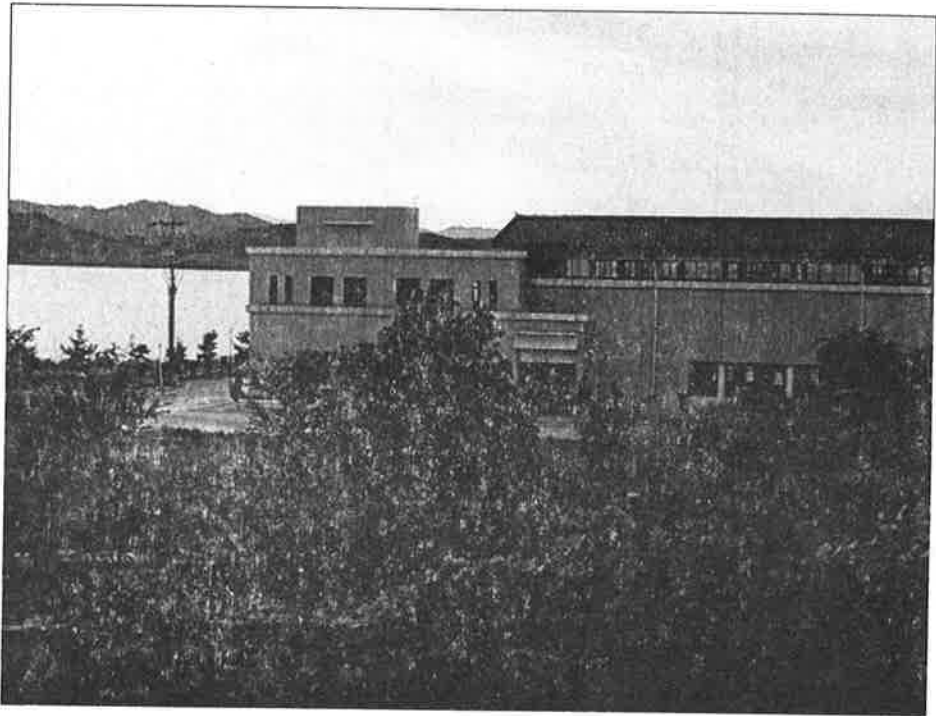
<그림 4.4.9> 수위차와 밸브개도에 따른 유량의 비교

4. 요약 및 결론

분수량 계산 프로그램에 적용할 밸브개도에 따른 손실계수를 정의하기 위하여 수리모형 실험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 농어촌 연구원 수리실험장에 설치된 다른 용도의 수리모형을 이용하여 밸브의 개도에 따른 손실계수를 추정할 수 있는 수리모형 실험을 계획하였다.
- 버터플라이밸브에 대하여 실험을 실시하였는데, 밸브의 회전수를 달리하여 5 가지 경우에 대한 실험이 이루어졌다.
- 실험에서 얻어진 수위차와 유량으로부터 손실수두를 계산한 결과, 기존의 손실계수 값과 비슷한 값을 보여, 앞으로의 분수량 계산을 위하여 기존의 손실계수 추정식을 사용하기로 하였다.
- 밸브개도에 따른 유량변화의 특성을 파악하기 위하여 수위차와 함께 관계를 분석한 결과, 수위차가 클수록 밸브개도에 따른 유량의 변화가 커지는 것을 그래프로부터 잘 발견할 수 있었다.

제 5 절 시범지구 현장조사



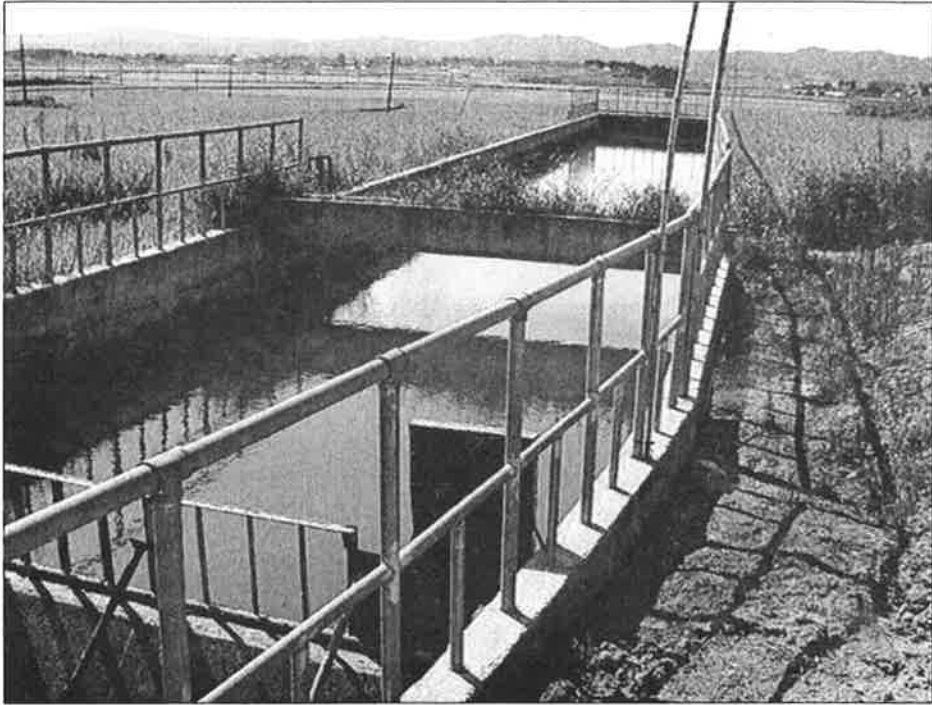
<그림 4.5.1> 금강으로부터 관개용수를 양수하는 나포양수장

1. 서론

개발예정인 분수량 계산 프로그램의 검정과 적용성 평가를 위해서는 실제 관수로로 운영되어지고 있는 현장의 자료가 필요하다. 이를 위하여 시범지구를 선정하고, 해당 지구의 영농자료와 관개조직의 제원, 밸브개도자료 및 분수량자료 등이 수집되어 활용되어질 것이다.

2. 시범지구의 현황

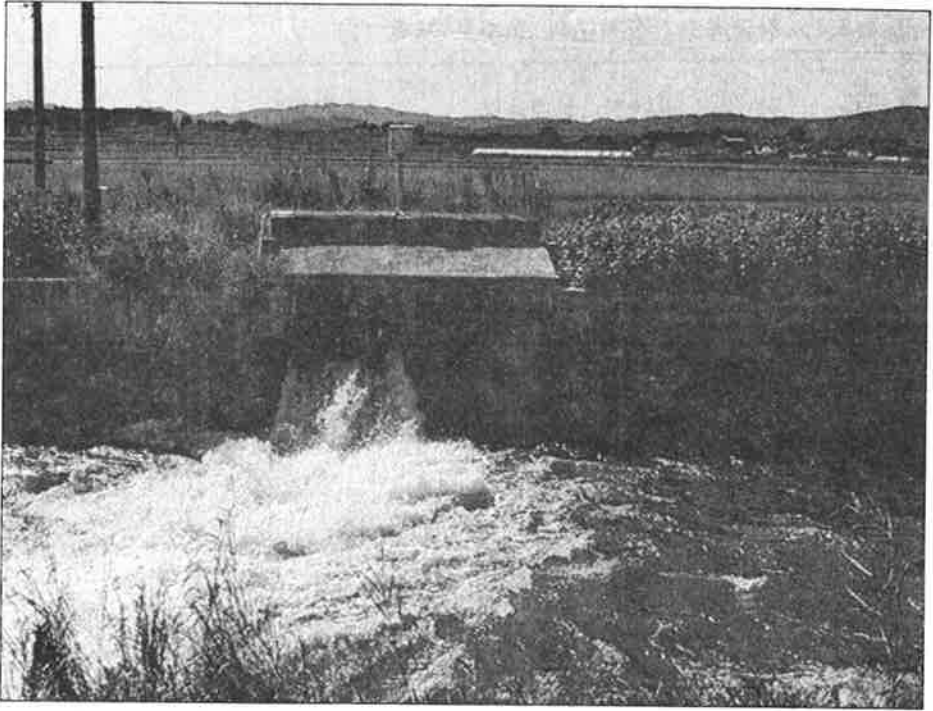
본 연구의 시범지구는 농업기반공사 전북지부에서 관리하고 있는 황금용수간선지구로 선정하였다. 황금용수간선지구는 금강으로부터 <그림 4.5.1>과 같은 나포양수장에서 관개용수를 양수하여 익산도수로를 지나 관수로에 의하여 관개가 이루어지는 지구이다.



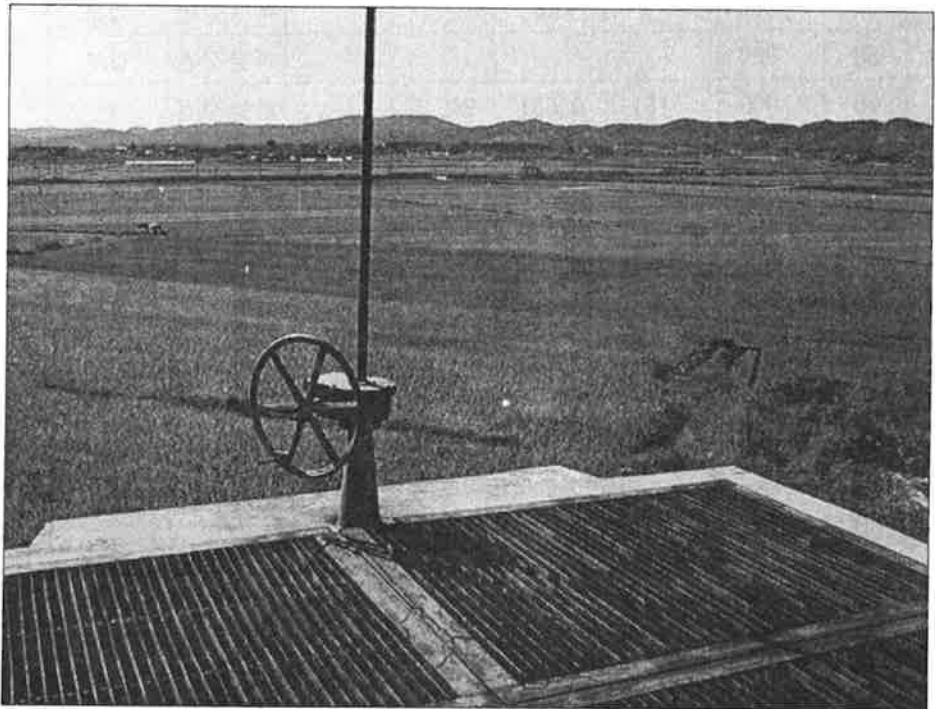
〈그림 4.5.2〉 황금용수간선 시점의 계획수위 조절을 위한 조절수조

황금용수간선의 시점에는 〈그림 4.5.2〉와 같은 조절수조가 있어 항상 일정한 계획 수위를 유지하도록 하고 있으며, 잉여수는 조절탱크의 직전에 위치한 〈그림 4.5.3〉과 같은 배수문을 통하여 삼지천으로 방류하도록 계획되어 있다. 〈그림 4.5.2〉의 전방에 위치한 수조는 황금용수간선으로의 상류경계조건 수위를 만들고 있으며, 후방의 수조는 현재 공사중인 타 용수간선의 상류경계조건이 될 예정이다. 조절수조의 옆에는 관리사무소가 위치하여 이 수조의 수위에 따라 〈그림 4.5.3〉의 배수문을 조절하여 삼지천으로의 방류량을 조절하게 된다.

〈그림 4.5.2〉의 조절수조 하류측에는 일정한 계획수위를 유지하고 있는 황금용수간선의 시점인 〈그림 4.5.4〉와 같은 고수조가 위치하고 있으며, 이로부터 이어지는 황금용수간선의 제원은 〈표 4.5.1〉과 같다. 황금용수간선에 분지되는 황등용수간선을 제외하면, 총연장 7,843m의 관수로로 837.2ha의 면적에 관개를 실시하고 있다. 〈표 4.5.1〉에 정의되어진 절점은 〈그림 4.5.5〉의 관망도에 표시되어 있는데, 전체 75개 절점으로 구성되어 있으며, 각 관로의 일정 지점에는 제수밸브와 분수밸브들이 설치되어 그 통수량과 분수량을 조절할 수 있도록 구성되어 있다.



<그림 4.5.3> 황금용수간선 시점의 계획수위 조절을 위한 배수문



<그림4.5.4> 황금용수간선 시점인 고수조

〈표 4.5.1〉 황금용수간선지구의 용수로 제원 (1)

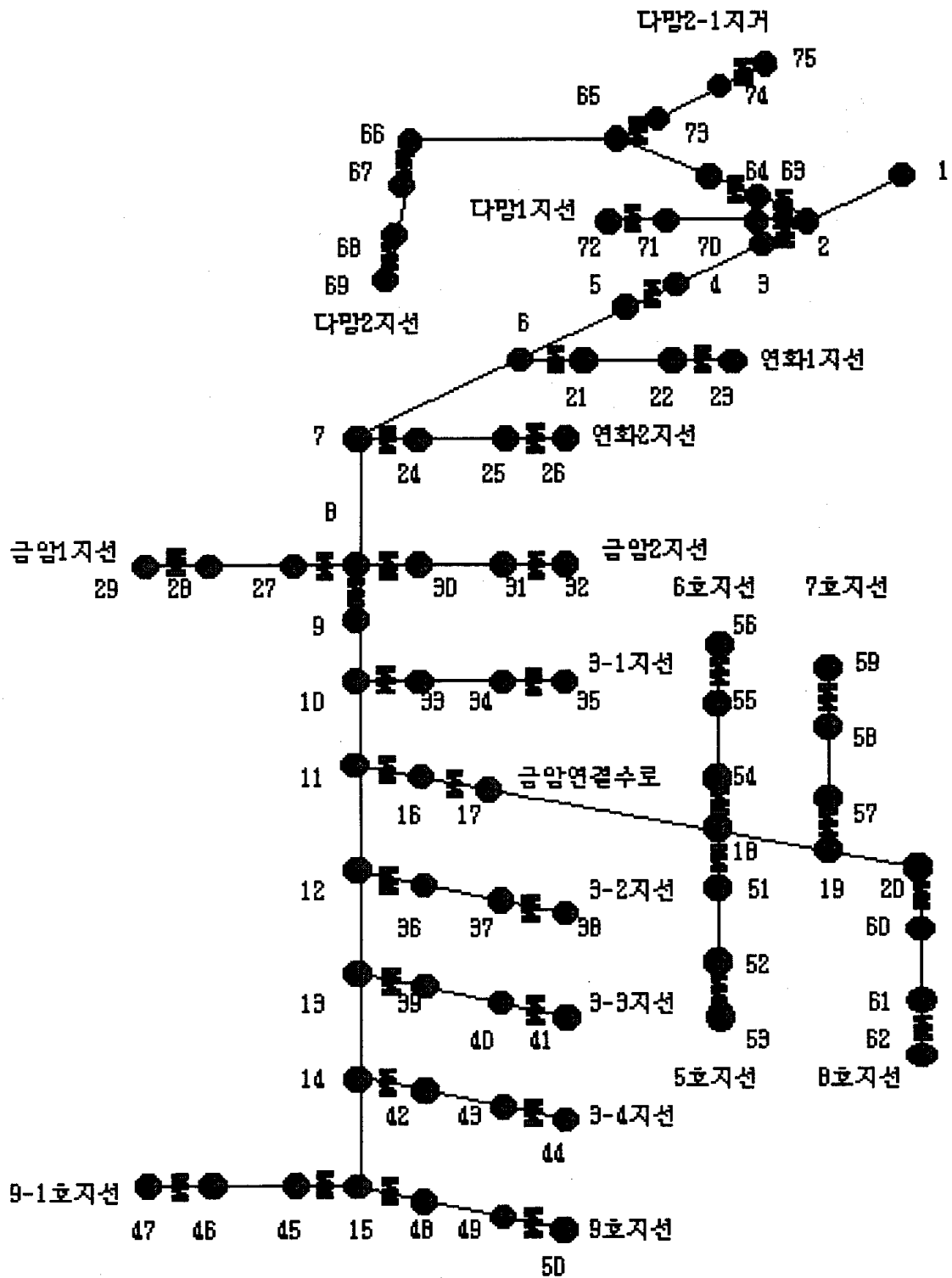
구분	절점		관경 (mm)	관연장 (m)	설계유량 (m ³ /sec)	지배 면적 (ha)	수위(m)	관종류	비고
	From	To					From		
황금 지선	1	2	1,500	192	2.694	866.8	15.36	도복장관	관
	2	3	1,500	-				도복장관	제수밸브
	2	63	500	-				도복장관	엘보
	2	70	500	-				도복장관	엘보
	3	4	1,500	418	2.460	791.4		도복장관	관
	4	5	1,200	-				도복장관	제수밸브
	5	6	1,200	763	1.100	353.6		도복장관	관
	6	7	1,200	527	1.015	326.4		도복장관	관
	6	21	300	-				도복장관	엘보
	7	8	1,200	1,399	0.925	297.6		도복장관	관
금암 지선	7	24	300	-				도복장관	엘보
	8	9	1,000	-				파형강관	제수밸브
	8	27	300	-				파형강관	엘보
	8	30	300	-				파형강관	엘보
	9	10	1,000	151	0.651	209.5		파형강관	관
	10	11	1,000	298				파형강관	관
	10	33	300	-				파형강관	엘보
	11	12	900	2				파형강관	관
	11	16	900	-				파형강관	엘보
	12	13	900	350				파형강관	관
	12	36	300	-				파형강관	엘보
	13	14	900	300	0.194	56.3		파형강관	관
	13	39	300	-				파형강관	엘보
	14	15	900	624				파형강관	관
14	42	200	-				형강관	엘보	
15	45	200	-				파형강관	엘보	
15	48	300	-				파형강관	엘보	


<표 4.5.1(계속)> 황금용수간선지구의 용수로 제원 (2)

구 분	절 점		관 경 (mm)	관연장 (m)	설계유량 (m ³ /sec)	지배 면적 (ha)	수위(m)	관 종류	비 고
	From	To					To		
금암 연결 수로	16	17	900	-				파형강관	제수밸브
	17	18	900	1,123	0.476	153.2		파형강관	관
	18	19	900	226				파형강관	관
	18	51	300	-				파형강관	엘보
	18	54	300	-				파형강관	엘보
	19	20	900	160				파형강관	관
	19	57	400	-				파형강관	엘보
	20	60	400	-				파형강관	엘보
연화 1	21	22	300	10	0.219			파형강관	관
	22	23	300	-			5.700	파형강관	분수밸브
연화 2	24	25	300	10	0.144			파형강관	관
	25	26	300	-			5.900	파형강관	분수밸브
금암 1	27	28	300	10	0.098			파형강관	관
	28	29	300	-			5.941	파형강관	분수밸브
금암 2	30	31	300	10	0.337			파형강관	관
	31	32	300	-			5.920	파형강관	분수밸브
3-1 호	33	34	300	10				파형강관	관
	34	35	300	-				파형강관	분수밸브
3-2 호	36	37	300	10				파형강관	관
	37	38	300	-				파형강관	분수밸브
3-3 호	39	40	300	10				파형강관	관
	40	41	300	-				파형강관	분수밸브
3-4 호	42	43	200	10				파형강관	관
	43	44	200	-				파형강관	분수밸브

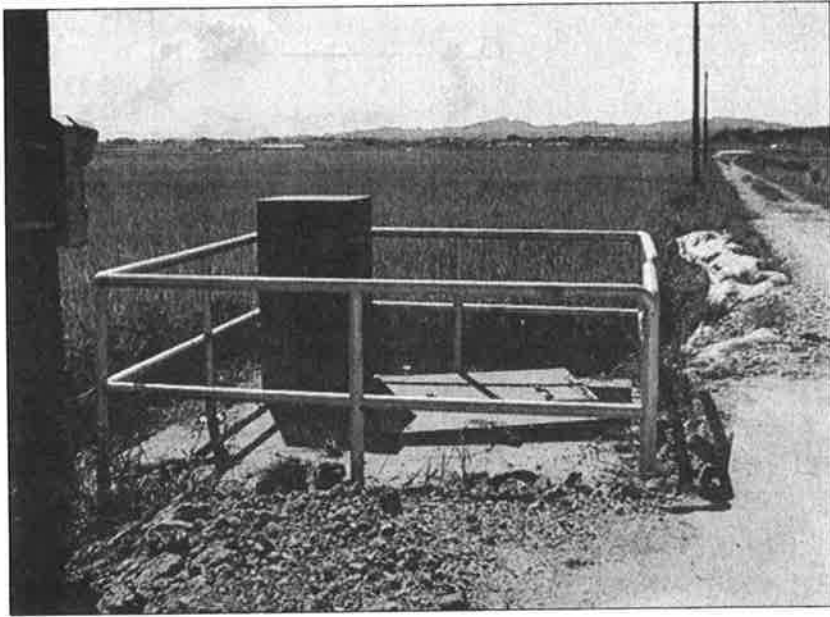
<표 4.5.1(계속)> 황금용수간선지구의 용수로 제원 (3)

구분	절점		관경 (mm)	관연장 (m)	설계유량 (m ³ /sec)	지배 면적 (ha)	수위(m)	관종류	비고
	From	To					To		
9-1 호	45	46	200	30				파형강관	관
	46	47	200	-				파형강관	분수밸브
9호	48	49	300	30	0.194			파형강관	관
	49	50	300	-			6.650	파형강관	분수밸브
5호	51	52	300	10	0.172			파형강관	관
	52	53	300	-			5.710	파형강관	분수밸브
6호	54	55	300	10	0.140			파형강관	관
	55	56	300	-			5.660	파형강관	분수밸브
7호	57	58	400	10	0.129			파형강관	관
	58	59	400	-			5.542	파형강관	분수밸브
8호	60	61	400	10	0.222			파형강관	관
	61	62	400	-			5.383	파형강관	분수밸브
다망 연결 수로	63	64	500	-				파형강관	제수밸브
	64	65	500	356	0.142	45.8		파형강관	관
	65	66	500	744	0.117	37.6		파형강관	관
	65	73	300	-				파형강관	엘보
	66	67	500	-				파형강관	엘보
다망 2	67	68	500	10	0.223			파형강관	관
	68	69	500	-			6.000	파형강관	분수밸브
다망 1	70	71	500	10	0.223			파형강관	관
	71	72	500	-			6.400	파형강관	분수밸브
다망 2-1	73	74	300	10	2.694			파형강관	관
	74	75	300	-			5.900	파형강관	분수밸브



〈그림 4.5.5〉 황금용수간선지구 관망도 ( ; 밸브)

시험지구인 황금용수간선에는 24개소의 제수밸브와 17개소의 분수밸브가 설치되어 있다. 밸브가 설치되어 있는 분수문은 대규모의 경우는 <그림 4.5.6>과 같이, 소규모의 밸브인 경우는 <그림 4.5.7>과 같이 설치되어 있었다.



<그림 4.5.6> 황금용수간선의 금암분수문



<그림 4.5.7> 황금용수간선의 금암1분수문

분수문에 설치되어 있는 밸브는 <그림 4.5.8>와 같이 간편하게 조절될 수 있는 경우도 있었으나, <그림 4.5.9>와 같이 물에 잠겨 있어 조절이 불편한 경우도 있었다. 물론, 일부의 밸브는 지하에 매설되어 있어 평상시에는 조절이 불가능하게 되어 있는 밸브도 존재하였다.



<그림 4.5.8> 조절이 편리한 금암1분수문의 밸브



<그림 4.5.9> 조절이 불편한 금암5분수문의 밸브

황금용수간선의 관수로로부터 분수되어 지는 분수량의 관찰은 각 분수밸브의 말단에 연결되어 있는 개수로로부터 유량을 관찰함으로써 가능하다. 분수량 계산의 하류 측 경계조건이기도 한 각 개수로의 단면은 <그림 4.5.10>, <그림 4.5.11>과 같은 구형수로로서 구성되어 있으며, 각 지점의 제원은 <표 4.5.2>와 같다.



<그림 4.5.10> 3-4지선 시점 개수로 (폭 0.5m)



<그림 4.5.11> 금암2지선 시점 개수로 (폭 0.8m)

<표 4.5.2> 관수로 말단 개수로 구간의 단면 제원

수로구간명	관수로 관경 (mm)	개수로 저폭 (m)	개수로 깊이 (m)	비고
다망1-1	500	0.5	0.45	
다망1-2	500	0.5	0.45	
다망2	500	0.9	0.60	
다망2-1	500	0.5	0.45	
연화1	300	0.8	0.55	
연화2	300	0.8	0.60	
금암1	300	0.7	0.60	
금암2	300	0.8	0.65	
금암3-1	300	0.6	0.50	
금암3-2	300	0.6	0.50	
금암3-3	300	0.6	0.50	
금암3-4	200	0.5	0.45	
금암5	300	0.8	0.70	
금암6	300	0.8	0.70	
금암6-1	300	0.6	0.50	
금암7-1	400	0.6	0.50	
금암7-2	400	0.8	0.70	
금암7-3	400	0.6	0.50	
금암8	400	1.0	0.80	
금암9	300	1.0	0.75	
금암9-1	200	0.6	0.75	

3. 현장조사 결과

현장조사는 3차례에 걸쳐 <그림 4.5.12>와 같이 4회 이루어졌으며, 그 결과를 요약하면 <표 4.5.3>~<표 4.5.6>과 같다. 2000년 12월에 이루어진 1,2차 조사에서는 시험적으로 수심 및 유속, 압력이 측정되었으며, 2001년 8월의 3차 조사에서는 다망지선과 연화지선까지 범위를 확대하였고, 2001년 9월의 4차 조사에서는 황금용수간선 전 구간에 대한 일제조사가 이루어졌다.

<표 4.5.3>~<표 4.5.6>에서 각 관수로 구간 말단부의 유량을 비교하여 보면, 일부 구간은 밸브를 100% 개방하여도 필요한 계획용수량을 공급받지 못하는 경우도 있으며, 또 다른 일부 구간에서는 연결되는 개수로의 통수량이 계획용수량보다 적어 밸브를 100% 개방할 수 없는 경우도 있음을 알 수 있다.

이들 조사결과는 분수량 계산 프로그램의 검정을 위하여 사용될 수 있을 것이며, 사용자 편의시스템을 구성하는데 중요한 역할을 담당하게 될 것이다.



<그림 4.5.12> 시범지구 금암1지선에서의 현장조사

<표 4.5.3> 1차 현장조사 결과 (2000년 12월)

수로구간명	계획용수량 (m ³ /sec)	유 속 (m/sec)	수 심 (m)	유 량 (m ³ /sec)	압 력 (kg/cm ²)
다망1-1	0.223				
다망1-2	0.223				
다망2	0.223				
다망2-1	2.694				
연화1	0.219				
연화2	0.144				
금암1	0.098				
금암2	0.166	0.62	0.40	0.198	0.65
금암3-1	0.108	0.51	0.30	0.092	0.60
금암3-2	0.104	0.24	0.40	0.057	0.40
금암3-3	0.094	0.25	0.48	0.072	
금암3-4	0.098	0.23	0.30	0.034	
금암5	0.172	0.45	0.35	0.126	0.22
금암6	0.129	0.53	0.38	0.161	
금암6-1	0.103				
금암7-1	0.059	0.30	0.29	0.052	
금암7-2	0.129				
금암7-3	0.098	0.30	0.34	0.061	
금암8	0.222	0.39	0.37	0.144	0.22
금암9	0.194	0.45	0.45	0.202	0.30
금암9-1	0.105	0.23	0.40	0.055	

〈표 4.5.4〉 2차 현장조사 결과 (2000년 12월)

수로구간명	계획용수량 (m ³ /sec)	유 속 (m/sec)	수 심 (m)	유 량 (m ³ /sec)	압 력 (kg/cm ²)
다망1-1	0.223				
다망1-2	0.223				
다망2	0.223				
다망2-1	2.694				
연화1	0.219				
연화2	0.144				
금암1	0.098	0.16	0.30	0.033	
금암2	0.166	0.52	0.40	0.166	0.62
금암3-1	0.108	0.52	0.30	0.093	
금암3-2	0.104	0.24	0.34	0.048	0.54
금암3-3	0.094	0.25	0.31	0.046	0.31
금암3-4	0.098	0.23	0.30	0.034	0.35
금암5	0.172	0.48	0.35	0.134	0.22
금암6	0.129	0.54	0.33	0.142	
금암6-1	0.103	0.22	0.31	0.041	
금암7-1	0.059	0.22	0.22	0.029	
금암7-2	0.129	0.20	0.19	0.030	0.25
금암7-3	0.098	0.20	0.27	0.032	
금암8	0.222	0.42	0.37	0.155	0.22
금암9	0.194	0.42	0.45	0.189	0.28
금암9-1	0.105	0.13	0.30	0.023	

<표 4.5.5> 3차 현장조사 결과 (2001년 8월)

수로구간명	계획용수량 (m ³ /sec)	유 속 (m/sec)	수 심 (m)	유 량 (m ³ /sec)	압 력 (kg/cm ²)
다망1-1	0.223	0.25	0.30	0.038	
다망1-2	0.223	0.42	0.24	0.050	
다망2	0.223	0.36	0.23	0.075	
다망2-1	2.694	0.20	0.30	0.030	
연화1	0.219	0.28	0.39	0.087	
연화2	0.144	0.50	0.32	0.128	
금암1	0.098				
금암2	0.166				
금암3-1	0.108				
금암3-2	0.104				
금암3-3	0.094				
금암3-4	0.098				
금암5	0.172				
금암6	0.129	0.39	0.26	0.081	
금암6-1	0.103				
금암7-1	0.059	0.41	0.23	0.057	
금암7-2	0.129	0.19	0.24	0.036	
금암7-3	0.098	0.28	0.20	0.034	
금암8	0.222	0.42	0.40	0.168	
금암9	0.194				
금암9-1	0.105				

<표 4.5.6> 4차 현장조사 결과 (2001년 9월)

수로구간명	계획용수량 (m ³ /sec)	유 속 (m/sec)	수 심 (m)	유 량 (m ³ /sec)	압 력 (kg/cm ²)
다망1-1	0.223	0.32	0.31	0.050	
다망1-2	0.223	0.61	0.24	0.073	
다망2	0.223	0.17	0.31	0.047	
다망2-1	2.694	0.17	0.34	0.029	
연화1	0.219	0.10	0.34	0.027	
연화2	0.144	0.45	0.23	0.083	
금암1	0.098	0.16	0.40	0.045	
금암2	0.166	0.74	0.56	0.332	
금암3-1	0.108	0.44	0.08	0.021	
금암3-2	0.104	0.22	0.32	0.042	
금암3-3	0.094	0.42	0.35	0.088	
금암3-4	0.098	0.42	0.15	0.032	
금암5	0.172	0.45	0.34	0.122	
금암6	0.129	0.48	0.22	0.084	
금암6-1	0.103				
금암7-1	0.059	0.37	0.28	0.062	
금암7-2	0.129	0.07	0.18	0.010	
금암7-3	0.098	0.48	0.28	0.081	
금암8	0.222	0.51	0.35	0.179	
금암9	0.194	0.60	0.55	0.330	
금암9-1	0.105	0.26	0.40	0.062	

4. 요약 및 결론

분수량 계산 프로그램의 검정을 위하여 실시되어진 현장조사 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 금강으로부터 나포양수장을 통하여 관개용수를 관수로로 통수하는 황금용수간선을 시범지구로 선정하여 현장조사를 실시하였다.
- 황금용수간선의 관수로는 총 75개의 절점으로 구분되며, 총 연장 7,843m으로 837.2ha의 면적을 관개하도록 구성되어 있었다.
- 시범지구에는 24개소의 제수밸브와 17개소의 분수밸브가 설치되어 있으며, 일부는 조절작업이 불편한 것으로 나타났다.
- 관수로 말단의 개수로 시점에서 3회 4차에 걸쳐 수심 및 유속 등을 측정하였으며, 이를 분수량 계산 프로그램의 검정을 위하여 정리하였다.

제 6 절 분수량 계산 프로그램의 적용

1. 서론

분수량의 조절을 위한 분수밸브의 조작에 따라 각 관개구역으로의 분수되는 유량을 계산하기 위하여 분수량 계산 프로그램이 개발되었다. 본 프로그램은 임의의 밸브 개도에 대하여 이루어지는 각 분수문에서의 유량을 계산할 수 있음은 물론이고, 특정 분수문의 필요한 분수량을 위하여 조절되어야 하는 밸브의 개도도 계산이 가능하다. 또한, 전체적인 관개의 계획을 수립하기 위하여 각 분수문의 개폐시간을 미리 알아볼 수도 있을 것이다.

본 장에서는 분수량 계산 프로그램의 적용가능성의 판단과 함께, 그 적용을 위하여 필요한 제반 자료 및 예를 보이고자 한다.

2. 분수량 계산

분수량 계산 프로그램을 이용하여 각 분수문의 임의의 개도에 대한 각 절점의 분수문을 계산할 수 있다. 본 프로그램을 이용하여 시범지구인 황금용수간선지구에 대하여 각 분수문별 분수량을 계산하였다.

가. 입력자료의 구성

분수량 계산을 위한 입력자료로는 크게 세 가지의 형태로 구성된다. 전문가에 의하여 구성이 가능한 전문자료, 물 관리자에 의하여 구성이 가능한 관리자료, 분수량 계산을 위하여 필요한 밸브개도 자료 등으로 구분된다.

1) 전문자료

전문자료에는 밸브개도에 따른 손실계수를 포함한 관수로의 미소손실계수, 관로의 유속계수, 관개구역의 순별 적정담수심 자료 등이 포함된다. <표 4.6.1>은 본 연구를 위하여 적용한 밸브손실계수를 제외한 미소손실계수로서, 유입, 유출, 엘보에 의한 손실계수를 정의하고 있다.

<표 4.6.1> 관로의 미소손실계수

미소손실 종류	유입손실	유출손실	엘보손실
손실계수	0.5	1.0	1.25

제3장에서 수리모형 실험에 의하여 검정한 버터플라이밸브를 포함한 밸브개도에 따른 손실계수는 <표 4.6.2>와 같이 정의하였다. 이를 그림으로 나타내면 <그림 4.6.1>과 같은데, 슬루스밸브의 경우가 버터플라이밸브에 비하여 밸브개도별 손실계수가 적음을 잘 나타내고 있다.

<표 4.6.2> 밸브개도에 따른 밸브손실계수

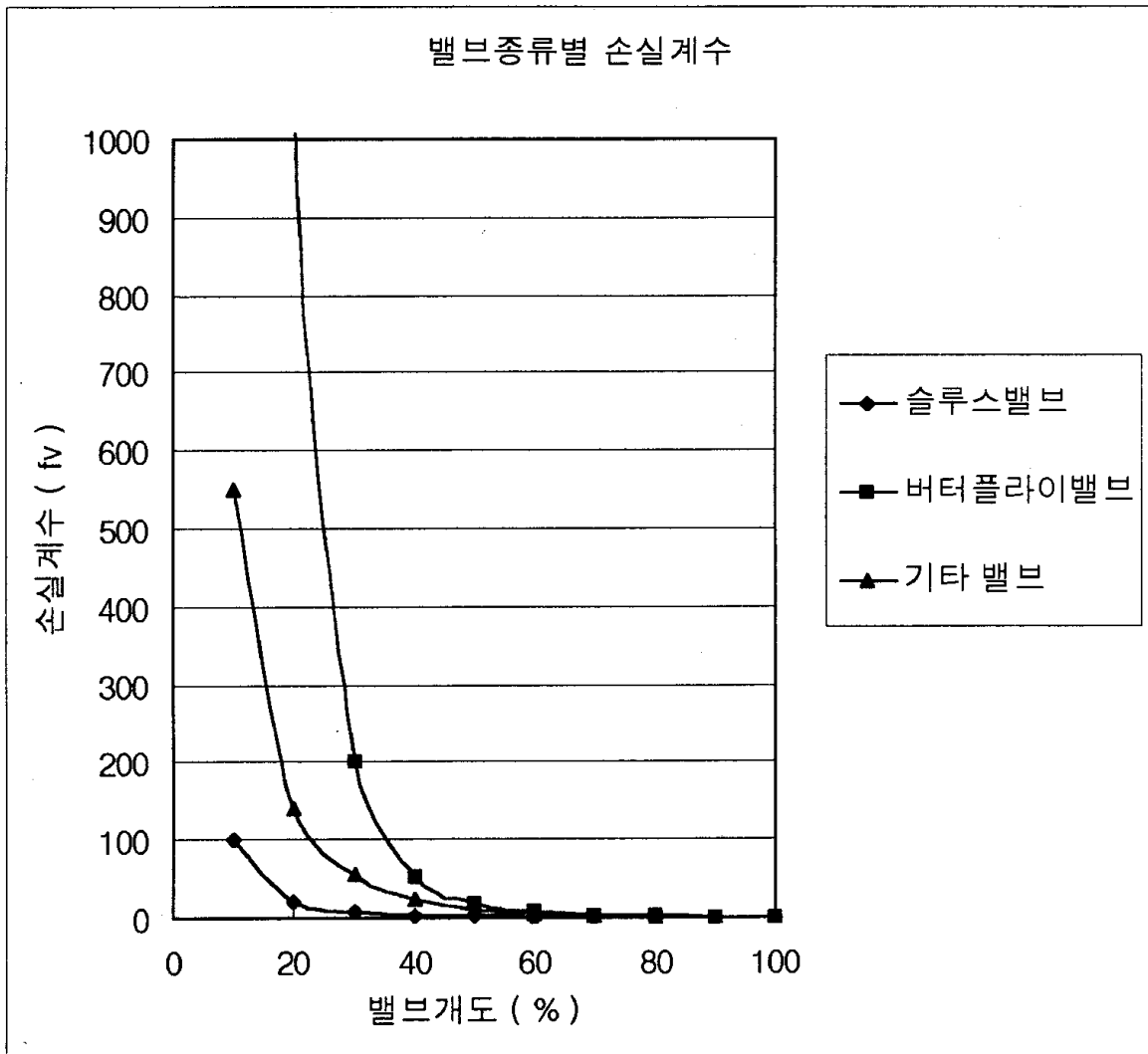
밸브개도(%)	슬루스밸브	버터플라이밸브	기타 밸브	비 고
10.0	100.00	10000.00	550.00	
20.0	21.87	1100.00	140.00	
30.0	8.51	200.00	55.00	
40.0	3.90	52.00	25.00	
50.0	1.82	19.00	11.00	
60.0	1.00	8.50	4.60	
70.0	0.55	3.60	1.80	
80.0	0.32	1.70	0.67	
90.0	0.21	0.89	0.28	
100.0	0.18	0.60	0.17	

<표 4.6.3>은 관로의 종류에 따른 유속계수를 정의하였다. 프로그램 내에서는 아래 표의 유속계수를 관로의 환경이 적으면 유속계수를 적게 하도록 구성하였다.

<표 4.6.3> 관로의 종류에 따른 유속계수

관로 종류	도복장관	파형강관	기 타
유속계수	130.0	110.0	100.0

<표 4.6.4>는 서울대학교 농업개발연구소의 연구결과에 의하여 추천한 순별 적정 담수심 자료이다. 본 자료는 지역에 따라, 재배되는 벼의 종류에 따라 다소 차이가 있으므로, 이를 충분히 고려하여 적용하여야 할 것이다.



〈그림 4.6.1〉 밸브종류별 손실계수의 비교

2) 관리자료

관리자료는 시범지구의 관개조직 자료를 근거로 양수장 자료, 관로 자료, 밸브 자료, 관개구역 자료, 경계조건 자료 등으로 구성된다. 양수장 자료는 분수량의 계산을 위해서는 직접적으로 필요한 자료는 아니나, 분수량 계산결과를 활용하여 조절이 필요한 부분이다. 시범지구인 황금용수간선의 양수장은 나포양수장으로서, 최대양수량 2.7ton/sec양수기 3기를 보유하고 있다.

〈표 4.6.5〉는 〈그림 4.6.2〉의 황금용수간선의 관로 자료를 정리한 것이다. 전체 33개 구간의 관로로 구성되어 있으며, 상류측의 5개구간은 도복장관으로서 관의 종류가 “1”로서 표시되어 있으며, 나머지 하류 구간은 전부 파형강관으로 “2”로서 분류되어 있다.

〈표 4.6.6〉은 〈그림 4.6.3〉의 시범지구 밸브자료를 정리한 것이다. 밸브의 종류는 “11”은 슬루스밸브, “12”는 버터플라이밸브, “13”은 기타 밸브로서 분류하는데, 전 밸브는 버터플라이밸브로 구성되어 있음을 알 수 있다. 밸브 종류의 “15”는 엘보와 함께 버터플라이밸브가 설치되어 있음을 의미한다. 또한, 각 밸브의 밸브개도 자료가 입력되

는데, 관리자료에 입력된 밸브개도 자료는 관개기간 중에 특별한 경우를 제외하고는 조절이 이루어지지 않는 관리자에 의해 조절되는 밸브의 개도를 설정하게 된다.

〈표 4.6.4〉 순별 적정 담수심

월 별	순 별	담수심 (mm)	비 고
4	1	10.0	
	2	10.0	
	3	10.0	
5	1	60.0	
	2	60.0	
	3	60.0	
6	1	60.0	
	2	60.0	
	3	10.0	
7	1	10.0	
	2	60.0	
	3	60.0	
8	1	60.0	
	2	40.0	
	3	40.0	
9	1	40.0	
	2	10.0	
	3	10.0	
10	1	10.0	

〈표 4.6.7〉는 〈그림 4.6.4〉의 시범지구 용수구역 자료를 정리한 것으로 전체 17개의 용수구역으로 구성되어 있다. 또한, 〈표 4.6.8〉과 〈그림 4.6.5〉는 각 관수로의 상류 및 하류의 경계절점에 주어지는 경계조건 수위이다. 여기서, 1번 절점의 경우는 관수로의 시점의 상류경계조건을 나타내며, 나머지는 하류경계조건 수위를 의미한다.



<그림 4.6.2> 황금용수간선지구 관망도 (관로 번호)

〈표 4.6.5〉 관로 입력자료

관로 번호	시 점	종 점	관연장 (m)	관경 (mm)	관 종류
1	1	2	192.0	1500.0	1(도복장관)
2	3	4	418.0	1500.0	1
3	5	6	763.0	1200.0	1
4	6	7	527.0	1200.0	1
5	7	8	399.0	1200.0	1
6	9	10	151.0	1000.0	2(파형강관)
7	10	11	298.0	1000.0	2
8	11	12	2.0	900.0	2
9	12	13	350.0	900.0	2
10	13	14	300.0	900.0	2
11	14	15	624.0	900.0	2
12	17	18	1123.0	900.0	2
13	18	19	226.0	900.0	2
14	19	20	160.0	900.0	2
15	21	22	10.0	300.0	2
16	24	25	10.0	300.0	2
17	27	28	10.0	300.0	2
18	30	31	10.0	300.0	2
19	33	34	10.0	300.0	2
20	36	37	10.0	300.0	2
21	39	40	10.0	300.0	2
22	42	43	10.0	200.0	2
23	45	46	30.0	200.0	2
24	48	49	30.0	300.0	2
25	51	52	10.0	300.0	2
26	54	55	10.0	400.0	2
27	57	58	10.0	400.0	2
28	60	61	10.0	500.0	2
29	64	65	356.0	500.0	2
30	65	66	744.0	500.0	2
31	67	68	10.0	500.0	2
32	70	71	10.0	500.0	2
33	73	74	10.0	300.0	2



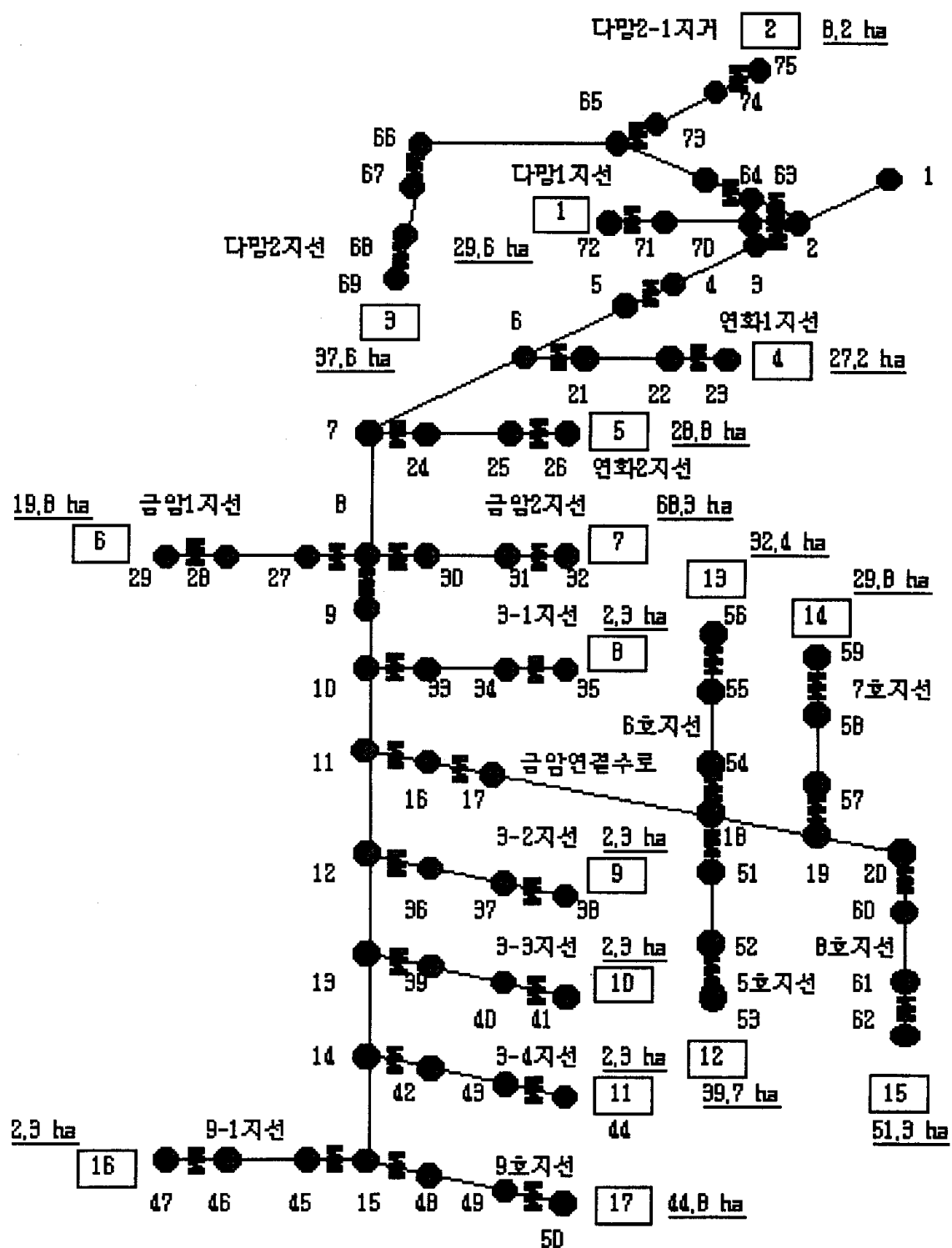
<그림 4.6.3> 황금용수간선지구 밸브 현황 (밸브 번호 ;)

<표 4.6.6> 밸브 입력자료 (1)

밸브 번호	시 점	종 점	밸브 종류	관경 (mm)	밸브개도(%)
1	2	3	12	1500.0	100.0
2	2	63	15	500.0	100.0
3	2	70	15	500.0	36.0
4	4	5	12	1200.0	100.0
5	6	21	15	300.0	29.0
6	7	24	15	300.0	81.0
7	8	9	12	1000.0	100.0
8	8	27	15	300.0	39.0
9	8	30	15	300.0	100.0
10	10	33	15	300.0	92.0
11	11	16	15	900.0	100.0
12	12	36	15	300.0	43.0
13	13	39	15	300.0	60.0
14	14	42	15	200.0	100.0
15	15	45	15	200.0	100.0
16	15	48	15	300.0	100.0
17	16	17	12	900.0	100.0
18	18	51	15	300.0	100.0
19	18	54	15	300.0	100.0
20	19	57	15	400.0	100.0
21	20	60	15	400.0	100.0

<표 4.6.6(계속)> 밸브 입력자료 (2)

밸브 번호	시 점	종 점	밸브 종류	관경 (mm)	밸브개도(%)
22	22	23	12	300.0	100.0
23	25	26	12	300.0	100.0
24	28	29	12	300.0	100.0
25	31	32	12	300.0	100.0
26	34	35	12	300.0	100.0
27	37	38	12	300.0	100.0
28	40	41	12	300.0	100.0
29	43	44	12	200.0	100.0
30	46	47	12	200.0	100.0
31	49	50	12	300.0	100.0
32	52	53	12	300.0	100.0
33	55	56	12	300.0	100.0
34	58	59	12	400.0	100.0
35	61	62	12	400.0	100.0
36	63	64	12	500.0	30.0
37	65	73	15	300.0	36.0
38	66	67	15	500.0	39.0
39	68	69	12	500.0	100.0
40	71	72	12	500.0	100.0
41	74	75	12	300.0	100.0



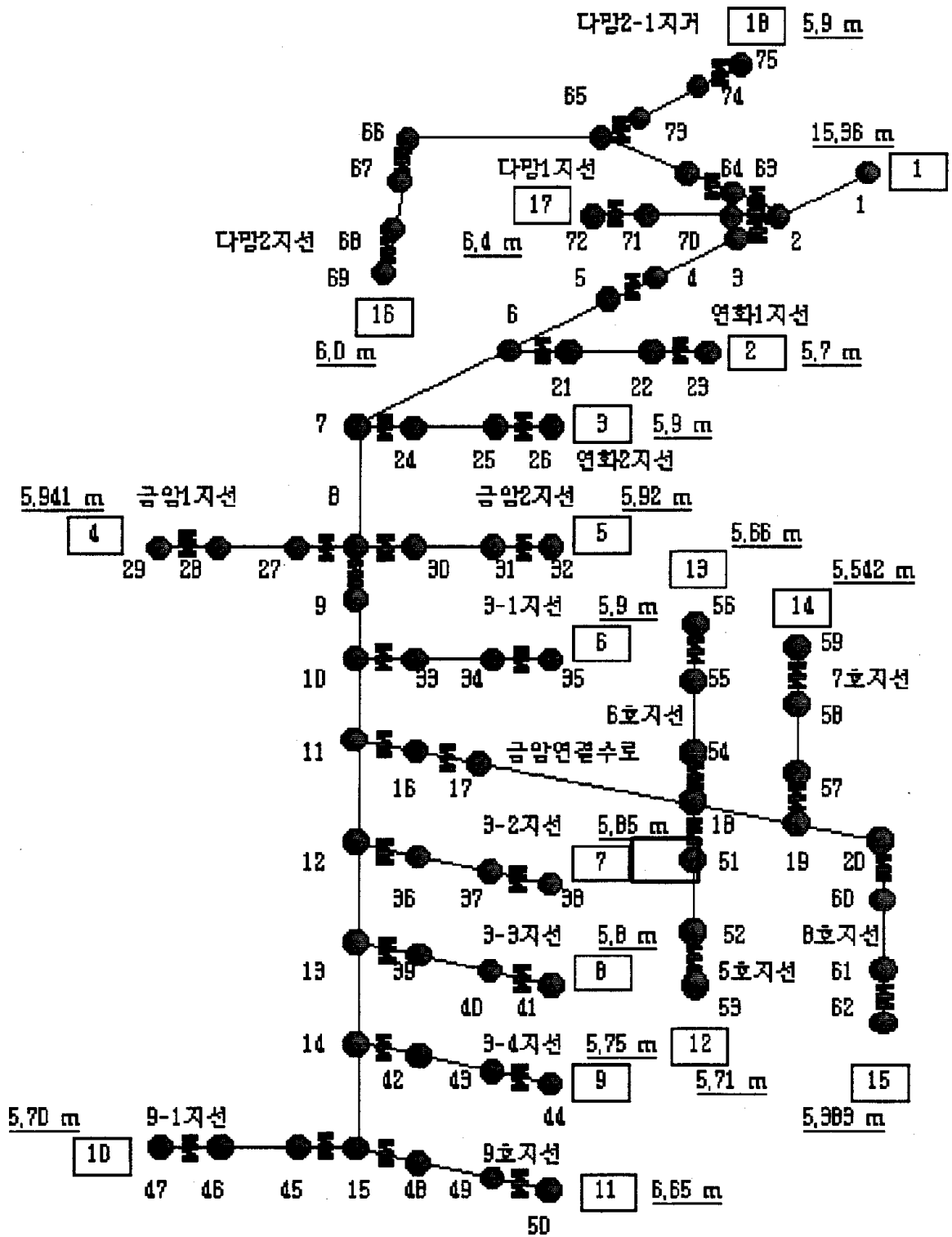
<그림 4.6.4> 황금용수간선지구 용수구역 현황 (: 용수구역 번호, 관개면적)

〈표 4.6.7〉 용수구역 입력자료

용수구역 번호	유입 절점 번호	관개면적 (ha)	비 고
1	23	29.6	
2	26	8.2	
3	29	37.6	
4	32	27.2	
5	35	28.8	
6	38	19.8	
7	41	68.3	
8	44	2.3	
9	47	2.3	
10	50	2.3	
11	53	2.3	
12	56	39.7	
13	59	32.4	
14	62	29.8	
15	69	51.3	
16	72	2.3	
17	75	44.8	

<표 4.6.8> 경계조건 입력자료

경계조건 번호	절점 번호	경계조건 수위 (m)	비 고
1	1	15.360	상류 경계조건
2	23	5.700	하류 경계조건
3	26	5.900	"
4	29	5.941	"
5	32	5.920	"
6	35	5.900	"
7	38	5.850	"
8	41	5.800	"
9	44	5.750	"
10	47	5.700	"
11	50	6.650	"
12	53	5.710	"
13	56	5.660	"
14	59	5.542	"
15	62	5.383	"
16	69	6.000	"
17	72	6.400	"
18	75	5.900	"



<그림 4.6.5> 황금용수간선지구 경계조건 현황 (: 경계조건 번호, 경계조건 수위)

3) 밸브개도 자료

분수량의 계산을 위하여 계산시 마다 정리해야 하는 입력자료로서, 매 관개시기에 밸브가 조절되어 지는 분수밸브의 개도 자료로 구성된다. <표 4.6.9>는 <그림 4.6.3>의 황금용수간선에 적용된 입력자료의 예를 보여준다.

<표 4.6.9> 밸브개도 입력자료

밸브 번호	시 점	종 점	밸브개도 (%)	비 고
22	22	23	23.0	
23	25	26	37.0	
24	28	29	29.0	
25	31	32	77.0	
26	34	35	20.0	
27	37	38	29.0	
28	40	41	40.0	
29	43	44	37.0	
30	46	47	50.0	
31	49	50	100.0	
32	52	53	47.0	
33	55	56	39.0	
34	58	59	39.0	
35	61	62	42.0	
39	68	69	18.0	
40	71	72	29.0	
41	74	75	100.0	

나. 제수밸브의 개도 검정

용수구역과 접해있는 분수밸브의 경우는 매 관개시기 마다 그 조절이 이루어지나, 관수로 중간에 위치하는 제수밸브들은 분수밸브를 100% 개도하였을 때에도, 분수밸브 말단에 이어지는 개수로의 수위가 넘치지 않을 범위를 조절하기 위하여 관리자에 의하여 미리 조절이 완료되어 있는 것이 물관리를 위하여 정상적인 것으로 판단된다. 그래서, 각 분수밸브에 이어지는 개수로 구간의 최대통수량을 계산하여 분수밸브가 100% 개도되었을 때에도 넘치지 않도록 제수밸브가 조절되어 있는 것으로 하여 그 개도를 검정하였다.

<표 4.6.10>은 현장조사에 의하여 관측되어진 유속자료를 바탕으로 해당 개수로의 최대통수량을 계산한 결과이다. 이 최대통수량은 수위가 최대수심에 이르렀을 때의 유량으로 정의하였다. 표에서 알 수 있듯이 일부 구간은 최대통수량이 계획용수량보다 적어, 계획용수량 만큼을 통수할 수 없음을 알 수 있었으며, 다른 구간들은 반대로 최대통수량이 계획용수량 보다 크게 나타났다. <그림 4.6.6>은 이를 모식도에 나타낸 것으로 그 결과를 잘 비교할 수 있다. 그림에서 황등용수간선 구간은 본 연구의 대상범위에 포함하지 않았으며, 그 통수량은 설계시 계획통수량인 $1.36 \text{ m}^3/\text{sec}$ 를 항상 통수하는 것으로 하였다.

<표 4.6.11>과 <그림 4.6.7>은 제수밸브와 분수밸브들을 100% 개도하였을 때의 각 용수구역으로의 수로구간별 분수량을 정리하였다. 일부 구간에서는 최대통수량 보다 많은 유량이 통수되어 수로에서 월류가 발생하게 되는 것을 알 수 있으며, 그를 최대통수량 이하로 조절하기 위하여는 제수밸브가 각각 조절되어 있어야 함을 알 수 있다.

<표 4.6.12>와 <그림 4.6.8>은 분수밸브를 100% 개도되었을 때의 각 용수구역으로의 분수량이 최대통수량을 넘지 않도록 제수밸브를 조절한 경우에 대하여 분수량 계산 프로그램에 의하여 모의한 결과이다. 표와 그림에서 볼 수 있듯이 일부 구간에서는 제수밸브가 100% 개도된 경우에도 최대통수량을 초과하지 않았다.

<표 4.6.12>와 <그림 4.6.8>를 <표 4.6.11>과 <그림 4.6.7>와 비교하여 보면, 일부 제수밸브의 개도를 줄이므로 인해서 각 관수로 구간의 통수량이 감소하여, 황금용수간선 시점구간의 통수량이 $5.708 \text{ m}^3/\text{sec}$ 에서 $4.029 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 감소한 것을 알 수 있다.

다. 분수밸브의 개도 검정

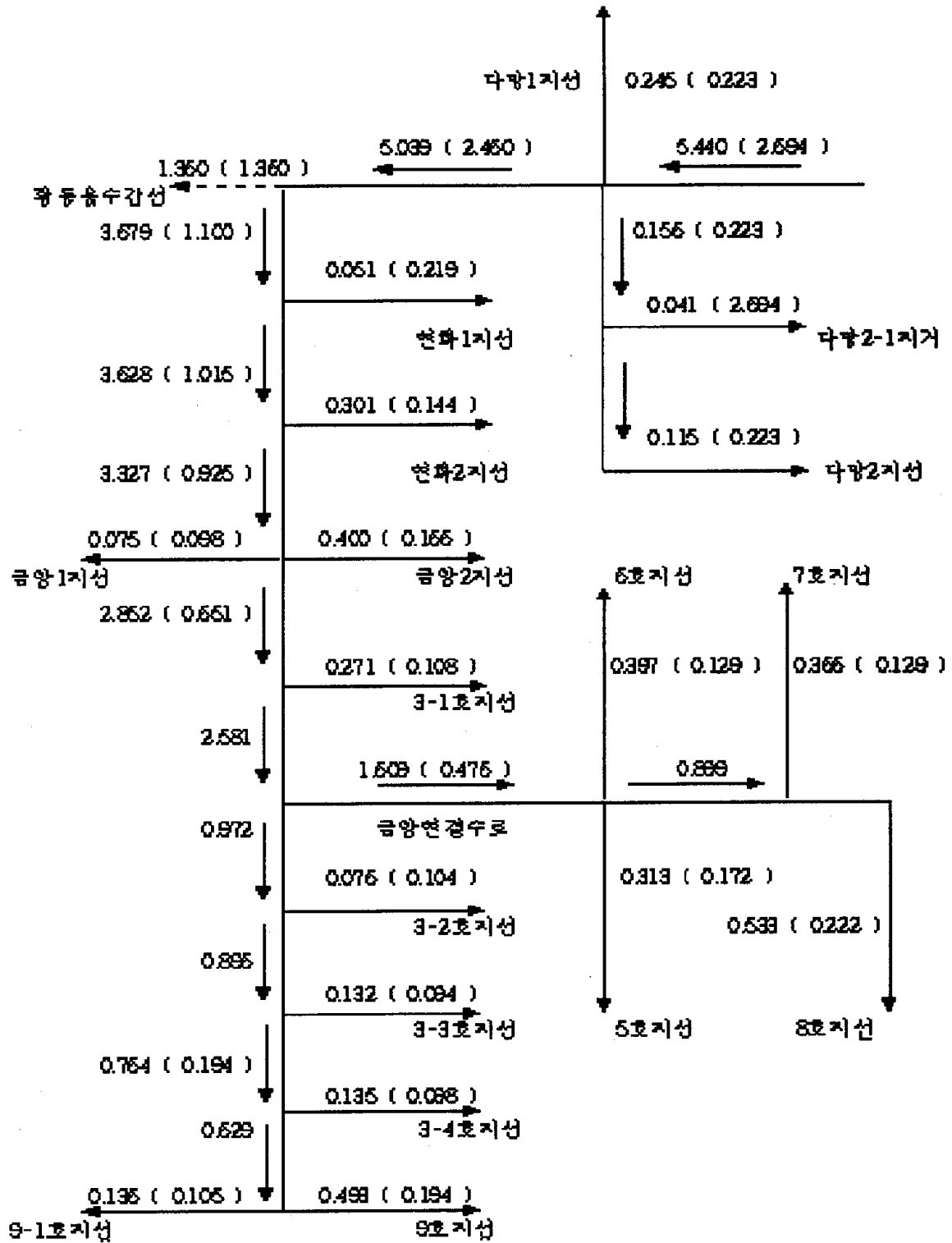
제수밸브의 개도 상태를 최대통수량을 넘지 않는 상태로 조절되어 있는 것으로 가정하여 현장조사에 의하여 관측되어진 분수량과 분수량 계산 프로그램에 의하여 계산되어진 분수량을 비교하여 분수밸브의 개도를 검정하였다. <표 4.6.13>과 <그림 4.6.9>는 그 결과를 정리한 것으로서, 황금용수간선의 시점으로부터 $3.093 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 유량이 통수되고 있음을 알 수 있다. 그러나, 9호간선의 경우는 분수밸브를 100% 개

도하여도 관측치에 미치지 못하였다.

<그림 4.6.10>은 황금용수간선에서 검정된 각 제수밸브와 분수밸브의 개도 상태를 표시하고 있다. 일부 구간은 항상 100%의 개도 상태를 유지하고 있을 것으로 판단되며, 일부 구간은 조사 당일의 담수심 상태에 따라 해당 용수구역으로의 분수량이 조절되고 있음을 알 수 있다. 하지만, 이와 같은 결과는 현장조사 시에 전 밸브에 대한 개도 상태를 조사할 수 없어 실제 개도 상태와 비교할 수 없었는데, 이는 본 프로그램을 이용하게 되는 지역에서는 전문적인 검정과정이 필요할 것으로 판단한다.

<표 4.6.10> 각 분수밸브 말단의 최대통수량

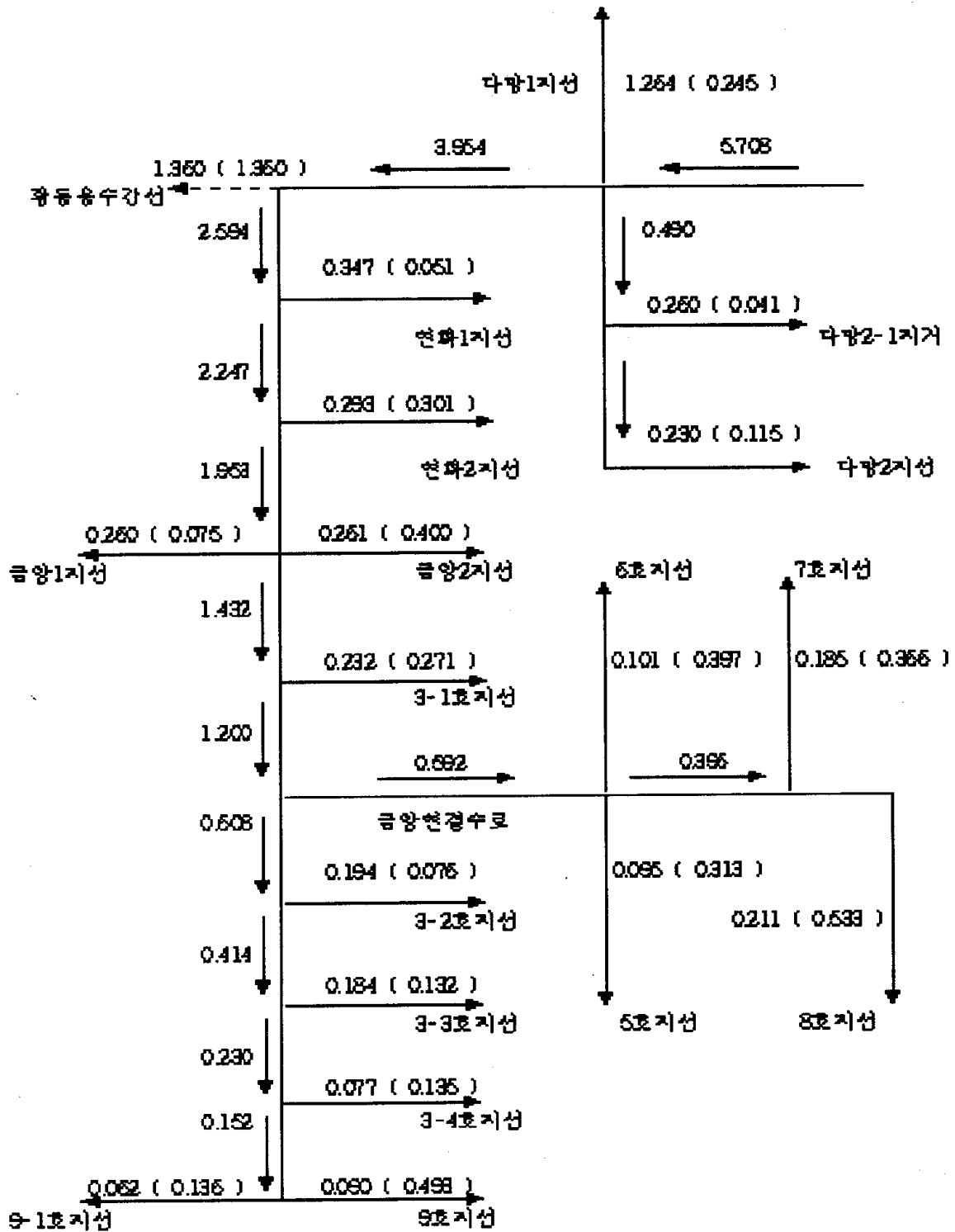
수 로 명	계획용수량 (m ³ /sec)	저 폭 (m)	최대수심 (m)	최대통수량 (m ³ /sec)
연화1지선	0.219	0.80	0.55	0.051
연화2지선	0.144	0.80	0.60	0.301
금암1지선	0.098	0.70	0.60	0.075
금암2지선	0.166	0.80	0.65	0.400
3-1호지선	0.108	0.60	0.50	0.271
3-2호지선	0.104	0.60	0.50	0.076
3-3호지선	0.094	0.60	0.50	0.132
3-4호지선	0.098	0.50	0.45	0.135
5호지선	0.172	0.80	0.70	0.313
6호지선	0.129	0.80	0.70	0.397
7-1지거	0.059	0.60	0.50	0.132
7-2지거	0.129	0.80	0.70	0.063
7-3지거	0.098	0.60	0.50	0.171
8호지선	0.222	1.00	0.80	0.533
9호지선	0.194	1.00	0.75	0.493
9-1호지선	0.105	0.60	0.75	0.136
다망2지선	0.223	0.90	0.60	0.115
다망1-1지거	0.223	0.50	0.45	0.080
다망1-2지거	0.223	0.50	0.45	0.165
다망2-1지거	2.694	0.50	0.45	0.041



<그림 4.6.6> 황금용수간선 최대통수량(m³/sec) (계획용수량: m³/sec)

<표 4.6.11> 제수밸브 100% 개도에 따른 각 용수구역별 분수량

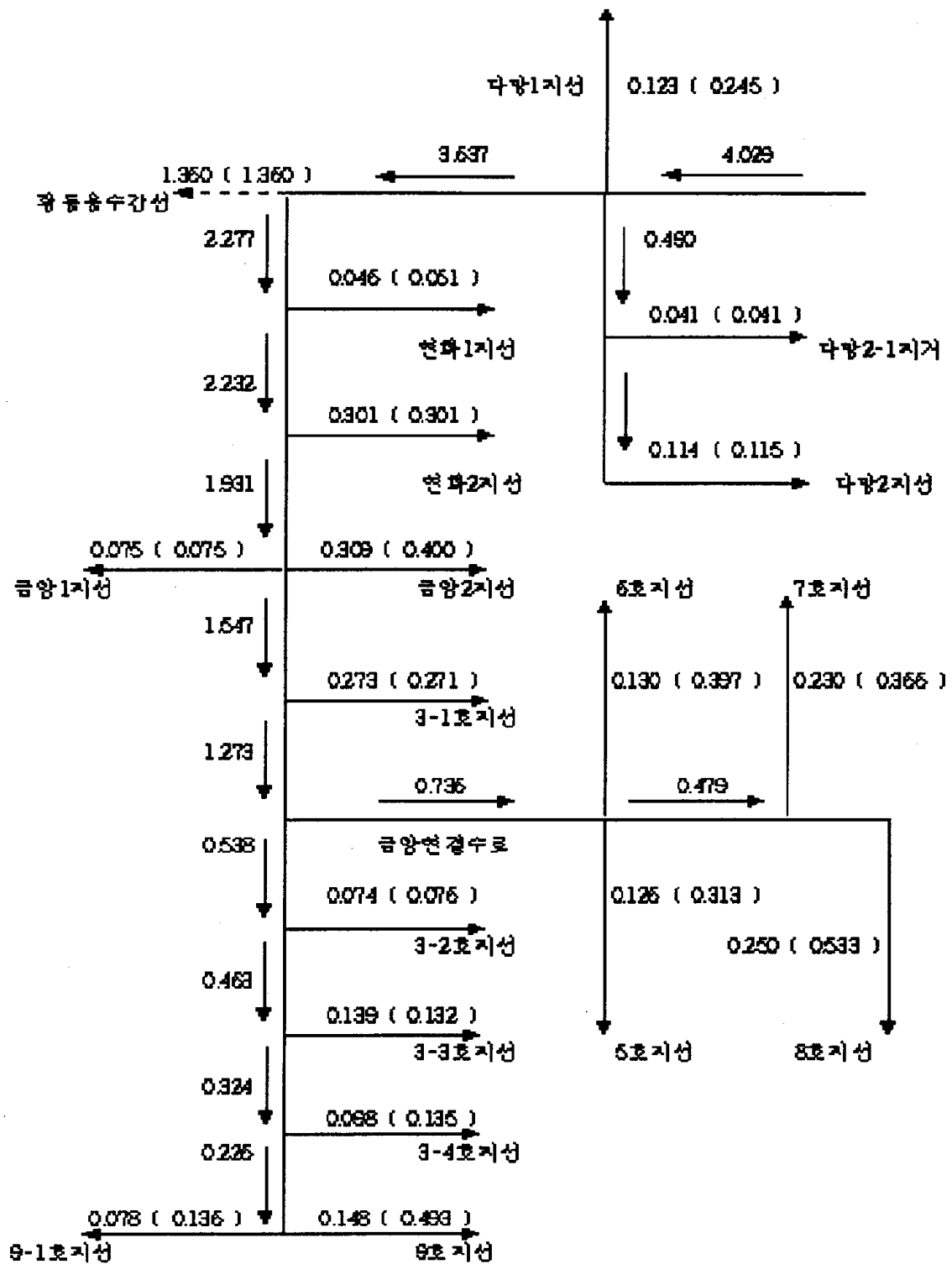
수로명	최대통수량 (m ³ /sec)	제수밸브		분수밸브		분수량 (m ³ /sec)
		번호	개도 (%)	번호	개도 (%)	
연화1지선	0.051	5	100	22	100	0.347
연화2지선	0.301	6	100	23	100	0.293
금암1지선	0.075	8	100	24	100	0.260
금암2지선	0.400	9	100	25	100	0.261
3-1호지선	0.271	10	100	26	100	0.232
3-2호지선	0.076	12	100	27	100	0.194
3-3호지선	0.132	13	100	28	100	0.184
3-4호지선	0.135	14	100	29	100	0.077
5호지선	0.313	18	100	32	100	0.095
6호지선	0.397	19	100	33	100	0.101
7호지선	0.366	20	100	34	100	0.185
8호지선	0.533	21	100	35	100	0.211
9-1호지선	0.136	15	100	30	100	0.062
9호지선	0.493	16	100	31	100	0.090
다망2지선	0.115	38	100	39	100	0.230
다망1지선	0.245	3	100	40	100	1.264
다망2-1지거	0.041	37	100	41	100	0.260



<그림 4.6.7> 황동용수간선 제수밸브 100% 개도에서의 분수량(m^3/sec) (최대통수량: m^3/sec)

〈표 4.6.12〉 제수밸브 개도 조절에 따른 각 용수구역별 분수량

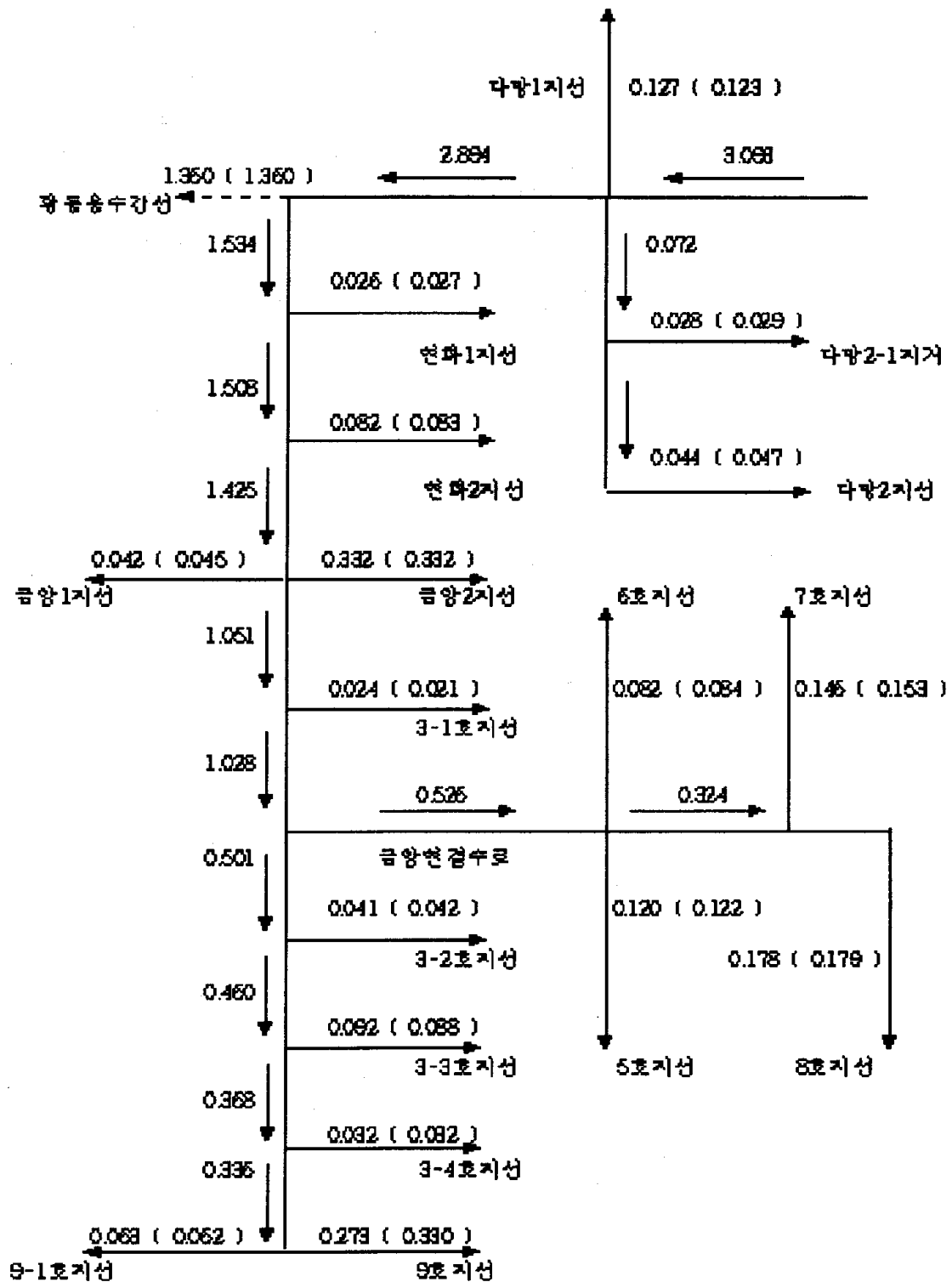
수로명	최대통수량 (m ³ /sec)	제수밸브		분수밸브		분수량 (m ³ /sec)
		번호	개도 (%)	번호	개도 (%)	
연화1지선	0.051	5	29	22	100	0.046
연화2지선	0.301	6	81	23	100	0.301
금암1지선	0.075	8	39	24	100	0.075
금암2지선	0.400	9	100	25	100	0.309
3-1호지선	0.271	10	92	26	100	0.273
3-2호지선	0.076	12	43	27	100	0.074
3-3호지선	0.132	13	60	28	100	0.139
3-4호지선	0.135	14	100	29	100	0.098
5호지선	0.313	18	100	32	100	0.126
6호지선	0.397	19	100	33	100	0.130
7호지선	0.366	20	100	34	100	0.230
8호지선	0.533	21	100	35	100	0.250
9-1호지선	0.136	15	100	30	100	0.078
9호지선	0.493	16	100	31	100	0.148
다망2지선	0.115	38	39	39	100	0.114
다망1지선	0.245	3	36	40	100	0.123
다망2-1지거	0.041	37	36	41	100	0.041



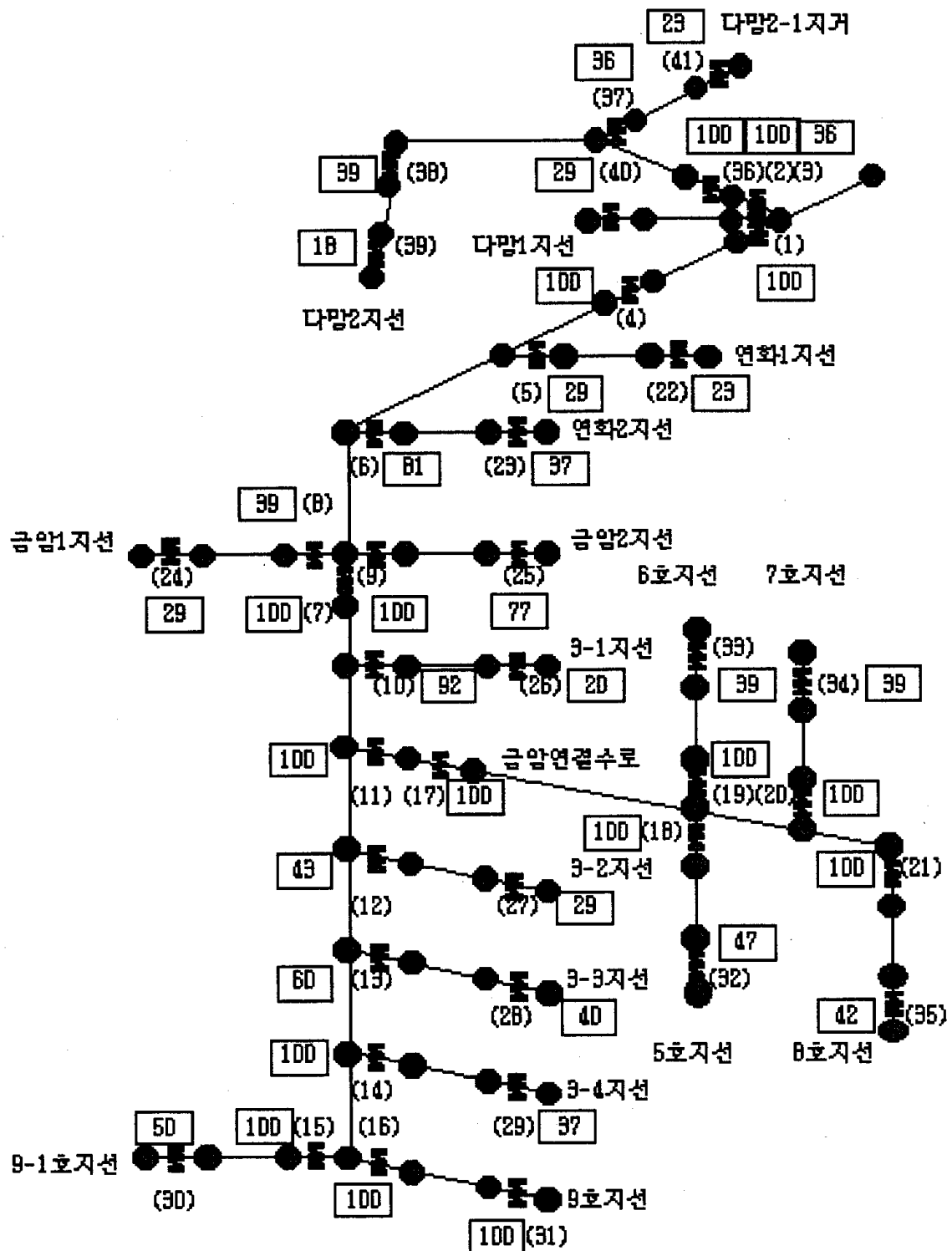
<그림 4.6.8> 황금용수간선 제수밸브 개도 조절에 따른 분수량(m^3/sec) (최대통수량: m^3/sec)

<표 4.6.13> 황금용수간선에서의 분수밸브 개도 검정 결과

수로명	관측 유량 (m ³ /sec)	제 수 밸 브		분 수 밸 브		분 수 량 (m ³ /sec)
		번 호	개도 (%)	번 호	개도 (%)	
연화1지선	0.027	5	29	22	23	0.026
연화2지선	0.083	6	81	23	37	0.082
금암1지선	0.045	8	39	24	29	0.042
금암2지선	0.332	9	100	25	77	0.332
3-1호지선	0.021	10	92	26	20	0.024
3-2호지선	0.042	12	43	27	29	0.041
3-3호지선	0.088	13	60	28	40	0.092
3-4호지선	0.032	14	100	29	37	0.032
5호지선	0.122	18	100	32	47	0.120
6호지선	0.084	19	100	33	39	0.082
7호지선	0.153	20	100	34	39	0.146
8호지선	0.179	21	100	35	42	0.178
9-1호지선	0.062	15	100	30	50	0.063
9호지선	0.330	16	100	31	100	0.273
다망2지선	0.047	38	39	39	18	0.044
다망1지선	0.123	3	36	40	29	0.127
다망2-1지거	0.029	37	36	41	23	0.028



<그림 4.6.9> 황금용수간선 분수밸브 개도 검정 결과(분수량: m³/sec) (관측 유량: m³/sec)



<그림 4.6.10> 황금용수간선 검정 결과에 따른 밸브개도 상태 (: 개도 %)

3. 밸브개도 계산

분수량 계산 프로그램을 이용하여 임의의 분수문으로의 분수량을 통수하기 위하여 해당 분수밸브를 어느 정도 개폐하여야 하는지를 모의할 수 있다. 이를 위하여는 임의의 분수밸브의 조절에 따른 전체 관수로 내의 통수량의 변화를 미리 알고 참조할 수 있을 것이며, 해당 분수밸브의 조절에 의한 분수량의 변화에도 한계가 있을 것이므로, 본 연구에서는 이에 대한 분석을 실시하였다.

가. 입력자료의 구성

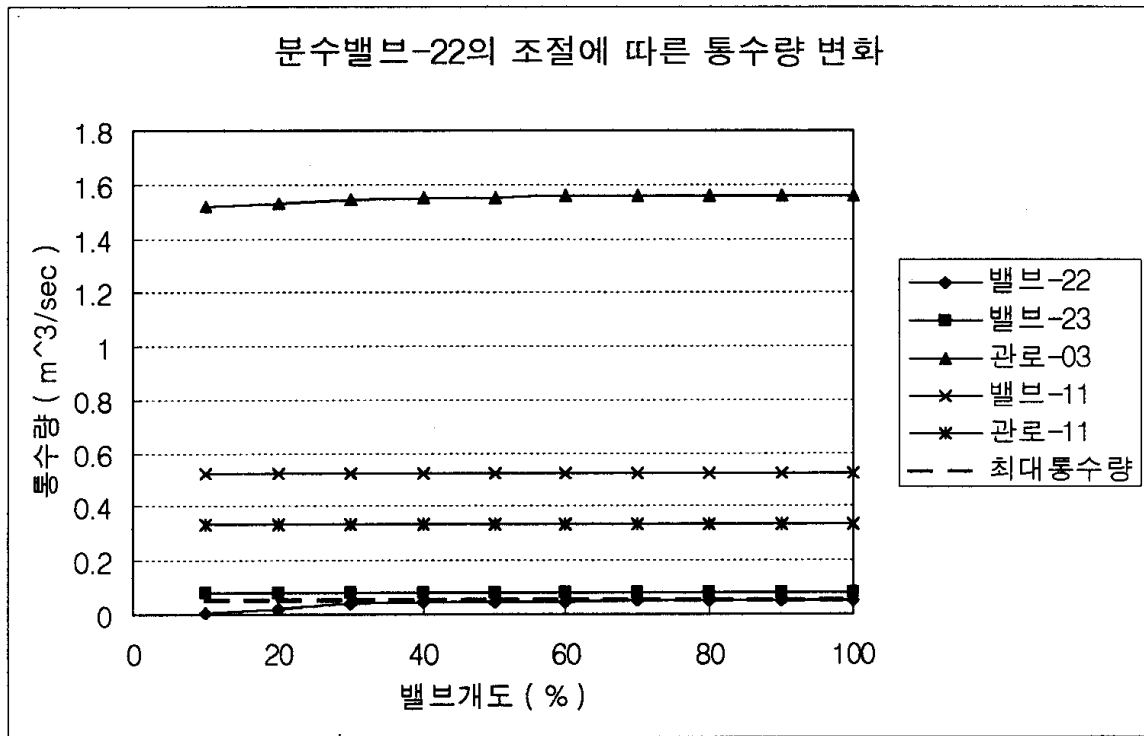
밸브개도 계산을 위한 입력자료는 전문자료와 관리자료는 앞의 분수량 계산의 경우와 동일하며, 밸브개도 자료는 분수량 계산을 위한 밸브개도 자료에 개도 조절을 원하는 밸브의 번호와 원하는 분수량을 추가하면 된다.

나. 밸브개도 조절에 따른 통수량 변화

시험지구인 황금용수간선의 각 분수밸브를 조절할 경우에 전체 관수로 구간의 통수량의 변화를 분석하였다. 이는 특정 분수밸브의 조절에 따른 각 구간의 통수량에 미치는 영향을 분석하고, 해당 분수밸브에 의하여 조절되는 분수량의 한계를 파악하여 물관리 시에 적절히 대응할 수 있는 자료를 마련하기 위한 것이다.

<그림 4.6.11>~<그림 4.6.27>과 <표 4.6.14>~<표 4.6.30>은 <그림 4.6.3>에서 찾을 수 있는 각 분수밸브의 조절에 따른 해당 분수문으로의 분수량과 인근 분수문으로의 분수량, 11번 제수밸브 구간의 통수량 및 <그림 4.6.2>의 3, 11번 관로 구간에서의 통수량 변화를 비교한 것이다. 개도가 조절되는 분수밸브를 제외한 나머지 밸브의 개도는 앞절의 밸브개도 검정결과를 그대로 활용하였으며, 개도가 조절되는 분수밸브의 경우는 개도를 10% 씩 변화시키면서 유량의 변화를 관찰하였다.

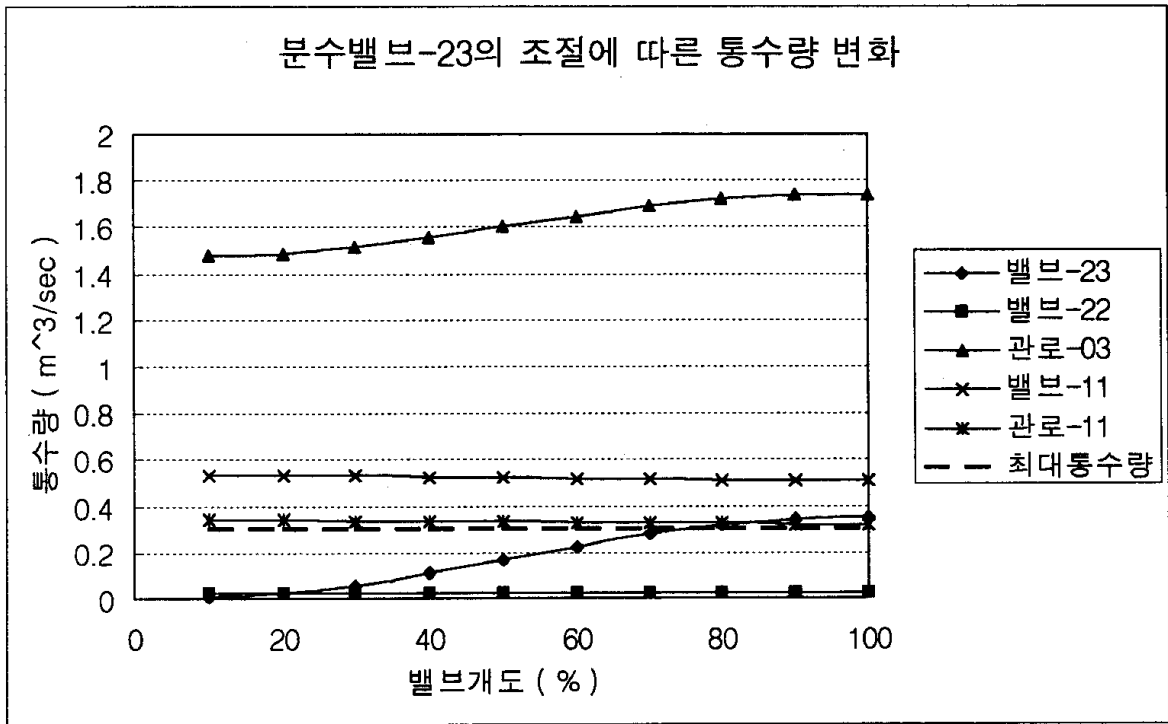
<그림 4.6.11>~<그림 4.6.27>과 <표 4.6.14>~<표 4.6.30>에서 볼 수 있듯이, 직전의 제수밸브에 의하여 최대통수량이 통제되어 있는 분수밸브의 경우는 100%에 도달하기 전에 거의 일정한 유량으로 수렴되고 있는데 비하여, 제수밸브가 충분한 통수량을 유지하고 있는 하류의 분수밸브는 개도별로 전형적인 분수량의 변화를 보여주고 있다. 또한, 해당 분수밸브의 개도조절은 인근의 분수밸브에는 약간의 분수량 변화를 가져오고 있으며, 상류측의 제수밸브를 통과하는 유량은 해당 분수밸브의 분수량에 따라 많은 변화가 초래되고 있음을 잘 알 수 있다. 이상의 결과는 앞으로의 시험지구의 분수량 관리를 위하여 참고자료로 사용될 수 있을 것이다.



<그림 4.6.11> 22번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.14> 22번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

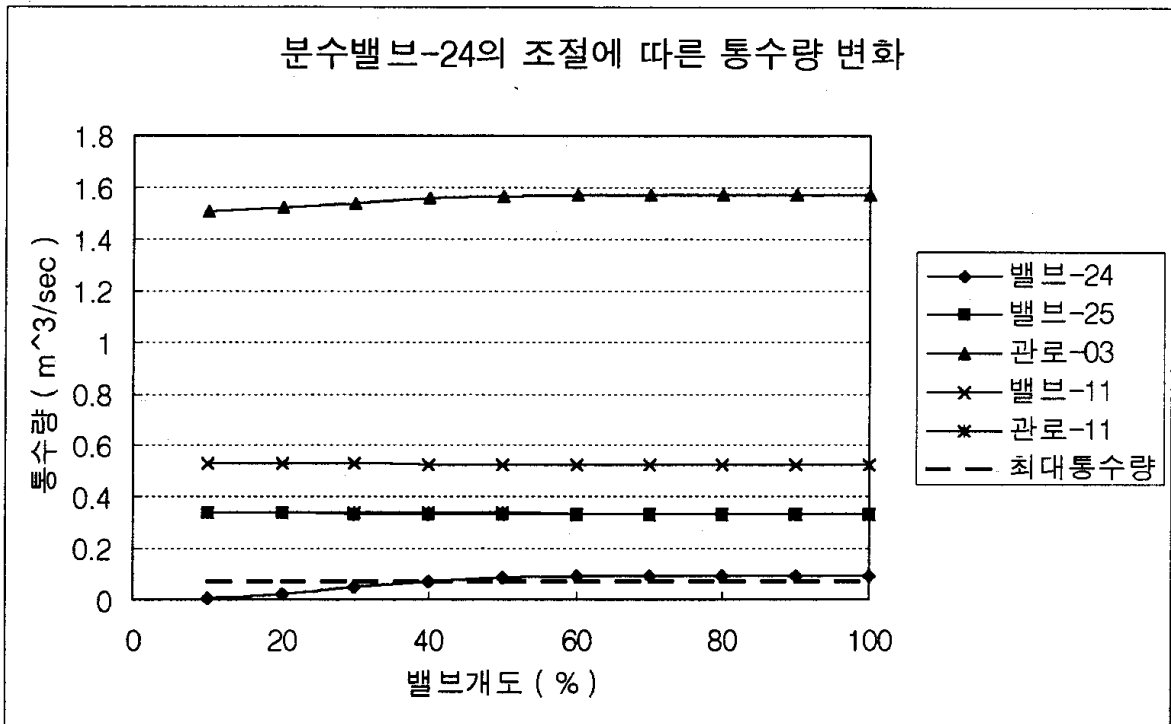
밸브개도 (%)	밸브-22	밸브-23	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.009	0.082	1.519	0.527	0.336	0.051
20	0.023	0.082	1.531	0.526	0.336	
30	0.039	0.082	1.545	0.526	0.335	
40	0.047	0.082	1.551	0.525	0.335	
50	0.049	0.082	1.553	0.525	0.335	
60	0.050	0.082	1.554	0.525	0.335	
70	0.051	0.082	1.555	0.525	0.335	
80	0.051	0.082	1.555	0.525	0.335	
90	0.051	0.082	1.555	0.525	0.335	
100	0.051	0.082	1.555	0.525	0.335	



<그림 4.6.12> 23번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.15> 23번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

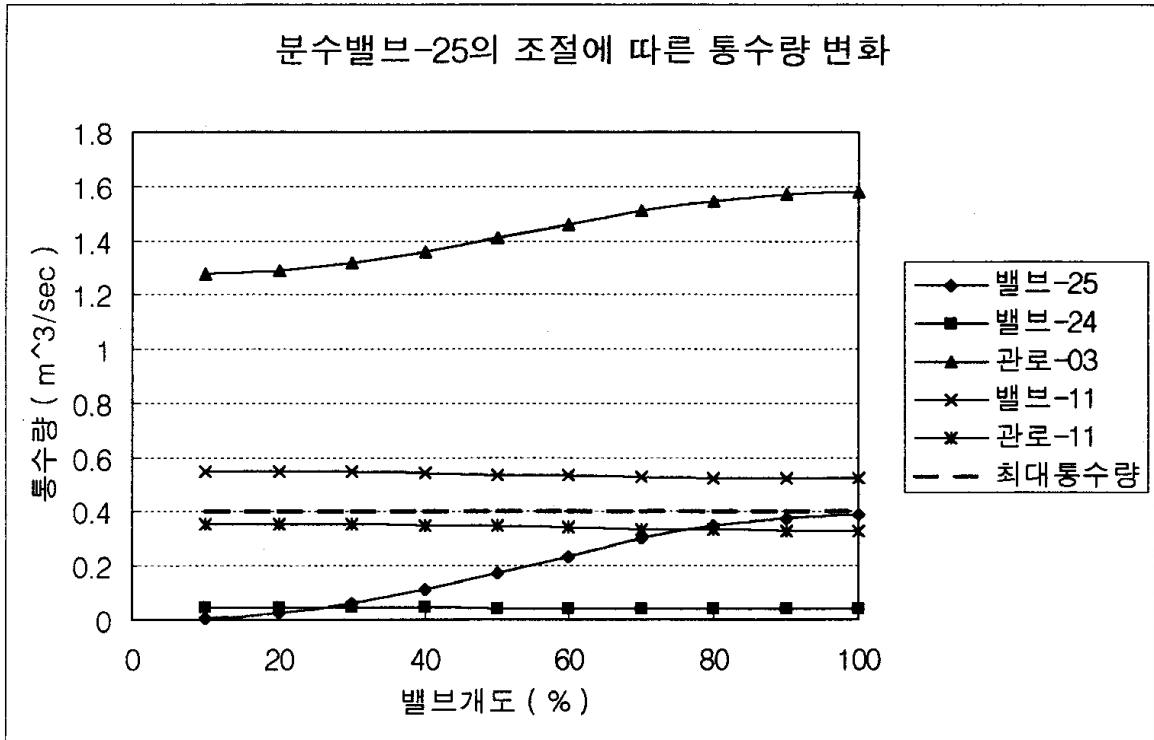
밸브개도 (%)	밸브-23	밸브-22	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m³/sec)
10	0.008	0.026	1.475	0.531	0.340	0.301
20	0.025	0.026	1.488	0.530	0.339	
30	0.058	0.026	1.514	0.528	0.337	
40	0.110	0.026	1.555	0.524	0.334	
50	0.168	0.026	1.601	0.520	0.331	
60	0.224	0.026	1.645	0.516	0.328	
70	0.281	0.026	1.689	0.512	0.324	
80	0.319	0.026	1.719	0.509	0.322	
90	0.340	0.025	1.735	0.507	0.321	
100	0.349	0.025	1.742	0.506	0.320	



<그림 4.6.13> 24번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.16> 24번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

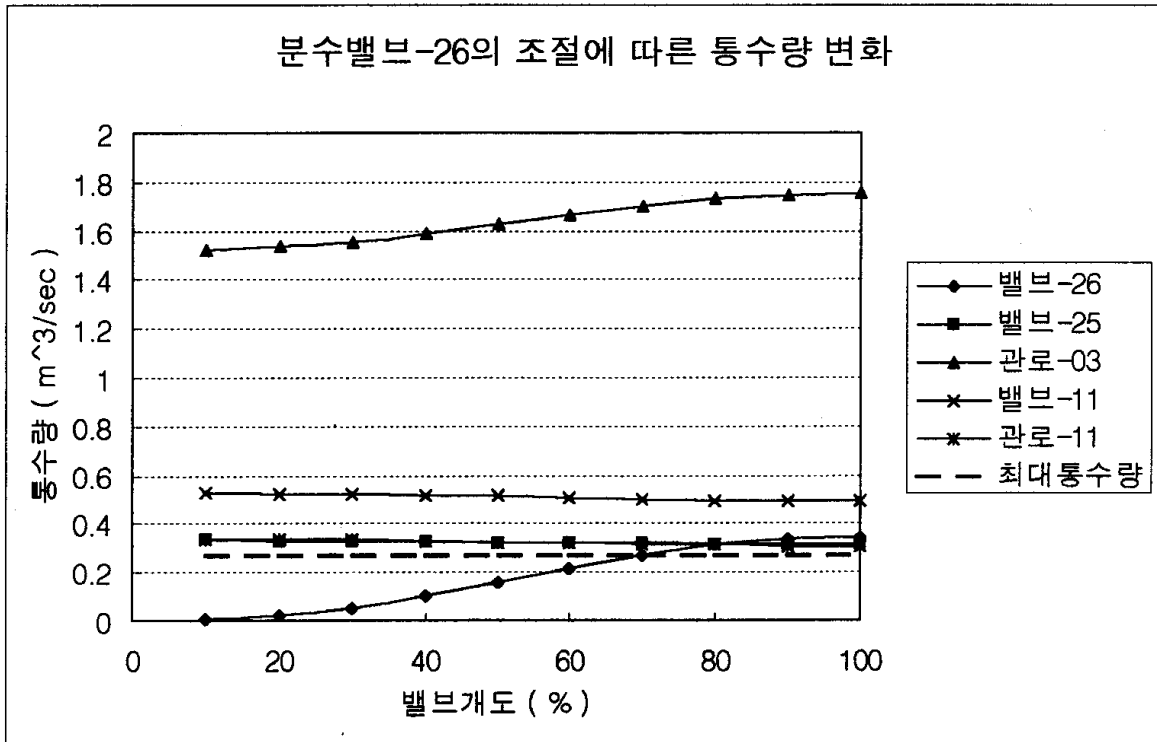
밸브개도 (%)	밸브-24	밸브-25	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.008	0.334	1.508	0.529	0.338	0.075
20	0.023	0.333	1.520	0.528	0.337	
30	0.049	0.332	1.539	0.526	0.335	
40	0.072	0.330	1.556	0.524	0.334	
50	0.084	0.330	1.565	0.523	0.333	
60	0.090	0.329	1.569	0.522	0.332	
70	0.093	0.329	1.571	0.522	0.332	
80	0.094	0.329	1.572	0.522	0.332	
90	0.094	0.329	1.572	0.522	0.332	
100	0.095	0.329	1.573	0.522	0.332	



<그림 4.6.14> 25번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.17> 25번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

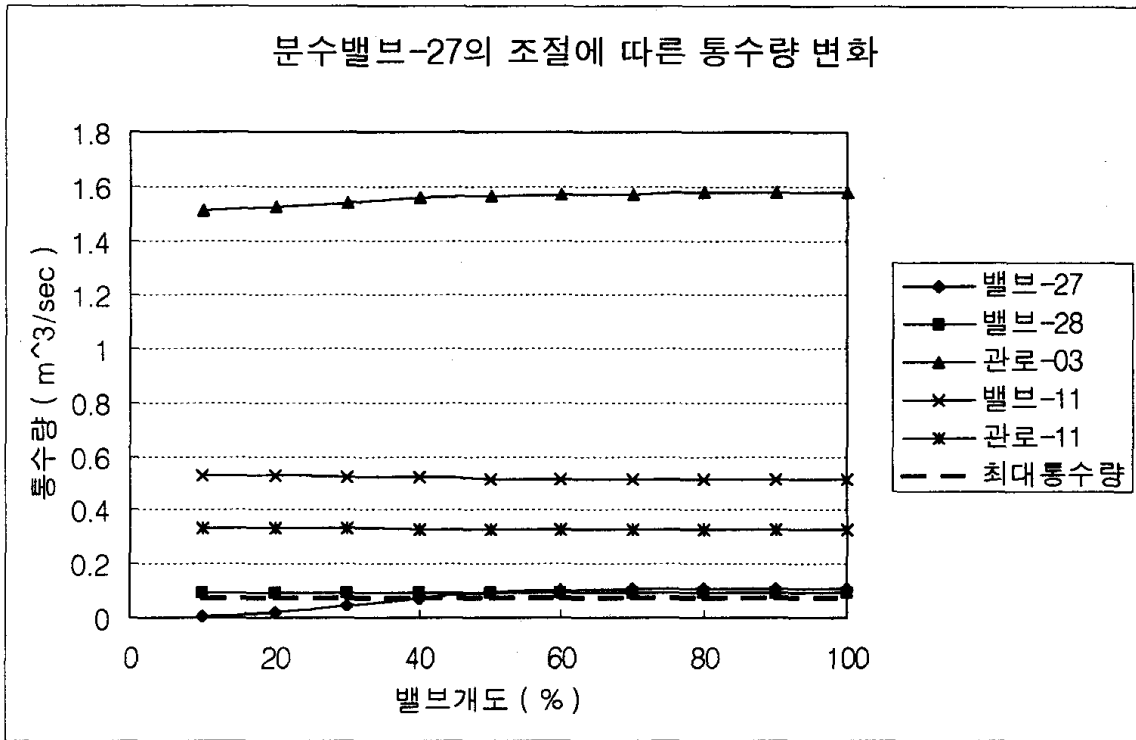
밸브개도 (%)	밸브-25	밸브-24	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.008	0.044	1.275	0.553	0.357	0.400
20	0.025	0.044	1.289	0.552	0.356	
30	0.059	0.044	1.316	0.550	0.354	
40	0.112	0.044	1.358	0.545	0.350	
50	0.173	0.043	1.408	0.540	0.346	
60	0.234	0.043	1.457	0.535	0.342	
70	0.301	0.042	1.509	0.529	0.338	
80	0.349	0.042	1.547	0.525	0.334	
90	0.377	0.042	1.569	0.522	0.332	
100	0.390	0.042	1.579	0.521	0.332	



<그림 4.6.15> 26번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.18> 26번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

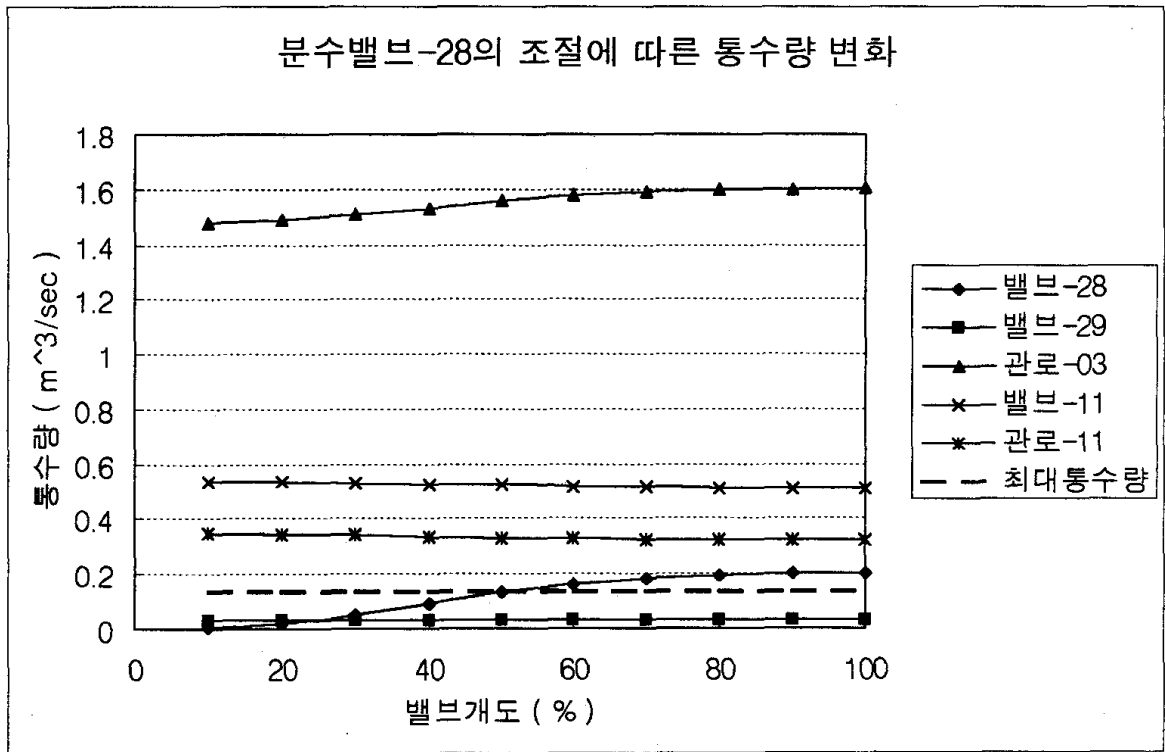
밸브개도 (%)	밸브-26	밸브-25	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m³/sec)
10	0.008	0.333	1.523	0.528	0.337	0.271
20	0.024	0.332	1.534	0.526	0.336	
30	0.054	0.330	1.555	0.523	0.333	
40	0.103	0.328	1.589	0.518	0.329	
50	0.159	0.324	1.628	0.512	0.324	
60	0.213	0.321	1.665	0.505	0.319	
70	0.271	0.318	1.705	0.499	0.314	
80	0.312	0.316	1.732	0.494	0.310	
90	0.336	0.314	1.748	0.491	0.308	
100	0.346	0.314	1.755	0.490	0.307	



<그림 4.6.16> 27번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.19> 27번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

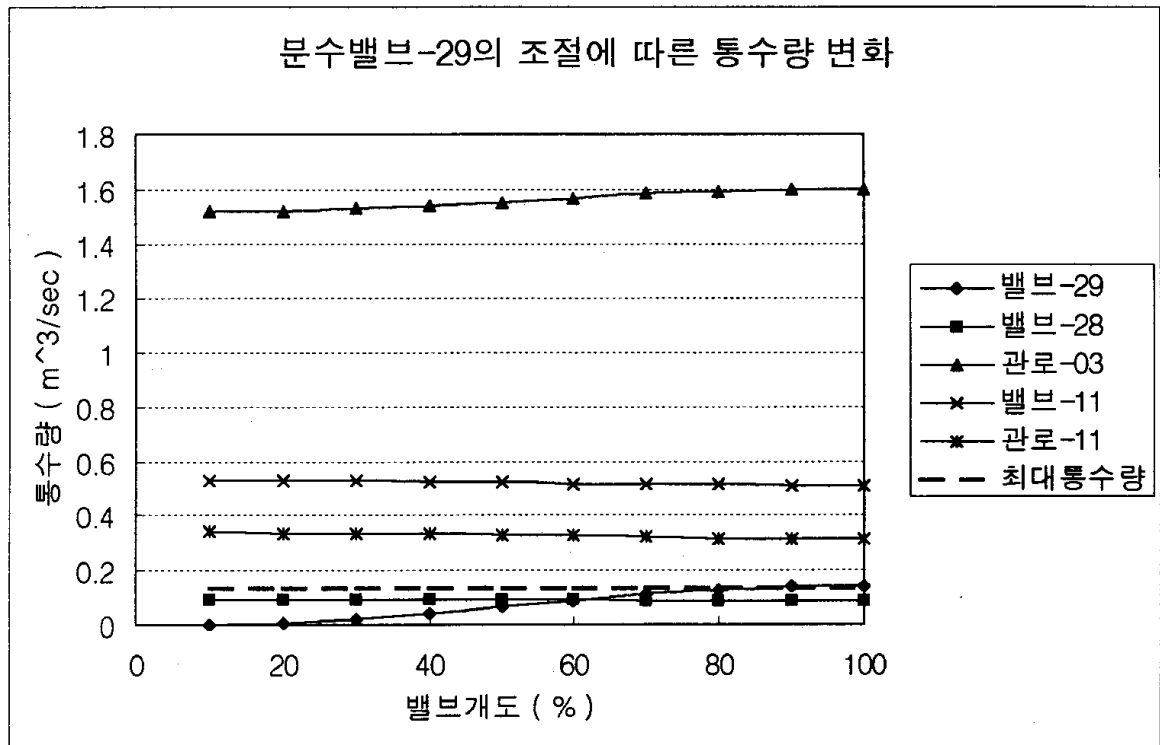
밸브개도 (%)	밸브-27	밸브-28	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.008	0.093	1.512	0.531	0.339	0.076
20	0.022	0.093	1.522	0.529	0.338	
30	0.048	0.092	1.538	0.525	0.335	
40	0.075	0.091	1.556	0.521	0.332	
50	0.092	0.091	1.567	0.519	0.330	
60	0.101	0.091	1.572	0.518	0.329	
70	0.105	0.091	1.575	0.517	0.329	
80	0.107	0.091	1.577	0.517	0.328	
90	0.108	0.091	1.577	0.517	0.328	
100	0.109	0.091	1.577	0.517	0.328	



<그림 4.6.17> 28번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.20> 28번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

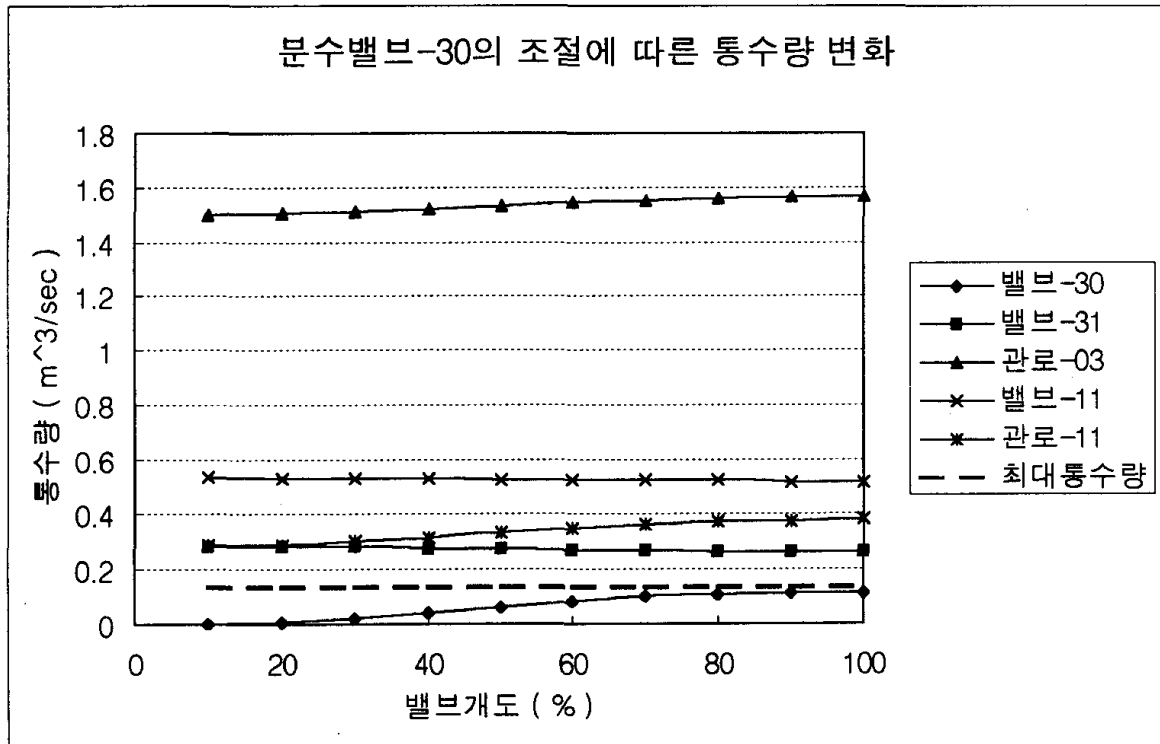
밸브개도 (%)	밸브-28	밸브-29	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.008	0.033	1.479	0.537	0.347	0.132
20	0.023	0.033	1.489	0.536	0.345	
30	0.051	0.033	1.508	0.532	0.341	
40	0.092	0.032	1.534	0.526	0.336	
50	0.131	0.032	1.558	0.521	0.330	
60	0.160	0.032	1.576	0.517	0.326	
70	0.183	0.031	1.590	0.514	0.323	
80	0.195	0.031	1.598	0.512	0.321	
90	0.201	0.031	1.601	0.511	0.320	
100	0.203	0.031	1.603	0.511	0.320	



<그림 4.6.18> 29번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.21> 29번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

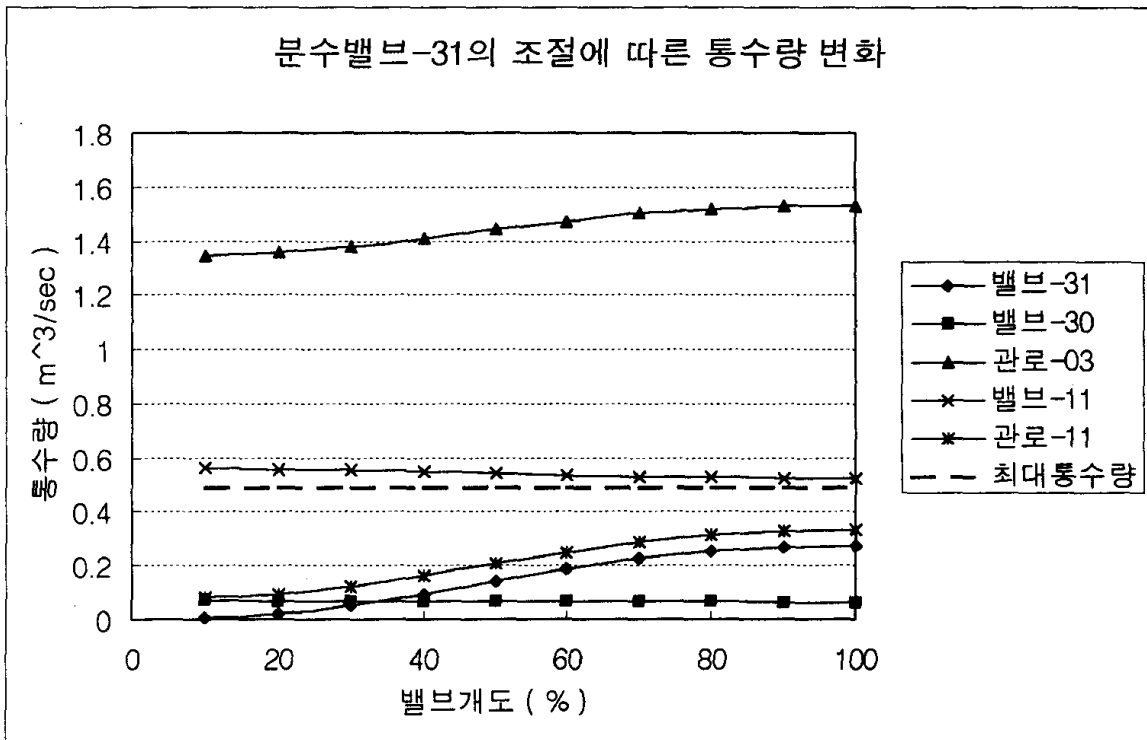
밸브개도 (%)	밸브-29	밸브-28	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.003	0.093	1.516	0.530	0.340	0.135
20	0.010	0.093	1.520	0.529	0.339	
30	0.023	0.093	1.528	0.528	0.337	
40	0.043	0.092	1.540	0.525	0.334	
50	0.067	0.091	1.554	0.522	0.330	
60	0.089	0.091	1.568	0.519	0.326	
70	0.114	0.090	1.582	0.516	0.322	
80	0.130	0.089	1.592	0.514	0.319	
90	0.140	0.089	1.598	0.512	0.318	
100	0.144	0.089	1.600	0.512	0.317	



<그림 4.6.19> 30번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.22> 30번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

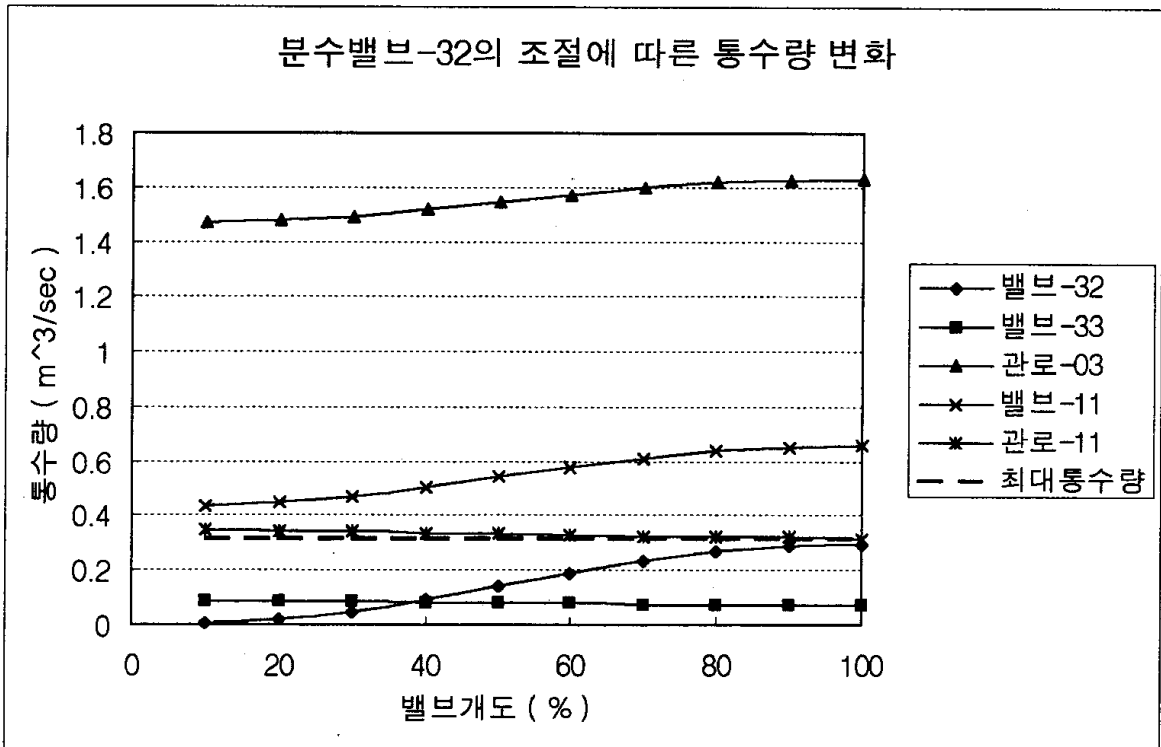
밸브개도 (%)	밸브-30	밸브-31	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.003	0.283	1.498	0.534	0.286	0.136
20	0.010	0.282	1.502	0.533	0.291	
30	0.023	0.280	1.510	0.531	0.302	
40	0.042	0.276	1.521	0.529	0.318	
50	0.063	0.273	1.534	0.526	0.336	
60	0.081	0.270	1.544	0.524	0.351	
70	0.098	0.267	1.554	0.522	0.365	
80	0.109	0.265	1.560	0.521	0.374	
90	0.115	0.264	1.564	0.520	0.378	
100	0.117	0.263	1.565	0.520	0.380	



<그림 4.6.20> 31번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.23> 31번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

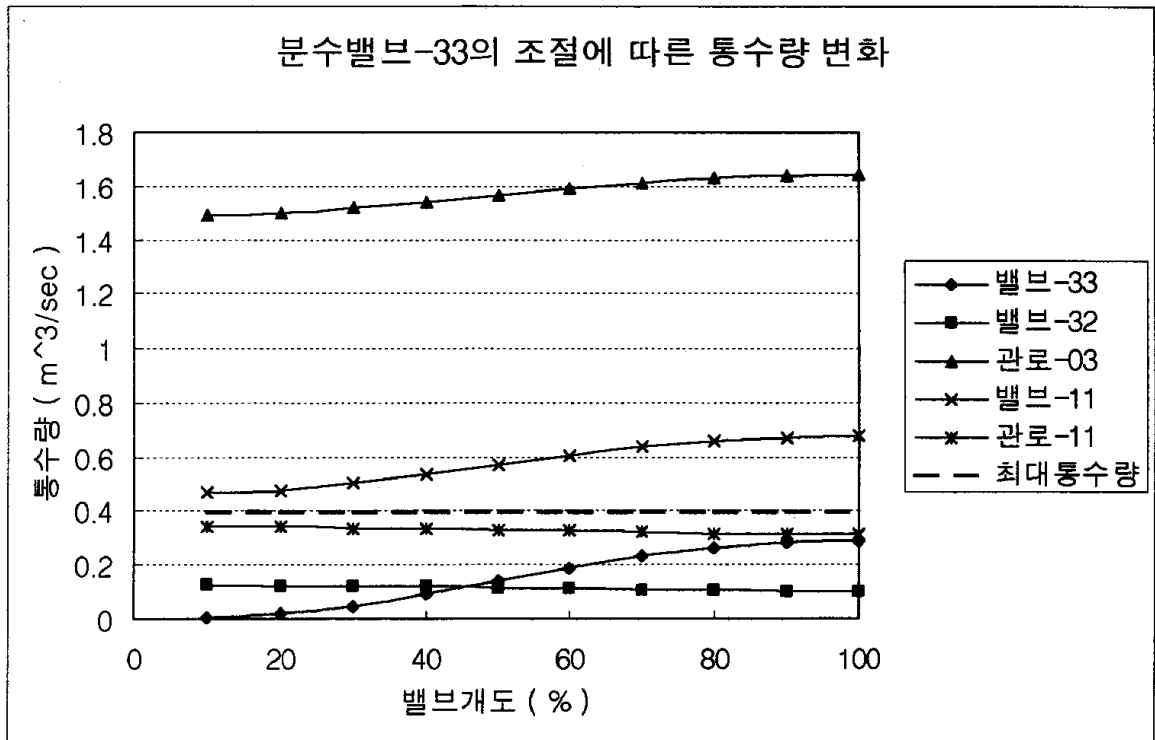
밸브개도 (%)	밸브-31	밸브-30	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.007	0.071	1.346	0.562	0.078	0.493
20	0.022	0.070	1.357	0.560	0.093	
30	0.051	0.070	1.378	0.557	0.121	
40	0.095	0.069	1.409	0.551	0.163	
50	0.143	0.067	1.443	0.545	0.210	
60	0.186	0.066	1.474	0.539	0.251	
70	0.227	0.064	1.502	0.533	0.291	
80	0.253	0.064	1.520	0.529	0.316	
90	0.267	0.063	1.530	0.527	0.330	
100	0.273	0.063	1.534	0.526	0.336	



<그림 4.6.21> 32번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.24> 32번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

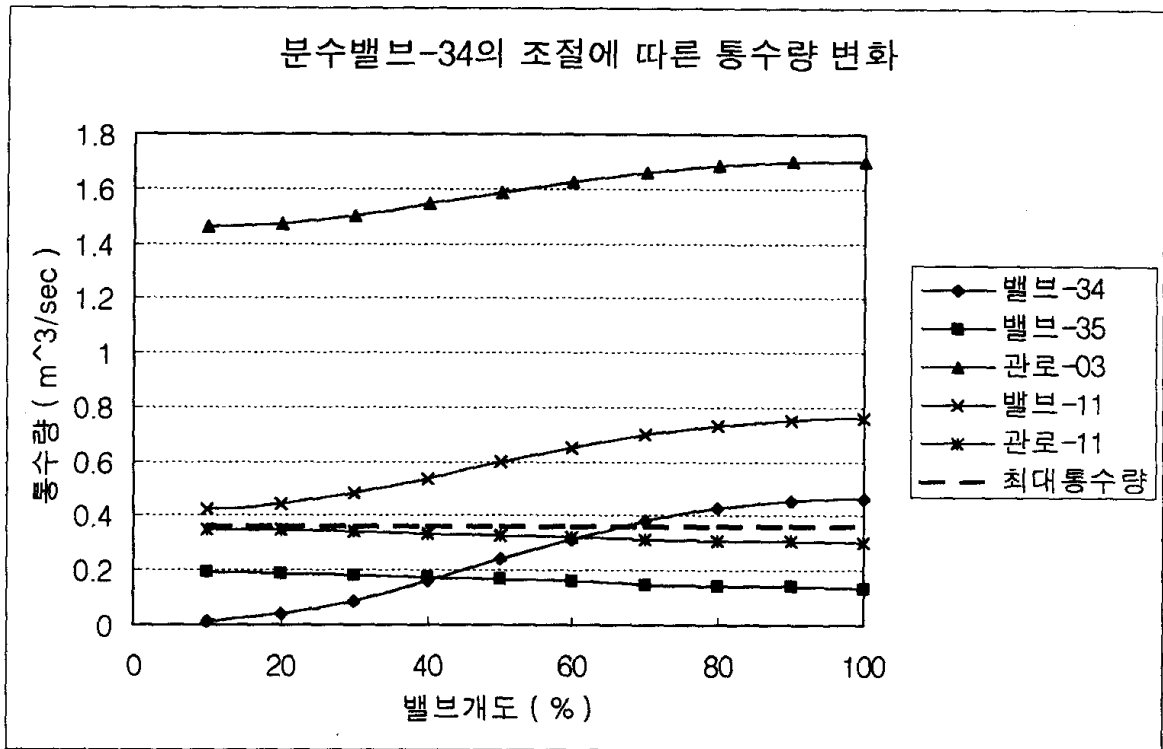
밸브개도 (%)	밸브-32	밸브-33	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m³/sec)
10	0.007	0.087	1.468	0.438	0.346	0.313
20	0.022	0.086	1.476	0.450	0.345	
30	0.050	0.085	1.493	0.472	0.342	
40	0.093	0.083	1.518	0.506	0.338	
50	0.142	0.081	1.546	0.543	0.334	
60	0.188	0.078	1.572	0.578	0.329	
70	0.236	0.076	1.598	0.614	0.325	
80	0.269	0.074	1.616	0.638	0.321	
90	0.288	0.073	1.626	0.652	0.320	
100	0.296	0.073	1.630	0.657	0.319	



<그림 4.6.22> 33번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.25> 33번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

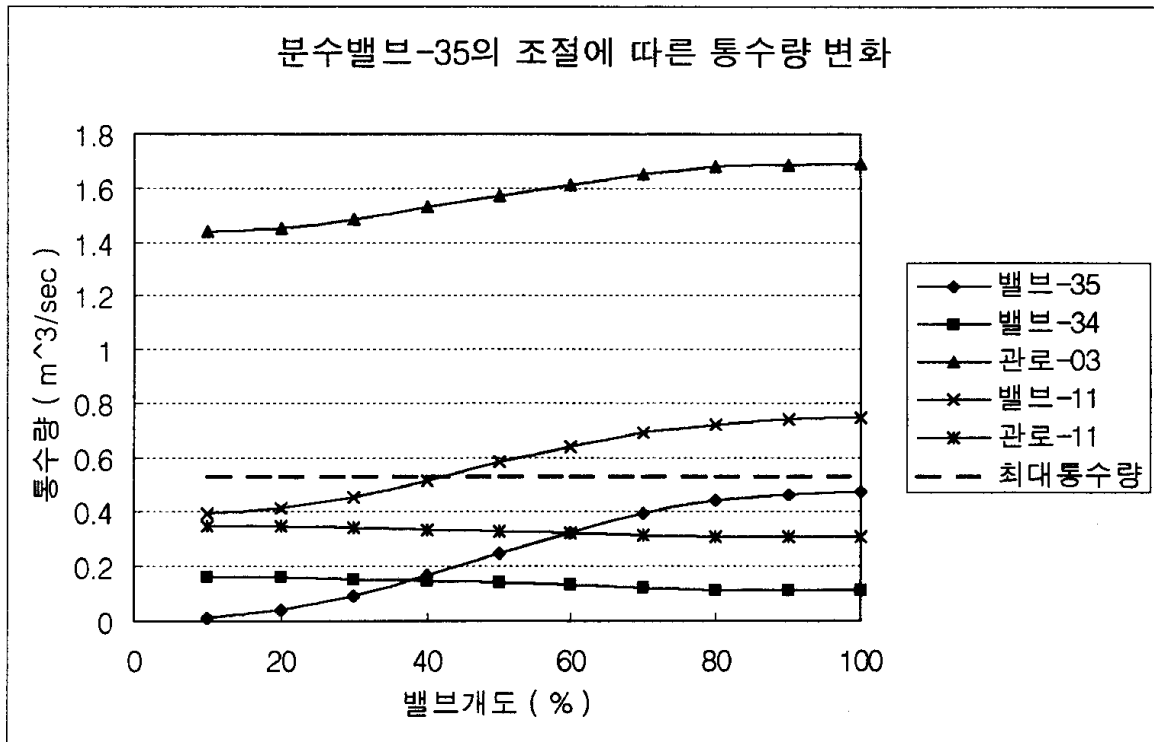
밸브개도 (%)	밸브-33	밸브-32	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.007	0.125	1.491	0.470	0.342	0.397
20	0.021	0.124	1.499	0.480	0.341	
30	0.049	0.122	1.515	0.502	0.339	
40	0.092	0.119	1.539	0.534	0.335	
50	0.140	0.116	1.565	0.569	0.330	
60	0.185	0.112	1.590	0.602	0.326	
70	0.232	0.109	1.614	0.636	0.322	
80	0.264	0.106	1.631	0.659	0.319	
90	0.283	0.104	1.641	0.672	0.317	
100	0.291	0.104	1.644	0.677	0.316	



<그림 4.6.23> 34번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.26> 34번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

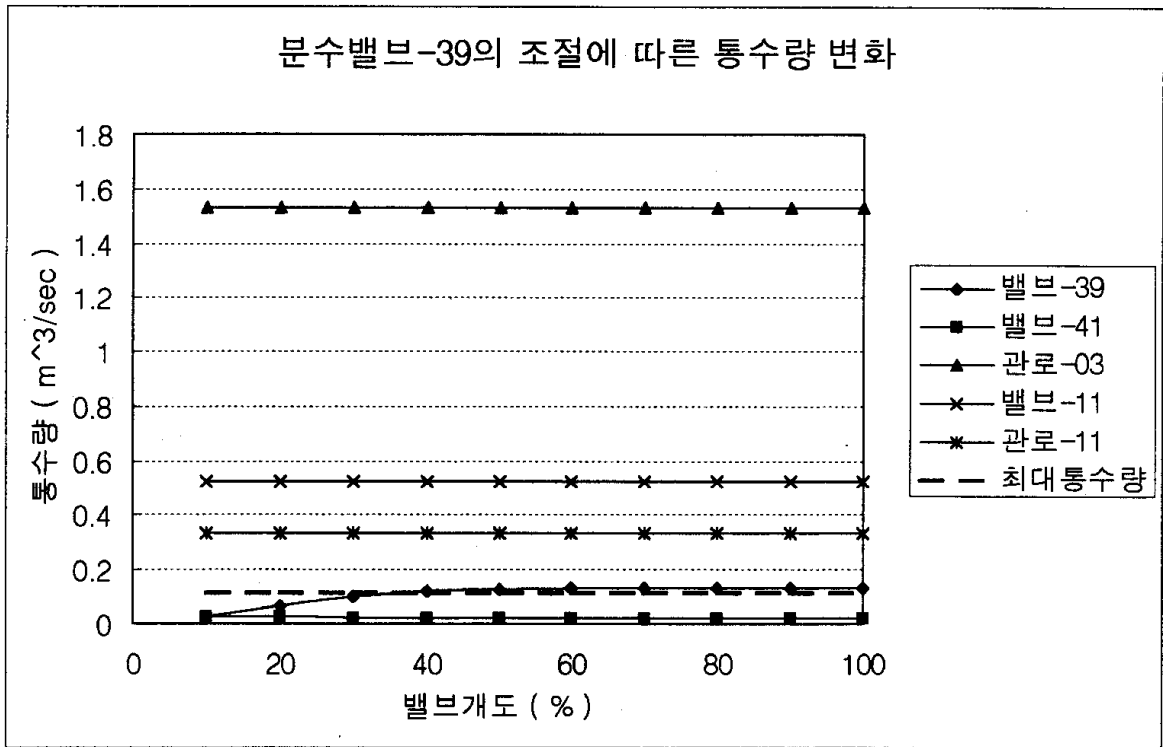
밸브개도 (%)	밸브-34	밸브-35	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.013	0.192	1.455	0.422	0.348	0.366
20	0.039	0.189	1.471	0.442	0.346	
30	0.089	0.184	1.500	0.482	0.341	
40	0.163	0.176	1.543	0.539	0.334	
50	0.242	0.167	1.587	0.599	0.327	
60	0.314	0.158	1.626	0.651	0.320	
70	0.384	0.148	1.662	0.701	0.313	
80	0.429	0.142	1.684	0.732	0.309	
90	0.454	0.138	1.696	0.750	0.306	
100	0.464	0.136	1.701	0.757	0.305	



<그림 4.6.24> 35번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.27> 35번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

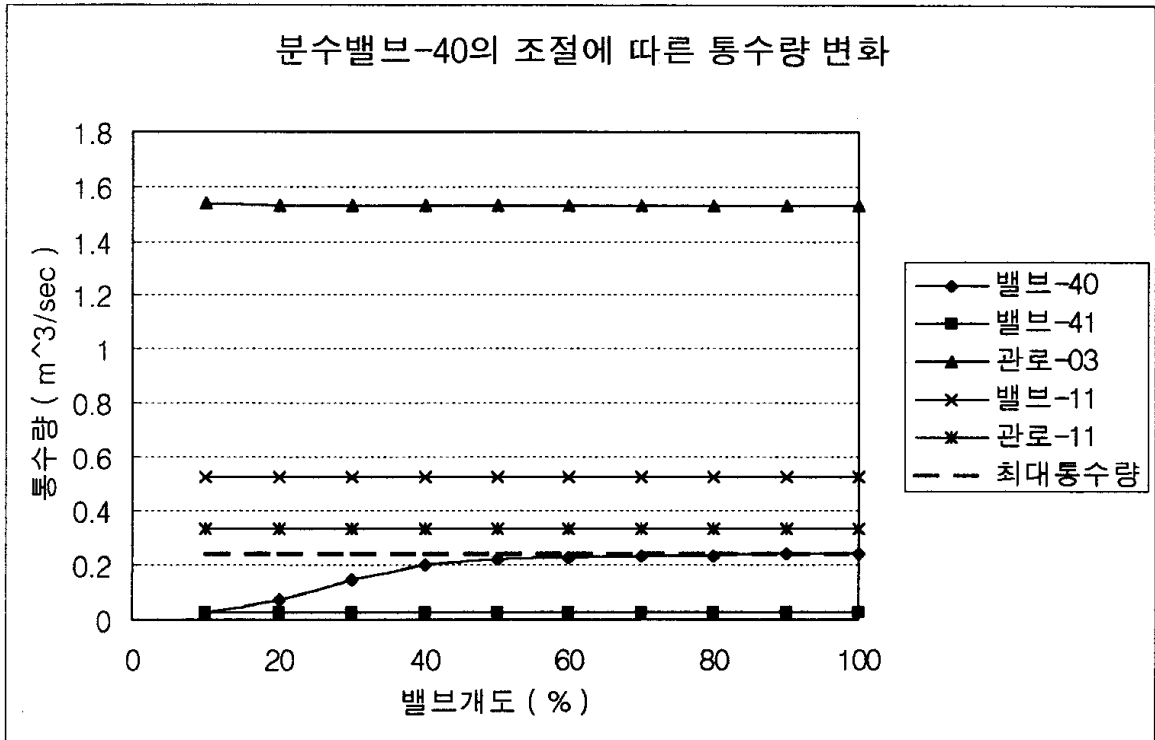
밸브개도 (%)	밸브-35	밸브-34	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.014	0.160	1.434	0.394	0.351	0.533
20	0.040	0.158	1.451	0.416	0.349	
30	0.092	0.154	1.482	0.458	0.344	
40	0.168	0.147	1.528	0.519	0.337	
50	0.250	0.139	1.575	0.582	0.329	
60	0.323	0.131	1.615	0.637	0.322	
70	0.394	0.123	1.653	0.689	0.315	
80	0.440	0.117	1.676	0.722	0.310	
90	0.465	0.114	1.689	0.740	0.308	
100	0.476	0.112	1.694	0.747	0.307	



<그림 4.6.25> 39번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.28> 39번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

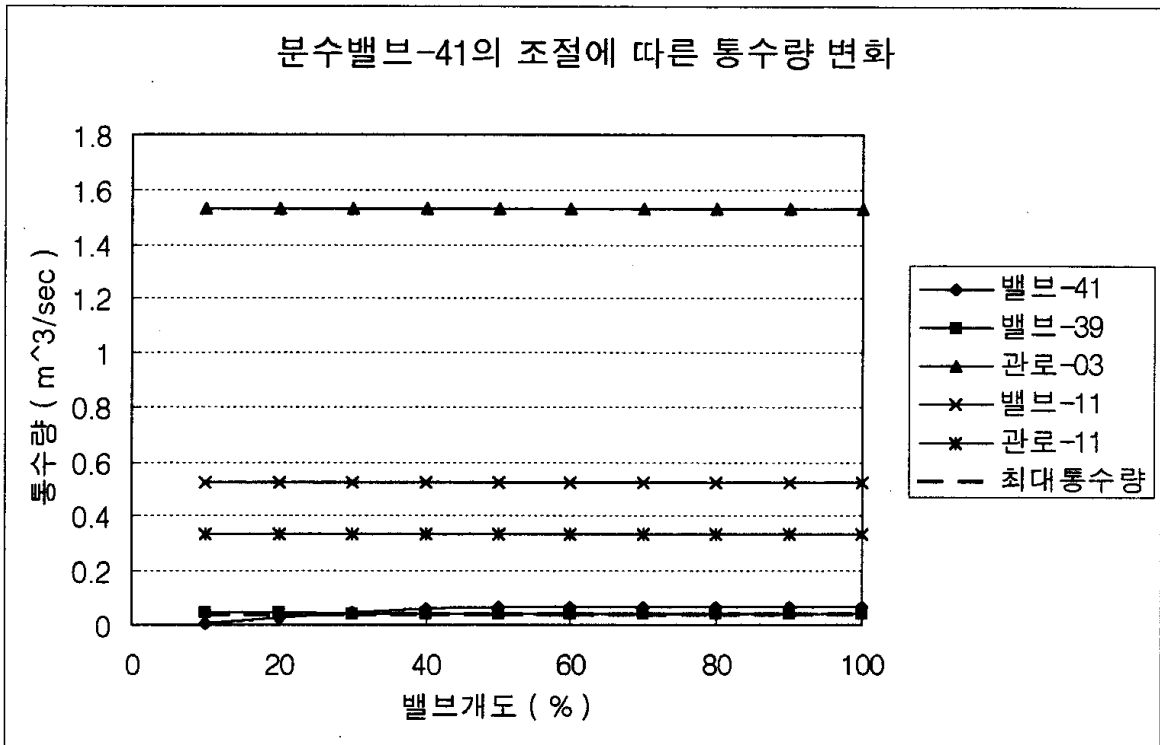
밸브개도 (%)	밸브-39	밸브-41	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.025	0.029	1.534	0.526	0.336	0.115
20	0.064	0.026	1.533	0.526	0.336	
30	0.104	0.022	1.533	0.526	0.335	
40	0.123	0.019	1.533	0.526	0.335	
50	0.129	0.017	1.533	0.526	0.335	
60	0.131	0.017	1.533	0.526	0.335	
70	0.132	0.017	1.533	0.526	0.335	
80	0.133	0.017	1.533	0.526	0.335	
90	0.133	0.017	1.533	0.526	0.335	
100	0.133	0.017	1.533	0.526	0.335	



<그림 4.6.26> 40번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.29> 40번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

밸브개도 (%)	밸브-40	밸브-41	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.025	0.028	1.535	0.527	0.336	0.245
20	0.074	0.028	1.534	0.527	0.336	
30	0.145	0.028	1.533	0.526	0.336	
40	0.199	0.028	1.533	0.526	0.335	
50	0.222	0.028	1.532	0.526	0.335	
60	0.231	0.028	1.532	0.526	0.335	
70	0.236	0.028	1.532	0.526	0.335	
80	0.238	0.028	1.532	0.526	0.335	
90	0.239	0.028	1.532	0.526	0.335	
100	0.239	0.028	1.532	0.526	0.335	



<그림 4.6.27> 41번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화

<표 4.6.30> 41번 분수밸브의 개도 조절에 따른 통수량 변화(m³/sec)

밸브개도 (%)	밸브-41	밸브-39	관로-03	밸브-11	관로-11	최대통수량 (m ³ /sec)
10	0.009	0.045	1.534	0.526	0.336	0.041
20	0.025	0.044	1.534	0.526	0.336	
30	0.046	0.041	1.533	0.526	0.336	
40	0.061	0.039	1.533	0.526	0.336	
50	0.066	0.038	1.533	0.526	0.336	
60	0.068	0.038	1.533	0.526	0.336	
70	0.069	0.038	1.533	0.526	0.336	
80	0.070	0.038	1.533	0.526	0.336	
90	0.070	0.038	1.533	0.526	0.336	
100	0.070	0.038	1.533	0.526	0.336	

4. 관개 계획

분수량 계산 프로그램을 이용하면, 일정한 담수심을 채우기 위한 관개계획을 수립할 수 있다. 이는 각 용수구역에서 필요한 용수의 공급상황을 시간의 경과에 따라 파악하여 필요 담수심이 채워진 후에는 해당 분수문을 폐쇄하는 것으로 관개계획을 수립할 수 있는데, 이와 같은 임의의 분수문의 폐쇄는 전체 관수로 구간의 통수량은 물론 각 분수문의 분수량 또한 변화하게 되며 이에 따른 각 용수구역의 담수심의 변화를 추적하여야 한다.

가. 입력자료의 구성

관개계획의 수립을 위한 입력자료는 전문자료 및 관리자료는 역시 분수량 계산시와 동일하며, 관개계획 자료에서 관개일과 관개 시작시간을 입력하면 된다. 물론, 전일까지의 담수심과 이번 관개에 의한 예상담수심을 입력하여야 하는데, 전일담수심을 알 수 없는 경우에는 0으로 정의할 수 있으며, 예상담수심은 관개시기에 맞는 추천담수심 자료를 이용하면 가능할 것이다. 본 연구에서는 예상담수심이 30mm 인 경우로 하여 프로그램을 적용하였다.

나. 관개계획 수립

시범지구에 대한 관개계획 수립을 위하여, <표 4.6.31>과 같이 4가지 조건으로 프로그램을 적용하였다. 조건-1은 현장조사 자료에 의하여 검정되어진 분수밸브의 개도와 동일하게 관개를 시작하는 경우이고, 조건-2는 특히 분수량이 적은 22번과 39번 밸브를 100% 개도하여 관개를 실시한 경우이며, 조건-3은 분수량이 적은 전체 분수밸브의 50%를 100% 개도한 경우이며 조건-4는 전체 분수밸브를 100% 개도한 경우이다.

<표 4.6.31>의 조건들에 대하여 오전 6시 정각에 관개를 시작하는 것으로 하여 프로그램을 적용하여, <표 4.6.32>와 <그림 4.6.28>~<그림 4.6.33>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 조건-1의 경우는 분수량이 적은 밸브39번이 74시 35분에 필요한 담수심 30mm를 채우고 폐쇄될 수 있는 것으로 나타났다. 조건-2의 경우는 밸브 22번이 47시 52분에 폐쇄되면서가 관개가 종료되는 것을 알 수 있으며, 조건-3과 조건-4의 경우도 밸브22번이 비슷한 시간에 폐쇄되면서 관개가 종료될 수 있었다.

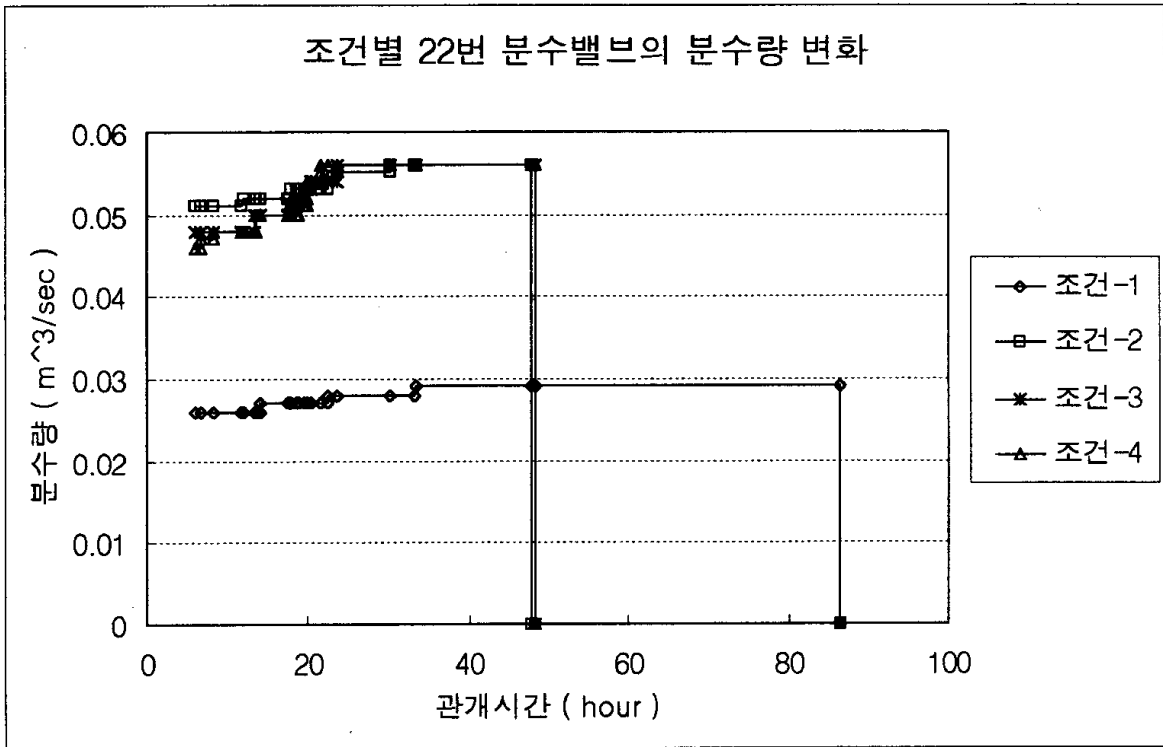
<표 4.6.33>~<표 4.6.50>과 <그림 4.6.34>~<그림 4.6.51>는 <표 4.6.31>의 조건-3의 경우에 대한, 각 분수밸브 폐쇄시간에서의 분수량 및 담수심을 나타낸 결과로서, 해당 관개구역의 담수심이 30mm에 도달한 분수밸브부터 폐쇄가 이루어지며, 그에 따라 각 관수로 구간의 통수량도 변화하여, 마지막 22번 밸브의 폐쇄와 함께 48시 14분에 관개가 종료되는 것을 알 수 있다. 그림에서의 사각형 표시는 관개구역을 형상화 한 것으로 시간이 지남에 따라 담수심이 채워져 나가는 상황을 표시하였다.

<표 4.6.31> 관개계획 모의발생을 위한 분수밸브의 조건별 밸브개도(%)

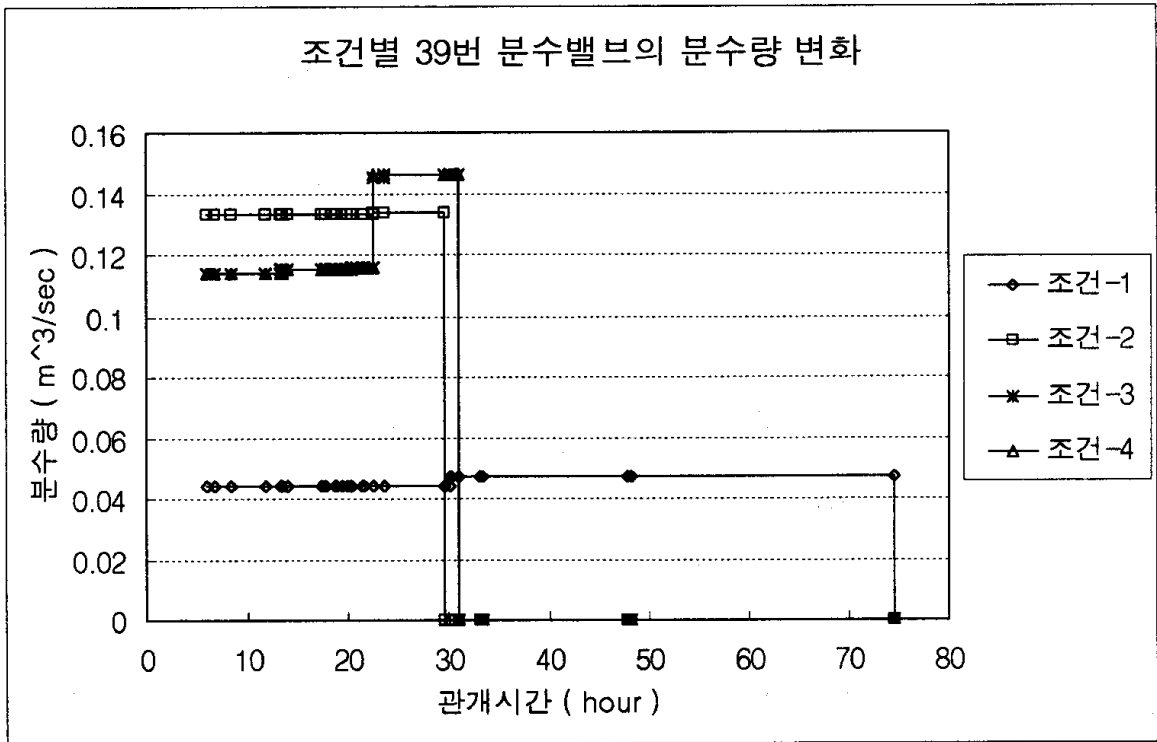
밸브 번호	조건-1	조건-2	조건-3	조건-4
22	23	100	100	100
23	37	37	100	100
24	29	29	100	100
25	77	77	77	100
26	20	20	20	100
27	29	29	29	100
28	40	40	40	100
29	37	37	37	100
30	50	50	50	100
31	100	100	100	100
32	47	47	100	100
33	39	39	100	100
34	39	39	39	100
35	42	42	100	100
39	18	100	100	100
40	29	29	29	100
41	23	23	100	100

<표 4.6.32> 관개계획에 따른 조건별 분수밸브의 폐쇄시간(시 : 분) (관개시작 : 6 : 00)

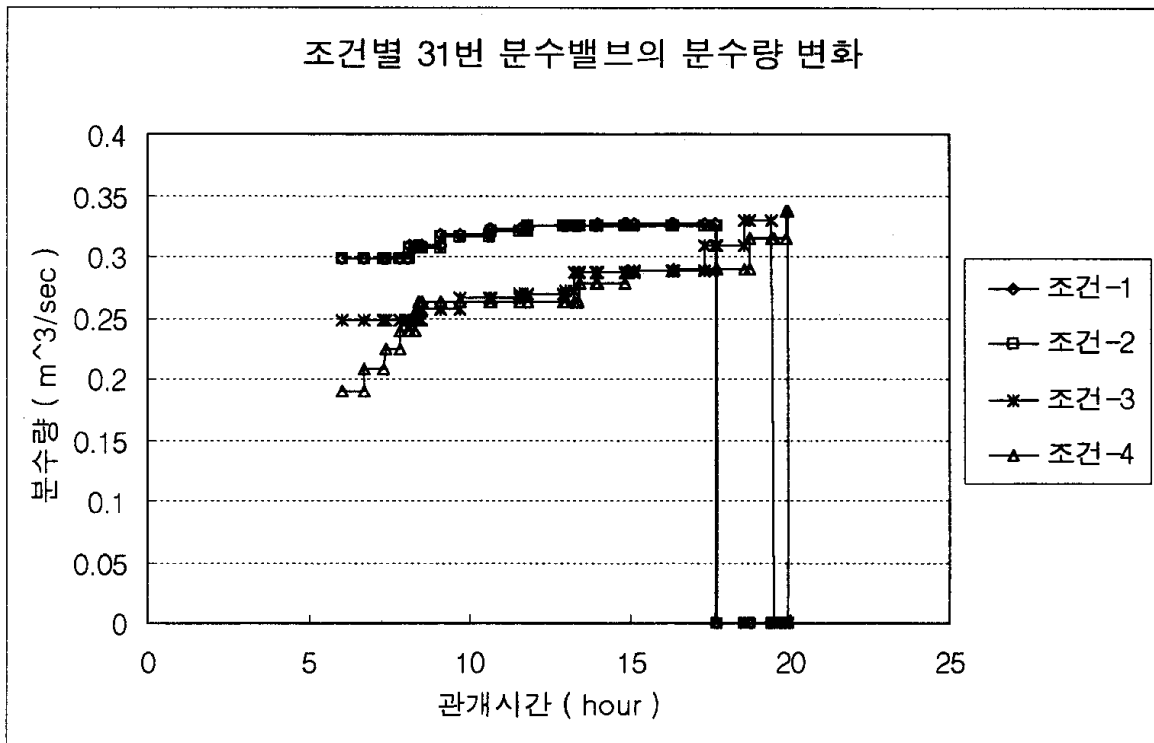
밸브 번호	조건-1	조건-2	조건-3	조건-4
22	86 : 25	47 : 52	48 : 14	48 : 20
23	33 : 18	33 : 21	13 : 16	13 : 25
24	41 : 16	41 : 21	23 : 40	23 : 55
25	22 : 29	22 : 32	23 : 32	21 : 31
26	13 : 59	14 : 00	15 : 08	6 : 42
27	10 : 37	10 : 38	11 : 35	8 : 22
28	8 : 05	8 : 06	8 : 31	7 : 21
29	11 : 47	11 : 48	12 : 58	7 : 51
30	9 : 04	9 : 04	9 : 41	8 : 18
31	17 : 42	17 : 45	19 : 29	19 : 57
32	30 : 12	30 : 15	20 : 20	21 : 28
33	34 : 06	34 : 10	18 : 37	19 : 54
34	21 : 58	22 : 01	25 : 36	14 : 53
35	27 : 37	27 : 40	17 : 21	18 : 47
39	74 : 35	29 : 30	30 : 59	30 : 59
40	25 : 18	25 : 19	25 : 22	16 : 22
41	30 : 09	39 : 00	22 : 27	22 : 28



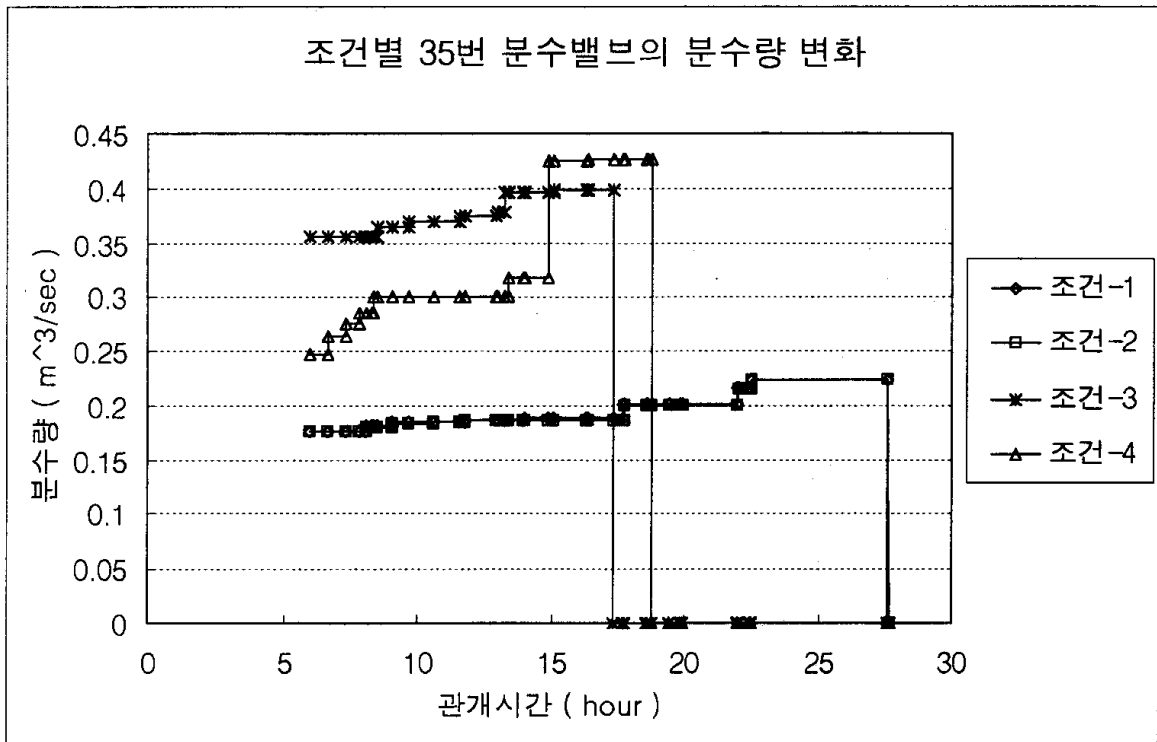
〈그림 4.6.28〉 조건별 22번 분수밸브의 분수량 변화



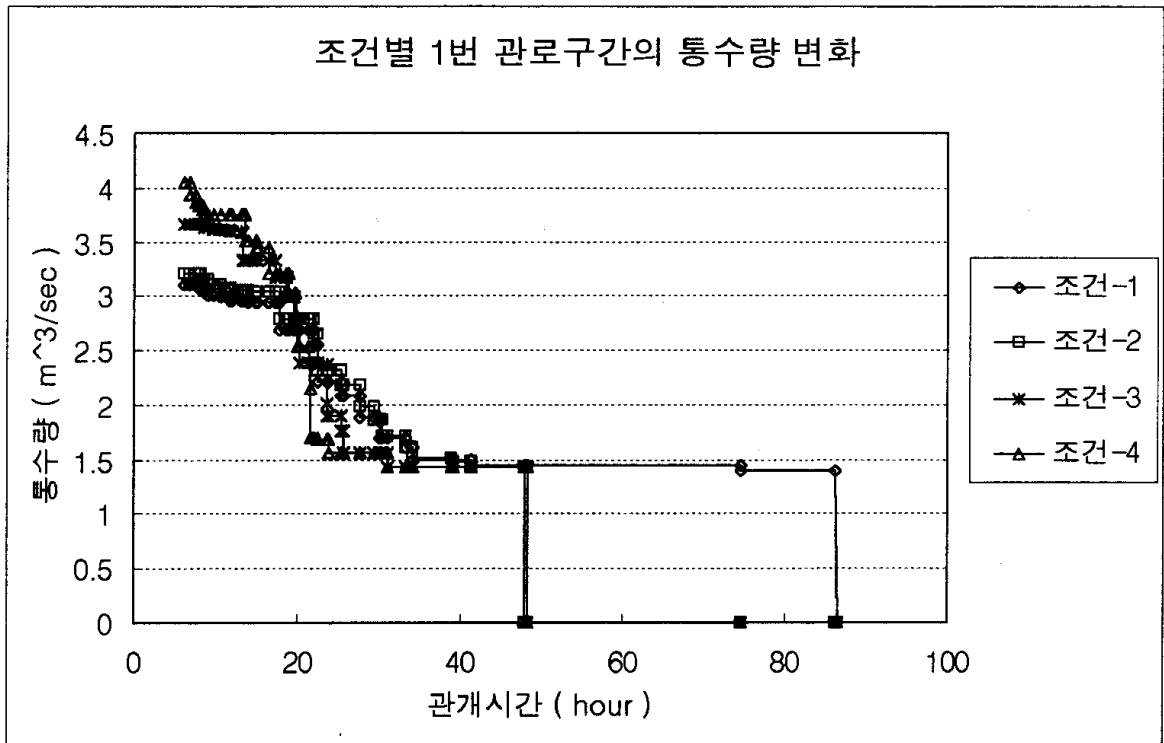
〈그림 4.6.29〉 조건별 39번 분수밸브의 분수량 변화



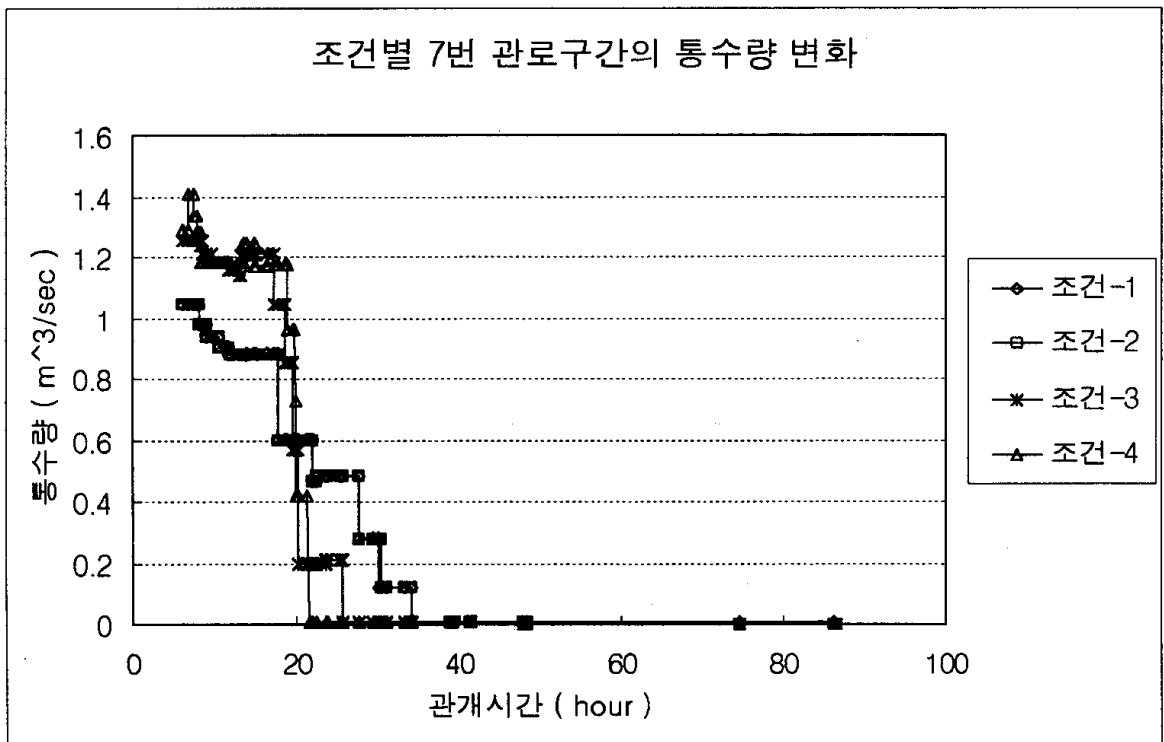
<그림 4.6.30> 조건별 31번 분수밸브의 분수량 변화



<그림 4.6.31> 조건별 35번 분수밸브의 분수량 변화



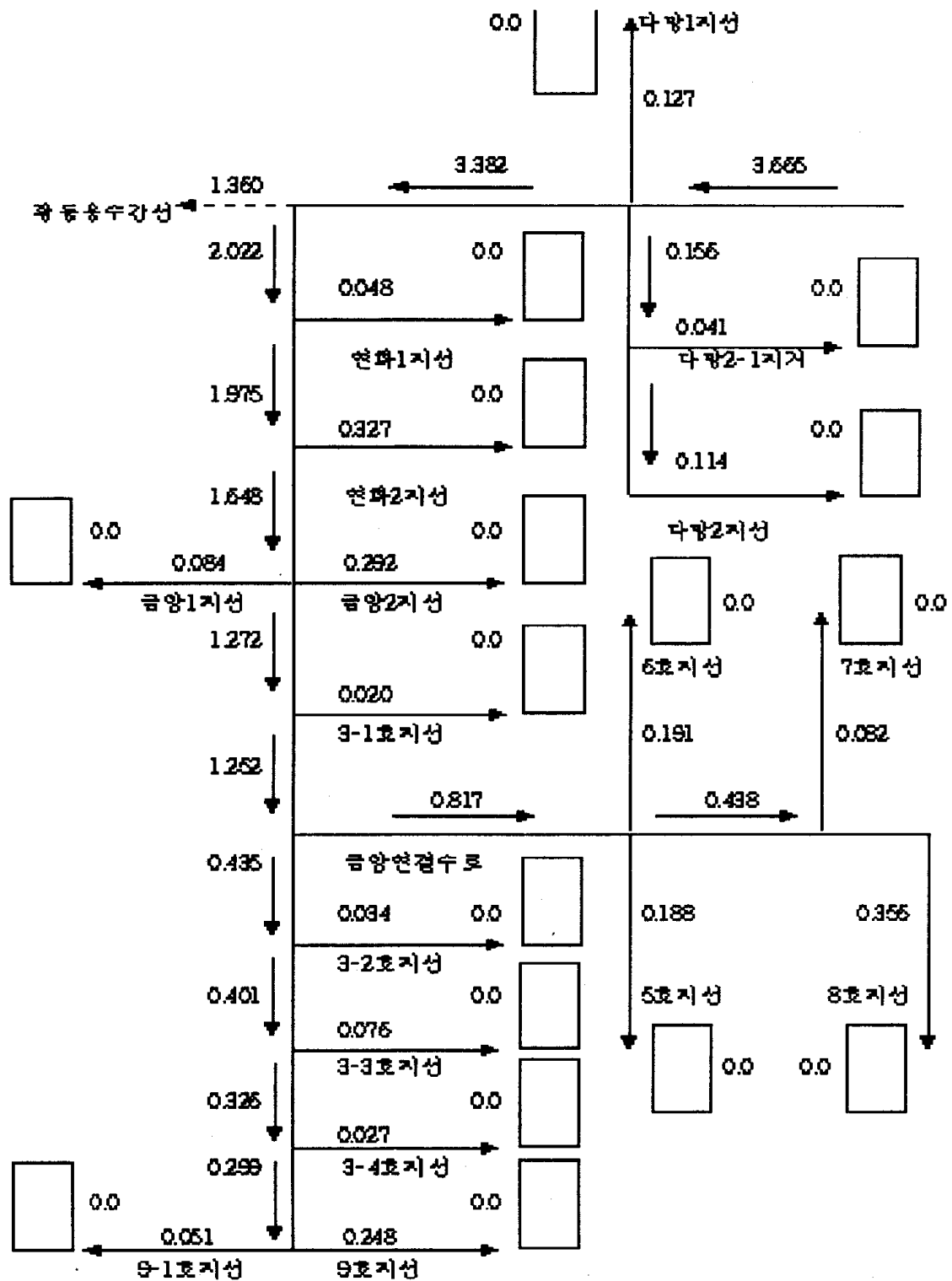
〈그림 4.6.32〉 조건별 1번 관로구간의 통수량 변화



〈그림 4.6.33〉 조건별 7번 관로구간의 통수량 변화

〈표 4.6.33〉 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(관개시작 시간 , 6:00)

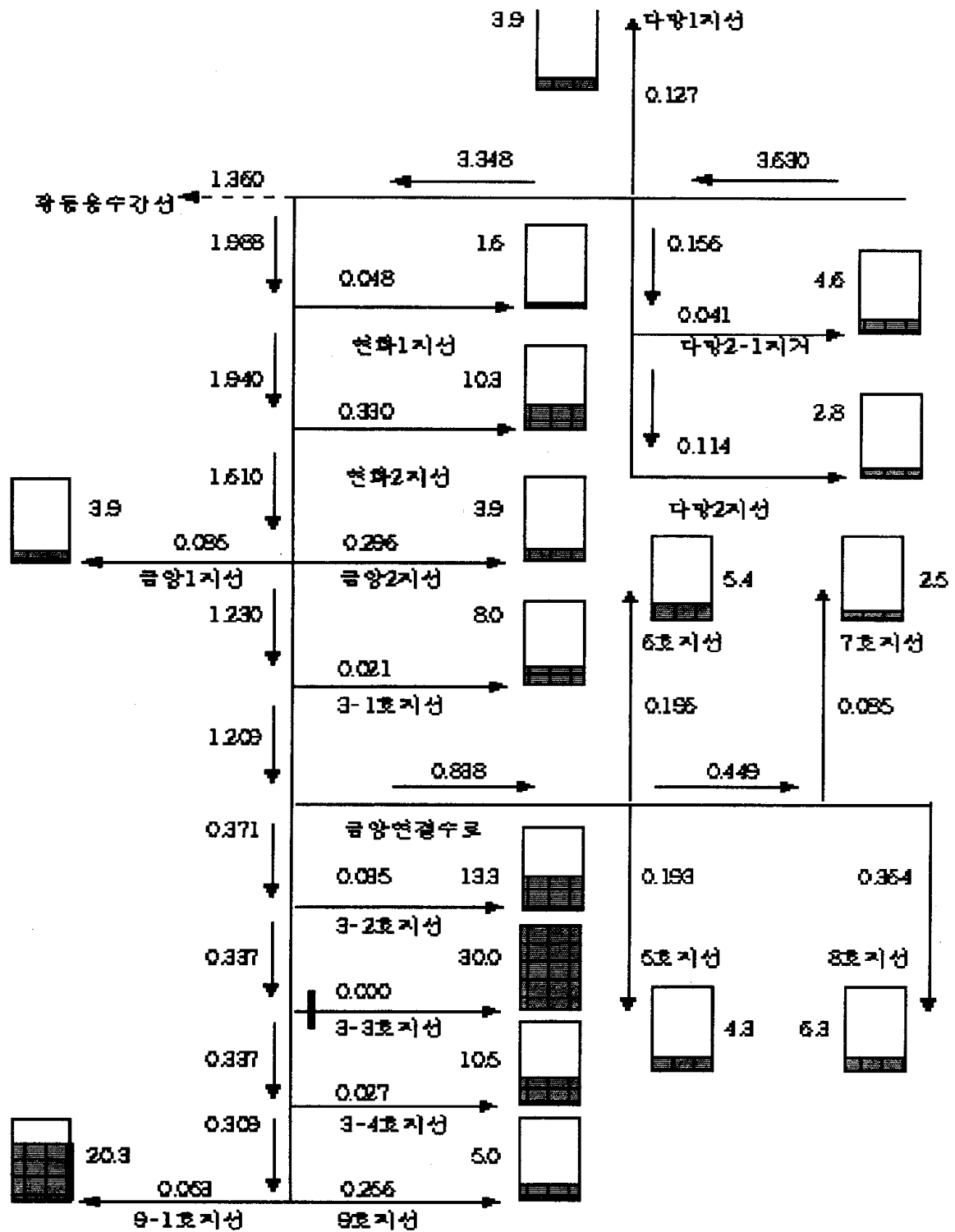
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.048	0.0	
23	2	100	0.327	0.0	
24	3	100	0.084	0.0	
25	4	77	0.292	0.0	
26	5	20	0.020	0.0	
27	6	29	0.034	0.0	
28	7	40	0.076	0.0	
29	8	37	0.027	0.0	
30	9	50	0.051	0.0	
31	10	100	0.248	0.0	
32	11	100	0.188	0.0	
33	12	100	0.191	0.0	
34	13	39	0.082	0.0	
35	14	100	0.356	0.0	
39	15	100	0.114	0.0	
40	16	29	0.127	0.0	
41	17	100	0.041	0.0	



<그림 4.6.34> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (6:00)

<표 4.6.34> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(8 : 31)

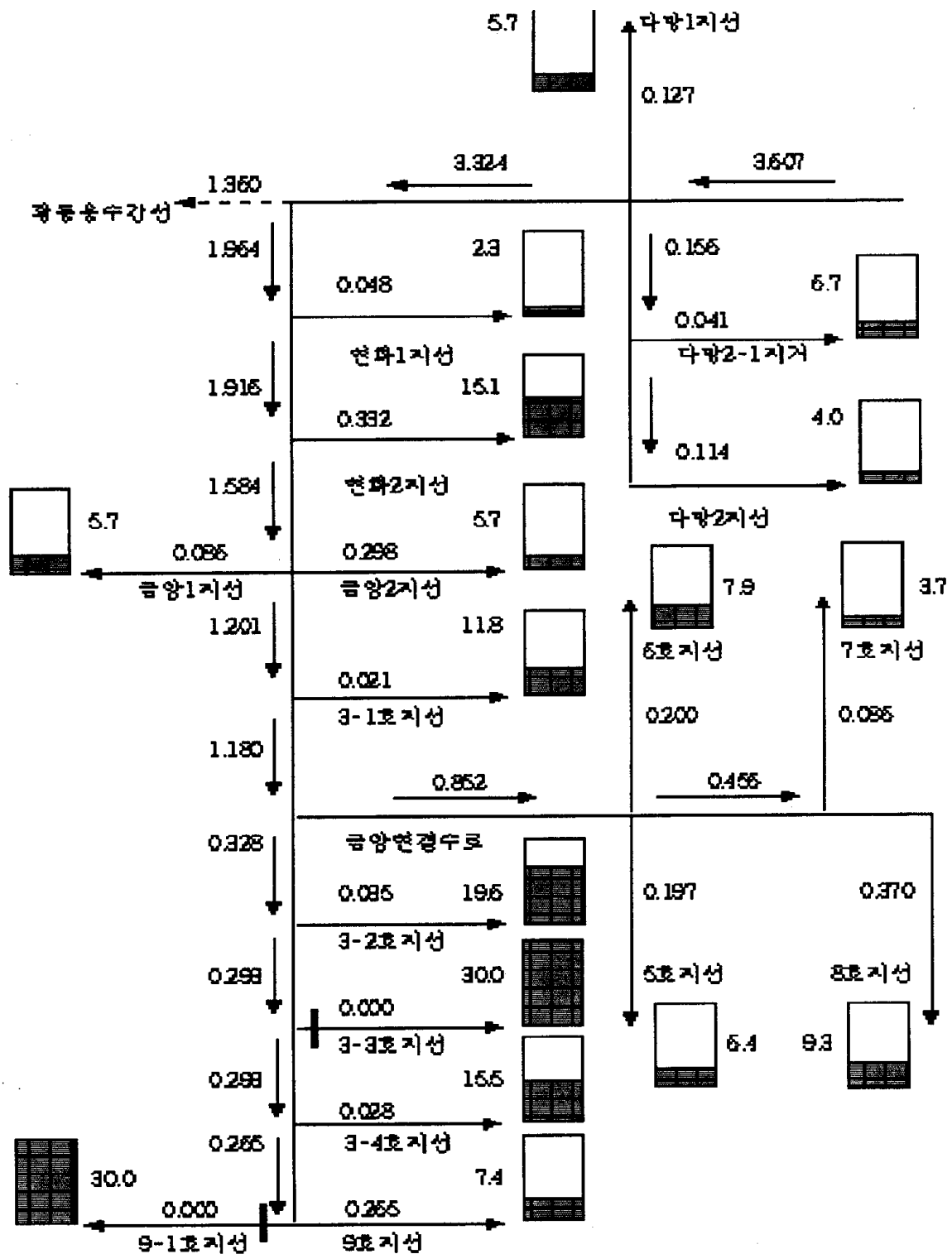
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.048	1.6	
23	2	100	0.330	10.3	
24	3	100	0.085	3.9	
25	4	77	0.296	3.9	
26	5	20	0.021	8.0	
27	6	29	0.035	13.3	
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	37	0.027	10.5	
30	9	50	0.053	20.3	
31	10	100	0.256	5.0	
32	11	100	0.193	4.3	
33	12	100	0.196	5.4	
34	13	39	0.085	2.5	
35	14	100	0.364	6.3	
39	15	100	0.114	2.8	
40	16	29	0.127	3.9	
41	17	100	0.041	4.6	



<그림 4.6.35> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (8:31)

<표 4.6.35> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(9 : 41)

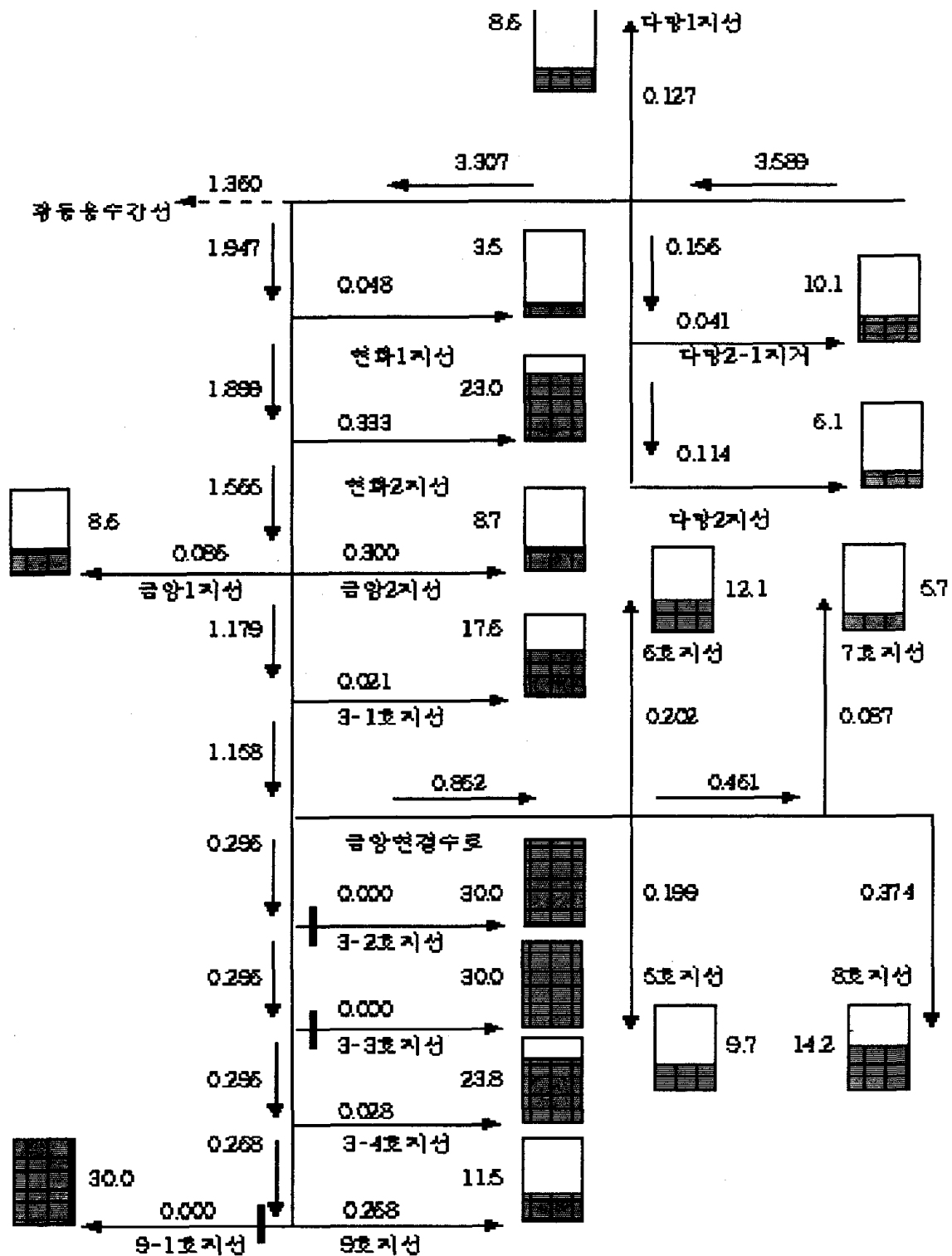
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.048	2.3	
23	2	100	0.332	15.1	
24	3	100	0.086	5.7	
25	4	77	0.298	5.7	
26	5	20	0.021	11.8	
27	6	29	0.035	19.6	
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	37	0.028	15.5	
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.265	7.4	
32	11	100	0.197	6.4	
33	12	100	0.200	7.9	
34	13	39	0.086	3.7	
35	14	100	0.370	9.3	
39	15	100	0.114	4.0	
40	16	29	0.127	5.7	
41	17	100	0.041	6.7	



<그림 4.6.36> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (9:41)

<표 4.6.36> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(11 : 35)

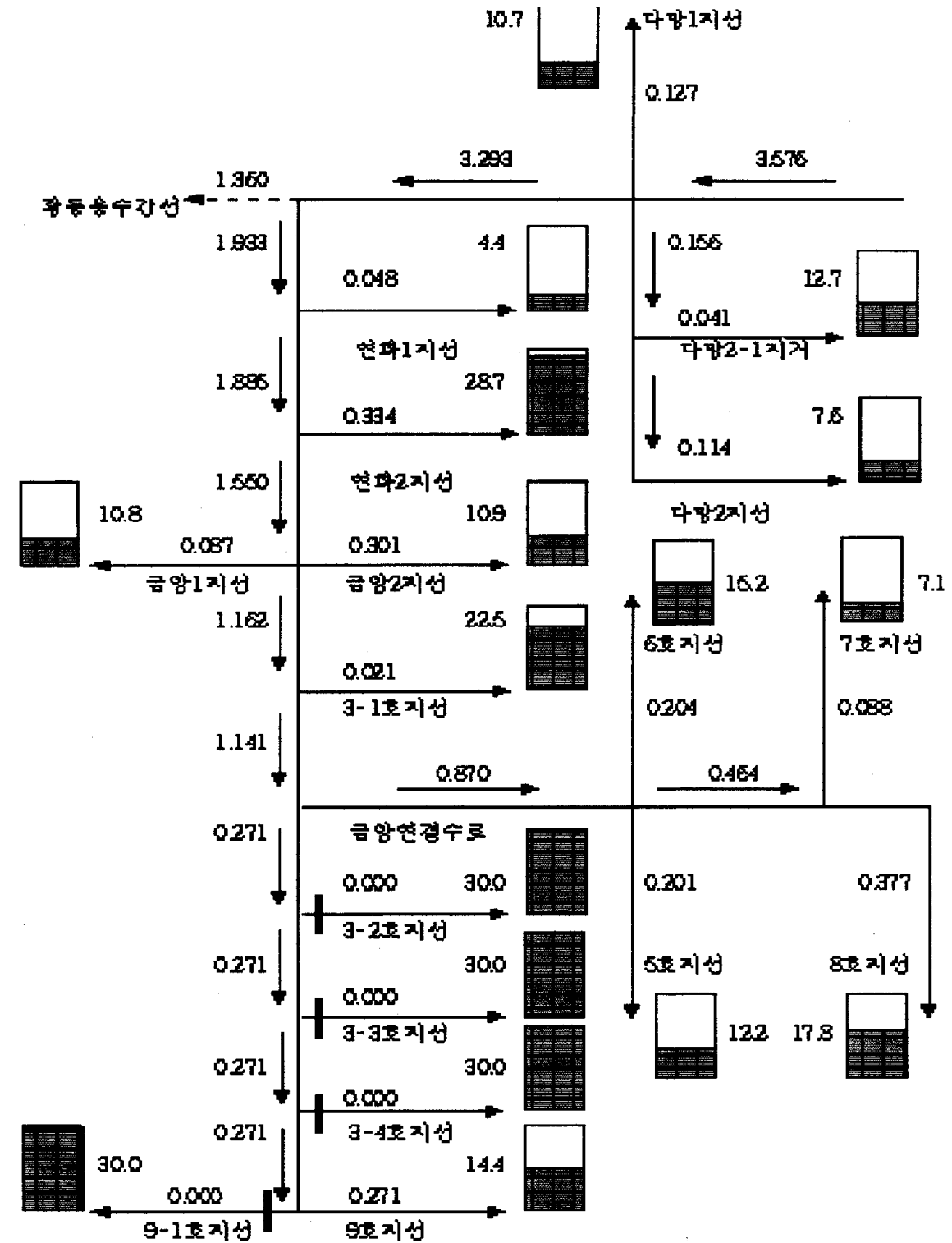
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m3/sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.048	3.5	
23	2	100	0.333	23.0	
24	3	100	0.086	8.6	
25	4	77	0.300	8.7	
26	5	20	0.021	17.9	
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	37	0.028	23.8	
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.268	11.5	
32	11	100	0.199	9.7	
33	12	100	0.202	12.1	
34	13	39	0.087	5.7	
35	14	100	0.374	14.2	
39	15	100	0.114	6.1	
40	16	29	0.127	8.6	
41	17	100	0.041	10.1	



<그림 4.6.37> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (11:35)

<표 4.6.37> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(12 : 58)

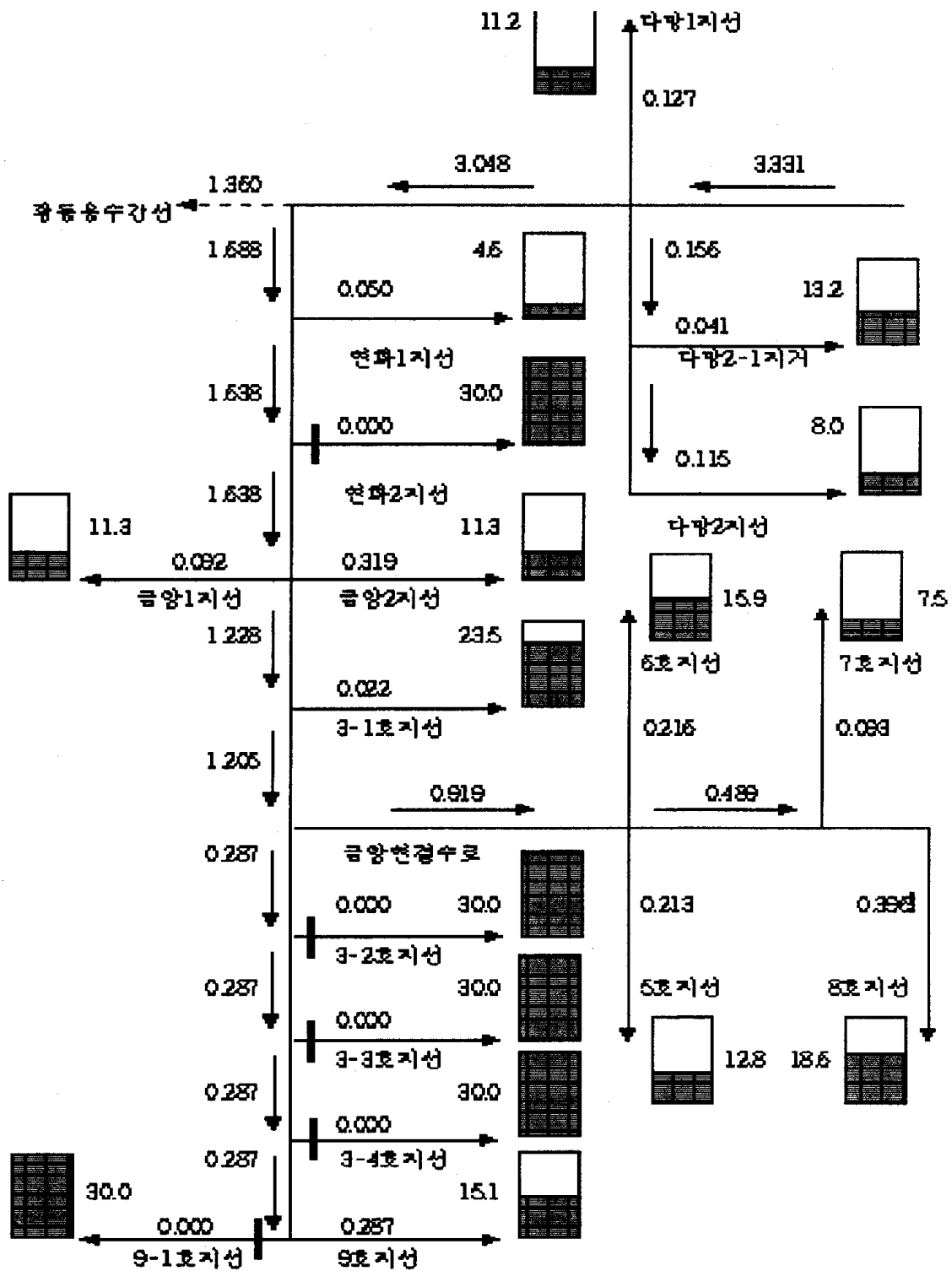
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.048	4.4	
23	2	100	0.334	28.7	
24	3	100	0.087	10.8	
25	4	77	0.301	10.9	
26	5	20	0.021	22.5	
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.271	14.4	
32	11	100	0.201	12.2	
33	12	100	0.204	15.2	
34	13	39	0.088	7.1	
35	14	100	0.377	17.8	
39	15	100	0.114	7.6	
40	16	29	0.127	10.7	
41	17	100	0.041	12.7	



<그림 4.6.38> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (12:58)

<표 4.6.38> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(13 : 16)

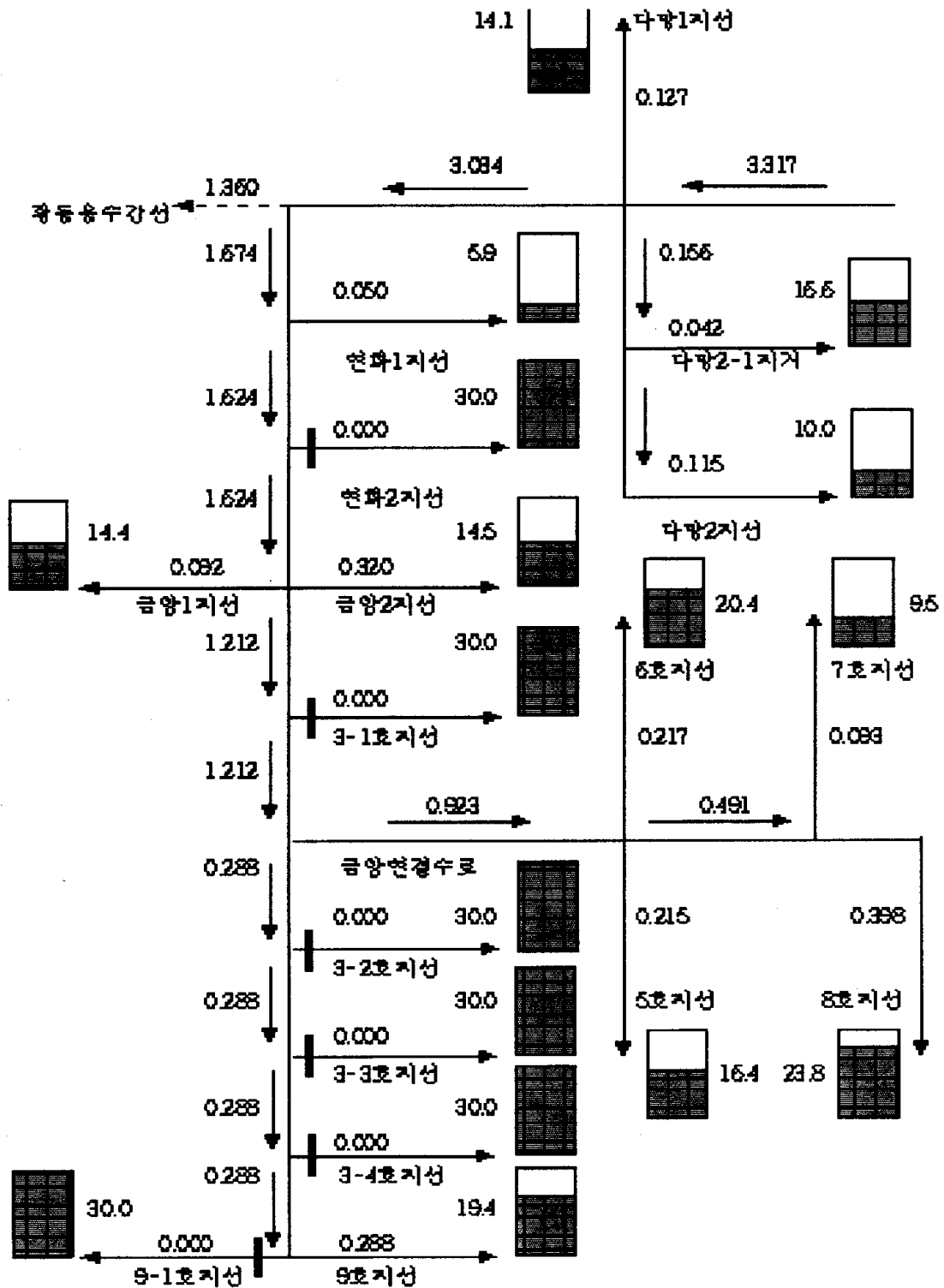
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.050	4.6	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.092	11.3	
25	4	77	0.319	11.3	
26	5	20	0.022	23.5	
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.287	15.1	
32	11	100	0.213	12.8	
33	12	100	0.216	15.9	
34	13	39	0.093	7.5	
35	14	100	0.396	18.6	
39	15	100	0.115	8.0	
40	16	29	0.127	11.2	
41	17	100	0.041	13.2	



<그림 4.6.39> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (13:16)

<표 4.6.39> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(15 : 08)

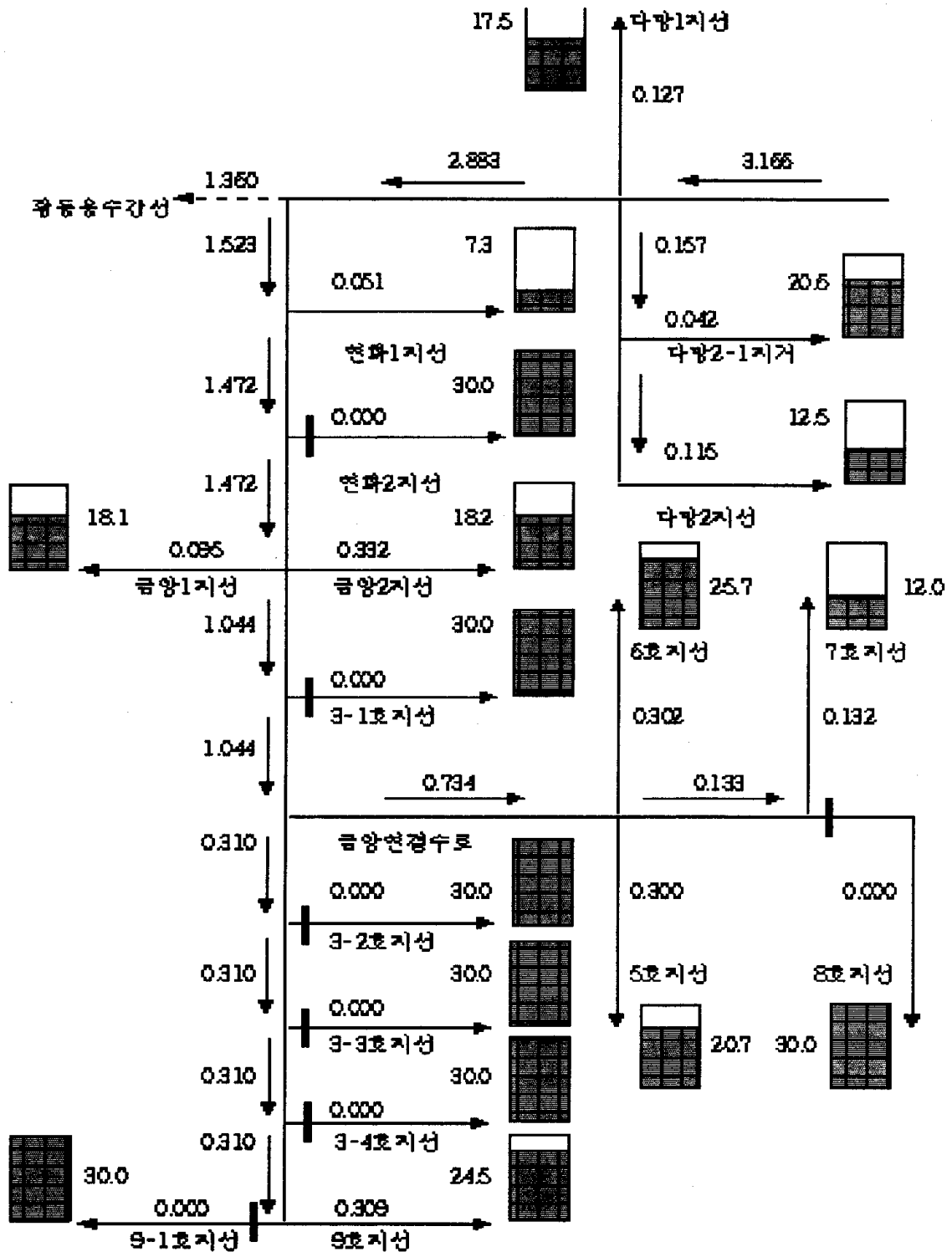
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.050	5.9	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.092	14.4	
25	4	77	0.320	14.5	
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.288	19.4	
32	11	100	0.215	16.4	
33	12	100	0.217	20.4	
34	13	39	0.093	9.5	
35	14	100	0.398	23.8	
39	15	100	0.115	10.0	
40	16	29	0.127	14.1	
41	17	100	0.042	16.6	



<그림 4.6.40> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (15:08)

<표 4.6.40> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(17 : 21)

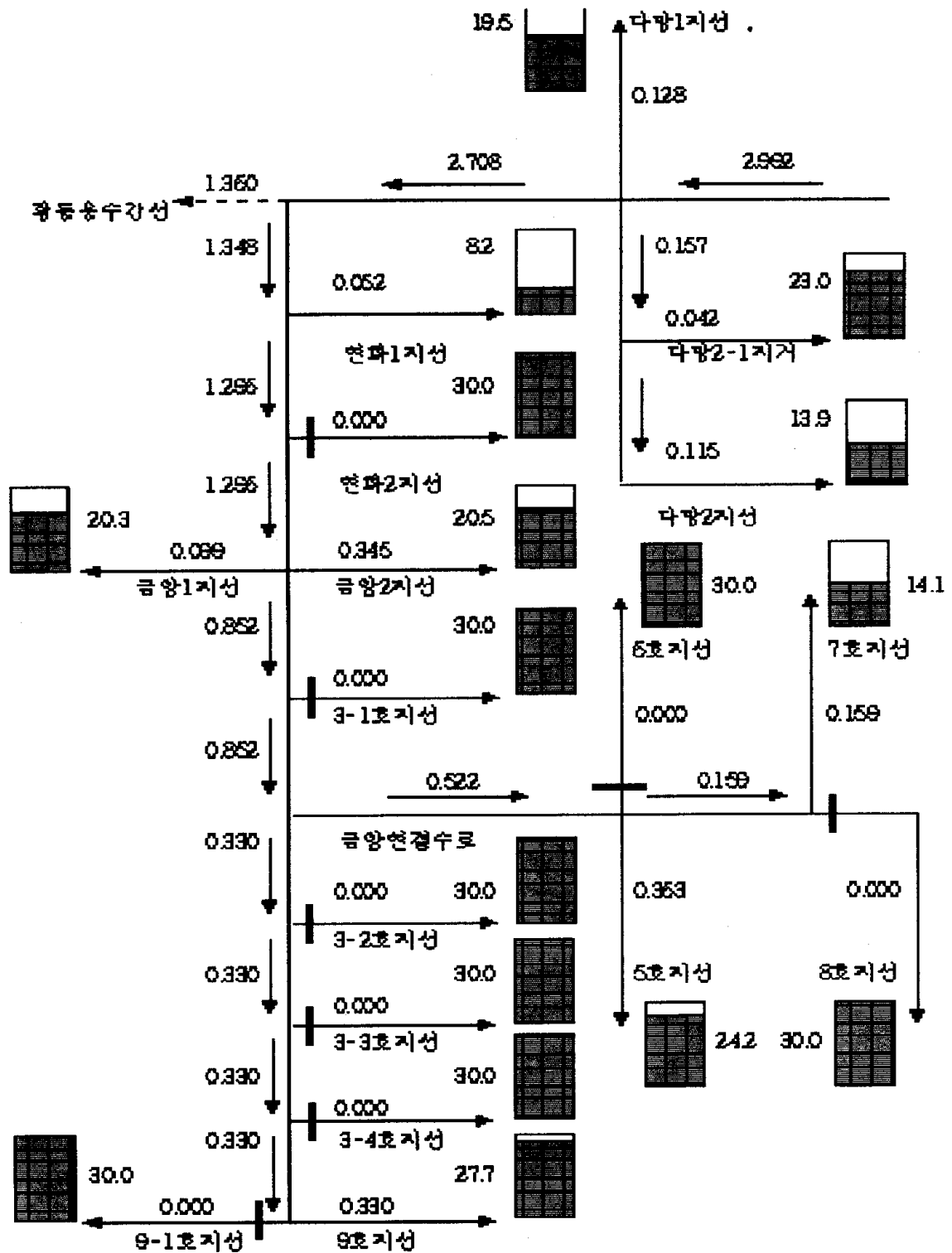
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.051	7.3	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.095	18.1	
25	4	77	0.332	18.2	
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.309	24.5	
32	11	100	0.300	20.7	
33	12	100	0.302	25.7	
34	13	39	0.132	12.0	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.115	12.5	
40	16	29	0.127	17.5	
41	17	100	0.042	20.6	



<그림 4.6.41> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (17:21)

<표 4.6.41> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(18 : 37)

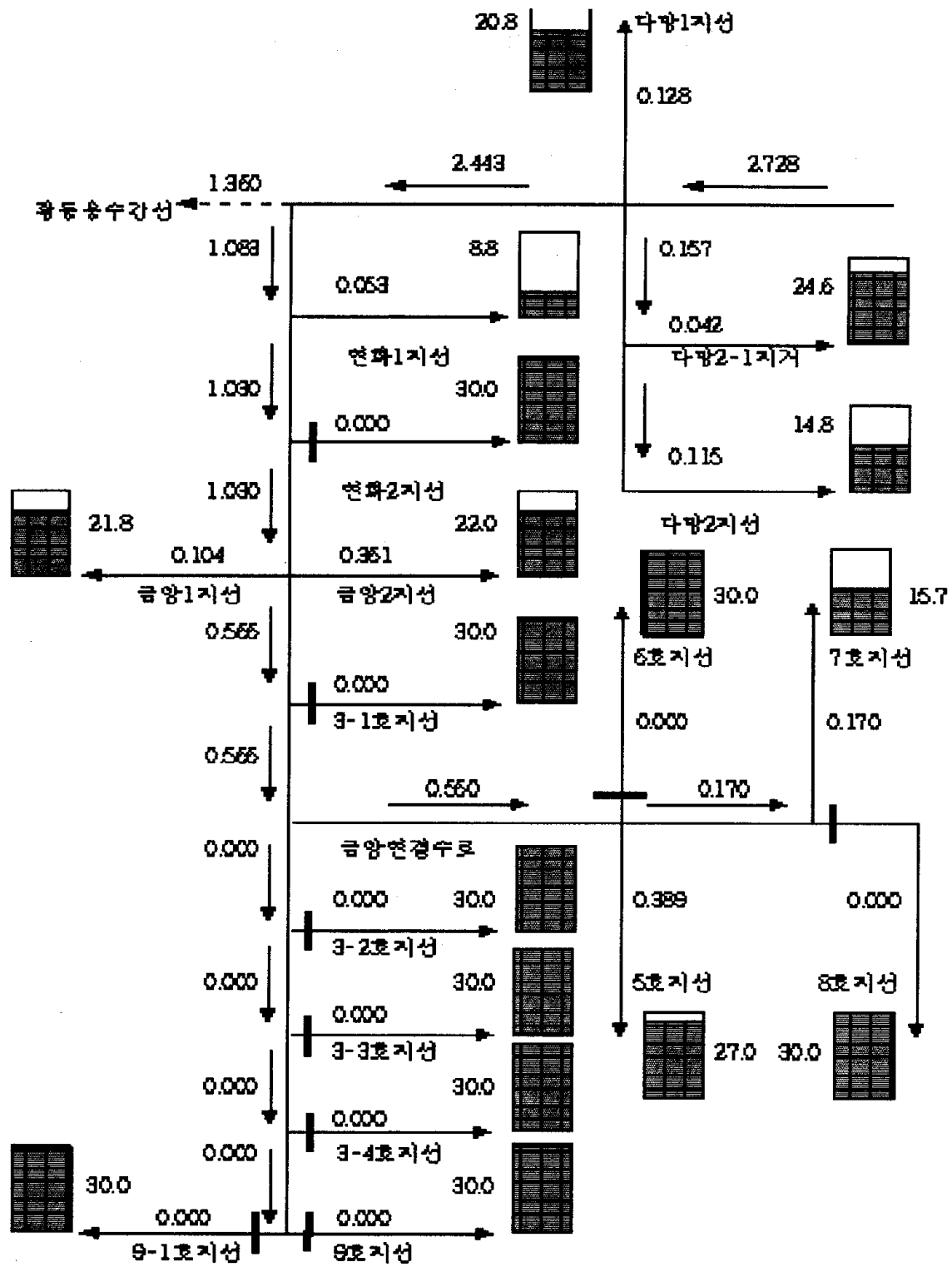
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.052	8.2	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.099	20.3	
25	4	77	0.345	20.5	
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	100	0.330	27.7	
32	11	100	0.363	24.2	
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.159	14.1	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.115	13.9	
40	16	29	0.128	19.5	
41	17	100	0.042	23.0	



<그림 4.6.42> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (18:37)

<표 4.6.42> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(19 : 29)

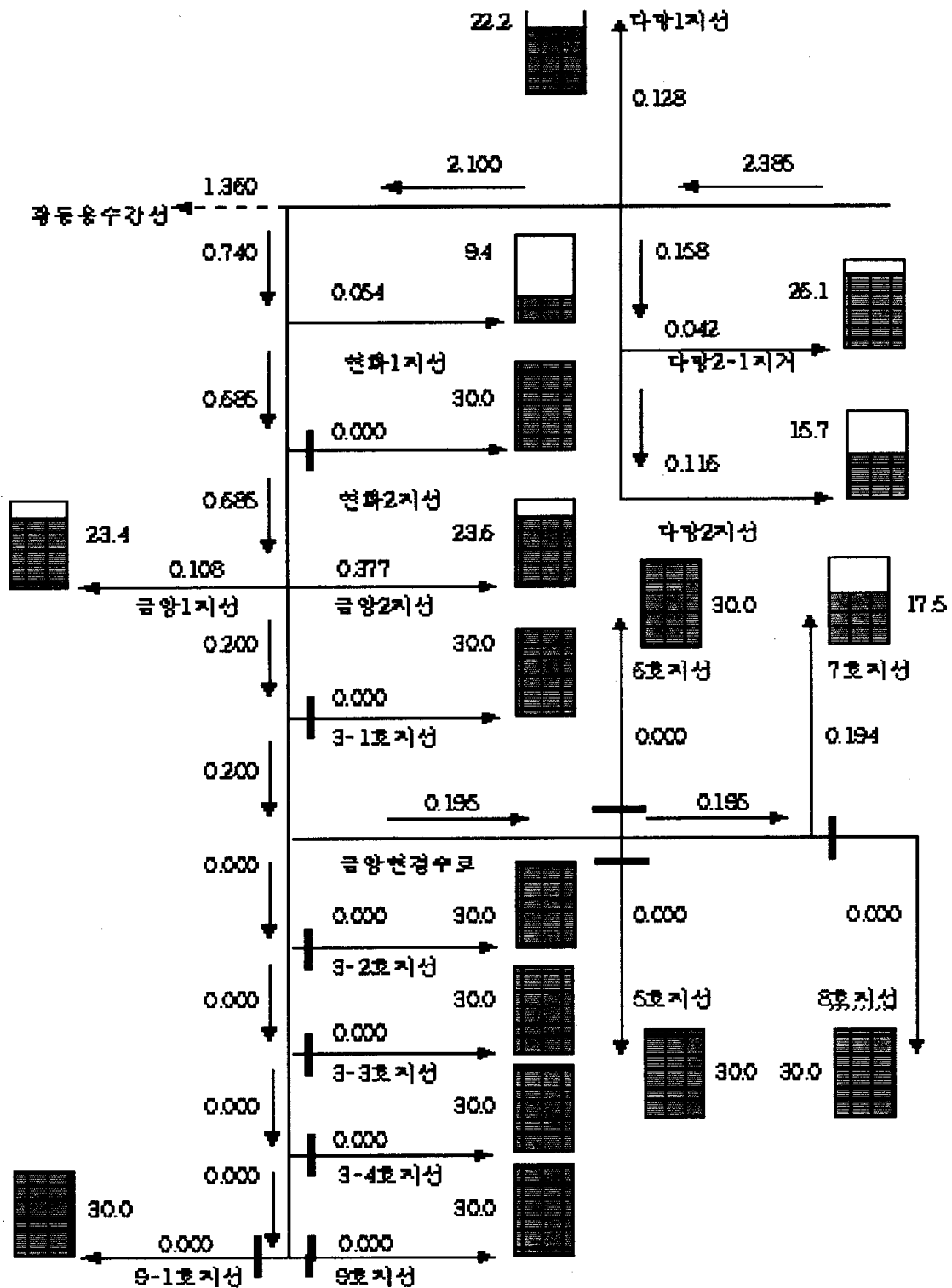
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.053	8.8	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.104	21.8	
25	4	77	0.361	22.0	
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	100	0.389	27.0	
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.170	15.7	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.115	14.8	
40	16	29	0.128	20.8	
41	17	100	0.042	24.6	



<그림 4.6.43> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (19:29)

<표 4.6.43> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(20 : 20)

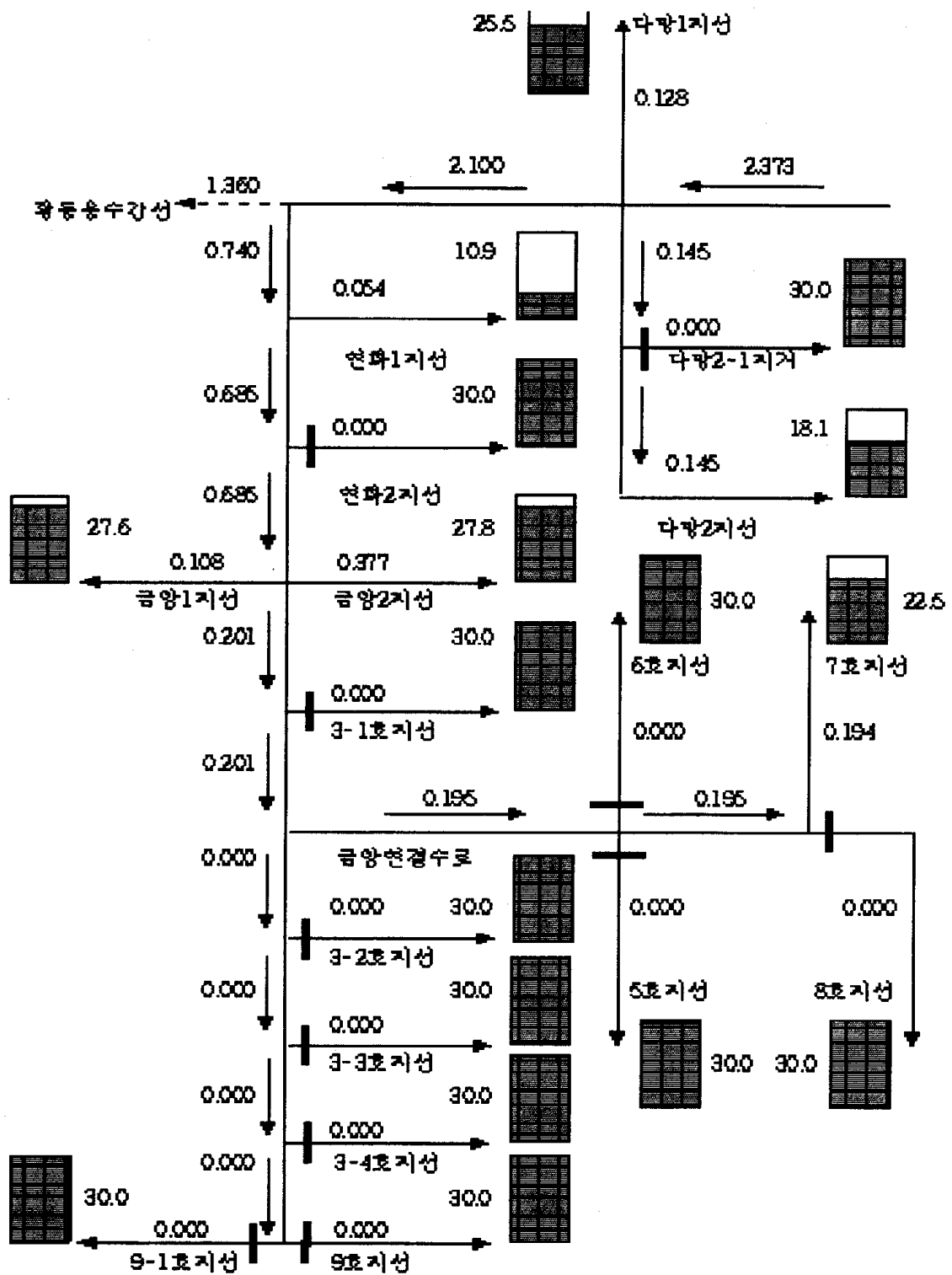
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.054	9.4	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.108	23.4	
25	4	77	0.377	23.6	
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.194	17.5	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.116	15.7	
40	16	29	0.128	22.2	
41	17	100	0.042	26.1	



<그림 4.6.44> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (20:20)

<표 4.6.44> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(22 : 27)

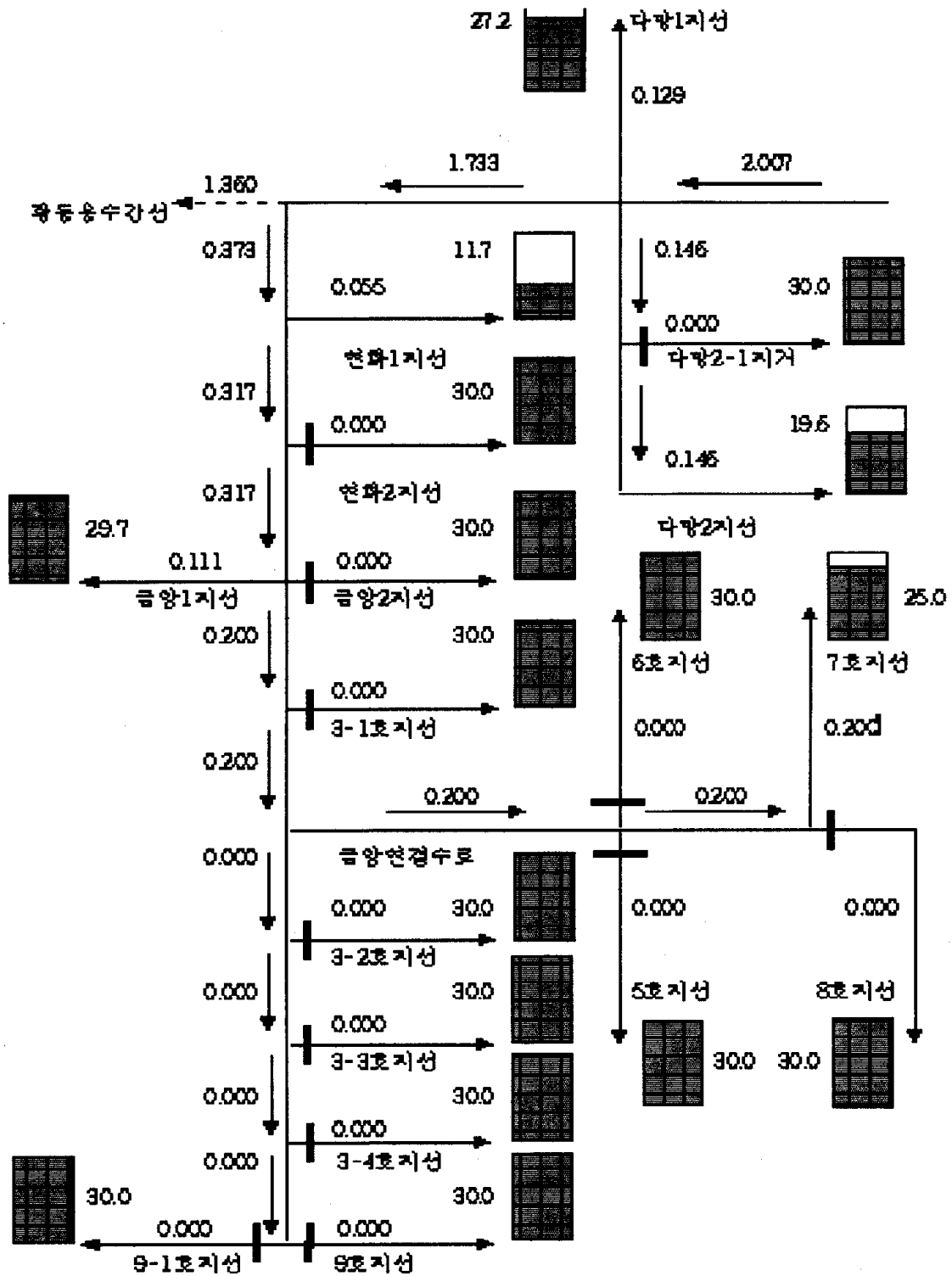
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.054	10.9	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.108	27.6	
25	4	77	0.377	27.8	
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.194	22.5	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.145	18.1	
40	16	29	0.128	25.5	
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.45> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (22:27)

<표 4.6.45> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(23 : 32)

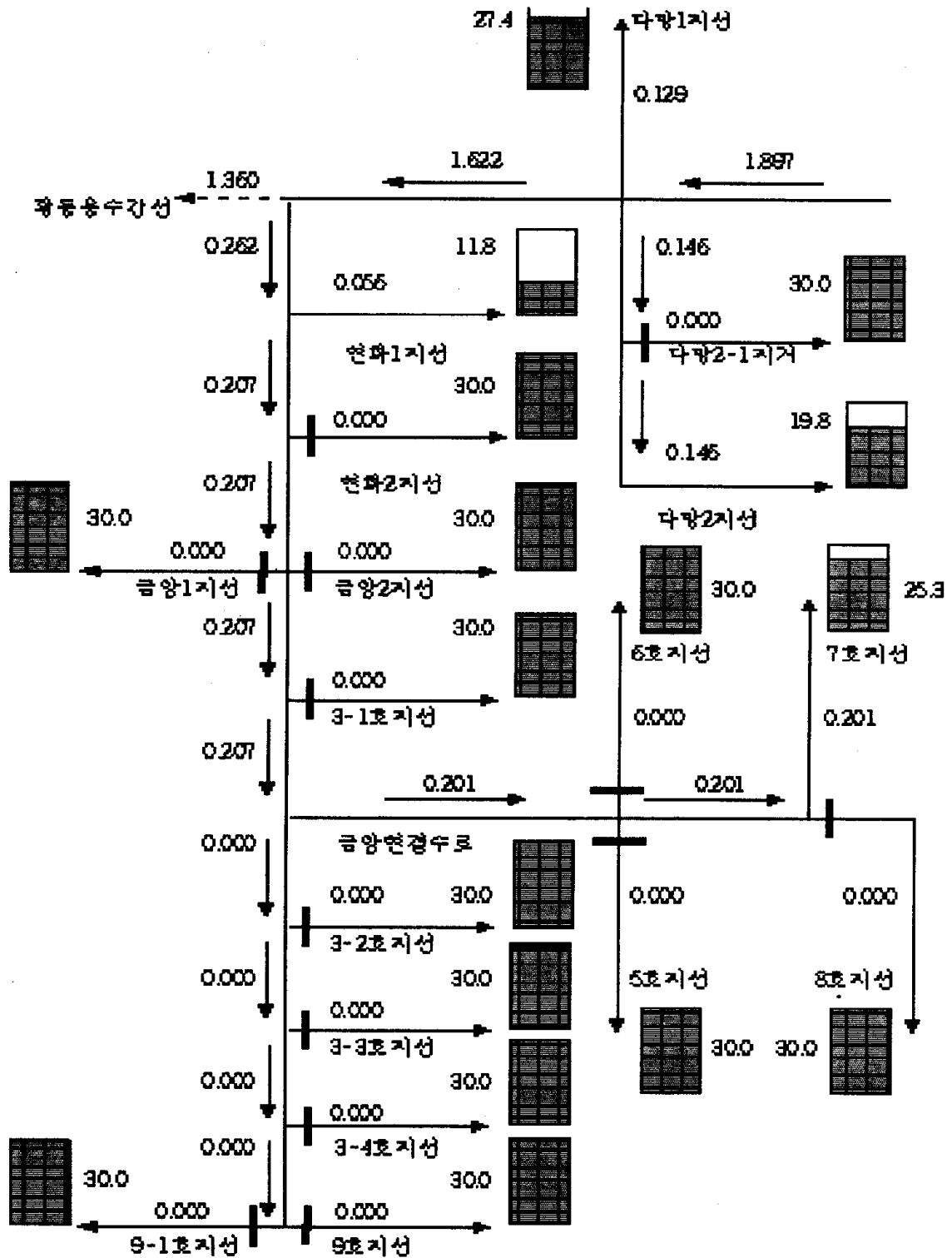
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.055	11.7	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	100	0.111	29.7	
25	4	0	0.000	30.0	관개 완료
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.200	25.0	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.146	19.6	
40	16	29	0.129	27.2	
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.46> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (23:32)

<표 4.6.46> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(23 : 40)

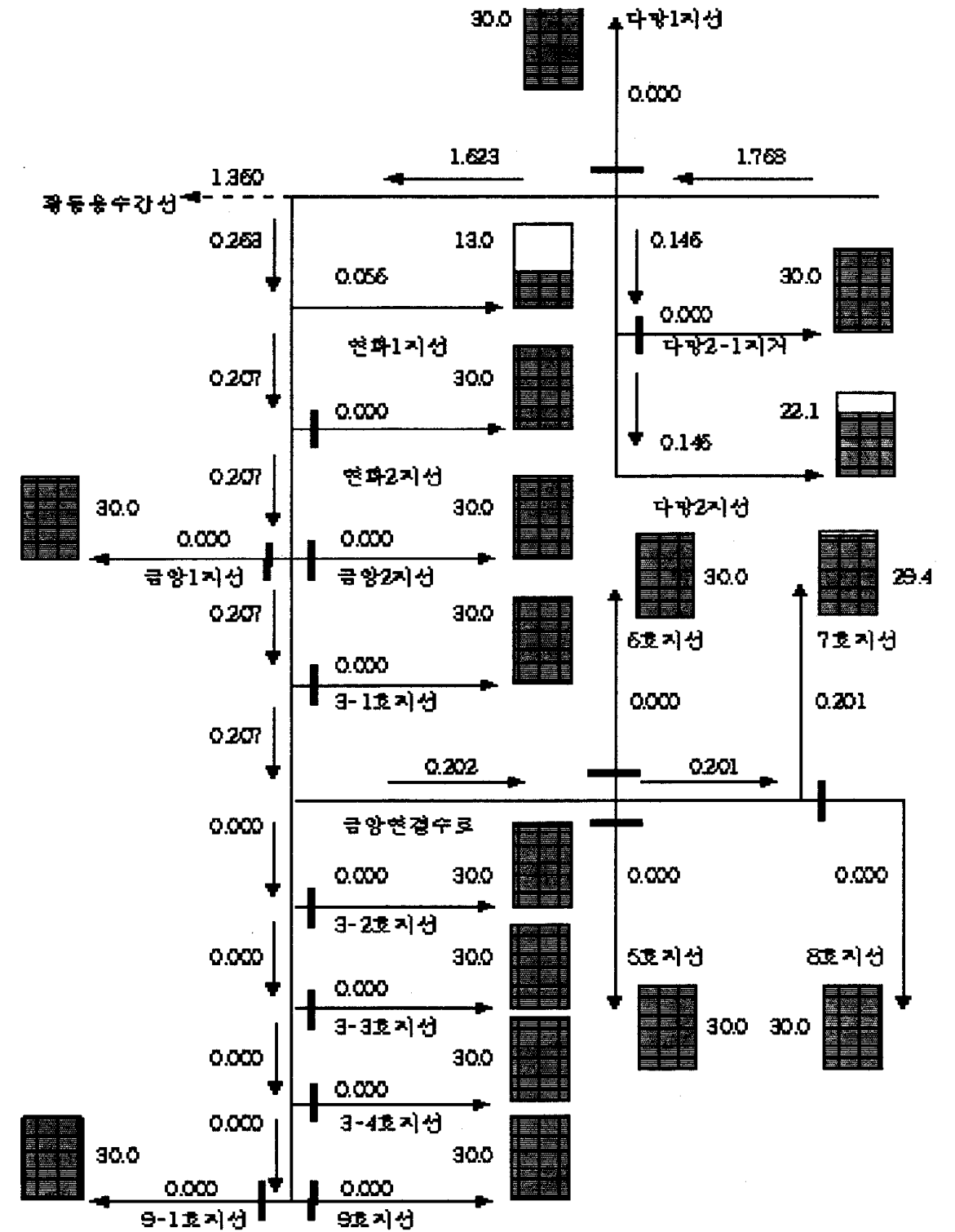
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.056	11.8	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	0	0.000	30.0	관개 완료
25	4	0	0.000	30.0	관개 완료
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.201	25.3	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.146	19.8	
40	16	29	0.129	27.4	
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.47> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (23:40)

<표 4.6.47> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(25 : 22)

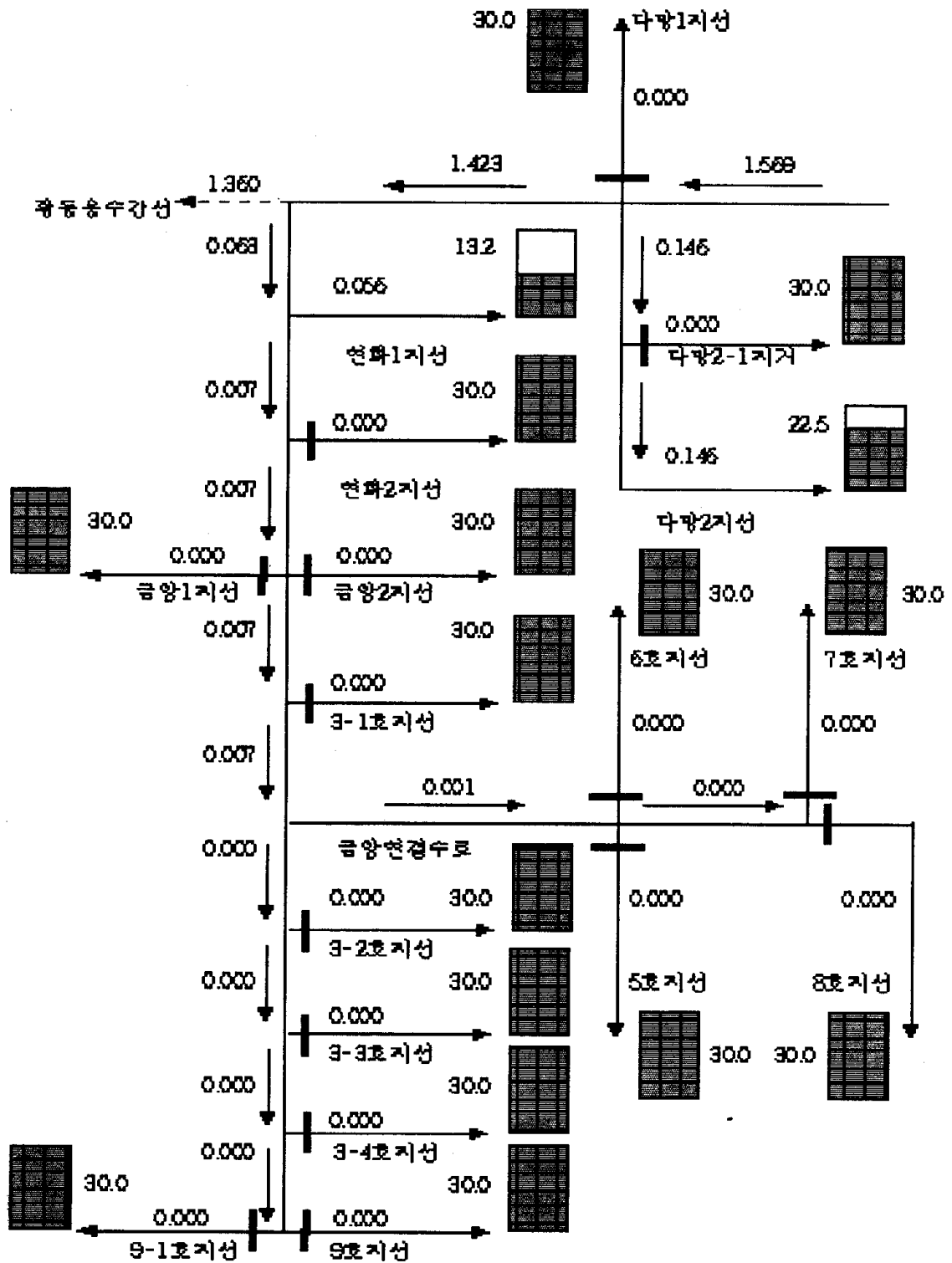
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.056	13.0	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	0	0.000	30.0	관개 완료
25	4	0	0.000	30.0	관개 완료
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	39	0.201	29.4	
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.146	22.1	
40	16	0	0.000	30.0	관개 완료
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.48> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (25:22)

<표 4.6.48> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(25 : 36)

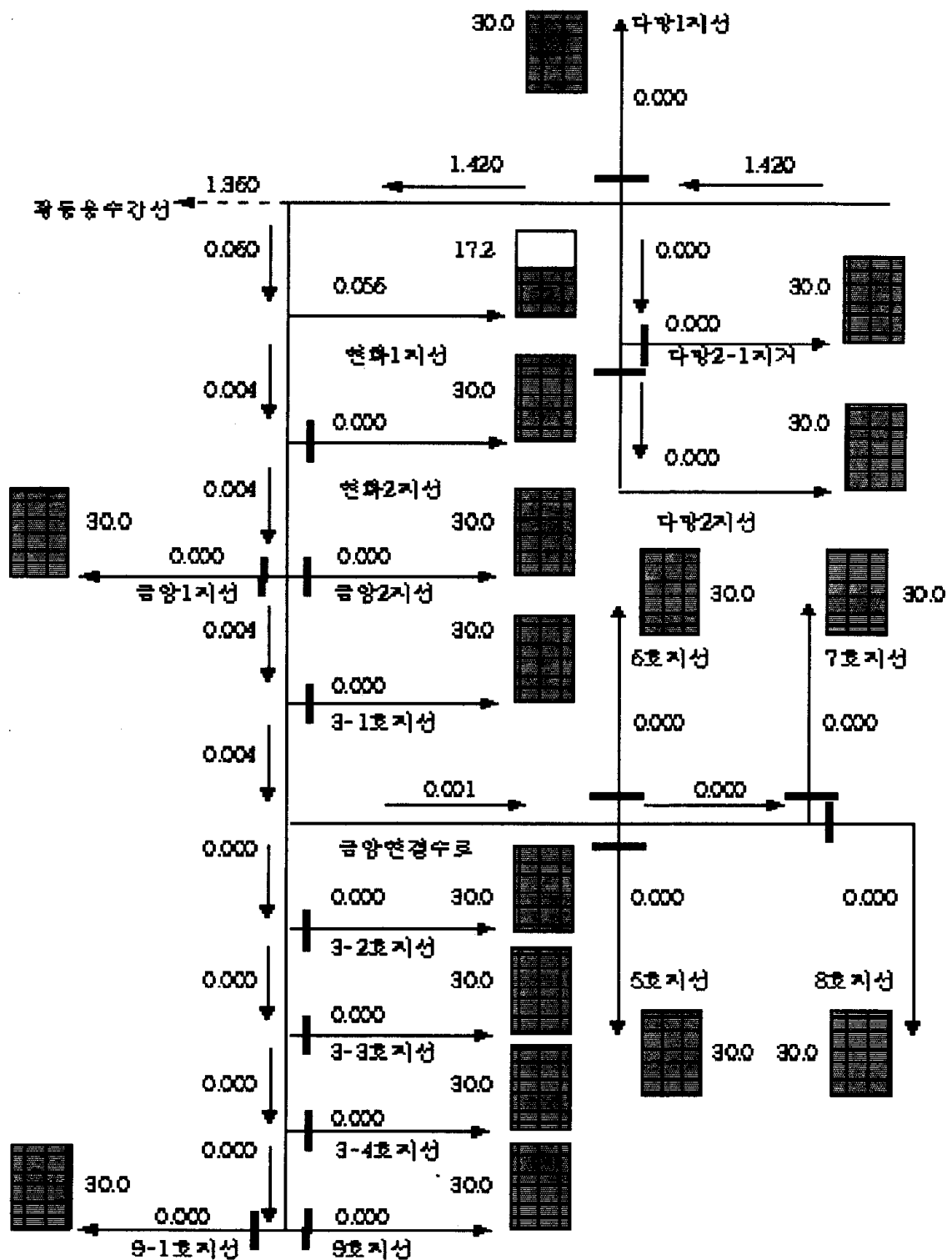
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.056	13.2	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	0	0.000	30.0	관개 완료
25	4	0	0.000	30.0	관개 완료
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	0	0.000	30.0	관개 완료
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	100	0.146	22.5	
40	16	0	0.000	30.0	관개 완료
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.49> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (25:36)

<표 4.6.49> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(30 : 59)

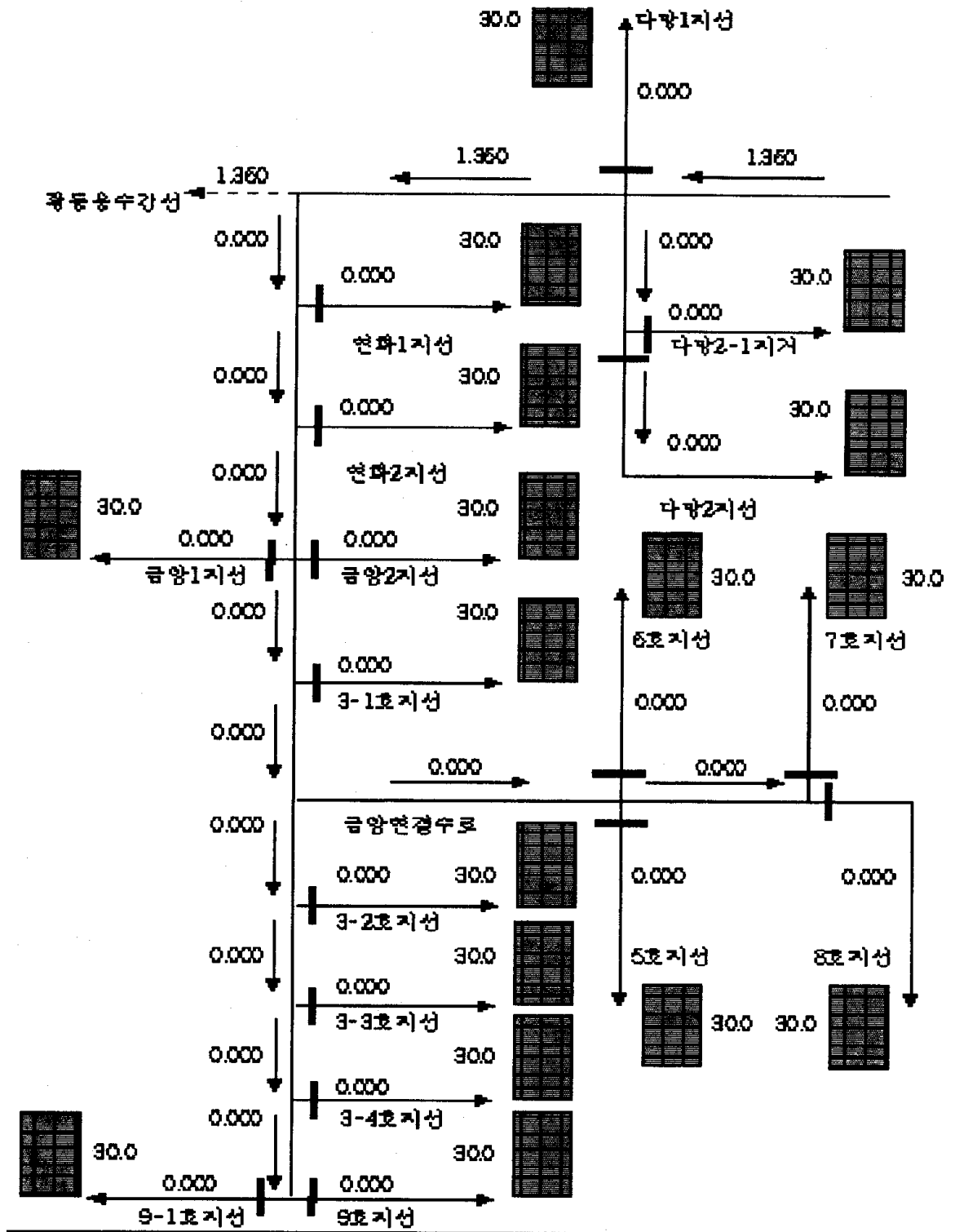
밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	100	0.056	17.2	
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	0	0.000	30.0	관개 완료
25	4	0	0.000	30.0	관개 완료
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	0	0.000	30.0	관개 완료
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	0	0.000	30.0	관개 완료
40	16	0	0.000	30.0	관개 완료
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.50> 황금용수간선 구간별 통수량(m^3/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (30:59)

<표 4.6.50> 황금용수간선의 용수구역별 분수량 및 담수심(48 : 14)

밸브 번호	용수구역 번호	밸브 개도 (%)	분 수 량 (m ³ /sec)	현재 담수심 (mm)	비 고
22	1	0	0.000	30.0	관개 완료
23	2	0	0.000	30.0	관개 완료
24	3	0	0.000	30.0	관개 완료
25	4	0	0.000	30.0	관개 완료
26	5	0	0.000	30.0	관개 완료
27	6	0	0.000	30.0	관개 완료
28	7	0	0.000	30.0	관개 완료
29	8	0	0.000	30.0	관개 완료
30	9	0	0.000	30.0	관개 완료
31	10	0	0.000	30.0	관개 완료
32	11	0	0.000	30.0	관개 완료
33	12	0	0.000	30.0	관개 완료
34	13	0	0.000	30.0	관개 완료
35	14	0	0.000	30.0	관개 완료
39	15	0	0.000	30.0	관개 완료
40	16	0	0.000	30.0	관개 완료
41	17	0	0.000	30.0	관개 완료



<그림 4.6.51> 황금용수간선 구간별 통수량(m³/sec) 및 용수구역 담수심(mm) (48:14)

5. 요약 및 결론

분수량 계산 프로그램의 적용 가능성을 판단하기 위하여 시범지구에 대한 분수량 계산, 밸브개도 계산, 관개계획 수립을 시도한 결과를 요약하면 다음과 같다.

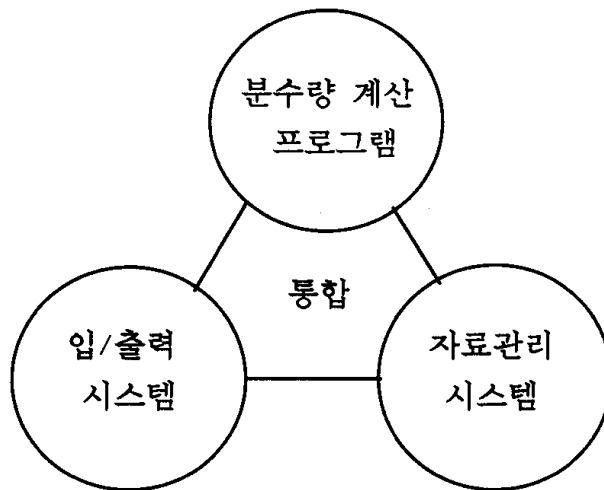
- 현장조사에서 관측되어진 각 분수밸브 말단 개수로의 최대통수량을 초과하지 않도록 각 제수밸브의 개도를 먼저 조절하고, 각 분수밸브의 개도를 조절하여 관측되어진 각 분수밸브로의 분수량에 일치되도록 분수량 계산을 실시하였다.
- 분수량 계산 결과, 각 분수밸브의 개도를 조절하여 분수량을 실측치와 근접하게 일치시킬 수 있어, 본 분수량 계산 프로그램의 적용성을 확인할 수 있었다.
- 밸브개도의 계산에서는, 앞으로의 프로그램의 이용을 위한 참고자료로 사용될 각 분수밸브 조절에 따른 주요 구간에서의 분수량 및 통수량을 계산하여 정리하였는데, 특정 분수밸브의 개도조절에 따라 인근 분수밸브의 분수량도 적은 양이지만 변화됨을 알 수 있었다..
- 관개계획시의 본 프로그램의 적용 예를 마련하기 위하여, 시범지구에 6시 정각에 예상담수심 30mm를 공급하는 관개계획을 수립하였는데, 분수량이 적은 일부 분수밸브를 100% 개도한 상태에서 관개를 시작한 경우에 약 48시 근처에서 관개가 종료되는 것으로 나타났으며, 이러한 적용결과를 종합하면 본 분수량 계산 프로그램은 관수로의 관개를 위하여 적용성이 충분한 것으로 판단되었다.

제 7 절 사용자 편의시스템의 개발

1. 서론

실제 관수로에서의 관개용수를 관리하는 관리자가 분수량의 조절을 위하여 분수밸브를 보다 쉽고, 과학적으로 통제할 수 있도록 하기 위해서는 관개조작에 관련된 자료의 보관 및 이용, 분수량 계산 프로그램의 적용, 계산결과의 원활한 입출력, 그 동안의 관개조작 운용 자료에 대한 관리 등이 이루어져야 한다. 이를 위하여 사용자가 컴퓨터를 쉽게 활용할 수 있도록 하는 사용자 편의시스템의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 개발되어진 분수량 계산 프로그램과 입출력 시스템 및 자료관리 시스템으로 구성된 통합 시스템을 설계, 구축하여, 관수로 지구의 효율적인 물관리를 위한 전산 체계를 도입하였다. 이를 위한 사용자 편의시스템은 PC(펜티엄급 이상)의 윈도우즈(Windows) 운영체제에서 실행이 가능하도록 Visual Basic 언어에 의하여 구성하였다.



<그림 4.7.1> 통합시스템의 구성

2. 메뉴의 구성

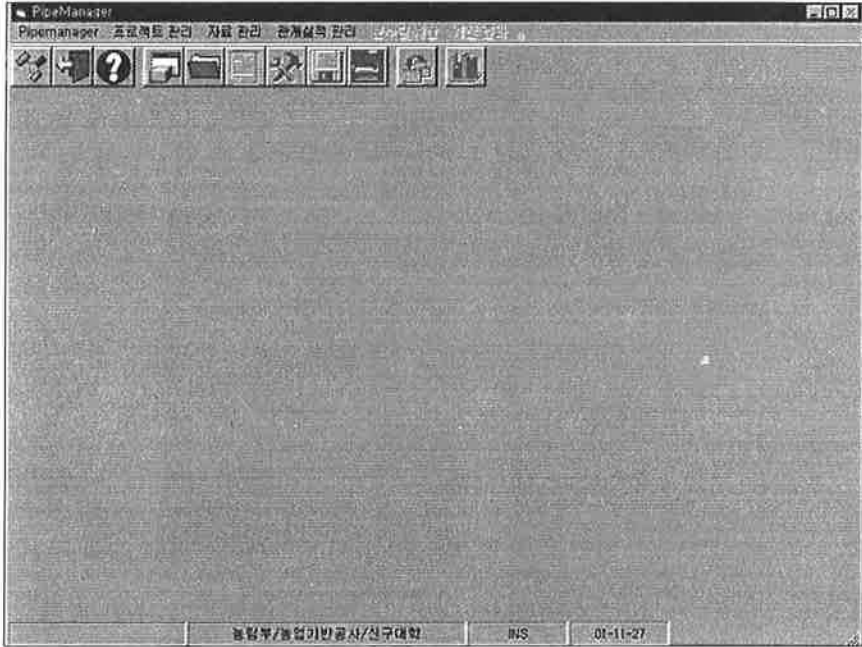
사용자 편의시스템의 메뉴의 구성은 분수량 계산 프로그램을 보다 효과적이고 쉽게 적용할 수 있도록 구성하였으며, 자료의 관리나 계산결과의 관리 등이 쉽게 이루어질 수 있도록 하였다. 사용자 편의시스템에서 구현되는 메뉴의 구성은 <표 4.7.1>과 같다.

〈표 4.7.1〉 사용자 편의시스템 메뉴 구성

주 메뉴	부 메뉴	작업 내용
Pipermanager	Pipermanager	시스템의 구성 배경 설명
	배경화면 설정	시스템 내의 배경화면 삽입
	배경화면 삭제	시스템 내의 배경화면 삭제
	프린트 설정	인쇄할 프린트의 설정
	끝내기	작업 종료
프로젝트 관리	새 프로젝트 작성	새로운 프로젝트(관개지구)의 구성
	기존 프로젝트 열기	작업할 기존 프로젝트(관개지구) 열기
	프로젝트 내용 보기	열려진 프로젝트의 내용 보기
	프로젝트 편집/수정	프로젝트의 내용 수정
	다른 이름으로 저장	다른 프로젝트 이름으로 저장
	프로젝트 인쇄	프로젝트 내용 인쇄
자료 관리	손실계수 자료	분수량 계산을 위한 각종 손실계수
	관로/밸브 자료	관로 및 밸브의 입력자료
	밸브 개도 자료	밸브별 개도 상태
	적정 담수심 자료	순별 적정담수심 참고 자료
관개실적 관리		과거의 관개실적 관리
분수량 계산	밸브 조절계획	밸브 조절시간을 포함하는 관개계획 수립
	밸브 통수량 계획	전체 관수로 구간의 통수량 계산
	밸브 개도 계산	특정 밸브의 분수량을 위한 개도 계산
계산 결과		분수량 계산 프로그램에 의한 결과 인쇄

3. 시스템의 사용방법

시스템을 구동하면 초기화면은 <그림 4.7.2>와 같이 나타나며, 각 메뉴를 이용한 사용방법은 다음과 같다.



<그림 4.7.2> 사용자 편의시스템의 초기화면

가. Pipermanager 주메뉴

1) Pipermanager

Pipermanager 부메뉴를 선택하면 <그림 4.7.3>과 같은 화면이 나타나며, 본 시스템의 개발배경 등이 표시된다.

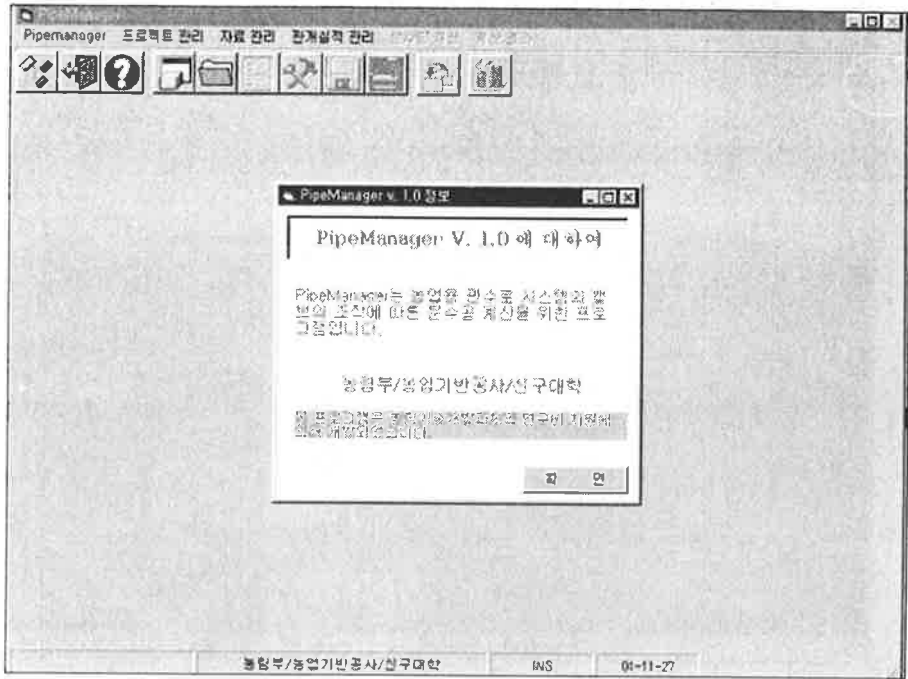
2) 배경화면 설정

시스템의 기본 바탕에 나타나는 배경화면을 사진이나 그림파일로부터 설정할 수 있는데, 나포양수장의 전경이나 조절지의 전경으로 배경화면을 설정한 화면은 <그림 4.7.4>~<그림 4.7.5>와 같이 나타난다. '배경화면 삭제' 부메뉴에 의하여 배경화면의 제거는 가능하다.

3) 프린트 설정

시스템으로부터 필요한 내용을 프린트할 프린트를 설정하는 부메뉴로서 <그림 4.7.6>과 같이 표시되며, 화면으로부터 프린트의 사양과 용지의 규격 등을 정의할 수 있다.

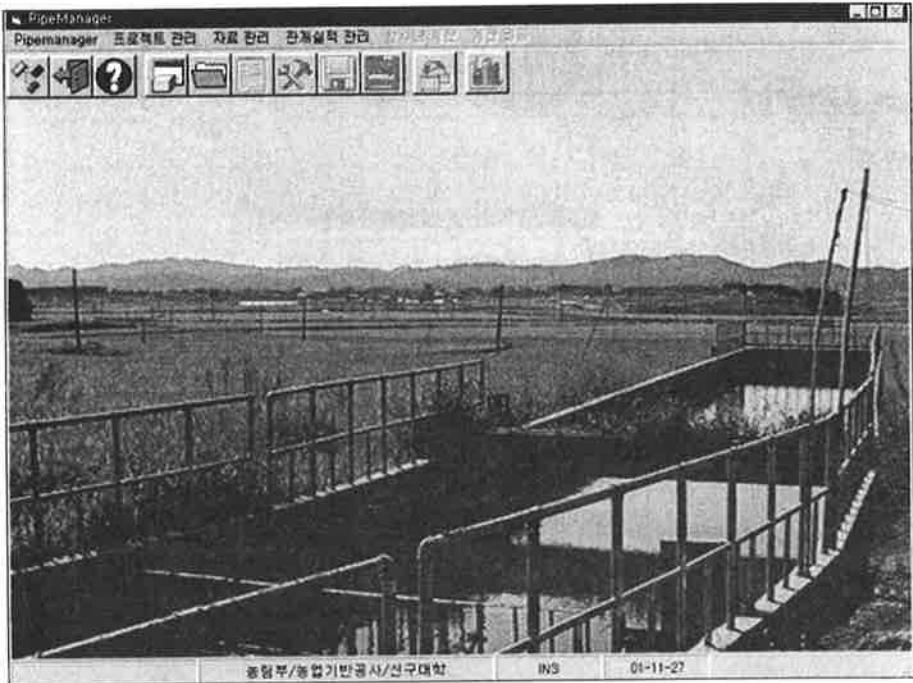
있다.



<그림 4.7.3> 시스템의 개발배경 설명화면



<그림 4.7.4> 나포양수장 전경으로 설정한 배경화면



<그림 4.7.5> 시험지구 조절조로 설정한 배경화면



<그림 4.7.6> 프린트 설정을 위한 시스템 화면

4) 끝내기

끝내기 부메뉴는 시스템의 사용을 종료하고자 할 때 사용하는 부메뉴로서 <그림 4.7.7>과 같은 메시지가 화면에 나타나며, 이를 확인하여 종료할 수 있다.



<그림 4.7.7> 시스템 사용 종료를 위한 화면

나. 프로젝트 관리 주메뉴

1) 새 프로젝트 작성

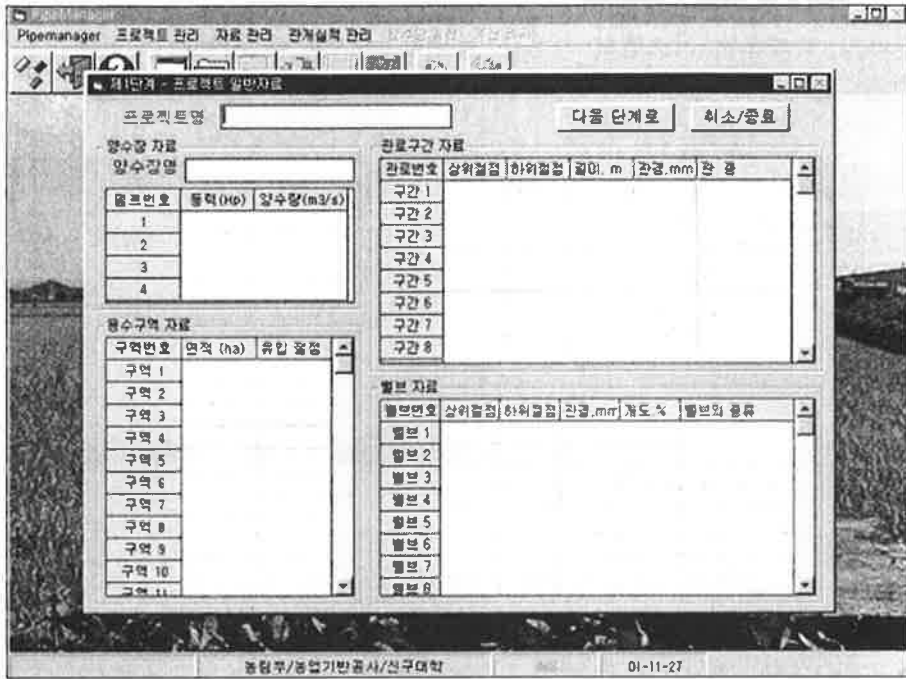
시스템의 활용은 본 부메뉴에서 프로젝트를 작성함으로써 가능하다. <그림 4.7.8>과 같은 화면으로부터 필요한 입력자료를 차례로 입력하여 완성되는데, 여기에 입력되어지는 자료의 예는 본 보고서의 제5장에 자세히 설명되어 있다.

2) 기존 프로젝트 열기

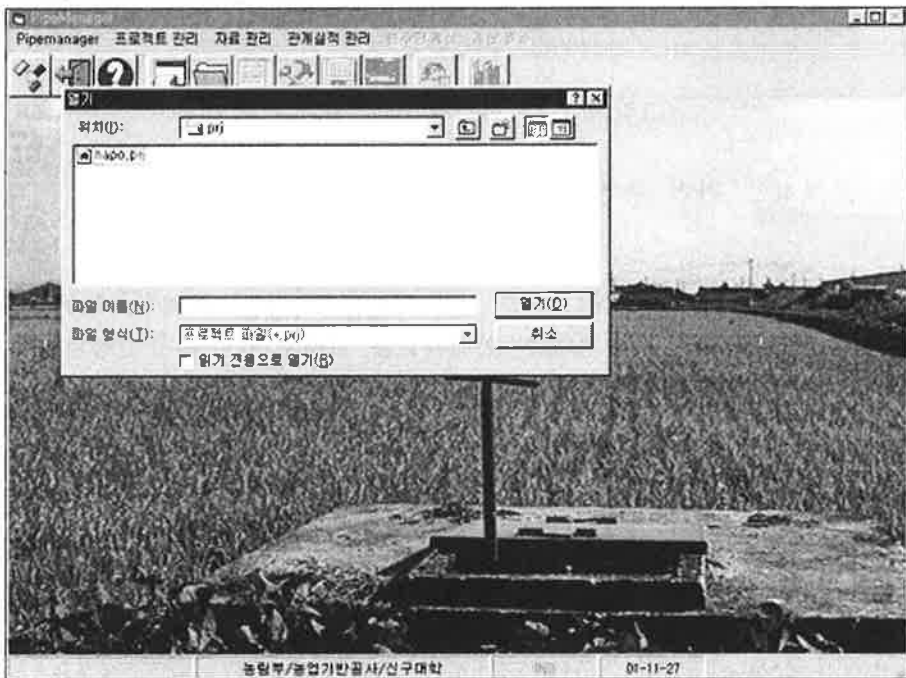
이미 완성되어 저장되어 있는 프로젝트를 열고자 할 때 사용하는 부메뉴로서 <그림 4.7.9>와 같은 화면으로부터 작업이 가능한데, 기존의 프로젝트를 열면 시스템의 주메뉴가 사용할 수 있는 상태로 표시된다.

3) 프로젝트 내용 보기

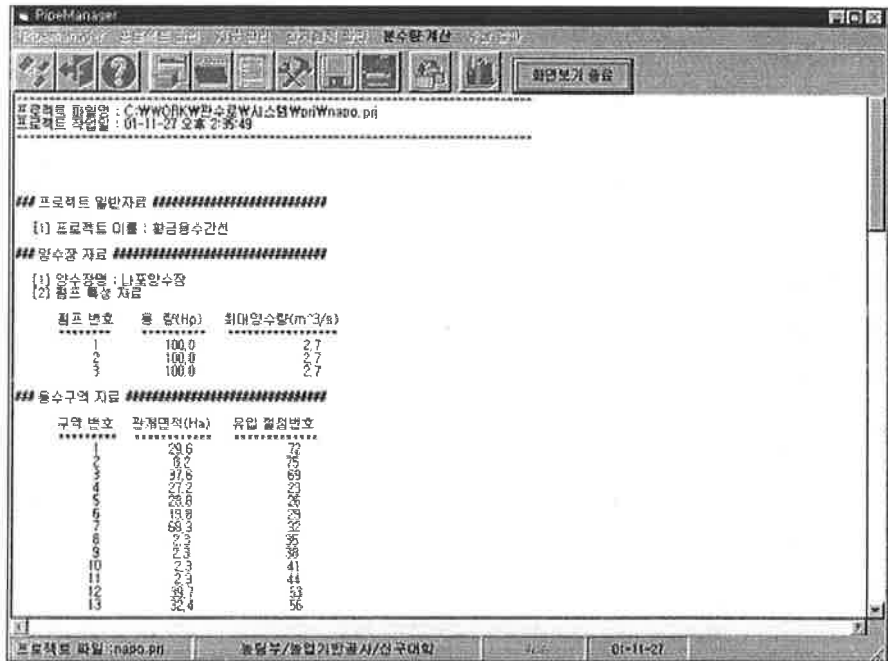
열려진 프로젝트의 내용을 화면으로 확인하고자 할 때 사용할 수 있으며, <그림 4.7.10>과 같이 전체 내용이 화면에 나타나게 되며, 인쇄를 할 경우에는 이 내용이 인쇄되어지게 된다.



<그림 4.7.8> 새 프로젝트 작성을 위한 화면



<그림 4.7.9> 기존 프로젝트를 열기 위한 화면



〈그림 4.7.10〉 열려진 프로젝트의 내용을 보기 위한 화면

4) 프로젝트 편집/수정

기존의 작성되어진 프로젝트의 내용을 수정하여 저장하고자 할 때 사용하는 부메뉴로서, 〈그림 4.7.11〉과 같은 화면으로부터 수정이 가능하다.

5) 다른 이름으로 저장

수정되어진 프로젝트의 내용을 다른 프로젝트 이름으로 저장하여 활용하고자 할 때 사용이 가능한 부메뉴로서, 〈그림 4.7.12〉와 같은 화면으로부터 작업이 이루어진다.

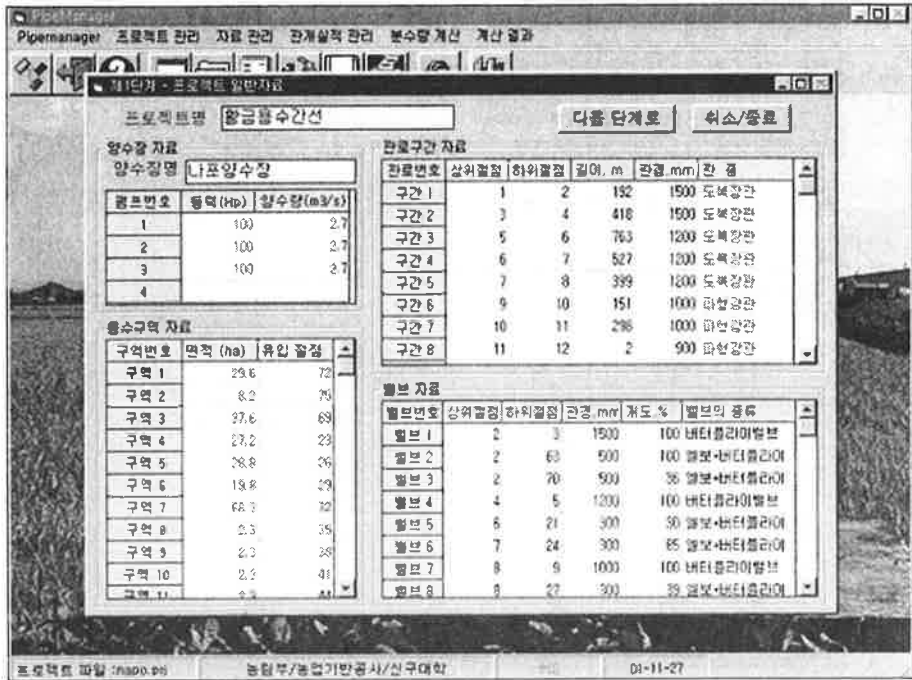
6) 프로젝트 인쇄

프로젝트의 내용이 '프로젝트 내용 보기'에서 확인될 수 있는 내용 그대로 인쇄되어 질 수 있다.

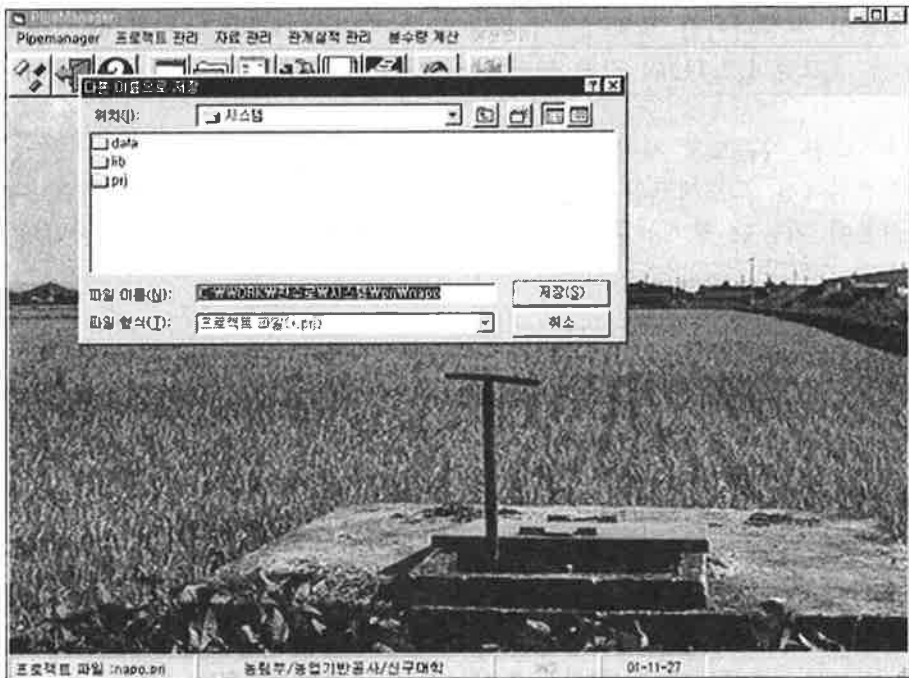
다. 자료 관리

1) 손실계수 자료

관수로에서 발생하는 미손실계수에 대하여 정의되어 있는 자료를 확인하고, 수정할 수 있는 부메뉴로서 〈그림 4.7.13〉과 같은 화면으로부터 작업이 가능하며, 기존의 값을 수정할 수 있다.



<그림 4.7.11> 기존의 프로젝트 내용을 수정하기 위한 화면



<그림 4.7.12> 수정되어진 프로젝트를 다른 이름으로 저장하기 위한 화면



〈그림 4.7.13〉 손실계수를 수정하기 위한 화면

2) 관로/밸브 자료

관로 및 밸브의 관련 입력자료를 확인하고 수정하기 위한 부메뉴로서, 〈그림 4.7.14〉, 〈그림 4.7.15〉와 같은 화면으로부터 작업이 이루어진다.

3) 밸브 개도 자료

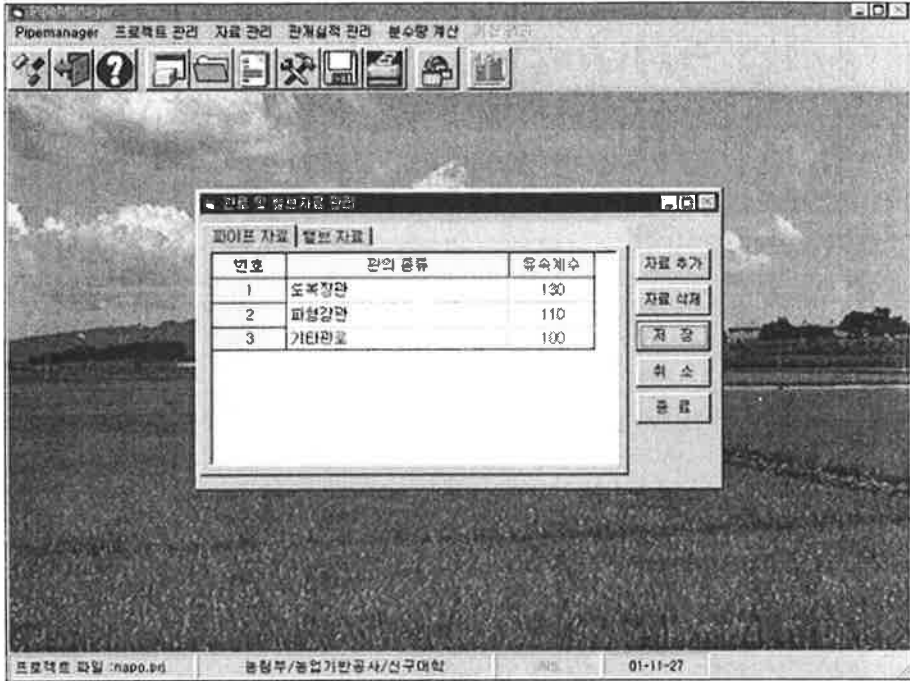
밸브 개도에 따른 손실계수를 보여주는 부메뉴로서, 〈그림 4.7.16〉와 같이 나타나며, 이 자료를 수정할 수도 있다.

4) 적정 담수심 자료

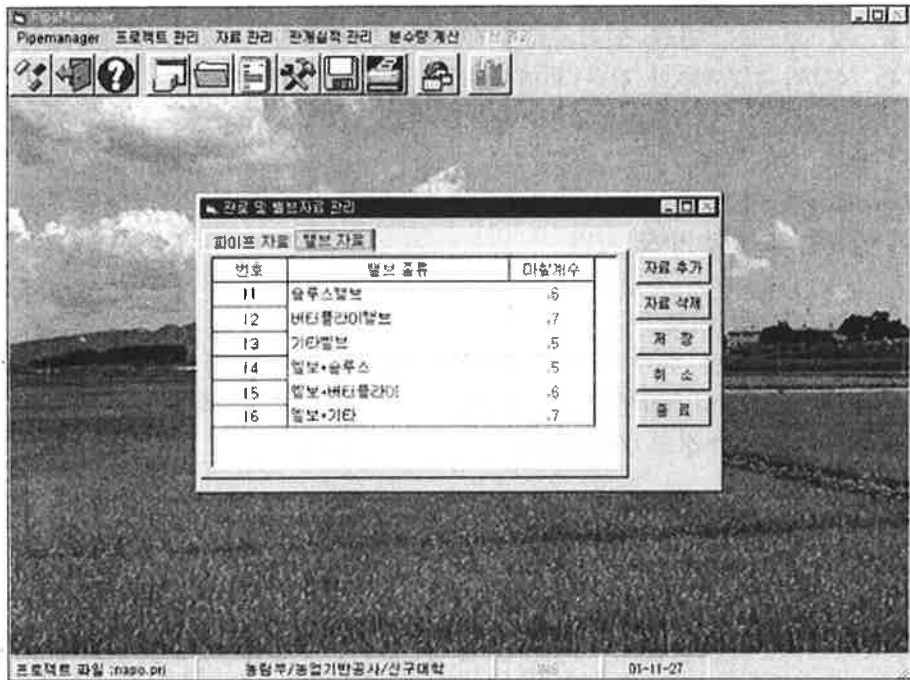
관개계획의 수립을 위하여 해당 기간에 적당한 담수심 자료를 정리한 자료로서, 본 시스템에서는 농업개발연구소에서 제안한 자료로 정의하였으며, 〈그림4.7.17〉과 같은 화면으로부터 수정도 가능하다.

라. 관개실적 관리

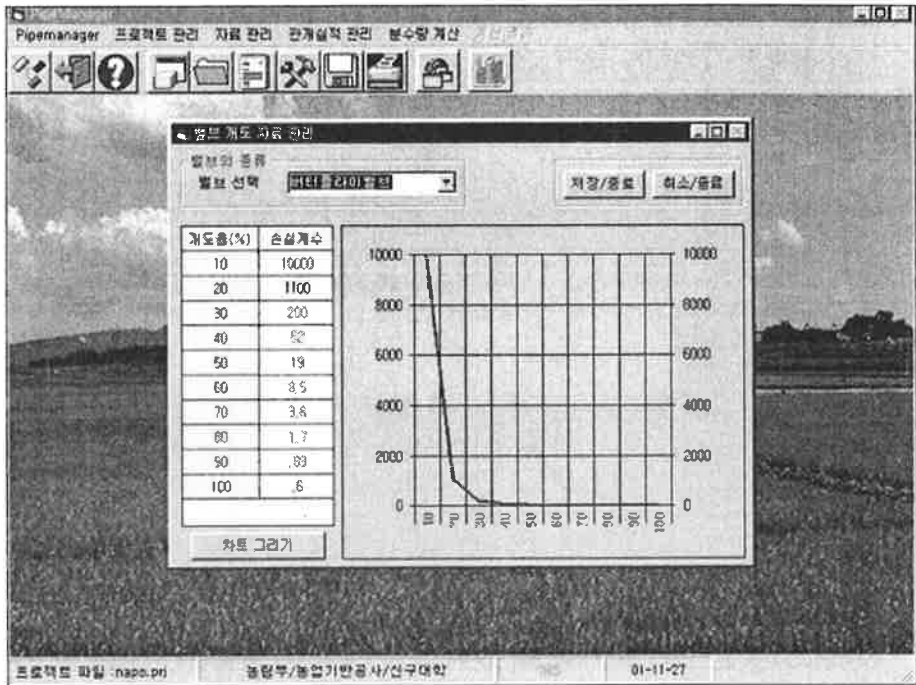
시스템의 활용을 통하여 관개가 이루어진 자료는 파일로 저장되어 있는 경우, 본 부메뉴에서 확인이 가능하다. 이는 다음 관개계획 수립을 위하여 참조가 되는 자료로서 본 시스템의 활용을 통하여 쉽게 관리될 수 있다. 〈그림 4.7.18〉 기존의 파일을 찾기 위한 대화상자이다.



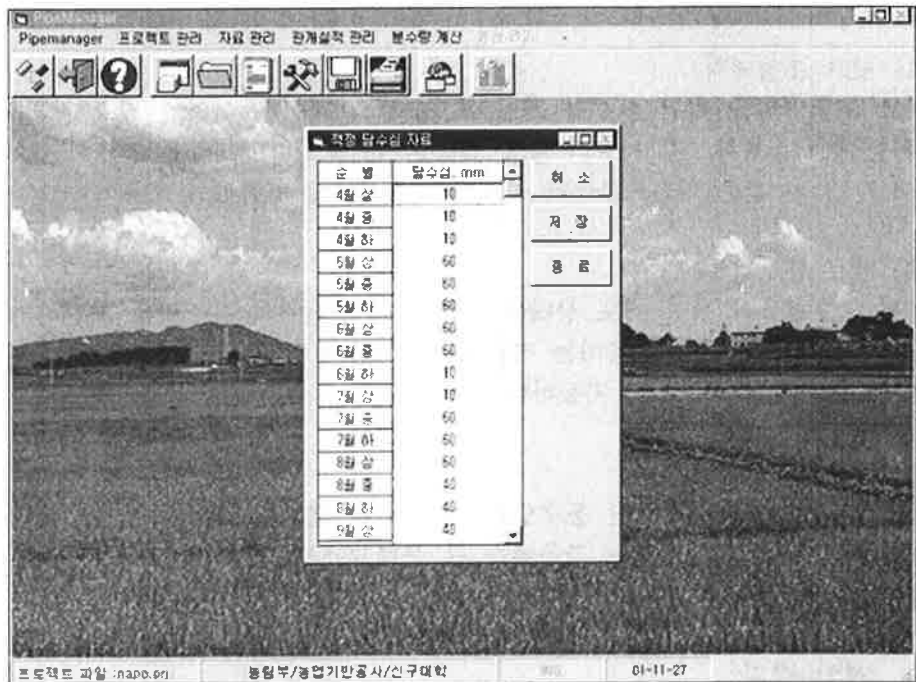
<그림 4.7.14> 관로 자료를 확인하고 수정하기 위한 화면



<그림 4.7.15> 밸브 자료를 확인하고 수정하기 위한 화면



<그림 4.7.16> 밸브개도에 따른 손실계수의 확인 및 수정을 위한 화면



<그림 4.7.17> 적정 담수심 자료의 확인 및 수정을 위한 화면



<그림 4.7.18> 관개실적 관리를 위한 대화상자 화면

마. 분수량 계산

1) 밸브 조절계획

밸브 조절계획을 위한 분수량 계산 프로그램의 적용을 위하여 필요한 입력자료를 준비하는 부메뉴로서, 각 자료의 주요 내용은 본 보고서 제5장을 참조하면 된다. <그림 4.7.19>와 같은 화면으로부터 필요한 입력자료를 입력하면 적용이 가능하다.

2) 밸브 통수량 계산

전체 분수밸브의 특정 개도 상태에 따른 각 구간에서의 통수량을 계산하기 위하여 분수량 계산 프로그램을 적용하는 경우에는 <그림 4.7.20>과 같은 본 부메뉴의 화면으로부터 입력자료의 구성이 가능하다.

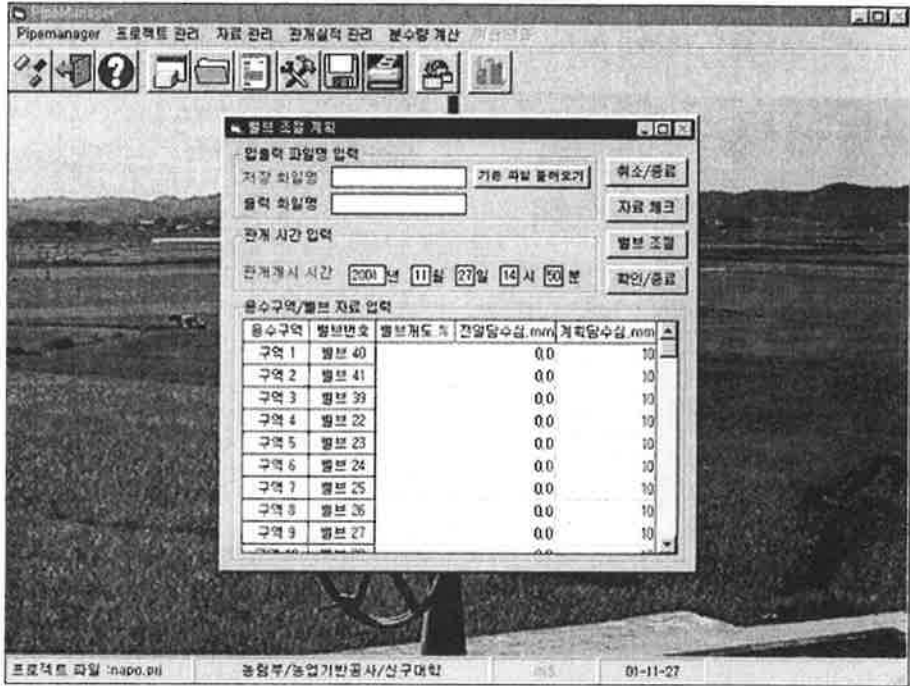
3) 밸브 개도 계산

특정 밸브로부터의 필요한 통수량을 얻기 위한 밸브개도를 계산하기 위하여 분수량 계산 프로그램을 이용하는 경우에는 본 부메뉴에서 <그림 4.7.20>과 같은 화면으로부터 필요한 입력자료를 구성하고, 확인할 수 있다.

바. 계산 결과

밸브 조절계획, 밸브 통수량 계산, 밸브 개도 계산 등이 이루어진 후에 그 결과를

확인하고, 인쇄할 수 있는 부메뉴이다.



<그림 4.7.19> 밸브 조절 계획을 위한 입력자료 준비 화면



<그림 4.7.20> 밸브 통수량 계산을 위한 입력자료 준비 화면



<그림 4.7.21> 밸브 개도 계산을 위한 입력자료 준비 화면

제 8 절 요약 및 결론

1. 분수량관리 방법조사

용수조직이 관수로인 지구의 분수량 관리방법을 조사 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 관수로 유형 I 은 간선이 개수로이기 때문에 시스템 개발에 적절하지 않음
- 관수로 유형 II 는 용수호가 전부 관수로로 되어 있어 수요자가 급수밸브만 개방하면 관개가 가능하기 때문에 지선 혹은 지거에서 과잉취수를 방지하기 위한 수량 관리가 필요한 형태로 시스템 개발 대상지구로 적절하다.
- 관수로 유형 III 은 관수로와 개수로의 연결부있는 분수공의 조절밸브를 사용하여 분수량을 조절하고 있어 분수량관리 시스템 개발에 가장 적절한 형태이다.

2. 분수량 관리 프로그램 개발

용수조직이 관수로로 구성되어지는 관개지구의 급수시 각 구간의 분수량을 계산하기 위한 분수량 계산 프로그램을 구성하여 시험적용을 실시하였다. 그 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 분수량을 계산을 위하여 관수로망 해석을 위한 기본 이론을 정리하고 관로망 요소의 매트릭스를 구성하였다.
- 관로망의 요소 매트릭스를 해석하여 각 구간의 유량 및 수두를 계산할 수 있는 프로그램을 구성하여 그 특성을 정리하였다.
- 분수량 계산 프로그램의 시험적인 적용을 위하여 해남간척지구의 제3공구 관수로 관개지구를 대상지구로 선정하여 용수호의 특성을 정리하고, 입력자료를 완성하였다.
- 실제적인 물관리를 가정하여 관개조작에 따른 관수로망에서의 분수량을 계산하였으며, 시험지구를 확정하여 현장을 통한 실제 운영자료를 입수한 후 프로그램을 보완하면 분수량 계산을 위하여 그 적용성이 클 것으로 판단되었다.

3. 밸브개도에 따른 손실개수

분수량 계산 프로그램에 적용할 밸브개도에 따른 손실계수를 정의하기 위하여 수리모형 실험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 농어촌 연구원 수리실험장에 설치된 다른 용도의 수리모형을 이용하여 밸브의 개도에 따른 손실계수를 추정할 수 있는 수리모형 실험을 계획하였다.

- 버터플라이밸브에 대하여 실험을 실시하였는데, 밸브의 회전수를 달리하여 5 가지 경우에 대한 실험이 이루어졌다.
- 실험에서 얻어진 수위차와 유량으로부터 손실수두를 계산한 결과, 기존의 손실계수 값과 비슷한 값을 보여, 앞으로의 분수량 계산을 위하여 기존의 손실계수 추정식을 사용하기로 하였다.
- 밸브개도에 따른 유량변화의 특성을 파악하기 위하여 수위차와 함께 관계를 분석한 결과, 수위차가 클수록 밸브개도에 따른 유량의 변화가 커지는 것을 그래프로부터 잘 발견할 수 있었다.

4. 시범지구 현장조사

분수량 계산 프로그램의 검정을 위하여 실시되어진 현장조사 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 금강으로부터 나포양수장을 통하여 관개용수를 관수로로 통수하는 황금용수간선을 시범지구로 선정하여 현장조사를 실시하였다.
- 황금용수간선의 관수로는 총 75개의 절점으로 구분되며, 총 연장 7,843m으로 837.2ha의 면적을 관개하도록 구성되어 있었다.
- 시범지구에는 24개소의 제수밸브와 17개소의 분수밸브가 설치되어 있으며, 일부는 조절작업이 불편한 것으로 나타났다.
- 관수로 말단의 개수로 시점에서 3회 4차에 걸쳐 수심 및 유속 등을 측정하였으며, 이를 분수량 계산 프로그램의 검정을 위하여 정리하였다.

5. 분수량 계산 프로그램의 적용

분수량 계산 프로그램의 적용 가능성을 판단하기 위하여 시범지구에 대한 분수량 계산, 밸브개도 계산, 관개계획 수립을 시도한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 현장조사에서 관측되어진 각 분수밸브 말단 개수로의 최대통수량을 초과하지 않도록 각 제수밸브의 개도를 먼저 조절하고, 각 분수밸브의 개도를 조절하여 관측되어진 각 분수밸브로의 분수량에 일치되도록 분수량 계산을 실시하였다.
- 분수량 계산 결과, 각 분수밸브의 개도를 조절하여 분수량을 실측치와 근접하게 일치시킬 수 있어, 본 분수량 계산 프로그램의 적용성을 확인할 수 있었다.
- 밸브개도의 계산에서는, 앞으로의 프로그램의 이용을 위한 참고자료로 사용될 각 분수밸브 조절에 따른 주요 구간에서의 분수량 및 통수량을 계산하여 정리

하였는데, 특정 분수밸브의 개도 조절에 따라 인근 분수밸브의 분수량도 적은 양이지만 변화됨을 알 수 있었다.

- 관개계획시의 본 프로그램의 적용 예를 마련하기 위하여, 시범지구에 6시 정각에 예상담수심 30mm를 공급하는 관개계획을 수립하였는데, 분수량이 적은 일부 분수밸브를 100% 개도 한 상태에서 관개를 시작한 경우에 약 48시 근처에서 관개가 종료되는 것으로 나타났으며, 이러한 적용결과를 종합하면 본 분수량 계산 프로그램은 관수로의 관개를 위하여 적용성이 충분한 것으로 판단되었다.

6. 사용자 편의 시스템 개발

분수량 관리를 위한 사용자 편의 시스템은 프로젝트별로 데이터를 처리할 수 있도록 범용성을 부여하여 개발하였다.

시스템 개발에는 Visual Basic을 사용하였으며, 메뉴구성은 프로젝트관리가 가능토록 부메뉴에 기존 프로젝트의 편집 외에 신규 프로젝트를 작성할 수 있도록 하였고, 자료관리 메뉴에는 밸브, 관로, 담수심 등 자료를 이용 가능토록 하였다.

분수량계산 메뉴에는 밸브조절계획, 밸브 통수량 계획, 밸브개도 계산이 가능토록 하였다. 본 시스템의 운영 결과 자료 및 계산결과 자료는 프린터를 통하여 인쇄가 가능하므로 가공하여 사용할 수 있다.

제 5 장 종합결론

1. 자동급수장치 개발

말단의 과잉취수를 방지하기 위하여 포장의 담수위를 자동으로 감지하여 무동력으로 작동하는 자동급수장치를 개발하였다. 자동급수장치는 본체와 수위설정기가 분리되어 있는 분리형과 본체와 수위설정기가 하나로 되어 있는 일체형으로 2종을 개발하여 전남 해남의 간척개발사업지구와 충북 보은의 경지정리사업 지구에 설치하여 현장 적용성을 검증하였다. 자동급수장치는 실용신안 2종, 특허 1종을 특허출원 하였다.

자동급수장치는 경지정리지구 실시설계에 반영하여 연구추진과 동시에 실용화가 실현되었다.

2. 자동급수장치 효과분석

현장시험결과 자동급수장치는 수동급수장치에 비하여 2~3배의 절수효과가 있으며, 자동급수전을 사용할 경우 수동급수전에 비하여 물관리 시간을 27.3%(11.3 시간)을 절감할 수 있는 것으로 나타나, 자동급수장치를 사용하면 관개용수 및 노력을 크게 절감할 수 있다는 것이 현장시험을 통하여 입증되었다.

3. 분수량 관리시스템 개발

분수량 관리시스템 개발을 위하여 관수로 지구의 분수량 관리방법을 조사한 결과 용수로가 전부 관수로인 지구와 말단지거가 개수로인 지구가 시스템 개발에 가장 적합한 것으로 나타나 이들 지구를 대상으로 분수량관리 시스템을 개발하였다.

분수량 계산 시스템 개발을 위하여 관수로망 해석을 위한 기본이론을 정리하고 관로망 요소의 매트릭스를 구성하여 유량 및 수두를 계산할 수 있는 분수량 계산 프로그램을 구성하였다. 그리고, 분수량 계산 프로그램의 적용대상지구를 선정하여 용수로의 특성을 정리하고 입력자료를 완성하였다.

분수량 계산 프로그램에 적용할 밸브손실계수는 버터플라이밸브에 대하여 수리모형 실험을 실시하여 기존의 밸브손실계수 값을 검증하여 사용하였다.

분수량 계산 프로그램의 검증은 황금용수간선을 대상으로 유량 및 수심을 측정하여 시범지구에 대한 분수량을 계산하여 실시하였다.

관개계획에 대한 활용성 검증은 시범지구를 대상으로 관개계획을 수립하여 관개 종료시간을 예측하여 실시하였다.

분수량 관리를 위한 사용자 편의 시스템은 프로젝트별로 데이터를 처리할 수 있도록 개발하였고, 시스템 개발 언어는 Visual Basic을 사용하였으며, 프로젝트관리가

가능토록 기존 프로젝트의 편집 외에 신규 프로젝트를 작성할 수 있도록 하였고, 자료관리는 밸브, 관로, 담수심 등 자료를 이용할 수 있도록 하였다. 분수량계산 메뉴에는 밸브조절계획, 밸브 통수량, 밸브개도 계산이 가능하도록 하고, 시스템의 운영 결과 자료 및 계산결과 자료는 프린터를 통하여 인쇄가 가능토록 하였다.

참고문헌

1. 김하집·박상현·이용직, 2000, 논의 자동화 급수물고 개발, 한국관개배수, 제7권 제 1호, pp. 36~46
2. 정하우·이남호·김성준·최진용·한형근·김대식, 1995, 자동물고의 개발, 한국농공학회지, Vol. 37, pp. 49~54
3. 廣瀨愼一, 1990, 圃場における水口取水方式の検討, 農業土木學會論文集, 第155号, pp. 19~25
4. 國松孝男·村岡浩爾, 1989, 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, pp. 50~68
5. 농림수산부 편(1991): “제Ⅲ편 3장 관수로공”, 농업토목핸드북(상권), pp. 704~724.
6. 농업진흥공사 편(1989): “농업용 관수로설계시공지침”
7. 농어촌진흥공사 편(1991): “농업용수 관수로의 설계 및 시공”
9. 日本農林水産省 編(1989): “第4編 パイプライン(解説書)”, 土地改良事業標準設計, pp. 267~370.
10. 内藤克美(1988): “パイプライン -設計, 施工, 管理-”, 公共事業通信社
11. David G. Luenberger : Introduction to Dynamic System, Theory, Models, and Applications, Jhon Wiley & Sons, Inc. 1979

부 록

○ 2000년도 자료

〈표 부록.1〉 일강수량(mm)

	5월	6월	7월	8월	9월
1일					1.0
2일					2.0
3일		4.0			
4일				13.0	
5일				1.0	
6일				1.5	
7일				4.0	
8일		4.1		8.5	34.0
9일		10.5			5.0
10일		6.5	15.5	1.5	
11일		0.5	30.0	4.0	5.5
12일		0.5	12.0		3.5
13일	개시일				33.5
14일			2.0		66.5
15일			8.0		42.0
16일	2.5		27.0		
17일	1.5			13.0	0.5
18일			1.0		
19일	1.0		19.0	3.0	
20일	6.5		7.5	24.5	
21일				4.0	0.5
22일		37.5	0.5	0.5	0.5
23일		3.5	175.5		
24일		47.5	0.2	70.5	
25일				64.0	
26일	14.0	26.5		58.5	
27일	9.0	74.0		57.0	종료일
28일		2.5		0.5	
29일		6.0	27.0		
30일	0.5	21.0	33.0		
31일			26.0	19.5	

〈표 부록.2〉 수동급수구에서의 담수심의 변화(cm)

	5월	6월	7월	8월	9월
1일		7.8	2.9	6.6	8.6
2일		7.6	2.5	5.5	8.0
3일		8.0	2.2	4.4	7.4
4일		7.6	2.1	4.0	6.5
5일		6.7	1.7	4.0	4.9
6일		5.7	1.4	3.2	3.1
7일		5.9	0.8	3.4	2.3
8일		7.0	0.0	5.3	2.9
9일		7.3	2.2	7.0	3.1
10일		8.6	3.3	8.0	2.3
11일		4.2	3.9	8.4	2.1
12일		3.4	4.2	8.1	1.9
13일	1.4	3.6	5.2	8.2	2.8
14일	5.7	3.1	4.7	8.0	4.2
15일	6.4	4.1	4.3	8.0	4.3
16일	6.6	5.0	4.7	7.7	3.6
17일	6.2	4.7	4.5	7.1	2.5
18일	5.6	4.2	4.2	6.7	1.4
19일	5.6	3.5	4.2	6.1	0.3
20일	6.7	2.7	4.6	6.7	0.0
21일	7.0	2.2	3.9	7.4	0.0
22일	6.5	2.9	3.0	7.0	0.0
23일	6.1	4.5	8.9	6.2	0.0
24일	5.6	4.3	4.8	8.7	0.0
25일	6.4	3.3	3.8	10.5	0.0
26일	8.5	3.5	2.8	10.4	0.0
27일	9.6	5.6	3.4	10.5	0.0
28일	9.4	3.3	3.8	9.7	
29일	8.8	2.6	3.8	9.2	
30일	8.3	3.7	5.1	8.2	
31일	8.0		8.2	7.8	

<표 부록.3> 시험포장의 1일 용수량(1/sec/ha)

구 분	6/20	6/25	6/30	7/5	7/10	7/15	7/21	7/25	7/28	8/5	8/10	8/16	8/21	8/28	9/6	9/10	9/18	9/27
자동 급수구	0.22	0.49	0.25	0.93	0.89	0.20	0.10	0.00	0.02	0.17	0.79	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
수동 급수구	1.79	1.52	0.03	0.41	5.51	1.15	0.07	0.01	8.51	0.00	12.48	7.82	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
비 고	측정개시: 6월 15일, 측정종료: 9월 27일																	

<표 부록.4> T-N 농도(mg/L)

구 분		5/15	5/20	5/25	6/5	6/9	6/15	6/25	7/5	7/15	7/25	8/5	8/16	8/28	9/6	9/18	9/27
자동 급수구	논표 면수	1.9	3.1	2.3	12.2	12.5	5.6	3.5	1.6	2.9		0.9	0.7	1.0			
	침투수							2.4	7.6	6.4	3.3	3.2	3.5	2.3		0.7	
수동 급수구	논표 면수	15.7	1.6	2.7	11.2	2.0	2.2	1.6		7.5	1.2	0.7	1.5	0.8	0.8	0.7	
	침투수	2.0	0.6	1.0	2.3	1.9	2.0	2.1	0.8	2.3	1.6	1.9	2.8	0.9	2.2	0.9	2.5
용 수		1.5	1.8	2.0	2.8	2.8	2.3	2.6	3.0	2.4	4.1	1.8	1.2	2.9	2.1	3.3	1.7

<표 부록.5> T-P 농도(mg/L)

구 분		5/15	5/20	5/25	6/5	6/9	6/15	6/25	7/5	7/15	7/25	8/5	8/16	8/28	9/6	9/18	9/27
자동 급수구	논표 면수	0.26	0.37	0.06	0.18	0.20	0.36	0.24	0.02	0.05		0.05	0.04	0.07			
	침투수							0.09	0.03	0.01	0.10	0.12	0.02	0.04	0.01	0.04	
수동 급수구	논표 면수	2.39	0.13	0.07	1.85	0.11	0.04	0.10		0.04	0.14	0.04	0.01	0.04	0.02	0.06	
	침투수	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.06	0.05	0.02	0.05	0.07	0.05	0.04	0.06	0.08	0.03	0.05
용 수		0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.09	0.02	0.01	0.08	0.02	0.01	0.10	0.04	0.07	0.06

<표 부록.6> COD 농도(mg/L)

구 분		5/15	5/20	5/25	6/5	6/9	6/15	6/25	7/5	7/15	7/25	8/5	8/16	8/28	9/6	9/18	9/27
자동 급수구	논표 면수	5.4	26.6	9.6	33.7	31.8	5.5	11.9	7.0	13.0		11.1	8.5	7.2			
	침투수							4.7	14.1	10.1	10.9	4.3	5.5	5.4	7.5		
수동 급수구	논표 면수	14.6	7.8	14.0	66.4	10.1	4.5	13.7		10.1	6.5	8.8	5.0	4.4	6.9	5.3	
	침투수	5.1	7.0	6.3	9.1	3.0	4.5	3.7	4.3	14.9	7.3	8.3	8.3	4.8	7.5	11.8	9.95
용 수		2.0	4.3	0.5	4.8	1.0	4.3	9.9	5.3	1.9	7.3	1.8	3.5	7.7	3.7	3.3	4.5

○ 2001년도 자료

<표 부록.7> 강수량 (mm)

	5월	6월	7월	8월	9월
1일				24.5	
2일					
3일					
4일					
5일			0.5	1.0	
6일			0.5	45.5	
7일				4.5	
8일				11.5	
9일					19.0
10일			1.0		
11일			2.0		
12일			17.5	4.5	
13일		7.0		5.0	
14일			18.5	22.5	6.5
15일	개시일		2.5		
16일			2.0		
17일					
18일		78.0			0.5
19일		41.0	1.0		
20일			2.5		
21일			34.0		
22일	6.0			7.5	
23일			4.0	0.5	
24일		59.5	0.5		
25일		4.5			
26일					종료일
27일					
28일					
29일		28.5	6.5		
30일		41.0	29.0		
31일			17.5		

<표 부록.8> 시험포장에서의 담수심 변화(cm)

일자	5/16	5/21	5/24	5/30	6/5	6/11	6/16	6/20	6/25	6/29	7/5	7/10
자동급수구			3.5	8.0	7.0	8.5	11.2	6.0	2.5	2.3	0.0	3.5
수동급수구			6.2	6.7	7.7	10.2	8.7	9.2	6.2	1.0	0.0	4.3
일자	7/16	7/25	7/30	8/5	8/10	8/16	8/20	8/27	9/3	9/11	9/15	9/26
자동급수구	4.0	3.0	3.3	0.0	5.9	2.0	2.1	5.3	5.0	0.0	0.0	0.0
수동급수구	5.0	4.5	5.0	0.0	2.0	2.5	3.0	2.8	5.0	0.0	0.0	0.0

<표 부록.9> 침투량 및 증발산량 (mm/d)

구 분	5/20	5/31	6/10	6/20	6/30	7/10	7/20	7/31	8/10	8/20	8/31	9/10	9/20	9/26	
침투량	자동급수구	0.5	0.1	0.2	0.2	1.1	2.1	0.9	1.9	1.8	0.6	1.5	1.6	3.0	3.3
	수동급수구	1.3	0.6	1.5	1.9	1.1	2.3	1.5	1.4	2.0	1.1	1.5	1.2	2.3	2.2
증발산량	7.4	4.6	7.4	2.4	1.1	7.1	7.8	3.6	6.9	4.0	3.9	3.0	2.0	2.5	
비 고	개시: 5월 16일, 종료: 9월 28일														

<표 부록.10> 시험포장에서의 일용수량 (mm/d)

구분	5/16	5/21	5/24	5/30	6/5	6/11	6/16	6/20	6/25	6/29	7/5	7/10
자동급수구		6.4	11.4	7.0	4.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	19.1
수동급수구		21.2	11.7	21.9	36.4	0.3	0.0	0.0	13.8	0.0	0.0	45.9
구분	7/16	7/25	7/30	8/5	8/10	8/16	8/20	8/27	9/3	9/11	9/15	9/26
자동급수구	0.0	5.0	8.8	0.0	15.5	3.0	7.9	6.2	1.4	9.3	0.0	0.0
수동급수구	0.0	19.6	29.7	0.1	20.4	4.5	12.1	33.3	7.5	18.2	10.5	0.0

<표 부록.11> 시험포장에서의 누가용수량 (mm)

구분	5/16	5/21	5/24	5/30	6/5	6/11	6/16	6/20	6/25	6/29	7/5	7/10
자동급수구	0.0	32.1	66.2	108.4	132.8	132.8	132.8	132.8	142.5	142.5	142.6	238.0
수동급수구	0.0	106.1	141.1	272.5	490.9	492.9	492.9	492.9	562.1	562.1	562.2	791.6
구분	7/16	7/25	7/30	8/5	8/10	8/16	8/20	8/27	9/3	9/11	9/15	9/26
자동급수구	238.0	282.6	326.8	326.8	404.4	422.6	454.2	497.6	507.3	581.8	581.8	581.8
수동급수구	791.6	968.3	1117.0	1117.4	1219.1	1246.0	1294.3	1527.2	1579.8	1725.2	1767.2	1767.2

<표 부록.12> T-N 농도(mg/L)

구분		5/21	5/24	5/30	6/5	6/11	6/16	6/25	7/5	7/16	7/25	8/5	8/16	8/27	9/3
논표 면수	자동 급수구	1.8	1.9	2.2	1.6	2.7	1.5	1.2		1.3	0.2		0.6	1.0	0.1
	수동 급수구	1.9	1.5	2.3	2.0	1.9	1.5	1.2		3.2	1.1		0.9	0.9	0.9
용수		1.3		2.3		1.2		3.1		2.2	1.4		1.2	1.3	0.6

<표 부록.13> T-P 농도(mg/L)

구분		5/21	5/24	5/30	6/5	6/11	6/16	6/25	7/5	7/16	7/25	8/5	8/16	8/27	9/3
논표 면수	자동 급수구	0.14	0.12	0.09	0.07	0.05	0.06	0.07		0.06	0.16		0.06	0.03	0.02
	수동 급수구	0.14	0.10	0.11	0.06	0.12	0.15	0.11		0.10	0.47		0.10	0.04	0.15
용수		0.03		0.02		0.02		0.05		0.02	0.03		0.03	0.02	0.03

<표 부록.14> COD 농도(mg/L)

구분		5/21	5/24	5/30	6/5	6/11	6/16	6/25	7/5	7/16	7/25	8/5	8/16	8/27	9/3
논표 면수	자동 급수구	24.7	24.2	15.5	18.8	21.1	22.1	6.1		14.0	7.6		11.7	5.7	9.5
	수동 급수구	31.0	26.4	35.1	18.1	32.3	33.9	7.6		10.8	11.0		13.3	5.9	14.1
용수		2.0		2.6		1.3		1.7		3.0	2.6		3.8	2.8	10.7
논표면수의 온도(℃)		28.3	27.3	21.7	23.4	26.2	27.0	28.0		22.7	26.0		28.0	26.0	23.0