

최      중  
연구보고서

물수요중심 용수공급시스템 개발 연구  
Development of Water Supply System for Water Demand

연 구 기 관  
한 국 농 촌 공 사

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “물수요중심 용수공급시스템 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 5월 일

주관연구기관명 : 한국농촌공사 농어촌연구원

총괄연구책임자 : 정 광 근

연구원 : 이 광 야

김 하 집

김 해 도

이 중 남

참여기업명 : (주)현대밸브

참여기업책임자 : 최 수 응

참여기업명 : (주)아이리스정보기술

참여기업책임자 : 홍 기 희

# 요 약 문

## I. 제 목

물수요중심 용수공급시스템 개발 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 우리나라는 물부족국가로 인식되어 있으며 특히 우리나라의 물수요 중 약 50%를 차지하고 있는 농업용수의 절약과 효율적인 이용은 시대적 사명이라고 할 수 있다. 이에 따라서 농업용수를 효율적으로 사용하기 위한 노력은 다방면에서 이루어지고 있다. 특히 수원공과 간선부의 물관리자동화사업에 의한 노력은 현재 한국농촌공사를 중심으로 이루어지고 있으며 우리 농촌의 인력구성, 즉 고령화와 일손부족이라고 하는 현상에 있어서 아주 바람직한 것이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 물관리자동화사업은 어디까지나 물을 공급하는 사람의 측면을 고려한 것으로서 관개기간과 물공급의 경험 및 원칙에 의해 일방적으로 물을 공급하는 시스템이다. 이는 말단 포장에서 이루어지는 실제적인 물소비의 형태는 고려하지 않은 물공급으로서 운반 또는 간단관개와 같이 일정한 폐턴과 물에 의해서 이루어지는 관개에는 적절한 방법이지만 현실적으로 우리 농촌의 물 소비는 임의적이며 작의적이기 때문에 물관리자동화사업에 의한 물관리는 아직까지는 적절한 대안이라고 판단하기에는 이른다.

이러한 점을 염두에 두고 실제적인 말단 포장에서의 물소비에 대응한 물관리시스템이 절실한 실정이다. 현재 농민들은 물꼬를 통해 물을 공급받으면 배수물꼬의 높이를 조정하여 물은 항상 내려오고 자연적으로 논에 물을 공급하며 남는 물은 배수물꼬를 통하여 자연적으로 배수로로 나아가기 때문에 신경을 덜 쓰고 있으며 이에 따라서 농업용수의 낭비는 점점 더 심화되고 있는 실정이라고 말할 수 있다.

또한 말단부의 경우에는 상류부에서 물을 빼서 쓰기 때문에 충분한 물을 공급하기가 어려운 실정이며 특히나 낮은 수위는 지거를 통해 물공급하는 수로의 수압을 형성하기가 어렵기 때문에 항상 물싸움의 단초를 제공하고 있는 실정이다.

이러한 현상을 극복하고 한정되어 있는 물을 효율적으로 분배하여 농작업에 소요되는 일중 대부분을 차지하고 있는 물관리를 과학적으로 할 필요가 있으며 이를 실현하는 것이 우리 농업의 생산성을 증대시키는 길이다.

따라서 이러한 물관리의 과학화를 실제로 이룩하기 위해서는 말단 포장에서의 물소비에 대

응한 물꼬, 수문관리가 필요하며 이를 위해 수로, 논의 수위를 기초로 수문의 작동을 전동화하여 일정한 관개폐턴을 형성시켜 물관리의 과학화를 이를 필요가 있다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### ○ 유말공 또는 내수위의 유량상황을 간단하게 전달할 수 있는 시스템 개발

- 유말공 구조 : 유량측정(수위측정)이 유리한 구조로 개선

수로 폭 대비 높이 결정

- 전극봉식 수위계 : 수위측정(0cm~30cm 정도 측정)
- 정보전달시스템 : 측정된 수위데이터 수집 및 분수공 제어판으로 전송

(10초 간격의 정보 전달 : 유선 또는 무선)

- 전력구성 : 작동 및 운영에 소요되는 전력(태양광)

#### ○ 태양광 간이 전동 수문 개발

- 수문비 구조 : 일부 면접촉식 지수부(재료는 PE)
- 도장 : 아연메탈라이징
- 스크류방식 : 잭피니언식
- 무자석식 또는 무마그네틱식 모터 : 장기간 사용해도 오작동이 없는 형태로 개발
- 수동편리성 추구 감속기 : 전동과 수동의 사이에서 가장 편하고 작동이 원활한 감속기 개발
- 동력사용시스템 : 소요동력을 Solar cell에서 끌어오고 부족분만 축전지에서 보충할 수 있도록

회로도 구성

- 충전기 : 충전효율을 60%에서 90% 이상으로 끌어올릴 수 있도록 회로망을 구성하며 방한·방열처리를 하여 외부환경에 영향을 받지 않도록 구성하며 축전지에 과도한 충전에 의해 방전이 발생되지 않도록 과충전을 방지할 수 있도록 회로 설계

- 동력발생용 Solar cell : 일괄식 라인에서 단위 Cell식으로 변경 개선

- 정보송수신 : 4~20mA의 전류를 개도 0~100%로 전환하여 정보를 전달하고 이를 약 5단계 (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)로 나누어서 제어가 가능하도록 정보송수신을 구성

- 기존의 모터 회전수 감지센서의 경우에는 고속회전의 모터회전수의 감지가 대단히 어려우며 또한 이 회전수에 의한 모터제어에 있어서 모터의 관성제어가 불가능했다. 따라서 스크류의 길이를 모터회전수로 전환하여 카운터에 의해 계산된 수만큼만 제어할 수 있도록 카운터형 센서를 부착

#### ○ 설정수위 조절형 무동력 자동 수문 개발

- 수위감지부 : 수위감지부는 부력의 원리를 이용하는 것으로서 이 수위감지부의 정보를 자동수

문의 밸런스 웨이트에 전달할 수 있는 구조로 구성한다.

- 밸런스 웨이트 : 기존의 무동력 자동 수문은 밸런스 웨이트에 철봉을 집어 넣으면 설정수위를 변경할 수 없었는데 반하여 신 무동력 자동 수문의 경우에는 밸런스 웨이트가 무게추 역할을 대신할 수 있도록 하여 반응하는 수위를 조절할 수 있도록 한다.
- 밸런스 웨이트의 구조 변경 : 무게추역할을 하는 밸런스 웨이트의 구조를 완전히 변경하여 수문비가 수로 득위로 완전히 개방될 수 있도록 한다.

○ 자동물꼬의 비례제어에 의한 수로내 유량과약 및 시스템 운영 기법 개발

- 제어적정유량설정실험 : 본 시스템을 가장 적정하게 운영하기 위해서는 제어의 효율성을 감안하여 자동급수물꼬를 단위별로 묶어서 실험을 하고 이를 비례제어에 의해 명백히 밝히는 작업이 필요하다.
- 시스템 효율성 실험 : 현장에 개발된 제품을 실제로 설치하여 제어적정유량설정실험에 의해 나타난 값을 적용하여 운영을 함으로서 본 시스템의 효율성을 증명

○ 물수요중심 용수공급시스템의 적용성 검토

실제로 용수를 사용하는 물수요중심의 물관리에 있어서 기존 물관리자동화 사업의 효과분석 및 개발된 시스템의 적용성과 적용범위등을 검토하여 분석

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

물수요중심 용수공급시스템 개발연구에 있어서 연구결과의 결론은 다음과 같다.

- ① 물수요중심 용수공급시스템을 이루는 근간은 태양광 전동수문으로서 이의 작동과 자동제어가 중요하다. 태양광 전동수문의 수문비의 마찰력을 감소시키기 위하여 면마찰을 부분 면마찰로 바꾸어서 마찰력을 감소시키고, 이에 따라서 모터를 소형화하여 태양광을 이용가능토록 하였다. 또한 DC모터의 자기장 영향을 감소시키기 위하여 엔코더를 사용하지 않고 근접센서를 사용하여 스크류의 길이를 설정하고 이 길이를 나누어서 수문의 상사점과 하사점을 결정하여 수문비가 비틀림 없이 사용하도록 하였다.
- ② 무동력 자동수문은 수로 내 수위를 일정하게 유지시키는 역할을 하는 것으로서 유지하는 수위를 자유로이 변경가능토록 하였다. 이를 위하여 주수조를 따로 부착하여 주수조의 높이가 수문이 개방되는 높이로 되도록 하였으며 주수조의 높이 조정이 설정수위 조정이 되도록 하였다. 따라서 현재 논밭 혼용이 널리 이용되는 추세에 있어서 이러한 제수문의 수위유지를 자유로이 할 수 있다면 수로조직의 개편없이도 관개량을 조정할 수 있기 때문에 많은 물을 절약할 수 있다.

- ③ 물수요중심 용수공급시스템의 자동제어를 위해 수위측정장치와 담수심 측정장치를 부착하여 이에 대한 정보를 전송하고 이를 제어하기 위한 데이터로 사용하였다. 이는 개별간 또는 다자간 정보송수신 및 제어방법으로서 무선으로 정보교환을 하였으며 이에 대한 제어도 무선을 실행하였다. 이러한 방법은 현재 시행하고 있는 수원공 및 간선부의 물관리자동화시스템보다도 훨씬 더 복잡한 다자간 통신제어시스템으로서 현재 단일 포장만을 대상으로 하고 있으나 향후 단일 포장을 여러 개 단위로 묶어서 블록을 형성시켜 운용할 수 있도록 하여야 할 것이다.
- ④ 포장에 실제로 급수를 하는 물꼬는 다양하게 존재하나 이를 자동으로 조절하고 제어하는 물꼬는 전동물꼬 외에는 존재하지 않았다. 농어촌연구원에서 개발한 부력식 자동물꼬를 이용하여 논의 담수심을 기초로 하여 물을 급수하는 방법은 본 연구에서 개발한 시스템의 근간을 이루는 것으로서 자동물꼬의 설치 및 운용이 전제가 되어야 한다.
- ⑤ 물 수요 중심 용수 공급 시스템의 현장 적용은 수리시설에 따른 물관리 관행을 고려해야 한다. 즉 양수장에 비해 용수 공급량이 풍부한 저수지에서는 물수요 중심 용수공급 시스템의 적용이 용수절약 보다는 물관리 생력화 위주로 설치 운용되어야 한다. 이때의 시스템 구동목표는 물 절약이 아니라 관리의 효율화가 우선시되어야 하며, 경지에서 재배되는 작물의 수요를 즉시 해결하여 우수농산물을 생산하는 기반을 제공해야 한다. 양수장 지구의 경우는 수혜구역 시점과 종점의 용수공급이 공평하게 배분될 수 있도록 적용되어야 한다. 양수장 특성상 풍부한 용수 공급보다는 적은 수량으로도 적절하게 용수간선의 수위를 유지하여 공평한 용수공급이 가능케 하는 것이 시스템의 효율적인 적용일 것이다. 새로운 장치의 현장적용은 단순할 수 없으며, 특히 농업분야에 있어서는 우리나라 농업의 특성을 잘 이해하고 적합한 설치 및 운용기법을 적용해야 시스템 적용의 이점을 최대한 살릴 수 있을 것이다.

또한 본 연구결과의 활용을 위해서는 행정기관의 정책적인 뒷받침과 이를 사업화로 연결시키는 공기업의 노력이 절대적이다. 또한 연구전문기관의 기술홍보 및 보급을 하기 위한 대국민 홍보가 필요하다.

# SUMMARY

## I . Subject : Research of Water Supply System for Water Demand

### II . Purpose and Important of Research

Currently it soaks but is recognized in the water shortage nation and saving and efficient use of the agriculture water which in about 50% our country water demand hold it is doing specially as time mission is a possibility of doing. Hereupon consequently efficiently uses the agriculture water the effort for is become accomplished from many sidedness. Specially the effort due to reservoir, Pumping station and main canal bringing up for discussion TM/TC currently KARICO it is become accomplished in the center and manpower composition and namely becoming older in age of our farming village and as one hand insufficient this there is to an actual condition which it does and as the quite desirable thing is a possibility of doing. But like this TM/TC will ask and where it gets peeled off but as considering the side of the person whom it supplies by an irrigation duration and the experience and a principle of water supply it will ask unilaterally and it is a system which it supplies. Form of the actual water demand which becomes accomplished from peddy field as the water supply which it does not consider with rotated irrigation schedule grudge phey it shook off together with by a rule to the irrigation which becomes accomplished it is a method which is appropriate but it is optional and the water demand of our farming village it begs actuality TM/TC because of plot reaches so far as the far method which is appropriate judges to.

Like this point lets in mind and it is the actual condition where TM/TC system which confront in the water demand from actual peddy field is earnest. Currently the farmers will lead and the sluice gate it will ask they will be supplied and they will regulate they will ask irrigation device they will descend always irrigation device they will ask they will supply, they will remain and the multiple sluice gate which asks they will lead. In the rice field and the height of the multiple sluice gate, the nerve in order to advance on the spill way they will take they are hereupon consequently waste of the agriculture water the actual condition

which more is deepened little by little there is a possibility talking.

Also to end of canal up for discussion case it will ask from the upstream side and to draw out it will be sufficient in order to write it will ask and it supplies, it will be the difficult actual condition and specially or end of canal will skip and sub canal to lead it forms the hydraulic pressure of the waterway water supply, it is the actual condition which provides the single sentry of irrigation dispute because difficult always.

It overcomes like this actual condition and it is limited, and it distributes one middle most which disturbance in cultivation Ub efficiently and becomes hold the water management whom it is doing scientific the necessity being percentage and reaching and it is a length where coming true augments the productivity of our agricultures.

The hazard which accomplishes the scientific anger of consequently like this water management actual the sluice gate which confront in the water demand from the peddy field which stands, the floodgate control is necessary and the hazard waterway which will reach, the discussion guard it will operate the floodgate in foundation and electromotive anger schedule one irrigation phey it will shake off and there is a necessity which the scientific anger of the water management to form it will accomplish.

### **III. Scope of Research**

- End of canal and water height of canalis estimated the system development it will be able to transmit
  - end of canal structure
    - Flow measurement this with the structure which separates improvement
    - waterway width preparation height decision
  - electronic guage
    - water height measurement (0cm - 30cm degree measurement)
  - information transmission system
    - With the water height data which is measured and gate control panel transmission (information transmission of 10 second intervals: The mammary gland or radio)
  - Electric potential composition
    - The electric potential which becomes disturbance in operation



- development of Solar energy gate development
  - Skin plate structure
    - Part surface contact with leakage part of water (material PE)
  - Coating
    - Zinc metalizing
  - Screw type method
    - Jack pinion type
  - No magnet motor
    - If long period it uses, in the form which is not miss operations development
  - development of gearing for purchase hand operation
    - The side it does most from gap of electromotion and manual operation, gearing development which the operation wants
  - power use system
    - It will pull a disturbance power from Solarcell it will come and from the insufficient parturition accumulator it will be able to supplement in order, circuit composition
  - the charger
    - Charging efficiency the possibility from 60% of taking up above 90% it is, it composes a circuit watch and it does it does not receive a protection against the cold, heat dissipation control and an effect in external environment, it composes and in the accumulator by transient one charging the discharge does not occur with, it will be able to prevent charging in order, circuit plan
  - power occurrence Solar cell
    - From lump line at unit Cell fringe land improvement
  - information transmit
    - It holds 4 - 20mA electric currents but it converted with 0 - 100% and it delivered about 5 phases which will reach (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) with it shared and information and in order for the control to be possible, information transmit to case of the motor number of revolution perception sensor of the composition which will wear - existing the motor rotation veterinarian perception of high-speed rotation the unit was only difficult also there was to motor control due to this number of revolution and the inertial control of the motor impossible. screw Type the motor rotary waterway

converts a length consequently and by the counter which is calculated only to grow it will be able to control in order the counter sensor

○ self-controlled checkgate development

- water level measurement department

· Guard perception as using the principal of the buoyancy which it blows balance of the automatic floodgate weight composes this self-controlled checkgate bringing up for discussion information of the structure it will be able to transmit.

- Balance weight

· The self-controlled checkgate of existing balance weight to pick up the iron bar and and it will be able to change.

- Balance weight structure change

· The balance which does a weight weight role wey thu to change a structure completely and floodgate elegy waterway comfort it could be opened completely in order.

○ Flow grasp and system operation technique development

- flow quantum control test

· It sees system and most conditions the hazard which operates the efficient characteristic of the control which stands and the automatic series sluice gate and and it will consider unit especially it will tie it will test and and by the proportion control where it will reach the work which it reveals clearly is necessary.

- System efficiency test

· It establishes the product which is developed in site actually and by a control conditions flow set test which appears and efficient characteristic of the system which the operation applies

○ application characteristic investigation of proof water demand supply system

Actually there to be to a water management in the water demand which uses the water the application result application scope back of effective analysis of the existing TM/TC and the system which is developed to investigate, analysis

#### **IV. Results and Suggestion for Utilization**

There is to water demand center water supply system development research and the conclusion of research result with afterwords is same.

- ① The foundation which accomplishes a water demand supply system as the solar gate the different meaning operation and automatic control are important. In order to diminish the friction force of the floodgate of the solar gate the fern it will kick and with to change it diminished motor small-sized anger hereupon and consequently the solar use in order to be possible, a friction force. In order to diminish effecton of the DC motor also to it does not use the nose compared to not to be, to use the neighboring sensor and screw type to set to share to decide gate elegy to be twisted and and and in order to use without the superior point and a bottom of the floodgate and a length.
- ② The Self-controlled gate guard the inside the waterway and schedule it maintains as role the guard whom it maintains this fringe land in order to be possible in free. It will reach and to respect the water tank in order it attaches separately and the height of the water tank to become the height where the gate is opened, in order for the height adjustment of the water tank to do to become set guard regulation. There will be to a tendency which currently paddy field and dry field soul ease is used consequently widely and if the possibility doing like this divisor meaning of a passage guard maintenance in free it will be and reorganization of waterway system it will be many it will ask and it will be able to economize because without it will be able to regulate an irrigation quantity.
- ③ Automatic control of water demand supply system hazard guard measuring equipment and fresh water core measuring equipment it will attach and information about hereupon and it will transmit it will reach and with the data for it controls it used. As individual for or the multiple information transmit and control method exchange of information with the radio and also the control against hereupon executed the radio. Like this method will be packing currently the reservoir which it is enforcing and end of canal bringing up for discussion TM/TC compared to far the block and as the multiple communication control system which is complicated currently only singly and in the object at multi unit to tie a hereafter single packing it will be forming it will be using in order, must do.
- ④ Actually the gate was various in packing and existence it controlled with the automatic movement which will reach and the gate which it controls did not exist to the electromotive sluice gate outside. It will use the buoyant automatic gate which it

develops from RRI and the discussion water it will do it will ask and in the foundation which will plant and the method which supplies water as accomplishing the foundation of the system which from the research which it sees it develops the establishment and use of the automatic gate must be prerequisite.

- ⑤ Site application of water demand supply system must consider the spot routine which it follows in irrigation facility. It compares in the namely pumping station and from the reservoir where the water supply quantity is abundant the application of water demand supply system establishment must be used water economy compared to with spot putting first. This time system drive aim the water economy knows streamlining of the spot first of all to do to become, it solves the demand of the crops which is cultivated from the cultivated land immediately and produces rainwater agricultural products must provide the base which. pumping station case possibility the water supply of sector point of view and terminus is fair and in order it could be apportioned, must be applied. At pumping station quality is more appropriate the water supply which is abundant than even at water content and it maintains the guard of the end of canal and the water supply which is fair possibility khey the fact that it does will be efficient application of system. Site application of new system specially to agriculture field and the quality of our country agriculture well and there must not be a possibility of being simple, there must be it must understand the establishment and use technique which is suitable it must apply and advantage of application the maximum will be the possibility of saving.

Also application of the research result which it sees hazard with policy supporting of the administrative organ which stands the enterprise brazier which will reach the effort of the public company which it connects is absolute. Also technical public information and supply of the research specialty agency description below the large country for the public information which pushes is necessary.

# CONTENTS

## **Chap. 1 Outline of Research / 1**

- Sec. 1 Backgrounds / 1
- Sec. 2 Necessity of Research / 2
- Sec. 3 Objectives and Scopes of Research / 7
- Sec. 4 Expected Effects and Application Plan / 14
- Sec. 5 Study Period and Research Personnel / 16
- Sec. 6 Summary and Conclusion / 18

## **Chap. 2 Status of Technical Development at Home and Abroad / 20**

- Sec. 1 Status of Technical Development at Home / 20
- Sec. 2 Status of Technical Development at Abroad / 39

## **Chap. 3 Works and Result of Research / 52**

- Sec. 1 Abstract of Electricity Floodgate / 52
  - 1. Solar Energy Gate / 52
  - 2. Self-Controlled Gate / 73
  - 3. Water Level Guage / 82
  - 4. Information Transmit System / 84
  - 5. Manufacture of Pilot Products / 94
  - 4. Domestic water supply system and system application instance

analysis / 151
Sec. 2 Conclusion / 204
<b>Chap. 4 Achievement of Objectives and Contributions / 207</b>
Sec. 1 Achievement of Each Objective and Its Contribution / 207
1. Target of Research Development / 207
2. Target Achievement of Research Development / 207
3. Contribution of Related Field / 208
Sec. 2 Achievement in Each Item of Evaluation Checklist / 209
<b>Chap. 5 Application Plan of Research Results/ 210</b>
Sec. 1 Wide Use at Site by Mass-Manufacturing / 210
Sec. 2 Use to design and Construction / 210
Sec. 3 Use for Futher Technical Development / 210
<b>Chap. 6 References / 211</b>

# 목 차

<b>제1장 연구개발과제의 개요</b>	<b>1</b>
제1절 연구의 배경	1
제2절 연구개발의 필요성	2
1.2.1 기술적 측면	2
1.2.2 경제·산업적 측면	5
1.2.3 사회·문화적 측면	6
제3절 연구개발의 목표 및 내용	7
1.3.1 기술개발의 최종목표	7
1.3.2 기술개발의 내용	7
1.3.3 연차별 연구개발 목표와 내용	10
제4절 기대효과 및 활용방안	14
1.4.1 기대효과	14
1.4.2 활용방안	15
제5절 연구기간 및 참여연구원	16
1.5.1 연구기간	16
1.5.2 연구원 조직	16
1.5.3 연구책임자	17
1.5.4 연구참여자	17
제6절 요약 및 결론	18
<b>제2장 국내외 기술개발 현황</b>	<b>20</b>
제1절 국내 기술개발 현황	20
2.1.1 국내 수위계 개발 현황	20
2.1.2 일반수문 개발 현황	29
2.1.3 무동력 자동수문 개발 현황	32
제2절 국외 기술개발 현황	39
2.2.1 일본의 물관리자동화 현황	39
2.2.2 미국의 물관리자동화 현황	46
<b>제3장 연구개발수행 내용 및 결과</b>	<b>52</b>
제1절 연구개발 수행 내용	52
3.1.1 태양광 간이식 전동 분수공	52
3.1.2 설정수위조절형 무동력 자동수문	73
3.1.3 수위측정장치	82
3.1.4 정보전달 및 제어시스템	84

3.1.5	시작품 개발	94
3.1.6	국내 물공급체계 및 시스템 적용 사례분석	151
제2절	연구개발 수행 결과	205
<b>제4장</b>	<b>목표달성도 및 관련분야에 기여도</b>	<b>207</b>
제1절	연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도	207
4.1.1	연구개발 목표	207
4.1.2	연구개발 목표달성도	207
4.1.3	관련분야 기여	208
제2절	평가착안점별 달성도	209
<b>제5장</b>	<b>연구개발결과의 활용계획</b>	<b>210</b>
제1절	상품화에 의한 현장 보급 추진	210
제2절	설계 및 시공에 직접 이용	210
제3절	향후 기술개발의 자료로 활용	210
<b>제6장</b>	<b>참고문헌</b>	<b>211</b>



## < 표 차 례 >

표 1.2.1.1	한국농촌공사 시행 물관리자동화(TC/TM)사업 현황	2
표 2.2.1.1	도네가와용수사업지구 내 사업계획 내역	40
표 3.1.1.1	압력에 대한 재료별 미끄럼운동 마찰계수	63
표 3.1.1.2	업체제공 태양광 전지판 종류(S사 제공)	68
표 3.1.2.1	무동력 자동수문 작동 메커니즘	75
표 3.1.5.1	제1차 시작품 내역	95
표 3.1.5.2	제2차 시작품 내역	99
표 3.1.5.3	제3차 시작품 내역	114
표 3.1.6.1	연도별 농경지 및 토지이용의 변화	157
표 3.1.6.2	풍속 보정계수	161
표 3.1.6.3	관측가능 일사량(extra terrestrial radiation)	163
표 3.1.6.4	위도별 일평균 일조가능시간(북반구)	163
표 3.1.6.5	밭의 다목적 용수량	175
표 3.1.6.6	다목적용수량의 적용 및 배분방식	175
표 3.1.6.7	수자원 이용현황(2006년 현재)	176
표 3.1.6.8	농업용수 수요량의 추정	177
표 3.1.6.9	전국 용수수요량 전망	178
표 3.1.6.10	농업용수 수요량 절감계획	179
표 3.1.6.11	농업용수로의 구조물화를 통한 수요절감량	179
표 3.1.6.12	자동물관리시스템 도입으로 인한 수요절감량	179
표 3.1.6.13	농업용수 수요량 산정에 적용한 경지면적 전망	180
표 3.1.6.14	수자원장기종합계획에 적용한 권역별 단위용수량	180
표 3.1.6.15	용수목적별 시설공급량 현황	181
표 3.1.6.16	이용형태별 농업용수 시설공급현황(1997년 현재)	181
표 3.1.6.17	농업용수 목적별, 이용형태별 시설공급현황	182
표 3.1.6.18	수리시설물 설치 년도별 현황(개소수)	183
표 3.1.6.19	수리시설물 이용형태별 현황(개소수)	184

표 3.1.6.20	주수원공 및 보조수원공의 시설물별 관개면적 및 점유율	185
표 3.1.6.21	수리시설물 내한능력별 관개면적	186
표 3.1.6.22	충주 TM/TC지구 주요 양수장 현황	187
표 3.1.6.23	충주 TM/TC지구 물관리 자료 요약	187
표 3.1.6.24	미호천 TM/TC지구 물관리 자료 요약	192
표 3.1.6.25	하동댐의 일반 현황	195
표 3.1.6.26	하동댐 TM/TC지구 물관리 자료 요약	195
표 3.1.6.27	성주댐 물관리 자료 요약	198
표 3.2.6.28	E 저수지 월별 저수율 변화	200
표 3.2.6.29	저수지와 양수장 공급량 비교	201

### <그래프 차례>

그래프 2.1.3.1	게이트 개도와 게이트간 수위차	35
그래프 3.1.6.1	농업용수 수요량 추정 및 이용비율의 변화	178
그래프 3.1.6.2	용전1단 양수장 일별 용수공급현황(2001년)	188
그래프 3.1.6.3	용전1단 양수장 일별 용수공급현황(2002년)	188
그래프 3.1.6.4	단월 양수장 일별 용수공급현황(2001년)	189
그래프 3.1.6.5	단월 양수장 일별 용수공급현황(2002년)	189
그래프 3.1.6.6	금능 양수장 일별 용수공급현황(2001년)	190
그래프 3.1.6.7	금능 양수장 일별 용수공급현황(2002년)	190
그래프 3.1.6.8	용교2단 양수장 일별 용수공급현황(2001년)	191
그래프 3.1.6.9	용교2단 양수장 일별 용수공급현황(2002년)	191
그래프 3.1.6.10	가흥 양수장 일별 용수공급현황(2003년)	192
그래프 3.1.6.11	남계 양수장 일별 용수공급현황(2003년)	193
그래프 3.1.6.12	청원 양수장 일별 용수공급현황(2003년)	193
그래프 3.1.6.13	청주 양수장 일별 용수공급현황(2003년)	194
그래프 3.1.6.14	주성 양수장 일별 용수공급현황(2003년)	194

그래프 3.1.6.15	비홍 양수장 일별 용수공급현황(2003년)	195
그래프 3.1.6.16	월운 양수장 농업용수 일별 공급현황(2000년)	196
그래프 3.1.6.17	월운 양수장 누가관개량 및 강우량(2000년)	196
그래프 3.1.6.18	월운 양수장 농업용수 일별 공급현황(2001년)	197
그래프 3.1.6.19	월운 양수장 누가관개량 및 강우량(2001년)	197
그래프 3.1.6.20	하동댐 2002년도 농업용수 일별 공급현황	198
그래프 3.1.6.21	성주댐 일별 용수공급 현황(2002년)	199
그래프 3.1.6.12	성주댐 일별 용수공급 현황(2003년)	199

### <그림 차례>

그림 1.2.1.1	물공급중심(TC/TM) 및 물수요중심(말단포장 유황정보) 시스템	4
그림 2.1.3.1	위치맨 게이트 작동 순서도	33
그림 2.1.3.2	스톡맨의 시스템적 배치도	35
그림 2.1.3.3	스톡맨 게이트 구조 및 장치	36
그림 2.1.3.4	FLOWMAN GATE 배치도	37
그림 2.1.3.5	물 사용량별 관리수위 설정	38
그림 3.1.1.1	태양광 간이식 전동분수공 모형도	52
그림 3.1.1.2	일반전기식 전동수문의 작동 메커니즘	56
그림 3.1.1.3	설계홍수위의 접근유속을 포함한 상시하중	57
그림 3.1.1.4	수문비 구성	60
그림 3.1.1.5	사각형 지수부	60
그림 3.1.1.6	도넛 원통형 지수부	61
그림 3.1.1.7	삼각돌출형 지수부	61
그림 3.1.1.8	수문에 걸리는 모멘트	66
그림 3.1.1.9	수문비와 지수재 모양	70
그림 3.1.2.1	무동력 자동수문 구조도	74
그림 3.1.2.2	설정수위 조절형 무동력 자동 수문	76

그림 3.1.2.3	플로트 설계	77
그림 3.1.2.4	설정수위 조절형 무동력 자동 수문 모멘트도	78
그림 3.1.3.1	음파식 수위감지센서	83
그림 3.1.4.1	농어촌연구원 적용 시스템 블록 다이어그램	84
그림 3.1.4.2	농어촌연구원 포장 및 수로규모도면	85
그림 3.1.4.2	충남 당진 대호시험포장 적용 시스템 블록 다이어그램	86
그림 3.1.4.3	수문과 로그관리 플로우 차트	87
그림 3.1.4.4	태양광 전동분수공과 유말태양광 전동수문 관리 플로우차트	87
그림 3.1.4.5	배터리(Battery) 관리 플로우차트	88
그림 3.1.4.6	측정수위 관리 플로우차트	89
그림 3.1.4.7	기존 제어방식 문제점 해결 및 개선방안	89
그림 3.1.5.1	시스템 개요도	99
그림 3.1.5.2	시스템 작동 메커니즘	114
그림 3.1.5.3	농어촌연구원 적용 시제품 설치 개요도	115
그림 3.1.5.4	충남 당진 대호시험포장 적용 시제품 설치 개요도	117
그림 3.1.6.1	논용수 수요량의 구성도	158
그림 3.1.6.2	이양재배시 작물재배력	166
그림 3.1.6.3	담수직파재배시 작물재배력	168
그림 3.1.6.4	건답직파재배시 작물재배력	169
그림 3.1.6.5	밭용수 수요량의 구성도	170
그림 3.1.6.6	우리나라 수자원 이용현황	176

### <사진 차례>

사진 1.2.1.1	기개발 물수요중심 용수공급시스템 수문	3
사진 1.2.1.2	기개발 물수요중심 용수공급시스템 수문	5
사진 2.1.1.1	고정밀 음파 수위계	20
사진 2.1.1.2	인공 개수로용 유량계	21

사진 2.1.1.3	지상 압력식 수위계	22
사진 2.1.1.4	저수조 및 산업용 탱크 수위계	22
사진 2.1.1.5	초음파수위계	23
사진 2.1.1.6	레이다 수위계	24
사진 2.1.1.7	도플러식 유량계	25
사진 2.1.1.8	로프식/기어식 수위지시계	25
사진 2.1.1.9	공기식 수위지시계	26
사진 2.1.1.10	플로트식 수위경보계	26
사진 2.1.1.11	탱크 레벨 게이지	27
사진 2.1.1.12	투입식 수위 제어기	28
사진 2.1.2.1	스핀들식 수문	30
사진 2.1.2.2	웜기어식 수문	31
사진 2.1.2.3	베벨기어식 수문	31
사진 2.1.2.4	편책식 수문	32
사진 2.1.3.1	WATCHMAN GATE 현장운영 모습	33
사진 2.1.3.2	보정장치(바네·암)	38
사진 2.2.1.1	도네(利根)대보전경	40
사진 2.2.1.2	하라쿠(畠樂)용수로 전경	41
사진 2.2.1.3	무사시(武藏)용수로 전경	42
사진 2.2.1.4	아키가세취수보 전경	42
사진 2.2.1.5	미소요(見沼代)용수로 전경	44
사진 2.2.1.6	스미다스가(末田賀)보 전경	44
사진 2.2.1.7	도네(利根)도수총합사업소 전경	45
사진 2.2.1.8	아키가세관리소 전경	46
사진 2.2.2.1	Puite Reservoir(In Utah)	47
사진 2.2.2.2	Head of Vermillion Canal(In Utah)	48
사진 2.2.2.3	Swasey Diversion Canal(In Utah)	50
사진 2.2.2.4	Stonefly Technology, Inc.의 관계자와 의견교환 모습	51

사진 3.1.1.1	현장에 설치된 태양광 전동 수문	69
사진 3.1.1.2	태양광 전동 수문 수문비(Skin Plate) 및 지수부	69
사진 3.1.1.3	스핀들(Spindle) 및 클럼프(Crump)	71
사진 3.1.1.4	수문 상하작동 제어센서	72
사진 3.1.1.5	스크류 및 근접센서	72
사진 3.1.2.1	무동력 자동수문 수문비(Skin Plate)	79
사진 3.1.2.2	무동력 자동수문 밸런스 웨이트(Balance Weight)	80
사진 3.1.2.3	무동력 자동수문 주수조	81
사진 3.1.2.4	무동력 자동수문 플로트 룸(Float Room)	81
사진 3.1.2.5	무동력 자동수문 힌지(Hinge)	82
사진 3.1.3.1	설치된 수위감지센서	83
사진 3.1.5.1	조사대상지역	94
사진 3.1.5.2	제1차 시제품 설치 전경	98
사진 3.1.5.3	제2차 시제품 설치 전경	113
사진 3.1.5.4	제3차 시제품 설치 전경(농어촌연구원)	116
사진 3.1.5.5	제3차 시제품 설치 전경(충남 당진 대호시험포장)	118

### <도면 차례>

도면 3.1.4.1	물수요중심 용수공급시스템 운영 및 관리 회로도면	93
도면 3.1.5.1	제1차 시제품 제작도면	98
도면 3.1.5.2	제2차 시제품 제작도면	112
도면 3.1.5.3	제3차 시제품 제작도면	131

# 제1장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구의 배경

현재 우리나라는 물부족국가로 인식되어 있으며 특히 우리나라의 물수요 중 약 50%를 차지하고 있는 농업용수의 절약과 효율적인 이용은 시대적 사명이라고 할 수 있다. 이에 따라서 농업용수를 효율적으로 사용하기 위한 노력은 다방면에서 이루어지고 있다. 특히 수원공과 간선부의 물관리자동화사업에 의한 노력은 현재 한국농촌공사를 중심으로 이루어지고 있으며 우리 농촌의 인력구성, 즉 고령화와 일손부족이라고 하는 현상에 있어서 아주 바람직한 것이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 물관리자동화사업은 어디까지나 물을 공급하는 사람의 측면을 고려한 것으로서 관개기간과 물공급의 경험 및 원칙에 의해 일방적으로 물을 공급하는 시스템이다. 이는 말단 포장에서 이루어지는 실제적인 물소비의 형태는 고려하지 않은 물공급으로서 운반 또는 간단관개와 같이 일정한 폐턴과 물에 의해서 이루어지는 관개에는 적절한 방법이지만 현실적으로 우리 농촌의 물 소비는 임의적이며 작의적이기 때문에 물관리자동화사업에 의한 물관리는 아직까지는 적절한 대안이라고 판단하기에는 이른다.

이러한 점을 염두에 두고 실제적인 말단 포장에서의 물소비에 대응한 물관리시스템이 절실한 실정이다. 현재 농민들은 물꼬를 통해 물을 공급받으면 배수물꼬의 높이를 조정하여 물은 항상 내려오고 자연적으로 논에 물을 공급하며 남는 물은 배수물꼬를 통하여 자연적으로 배수로로 나아가기 때문에 신경을 덜 쓰고 있으며 이에 따라서 농업용수의 낭비는 점점 더 심화되고 있는 실정이라고 말할 수 있다.

또한 말단부의 경우에는 상류부에서 물을 빼서 쓰기 때문에 충분한 물을 공급하기가 어려운 실정이며 특히나 낮은 수위는 지거를 통해 물공급하는 수로의 수압을 형성하기가 어렵기 때문에 항상 물싸움의 단초를 제공하고 있는 실정이다.

이러한 현상을 극복하고 한정되어 있는 물을 효율적으로 분배하여 농작업에 소요되는 일중 대부분을 차지하고 있는 물관리를 과학적으로 할 필요가 있으며 이를 실현하는 것이 우리 농업의 생산성을 증대시키는 길이다.

따라서 이러한 물관리의 과학화를 실제로 이룩하기 위해서는 말단 포장에서의 물소비에 대응한 물꼬, 수문관리가 필요하며 이를 위해 수로, 논,의 수위를 기초로 수문의 작동을 전동화하여 일정한 관개폐턴을 형성시켜 물관리의 과학화를 이룰 필요가 있다.

## 제2절 연구개발의 필요성

### 1.2.1 기술적 측면

#### 1.2.1.1 공급중심에서 수요중심으로의 용수공급체계 변환

수로 조직별 포장의 물수요 상황을 고려한 적정 용수 공급량 조절의 자동화시스템을 통해 용수 및 인력절감을 이루고자 한다. 현재 농업용수의 공급체계를 보면 수원공(저수지, 양수장, 하천)에서 일률적인 계획에 의하여 용수를 공급하고 이를 각종 수문의 조작에 의하여 말단포장에 이르게 하는 물공급 위주의 용수공급체계라고 할 수 있다. 이러한 용수공급체계는 기상과 보편화된 영농 시기에 따라 공급량, 공급일정을 결정한 용수공급계획에 따라 용수공급이 이루어지고 있다. 이러한 용수공급체계는 공급계획에 따라 수요자의 영농계획이 일치될 경우에는 물관리 효율을 높일 수 있으나, 일치하디 않을 경우에는 용수의 손실이 많이 발생하게 된다. 즉, 농민이 용수가 필요치 않은 때에도 용수가 공급되어 과잉수가 방류되고, 용수 필요시기에는 별도의 용수 공급을 요구함에 따라 용수의 낭비가 많이 발생되고 있다.

표 1.2.1.1 한국농촌공사 시행 물관리자동화(TC/TM)사업 현황  
(2003 농업기반공사)

도별	지역별	사업별	수해면적 (ha)	원격감시/제어방법		자동화 대상시설	비 고
				통신망(주)	유·무선		
경기	과주	TM/TC	4,690	자체	무선(VHF)	32	2004년 준공
강원	원주	TM/TC	856	자체	무선(VHF)	17	2004년 준공
충북	청원	대단위	3,573	자체	무선(VHF)	6	운영중
	충주	개보수	3,807	자체	무선(VHF)	22	운영중
	음성	TM/TC	2,752	자체	무선(VHF)	18	운영중
충남	진천	TM/TC	2,801	자체	무선(VHF)	26	
	아산	개보수	604	자체	무선(VHF)	22	운영중
	당진	TM/TC	3,790	자체	무선(VHF)	15	
전북	군산	TM/TC	5,133	자체	무선(VHF)	18	운영중
	남원	농촌용수	3,850	자체	무선(VHF)	35	
	고창	배수개선	(389)	자체	무선(VHF)	12	운영중
전남	동진	TM/TC	22,110	자체	무선(VHF)	20	
	나주	TM/TC	2,269	자체	무선(VHF)	20	2004년 준공
	담양	TM/TC	3,155	자체	무선(VHF)	21	
경북	상주	개보수	744	한국통신	유선	4	운영중
	성주	농촌용수	3,530	자체	무선(VHF)	27	운영중
	문경	TM/TC	3,461	자체	무선(VHF)	16	2004년 준공
경남	의성	TM/TC	2,971	자체	무선(VHF)	17	
	영주	농촌용수	1,761	자체	무선(VHF)	4	
	하동	농촌용수	3,155	자체	무선(VHF)	22	운영중
계	의령	TM/TC	1,120	자체	무선(VHF)	20	운영중
	창원	TM/TC	3,260	자체	무선(VHF)	24	부분운영
		22	79,781			418	



효율적인 물관리를 하기 위하여 농업기반공사에서는 8개도 22개 지구에 물관리자동화사업(TM/TC)을 실시 또는 예정하고 있으나 이러한 물관리자동화시스템 또한 수원공에서부터 간선수로까지를 원격 감시하고 제어하는 것으로서 현재까지는 공급위주의 물관리로 운영되고 있는 상황이다. 실제로 어떤 구역의 농업용수 사용 상황을 가장 정확하게 파악하기 위해서는 말단포장에서의 용수사용 상황 정보를 이용하는게 가장 유리하나, 현재 이러한 말단 포장단위의 용수정보에 따른 물관리는 전무한 실정이다. 따라서, 말단포장에서의 용수공급 상황을 감지한 정보를 이용하여 수문의 개폐가 자동으로 이루어져 지선의 물공급을 제어할 수 있는 형태의 물관리 기술이 절실하게 필요한 실정이다. 이러한 물관리 기술은 포장에서의 용수낭비를 효율적으로 차단할 수 있어서 용수절감에 많은 기여가 기대된다.



(a) 용수관리 원격제어 중앙관리소



(b) 원격제어 간선 수문

사진 1.2.1.1 물관리자동화사업 부대시설

### 1.2.1.2 말단 포장단위의 물관리 자동화

현재의 개수로형 용수공급체계는 공급자의 계획에 의하여 일방적으로 용수를 공급하는 것으로서 용수절감 및 수요자의 요구에 따른 세밀한 물관리를 위한 체계에까지는 이르지 못하고 있다. 이에 따라 특히 향후 물부족시대를 대비한 농업용수의 절감이라는 측면에서 보면 용수공급계획에 따른 물관리가 아니라 실제로 현장에서 사용하고 있는 용수의 수요자에 따라 공급을 조절하는 세밀한 물관리가 필요하다. 이를 실현하기 위해서는 말단 포장단위의 담수심에 의한 용수공급제어에서부터 지거의 유말공 정보를 확인, 전달하여 지거의 용수관리를 실현하고 이에 따라 분수공 및 지선의 제수문까지를 제어하여 유말공에서부터 지선의 제수문 작동까지를 일체화하여 물관리를 하는 말단 포장단위의 물관리 자동화가 필요하다. 따라서 현재 현대화 시설로 개발되어 있는 자동급수물꼬, 태양광 전동수문, 무동력 자동 수문을 기초로 하여 자동 제어가 가능한 더 발전된 물관리 자동화의 실현으로 보다 효율적인 물관리를 행할 시기이다.

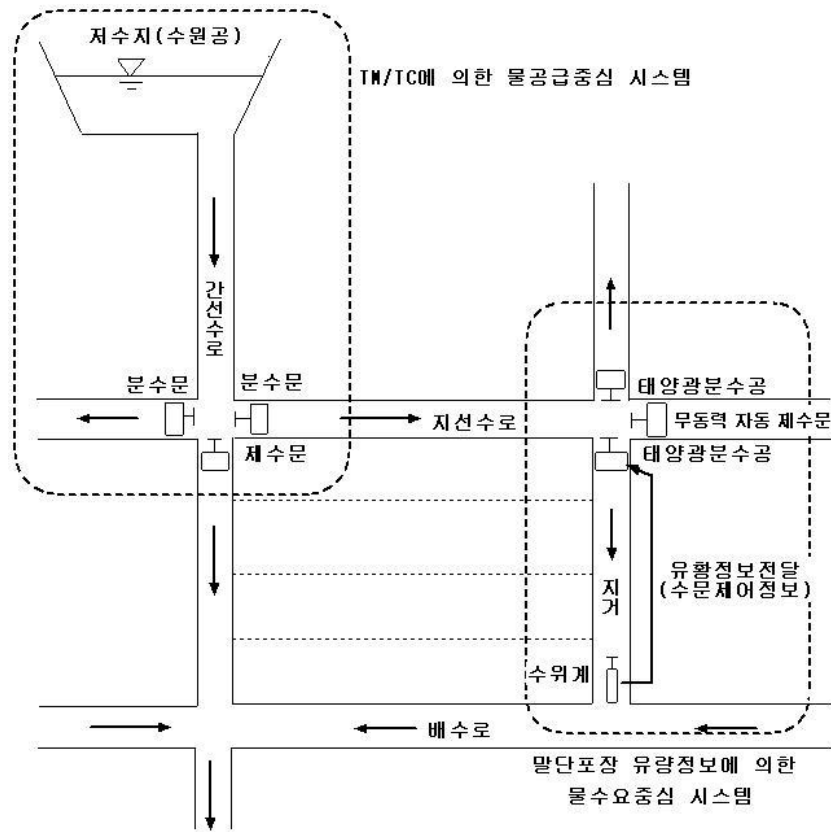


그림 1.2.1.1 물공급중심(TC/TM) 및 물수요중심(말단포장 유량정보) 시스템

1.2.1.3 현대화 시설로 개발된 물꼬 및 수문을 이용한 말단포장 물관리 자동화

상기에서 논한 바와 같이 논외의 담수위를 기초로 물꼬를 자동으로 운영할 수 있는 자동급수물꼬 및 태양광을 이용한 분수문 그리고 수로의 설정수위에 따라 자동으로 수문개폐를 하는 무동력 자동 제수문등이 이미 개발되어 있다. 따라서 이러한 기개발 수문을 이용하여 말단포장단위의 물관리를 실현할 필요가 있다. 첫째로는 각포장에 담수위에 따라 개폐가 가능한 자동급수물꼬를 장착하여 배수물꼬를 통한 용수의 낭비를 방지하고 이러한 물꼬의 운영에 따라 용수지거의 유말공 또는 내수위의 정보를 수위계를 통하여 감지하고 이를 분수공에 전송하며, 두 번째로는 태양광을 동력원으로 하는 분수공에 유말공 또는 내수위의 정보를 기초로 하여 수문의 개폐를 행하며 세 번째로는 분수공의 개폐에 따라 용수지선의 수위가 증감을 하며 무동력 자동 제수문의 설정수위에 따라서 수문의 개폐가 이루어지는 시스템이다.

이러한 시스템은 기존에 개발되어 있는 물꼬 또는 수문의 원리를 그대로 이용하면서도 좀 더 사용이 용이할 수 있도록 개선을 하여 사용할 수 있게 하며 말단포장에 용수공급이 완료되었음에도 불구하고 지속적인 용수공급에 의한 용수낭비를 방지하고 모든 시스템이 정보전달에 따른 자동화에 의해 관리인력의 소요를 방지할 수 있는 시스템이며 이러한 시스템은 장래의 우리 농업의

경쟁력 향상을 위해 반듯이 필요한 시스템이라고 사료된다.



(a) 자동급수 물꼬

(b) 태양광 전동 수문

(c) 무동력 자동 수문

사진 1.2.1.2 기개발 물수요중심 용수공급시스템 수문

## 1.2.2 경제·산업적 측면

### 1.2.2.1 농업용수 절감

현행의 공급위주 용수공급은 포장말단에서 이루어지는 급수행위와 시간적, 공간적인 연결성을 갖지 못하여 용수의 낭비를 방지하지 못하는 측면이 있다. 즉, 말단 포장의 담수심 정보에 의하여 물꼬의 개폐가 이루어지는 동시에 지거의 수위정보를 분수공에 전달하고 이 정보에 따라서 분수공의 개폐를 조작함과 동시에, 분수공의 정보가 지선의 제수문에 전달되어 제수문을 조작할 수 있다면 말단포장의 정보가 시간적, 공간적인 측면에서 real time으로 정보전달이 가능하기 때문에 불필요한 과잉취수를 방지할 수 있다.

현재 기개발된 자동급수물꼬를 도입만으로도 말단포장에서의 용수절감효과가 ha당 10~50%까지 절감(2002년, 물관리 생력화 기술의 실용화 연구, 농림부, pp 452)이 가능하다는 연구결과에서 볼 수 있듯이 말단포장에서의 용수조절은 우리의 농업용수절감에 커다란 기여를 할 수 있다고 생각된다.

또한 기존의 물관리 형태에 의해 유말공을 거쳐서 배수로로 흘러나가는 유량을 생각하면 이의 real time 관리에 의하여 분수공을 제어하면 그 양만큼의 수량을 지선부로 보낼 수 있으므로 긴 연장과 낮은 구배의 수로에 있어서의 수압형성을 위한 여분의 용수공급을 방지할 수 있으며, 또한 수위형성을 위해 기존 제수문식의 물길완전차단을 방지하며 하류로도 유량을 지속적으로 보낼 수 있는 무동력 자동 수문 방식을 채택함으로써 용수절감과 동시에 급수의 곤란 사항을 방지할 수 있다.

### 1.2.2.2 농업용 시설관련 기술력 향상

현재 우리의 수리시설물의 개발상황은 아주 열악한 실정이다. 기존의 분수공을 조사해 보면 우리나라의 관개적, 기후적, 야적 상황의 특성을 고려하지 않고 단순히 경제적인 면만을 추구하여 수문의 운영적, 재질적, 유지관리적 특성을 무시하고 제작 설치를 해왔다. 이에 따른 결과로는 수문설치후 짧은 시간 안에 나타나는 수문비 본체의 부식과 권양기의 고장, 수문 개폐의 어려움, 유지관리의 상시화등의 문제점을 야기 시켜왔다. 이러한 현실이 우리의 수리시설물에 대한 기술적인 위치이다.

따라서 현재 본 연구가 의도한 바에 의하면 말단포장단위를 기준으로 하여 급수공, 유말공, 분수공, 제수문을 한 단위로 묶어서 기술적인 연결을 함으로서 한단계 차원높은 수리시설물 설계능력을 배양시키고 제작 및 설치기술을 향상시킴과 동시에 이 기술의 민간전파에 의하여 경쟁력 있고 기술력 있는 농업용 시설관련 기술력을 고양시킬 필요가 있다.

### 1.2.3 사회·문화적 측면

#### 1.2.3.1 농작업 환경변화에 따른 영농의식 고취

WTO체제 출범과 FTA 비준등 우리의 농업환경은 점점 더 영세하고 조방적인 농업을 하는 우리의 농촌경제를 어렵게 만들고 있으며 이에 따라 영농의욕이 나날이 감소되어 가고 있는 추세에 있다. 따라서 우리의 농업을 되살리기 위해서는 경쟁력 있는 농업으로의 재탄생을 시도해야 되며 이러한 것을 실현하기 위해서 노동력 절감을 가장 큰 목표로 해야 된다. 논농사의 대부분을 차지하고 있는 물관리 노력을 절감하기 위해서 농민이 직접 시간을 할애하는 말단포장에서의 용수공급의 자동화에 따라 물관리 노력비를 절감시키고 단위시간당 노동생산성을 높임으로서 농작업 환경변화에 따른 영농의식을 고취시켜 희망차고 일할 의욕이 나는 농촌으로 거듭나게 할 필요가 있다.

## 제3절 연구개발의 목표 및 내용

### 1.3.1 기술개발의 최종목표

- 유말공과 내수위의 유량상황을 간단하게 전달할 수 있는 시스템 개발
- 태양광 간이 전동 수문 개발
- 설정수위 조절형 무동력 자동 수문 개발
- 자동물꼬의 비례제어에 의한 수로내 유량과약 기법 개발
- 물수요중심 용수공급시스템에 의한 용수 및 관리노력 절감효과 분석

### 1.3.2 기술개발의 내용

#### 1.3.2.1 유말공 또는 내수위의 유량상황을 간단하게 전달할 수 있는 시스템 개발

기존의 유말공은 용수로의 유량을 배수로로 연결시키기 위하여 개방형 구조로서 이루어진 것이 대부분이며 이에 따라 유말공에서 나아가는 유량을 측정하기에는 매우 어려운 조건이다. 따라서 유말공의 구조를 유량측정이 유리하게끔 변경을 한다.

- 유말공 구조 : 유량측정(수위측정)이 유리한 구조로 개선

수로 폭 대비 높이 결정

유말공의 구조개선 또는 내수위를 간단하게 측정할 수 있는 간단한 수위계를 개발한다. 기존의 초음파식 수위계는 경제적으로도 가격이 비싸기 때문에 대량보급은 예산상 어려운 실정이다. 또한 유말공의 수위는 지거를 대상으로 하기 때문에 0cm~30cm 정도만 측정가능하면 되기 때문에 증폭시킬 필요가 없으며 제어대상의 수위도 cm 단위이기 때문에 아주 정밀할 필요도 없다. 따라서 전극봉식으로 수위를 측정하여 정보를 전달해 주는 역할만이 필요한 수위계로 개발을 한다.

- 전극봉식 수위계 : 수위측정(0cm~30cm 정도 측정)

유말공 또는 내수위의 수위상황을 수위계에 의해 측정하고 측정된 정보를 분수공의 제어장치에 전달하는 시스템을 개발한다. 본 시스템은 측정된 유말공의 수위데이터를 분수공의 제어판에 전달하는 것으로서 수위상황을 10초 간격의 측정된 데이터를 전송하는 것을 기본으로 한다.

- 정보전달시스템 : 측정된 수위데이터 수집 및 분수공 제어판으로 전송

(10초 간격의 정보 전달 : 유선 또는 무선)

본 시스템의 작동을 위한 전력구성으로서 지거의 유말공마다 전력을 인입하는 것은 주변의 인프라상황에 따라 달라지지만 많은 초기투자비를 소요시킬 것으로 예상된다. 따라서 분수공의 전력(태양광)을 유선상에서 전달받아 작동 및 운영을 하는 것을 기본으로 한다.

- 전력구성 : 작동 및 운영에 소요되는 전력(태양광)

### 1.3.2.2 태양광 간이 전동 수문 개발

분수공의 가장 근간을 이루는 수문비 구조로서 기존 개발된 태양광 전동 수문의 경우 분수공으로 사용하기에는 구조상의 복잡함과 더불어 가격이 비싼 단점이 있다. 따라서 기존의 분수공과 태양광 전동 수문의 장점만을 추출하여 원형관의 수문비 형태를 취하고 재질도 일반철강이나 합성수지계통으로 하여 직접재료비의 단가를 줄이고 도장은 아연 메탈라이징으로 하여 부식을 방지하며, 지수부는 PE를 재료로 하여 마찰력을 줄여서 아주 가볍고 소형동력으로도 구동이 가능한 수문비를 제작한다. 또한 수문비를 들어올리는 스크류의 형태는 문비가 완전히 개방되었을 때 위로 올라와 외부에서의 충격에 의해 변형되는 일이 많기 때문에 스크류의 길이는 일정하면서도 직접 수문비를 들어 올릴 수 있도록 잭피니언식으로 개발을 한다.

- 수문비 구조 : 일부 면접축식 지수부(재료는 PE)
- 도장 : 아연메탈라이징
- 스크류방식 : 잭피니언식

구동부에 관해서는 기존의 모터가 전력인입과 동시에 마그네틱 또는 자석이 붙어서 전력을 통과시키는 역할을 하는데 이는 시간이 경과함에 따라서 주변에 녹이 쓸거나 마모가 되어 제대로 작동이 되질 않는 경우가 많다. 따라서 특히 추운 겨울철이 지나고 수문을 사용할 시기가 되면 작동을 멈추는 경우가 왕왕 발생하기 때문에 이를 원천적으로 방지하기 위하여 자석이나 마그네틱에 의한 접촉이 아닌 방법으로 모터를 개발한다. 또한 힘을 증폭시키기 위한 감속기도 비상시 수동작동의 편리성을 위하여 감속비를 조정하여 개발한다.

- 무자석식 또는 무마그네틱식 모터 : 장기간 사용해도 오작동이 없는 형태로 개발
- 수동편리성 추구 감속기 : 전동과 수동의 사이에서 가장 편하고 작동이 원활한 감속기 개발

동력전달부는 발생된 전기를 모터에 이르게 하는 부분으로서 본 수문의 핵심적인 부분이다. 따라서 우선 전기의 인입은 Solar cell에서 발생된 전기를 사용하고 모자라는 부분만 축전지에서 끌어올 수 있도록 구성하며, 방열방한처리가 된 충전기를 통하여 축전지에 전력을 축전시키고 나머지는 자연방전이 되어 축전지의 수명을 연장시킬 수 있는 형태로서 구성을 한다.

- 동력사용시스템 : 소요동력을 Solar cell에서 끌어오고 부족분만 축전지에서 보충할 수 있도록 회로도 구성

- 충전기 : 충전효율을 60%에서 90% 이상으로 끌어올릴 수 있도록 회로망을 구성하며 방한·방열처리를 하여 외부환경에 영향을 받지 않도록 구성하며 축전지에 과도한 충전에 의해 방전이 발생되지 않도록 과충전을 방지할 수 있도록 회로 설계

동력발생부는 수문을 구동시키는 전기를 발생시키는 부분으로서 본 연구개발품의 근간이 되는 부분이다. 따라서 외부의 충격에 강한 제품을 선택하며 발전효율도 기존의 효율이 떨어지는 일괄

식 라인형성에서 Cell 단위의 발전식으로 변경하여 효율을 높일 수 있도록 한다.

- 동력발생용 Solar cell : 일괄식 라인에서 단위 Cell식으로 변경 개선

정보의 송수신 및 제어를 위한 컨트롤러를 개발하고 수문비의 개도를 감지할 수 있는 센서를 부착시켜 인력에 의한 작동이 아니라 정보에 의한 현장자동제어를 목표로 한다.

- 정보송수신 : 4~20mA의 전류를 개도 0~100%로 전환하여 정보를 전달하고 이를 약 5단계 (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)로 나누어서 제어가 가능하도록 정보송수신을 구성
- 수문개폐감지센서 : 기존의 모터 회전수 감지센서의 경우에는 고속회전의 모터회전수의 감지가 대단히 어려우며 또한 이 회전수에 의한 모터제어에 있어서 모터의 관성제어가 불가능했다. 따라서 스크류의 길이를 모터회전수로 전환하여 카운터에 의해 계산된 수만큼만 제어할 수 있도록 카운터형 센서를 부착

### 1.3.2.3 설정수위 조절형 무동력 자동 수문 개발

설정수위의 조절이 가능하게 하여 수문상류의 유량상황이나 관개상황에 따라서 유지수위를 조절할 수 있도록 개발한다. 이러한 특징은 장래의 농업환경변화나 재배농작물의 변화에 따라 용수 공급량이 달라질 수 있으며 이에 따라 각 구역에 공급하는 용수량이 달라질 수 있는 변화에 대응하기 위해서다. 또한 다단계 조절수위기능을 가짐으로서 한정된 유량을 적정하게 분배하여 사용할 수 있는 큰 장점이 있다.

- 수위감지부 : 수위감지부는 부력의 원리를 이용하는 것으로서 이 수위감지부의 정보를 자동수문의 밸런스 웨이트에 전달할 수 있는 구조로 구성한다.
- 밸런스 웨이트 : 기존의 무동력 자동 수문은 밸런스 웨이트에 철봉을 집어 넣으면 설정수위를 변경할 수 없었는데 반하여 신 무동력 자동 수문의 경우에는 밸런스 웨이트가 무게추 역할을 대신할 수 있도록 하여 반응하는 수위를 조절할 수 있도록 한다.

기상의 특성이 변함에 따라 장마기나 집중강우가 오면 용수로가 배수로화되는 경향이 많이 발생됨으로 용수로에 설치되어 있는 시설물들이 오히려 통수에 방해가 되어 수로가 범람되어 수로 파손, 논침수등을 초래하기도 한다. 따라서 이러한 경우에 완전히 수문비를 수로 독위로 들어 올리는 형식으로 개발을 한다.

- 밸런스 웨이트의 구조 변경 : 무게추역할을 하는 밸런스 웨이트의 구조를 완전히 변경하여 수문비가 수로 독위로 완전히 개방될 수 있도록 한다.

무동력 자동 수문을 설치하는데 있어서 가장 문제가 되는 것이 지수를 위해 수로벽과 수문의 간격을 조절하는데 있다. 따라서 실용화 보급을 위해서는 이 문제를 해결해야 하며 이를 위해 간

단히 현장조립에 의해 앵커볼트처리로서 부착을 시킬 수 있는 구조로 개발한다.

#### 1.3.2.4 자동물꼬의 비례제어에 의한 수로내 유량과약 및 시스템 운영 기법 개발

상기의 개발된 제품을 시스템적으로 운영하기 위해서는 분수공과 제수문을 제어할 수 있는 유말공 또는 내수위의 정보제공이 가장 기본이 되며 이러한 정보를 채취하기 위해서는 제어유량을 목적에 맞게 실험을 통해서 증명할 필요가 있다. 따라서 1개 유닛을 6ha로 산정하여 12개의 자동급수물꼬를 대상으로 실험을 행한다.

- 제어적정유량설정실험 : 본 시스템을 가장 적정하게 운영하기 위해서는 제어의 효율성을 감안하여 자동급수물꼬를 단위별로 묶어서 실험을 하고 이를 비례제어에 의해 명백히 밝히는 작업이 필요하다.
- 시스템 효율성 실험 : 현장에 개발된 제품을 실제로 설치하여 제어적정유량설정실험에 의해 나타난 값을 적용하여 운영을 함으로서 본 시스템의 효율성을 증명

#### 1.3.2.5 물수요중심 용수공급시스템에 의한 용수절감효과 분석 및 조건 검토

실제로 용수를 사용하는 물수요중심의 물관리에 있어서 기존의 물관리 관행에 따른 물소비량과 물수요중심 시스템 설치에 따른 물소비량을 비교하여 용수절감효과를 분석을 한다.

또한 기존 물관리 관행과 물수요중심 시스템 설치 후의 인력 소요량을 비교검토하고, 본 시스템이 적용되어야 할 포장 및 설치유형 조건에 대한 지침을 마련한다.

### 1.3.3 연차별 연구개발 목표와 내용

구 분	연 구 개 발 목 표	연 구 개 발 내 용 및 범 위	
1차 년도 (2004)	정보전달 시스템 개발	수위계 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유말공 구조 구성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수로폭 대비 유말구조물 높이결정</li> </ul> </li> <li>○ 전극봉식 수위계 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수위감지(0~30cm) 전극봉식 수위계개발</li> </ul> </li> </ul>
		정보전달 제어 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 모터제어 시스템 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모터제어 PLC와 P/G 개발</li> </ul> </li> </ul>
	수문 개발	태양광 간이 전동 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 잭피니언식 수문개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수문재질 결정</li> <li>- 권양방식 개발(잭피니언식)</li> </ul> </li> </ul>



구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	
1차 년도 (2004)	수문 개발	태양광 간이 전동 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지수부 개선(일부면마찰식)</li> <li>- 모터 개발 (무자석, 무마그네틱 접촉식)</li> <li>○수문 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 잭피니언식수문 설계</li> </ul> </li> <li>○수문 제작</li> <li>○실내실험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모터 회전토크 시험</li> <li>- 수문 권양성능 시험</li> <li>- 수문비 지수시험</li> </ul> </li> <li>○문제점 검토               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작동성능</li> <li>- 지수성능</li> <li>- 동력소요 분석</li> </ul> </li> </ul>
		설정수위 조절형 무동력 자동 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○수위감지부 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부력식 수위감지부 개발</li> <li>- 오물유입방지 대책 수립</li> </ul> </li> <li>○밸런스 웨이트 구조 변경               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 완전상승구조 개선</li> </ul> </li> <li>○수문 설계</li> <li>○수문 제작</li> <li>○실내실험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수위감지부 성능시험</li> <li>- 수문작동 시험</li> </ul> </li> <li>○문제점 검토               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작동성능</li> <li>- 지수성능</li> </ul> </li> </ul>

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	
2차 년도 (2005)	정보전달 시스템 개발	비례제어에 의한 유량과악기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시험포장선정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동급수물꼬설치 대상 지역</li> </ul> </li> <li>○ 제어적정유량설정시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유닛별 유량산정시험</li> </ul> </li> </ul>
		정보전달 제어 시 스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비례식 모터 제어 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다단계 모터 비례제어법 개발</li> </ul> </li> </ul>
	수문 개발	태양광 간이 전동 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정보송수신 방법구성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단계별 제어기술 구성</li> </ul> </li> <li>○ 수문개폐센서 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스크류형 센서 개발</li> </ul> </li> <li>○ solar cell 선택               <ul style="list-style-type: none"> <li>- cell단위 발전식</li> </ul> </li> <li>○ 충전기 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 충전회로도 구성 및 제작</li> </ul> </li> <li>○ 감속기 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파워형 감속기 개발</li> </ul> </li> <li>○ 실내실험 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내실험결과 분석 및 보완</li> </ul> </li> <li>○ 보완제작 및 현장 설치               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보완설계 및 제작</li> <li>- 현장설치</li> </ul> </li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실내실험 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내실험결과 분석 및 보완</li> </ul> </li> <li>○ 보완제작 및 현장 설치               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보완설계 및 제작</li> <li>- 현장설치</li> </ul> </li> </ul>
			설정수위 조절형 무동력 자동 수문 개발
	현장운영시험	비례제어에 의한 유량과악기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템 효율성 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제어적정유량설정시험 검증시험</li> </ul> </li> </ul>
현장시험		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템 현장시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유말공정보 전달 시험</li> <li>- 분수공 제어 시험</li> <li>- 제수문 작동 시험</li> <li>- 시스템 전체 작동 시험</li> </ul> </li> </ul>	

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위	
3차 년도 (2006)	수문 개발	시스템 보완	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 태양광 간이 전동 수문 문제검토 및 보완               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보송수신 체계</li> <li>- 감지센서</li> <li>- 충전기</li> <li>- 모터</li> <li>- 감속기</li> </ul> </li> <li>○ 설정수위 조절형 무동력 자동 수문 문제검토 및 보완               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부력식 수위감지부</li> <li>- 밸런스 웨이트 구조</li> <li>- 오물유입방지 대책</li> </ul> </li> <li>○ 전극봉식수위계 문제검토 및 보완</li> </ul>
		용수절감효과 분석 및 조건 검토	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 용수절감효과를 분석</li> <li>○ 인력 소요량을 비교검토</li> <li>○ 포장 및 설치유형 조건 지침</li> </ul>
		매뉴얼 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사용 매뉴얼               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수위계, 수문</li> </ul> </li> <li>○ 비상조치매뉴얼               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수위계, 수문</li> </ul> </li> <li>○ 토목공사 매뉴얼</li> </ul>
		특허 및 기술이전 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특허추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전동 및 무동력수문</li> <li>- 산업체 기술이전</li> </ul> </li> </ul>
	현장운영시험	현장시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 내구성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연속작동시험(전동 및 무동력수문)</li> </ul> </li> <li>○ 수밀성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 누수량 측정(전동 및 무동력 수문)</li> </ul> </li> <li>○ 작동의 적정성 여부               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오작동 여부</li> <li>- 정보전달의 정확성</li> <li>- 제어의 정확성</li> </ul> </li> <li>○ 검토분석</li> </ul>

## 제4절 기대효과 및 활용방안

### 1.4.1 기대효과

#### 1.4.1.1 기술적 측면

##### (가) 시설물 현대화에 기여

- 물수요중심 용수공급시스템을 개발 설치함으로써 수리시설물 및 물관리 기술의 현대화 기여
- 물수요중심 용수공급시스템의 개발 설치에 따라 농업용 물관리 시설물 무인 자동화 실현에 크게 기여
- 우리나라 수리시설의 기술력 향상 및 국제경쟁력 강화

#### 1.4.1.2 경제·산업적 측면

##### (가) 관련산업 활성화 효과

물수요중심 용수공급시스템을 개발에 의해 자동제어 및 수문분야 제조업의 활성화에 기여

##### (나) 에너지 사용량 절감 효과

물수요중심 용수공급시스템의 적절한 관리에 의하여 적기적량의 물배분이 가능하게 되면 용수 공급 시설의 가동시간이 줄어 전력 및 유류등 에너지의 사용량 절감효과가 기대됨.

##### (다) 농산물 경쟁력 향상

농업시설물의 현대화에 의한 계획 용수량과 시기의 조절이 가능하며 농산물 생산성 및 품질성 향상

##### (라) 수자원개발 대체 효과

물수요중심 용수공급시스템을 설치하게 되면 누수를 절약하여 절약된 용수를 공급하고 사용하게 되기 때문에 수자원개발 대체효과가 클 것으로 판단

##### (마) 물관리 노동력 절감 효과

물수요중심 용수공급시스템에 의하여 용수를 공급하게 되면 적기적량의 유량을 급수할 수 있게 되므로 대규모 지구를 적은 인원으로 관리할 수 있게 되고 물관리 노동력 절감 효과가 클 것으로 기대

##### (바) 수입대체 효과

물수요중심 용수공급시스템을 수입하지 않고 우리 기술에 의하여 개발하면 로얄티를 지불하지 않아도 되며 관련 제품을 수입하지 않아도 되기 때문에 수입대체 효과가 기대

##### (사) 산·연 연대 기술개발 효과

산업체, 국가 연구소가 공동개발을 하게 되기 때문에 국가의 균형 있는 발전과 분산되어 있는 기술의 응집에 의하여 선진화된 기술개발 촉진 효과가 기대

(아) 농업생산기반시설의 현대화 효과

수로의 수리시설물에 대한 효율화, 생력화를 목표로 한 수리시설물 개선을 위하여 물수요중심 용수공급시스템의 개발은 수리시설물을 현대화시키는 효과를 기대

1.4.2 활용방안

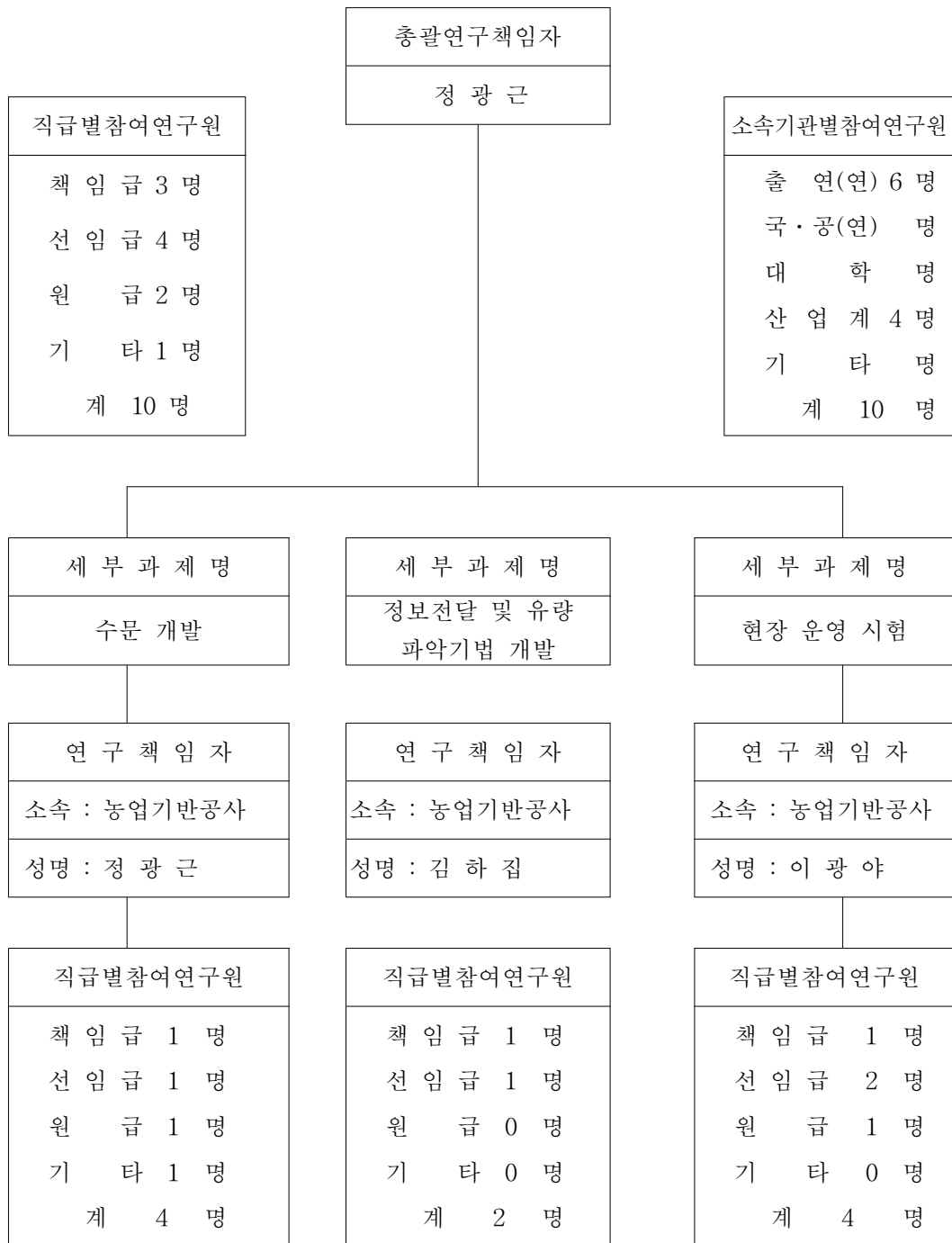
- 농업수리시설 개보수사업 및 신규경지정리지구 사업시 적용
- 특허신청으로 시스템의 기술 보호 및 관련업체 기술이전
- 농업기반공사의 현장 보급확대로 실용화에 중점

## 제5절 연구기간 및 참여연구원

### 1.5.1 연구기간

2004년5월25일 ~ 2007년5월24일

### 1.5.2 연구원 조직



1.5.3 연구책임자

구 분	세부과제명	성 명	소속기관	직 위
총괄	수문 개발	정광근	한국농촌공사	주임연구원
세부	정보전달 및 유량 파악기법 개발	김하집	한국농촌공사	책임연구원
세부	현장 운영 시험	이광야	한국농촌공사	책임연구원

1.5.4 연구참여자

세부과제명	성 명	소속기관 및 부서	직위	연구참여 직 급	전 공 및 학 위				참여율 (%)
					학 위	년 도	전 공	학 교	
현장운영 시 험	이광야	농기공	책임 연구원	책임	박사	2000	농공학	건국대	10
현장운영 시 험	이종남	농기공	수석 연구원	선임	학사	1976	토목	전북대	10
현장운영 시 험	윤일용	현대밸브	부장	선임	학사	1980	조선	인하대	20
현장운영 시 험	김해도	농기공	선임 연구원	연구원	석사	2001	농공학	건국대	10
수문 개발	정광근	농기공	책임 연구원	책임	박사	1998	농공학	동경 농공대	10
수문 개발	홍기희	아이리스	이사	선임	학사	1984	전자 공학	인천대	10
수문 개발	오경영	아이리스	과장	연구원	학사	2001	전산학	청주대	20
수문 개발	조길순	농기공	연구 보조	연구 보조	학사	2002	전산통 계	단국대	20
유량파악 기법개발	김하집	농기공	책임 연구원	책임	학사	1988	토목	경기대	5
유량파악 기법개발	박근영	현대밸브	대리	선 임	학사	2000	기계 공학	홍익대	25

## 제6절 요약 및 결론

물수요중심 용수공급시스템 개발연구에 있어서 연구결과의 결론은 다음과 같다.

첫째는 물수요중심 용수공급시스템을 이루는 근간은 태양광 전동수문으로서 이의 작동과 자동 제어가 중요하다. 태양광 전동수문의 수문비의 마찰력을 감소시키기 위하여 면마찰을 부분 면마찰로 바꾸어서 마찰력을 감소시키고, 이에 따라서 모터를 소형화하여 태양광을 이용가능토록 하였다. 또한 DC모터의 자기장 영향을 감소시키기 위하여 엔코더를 사용하지 않고 근접센서를 사용하여 스크류의 길이를 설정하고 이 길이를 나누어서 수문의 상사점과 하사점을 결정하여 수문비가 비틀림 없이 사용하도록 하였다.

둘째는 무동력 자동수문은 수로 내 수위를 일정하게 유지시키는 역할을 하는 것으로서 유지하는 수위를 자유로이 변경가능토록 하였다. 이를 위하여 주수조를 따로 부착하여 주수조의 높이가 수문이 개방되는 높이로 되도록 하였으며 주수조의 높이 조정이 설정수위 조정이 되도록 하였다. 따라서 현재 논밭 혼용이 널리 이용되는 추세에 있어서 이러한 제수문의 수위유지를 자유로이 할 수 있다면 수로조식의 개편없이도 관개량을 조절할 수 있기 때문에 많은 물을 절약할 수 있다.

셋째는 물수요중심 용수공급시스템의 자동제어를 위해 수위측정장치와 담수심 측정장치를 부착하여 이에 대한 정보를 전송하고 이를 제어하기 위한 데이터로 사용하였다. 이는 개별간 또는 다자간 정보송수신 및 제어방법으로서 무선으로 정보교환을 하였으며 이에 대한 제어도 무선을 실행하였다. 이러한 방법은 현재 시행하고 있는 수원공 및 간선부의 물관리자동화시스템보다도 훨씬 더 복잡한 다자간 통신제어시스템으로서 현재 단일 포장만을 대상으로 하고 있으나 향후 단일 포장을 여러 개 단위로 묶어서 블록을 형성시켜 운용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

넷째는 포장에 실제로 급수를 하는 물꼬는 다양하게 존재하나 이를 자동으로 조절하고 제어하는 물꼬는 전동물꼬 외에는 존재하지 않았다. 농어촌연구원에서 개발한 부력식 자동물꼬를 이용하여 논외 담수심을 기초로 하여 물을 급수하는 방법은 본 연구에서 개발한 시스템의 근간을 이루는 것으로서 자동물꼬의 설치 및 운용이 전제가 되어야 한다.

다섯째는 물 수요 중심 용수 공급 시스템의 현장 적용은 수리시설에 따른 물관리 관행을 고려해야 한다. 즉 양수장에 비해 용수 공급량이 풍부한 저수지에서는 물수요 중심 용수공급 시스템의 적용이 용수절약 보다는 물관리 생력화 위주로 설치 운용되어야 한다. 이때의 시스템 구동목표는



물 절약이 아니라 관리의 효율화가 우선시되어야 하며, 경지에서 재배되는 작물의 수요를 즉시 해결하여 우수농산물을 생산하는 기반을 제공해야 한다. 양수장 지구의 경우는 수혜구역 시점과 종점의 용수공급이 공평하게 배분될 수 있도록 적용되어야 한다. 양수장 특성상 풍부한 용수 공급보다는 적은 수량으로도 적절하게 용수간선의 수위를 유지하여 공평한 용수공급이 가능케 하는 것이 시스템의 효율적인 적용일 것이다. 새로운 장치의 현장적용은 단순할 수 없으며, 특히 농업분야에 있어서는 우리나라 농업의 특성을 잘 이해하고 적합한 설치 및 운용기법을 적용해야 시스템 적용의 이점을 최대한 살릴 수 있을 것이다.

## 제2장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내 기술개발 현황

#### 2.1.1 국내 수위계 개발 현황

##### 2.1.1.1 고정밀 음파 수위계

고정밀 음파수위계는 측정범위에 따라 여러 개의 수신센서를 설치하여, 온도, 풍향, 습도 등에 의한 오차 요인을 제거하였고, 하천, 수로, 댐(저수지), 해안조위, 정수장, 하수처리장 및 탱크 내 수위를 측정하는 용도로서 개발하였다. 측정원리는 음파수위계는 발신기와 수신기가 분리되어 있으며, 상단부의 기준점부터 액면까지의 거리를 음파를 이용하여 측정하는 시스템으로 여러 개의 수신센서를 설치하여 음속보상 구간의 한계, 공기 성분변화 등에 의한 보상이 완벽하며, 전구간에서 수위측정 오차를 최소화시켰다. 용도 및 특징은 장거리 측정(최대 150m)이 가능하고, 수직형 외에 경사형, T자형(다굴절형) 설치가 가능하므로 설치비의 절감효과 및 설치장소 선정이 보다 자유롭다. 또한 수위측정 절대오차는 측정범위(또는 길이)에 관계없이 전역에서 동일하며  $\pm 1\text{mm}$ 에서  $\pm 10\text{mm}$ 까지 가능하다. 또한 온도, 습도, 기압, 유체의 종류에 관계없이 정밀도 유지할 수 있으며 수면의 파동이 심한 경우에도 정확한 수위측정 가능하다(진정관사용). 그 사용처로서는 댐, 저수지, 하천의 수위 측정과 해안조위, 하구 독 수위 측정, 지하수 수위, 정수장, 하수처리장, 배수지 수위, 인공개수로의 수위 및 유량, 산업용탱크, 식음료, 정유, 화학 플랜트등에 쓰인다.



사진 2.1.1.1 고정밀 음파 수위계

### 2.1.1.2 인공 개수로용 유량계

다양한 수리구조물 (웨어, 파살플룸 등)에서 정확한 수위측정으로 각종 오폐수 등 배출유량을 효율적으로 관리하는데 사용하는 것으로서 측정원리는 음파수위계를 이용하여 수위를 측정하고 각종 유량 공식에 대입하여 수위 및 순간유량, 적산유량 등을 측정한다. 용도 및 특징으로서는 하수처리장의 수위(Level) 및 유량측정, 각종 Weir(삼각, 사각, 사다리형, 수중전폭, 원주, Spill way 등)에서의 유량측정, 각종 flume에서의 유량측정(오수, 폐수), 각종 수문에서의 유출량 측정, 각종 오리피스에서의 유출량 측정, 자연유하 관수로에서의 유량측정, 자연 하천에서의 유량측정(유속계 이용) 산업용 탱크의 유량측정(입수량, 배출량, 현재량 등), 수위차를 이용한 유출량 측정, 강수 침투량 측정등에 사용한다.

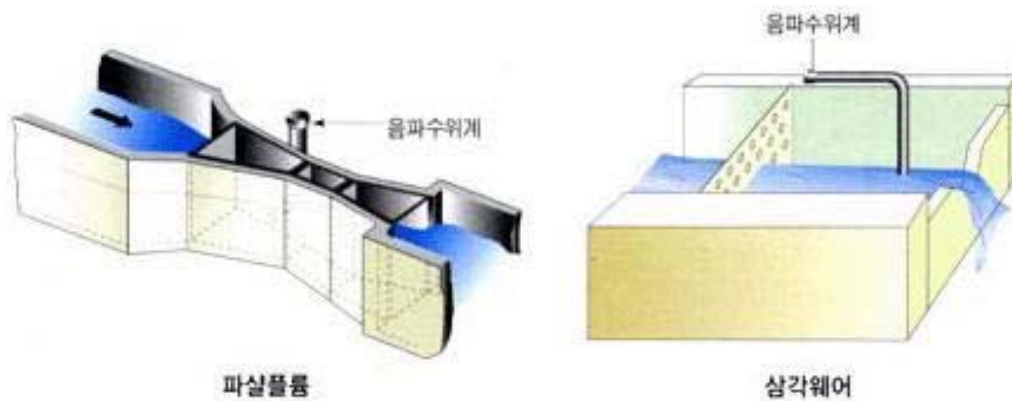


사진 2.1.1.2 인공 개수로용 유량계

### 2.1.1.3 지상 압력식 수위계

비중, 대기압, 온도 등에 의한 오차 요인을 제거하여 측정오차를 최소화한 수위계로 측정유체와 센서가 비접촉으로 수명이 길며 설치 및 유지보수가 용이하고 비용이 저렴한 특징이 있다. 측정원리는 수주압 측정관에 압축기체(Air Compressor 또는 질소가스)를 이용하여 수심에 해당하는 수주압을 측정하여 수위로 확산하는 시스템으로 측정범위가 매우 크면서도 측정범위 전 구간에서 수위측정 오차를 최소화하였다. 용도 및 특징으로서는 갈수기 수위 관측(댐, 저수지, 하천)이 가능하다. 이는 동절기에 수면 결빙으로 인해 수위측정이 어려운 지점에서 측정이 가능하다. 또한 토사유입이 심한 하천수위관측이나 지하수 수위관측이 가능하므로 지하수공의 깊이와 무관하게 측정이 가능하고 휴대용 지하수 수위 측정도 가능하다. 온천 수위측정이나 온천수위 부존량 조사에 적합하고 유체와 센서가 비접촉식으로 수온(MAx 150℃)과 성분에 전혀 영향을 받지 않고 수위측정을 할 수 있다. 또한 각종 산업용 탱크 수위측정이 가능하며 유체의 종류로는 산성, 고온, 혼탁

한 유체도 가능하다. 또한 해안조위 측정에도 사용할 수 있다.



사진 2.1.1.3 지상 압력식 수위계

#### 2.1.1.4 저수조 및 산업용 탱크 수위계

각종 수처리설비(저수조) 및 탱크내 유체수위의 정확한 측정에 의한 효율적인 공정감시 및 제어를 위해서 제작되었으며, 각종 Process 응용분야에 적합한 수위계이다. 측정원리는 음파수위계를

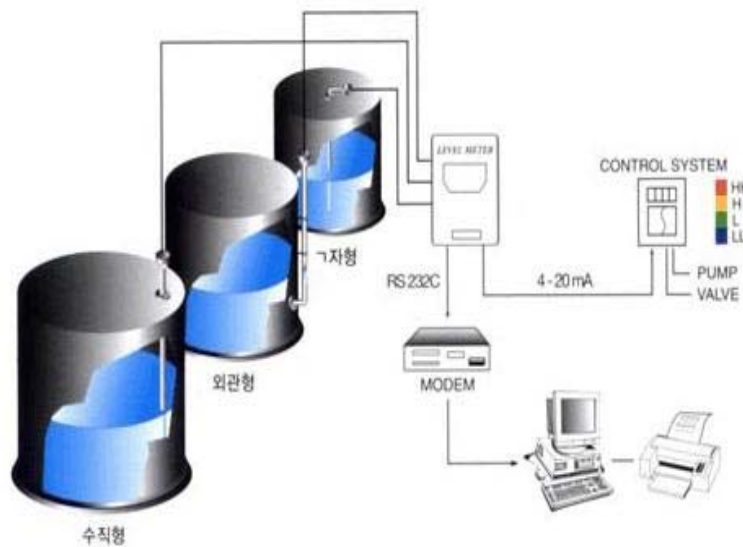


사진 2.1.1.4 저수조 및 산업용 탱크 수위계

이용하여 수위를 측정하고 각종 유량 공식에 대입하여 수위 및 순간유량, 적산유량 등을 측정한다. 용도 및 특징으로서는 센서와 유체가 비접촉식이며 도파관 내에 센서봉 삽입으로 유지 보수가 편리하며, 주위 환경에 따라 수직형, 외관형, T자형(다굴절형)으로 설치 가능하다. 또한 탱크, 저수조 내에 유체의 흔들림이 있어도 온도보상을 위한 도파관이 유체를 진정시키기 때문에 정확한 수위측정을 할 수 있으며 다양한 측정 모드로 짧은 순간에 변하는 순간 수위측정은 물론 맥동하는 수위 및 평균수위도 측정 가능하다. 또한 화학 Plant 공정시 발신부와 수신부를 분리한 후 도파관을 연결하여 온도 보상을 함으로써 측정 오차를 현저하게 줄인 특징을 갖고 있다.

#### 2.1.1.5 초음파수위계

초음파 수위계는 검출기 표면으로부터 음파를 반사하여, 유체 표면에서 반사되어 되돌아오는 시간을 측정, 수위를 검출하는 것으로서, 비접촉식이므로 설치가 간편하고 유지보수가 용이하다. 또한 액체, 분체, 고체에 사용이 가능하며 최대 50M까지 측정 할 수 있다. 검출기는 초음파식의 측정방식을 채용하고 프랜지로 취부에 연결되어 있으며 몸체재질은 PVC로 되어 있다. 방사면의 재질은 PTFE, Polyurethane으로 되어 있고 적용온도는 -40 ~ +90℃까지 사용가능하다. 검출기의 측정범위는 0~6m, 0~10m, 0~15m, 0~50m등 4가지가 있으며 온도보상센서가 내장되어 있다. 또한 측정된 값을 변화시켜 송출시키는 변환기는 화면지시가 4 digit LCD이며 측정값은 수위와 거리를 대상으로 한다. 출력신호는 4-20mA로 보내며 , 5 SPDT Relay를 사용한다. 정밀도는 0.25% 이고, 변환기 분리형 및 일체형으로 제품생산이 되고 있다.



(a) 초음파수위계



(b) 검출기

사진 2.1.1.5 초음파수위계

#### 2.1.1.6 레이더 수위계

Reflex Radar 수위계는 2 wire Frequency Modulated Continuous Wave(FMCW)시스템으로 최

고 10GHz의 높은 주파수를 이용한 측정방식으로서 기존의 저주파 PULSE 타입의 레이더 수위계에 비하여 성능이 양호하다. 레이더 수위계는 비접촉 측정방식으로 온도 및 압력에 영향을 받지 않으며 측정유체로부터의 분위기 가스나 유체로부터 발생하는 거품 등에도 전혀 영향을 받지 않고 0.1~0.2% 이내의 고정밀도 측정이 가능하다. 또한 Reflex Radar 수위계는 액체뿐만 아니라 분체의 수위측정이 최고 24m까지 가능하며 2wire loop power 형식으로 취부가 간편하고 유지보수가 용이한 특징이 있다. 측정방식은 Microwave FMCW를 채용하고 있으며 측정용도는 Dist, Level, Volume이며 측정유체는 액체(Liquid), 고체(Solid)등이다. 측정범위는 0.15m-24m이며 프랜지 및 나사로써 취부에 연결되어 있다. 몸체재질은 SS316으로서 구성되어 있으며 측정주파수는 10GHz이다. 적용온도는 -50~600℃이며 적용압력은 최고 60 barg까지 이다. 전원은 24V DC의 2 wire loop power를 사용한다. 출력신호는 4~20mA이며 정밀도는 0.15~0.2%이다.



(a) 수위계 본체



(b) 측정표시계

사진 2.1.1.6 레이더 수위계

### 2.1.1.7 토폴리식 유량계

사용대상 범위는 액체높이를 재는 것으로서 초음파식의 원리를 이용한다. 작동원리는 두 개의 트랜스듀서가 파이프의 외부에 설치되어 초음파가 발사되는데 주파수는 흐르는 액체 속의 거품이나 찌꺼기에 의해서 변화 하게된다. 변화된 주파수의 초음파는 수신용 트랜스듀서에 의해서 감지된 후 controller는 그 신호를 유속으로 변환시킨다. 정밀도는  $\pm 2\%$  이며 고정형 및 포터블형이 가능하고 최대 7.6 m의 파이프까지도 적용이 가능하다. 또한 Clamp On형이며, 설치가 용이한 장점이 있으며 컴퓨터와 data logging으로 교정이 가능하다. 그 응용범위로는 종이, 거품, 찌꺼기, 덩어리, 입자를 포함한 액체에 적용 가능하며 작동온도는 -40℃~150℃까지이나 극심한 온도변화 하에서는 -40℃~243℃까지도 대응 가능토록 하였다. 표준기압 하에서의 출력은 DC 4~20mA의 정격

출력을 송출한다.



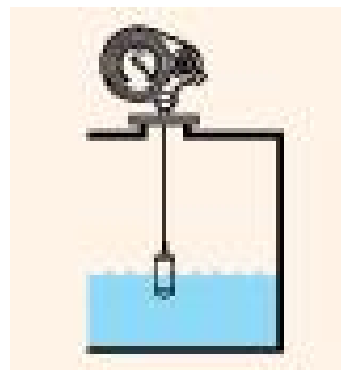
사진 2.1.1.7 도플러식 유량계

#### 2.1.1.8 로프식/기어식 수위지시계

적용대상은 액체이며 형식은 SGL(로프식/기어식 수위지시계)이다. 작동원리는 float가 오르내릴 때, 기어 내부가 작동하면서 전면 scale이 레벨의 값을 가리킨다. 이와 동시에, 기계식 기어와 맞물려있는 포텐서미터에 의해서 리모트 display와 signal output을 얻을 수 있다. 특징은 천정고가 낮은 곳에 설치가 용이하며 사용자가 정비에 대한 지식이 없어도 설치가 용이하다. 또한



(a) 기어식 수위계



(b) 로프식 수위계

사진 2.1.1.8 로프식/기어식 수위지시계

Controller를 사용하면 리모트에서 디스플레이가 가능하고 펌프 및 밸브의 컨트롤이 가능하다. 재질은 플로트가 SIS 304, SUS 316이며 줄은 SUS 316이다. 적용온도는  $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$ 까지 가능하며 압력은 표준대기압에서 출력이 DC 4 ~ 20mA이다.

### 2.1.1.9 공기식 수위지시계

대상범위는 액체이며 작동원리는 반도체 압전소자에 의해서 감지되어진 공기의 후방압력은 전기적 signal로 변환되면서 레벨을 측정하는 원리이다. 특징은 찌꺼기가 많거나, 매우 끈끈한 액체 등의 수위측정을 위해서 사용될 수 있으며 측정물의 종류에 따라서 다양한 프로브를 선택하여 사용할 수 있다. 또한 의도된 수위에 도달했을 경우에 알람이 발생하도록 프로그램 할 수 있다. 재질은 센서부분이 SUS 304이며 경우에 따라서는 PVC로도 가능하다. 또한 적용온도는 0 ~ 60℃ 까지 이며 압력은 표준대기압 하에서 출력이 DC 4~20 mA까지 가능하다.

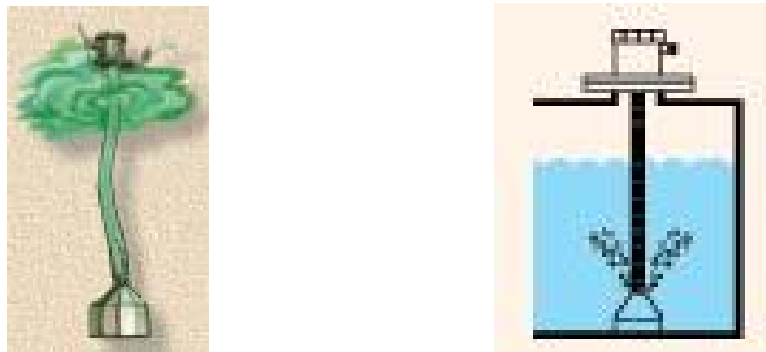


사진 2.1.1.9 공기식 수위지시계

### 2.1.1.10 플로트식 수위경보계

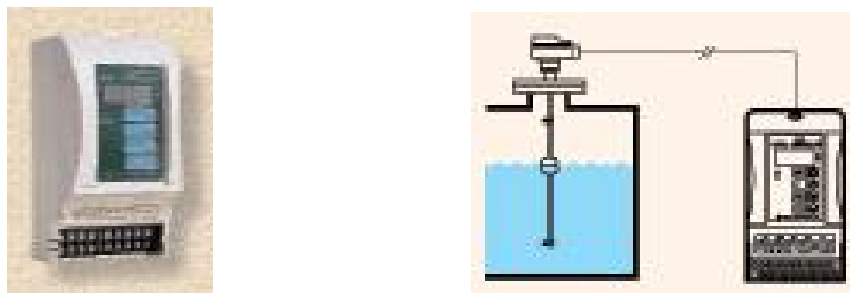


사진 2.1.1.10 플로트식 수위경보계

적용범위는 액체이며 형식은 SLIC-4P(플로트식 수위경보계)를 채용하였다. 작동원리는 탱크내부의 측정물이 채워지거나 빠질 때, 제품의 파이프내부에 장치된 reed switch가 float내부의 자석과 가까워지면서 저항값이 변하는 것으로 레벨의 변화를 읽어낸다. 특징은 다른 형의 레벨계에 비하여 가격이 저렴하고 리모트 및 로컬 디스플레이가 장착되어 있으며 probe의 재질을 변경함으로써



다양한 액체에 적용이 가능하다. 또한 리모트 디스플레이 및 로컬 디스플레이가 있으며 SLIC-4P에는 펌프턴트롤, HH 및 LL경보기능과 리모트 컨트롤이 가능하다. 재질은 SUS 304, SUS 316를 사용하고 있으며 경우에 따라서는 PVC, PTFE, PE, 등을 사용한다. 적용온도는 PVC인 경우에 최대 80℃, Stainless steel인 경우에 100℃까지 가능하다. 표준압력은 PVC인 경우에 최대 2kgf/cm<sup>2</sup>, Stainless Steel인 경우에 5kgf/cm<sup>2</sup>, 경우에 따라서는 30kgf/cm<sup>2</sup>까지도 가능하다. 출력은 DC 4~20mA까지 송출한다.

#### 2.1.1.11 탱크 레벨 게이지

적용범위는 액체이며 형식은 SLT(tank level 게이지)를 채용하였다. 작동원리는 SGL과 유사하지만, side 또는 top 부분으로 장착이 가능하다. 특징은 로컬지시를 하며 Top 혹은 Side 취부가 있고 리모트 디스플레이 및 8개까지 접점 가능하며, 알람기능이 있다. 또한 최대 측정 거리는 30m이다. 그 응용범위는 액체 탱크, 특히 석유화학 기름저장 탱크 등에 적합하다. 재질은 본체가 ADC12이며 적용온도는 -10 ~ 120℃이다. 표준압력은 0.2kg/cm<sup>2</sup>이고 출력은 DC 4 ~ 20mA까지 송출한다.

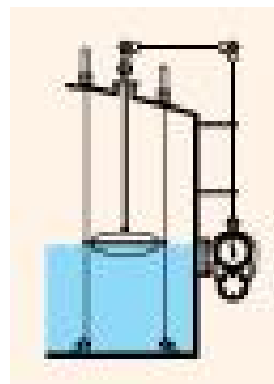


사진 2.1.1.11 탱크 레벨 게이지

#### 2.1.1.12 투입식 수위 제어기

적용범위는 액체이며 형식은 SPL(투입식 수위제어기)를 사용하였다. 작동원리는 프로브의 측정 부분에 장치된 압전소자의 신호는 레벨의 변화에 따라서 비율적으로 변화하게 되며, 이 signal은 4~20mA로 변환하여 레벨 값을 얻게 되는 형식이다. 특징은 측정할 탱크 내에 침수시켜서 설치하면 되며 장착할 위치와 천장의 사이가 낮아도 설치가 가능한 동시에 장착할 위치와 깊은 탱크의 사이가 낮아도 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 유지보수가 매우 쉬운 장점을 가지고 있다

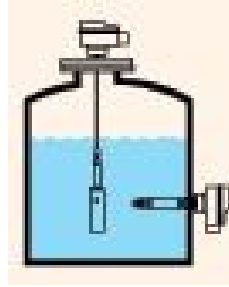


사진 2.1.1.12 투입식 수위 제어기

. 재질은 SUS 316이며 적용온도는  $-10 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 이며, 압력은 대기압 하에서 작동을 하며, 출력은 DC 4~20 mA로 한다. 또한 취부사이즈는 JIS 10K 80A, 100A(6t)이다.

#### 2.1.1.13 시간차식 유량계

적용범위는 액체이며 형식은 Transit Time Type(시간차식 유량계)을 사용하였다. 작동원리를 보면 구성은 송신용 트랜스듀서, 수신용 트랜스듀서, 콘트롤러(transceiver)로 구성되어 있다. 두 개의 트랜스듀서는 파이프의 외부에 설치되고, 각각의 트랜스듀서 사이에서 초음파가 송수신되게 된다. 유속은  $Q=A.V$  의 식을 사용하여 계산된 유량과 두 개의 트랜스듀서 사이의 시간 차이에 비례해서 나오게 된다. 특징은 - 고정밀도 :  $\pm 0.5\%$

- 고정형 및 포터블형이 가능
- 최대 5000mm의 파이프까지도 적용이 가능
- Clamp On형이며, 설치가 용이하다

Application : 깨끗한 물, 바닷물, 냉각수, 미처리/미가공 물, 휘발유, 경유, 등유. 재질은 SUS 316이며 적용온도는  $-10 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 이며, 압력은 대기압 하에서 작동을 하며, 출력은 DC 4~20 mA로 한다. 또한 취부사이즈는 JIS 10K 80A, 100A(6t)이다.

Application : 깨끗한 물, 바닷물, 냉각수, 미처리/미가공 물, 휘발유, 경유, 등유.

Material(Sensing Part)

Transmitter : Fiberglass, Polyester Transducer : Encapsulated Design

Operating Temperature

- Standard :  $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$
- Option :  $-40^{\circ}\text{C} \sim 243^{\circ}\text{C}$

Pressure : ATM

Output : DC 4 ~ 20mA, Pulse, and 1SPDT

- Option : RS 232, 4 SPDT

Mounting Size : Special Spec

#### 2.1.1.14 정전용량식 레벨계

Category : Solid and Liquid Continuous Level Measurement

Measuring Material : 고체와 액체

Model : SCAP-II(정전용량식 레벨계)

Continuous/Non-Conti : Continuous Type

Type : Capacitance Type

Appearance

Operating Principle

측정물이 오르내릴 때 정전용량의 값이 변하고 이 변한 값은 전기적 신호로 변환되어 레벨을 측정하는 것이다.

Features

- DC 4 ~ 20 mA output signal을 이용한다
- 부식이 되지 않는 재질을 측정부에 장치하여 사용 가능하다
- 무거운 측정물이 측정부에 쌓여도 견고하게 견뎌 낼 수 있다.
- 측정부가 유동적인 Wire 타입이 가능하다

Application : PE, PP, PC, PVC 등의 알갱이와 세멘트, 석회석, 물과 기름의 경계면의 측량에도 적용된다.

Material(Sensing Part) : SUS 304, SUS 316 with Lining PTFE

Operating Temperature : -20℃ ~ 120℃

Pressure : 10kgf/cm<sup>2</sup>

Output : DC 4 ~ 20mA for 2 - Wire

Mounting Size : PF 1", JIS 5K 80A, 100A Flange

#### 2.1.2 일반수문 개발 현황

##### 2.1.2.1 스펀들식 수문

우리가 농촌의 수로에서 가장 흔하게 볼 수 있는 것이 스펀들식 수문이라고 할 수 있을 정도로 널리 보급되어 있다. 작동메커니즘은 스크류에 나있는 나사산을 스펀들의 나사산과 겹치게 끼워서 돌리면 수문비에 결합되어 있는 스크류가 상하로 움직인다. 이 작동메커니즘

은 스피들에 가해진 힘이 수문비의 중량과 수압을 직접 극복해 가면서 힘의 1차 전달에 의해서 움직이는 것이다. 이러한 스피들식 수문의 단점은 힘의 1차 전달에 의해 움직임으로서 수문을 작동시키기 위해서는 많은 노력이 가해져야만 하고 스크류나 스피들의 나사산에 부



사진 2.1.2.1 스피들식 수문

식이 발생하면 끼임현상이 발생하여 스피들을 회전시키기가 어렵다. 또한 권양장치가 외부로 들어나 있기 때문에 외부의 충격에 의해 스크류가 고장이 나는 경우가 많이 발생하고 있으며 수문비를 고정시키는 틀(프레임)이 없기 때문에 수문비가 토목구조물로부터 이탈되는 경우도 발생하고 있다. 설치면에서 본다면 스피들식 수문은 수문의 구성이 기본적으로 토목구조물을 필요로 하기 때문에 수문 설치를 위해서는 반듯이 토목구조물을 설치해야 하며 이러한 현상 때문에 수리시설 신규설치시에 토목구조물 비용이 별도로 책정되어야만 하는 예산상의 어려움을 초래할 수 있다. 그러나 구조가 단순하기 때문에 수문 자체의 문제점으로 고장이 나는 경우는 매우 적으며 제작비용도 저렴한 장점을 갖추고 있다.

#### 2.1.2.2 웜기어식 수문

웜기어식 수문은 힘의 2차 전달에 의해서 개폐를 하는 대표적인 권양방식으로서 작동 메커니즘은 스크류에 맞물리는 소형기어가 운전부에 부착되어 있어서 키(스피들)를 회전시키면 소형기어가 돌아가고 이 힘이 직각으로 세워져 있는 스크류의 나사산에 전해져서 수문비가 상하로 움직이게 된다.

단 키가 탈부착식으로 되어 있어서 필요시에만 기어박스에 삽입하여 회전을 시켜 수문의 개폐를 하는 것으로서 키 회전시 이탈에 의한 부상의 위험이 상존하고 있으며 권양부의 스템 내부에 소형기어와 스크류가 맞물리는 부분이 들어 있어 부식에 약하며 고장시 스템을

떼어내어서 손질을 해야 하는 불편함이 있다. 또한 스프링클식에 비해서 제작단가가 고가이며 토목구조물에 부착시키는 형태와 프레임을 만들어서 수문비를 넣은 형태도 제작을 하고 있다. 스프링클식에 비해 권양토크가 작은 장점이 있다.



사진 2.1.2.2 월기어식 수문

### 2.1.2.3 베벨기어식 수문

힘 전달이 3차에 이르는 권양방식으로서 작동 메커니즘은 키를 회전시키면 소형기어가 90도 각도로 밑에 있는 대형기어를 회전시키고 대형기어에 맞물려 있는 스크류가 나사산의 상하운동에 따라서 수문의 개폐를 행하는 형식이다.

본 형식의 권양방법은 아주 적은 힘으로도 수문비를 돌릴 수 있으나(감속을 하여 힘을 증폭시키는 역할) 기어의 회전비에 비해서 스크류의 상하 운동폭이 적다는 단점이 있다. 따라서 작동토크는 적으나 수문의 개폐를 위한 권양시간이 길다는 단점이 동시에 존재하는 수문이라고 할 수 있다. 권양부만 있으며 어떠한 구조물이나 형태의 수문에도 적용할 수 있으며



사진 2.1.2.3 베벨기어식 수문

다만 권양부의 구조가 정밀한 기어로 구성되어 있고 복잡하기 때문에 스핀들식이나 웍기어식보다 고장시 응급대처가 어렵다.

#### 2.1.2.4 편책식 수문

하천이나 커다란 농수로등 높은 정·동수압이 존재하는 곳에 설치하기 위해 개발한 수문으로서 수문의 개방시와 폐쇄시의 작동메커니즘이 다른 특징이 있다. 우선 수문을 개방할 때에는 핸드 브레이크(Hand Brake)와 풋 브레이크(Foot Brake)를 사용하여 자연낙하를 방지하면서 수문을 개방하며, 수문 폐쇄시에는 수문비가 수문틀에서 이탈을 하여 자연낙하를 함으로서 수문비를 닫는 구조로 되어 있다. 주로 육중한 수문이 대상이며 기능상으로는 하천 취수문이나 수로의 방수문등이 여기에 해당된다. 수문을 작동하기 위해서는 발로 풋 브레이크를 왼손으로는 핸드 브레이크를, 오른손으로는 수문을 권양시키는 레버를 작동시키면서 천천히 수문의 권양을 행한다. 이러한 작업은 대단히 숙련된 사람이 아니고는 하기 힘들며 브레이크에 문제가 생겨서 갑자기 수문이 내려올 때에는 사고의 위험도 있다.

그러나 하천 취수문, 방수문이나 제수문과 같이 수압이 많이 걸려 수문비의 견고함이 중요시되는 수문에는 수동식이라도 유압을 이용하기 때문에 육중한 수문비를 들어올리기 쉬운 장점 때문에 많이 이용되고 있는 실정이다.



사진 2.1.2.4 편책식 수문

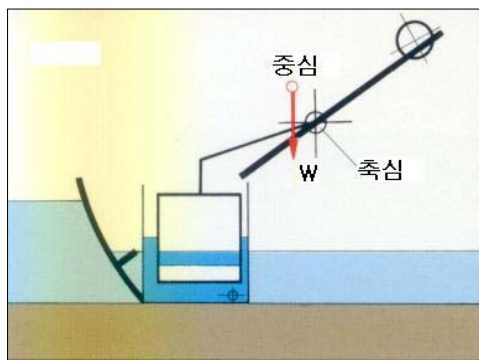
### 2.1.3 무동력 자동수문 개발 현황

#### 2.1.3.1 워치맨 게이트(WATCHMAN GATE)

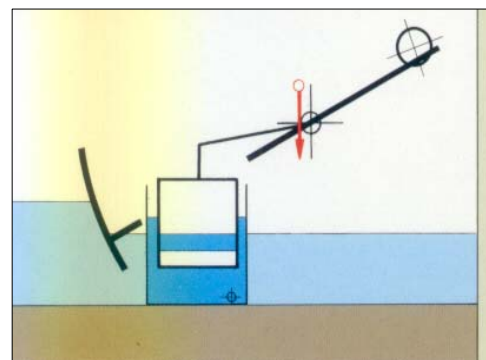
워치맨 게이트의 기능은 수로내 수위를 조절장치하는 장치로서 특징은 무인무동력으로 상류수위를 일정하게 유지하며 홍수가 되면 수로 둑 위로 완전히 올라간다.워치맨 게이트의 용도는 용수로·배수로의 제수문으로 사용하기도 하며, 배수로의 게이트, 저수지 여수토 게이트, 호소·양어수



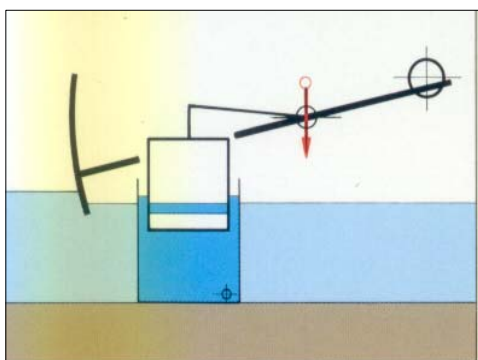
사진 2.1.3.1 WATCHMAN GATE 현장운영 모습



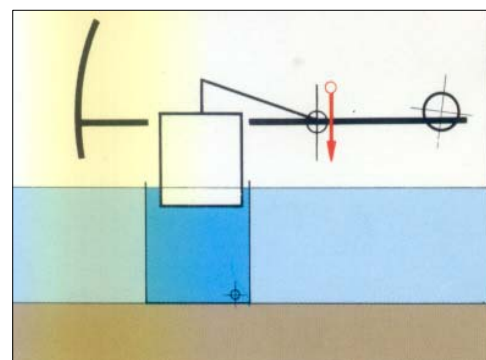
① 완전 닫힘 상태



② 중간 열림 상태



③ 완전 열림 상태(계획유량시)



④ 휴지 상태(홍수시)

그림 2.1.3.1 워치맨 게이트 작동 순서도

조의 수위조절 게이트등으로 사용한다.

또한 워치맨 게이트의 특징은 첫 번째로서 무인무동력 운영에 있다. 워치맨 게이트(WATCHMAN GATE)의 원리는 보와 오리피스를 조합하여 상류의 섬세한 수위 변화를 수리학적으로 50배정도 확대하여 플로트(FLOAT)실의 수위를 변화시켜 이 수위변화를 플로트에서 감지하여 게이트를 움직이며 상류수위를 거의 일정하게 유지하는 게이트이다. 따라서 운영비는 일체 들지 않는다.

두 번째로는 플로트가 작은 특징이 있다. 워치맨 게이트(NEW WATCHMAN GATE)는 플로트 내에 물을 넣는 것에 의해 플로트 상승·하강에 의한 힘의 감소를 없앴기 때문에 플로트가 대단히 작고 경제적이다.

세 번째로는 홍수시에는 한꺼번에 수로 독 위로 올라가는 장점이 있다. 카운터 웨이트(COUNTER WEIGHT)가 게이트 암(GATE ARM) 상방에 부착되어 전체의 중심이 축의 상방에 있기 때문에 홍수가 되면 플로트 내의 물을 배출하면서 한꺼번에 수로 독 위로 올라간다. 홍수가 사라지면 자동적으로 복원된다. 따라서 안전하며 노력이 들지 않는다. 또한 설정수위의 오차가  $\pm 3\text{cm}$  정도로서 대단히 정밀하며, 오물유입에도 작동엔 지장이 없다. 이러한 특징은 측방의 오물 끼임 현상은 지수고무에 의해 방지되며 또한 유목등큰 오물이 흘러 들어오고 이것에 의해 수위가 상승해도 자동적으로 게이트가 열려서 오물을 흘러보내기 때문에 오물에 대해 절대적으로 안전하다.

네 번째로는 설정수위의 변경이 용이하다는 것이다. 이것은 주수조의 핸들(HANDLE)을 가볍게 돌리기만 하면 설정수위가 변경되어 겨울철 발농사의 습해를 방지할 수 있다.

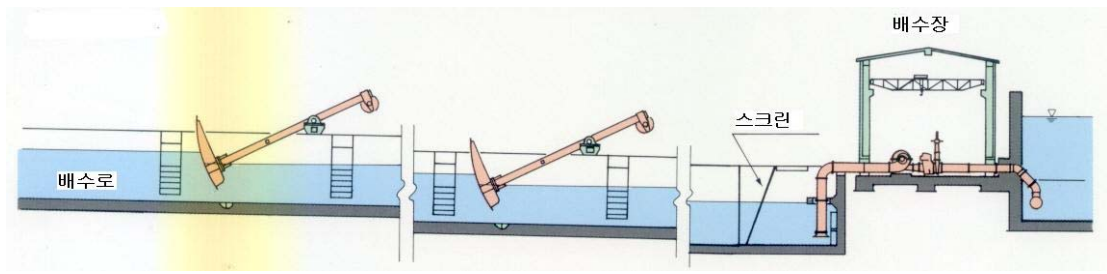
### 2.1.3.2 스톡 맨(STOCKMAN GATE)

스톡 맨의 특징은 오랜 기간에 걸쳐서 사용되어온 무인무동력 수문인 워치맨 게이트를 기초로 하여 개발하였다. 기본적인 구조는 워치맨 게이트와 같으며 플로트의 부력에 의해 개폐동작을 한다. 여기서 플로트에 걸리는 부력을 수위차 제어장치에 의해 제어한다. 또한 2가지 게이트의 직상류간의 수위차는 해당 게이트의 상하류수위차(수위차탐지 플로트의 내외 수위차)에 2개의 게이트로 둘러 쌓인 구간의 수위차를 더한 것이지만 개도보정장치에 의해 후자의 수위차를 게이트 개도로부터 탐지하여 수위차탐지 플로트의 내외 수위차를 보정한다.

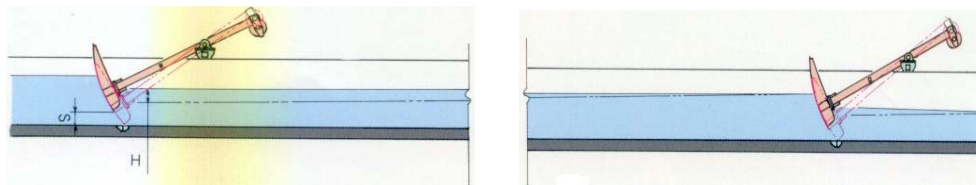
또한 수위차 제어 장치가 부착되어 있다. 이것은 상류수위와 통해져있는 수위차탐지 플로트실에 수위차탐지 플로트가 들어 있으며 수위차탐지 플로트 내에 하류수로의 물이 유입되며 수위차탐지 플로트와 조절밸브로 연결되어 있다. 조절밸브의 윗 방향과 아랫 방향에 각각 플로트와 플로트실로 통하는 유입구가 있으며 플로트와 플로트실은 작은 유출구에 연결되어 하류수로로 통하고 있다.

따라서 내외수위차가 크면 조절밸브가 상승해서 플로트 너로의 물공급이 감소하고 한편 플로트실에 물공급이 증가하여 게이트가 열리며 수위차가 감소한다. 그 반대로 내외 수위차가 적으면 조절밸브가 하강해서 게이트가 닫히고 수위차가 커진다. 또한 개도 보정 장치가 있으나 상기의 적정한 내외 수위차는 게이트 개도에 따라 달라진다. 그러나 개도에 따라 내외 수위차를 적정하게 하기 위해서는 게이트와 연동되는 정자에 의해 랙이 상승·하강을 하고 완전단힘상태로부터 완전열림상태가 되기까지의 사이에 기어와 암이  $180^\circ$ 회전을 하며 암에 의해 활차와 스프링을 통해서 게이



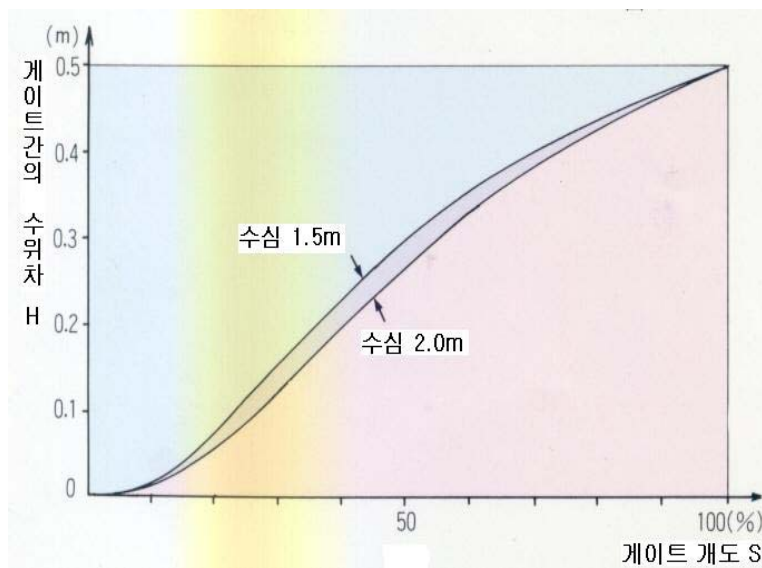


(a) 배수로설치 수문 시스템 구성도



(b) 수문개도 및 하류수위

그림 2.1.3.2 스톡맨의 시스템적 배치도



그래프 2.1.3.1 게이트 개도와 게이트간 수위차

트가 열리고 이에 따라 수위차탐지 플로트를 적당한 강도로 끌어 잡아당겨 올라가게 한다. 또한 수리학적 특성에 정확하게 따르게끔 핀 반경을 캠에 의해 수정하도록 하였다. 따라서 상하류의 게이트간 수위차는 일정하게 된다.

그러나 수심이 변화한다면 완전단힘에서 완전열림까지 게이트의 움직임이 변하기 때문에 수심에 의해 랙을 밀어 올리는 속도를 조절하고 게이트의 하단이 수면과 일치한 때에 암이 180°회전하게끔 핀의 위치가 수심에 따라서 변하도록 되어 있다. 또한 그래프 1의 게이트 개도와 게이트간의 수위차 관계를 나타내는 곡선(S자형)의 구배가 수심이 커지면 커질수록 개도가 작아지는 때에

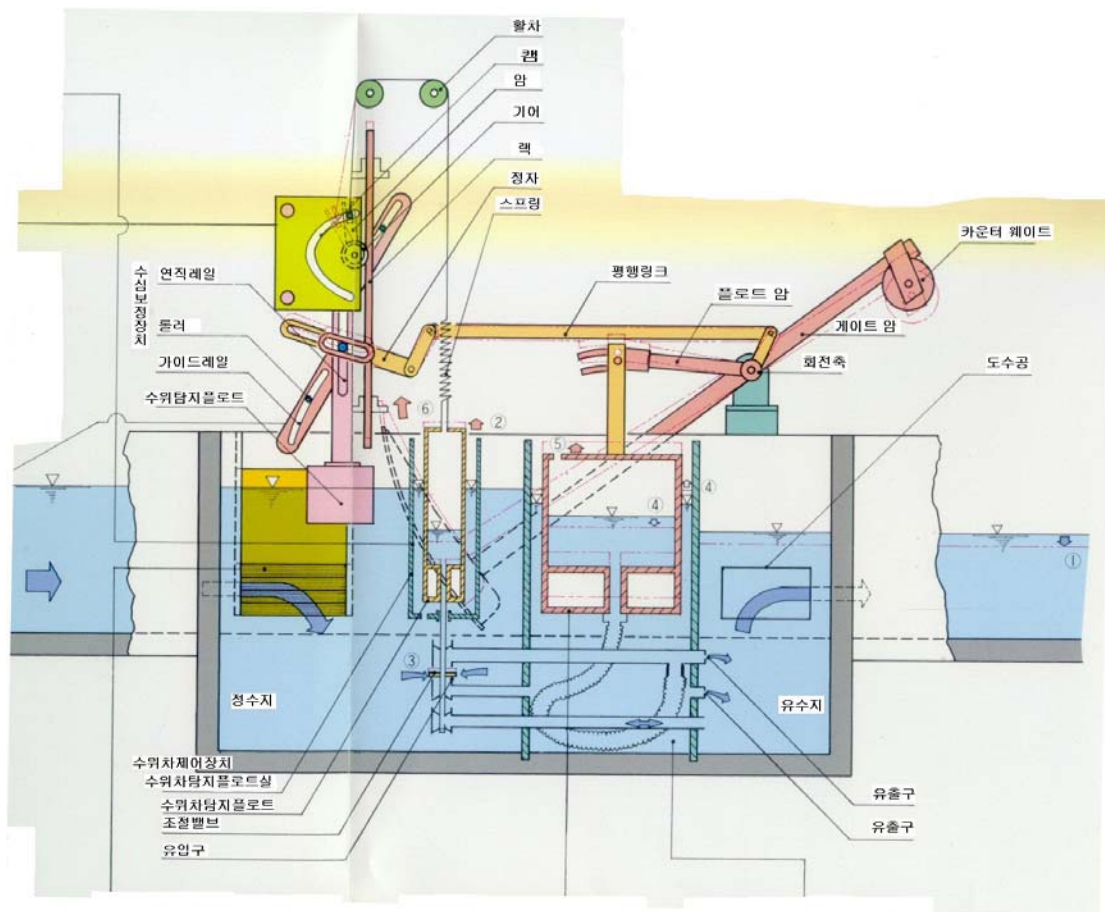


그림 2.1.3.3 스톡맨 게이트 구조 및 장치

는 작고, 커질 때에는 커지는 경향이 있지만 전폐상태에서 정자의 구배를 적당하게 선택한다면 자연스럽게 그렇게 된다. 그 이유는 수심이 커지면 정자의 회전각이 커지기 때문이지만 각도가 커지면 회전각당 밀어 올리는 양이 커지게 된다고 하는 성질이 있다. 따라서 여하간 수심의 경우에도 게이트간의 수위차를 바르게 추정할 수 있다.

다음으로는 유입구 스크린으로서 유입구는 가능한 한 크게 하고 스크린은 피아노선을 수류방향에 따라서 미세하게 배치한 구조로 되어 있다. 따라서 수초와 같이 스크린의 바에 끼기 쉬운 것도 수류로서 하류로 흘러나가기 때문에 정수지 내에 들어오는 일은 없다. 또한 플로트는 플로트 내로 물을 끌어들이기 때문에 게이트의 상하류의 수위차가 작아도 게이트는 충분하게 크게 개폐할 수 있다. 따라서 상하류의 수위차가 대단히 적은 수로에도 적용할 수 있다. 이러한 플로트를 포함하고 있는 플로트실은 플로트와 플로트실의 사이를 작게 하고 플로트실의 수면이 변화하는 것을 이용하여 게이트의 1회당 움직임(1스트로크)은 1mm 이내로 한다.

본 스톡맨 게이트의 장점은 무인·무동력 자동, 인력이 필요 없으며, 수로전체의 수위가 같이 상승·하강하기 때문에 간발이나 담수의 피해가 집중되지 않고 공평하게 된다. 또한 정전, 기계의 고장, 인위적인 실수 등에 의한 사고가 없기 때문에 관리의 안전성이 높고 안심할 수 있으며, 집중제어방식에 비해 건설비가 대단히 싸고 유지경비가 일절 들지 않는다.

### 2.1.3.4 플로우맨 게이트(FLOWMAN GATE)

플로우맨 게이트의 용도는 무인·무동력의 취수문, 분수문, 제수문으로 사용하며, 수문은 롤러 타입, 레디얼 타입이 있다. 특징은 전신주나 인력이 필요 없는 “무인·무동력” 작동을 하며, 수리학을 기초로 한 장치를 이용하여 최적의 자동제어를 실현하고, 하류의 물 사용량이 증가하면 하류의 수위는 낮아진다(그림 12 (a) 중 ↑). 이 수위의 변화를 잡아서 수문을 열고 부족한 유량을 보충한다. 반대로 사용량이 감소하면 하류의 수위는 올라간다(그림 12 (b) 중 ↑). 이 수위의 변화를 잡아서 수문을 닫고 남아있는 유량을 감소시킨다. 이와 같이 필요한 물의 양에 따라 무인·무동력으로 수문이 움직이며 하류의 관리수위를 유지한다. 수요에 따라 물을 보내고 남은 물은 흘려보내는 하류유량을 판단하여 수자원을 유효이용한다. 더 나아가서 물의 사용량마다 최적의 관리수위를 설정할 수 있다. 예를 들면 겨울철에는 여름철과 같은 수위로 하면 발작물에 습해가 생기거나 유량이 적기 때문에 수로수면의 진동이 생긴다. 플로우맨 게이트로 관리수위를 물의 사용이 적은 경

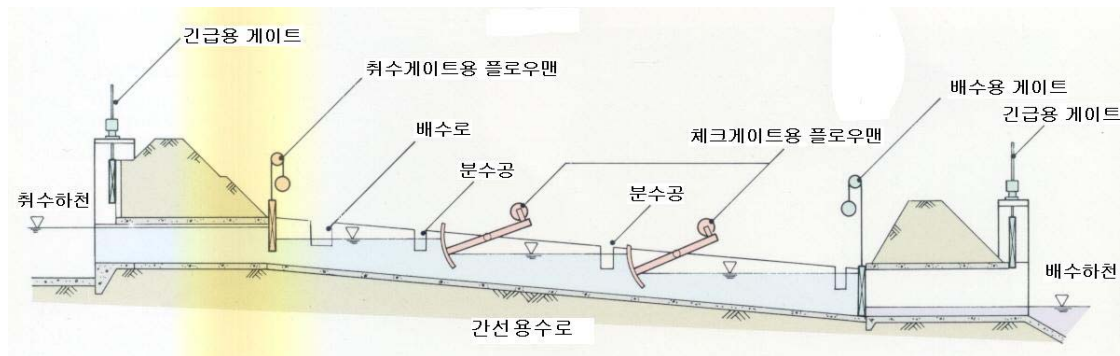
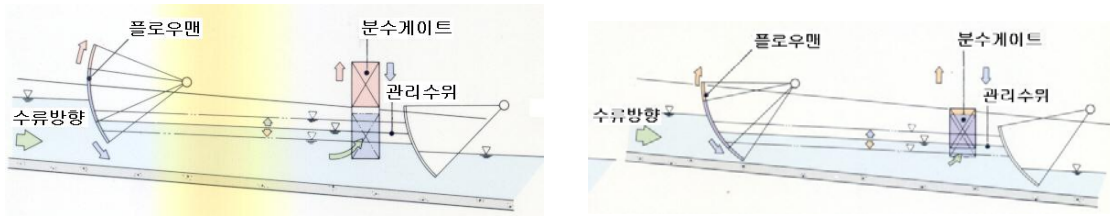


그림 2.1.3.4 FLOWMAN GATE 배치도

우에 낮게 하는 것에 의해 이 문제를 해결할 수 있다. 또한 상류수위도 확실하게 관리하여 제수문 용은 이상과 같이 하류의 유량을 판단함과 동시에 수문 상류의 수위를 일정한 범위 내로 유지하는 기능을 갖고 있다. 그리고 취수문용과 분수문용은 홍수시에 있어서는 자동적으로 수문이 전폐되고 수로를 홍수로부터 지키는 기능을 갖고 있다. 또한 취수 또는 분수가 개시되기까지 수문은 열리지 않는다. 제수문용은 홍수시에 자동적으로 수문이 수로 독위로 올라가고 유수의 안전한 소통을 할 수 있도록 한다.

작동은 정상상태에 있어서는 상류수가 보수구로부터 플로트실로 유입되고 유입된 물은 플로트실로부터 수위조절밸브를 통해서 하류로 유출된다. 또한 플로트 내는 하류와 연결되어 플로트내의 수면은 거의 하류수위와 같게 된다. 이와 같이 해서 형성된 플로트실 수위와 플로트내 수위에 의해 플로트에 걸리는 힘과 플로트와 연동하는 게이트 및 카운터 웨이트에 걸리는 힘이 균형을 이루어서 수문이 정지하게 된다. 하류수위의 변동을 확인하여 수문이 작동하는 원리를 다음 표와 그림으로 설명한다. 상한수위는 수문 상류의 수위가 이 수위까지 올라오면 주수보에서 플로트실 내로 많은 물이 유입되고 게이트가 열리며 상류수위를 저하시킨다. 급한 출수의 경우에 있어서는 상류수위가 이 수위를 넘어서 정수하는 일은 없다. 또한 수문과 주수보를 연동시킴에 따라 유량마다 상한수위를 최적으로 설정하는 고도의 관리도 행한다. 또한 하한수위는 수문 상류의 수위가 이

수위보다 저하하면 보수구에서 플로트실로 물이 유입이 없으며 플로트실의 수위가 내려가서 수문이 닫힌다. 따라서 유하량이 급격히 감소해도 올려진 수위가 이 수위보다 저하되는 일은 없다. 또한 게이트와 보수구를 연동시켜 유량마다 하한수위를 최적으로 설정하는 고도의 관리도 가능하다.



(a) 관리수위는 높게 설정

(b) 관리수위는 낮게 설정

그림 2.1.3.5 물 사용량별 관리수위 설정

플로트는 플로트 내에 하류수로의 물이 도입되기 때문에 게이트의 상하류 수위차가 적어도 게이트는 충분히 크게 개폐된다. 따라서 상하류의 수위차가 대단히 적은 수로에도 적용할 수 있으며 플로트실은 플로트와 플로트실의 사이를 적게 해서 게이트의 움직임을 세밀하게 하여 현칭을 방지한다. 보정장치인 바네·암은 유하량이 많으면 게이트 개도는 커지며 하류수위는 높아진다. 반대로 유하량이 적으면 게이트 개도는 작아지고 하류수위는 낮아진다. 따라서 유하량에 따라 수위탐지플로트의 설정수위선을 보정한다. 바네와 암의 간단한 장치로서 이 보정을 행한다. 계획용수량 이상의 배수가 유입하는 수로에 있어서는 최상류의 제수문이 홍수중에 휴지상태가 되기 때문에 제수문이 닫히기 이전에 취수문이 열리지 않도록 취수문의 전폐상태에 있어서 제수문 위치의 관리수위는 충분히 낮아지게 하였다. 또한 다양한 현장 상황에 따른 안전장치도 준비하였다.



사진 2.1.3.2 보정장치(바네·암)

## 제2절 국외 기술개발 현황

### 2.2.1 일본의 물관리자동화 현황

일본의 농업용수에 대한 물관리자동화는 1980년대부터 시작되어 현재 활발하게 진행중에 있다. 그 중 일본의 중심부인 도쿄(東京) 인근지역에 농업용수를 공급하는 도네가와(利根川)용수사업에 관하여 소개하기로 한다.

#### 가. 사업지역 소개

도네중앙용수사업의 사업지구는 도네대보를 기점으로 하는 도네가와 좌·우안 및 에도가와(江戸川) 우안으로 약 13,000ha에 달하는 논이 펼쳐지는 광대한 농업지대이다. 본래 이 지역은 도네가와(利根川), 아라가와(荒川)등의 대하천이 유하하여 광대한 저습지, 호소지를 형성하는 미이용지이며 그대로는 농지로서의 이용이 곤란한 토지였지만 에도(江戸)막부에 의한 도네가와 및 아라가와의 하천보 공사에 의해 본격적인 농지개발이 되어 감에 따라 농업수리형태도 계통적으로 정비되어 갔다.

그 후 메이지(明治)시대에 본 지역의 농업수리형태가 확립되었지만 1964년부터 도네도수로건설사업에 의해 각 토지개량구마다 도네가와로부터 취수하고 있던 취수구를 폐지하고 도네대보로 통합한 현재의 농업수리형태로의 변모를 꾀했다. 에도시대로부터의 우수한 곡창지대로서 대소비지인 도쿄근교에 위치한 농업입지조건에 혜택을 받고 있는 지역이다.

#### 나. 사업목적

도네중앙용수사업에 있어서 기간시설은 1968년에 완성한 도네도수로건설사업이나 현영(縣營)사업등에 의해 정비되었지만, 최;근 도시화에 따른 농지전용이나 건설후 4반세기를 경과한 시설의 노후화, 광역지반침하등에 의한 시설의 기능저하로 인하여 취수배수가 곤란해졌으며 영농상 막대한 지장을 초래하고 있다.

본 사업은 농업용수의 합리화를 도모하고 농림수산성의 도네중앙농업수리사업과 맞추어서 본 지역의 용수계통의 재편성이나 수리시설의 정비를 실시하고 농업용수의 합리적 이용, 관리형태의 적정화 및 농업생산환경의 개선에 의해 농업경영의 안정화를 도모하고 있다. 더 나아가서 농업용수의 합리화에 의해 생기는 농업용수의 여잉수를 수도용수로 전용하는 것에 의해 수자원의 유효이용을 병행함과 동시에 지역용수로서 예전부터 친근감을 갖고 있는 농업용수로를 정비하고 지역 주민에게 휴식의 장소를 제공하고 있다.

#### 다. 사업계획

주요공사계획으로는 기간시설 중 하라쿠(邑樂)용수로, 사이타마용수로, 갓사이(葛西)용수로등으

로서 주요 사업계획내역은 다음 표 2.2.1.1과 같다

표 2.2.1.1 도네가와용수사업지구 내 사업계획 내역

용 수 로 명	수혜면적 (ha)	통수량 (ton/s)	연 장 (km)	구 조	비 고
하라쿠용수로 (농업용수로 개수)	1,470	5,111	16.6	개수로	농업용수로 단독
사이타마용수로 (농업용수로 합리화)	11,620	29,493	16.5	개수로	농업용수와 수도용수 공동사업
갓사이용수로 (농업용수로 합리화)	8,240	21,295	13.4	개수로	농업용수와 수도용수 공동사업

라. 사업내용

(1) 도네대보(도네가와 취수시설)

도네대보는 도네가와 중류부(도네가와 하구로부터 154km 지점)에 위치하고 있으며 농업용수, 도시용수, 정화용수 취수를 하고 있는 가동보이다. 부대시설로서는 취수구, 침사지, 분수공등이 있다. 취수구로부터 취수된 용수는 침사지를 거쳐서 대분수공 게이트에 의해 미소요(見沼代)용수로, 사이타마용수로, 무사시(武蔵)수로로 분수된다. 하라쿠용수로에는 침사지로부터 하라쿠도수로를 거쳐 대보 좌안측의 하라쿠양수장으로 양수하고 수로로 도수된다. 또한 이쿠다(行田)수로에 관해서는 침사지로부터 도수된다. 한편 1992년~1997년에 걸쳐 도네대보시설 긴급개축사업이 실시되어 하류호안공, 어도개축 및 도네가와 양수장의 이전을 실시하였다.



사진 2.2.1.1 도네(利根)대보전경

공사내역은 길이 495m의 가동식으로서 토사수문 2조, 수위조절 수문 4조, 홍수토 수문 4조등이며 어도가 3개소이다. 이러한 수문은 취수, 강우, 갈수등 주어진 상황에 따라서 종합사업소 내 중앙관리소에서 일괄적으로 관리한다.

(2) 사이타마·하라쿠용수로

합구연결수로는 도네대보로부터 취수된 기존의 농업용수 중 미소요용수연결부는 미소요용수로(관개면적 약 15,000ha의 농업용수 및 도쿄도, 사이타마현의 도시용수)로 연결함과 동시에 관개 면적 약 14,000ha의 사이타마현 4개 용수, 구남현 4개 용수로 연결배분하는 두개의 수로이다. 한편 1992년도부터 도네중앙용수사업이 실시하였으며 사이타마수로·하라쿠용수로등의 개축공사를 실시하였다. 주요 시설은 도네가양수장의  $\phi 700\text{mm}$  수중모터펌프 2조, 전동 제수문21조, 수로수위관측시설 8조등이며 이의 운영 및 관리는 종합사업소 내의 중앙관리소에서 일괄적으로 한다.



사진 2.2.1.2 하라쿠(邑樂)용수로 전경

(3) 무사시수로

무사시수로는 도네대보에 있어서 취수된 용수 중 도쿄도 도시용수 및 사이타마현 도시용수를 아라가와 중류부까지 도수하기 위한 연장 약 14.5km의 개수로이다. 또한 도쿄도, 사이타마현의 도시용수의 잔여에 관해서는 향후 신규 물수요가 증대하고 이것에 대한 새로운 수자원대책이 행하여질 때 까지 아라카와의 수질개선을 위한 하류의 기존 수리에 지장을 주지 않는 범위 내에서 긴급하게 잠정적으로 도수한다. 주변의 지반침하등에 의해 저하된 도수기능을 회복하기 위해 무사시수로개축사업을 1992년부터 실시하였다.

설치된 시설은 수위조절기능을 하는 보가 강제기복게이트로서 2기 설치되어 있으며 강제 롤러 게이트 문비가 6조 설치되어 있다. 또한 700mm의 펌프 2대와 1200mm의 펌프 2대가 설치된 배수 장을 신설하였다.



사진 2.2.1.3 무사시(武藏)용수로 전경

(4) 아키가세취수보

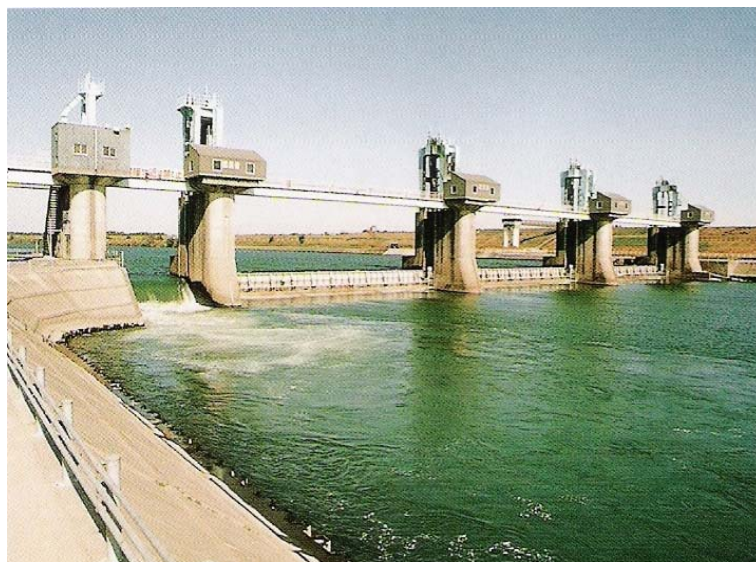


사진 2.2.1.4 아키가세취수보 전경

아키가세취수보는 무사시수로로부터 아라가와로 주수되어 아라카와를 자연유하(약 30km)한 도



쿄도 상수도용수·공업용수, 사이타마현 상수도용수·공업용수 및 잠정 정화용수의 추수와 미소요용수의 농업용수 합리화에 의해 생긴 도쿄도 및 사이타마현의 수도용수를 취수하기 위해 아라가와 하구로부터 약 35km 지점(사이타마현 시기시)의 하천만곡부에 새롭게 설치한 가동보이다.

설치된 시설로는 조절게이트 중 2단 월류형 강제롤러게이트가 1조, 셀구조강제롤러게이트가 3조이다.

#### (5) 아사기리수로

아사기리수로는 도쿄도 도시용수를 도쿄도의 아사기리정수장 및 미엔정수장으로 도수하기 위해 아키가세취수보 직상류에 취수구를 설치하여 정수장으로 합치기까지 도수암거, 침사지, 접합정 등으로 이루어진 도수시설이다. 또한 잠정정화용수는 상기 도수와 병행하여 하는 것으로서 분수구에 있어서 가가각의 수로로 분기되고 도쿄도 도시용수는 도수암거, 침사지, 접합정을 거쳐 정수장으로 또는 정화용수는 제1 분수구로부터 도수암거에 의해 신가안가와로 주수하고 누마다가와를 정화한다. 사이타마 남부지역의 지반침하 현저하며 본 수로주변에서도 최대 1m의 침하가 발생하였고 수로의 손상이 많아서 통수로 지장을 받고 있기 때문에 새롭게 수로를 축조하게 되어 1977년 10월 착공, 1981년 10월에 완공하여 1981년 11월부터 신수로에 의한 통수를 시작하였다.

주요사업내용은 강제롤러게이트 64조등이며 이 게이트는 전부 전동화된 수문으로서 원격조정이 가능하다.

#### (6) 미소요용수로

미소요용수는 농업용수의 공급시설로서 수원을 도네가와로 한 새롭게 개척된 역사적인 대용수로이다. 현재는 사이타마현 이쿠다시로부터 현동남부·도쿄도 아다치구에 걸친 지역 약 15,000ha에 농업용수를 공급함과 동시에 이 농업용수의 안정공급과 물이용의 합리화에 의해 새롭게 이용 가능하게 된 물을 수도용수로서 사이타마현 및 도쿄도에 공급하고 있다. 수로는 기간선수로, 니시엔간선수로, 히가시엔간선수로, 기시레이용수로, 나카지마용수로 그리고 아라가와연결수도전용수로로 구성되어 있으며 수위조절보등은 관리소내의 원방감시제어시스템에 의해 관리되고 있다. 또한 관계자치체에 의한 수로연안의 환경정비도 적극적으로 실시하여 녹지 헬씨로드나 물과 녹지의 만남의 길, 진수공원등이 설치되었다.

이러한 시설을 관리하기 위하여 공사는 주로 수로보수나 신규설치를 근간으로 하였으며 부대시설 또는 수문과 같은 것은 기존의 것을 보수하여 사용하고 있다.



사진 2.2.1.5 미소요(見沼代)용수로 전경

(7) 스미다스가보

스미다스가보는 모토아라가와와 중류에 위치하는 농업용 보로서 모토아라가와유역의 약 3,000ha의 농지에 농업용수를 공급하기 위해 보 상류수위를 AP7.960m로 확보하고 있다. 농업용수는 모토아라가와와 물만으로는 충분하지 않기 때문에 미소요용수의 슈로쿠간보로부터의 물도 이용하고 있기 때문에 모소요용수로와 일체적으로 관리하고 있다. 설치한 시설물로는 조절수문으로서 기본 게이트부착 롤러게이트 2조, 홍수토문비로서 롤러게이트 1조, 도사배출문비로서 2단식 롤러게이트 1보, 어도 1개소이다.

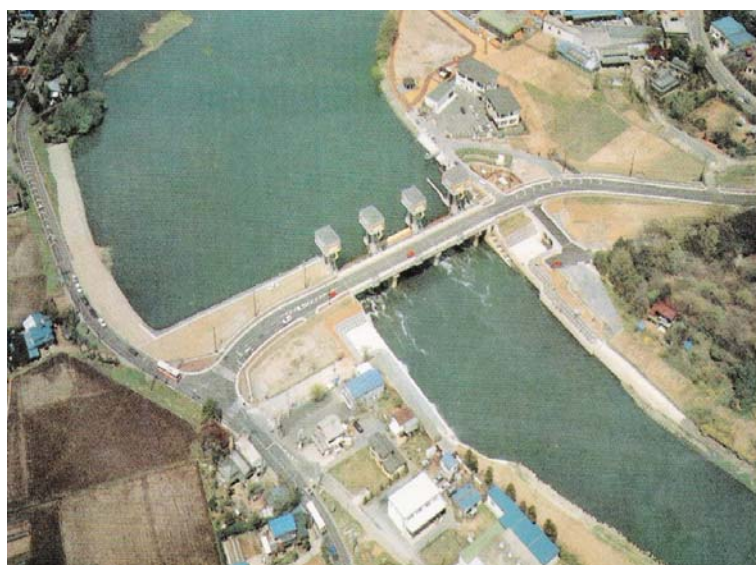
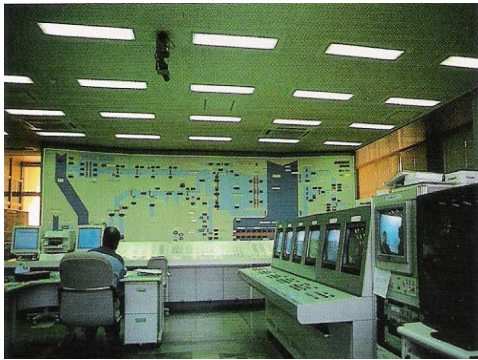


사진 2.2.1.6 스미다스가(末田賀)보 전경

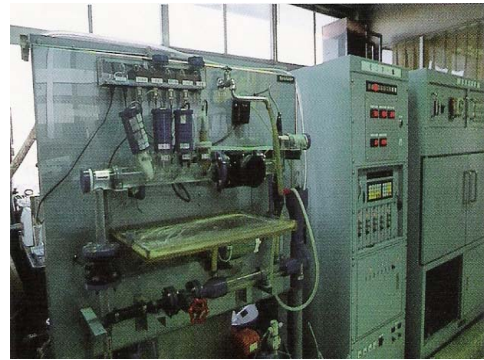
(8) 도네도수총합사무소

총합사무소 내에 있는 조작실에는 조작원이 상주하고 있으며 도내대보의 게이트 조작은 주위의 안전확인 후에 한다. 또한 각수로의 배수조작은 그래픽 판넬로부터 상황을 파악하고 있다. 각 관측점으로부터 보내진 수위·게이트 개도 및 유량등 대용량의 데이터는 컴퓨터에 데이터 저장 처리 및 그래픽 판넬의 표시등을 하고 있다.

한편 데이터 처리의 내용으로서 도내대보의 자동제어, 대분수공의 정수위자동제어, 수로 각 지점의 수위·유량을 상시 감시하고 배수의 보조를 행함과 동시에 저장된 데이터에 의해 관측점의 고장·데이터의 이상이 발생한 경우는 부저, 벨등에 의해 조작원에게 알리고 신속하게 적절한 처리를 하는 시스템이다. 수질분석실에서는 안전한 물을 공급하기 위해 자동측정장치를 설치하고 상시 수질분석을 행함과 동시에 수조의 어류에 의해 유해물질등의 조기발견에 노력하는등 수질감시를 하고 있다.



(a) 중앙관리소



(b) 자동수질장치

사진 2.2.1.7 도네(利根)도수총합사업소 전경

(9) 아키가세관리소

아키가세관리소는 상시 관리인을 두고 그래픽 판넬을 통하여 각 지점의 유량, 수위상황을 관측하고 통제하며 이를 컴퓨터를 통하여 제어하고 있다. 각 지점의 취수상황, 유량상황, 수위상황을 알 수 있는 유량계, 수위계등을 원격으로 감시하고 이 데이터 정보가 그래픽 판넬을 통하여 관리인에게 알려주며 제어하도록 하고 있다.



(a) 중앙관리소



(b) 침사지

사진 2.2.1.8 아키가세관리소 전경

## 2.2.2 미국의 물관리아동화 현황

### 가. 조사사례

조사를 한 미국의 Utah주는 면적 21만 9,887km<sup>2</sup>, 인구 약 220만 7천명이며 와이오밍(Wyoming) · 콜로라도(Colorado) · 애리조나(Arizona) · 네바다(Nevada) · 아이다호(Idaho) 등의 주에 둘러싸여 있는 내륙에 속하는 특징을 갖고 있다. 서부지방에는 그레이트베이슨(大盆地), 중부는 위새치산맥, 동부는 콜로라도 고원에 속하며 고원과 산지가 많다. 그레이트베이슨의 하천들은 모두 내륙하천으로 흐르며 바다로는 통하지 않는다. 북부에는 염호(鹽湖)로 알려진 그레이트솔트호가 있고, 그 서쪽에는 세계 최대급의 염류(鹽類) 사막인 그레이트솔트레이크 사막이 있다. 염호에서 사막까지의 일대는 예전에 보네빌이라고 하였던 거대한 호수였는데 건조기후 때문에 물이 말라 현재와 같이 사막화가 되었으며 주요농작물은 살구 · 버찌 · 보리 · 사탕무 · 밀 · 감자 등이 있다.

#### (1) 수원공 물관리아동화(Puite Reservoir)

Puite Reservoir가 주로 관개를 하는 지역인 Richfield는 주로 소나 말의 먹이가 되는 알파파(목초)를 경작하기 때문에 적절한 용수공급이 중요하며 이를 위해 사막지대와 산악지역으로 구성된 이 곳의 특성상 저수지를 통해 집수를 하고 용수를 공급하는 형식으로 물관리의 형태가 특징지어져 있다. Puite Reservoir는 취수문 1개소에서 용수공급을 하고 있으며 저수지의 수위상황과 수문개도(Open degree) 그리고 기상상황을 자동계측장치와 제어장치를 이용하여 수원공의 유지관리 및 운영을 하고 있는 실정이다.

물관리아동화를 위한 시스템 구성 및 운영을 살펴보면 계측 및 통신, 제어시스템에 대해서는 수문조작실 전면에 음파식 수위계(Sound Water Level Gauge)를 설치하고 전동식 수문의 모터를 제어하는 프로그램을 구비하여 저수지의 수위 및 모터 구동상태를 계측, 감시하며 이러한 데이터는

데이터 로거에 저장되어 무선으로 관리소에 전송이 되는 시스템으로 구성되어 있다. 또한 이러한 데이터를 갖고 제어할 수 있는 방법으로는 개인용 PC 외에 관리소의 PC 그리고 휴대폰으로도 가능하도록 하였다.



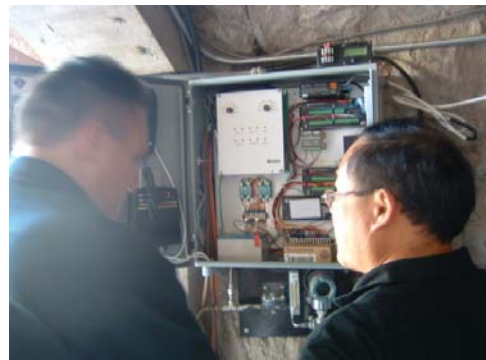
(a) Puite Reservoir 전경



(b) 여수토 수문



(c) 조작실



(d) 시스템 조작전경

사진 2.2.2.1 Puite Reservoir(In Utah)

(2) 수로 물관리자동화

① 중계국(Head of Vermillion Canal)

Head of Vermillion Canal은 Vermillion Canal에서 전송되어온 수위 및 기상데이터를 산 위의 무선 중계국을 거쳐 받는 곳으로서 무선 안테나, CCTV, Solar Unit이 달려 있는 컨테이너 박스로 되어 있다. 내부는 데이터 저장 및 제어를 위한 PC, PLC, 충전시스템 및 배터리 그리고 기기를 최적의 온도에서 운영하기 위한 에어컨 등이 설치되어 있다.

설치는 Stonefly Technology, Inc.라고 하는 물관리자동화 기기를 제작설치하는 업체에서 하였고 관리하는 Stonefly Technology, Inc.와 Branch of USBR에서 공동으로 하고 있다. 여기서 받은 데이터는 웹상으로 접속을 해서 데이터를 볼 수 있고 개인용 PC를 사용해서 수문등을 작동시킬

수도 있으며 또한 Stonefly Technology, Inc.에 있는 Main Server에 보내서 통합적으로 관리하고 있는 것이 특징이다.

시스템 운영은 컨테이너 안에 있는 PC와 모뎀에서 수집된 정보를 Stonefly Technology, Inc.와 그 구역을 관리하는 기관에서 직접 운영한다. 특히 이러한 시스템은 설치한 업체에서 지속적인 운영을 하며 이를 관리주체에서 감독운영하는 체제로 구성되어 있다.

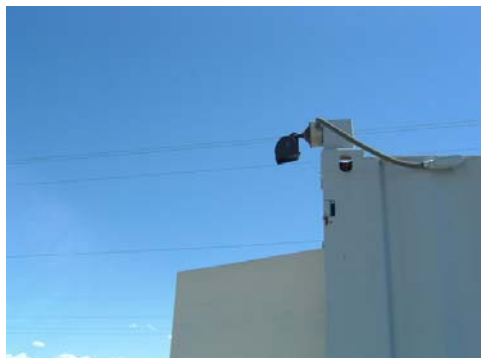
본 시설은 Stonefly Technology, Inc.와 약 300km 정도 떨어진 곳에 위치해 있기 때문에 인력으로 운영 및 관리를 한다는 것은 불가능하며 따라서 모든 것이 전동화 및 자동화가 되어 있다. 따라서 모든 데이터의 전송 및 관리 그리고 제어는 철저하게 별도의 주파수를 갖고 있는 무선통신에 의해 이루어지며 휴대폰을 통해서도 접속 및 제어가 가능하다. 또한 이러한 시스템은 우선 미국의 고인건비 상황과 더불어 광활한 관리면적을 효율적으로 운영하기 위한 최적의 방법이라고 할 수 있다. 그러나 집중호우등에 의한 수문의 비상개폐라든지 오물에 의한 수문작동장애와 같은 비상사태에 있어서 즉각적인 대응을 하기에는 대단히 어려운 점이 있다고 판단된다.



(a) Head of Vermillion Canal 전경



(b) 무선 감시 및 통신장비



(c) CCTV



(d) PC를 통한 데이터 수집 및 제어

사진 2.2.2.2 Head of Vermillion Canal(In Utah)

② 수로(Swasey Diversion)

Swasey Diversion은 알파파를 경작하는 개인 농민이 이용하고 관리하는 시설로서 하천으로부터 취수하는 분수문과 하천의 수위를 올려주는 가동보 그리고 취수량을 알 수 있도록 한 분수문 하류의 파셜 플룸과 음과수위계로 이루어져 있으며 30watt의 Solar Unit으로 전력을 공급하고 있다. 이러한 기기의 구성은 대단히 경제성을 중시하여 만든 것임을 입증하고 있다. 또한 수문은 수문비가 함석으로 되어 있으며 이것은 사용농민이 자비로 간단히 만든 것이다. 그리고 수문 상류에는 나무로 만든 오물유입방지책이 설치되어 있어 오물의 끼임으로 인한 수문의 미작동을 방지하고 있다. 본 시설은 대단히 경제적으로 설계제작되어 운영하고 있으며 사용 및 관리에 대해서는 사용자인 농민이 직접하고 있고 기술 및 운영지도는 Federal Office에서 하고 있다. 또한 이러한 기기에 대해서는 Stonefly Tech.에서도 항상 모니터링하고 있다.



(a) Swasey Diversion의 전경



(b) 수문 및 구조물



(c) 분수문



(d) 조작법 설명 전경



(e) 제어반 내부



(f) 간이수위계



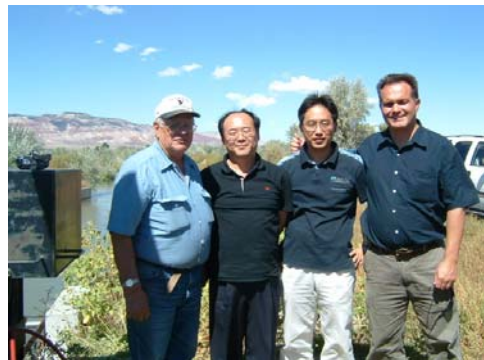
(g) 모터



(h) 수문 권양부



(j) 분수문 상류 오물유입방지책



(k) 관리 농민과 함께

사진 2.2.2.3 Swasey Diversion Canal(In Utah)

나. 물관리자동화 기기 제작설치 업체 현황조사(Stonefly Technology, Inc.)

Stonefly Technology, Inc.는 미국 Utah 주의 남쪽에 위치한 St. George시에 위치해 있으며 전기통신 및 제어기와 Software를 만드는 전문업체이다. 인원은 CEO인 Dr. Bret을 비롯하여 8명의 엔지니어로 구성되어 있으며 현재 Utah 주에서 실시하고 있는 댐, 저수지, 하천, 수로에 대한



원격 감시, 측정, 제어시스템을 만들어서 납품·운영하고 있는 회사이다.

현재 Utah주에서는 광활한 면적의 농지에 이용하는 관개용수를 원활하게 관리·운영하기 위해 수원지인 저수지로부터 말단의 수로까지 감시, 측정, 제어장비 및 시스템을 도입하여 물관리를 하고 있는 실태이며 주된 경작물은 소나 말의 먹이가 되는 목초(알파파)로서 사막지대인 관개로 많은 관개용수를 필요로 하고 있는 특징이 있다. 또한 이러한 시스템에 의한 물관리가 가능하게 하는 동력에 대해서 관개시설운영을 위한 별도의 전기인입은 계획하고 있지 않으며 태양광을 이용하여 전력을 생산하고 이 전기를 이용하여 수로나 저수지의 수위상황, 수문의 작동여부 등을 체크하고 감시하며, 필요시에는 수문의 조작을 원격이나 PC를 이용하여 조작하고 있는 실정이다.

현재 Stonefly Technology, Inc.에서 제작하고 설치한 시스템을 살펴보면 보통 50Watt를 생산할 수 있는 Solar Unit 1조와 12Volt Battery를 2조 설치하여 Sound Water Level Gauge, Control Panel, CCTV, Solar gate등을 1set의 시스템을 구성하여 운영하고 있다. 이 태양광을 이용하기 위해 충전기와 충전기내 과충전방지 및 과방전방지 회로를 첨가하였고, 또한 CCTV로부터 전송되는 화면은 10분단위로 한 컷씩 보내지며 현장에서 전송된 사진은 Stonefly Technology, Inc. 내에 설치되어 있는 Main Sever에 저장되도록 시스템 설계를 하였다.

미국 Utah주와 같은 광활한 지역의 농업과 소수의 인원으로 물관리를 하기 위한 방법으로서 제시하고 있는 관개용수를 감시하고 제어하기 위한 방법은 전동화를 통한 감시제어법이 가장 효율적이며 또한 전기인입등의 문제를 해결하기 위해 초기투자를 적게 할 수 있으며 관리운영에 있어서도 저비용으로 가능한 태양광을 이용하는 것은 시대의 대세라고 이 회사의 대표이사는 생각하고 있으며 본 물관리방식의 한국도입에도 큰 관심을 나타내었다.

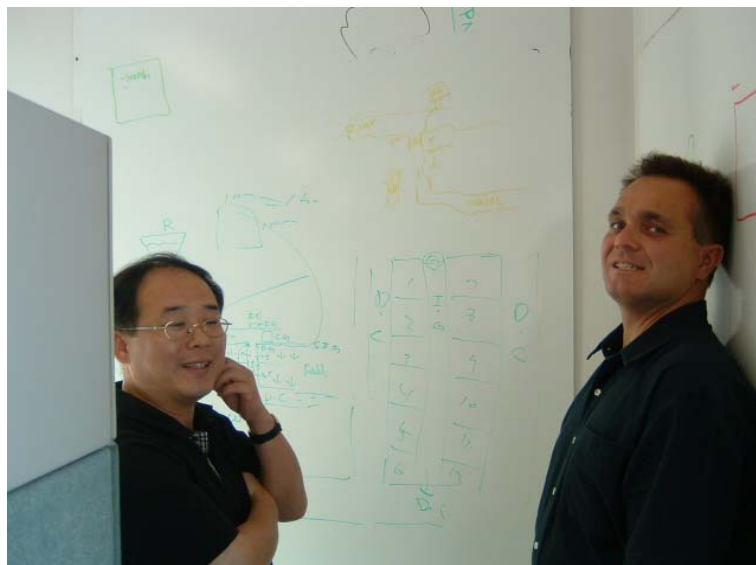


사진 2.2.2.4 Stonefly Technology, Inc.의 관계자와 의견교환 모습

## 제3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 연구개발 수행 내용

#### 3.1.1 태양광 간이식 전동 분수공

##### 가. 구성 및 작동원리

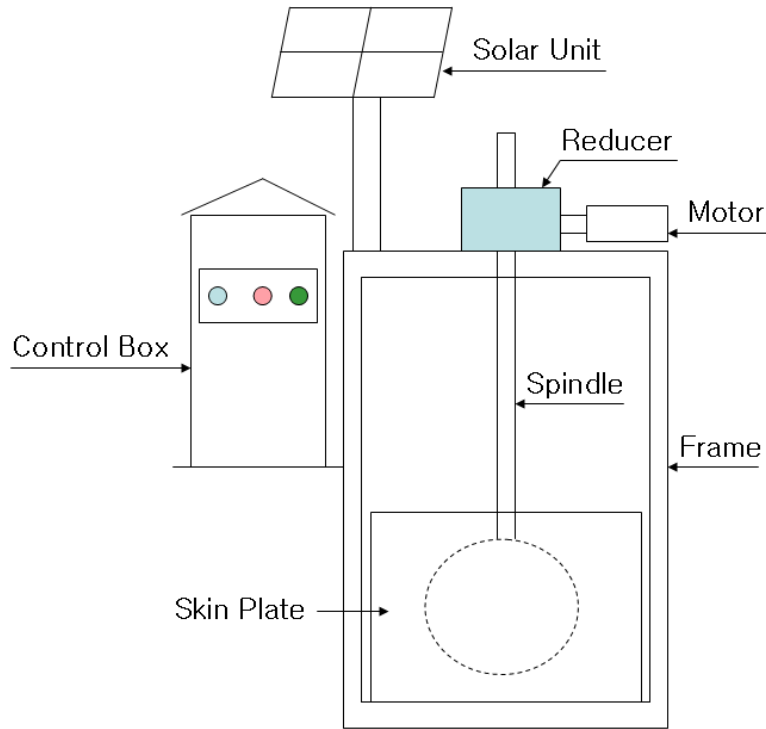


그림 3.1.1.1 태양광 간이식 전동분수공 모형도

태양광 간이식 전동분수공은 환경친화적 재생에너지인 태양광을 동력원으로 하여 작동을 하는 수문이다. 따라서 전기를 사용하는 수문이 갖는 특징을 갖추고 있다. 수문을 구성하는 구성품으로는 동력원인 전기를 발생시키기 위한 Solar Unit을 비롯하여 이를 지지해 주는 Solar Post, Control Box 내에 부착되어 있는 충전기와 배터리, 인버터, 중앙제어장치 역할을 하는 PLC로 구성되어 있으며, 외부에는 수문작동에 필요한 구동부인 Motor와 Reducer, 수문의 Frame, Skin Plate, Spindle로 구성되어 있다. 태양광 간이식 전동분수공 일반사항 및 각 구성요소의 특징은 다음과 같다.

##### ① 태양광 간이식 전동분수공 일반사항

태양광 간이식 전동분수공이란 전동 모터와 기어, 감속기 등을 이용하여 수문을 개폐하기 위하여 만든 장치를 전동조작기라 한다. 이 조작용 전동기는 조작기와 직접 연결하거나 연결

축(스핀들)을 이용하여 연결할 수 있으며, 그 출력은 주문자가 지정하는 수문의 개폐 소요 시간내에서 수문의 개폐에 필요한 토크를 발생시킬 수 있어야 한다. 또한 전동 조작기는 수동 조작이 가능한 구조로 하여 동력발생이 불가능한 경우에 대비할 수 있도록 하고, 전동 조작 시에는 수동 조작의 핸드휠, 캡 또는 체인휠이 회전되지 않아야 한다. 이는 전동과 수동을 한 몸체로 만들었을 때에 일어날 수 있는 고장등을 대비해서 비상시 수동이 전동을 완벽하게 보완할 수 있도록 하기 위한 것이다. 전동 조작기에는 개폐 1쌍의 리미트 스위치(Limit switch) 및 토크 스위치(Torque switch)를 설치하며, 수문의 개도는 각도 또는 백분율(%) 지시로 표시되도록 한다.

수문용 전동식 조작기는 Limit Switch에 의한 ON-OFF의 두가지 위치의 동작을 행하고, 그 동작 상태를 나타내는 한계스위치(Limit Switch)가 설치되어 있어야 한다. 또한 전동 조작기에는 수문의 개도를 수동 조정 할 수 있는 장치가 구비되어 있어야 하며, 한편으로 동력 전달 구조는 기동력(Start Torque)과 한계력(End Torque)을 충분히 발휘할 수 있는 구조이어야 한다. 이는 수문을 조작하는데 충분한 용량을 확보해야 한다는 의미이다. 그리고 전동 조작기는 모터, Integral reversing starter, Local control 장치와 원격제어를 위한 결선용 터미널 블록(Terminal block) 등으로 구성되어 있다. 원칙적으로 전동 조작기의 기어는 원하는 위치의 개도에서 유지가 가능하여야 하며, 만일 수동조작을 할 경우에는 전기적 조작이 되지 않는 구조로 되어야 한다. 이것은 수동과 전동을 별도로 함으로서 동시 고장을 방지하는 방법이기도 하다. 따라서 수동 조작은 모터 작동과는 별개의 작동이어야 하고, 모터 작동에서 수동작동으로의 전환은 쉽게 이루어져야 한다.

전동 조작기는 전동기(모터)에 공급되는 3상 전원(일반전기, 교류)의 위상이 바뀌어도 문비의 개폐 방향에 맞게 모터가 회전하는 상변환 기능(Phase discrimination)을 가지고 있어야 한다(조작판넬이 일체형인 경우에 한함). 또한 전동 조작기는 최대 차압에서 문비가 개폐하는데 무리가 없는 크기이어야 하며, 정격 전압의 10% 전압 강하에서도 사용할 수 있어야 하며 또한 전동 조작기는 주위 온도  $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$  사이에서도 운전이 가능하여야 한다.

수문용 전동식 조작기는 Limit Switch에 의한 ON-OFF의 두가지 위치의 동작을 행하고, 그 동작 상태를 나타내는 한계스위치(Limit Switch)가 설치되어 있어야 한다. 또한 전동 조작기에는 수문의 개도를 수동 조정 할 수 있는 장치가 구비되어 있어야 하며, 한편으로 동력 전달 구조는 기동력(Start Torque)과 한계력(End Torque)을 충분히 발휘할 수 있는 구조이어야 한다. 이는 수문을 조작하는데 충분한 용량을 확보해야 한다는 의미이다. 그리고 전동 조작기는 모터, Integral reversing starter, Local control 장치와 원격제어를 위한 결선용 터미널 블록(Terminal block) 등으로 구성되어 있다. 원칙적으로 전동 조작기의 기어는 원하

는 위치의 개도에서 유지가 가능하여야 하며, 만일 수동조작을 할 경우에는 전기적 조작이 되지 않는 구조로 되어야 한다. 이것은 수동과 전동을 별도로 함으로서 동시 고장을 방지하는 방법이기도 하다. 따라서 수동 조작은 모터 작동과는 별개의 작동이어야 하고, 모터 작동에서 수동작동으로의 전환은 쉽게 이루어져야 한다.

전동 조작기는 전동기(모터)에 공급되는 3상 전원(일반전기, 교류)의 위상이 바뀌어도 문비의 개폐 방향에 맞게 모터가 회전하는 상변환 기능(Phase discrimination)을 가지고 있어야 한다(조작판넬이 일체형인 경우에 한함). 또한 전동 조작기는 최대 차압에서 문비가 개폐하는데 무리가 없는 크기이어야 하며, 정격 전압의 10% 전압 강하에서도 사용할 수 있어야 하며 또한 전동 조작기는 주위 온도  $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$  사이에서도 운전이 가능하여야 한다.

#### ② 구동부 모터(Motor)

모터는 인입전기의 종류에 따라 달라지나 220V/2 $\phi$ /40Hz, 380V/3 $\phi$ /60Hz의 전원으로 구동되거나 태양열 사용의 경우에는 직류전압을 사용하고, 수문 구동에 적합한 형태이어야 하며, 밀폐형으로서 절연등급은 F종이어야 한다. 15분 이상을 가동해도 정격전압을 유지해야 하고, 정격전압의 10% 전압강하에도 작동하여야 한다. 모터의 보호 기능에 대해서는 수문이 꼼짝 못하게(Jamming)되어 더이상 움직이지 않을 때 모터가 무리하게 동작하지 않도록 되어야 한다. 이는 수문의 작동불능상태에서 모터에 무리한 과부하를 부여함으로써 모터가 타는 현상을 막기 위한 것이다. 또한 모터 코일이 과열되었을 때에는 내장된 온도 감지기(Thermostat)나 또는 적절한 방법에 의하여 모터가 보호되어야 한다. 삼상 전원이 잘못되어 단상으로 공급되었을 경우에 모터가 보호될 수 있는 장치가 있어야 한다(조작판넬이 일체형인 경우에 한 함).

#### ③ 구동부 감속기(Gearing)

전동 조작기의 기어는 오일(Oil) 또는 그리이스(Grease)를 채우고 외함 (Gear case 또는 Housing)은 완전 밀봉되어 어떠한 각도에서도 운전할 수 있어야 한다. 윤활유 주입 및 배출구를 갖추고 있어야 하며(조작판넬이 일체형인 경우에 한함) 동력 전달용 주요기어는 금속제로 제작되어야 한다. 전동조작기의 기어박스는 밀폐 방수형 으로서 빗물이나 습기에 의해 계기고장등을 방지할 수 있어야 한다.

#### ④ 수동 조작용 핸드휠(Handwheel)

비상시 벨브를 수동 조작할 수 있도록 Handwheel이 설치되어 있어야 하며, 수동 조작에서 자동 조작으로의 변환시에는 모터만 구동시키면 자동으로 모터의 구동축과 연결(자동 복귀)되어야 하나, 필요시에는 수동조작을 하여야만 복귀(수동복귀)할 수 있는 것도 사용할 수 있도록 한다. 핸드휠은 모터 구동기구와는 연결되어 있지 않고 별도의 구동기구로서 구성되

어야 하며, 특별히 명시하지 않는 한 핸드휠의 개폐 방향은 시계방향 닫힘(Clockwise close)으로 한다. 핸드휠은 치차 또는 적절한 방법에 의하여 적은 힘으로도 조작기를 작동시킬 수 있도록 해야 하며, 효율적이고 안전한 조작이 되도록 적절한 크기로 제작되어야 한다. 또한 전동 구동시에는 수동용 핸드휠은 회전되지 않아야 한다.

⑤ 구동 부상(Driving bushing)

수문의 축이나 감속기의 구동축에 맞추어서 가공할 수 있도록 구동 부싱은 가공을 위하여 쉽게 분리할 수 있어야 한다.

⑥ 토크(Torque) 및 한계(Limit) 스위치

조작기는 형태별로 필요한 개방 및 폐쇄를 위한 토크스위치를 부착하고, 개폐표시등을 점등하는 점점과 결로방지를 위한 적절한 장치가 구비되어 있어야 한다. 수문의 열림, 닫힘의 각 방향에 대한 회전력 스위치(Torque s/w), 한계 스위치(Limit s/w) 및 원격지시등과 연결하여 사용할 수 있는 보조 한계 스위치를 설치한다. 수문이 완전 닫힘 상태에서 열리는 순간에는 과도한 토크가 소요되므로 이때 회전력 스위치가 과도한 토크로 동작되어 수문이 열리지 않는 일이 없어야 하며, 밸브가 운전 중(중간개도 중) 이상이 발생하여 회전력 스위치가 동작한 후에 다시 같은 방향의 운전신호가 입력되면 전동기의 구동장치는 동작하지 않아야 한다. 또한 리미트 스위치는 조정 위치를 쉽게 조정할 수 있는 구조이어야 하며 모든 부품들은 부식 방지용 재질로 제작되어야 하고, 토크 및 리미트 스위치와 구동기구들은 충분한 강도를 가지고 있어야 한다.

⑦ 기동기 및 변압기

정역기동기(Reversing contactor) 및 제어변압기는 브레싱(Breathing)과 응축을 예방하기 위해 조작기를 밀폐된 케이스내에 적절히 수용하여 일체가 되도록 한다. 기동기는 시간당 60회의 기동을 할 수 있는 정격이어야 하며, 전기 및 기계적으로 연동된 정역 기동기를 포함한다. 일차권선은 접지 스크린에 의하여 이차권선과 분리하여야 하며, 이차 출력은 교체 용이한 카트리지형 휴즈로 보호되어야 한다.

⑧ 원격 운전 및 개도지시

조작기 자체에 완전 개방 및 완전 닫힘을 포함한 개방 및 닫힘 상태를 연속적으로 지시하는 지시계가 설치되어야 한다.

⑨ 현장 지시계

전동 조작기는 수문의 위치를 0 ~ 100%까지 표시하고, 조작기 개도 등을 표시하는 지시계가 구비되어 있어야 하며 동력 전원이 차단되더라도 지시계의 개도상태는 계속 나타나 있어야 한다. 필요시 수문 개도를 원격 지시하기 위하여 전류 위치 발신기(CPT) 4 ~ 20mA

신호를 보낼 수 있는 전송 장치가 설치될 수 있도록 설계되어야 한다.

⑩ 콘트롤 스위치(Integral push buttons 및 Selector switch)

전동 조작기는 Open/Close/Stop용 Push button 스위치 및 잠금 장치가 되어있는 Local/Remote selector switch가 있어야 한다.

⑪ Wiring Terminal

내부 결선용 Wire는 "Tropical grade PVC insulated standard cable" 이어야 하며 각 Wire 끝에는 Wire number가 표시되어야 하며 Terminal은 절연된 Terminal block에 설치되어 있어야 한다. 전동 조작기의 Terminal은 최소 2개 이상의 Cable 인입용 구멍(Cable entry hole)이 있어야 한다. 사용자가 선(cable)을 연결할 때 단자 번호(Terminal number)에 맞추어 Cable core number를 새겨 넣을 수 있도록 Terminal box cover에는 단자대의 번호가 기재된 도면이 부착되어야 하며 일련번호(Serial number), 공급전원, 결선도 번호, Terminal layout이 있어야 한다.

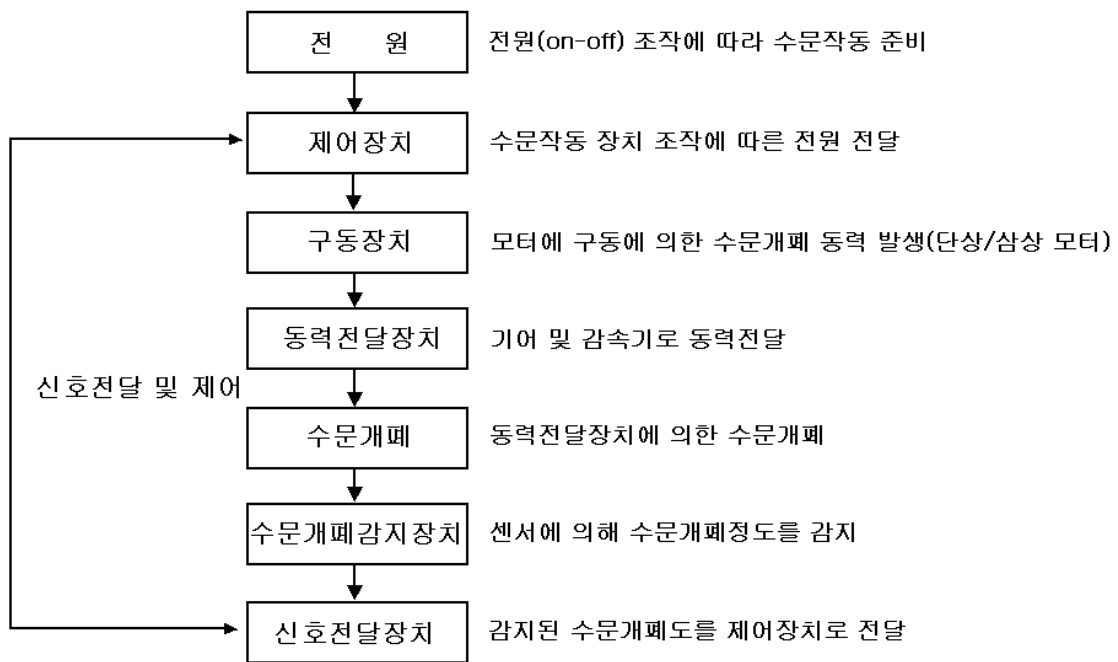


그림 3.1.1.2 일반전기식 전동수문의 작동 메커니즘

⑫ 외함(Box or housing or casing)

전동 조작기의 외함은 O링 등 적절한 방법으로 밀봉(sealing)된 방수형이어야 한다. 전동 조작기에 내장된 전기 구성 부품, 모터 등은 습기로부터 보호될 수 있도록 O-ring 등 적절한 방법으로 격리되어야 한다.

⑬ Start-up kit

각개의 전동 조작기에는 start-up kit, manual, wiring diagram, 충분한 양의 spare screw, seal 등이 공급되어야 한다.

⑭ 전동조작기 선정

전동조작기는 수문의 소요토크보다 1.5배이상의 출력을 발생시킬 수 있어야 한다.

나. 구조계산

농업용 수로의 급수 및 분수, 단수를 위해서 설치하는 수문은 수로의 크기, 설계수로 수심, 용수의 접근유속등을 고려해서 설계를 하며 이를 통하여 수문을 작동시키는 구동부와 동력발생부의 사양이 결정되어 진다.

(1) 수문에 걸리는 하중

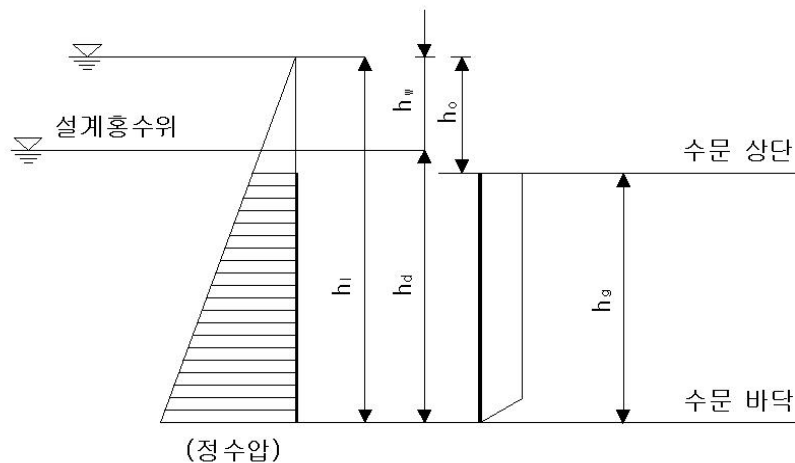


그림 3.1.1.3 설계홍수위의 접근유속을 포함한 상시하중

여기서,  $h_1$  : 파랑고를 포함한 수위부터 수문 바닥까지의 수심(m)

$H_d$  : 설계홍수위(m)

$h_w$  : 설계홍수위에서 바람에 의한 파랑고(m)

$h_0$  : 파랑고를 포함한 수위부터 수문 상단까지의 수심(m)

$H_g$  : 수문 높이(m) 이다.

① 바람에 의한 파랑고

$$h_w = 0.00086 V^{1.1} F^{0.45} \quad (1)$$

여기서,  $h_w$  : 바람에 의한 파랑고(m)

$V$  : 풍속(m/s)

$F$  : 대안길이(m)

② 정수압 하중

그림 3.1.1.3에서 알 수 있듯이 파랑고를 포함한 수위부터 수문 바닥까지의 수심  $h_1$ 은 다음 식으로 계산한다.

$$h_1 = H_d + h_w \quad (2)$$

파랑고를 포함한 수위부터 수문 상단까지의 수심으로부터 수문 높이를 계산하면,

$$h_0 = h_1 - H_g \quad (3)$$

여기서  $h_1 > H_g$  인 경우의 정수압 하중은

$$P = \frac{1}{2} W_0 (h_1^2 - h_0^2) B \quad (4)$$

를 사용하고,  $h_1 < H_g$  인 경우의 정수압 하중은

$$P = \frac{1}{2} W_0 h_1^2 B \quad (5)$$

를 사용한다.

여기서,  $P$  : 정수압 하중(kg)

$W_0$  : 물의 단위체적중량(1,000kg/m<sup>3</sup>)

$B$  : 수문비(Skin Plate) 폭(m) 이다.

③ 수문 하중(문비 및 스펀들 하중)

수문의 하중을 검토할 때에는 문비에 해당하는 Skin Plate, 문비 상하단의 보강 플레이트, 보조격자, 스펀들의 하중을 고려하여 검토한다.

우선 Skin Plate의 하중은 다음 식으로 구한다.

$$W_{SP} = B \cdot H \cdot t \cdot G_F \quad (6)$$

여기서,  $W_{SP}$  : Skin Plate판 중량(kg)

$H$  : Skin Plate 높이(m)

$t$  : Skin Plate 두께(m)

$G_F$  : 철의 비중(=7,760kg/m<sup>3</sup>)

다음은 보강 플레이트로서 수문 상단과 하단, 수문 양옆에 부착시켜 수문비의 뒤틀림등을 방



지하는 역할을 한다. 수문 상단과 하단에 부착된 보강 플레이트의 하중을 구하는 식은 다음과 같다.

$$W_{hRP} = B_{hRP} \cdot H_{hRP} \cdot t \cdot G_F \cdot 2EA \quad (7)$$

여기서,  $W_{hRP}$  : 수문 상하단의 보강 플레이트 하중(kg)

$B_{hRP}$  : 수문 상하단의 보강 플레이트 폭(m)

$H_{hRP}$  : 수문 상하단의 보강 플레이트 높이(m) 이다.

또한 보강 플레이트나 보조격자등의 두께는 수문비의 두께와 같은 것으로 한다.

마찬가지로 수문 양옆에 부착되는 보강 플레이트의 하중은 다음 식으로 구한다.

$$W_{vRP} = B_{vRP} \cdot H_{vRP} \cdot t \cdot G_F \cdot 2EA \quad (8)$$

여기서,  $W_{vRP}$  : 수문 상하단의 보강 플레이트 하중(kg)

$B_{vRP}$  : 수문 상하단의 보강 플레이트 폭(m)

$H_{vRP}$  : 수문 상하단의 보강 플레이트 높이(m) 이다.

다음으로 수문의 비틀림이나 변형을 방지하기 위하여 Skin Plate의 후면에 보조격자를 0.2 m~0.3m 간격으로 배치할 하는 것이 원칙이다. 이러한 보조격자도 또한 수문의 권양하중에 포함되며 보조격자의 두께는 Skin Plate의 두께와 동일하게 하는 것으로 한다. 따라서 보조격자의 하중을 구하는 식은 다음과 같다.

$$W_P = ((B/S_P) + (H/S_P)) \cdot t \cdot G_F \cdot (H_{vRP} - 2B_{vRT}) \cdot (B_{vRT} - t) \quad (9)$$

여기서,  $W_P$  : 보조격자 총 하중(kg)

$S_P$  : 보조격자 간격에 의한 보조격자 수(EA). 정확한 기준은 정해지지 않았으나 수문비 폭과 높이가 1.0m 미만인 경우는 0.2m 간격으로 배치하고, 수문비 폭과 높이가 1.0m 이상인 경우는 0.3m 간격으로 배치하는 것을 원칙으로 한다.

수문비(Skin Plate)와 수문틀(Frame) 사이에 지수를 위해 삽입하는 지수부 또한 Skin Plate부에 부착시키기 때문에 수문 총하중에 포함된다. 따라서 지수부의 하중은 다음과 같다.

$$W_{CO} = V_{CO} \cdot G_{CO} \cdot 2EA \quad (10)$$

여기서,  $W_{CO}$  : 지수부의 총 하중(kg)

$V_{CO}$  : 지수부 형상에 따른 체적(m<sup>3</sup>)

$G_{CO}$  : 지수부 재료의 비중(kg/m<sup>3</sup>)

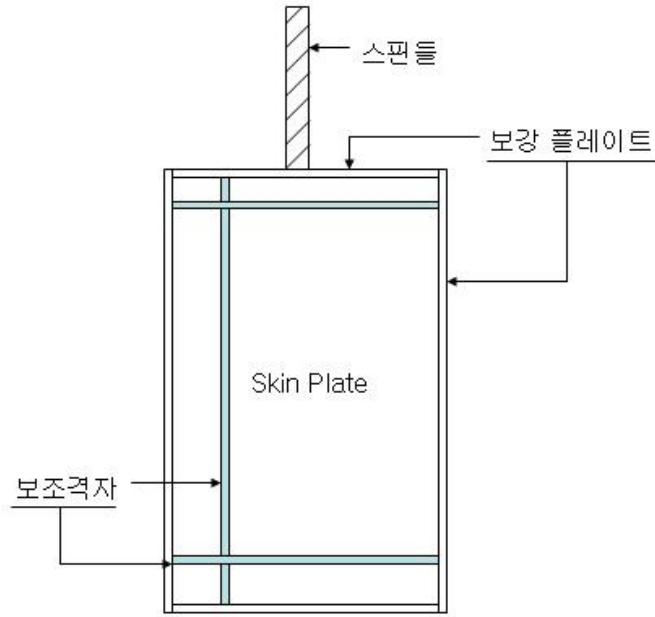


그림 3.1.1.4 수문비 구성

이다. 또한 지수부 형상에 따른 체적은 예를 들면 사각형일 경우에는

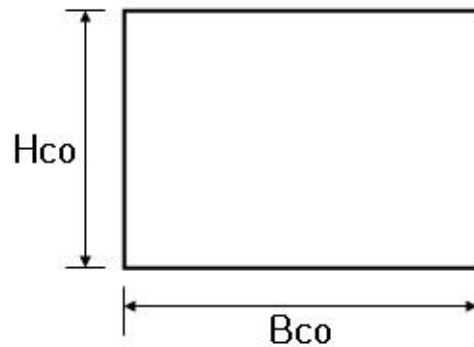


그림 3.1.1.5 사각형 지수부

$$V_{CO} = H_{vRT} \cdot H_{CO} \cdot B_{CO} \quad (11)$$

여기서,  $H_{CO}$  : 지수부 형상 높이(m)

$B_{CO}$  : 지수부 형상 폭(m)이며,

도넛 형태의 원통형일 경우에는 다음과 같다.

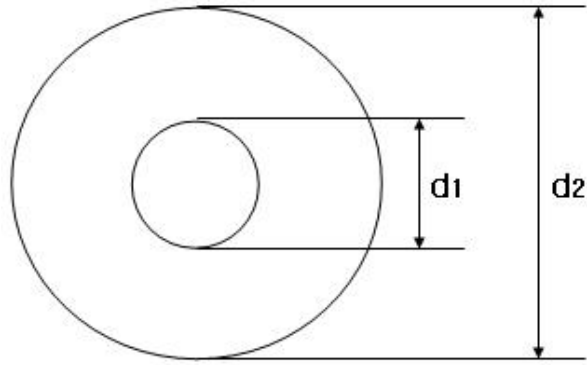


그림 3.1.1.6 도넛 원통형 지수부

$$V_{CO} = H_{vRT} \cdot \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) \quad (12)$$

여기서,  $d_1$  : 원통형 지수부의 내경(m)

$d_2$  : 원통형 지수부의 외경(m)

삼각돌출 지부수일 경우에는 다음과 같다.

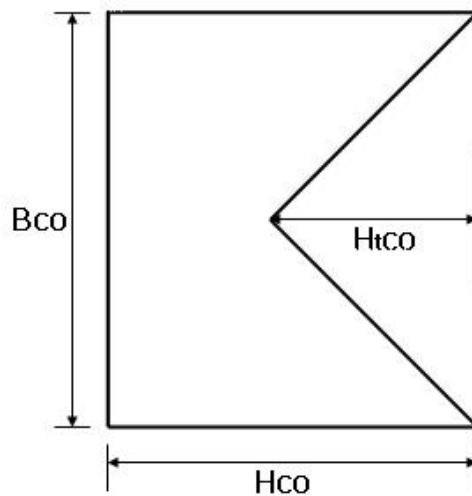


그림 3.1.1.7 삼각돌출형 지수부

$$V_{CO} = H_{vRT} \cdot ((H_{CO} \cdot B_{CO}) - (\frac{1}{2} \cdot B_{CO} \cdot H_{tCO})) \quad (13)$$

여기서,  $H_{tCO}$  : 삼각오목부의 높이(m)이다.

다음은 수문비와 구동부를 연결하여 수문의 개폐를 하도록 보조하는 스펀들로서 이 무게도 수문 하중에 포함된다. 스펀들은 1나나산, 2나사산등 2가지 종류가 있으며 원형을 형태를 하고 있다. 스펀들의 하중은 다음 식에 의해서 구할 수 있다.

$$W_S = 1.3 \cdot H \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot G_F \quad (14)$$

여기서,  $W_S$  : 스피들의 하중(kg)

$D$  : 스피들의 반경(m)이다.

통상적으로 스피들의 높이는 수문비의 높이보다 높게 하여야 하며 여기서는 수문비 높이의 1.3배를 채택한다.

식(6)부터 식(14)에 의거 수문 총하중을 구하면 다음과 같다.

$$W_{Total} = W_{SP} + W_{hRP} + W_{vRP} + W_P + W_{CO} \quad (15)$$

여기서,  $W_{Total}$  : 수문 총하중(kg)이다.

그러나 수문의 조립이나 용접등에 의해 볼트 또는 용접띠등의 무게 가감을 고려해야 하기 때문에 안전율로서 수문 총하중의 10%를 더해준다. 따라서 완전한 수문 총하중을 구하는 식은 다음과 같다.

$$W_{PTotal} = (W_{SP} + W_{hRP} + W_{vRP} + W_P + W_{CO}) \times 110\% \quad (16)$$

## (2) 마찰력을 고려한 모터용량 결정

수문의 구동력을 결정하는 것은 곧 모터용량을 결정하는 것이며 모터용량 결정에 의해 동력원의 규격이 정해지는 것이다. 여기서 수문의 구동력은 수문이 개폐되는 힘을 말하며 수문의 개폐력은 수문 총하중과 마찰력 그리고 수압에 의해서 결정된다. 모터의 용량은 수문 개폐력보다 커야 하는데 이는 수문의 운영에 따라서 수문의 끼임현상이라든지 과부하(Over Load)에 의해 모터가 순간 또는 장기간 움직이지 않는 현상을 방지하기 위함이다.

### ① 마찰접촉면 압력 계산

마찰면 압력을 계산하기 위해서는 지수부의 지수재가 수문틀에 닿는 면적과 함께 지수재의 미끄럼운동 마찰계수를 사전에 알아야 한다. 특히 폴리에틸렌등 합성수지 계통은 황동과 같이 취급함에 주의하여야 한다. 다음 식에 의해 접촉면적을 계산하면

$$A_{FS} = L_{FS} \cdot B_{FS} \cdot \text{가이드수} \quad (17)$$

여기서,  $A_{FS}$  : 지수재와 문틀의 마찰접촉면적( $m^2$ )

$L_{FS}$  : 지수재의 길이(m)

$B_{FS}$  : 지수재의 폭(m)이다.

접촉면의 압력을 계산하기 위하여 상기 식(4)에 의해 계산된 정수압 하중을 접촉면적으로 나누어서 계산을 행한다.

$$P_{FS} = \frac{P}{A_{FS}} \quad (18)$$

여기서,  $P_{FS}$  : 접촉면 압력(kg/m<sup>2</sup>)이다.

② 마찰접촉면을 고려한 모터용량 결정

식(18)에 의해서 계산되어진 접촉면 압력과 지수재의 종류를 선택하여 미끄럼운동 마찰계수를 Table 1에 의해서 채택하고, 기존 수문 총하중과 마찰접촉면에 의해서 계산되어진 지수재 마찰 총하중을 합산하는 것에 의해 총하중을 구할 수 있다.

$$W_{FPTotal} = W_{PTotal} + (M \cdot W_{PTotal}) \quad (19)$$

여기서,  $W_{FPTotal}$  : 마찰접촉면 압력을 고려한 수문 총하중(kg)

표 3.1.1.1 압력에 대한 재료별 미끄럼운동 마찰계수

접촉면 압력	단조강과 단조강	주철과 단조강	연강과 주철	황동과 주철
8.79kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.140	0.174	0.166	0.157
13.08kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.250	0.275	0.300	0.225
15.75kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.271	0.292	0.333	0.219
18.28kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.285	0.321	0.340	0.214
20.95kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.297	0.329	0.344	0.211
23.62kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.312	0.333	0.347	0.215
26.22kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.350	0.351	0.351	0.206
27.42kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.376	0.363	0.353	0.205
31.50kg/cm <sup>2</sup> 까지	0.396	0.365	0.354	0.208

※ 기계설계도표 편람 참조

$M$  : 미끄럼운동 마찰계수(무차원)이다.

상기 식(19)에 의해서 구해진 마찰접촉면 압력을 고려한 수문의 총하중에 대해 권양이 가능한 모터를 결정하기 위한 모터소요동력식은 다음에 의해서 구할 수 있다.

$$P_{MR} = \frac{K \cdot W_{FPTotal} \cdot V_m}{60 \cdot 102\eta} \quad (20)$$

여기서,  $P_{MR}$  : 모터소요동력(Kw)

$K$  : 동력여유율. 통상적으로 1.2를 채택한다.

$V_m$  : 모터 권양속도(m/min.)

$\eta$  : 동력효율. 통상적으로 85%를 적용한다.

또한 상기 식(20)에서 구한 모터소요동력의 값을 가지고 모터의 용량을 결정하면 된다. DC모터를 제조하는 회사에 따라서 다양한 전력의 모터를 생산하고 있기 때문에 상기 식에서 구한 모터소요동력의 150% 이상의 모터용량을 채용하면 된다.

### ③ 수동핸들 조작속도 검토

태양광으로부터의 전력공급이 단절되거나 배터리의 충전량 부족 또는 완전방전에 의해서 전동으로 수문개폐조작이 불가능할 때에는 수동핸들로서 수문의 개폐를 조작하여야 한다. 이 때 수동핸들을 돌리는 힘이 과다할 때에는 현재 수문운영을 담당하고 있는 수로감시원의 연령층을 고려할 때 많은 어려움이 예상된다. 이에 따라서 수동핸들의 조작시 소요동력을 검토하는 것이 중요하다고 판단된다.

손으로 핸들을 회전시킬 때 회전력의 증폭을 위해서 감속기가 필요한데 감속기의 감속비율을 결정하는 것이 필요하다. 따라서 다음 식에 의해서 감속비율을 결정한다.

$$C_H = \frac{H}{R_R \cdot R_{RD} \cdot N_{RH}} \quad (21)$$

여기서,  $C_H$  : 핸들감속비율(무차원)

$R_R$  : 감속기의 감속비(무차원)

$R_{RD}$  : 쌍당 나사산의 핏치(mm)

$N_{RH}$  : 핸들의 분당 회전수(회/min.)이다.

또한 수동핸들 조작시 개폐속도를 알기 위해서 1회전당 개폐길이를 계산하면 다음과 같다.

$$L_{1R} = R_R \cdot R_{RD} \quad (22)$$

여기서,  $L_{1R}$  : 1회전당 개폐 길이(mm)이다.

상기 식(22)에서 쌍당 나사산의 핏치는 다음 식에 의해서 계산된다.

$$R_{RD} = \frac{1\text{인치}}{N_{IC}} \quad (23)$$

여기서,  $N_{IC}$  : 1인치당 나사산 쌍 수(EA)이다.

수동핸들 조작시 걸리는 하중을 계산하기 위해 모터용량에 다른 토크 계산식을 먼저 한다. 이를 위한 식은 다음과 같다.

$$T_M = \frac{973 \cdot P_{output}}{N} \times \beta \quad (24)$$

여기서,  $T_M$  : 모터용량에 따른 토오크(kg-m)

$P_{output}$  : 모터소요동력에 따른 모터출력(Kw)

$N$  : 핸들부 회전수

$\beta$  : 동력전달효율. 통상적으로 90%를 채용한다.

상기 식(24)에서 핸들부 회전수는 다음 식에서 계산한다.

$$N = \frac{N_M}{C_H} \quad (25)$$

여기서,  $N_M$  : 모터회전수(rpm)이다.

또한 상기 식(25)는 수동핸들을 회전시킬 때 핸들감속비율  $C_H$ 로서 가속을 할 때 걸리는 핸들부의 회전수를 말하며 핸들감속비율을 감안하지 않을 때에는 식(25)는 생략한다.

상기 식(24)를 이용하여 핸들에 걸리는 하중을 계산하면 다음과 같다.

$$T_h = \frac{T_M}{L_{SFT}} \quad (26)$$

여기서,  $T_h$  : 핸들에 걸리는 하중(kg)

$L_{SFT}$  : Shaft 중심축에서 손잡이까지의 거리(m)이다.

#### ④ 수압에 따른 안전성 검토

수문비는 다양한 내부 또는 외부조건에 의해 변형이 되는 경우가 발생한다. 그 중 수압에 의한 변형(뒤틀림), 작동시 과부하에 의한 변형, 초기 수문설치시 균형이 맞지 않아 생긴 변형을 들 수 있으며 특히 작동시 과부하에 의한 변형은 리미트 스위치(Limit Switch)의 작동여부나 문비 하방에 오물등이 끼임으로 인하여 생길 수 있으며, 초기 수문설치시 균형이 맞지 않아 생기는 변형은 수문의 설치공사시 완벽하게 조율을 하면서 공사를 할 수 있다. 이러한 변형에 대해서는 수문비의 안전성(안전율)을 초과하는 경우에는 방지하는 것이 불가능하나 수압에 의한 변형은 정량적인 계산에 의해 파악하고 분석하여 대책을 수립할 수 있다. 따라서 이하에서는 설계되는 수문비(Skin Plate)의 수압에 대한 변형을 방지하기 위한 안전성 검토를 행하는 방법을 제시한다.

우선 수문비의 구조를 3개소 이상의 연속보로 가정하여 최대모멘트를 계산하면 다음과 같다.

$$M_{max} = \frac{\omega l^2}{10} \quad (27)$$

여기서,  $M_{max}$  : 최대모멘트(kg · m)

$\omega$  : 단위길이당 정수압(kg/m)

$l$  : 보조격자 간격(m)

또한 단위길이당 정수압은 다음 식에 의해서 계산된다.

$$\omega = \frac{P}{L_{FS}} \quad (28)$$

보조격자 간격은 이하와 같이 계산할 수 있다.

$$l = \frac{B}{S_P} \quad (29)$$

다음으로 수문비의 수압에 의한 변형을 검토하기 위하여 휨응력을 계산한다.

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z} \quad (30)$$

여기서,  $\sigma_b$  : 휨응력(kg/m<sup>2</sup>)

$Z$  : Skin Plate의 단면계수(m<sup>3</sup>)

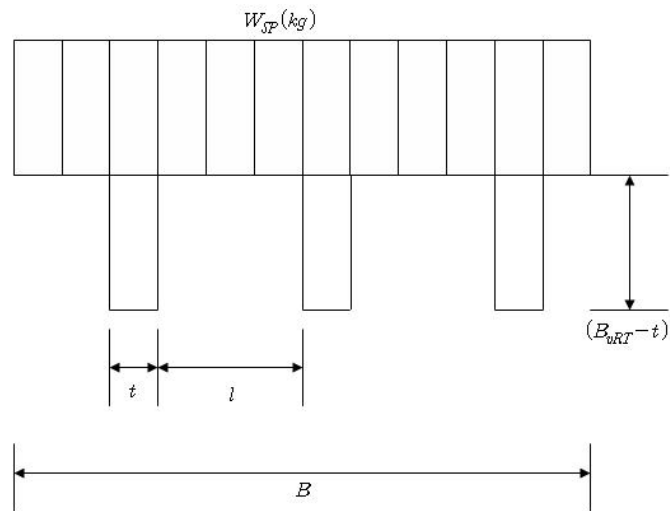


그림 3.1.1.8 수문에 걸리는 모멘트

또한 Skin Plate의 단면계수는 다음 식으로 계산한다.

$$Z = \frac{1}{6} B \cdot t \quad (31)$$

식(27)과 식(31)의 결과를 식(30)에 대입하여 휨응력을 계산한다.

여기서 휨응력은 각 재료의 항복값보다 크면 수압에 의한 측면압에 의해 재료 변형을 초래하기 때문에 재료의 항복값과의 비교검토를 다음 식에 의하여 반듯이 행한다.

$$\sigma_b < F_M : \text{측면압에 대해 안전} \quad (32)$$

$$\sigma_b \geq F_M : \text{측면압에 대해 불안전} \quad (33)$$

(3) 동력원 결정 방법



① 밧테리 규격 검토

밧테리의 규격은 충전되어 있는 상태에서 밧테리의 왕복구동시 몇번을 구동할 수 있는나는 것을 검토하는 것이다. 우리나라의 경우 특히, 여름철 장마기간등에는 밧테리를 충전할 수 있는 일조량의 확보가 장기간 힘든 경우가 발생하기 때문에 계산되어지는 전력소비량과 밧테리로 공급할 수 있는 전력소비량이 적절하게 균형을 이루어야 한다.

이에 따라서 1일 모터사용시간을 계산하면 다음과 같다.

$$T_{MO} = \left(\frac{H}{V_m}\right) \cdot \left(\frac{\text{개폐횟수}}{1\text{일}}\right) \cdot 2\text{회} \quad (34)$$

여기서,  $T_{MO}$  : 1일 모터사용시간(min./1day)이다.

또한 상기 식(34)에서 나온 1일 모터사용시간의 결과를 기초로 선택한 밧테리의 용량으로 사용할 수 있는 기간을 산정하면 다음과 같다.

$$T_{BO} = \left(\frac{A_V}{A_{MO}}\right) / T_{MO} \quad (35)$$

여기서,  $T_{BO}$  : 선택 밧테리 사용가능 일수(day)

$A_V$  : 선택 밧테리 전류량(A)

$A_{MO}$  : 선택 모터 구동전류량(A)이다.

② 밧테리 충전용량 검토

선택한 밧테리의 충전시간을 검토하기 위한 계산으로서 우선 수문개폐를 하는데 필요한 1일 사용 충전전류량을 구하면 다음과 같다.

$$A_{UD} = A_{MO} \cdot T_{MO} \quad (36)$$

여기서,  $A_{UD}$  : 1일 사용 충전전류량(A)이다.

다음으로 1일 사용 전류량 충전시간은 다음과 같다.

$$T_A = \frac{A_{UD}}{A_{CSA}} \quad (37)$$

여기서,  $T_A$  : 1일 사용 전류량 충전시간(hour)

$A_{CSA}$  : Solar Unit 제조회사가 제공한 시간당 충전 전류량(A)이다.

상기 식(37)에 의거 1일 수문개폐횟수에 대한 밧테리 충전시간을 계산할 수 있으며 이 때 비상시의 경우까지도 감안하여 계산을 한다.

③ 태양광 전열판 채택 방법

태양광 전열판은 밧테리에 전기를 공급하여 수문의 개폐를 행하는 전기를 공급하는 동력원이 다. 태양광 전열판의 선택에 있어서 주의할 점은 다음과 같다.

표 3.1.1.2 업체제공 태양광 전지판 종류(S사 제공)

항 목	50Watt 급	53Watt 급	60Watt 급	83Watt 급	120Watt 급
최대전력(W/h)	50	53	60	83	120
최대전압(V/h)	17.1	17.2	17.1	17.1	34.2
최대전류(A/h)	2.92	3.08	3.5	4.85	3.5

(가) 우리나라의 일조시간은 1년 평균 1일당 3시간

(나) 밧데리에 저장되는 발생전기량은 50% 이하

따라서 우선 수문의 1일 사용시간이 일조시간 3시간 내에 충전해서 사용할 수 있는 정도가 알맞으며 또한 밧데리에 저장되는 발생전기량이 반 이하이기 때문에 이것을 고려하여 태양광 전열판을 선택하여야 한다.

다음에 모터용량에 따른 적정 태양광 전열판을 선택하기 위해서는 다음 식을 검토해야 한다.

$$SP_d = P_{MR} \cdot 150\% \quad (38)$$

여기서,  $SP_d$  : 적정 전력 태양광 전지판(Watt)이다.

모터용량에 의해 구해진 적정 전력 태양광 전지판의 종류는 제공되어진 업체의 사양에서 선택을 한다.

또한 상기 식(38)에서 구한 적정 전력 태양광 전지판의 전력에 의해서 선택된 사양의 최대전류로 1일 사용 전류량을 나눠서 1일 3시간 이내일 때 적정 전력 태양광 전지판을 채택하며 이를 만족하지 않을 시에는 다시 다른 종류를 선택하여 계산을 한다.

$$T_{ASP} = \frac{A_{VD}}{A_{CSA}} \leq 3hours \quad (39)$$

여기서,  $T_{ASP}$  : 적정 전력 태양광 전지판의 충전시간(hour)이다.

#### 다. 주요특징

##### ① 태양광 전동수문의 구성

본 과제에서 개발한 태양광 전동수문은 태양광을 전기적 에너지로 변환하여 발생시키는 Solar Unit, Solar Unit을 지지해 주는 Post, 구동부로는 모터(Motor)와 감속기(Reducer), 스피들(Spindle), 수문비(Skin Plate), 수문틀(Frame), 이상의 수문부품을 제어하는 기능이 들어가 있는 제어함(Control Box)로 구성되어 있다. 또한 현재 사진상으로는 나타나있지는 않지만 제어함안에 존재하고 있는 충전기(Charger), 밧데리(Battery), 스피들 안에 내장되어 있는 리미트 스위치(Limit



사진 3.1.1.1 현장에 설치된 태양광 전동 수문

Switch)등이 있다.

상기 수문의 작동흐름을 보면 우선 Solar Unit으로부터 태양광에 의한 전기생산이 되면 배선으로부터 전기가 충전기로 흘러들어가고 이 충전기로부터 밧데리에 전기를 충전시키게 된다. 충전된 전기는 전기인입 보턴에 의해 모터에 전기가 들어가고 이에 따라서 모터가 회전하며 모터의 회전력을 증폭시키기 위하여 연결된 감속기가 같이 돌아가면서 감속기의 나사산에 연결된 스피들이 상하로 움직인다. 스피들의 움직임에 의해 수문비가 상하로 움직임으로서 농업용수의 단수 및 통수를 하게된다.

② 수문비(Skin Plate)

수문비는 수로의 물길을 직접적으로 단절하거나 연결시키는 기능을 하는 것으로서 수문을



사진 3.1.1.2 태양광 전동 수문 수문비(Skin Plate) 및 지수부

올리고 내리는 작동을 하는데 커다란 부하로서 작용한다. 특히 이 때에 수문비의 하중과 수문틀과 수문비 사이에서 지수를 하는 지수부의 마찰력이 수문권양에 가장 큰 장애로서 작용을 하기 때문에 이 지수부의 형태가 태양광을 이용하는데 작은 용량의 모터를 사용하는 척도가 된다.

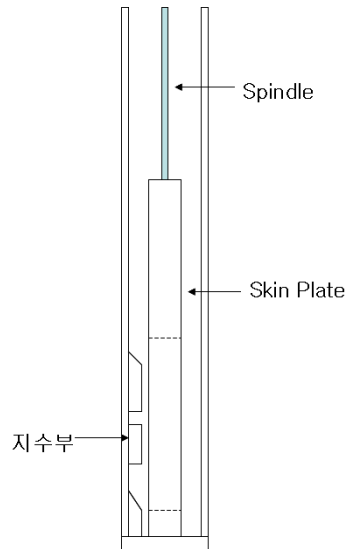


그림 3.1.1.9 수문비와 지수재 모양

지수부는 수문비의 크기와 통상 같지만 같은 크기의 지수부 형태는 문틀과 문비 사이의 마찰력을 크게 하기 때문에 동력소모가 많다. 따라서 본 연구에서는 지수부를 수문비가 상하로 움직일 때 문틀에서 이탈되지 않는 범위 내에서 지수재를 설치할 필요가 있다. 지수부의 모양은 다양하게 할 수 있지만 가장 중요한 기능인 지수와 마찰력 감소를 같이 달성할 수 있는 것이 중요하다. 이에 따라서 본 연구에서는 지수부를 3단계로 나누어서 설치를 하였다. 이는 지수부의 연속성에 의한 마찰력을 감소시키는 한편, 수문비가 완전히 닫혔을 때에는 수문비가 문틀에서 이탈되지 않도록 하는 효과를 얻을 수 있다.

③ 수문틀(Frame)

수문틀은 수문비를 고정시켜주며 수문의 전체적인 안정성을 더해주는 역할을 하고 있다. 통상적으로는 ㄷ형강을 사용하는데 본 연구에서도 같은 재료를 사용하였다. 하천취수문을 제외하고는 4방지수를 하는 수문은 없기 때문에 3방지수를 원칙으로 하는 수문틀을 제작하였으며 수문비의 2배 이상의 수문틀고를 가지고 있다. 또한 수문틀은 모터나 스피들, 제어함, Solar Post등이 위에 적재되기 때문에 충분한 강도를 가지고 있어야 하며 이를 위해서 프레임 상부의 덧판은 상기의 제품이 올라갈 수 있는 충분한 너비를 가져야 한다.

④ 스피들(Spindle) 및 고정 클럼프

구동부인 모터와 수문비를 연결하여 실제로 수문의 개폐작동을 하는 연결부로서 스피ndl과 클럼프를 들 수 있다. 스피ndl은 그 자체가 나사산을 가진 나사와 같은 모양을 하고 있으며 스피ndl이 감속기의 나사산에 연결되어서 모터의 회전에 따라서 90도 꺾인 회전운동으로 스피ndl을 작동시킨다. 이 때 스피ndl과 수문비를 직접 연결시키면 유격에 의해 수문비나 스피ndl이 휠 염려가 있으므로 스피ndl과 수문비 사이에 클럼프를 부착시켜서 완충과 고정역할을 해 줄수 있도록 한다.



사진 3.1.1.3 스피ndl(Spindle) 및 클럼프(Crump)

⑤ 모터(Motor)와 감속기(Gearing)

모터의 상태를 살펴보면 최초 태양열 전동 분수공을 제작하였을 때에 구조계산을 통하여 나타난 모터의 용량은 기본적으로 DC 24V 0.2Kw 이하였으며 감속기의 감속비율은 1/50이었다. 그러나 사용을 해 본 결과 수동으로 수문을 작동할 때 핸들을 많이 회전시켜야 하는 부담감과 함께 핸들 운전시 많은 힘이 들어가는 단점이 있기 때문에 이를 해소하기 위하여 1/80의 감속기를 이중 부착하였다. 이것으로서 수동 작동시 부드럽게 수문개폐가 가능해졌으며 전동 작동시에는 많이 증폭된 힘을 이용하여 수문을 개방 또는 닫을 수 있도록 되었다. DC모터는 특성상 모터 구동시 자기장의 영향을 외부기기에 주기 때문에 모터의 회전을 체크할 수 있는 엔코더는 감속기 후면으로 부착시켜 전류자기장에 의한 엔코더의 오감지도 방지하도록 하였다. 현재까지 DC모터의 자기장을 기기적으로 방지할 수 있는 제품은 없으며 특히 수문을 작동시키는데 있어서 초기구동시는 자기장의 영향을 더 많이 받기 때문에 이에 대한 엔코더의 거리조정이 수문의 제어에 대단히 중요한 기술이라고 할 수 있다.

⑥ 수문 상하작동 제어센서



(a) 근접센서 설치 전경



(b) 상부 근접센서

사진 3.1.1.4 수문 상하작동 제어센서

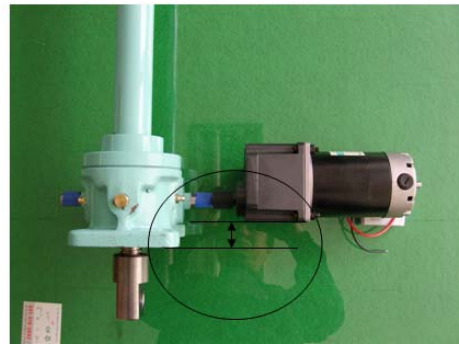
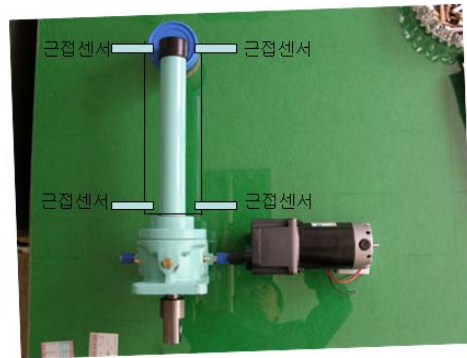
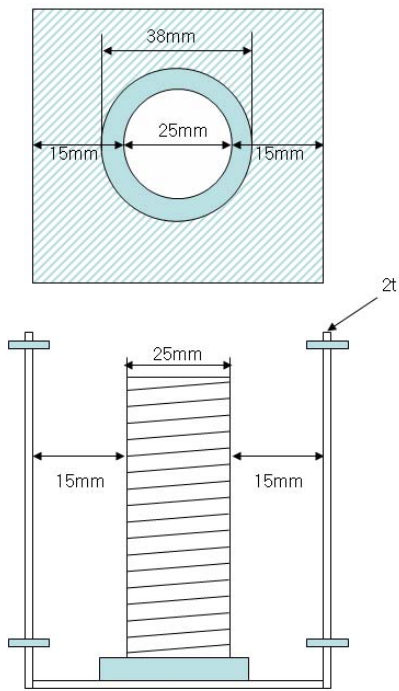


사진 3.1.1.5 스크류 및 근접센서

수문이 완전히 닫히는 지점과 다 열린 위치를 찾아서 정확하게 작동을 멈추는 것이 전동수문의 가장 기본적인 사항이다. 수문의 상사점, 하사점을 찾는 방법을 다양하나 우선 엔코더에 의한 방법은 모터 회전시 수문이 닫혔을 때와 완전히 열렸을 때의 전압을 체크하여 이를 통하여

수문작동을 멈추는 기술이 있지만 이러한 제어방법은 모터회전시 정격출력이 아닌 초기 구동시에는 많은 자기장이 형성되어 일정한 전압을 송출하기가 어렵다. 따라서 이러한 방법은 미세한 조정이 필요한 수문작동에는 적합지가 않으며 이를 대신한 방법이 수문이 완전히 닫혔을 때의 감속기 부분의 스핀들의 높이와 수문이 완전히 열렸을 때의 스핀들의 길이를 측정하여 상사점, 하사점에 근접센서를 부착시켜 스핀들이 근접센서를 지나갈 때 계측하여 수문작동을 제어하는 기술이다. 센서는 스핀들 박스에 의해 보호되며 습기나 열기에 보호될 수 있도록 방수 및 방온처리를 하였다.

### 3.1.2 설정수위조절형 무동력 자동수문

#### 3.1.2.1 무동력 자동수문 개요

무동력 자동 수문은 주수조로부터 물이 유입되면 주수조의 높이가 설정수위가 되어서 수문비의 수위조절높이가 결정된다. 이러한 시스템은 높이 조절이 아주 불가능한 것은 아니나 관리함을 열어서 일일이 수위를 조절하기 위한 행위를 수반한다. 또한 수위조절을 위한 주수조의 높이 조절이 볼트로서 행하여지기 때문에 작업이 불편함이 수반된다. 또한 홍수나 집중강우등과 같은 비상시에는 대단히 작업에 시간이 걸리기 때문에 어려움도 있었다. 따라서 수문의 설정수위를 간편하면서도 쉽게 행할 수 있는 방법의 고안이 필요하며 남부 지방과 같은 이모작이 가능한 지역 또는 논밭 범용화지역에서의 제수문 역할로서 설정수위를 자유로이 가능케 하는 것이 중요하다.

또한 게이트의 구조상 상하류간의 수두차가 많기 때문에 소음이라든지 수로범람의 위험성이 존재하기 때문에 상하류간의 수두차를 적게 할 필요가 있으며 이에 대한 장치의 변환은 플로트실내에 하류부로 물을 보내는 장치 즉 밸브를 간편하게 조절할 수 있는 형태로 제작하여 붙일 필요가 있다.

상기의 기존 무동력 자동 수문의 문제점을 보완하기 위하여 기존의 무동력 자동 수문의 밸런스 웨이트를 받치고 있는 프레임을 삼입구조로 개선을 하여 밸런스 웨이트와 무게중심과의 모멘트를 크게하거나 작게하는 구조로서 설정수위를 간편하게 조절할 수 있도록 보완하였음. 또한 상하류간의 수위차를 보정하기 위하여 플로트실에서 수로로 물을 내보내는 장치에 밸브를 달아서 조절할 수 있도록 하여 수로내 수위차를 적게 하였으나 이는 구조상 내외수위차가 크면 조절밸브가 상승해서 플로트 너로의 물공급이 감소하고 한편 플로트실에 물공급이 증가하여 게이트가 열리며 수위차가 감소한다. 그 반대로 내외 수위차가 적으면 조절밸브가 하강해서 게이트가 닫히고 수위차가 커진다. 또한 개도 보정 장치가 있으나 상기의 걱정된 내외 수위차는 게이트 개도에 따라 달라진다. 그러나 개도에 따라 내외 수위차를 적정하게 하기 위해서는 게이트와 연동되는 정자에 의해 랙이 상승·하강을 하고 완전단힘상태로부터 완전열림상태가 되기까지의 사이에 기어와 암이

180°회전을 하며 암에 의해 활차와 스프링을 통해서 게이트가 열리고 이에 따라 수위차탐지 플로트를 적당한 강도로 끌어 잡아당겨 올라가게 한다. 또한 수리학적인 특성에 정확하게 따르게끔 편반경을 캠에 의해 수정하도록 하였고 이에 따라 상하류의 게이트간 수위차는 일정하게 된다.

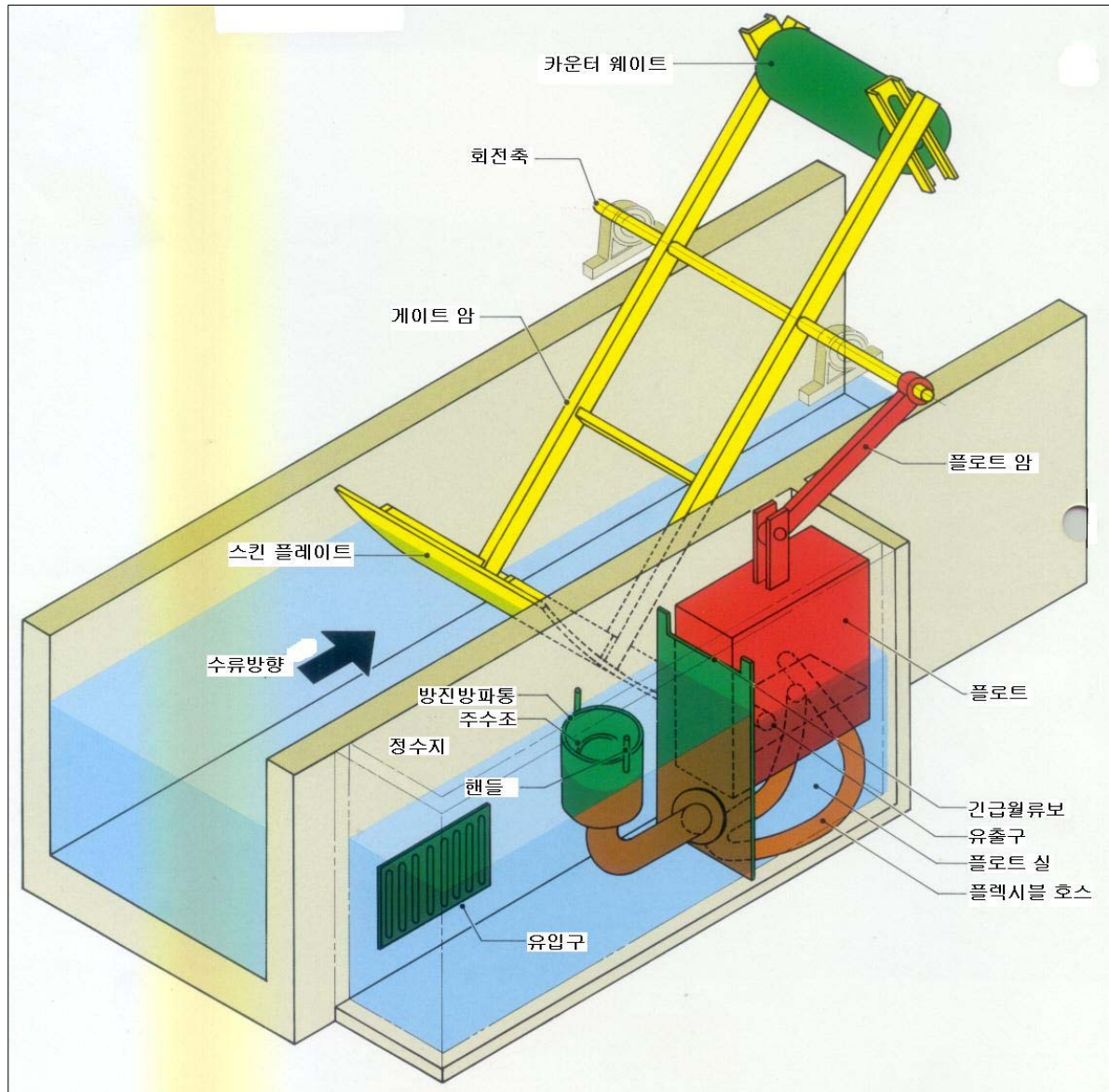


그림 3.1.2.1 무동력 자동수문 구조도

그러나 수심이 변화한다면 완전단힘에서 완전열림까지 게이트의 움직임이 변하기 때문에 수심에 의해 락을 밀어 올리는 속도를 조절하고 게이트의 하단이 수면과 일치한 때에 암이 180°회전하게끔 편반의 위치가 수심에 따라서 변하도록 되어 있다. 또한 그래프 1의 게이트 개도와 게이트간의 수위차 관계를 나타내는 곡선(S자형)의 구배가 수심이 커지면 커질수록 개도가 작아지는 때에



는 작고, 커질 때에는 커지는 경향이 있지만 전폐상태에서 정자의 구배를 적당하게 선택한다면 자연스럽게 그렇게 된다. 그 이유는 수심이 커지면 정자의 회전각이 커지기 때문이지만 각도가 커지면 회전각당 밀어 올리는 양이 커지게 된다고 하는 성질이 있다. 따라서 여하간 수심의 경우에도 게이트간의 수위차를 바르게 추정할 수 있다.

다음으로는 유입구 스크린으로서 유입구는 가능한 한 크게 하고 스크린은 피아노선을 수류방향에 따라서 미세하게 배치한 구조로 되어 있다. 따라서 수초와 같이 스크린의 바에 끼기 쉬운 것도 수류로서 하류로 흘러나가기 때문에 정수지 내에 들어오는 일은 없다. 또한 플로트는 플로트 내로 물을 끌어들이기 때문에 게이트의 상하류의 수위차가 작아도 게이트는 충분하게 크게 개폐할 수 있다. 따라서 상하류의 수위차가 대단히 적은 수로에도 적용할 수 있다. 이러한 플로트를 포함하고 있는 플로트실은 플로트와 플로트실의 사이를 작게 하고 플로트실의 수면이 변화하는 것을 이용하여 게이트의 1회당 움직임(1스트로크)은 1mm 이내로 한다.

본 스톱맨 게이트의 장점은 무인·무동력 자동, 인력이 필요 없으며, 수로전체의 수위가 같이 상승·하강하기 때문에 간발이나 담수의 피해가 집중되지 않고 공평하게 된다. 또한 정전, 기계의 고장, 인위적인 실수 등에 의한 사고가 없기 때문에 관리의 안전성이 높고 안심할 수 있으며, 집중제어방식에 비해 건설비가 대단히 싸고 유지경비가 일절 들지 않는다.

**표 3.1.2.1 무동력 자동수문 작동 메커니즘**

	하류의 물 사용량이 감소	하류의 물 사용량이 증가
①	하류수위가 상승	하류수위가 하강
②	수위탐지플로트가 상승	수위탐지플로트가 하강
③	수위조절밸브의 개도가 커짐	수위조절밸브의 개도가 작아짐
④	플로트실의 수면이 하강	플로트실의 수면이 상승
⑤	플로트가 하강	플로트가 상승
⑥	수문 개도가 작아짐	수문 개도가 커짐
⑦	유하량이 감소	유하량이 증가

### 3.1.2.2 구조계산

설정수위 조절형 무동력 자동 수문은 수로 내 제수문용으로서 그 기능은 분수공을 통하여 지거에 물을 공급할 때, 수로의 물길을 막아서 수로 내 수위를 증가시켜 분수공으로부터 물공급이 원활하게 되도록 하는 것이다. 현재까지 한국농촌공사 농어촌연구원에서 무동력 자동 수문을 제수문용으로 개발하여 산업체에 기술이전을 하고 있지만, 현재 개발된 무동력 자동 수문은 수로내 수위를 임의로 조정하여 물관리를 할 수 없다는 단점이 있다. 현재 기존의 수로는 관개량에 따라서 크

기가 결정되어 지고 또한 이러한 관계량에 따라서 수문의 위치와 운영이 결정된다. 따라서 본 설정수위 조절형 무동력 자동 수문의 구조계산에 따른 설계에 대해 아래에 설명을 한다.

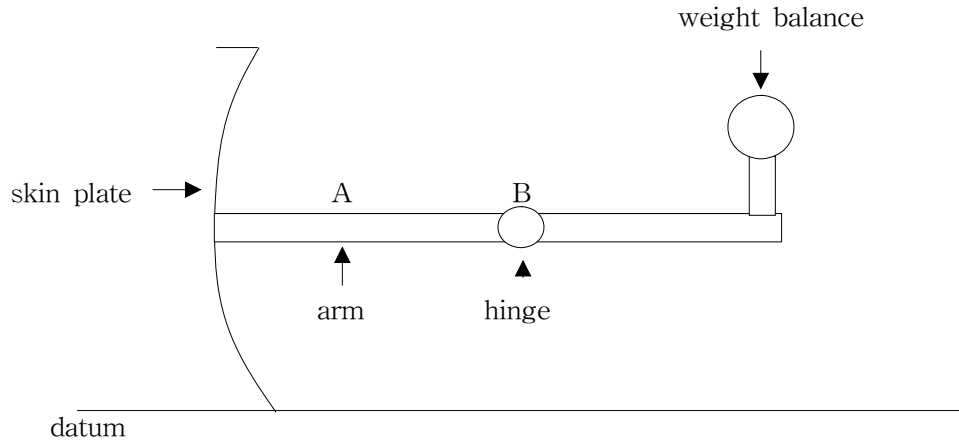


그림 3.1.2.2 설정수위 조절형 무동력 자동 수문

본 설정수위 조절형 무동력 자동 수문에 있어서 수문비, 즉 skin plate의 중량  $W_1$ 는 다음과 같다.

$$W_1 = l \times W \times t \times G \quad (40)$$

여기서,  $W_1$  : skin plate의 중량(=21kg),

$l$  : 호의 길이(=0.535m),

$W$  : skin plate의 폭(=0.50m),

$t$  : skin plate의 두께(=0.01m),

$G$  : 철의 비중(=7850kg/m<sup>3</sup>)이다.

다음으로는 skin plate와 balance weight와의 상관관계에 있어서 가장 중요한 arm의 길이에 대한 중량은 다음과 같이 계산한다.

A부 arm의 중량은 다음과 같다.

$$W_2 = l_a \times W_s \quad (41)$$

여기서,  $W_2$  : A부 arm의 중량(=8.25kg),

$l_a$  : A부 arm의 길이(=1.5m),

$W_s$  : 길이0.8m×폭0.4m×두께0.032m 단위중량(=5.5kg)이다.

B부 arm의 중량은 다음과 같다.

$$W_3 = l_b \times W_s \quad (42)$$

여기서,  $W_3$  : A부 arm의 중량(=4.4kg),

$l_b$  : A부 arm의 길이(=0.8m),

$W_s$  : 길이0.8m×폭0.4m×두께0.032m의 단위중량(=5.5kg)이다.

float arm의 중량  $W_4$ 는 다음 식으로 계산한다.

$$W_4 = W \times H \times L \times G \quad (43)$$

여기서,  $W_4$  : float arm의 중량(=9.42kg),

$W$  : float arm의 폭(=0.05m),

$H$  : float arm의 높이(=0.03m),

$L$  : float arm의 길이(=0.8m),

$G$  : 철의 비중(=7850kg/m<sup>3</sup>)이다.

다음으로는 그림 3.1.2.3에서 보는 바와 같은 플로트의 중량을 계산한다.

플로트의 크기는 폭0.5m×높이0.4m×길이0.3m×두께3t로서 각 판의 면적은,

①은 0.5m×0.3m×2개=0.3m<sup>2</sup>

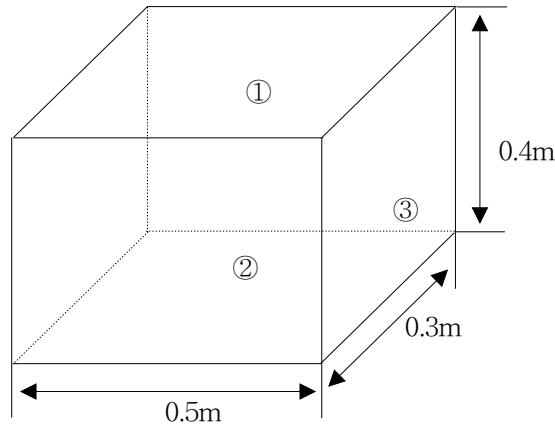


그림 3.1.2.3 플로트 설계

②는 0.5m×0.4m×2개=0.4m<sup>2</sup>

③은 0.4m×0.3m×2개=0.24m<sup>2</sup>

따라서 플로트 총면적은 ①+②+③이므로, (0.3+0.4+0.24)m<sup>2</sup>=0.94m<sup>2</sup>이다.

상기의 면적은 중량으로 표시하면, 0.94m<sup>2</sup>×0.003m×7,850kg/m<sup>3</sup>=22.137kg

또한 플로트의 한지부 크기는 폭 $0.06\text{m}$ ×높이 $0.2\text{m}$ ×두께 $5\text{t}$ 이므로 중량은,  
 $0.06\text{m} \times 0.2\text{m} \times 0.005\text{m} \times 2\text{개} \times 7,850\text{kg}/\text{m}^3 = 0.942\text{kg}$

따라서, 플로트의 총중량  $W_5$ 는 다음과 같다.

$$W_5 = (22.137 + 0.942)\text{kg} = 23.079\text{kg} \quad (44)$$

상기의 결과를 바탕으로 플로트의 기본부력을 계산하기 위하여 물에 잠기는 체적이 부력에 상당하기 때문에 플로트가 물에 잠기는 최소한의 깊이가  $0.07\text{m}$ 이므로 부력  $W_6$ 은,

$$\text{부력실 체적} : 0.5\text{m} \times 0.3\text{m} \times 0.07\text{m} = 0.0105\text{m}^3$$

$$\text{부력} : W_6 = 0.0105\text{m}^3 \times w = 10.5\text{kg}$$

여기서,  $w$  : 물의 단위체적중량( $=1,000\text{kg}/\text{m}^3$ )이다.

다음은 힘의 균형을 알기 위하여 그림 4에서 나타낸 힘의 합 모멘트도를 기초로 시계반대방향으로 힘의 균형을 계산하면,

$$\begin{aligned} \sum M_A = & (W_1 \times 1.5\text{m} + W_2 \times 0.75\text{m} + W_4 \times 0.375\text{m} + W_5 \times 0.75\text{m}) \\ & - (W_3 \times 0.375\text{m} + W_6 \times 0.75\text{m} + W_7 \times 0.75\text{m}) \end{aligned} \quad (45)$$

따라서 최종적으로 식(45)은 다음과 같다

$$49.05\text{kg} \cdot \text{m} = W_7 \times 0.75\text{m}$$

상기의 계산으로부터 Balance Weight의 무게  $W_7$ 은,  $W_7 = 65.4\text{kg}$ 이 된다.

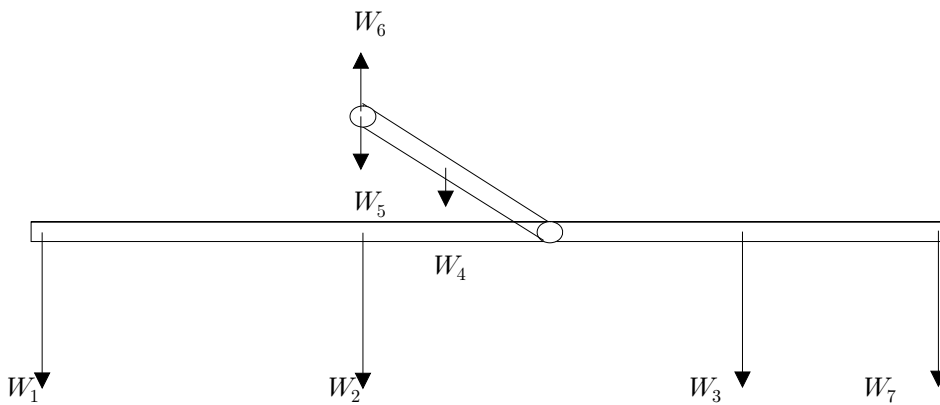


그림 3.1.2.4 설정수위 조절형 무동력 자동 수문 모멘트도

### 3.1.2.3 무동력 자동수문 주요 특징

#### ① 수문비(Skin Plate)

무동력 자동수문의 수문비는 레디얼 형상으로 만들어졌다. 그 이유는 수문이 개방될 때 부력

뿐만이 아니라 양력도 함께 발생되도록 하기 위함이며 수문비에 걸리는 수압이 어느 수위에 서나 수문비의 중심(원의 중심)으로 걸리게 하여 항상 같은 위치에서 수문비의 개폐가 이루어지도록 하였다. 또한 수문비와 수로 측벽 사이에 오물이 끼이면 수문작동에 어려움을 발생 시키기 때문에 이를 방지하기 위하여 최대한 틈을 주지 않았다.



사진 3.1.2.1 무동력 자동수문 수문비(Skin Plate)

수문비의 전면은 돌이나 오물에 의해 수문비가 파손되는 것을 방지하기 위하여 고무덧판을 대어서 보호를 하였으며 재료는 STS 304 10t를 사용하였다. 수문비의 크기는 수로의 크기와 비례하며 힌지까지의 거리가 원의 크기 즉 수문비의 반경이 된다.

② 밸런스 웨이트(Balance Weight)

밸런스 웨이트는 주수조에 의해서 조정되는 수로내 설정수위에서의 작동을 가능케 하는 장치로서 통 안에는 웨이트가 들어가 있다. 이 밸런스 웨이트는 임의로 주수조에서 설정한 수위를 조정할 수 있으며 자연압에 의해서 수문비를 수로 바닥에 내려갈 수 있도록 돕는 역할을 수행한다. 웨이트의 무게는 구조계산에 제시한 방법으로 결정을 하며 수위의 미세조정은 현장에서 수문작동을 관찰하면서 웨이트의 가감에 의해 한다.



사진 3.1.2.2 무동력 자동수문 밸런스 웨이트(Balance Weight)

### ③ 주수조

주수조는 무동력 자동수문의 가장 기본적인 작동인 설정수위를 유지시키는 기능을 수행한다. 본 기능은 항상 일정한 수로의 수위를 유지시킴으로서 무동력 자동수문 상류부에 설치된 분수공으로부터 높은 수압을 형성시켜 지거를 통하여 물을 유말쪽으로 밀어주는 역할을 시키는 것이다. 주로 하류부는 수압 형성이 어렵기 때문에 말단부의 물공급에 많은 애로사항이 발생하며 이를 해소하기 위하여 필요이상의 물을 수압형성을 위해 공급한다. 따라서 물절약이라는 측면에서도 일정수압을 형성시킨 후 나머지 물은 하류부로 보낼 필요가 있으며 따라서 일정수위를 설정하는데 주수조의 역할을 절대적이다. 주수조는 상하로 움직일 수 있도록 되어 있기 때문에 설정수위를 자유로이 조절할 수 있으며 스크린이 부착되어 있어서 오물에 의한 막힘 등을 방지할 수 있도록 되어 있다. 또한 주수조에 의해서 플로트실로 들어간 유량은 배관파이프를 통해서 다시 수로로 배출시킨다. 주수조의 직경은 부력에 관계가 없으며 설계시 부력실의 크기를 감안하여 적당하게 제작하도록 설계하면 된다.



사진 3.1.2.3 무동력 자동수문 주수조

④ 플로트 룸(Float Room)

플로트 룸은 플로트와 배관파이프로 구성되어 있다. 플로트는 사각형 철재 상자 형태로서 주수조를 통하여 들어 온 물에 의해 플로트가 부력을 발생시켜 올라가면 연결대에 의하여 그



사진 3.1.2.4 무동력 자동수문 플로트 룸(Float Room)

힘이 밸런스 웨이트로 전달되고 이 힘이 수문비와의 균형에 의해 수문비의 작동을 초래한다. 여기서 플로트는 부력에 의해 올라가고 내려갈 때에 룸에 걸릴 우려가 있기 때문에 플로트 주위에 바퀴를 달아서 바퀴의 회전력을 이용하도록 하였으며 수위증감에 따라서 플로트가

상하운동을 할 수 있도록 배관과이프를 설치하여 플로트 실로 유입된 물이 수로로 되돌아갈 수 있도록 하였다.

#### ⑤ 힌지(Hinge)

힌지는 수문비 전면에 형성된 수압을 한 곳에 모아서 수문비의 상하운동을 원활하게 할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 수문비 전면에 형성된 모든 수압은 힌지에 걸리며 힌지의 미끄럼 원 운동에 의해 수문비 작동이 이루어진다. 힌지는 통상 부싱과 베어링에 의해 지지되며 이 때 베어링에 부식이 발생되면 힌지가 움직이지 않아서 수문비가 작동을 하지 않아 수로 통수를 방해하여 물범람을 초래한다. 따라서 항상 힌지가 오물에 의해 방해를 받는지 또는 부식이 발생되었는지를 유의하여 볼 필요가 있다.



사진 3.1.2.5 무동력 자동수문 힌지(Hinge)

### 3.1.3 수위측정장치

수위계측 센서는 물수요중심 용수공급시스템의 최초 정보를 감지하고 전달하는 역할을 하는 것으로 태양광을 전원으로 하여 수위계측을 실시하며 수위계측 센서의 PLC에 내장되어 있는 데이터 로거에서 일정 기간 그 정보를 저장할 수 있는 기능을 갖고 있으며 또한 Real-Time(실시간)으로 감지된 수위정보를 태양광 전동 분수공의 모터제어회로에 전달하여 태양광 전동 수문이 실시간으로 움직일 수 있도록 한다.

수위계측센서는 현재 국내외에서 많은 원리를 사용하여 개발되고 있으며 그 종류도 초음파식, 음파식, 이온분해식, 압력식등으로 나눌 수 있으며 현재 하천, 댐, 수로, 공장 플랜트, 의료기기등에 폭 넓게 사용되고 있다. 본 연구에서 개발한 수위감지센서는 수위감지를 연속적으로 하는 것이



아니라 총 4단계로 나누어서 하며 각각의 단계에서 감지된 정보를 증가에서 감소로 가는 단계인가, 감소에서 증가로 가는 단계인가를 판단하여 모터제어부에 전송하게 된다.

수위계측 센서는 음파식원리를 채택하고 있으며 각 단계마다 감지를 하는 형식으로 구성되어 있다. 이러한 구성은 태양광을 이용한다는 제한적 동력이용을 염두에 두고 연속적인 수위감지에 따른 낭비전력을 막고 효율적인 모터작동을 하기 위함이다.

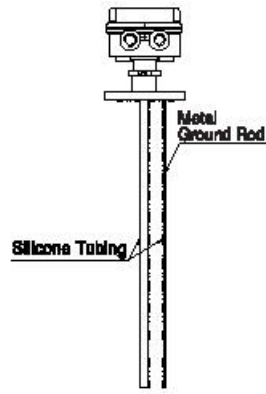


그림 3.1.3.1 음파식 수위감지센서



사진 3.1.3.1 설치된 수위감지센서

개발된 수위계의 특징은 액체에 대한 정전용량값(비유전율)을 연속적으로 감지하는 2-wire 방식의 정전용량식 level transmitter로서 저전압 배선으로 인한 안전성을 확보하였으며 2-wire방식으로 설치시간 단축 및 배선 비용을 절감할 수 있다. 또한 본체를 보호하기 위하여 본질안전 방폭을

채택하였으며 부식성있는 물질에도 사용할 수 있는 재료를 선택하였다. 또한 probe는 단순한 구조로서 설치 및 보수가 용이하며 수명이 긴 특징이 있다. 입력전원은 DC 15~32V를 사용할 수 있고 검출감도는 0 ~4,000pF의 감도를 갖고 있으며 출력신호는 DC4~20mA의 전력을 100%로 나누어서 전달할 수 있도록 하였다.

### 3.1.4 정보전달 및 제어시스템

정보전달 및 제어시스템은 2가지로 개발을 하였다. 하나는 농어촌연구원의 시스템으로서 데이터는 수위측정장치 및 담수심 측정장치등 2군데서 전송되어 오는 시스템이며, 또 하나는 대호 시험포장 시스템으로서 수위측정장치 및 담수심 측정장치 등 3군데서 전송되어 오는 시스템이다.

#### (가) 농어촌연구원 정보전달 및 제어시스템

농어촌연구원 정보전달 및 제어시스템은 수위측정장치와 담수심 측정장치에서 오는 수위정보를 전달받아서 제어를 한다. 우선 수로 내에 유량이 흐르는지를 알 수 있도록 수위측정장치에서 감지를 한다. 이는 수로 내 수위를 15cm 이상으로 감지하여 그 이상 흐른다면 수로내 유량이 존재한다고 인식을 한다. 이러한 데이터만으로는 시스템이 작동을 하지 않는다. 따라서 담수심 측정장치

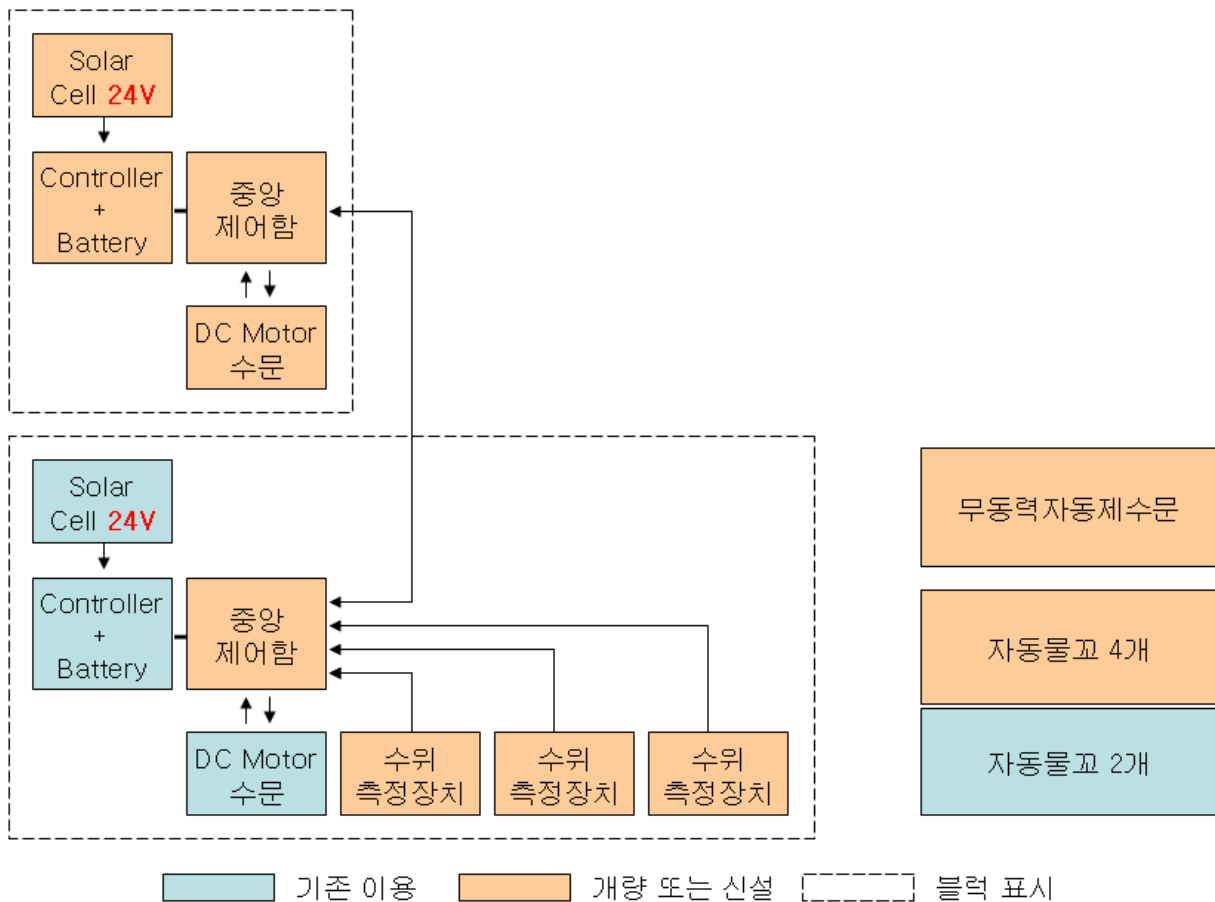


그림 3.1.4.1 농어촌연구원 적용 시스템 블록 다이어그램

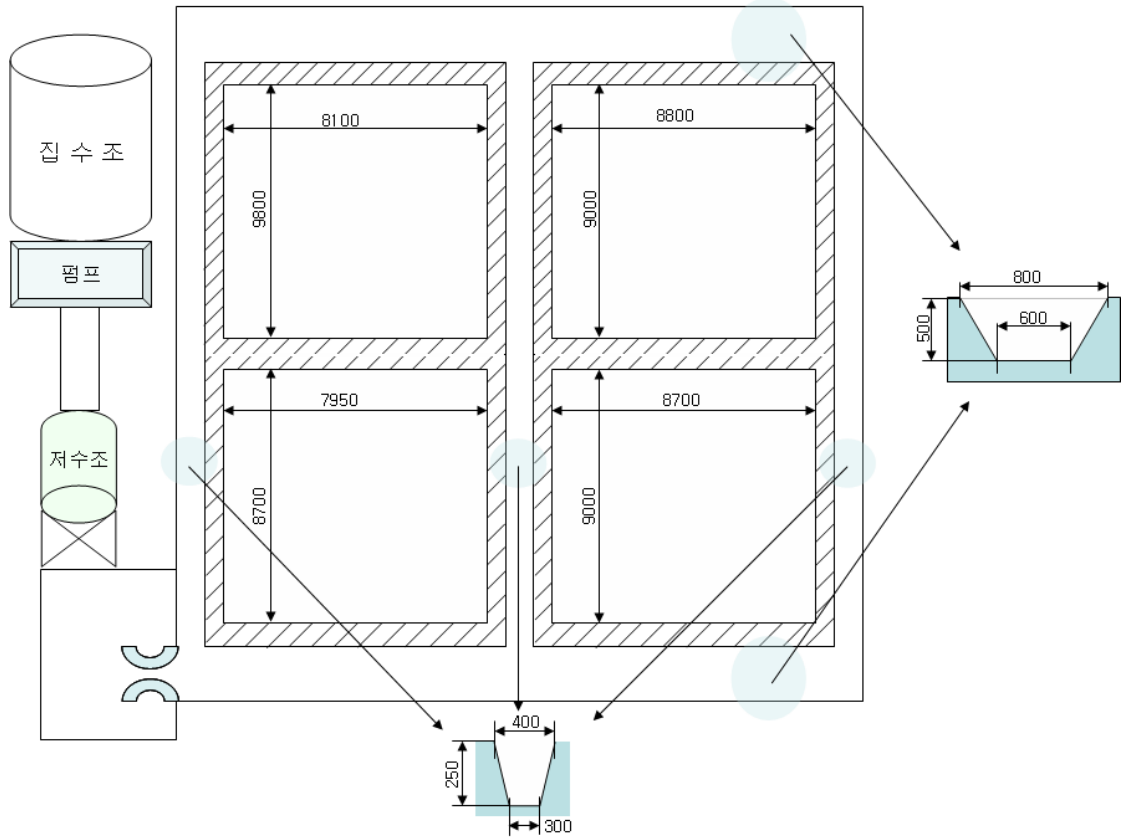


그림 3.1.4.2 농어촌연구원 포장 및 수로규모도면

에서 논의 물이 충분히 있는지 없는지에 관한 정보를 담수심 10cm를 기준으로 하여 측정토록 하여 이 수심을 넘으면 그 정보로 인하여 시스템이 작동하고 이 수심을 넘지 않으면 시스템이 작동을 하지 않는다. 또한 유말에 부착되어 있는 태양광 전동수문은 태양광 전동분수공의 작동과 반대로 작동시켜 수로내 또는 포장내 수위를 관리하도록 한다. 이에 대한 시스템 정보전달 및 제어시스템의 회로도에는 그림 3.1.4.1과 같다.

(나) 당진 대호 시험포장 정보전달 및 제어시스템

당진 대호 시험포장의 정보전달 및 제어시스템은 농어촌연구원에 설치한 시스템과는 달리 정보가 전송되어 오는 장치가 3군데이다. 우선 수로 내 수위측정장치와 논의 담수심을 측정하는 기기가 2군데이다. 이는 상기의 시스템과는 달리 조금 더 복잡한 시스템으로서 수문 작동의 기준이 2군데에서 오는 담수심의 수위가 2군데 다 조건을 만족시켜야만 한다. 이는 한군데라도 만족하지 않는 상태에서 수문작동이 개시된다면 논의 물을 과도하게 공급하거나 아니면 전혀 공급을 하지 않기 때문에 이에 대한 로직도 기존 농어촌연구원의 제어시스템 회로도보다 2배 복잡해진다. 따라서 이에 대한 정확한 데이터 측정과 정확한 제어는 필수적이라 할 수 있다.

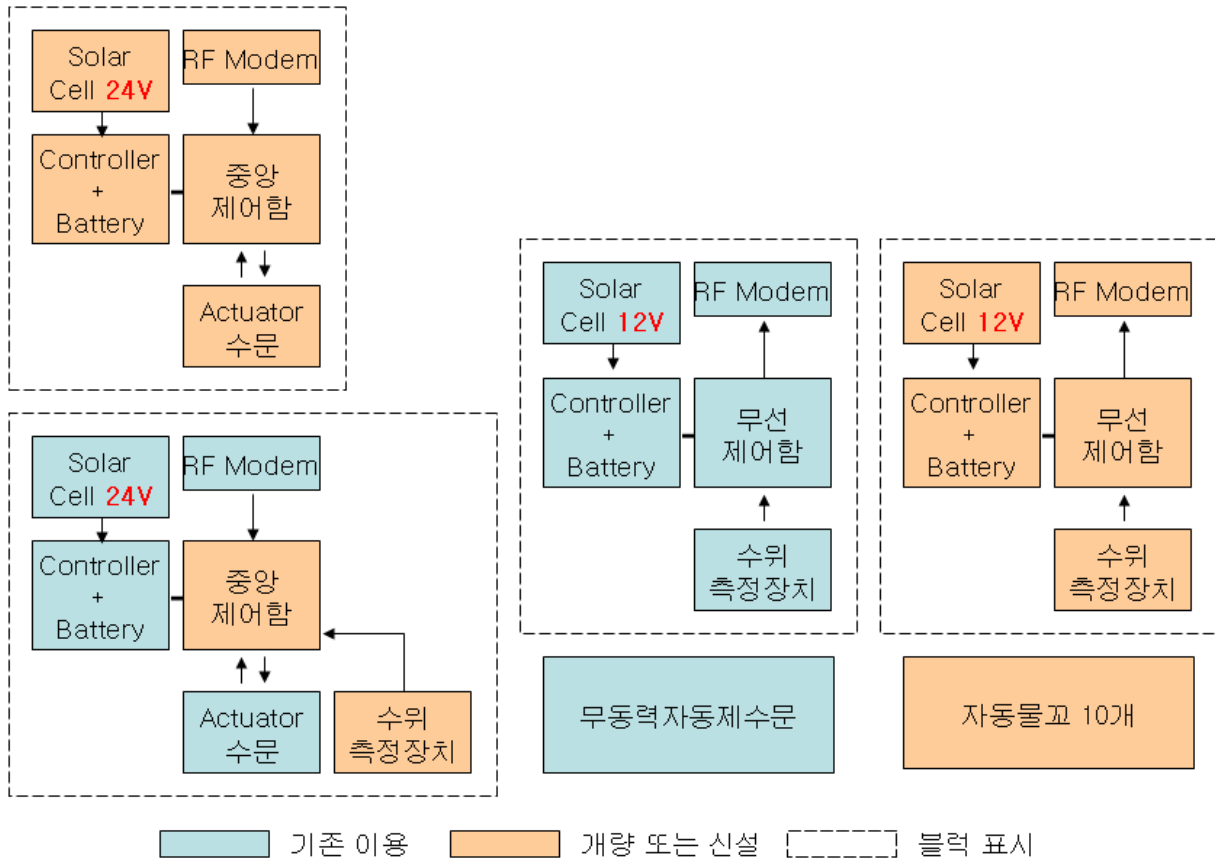


그림 3.1.4.2 충남 당진 대호시험포장 적용 시스템 블록 다이어그램

(다) 수문 및 부속장치 관리시스템

최초 수문작동시 시스템 초기화를 하여 각 수위정보에 대한 데이터 및 시간정보를 집계하여 화면에 표시하며 10분마다 이러한 정보가 데이터 베이스에 축적이 된다. 이러한 현상은 두가지로서 타이머를 초기화하여 각종 데이터를 축적함과 동시에 이에 대한 작동도 동시에 정상적인 시스템 하로 판단할 경우 수행하게 된다. 이러한 것은 그림 3.1.4.3과 같은 플로우로 작동을 한다.

수문관리에 대한 제어는 두 개의 수문을 반대로 작동하는 것에 의해 성립된다. 두 가지 형태의 제어는 논의 상황을 기초로 하여 작성되었다. 그 이유 중 하나는 지거 내 수로가 평시에는 유말에 의해 유입된 물을 배수로로 내보내는 것을 상정한 것으로서 만약 유말이 막혀 있다면 외수유입이나 강우 등에 의해 수로가 넘치고 이러한 물이 논으로 들어가 피해를 입히거나 아니면 다른 곳으로 유입되어 수리시설물에 피해를 입힐 수 있다. 또 하나는 분수공을 통하여 물이 유입이 될 때 만약에 유말을 막지 않으면 수위가 높아지지 않아서 수압이 형성되지 않기 때문에 급수물꼬를 통하여 물공급이 원활하지 못하게 된다. 이를 방지하기 위하여 유말에 수문을 달아 물길을 막고 수로 내 수위를 증가시켜 말단부까지 원활하게 유량을 공급시킬 수 있도록 하는 현상을 시스템에 적용시켜 회로도를 작성하였다. 이러한 현상에 대한 회로이해를 위하여 플로우 차트를 작성하였으

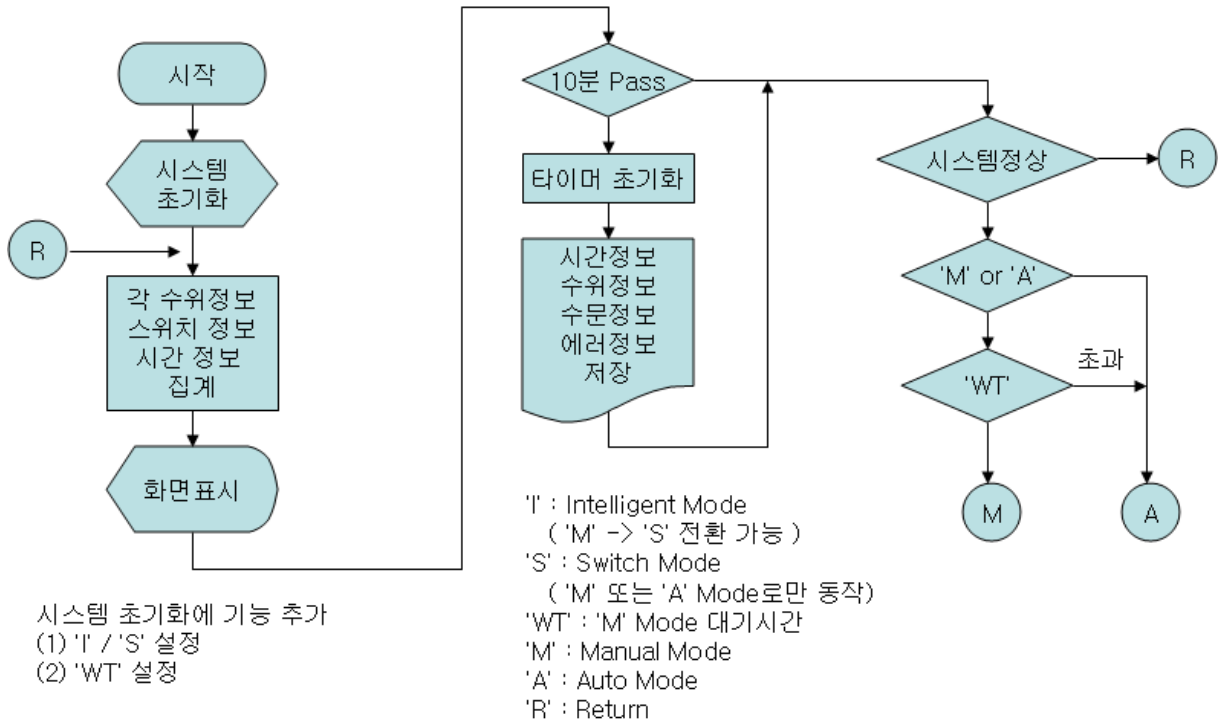


그림 3.1.4.3 수문과 로그관리 플로우 차트

며 이에 대한 작동원리는 그림 3.1.4.4와 같다.

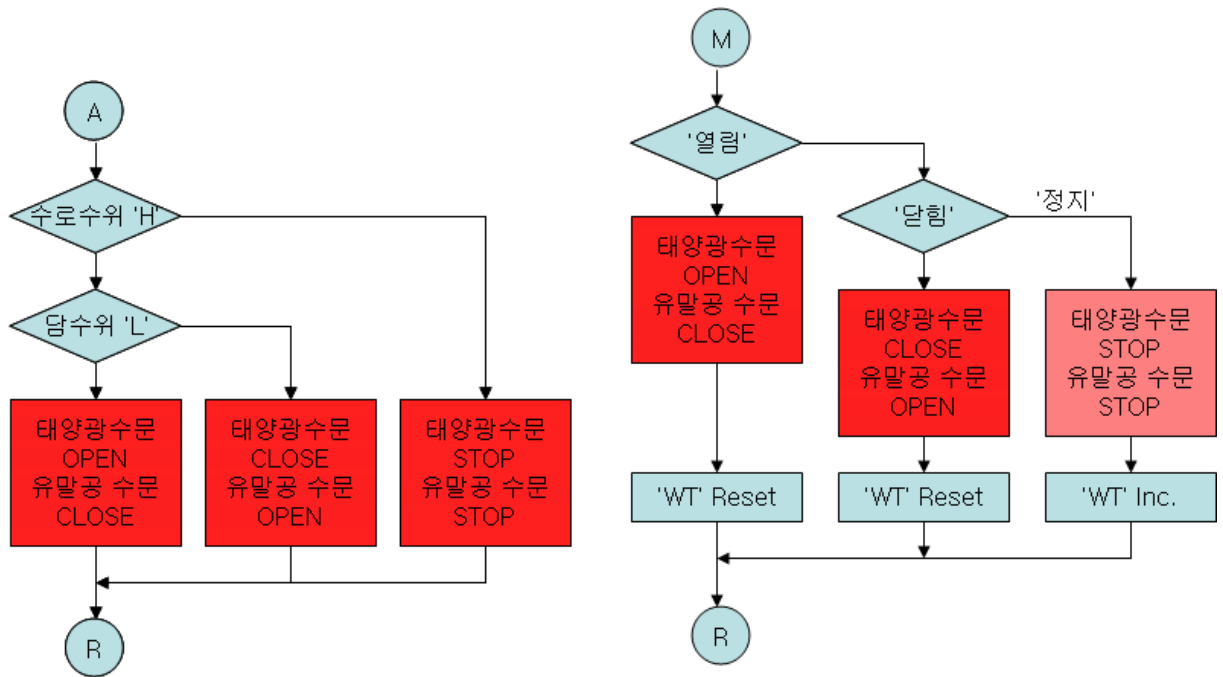


그림 3.1.4.4 태양광 전동분수공과 유말태양광 전동수문 관리 플로우차트

다음은 수문과 측정장치의 동력원에 대한 것으로서 가장 중요한 것은 배터리이다. 이 배터리의 용량과 사용방법에 따라서 동력발생부의 규모가 달라질 수 있다. 시스템이 작동되면 회로를 초기화하고 배터리 전압을 우선 자가진단하여 화면에 표시하며 전압의 최대값과 최소값을 판단하여 시스템을 작동시키든지 아니면 로드의 선로단락을 단절시킨다. 그리고 이를 극복하기 위한 회로의

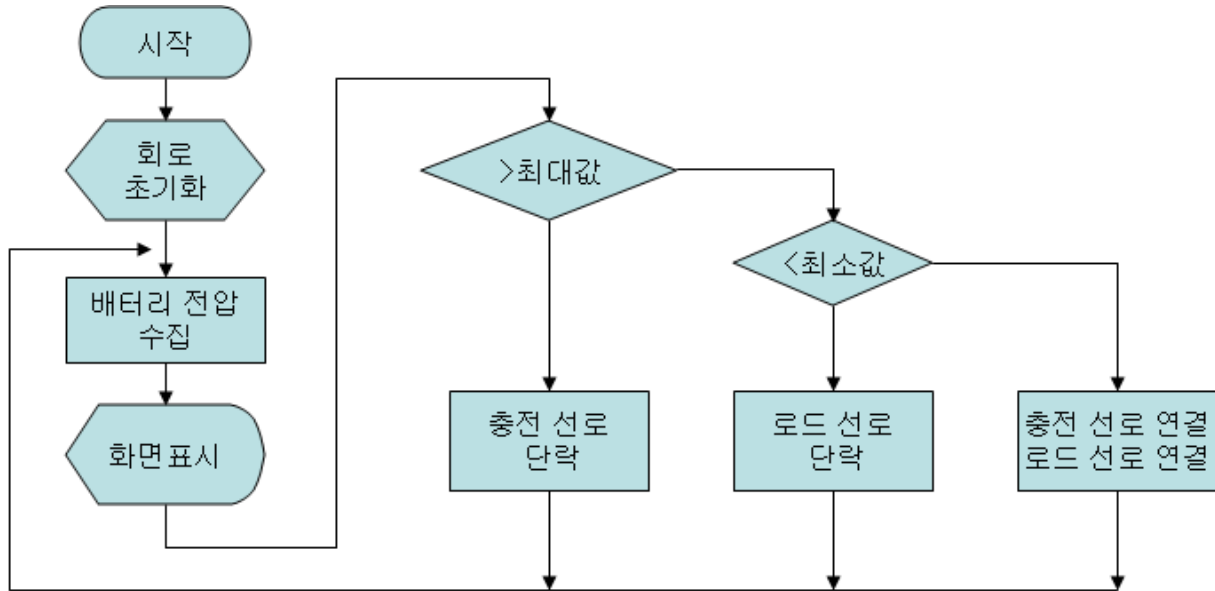


그림 3.1.4.5 배터리(Battery) 관리 플로우차트

자가진단에 의해 충전과 로드의 선로를 연결하여 시스템이 정상가동하도록 한다. 이러한 현상에 대한 플로우는 그림 3.1.4.5와 같다.

다음은 측정수위 관리 플로우로서 우선 수로 내 또는 포장 내 유량을 측정하여 시스템이 가동되면 시스템이 자동적으로 초기화되고 수위정보를 집계하게 된다. 이러한 정보는 디지털 화면에 표시가 되고 이러한 표시정보는 시간, 수위, 에러정보 등이며 정보의 저장도 정상적으로 이루어진다. 이때 담수위의 증감이 이상적으로 나타나는지를 정확히 계산하여 오작동시에는 작동을 멈추고 에러정보를 저장하여 이에 대한 원인분석에 사용토록 할 수 있다.

다음은 수문 작동시 수문의 제어에 관한 사항으로서 수문이 최대 상사점과 하사점에 위치해 있을 때 이를 감지하고 시스템의 제어부에 알려서 제어를 하도록 하는 것이 중요하며 만약 이러한 제어가 불가능해지면 수문비의 비틀림이나 기타 부속장치의 파손으로 이어진다. 이러한 현상을 막기 위하여 모터에서의 전압에 대한 부하를 측정하여 제어부에 전송시키는 회로를 삽입하였으나 모터가 작동시 정격출력에 다다르기 전에 과도한 출력을 발생시키기 때문에 자기장이 과도하게 송출된다. 이러한 것이 모터의 전압을 측정하여 제어를 하는 회로작동을 방해하기 때문에 측정장치는 엔코더를 사용하였으며 자기장에 대한 영향을 최소화하기 위해 감속기 후면에 배치를 하였

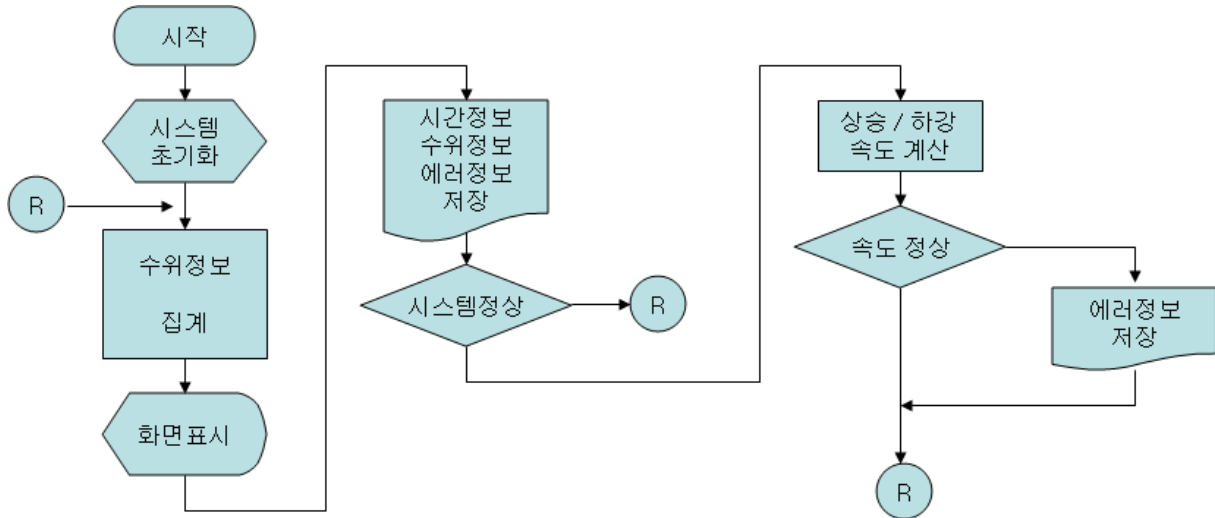


그림 3.1.4.6 측정수위 관리 플로우차트

다. 그러나 엔코더를 사용하는 방법은 모터의 특성상 모터마다 다르기 때문에 이를 극복하기 위하여 스크류에 근접센서를 부착시켜 해결하였다. 이러한 문제점과 해결방안에 대한 것은 그림 3.1.4.7에 나타낸 바와 같다.

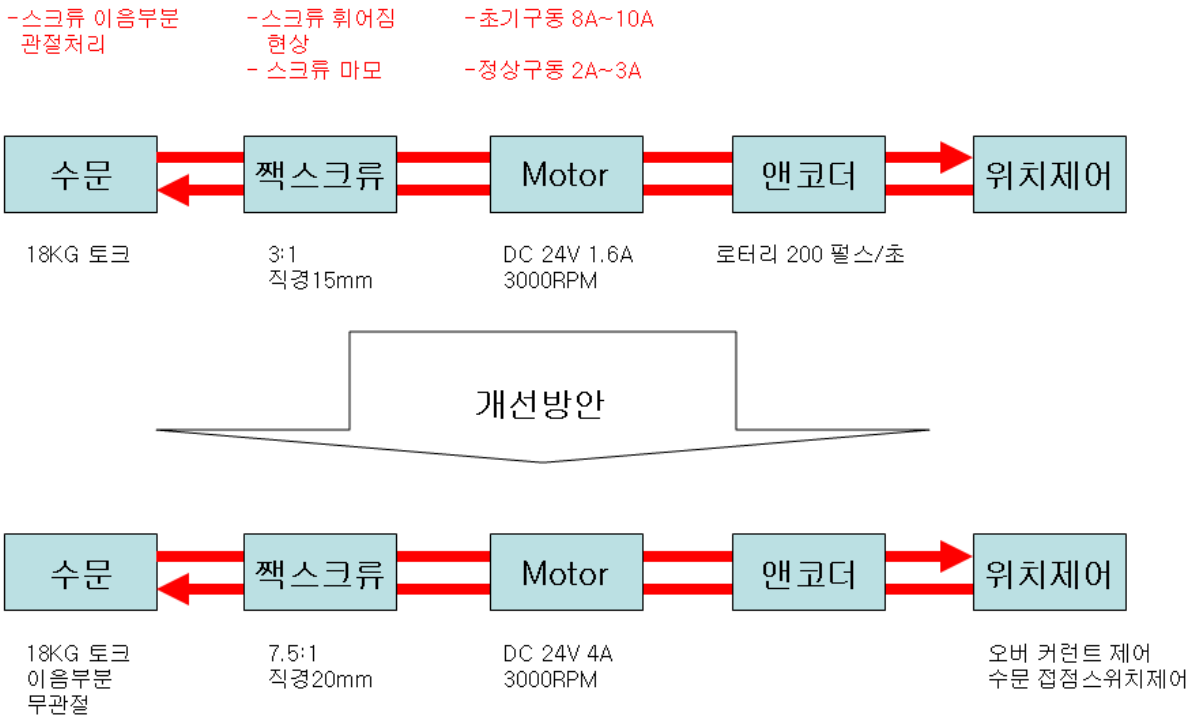
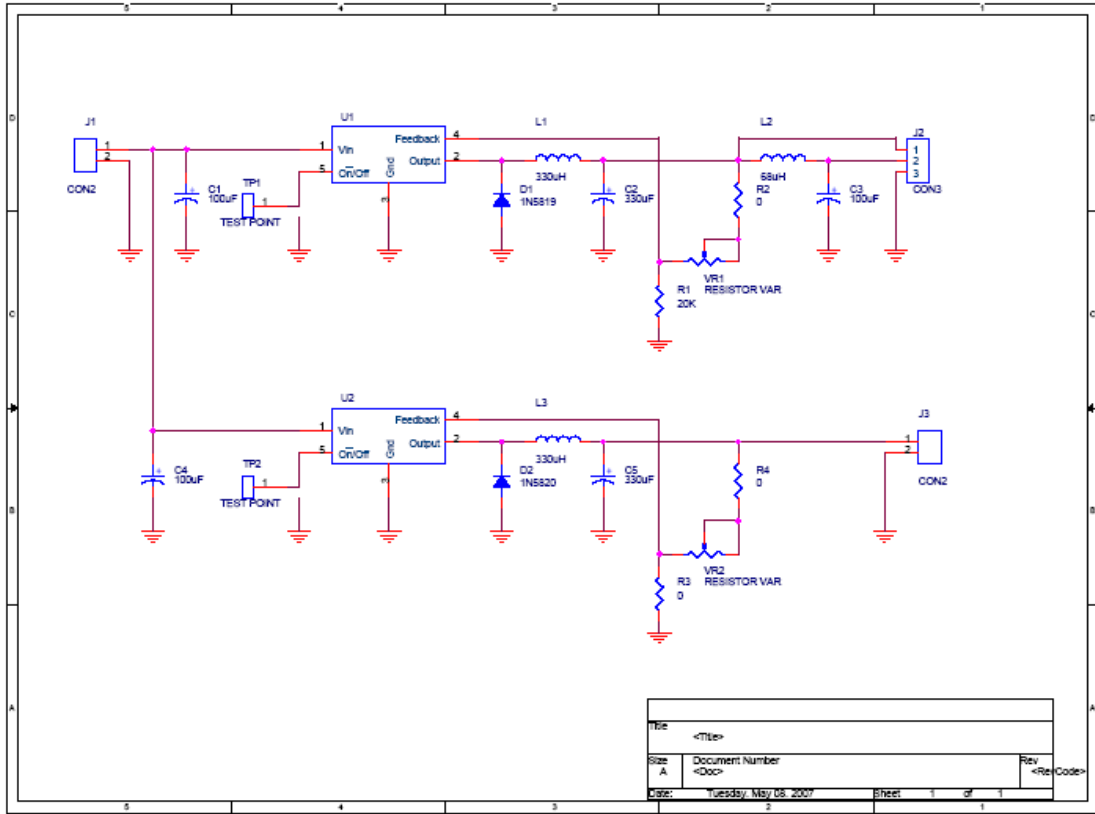
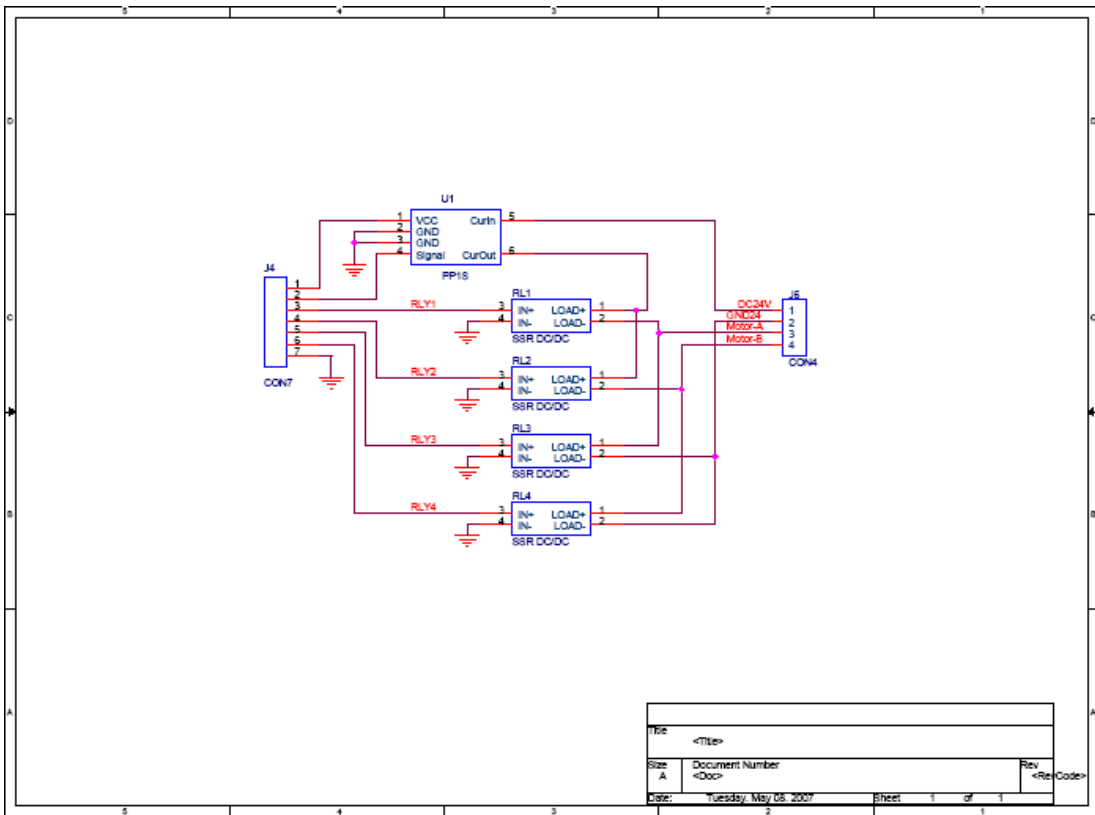


그림 3.1.4.7 기존 제어방식 문제점 해결 및 개선방안

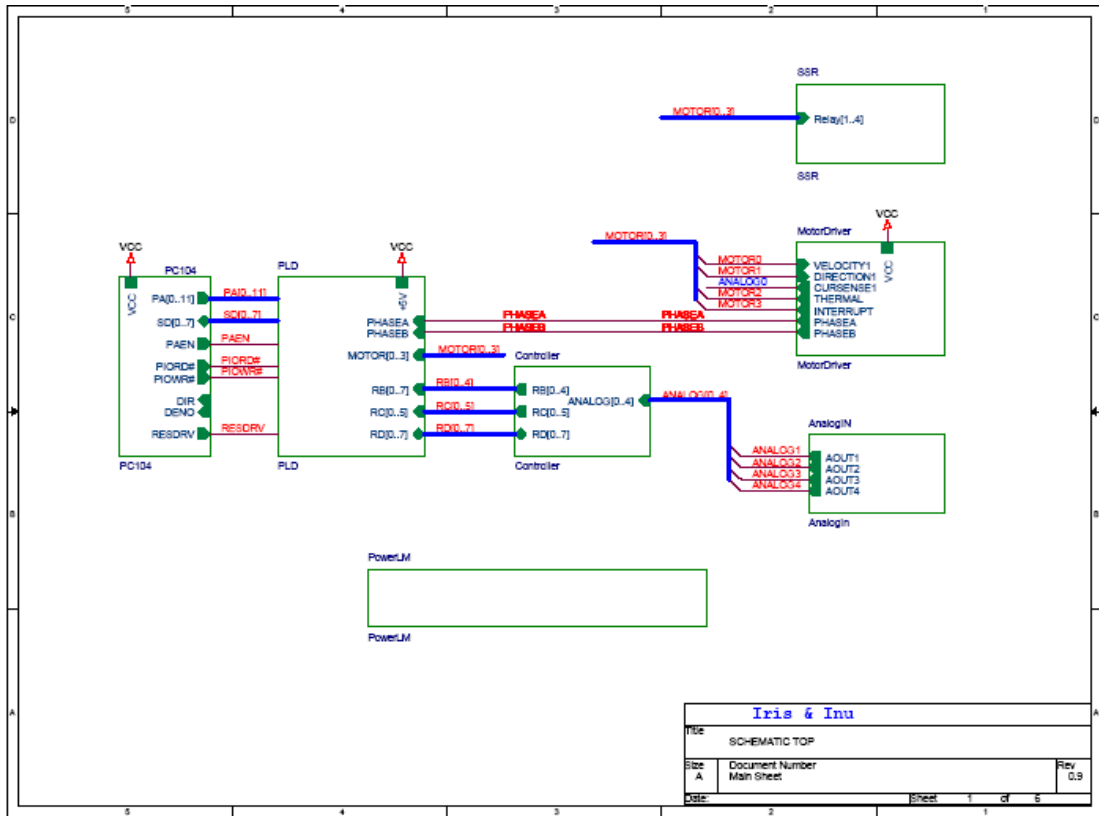


(a) 단자회로도

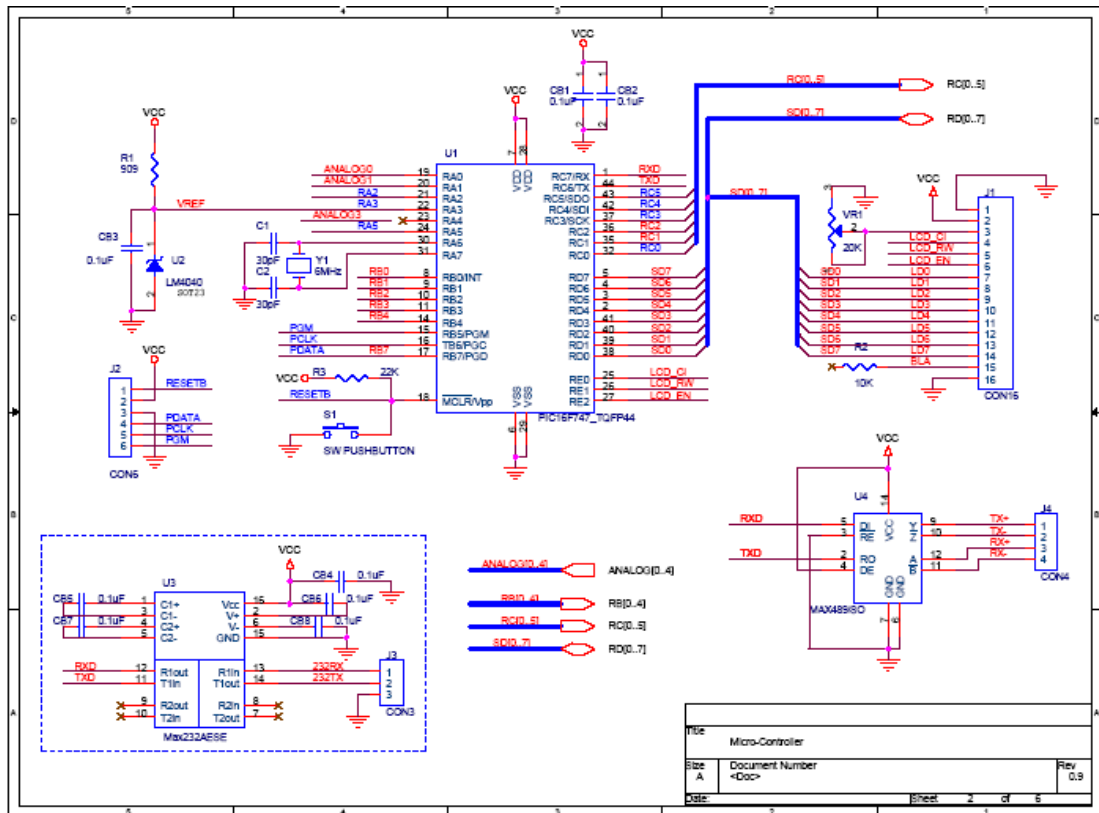


(b) 단자결선도

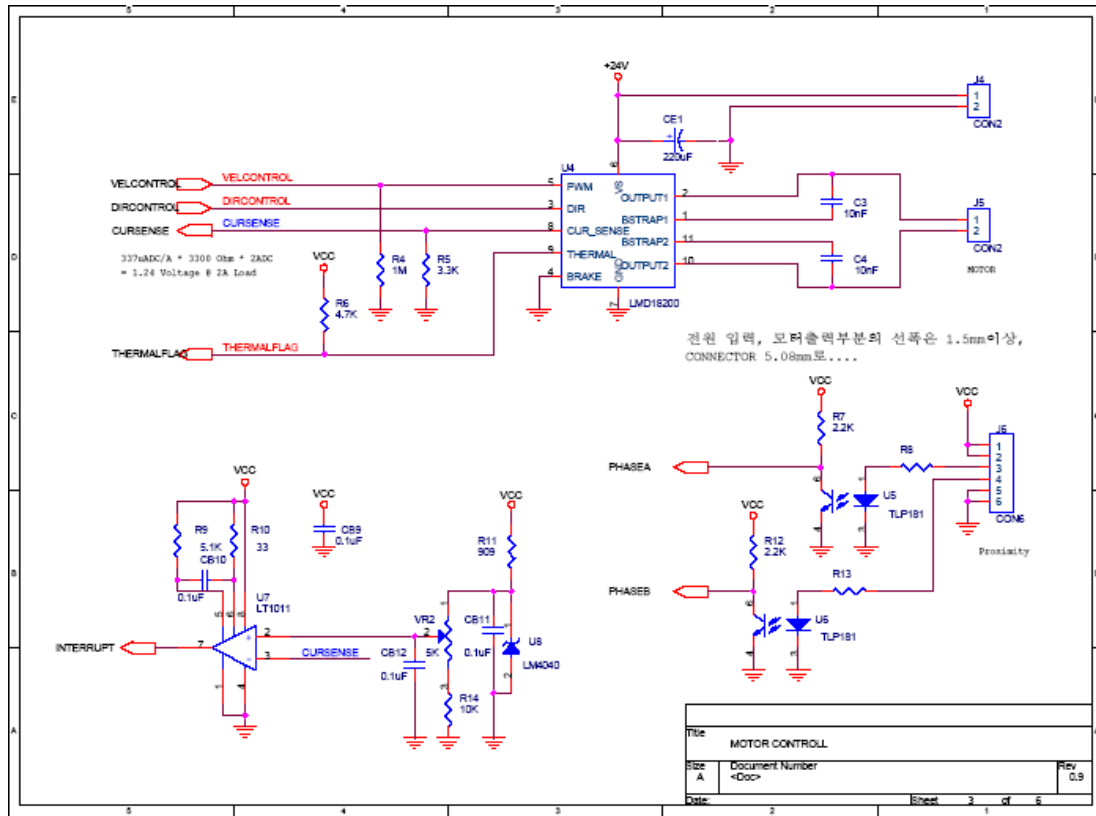




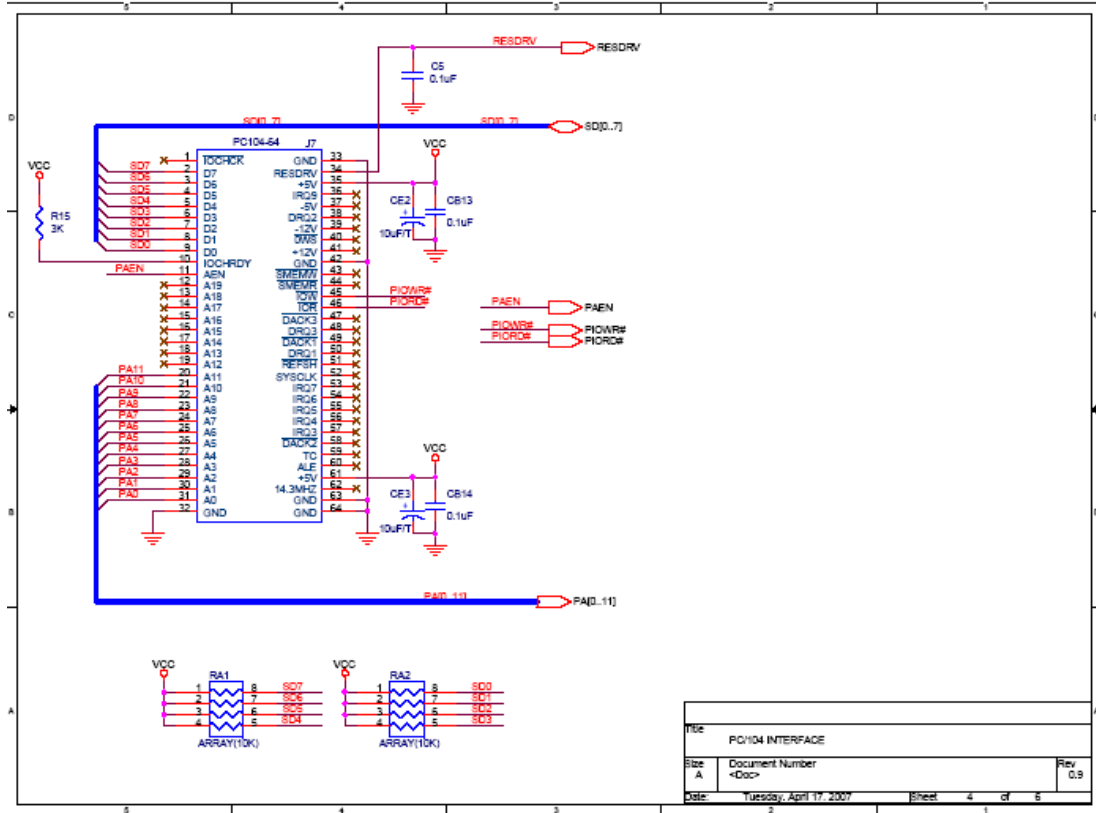
(c) Schematic Top



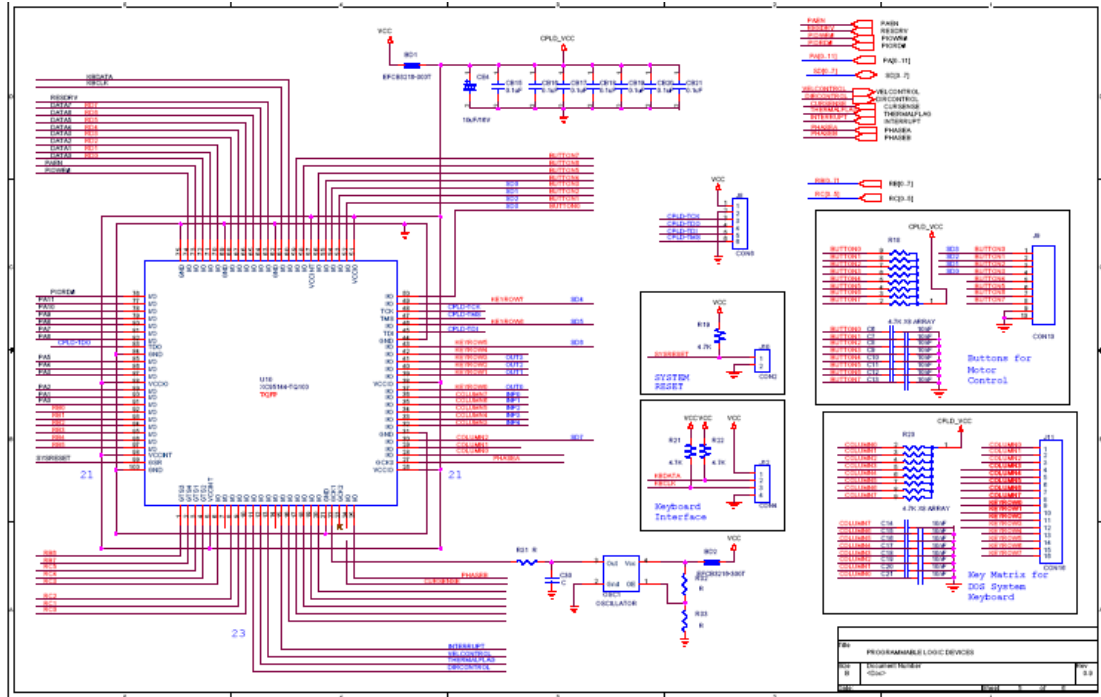
(d) Micro Controller



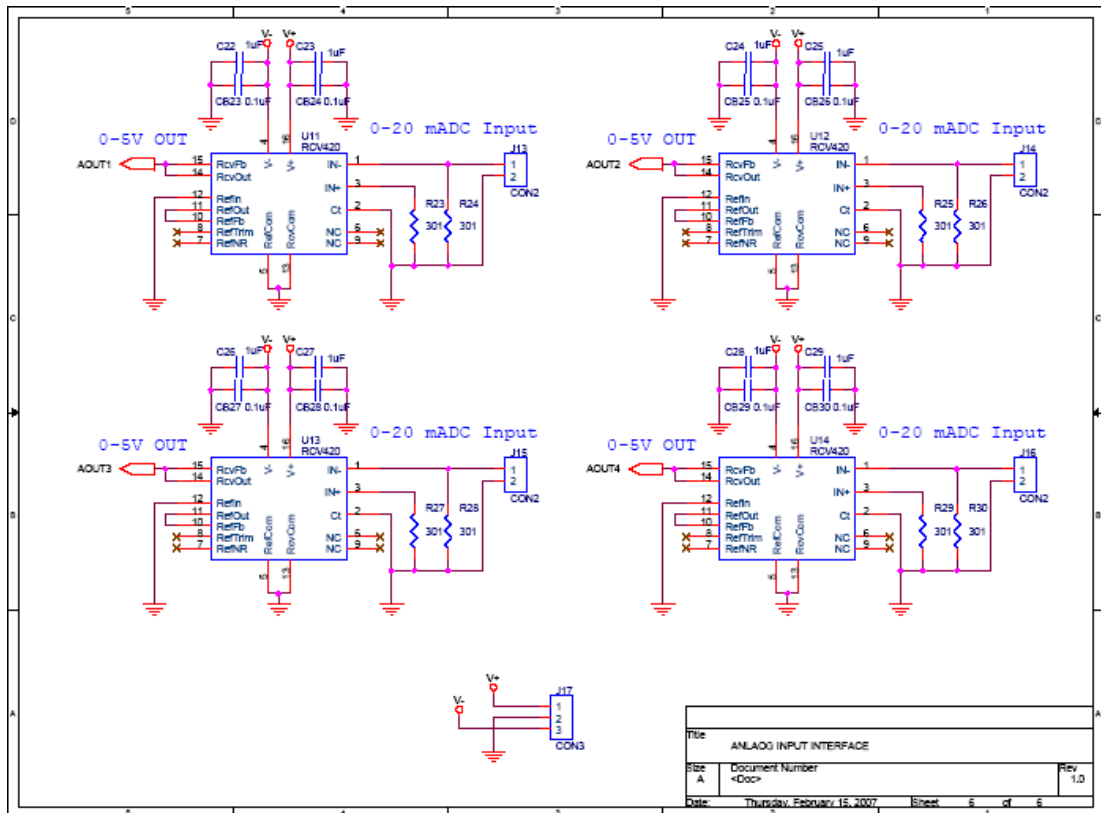
(e) Motor Control



(f) PC 104 Interface



(g) Programmable Logic Devices



(h) Analog Input Interface

도면 3.1.4.1 물수요중심 용수공급시스템 운영 및 관리 회로도면

### 3.1.5 시작품 개발

#### 3.1.5.1 제1차 시작품

##### (가) 시작품 설치를 위한 현장조사

시작품을 현장에 설치하여 성능 및 작동을 확인하기 위한 적지조사를 하였다. 이 조사에서는 4개소의 장소를 대상으로 하였다. 첫 번째로는 온양 인주면 걸매리로서 상성간선 최말단에 위치한 지선수로로서 지선 양쪽으로 분수공(2조)을 중심으로 약 200m, 400m의 토공지거가 배수로에 연결되어 있다. 시스템 설치에는 최적조건이나 지거가 토공으로 되어 있어서 유말공에 수위계를 설치할 시 조립식 플룸관을 이용하여야 할 것으로 판단되었다. 두 번째로는 온양 영인면 공세리로서 상성저수지에서 약 2km 떨어진 위치의 포장을 조사하였으며 간선수로가 지선수로의 역할을 하며 한쪽 편으로만 관개를 하는 형태이다. 지거의 끝이 다른 지거로 연결되는 형태로서 유말공까지의 거리가 너무 멀기 때문에 불가능할 것으로 판단되었다. 세 번째로는 온양 염치읍으로서 조사대상은 염치저수지 최말단 지선수로이다. 지선 양쪽으로 분수공(2조)를 중심으로 약 400m, 800m 정도 길이의 지거가 있다. 지거의 한쪽편은 전동식 자동급수장치가 부착되어 있으며 길이가 800m 정도



(a) 온양 인주면 걸매리



(b) 온양 영인면 공세리



(c) 온양 염치읍



(d) 충남 당진 대호

사진 3.1.5.1 조사대상지역

로서 배수로에 접해있으며 또 한쪽은 토공지거로서 약 400m 정도의 길이로서 배수로에 접해있다.

또한 토공지거의 경우 유말공에 수위계를 부착할 시 조립식 플룸관을 이용하여야 할 것으로 판단되었다. 네 번째로는 충남 당진의 대호간척지로서 총 500여ha를 관장하는 지선수로에 400m의 지거급 수로가 달린 포장으로서 양수장에 의해 관개를 하고 있는 지역을 조사하였다. 이 지역은 간척지의 대규모 영농을 하는 지역으로서 수로의 구배나 시설물의 상태가 매우 양호하며 계획적인 관개를 하는 곳으로서 물수요중심 용수공급시스템 설치가 가장 양호한 지역이다. 특히 위탁영농을 행하는 곳으로서 시설물의 설치 및 철거가 용이한 장점이 있다. 시설물을 설치하는 수로의 조건은 지선급이 B1.0m×H1.0m이고 지거급이 B0.5m×H0.4m이다. 수로경사는 취수구에서 유말공까지 완만한 경사를 이루고 있으며 길이가 400m이고, 각 포장은 1ha의 면적을 가지고 있으며 한 지거급에 약 8ha 정도의 논에 관개를 하고 있다. 지거 옆에 5m 너비의 농로가 존재하고 있으며 차량의 통행등이 적어서 시설물의 훼손등을 방지하기 수월한 조건이다.

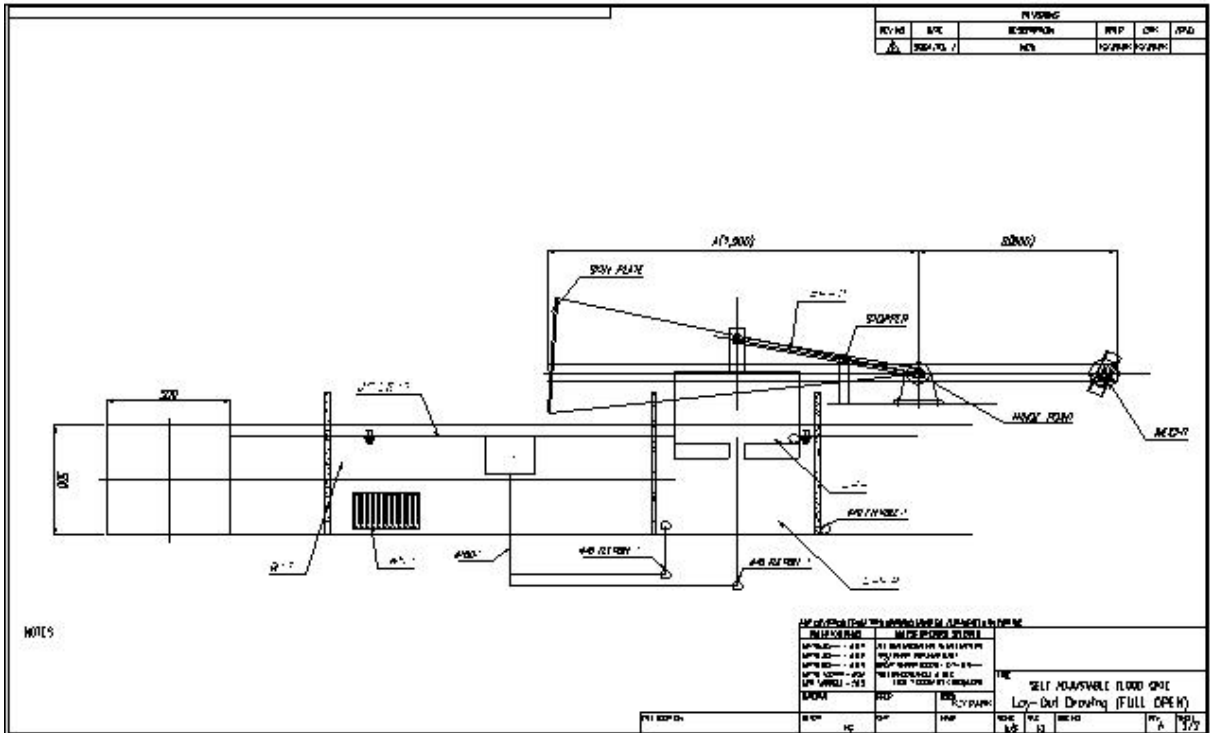
(나) 시작품 설계 및 제작

시작품은 총 3가지로서 태양광을 동력으로 하는 태양광 전동수문과 설정수위를 유지하면서 지거를 통하여 물을 공급하고 하류부로서 단수없이 물을 공급할 수 있는 설정수위조절형 무동력 자동수문, 이러한 수문의 자동조절이 가능한 수위계 및 정보전달과 제어시스템을 설계하였다. 태양광 전동수문의 구동부는 IP67 이상의 일반 액츄에이터형을 채택하였으며 재료는 STS304로 하였다. 또한 무동력 자동수문도 재료는 STS304를 사용하였고, 도난 및 파손방지를 위하여 주위에 안전펜스를 설치하였다. 수위감지장치는 태양광을 사용하여 동력을 얻을 수 있도록 하였으며 정보전달은 무선으로 하도록 하였다. 동력을 발생시키는 Solar Unit은 방탄코팅을 한 제품을 채택하여 외부로부터의 훼손에 대비하였으며 내부의 충전기도 방식 및 방온 코팅처리가 된 제품을 사용하여 내구성을 향상시켰다.

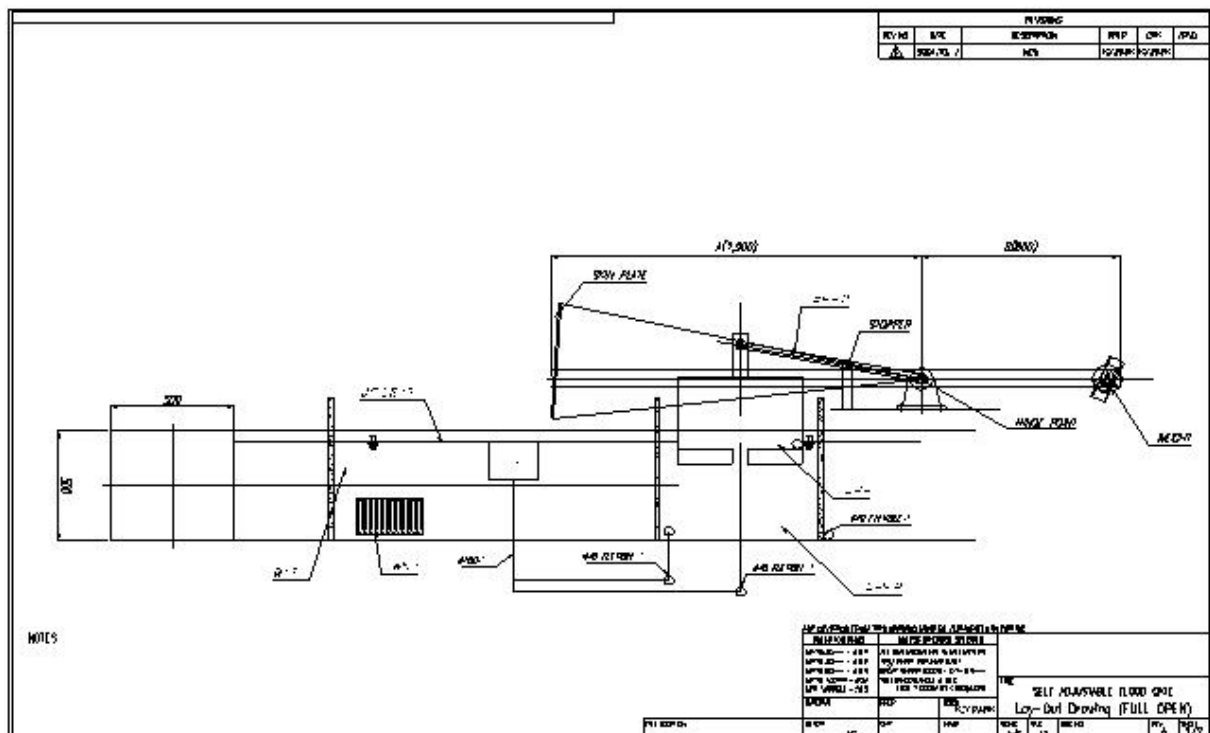
표 3.1.5.1 제1차 시작품 내역

제작내용	사 양	비 고
태양광 간이식 전동 분수공	W0.4m×H1.0m	0.2kw
설정수위조절형 무동력 자동 수문	W0.6m×H0.8m×L2.4m	유지수위 0.3m
수위계 및 정보전 달 및 제어시스템	전자감응식	자동 제어

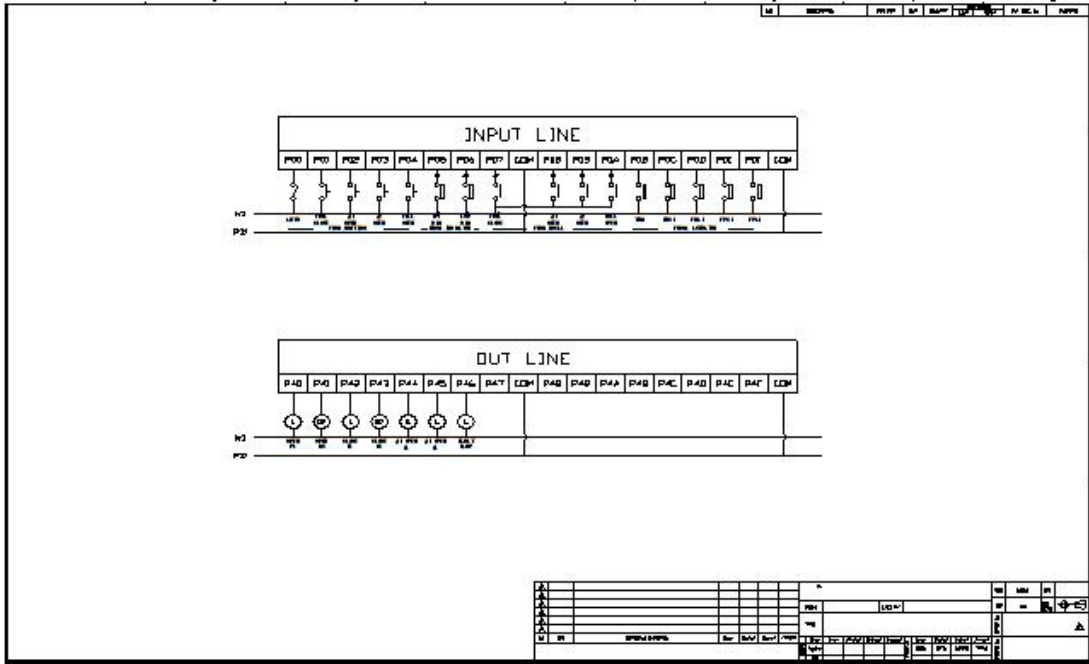




(c) 무동력 자동 수문(닫힘)



(d) 무동력 자동수문(열림)



(e) 제어함 단자회로도

도면 3.1.5.1 제1차 시제품 제작도면



(a) 태양광 전동수문 전경



(b) 태양광 전동수문 구동부 및 제어반



(c) 무동력 자동수문 전경



(d) 수위측정장치 전경

사진 3.1.5.2 제1차 시제품 설치 전경



### 3.1.5.2 제2차 시작품

말단포장 내 지거의 유황정보에 의해 분수공을 전동으로 자동조절하고 이에 따라 지선의 수위를 무동력으로 유지 및 하류방류를 통하여 말단부 물관리의 자동화를 달성하기 위해 개발한 물수요중심 용수공급시스템의 제2차 시작품은 제1차 시작품과 다른 점이 있다. 우선은 태양광 전동수

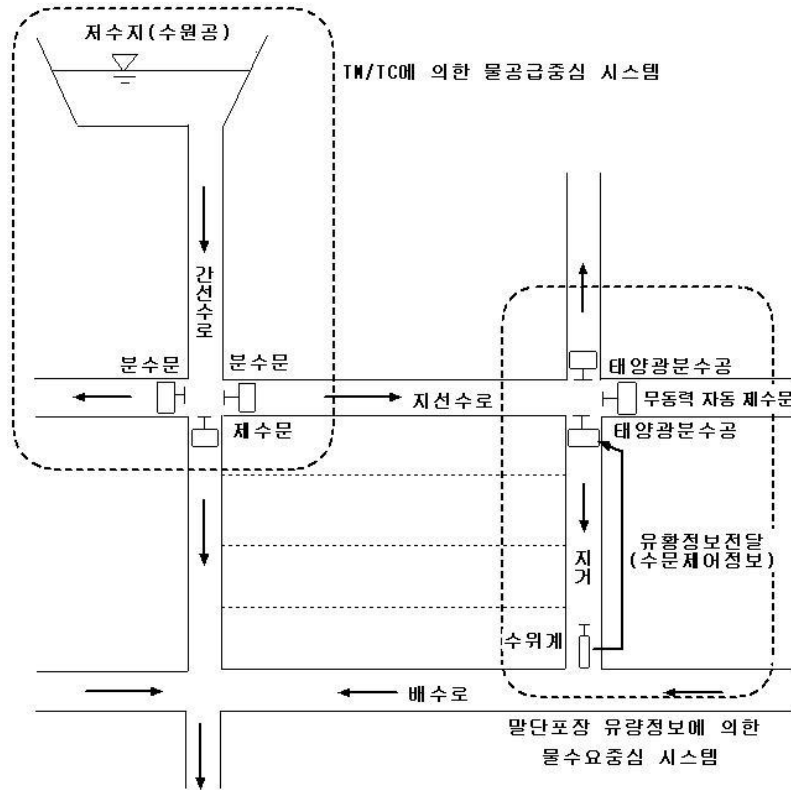
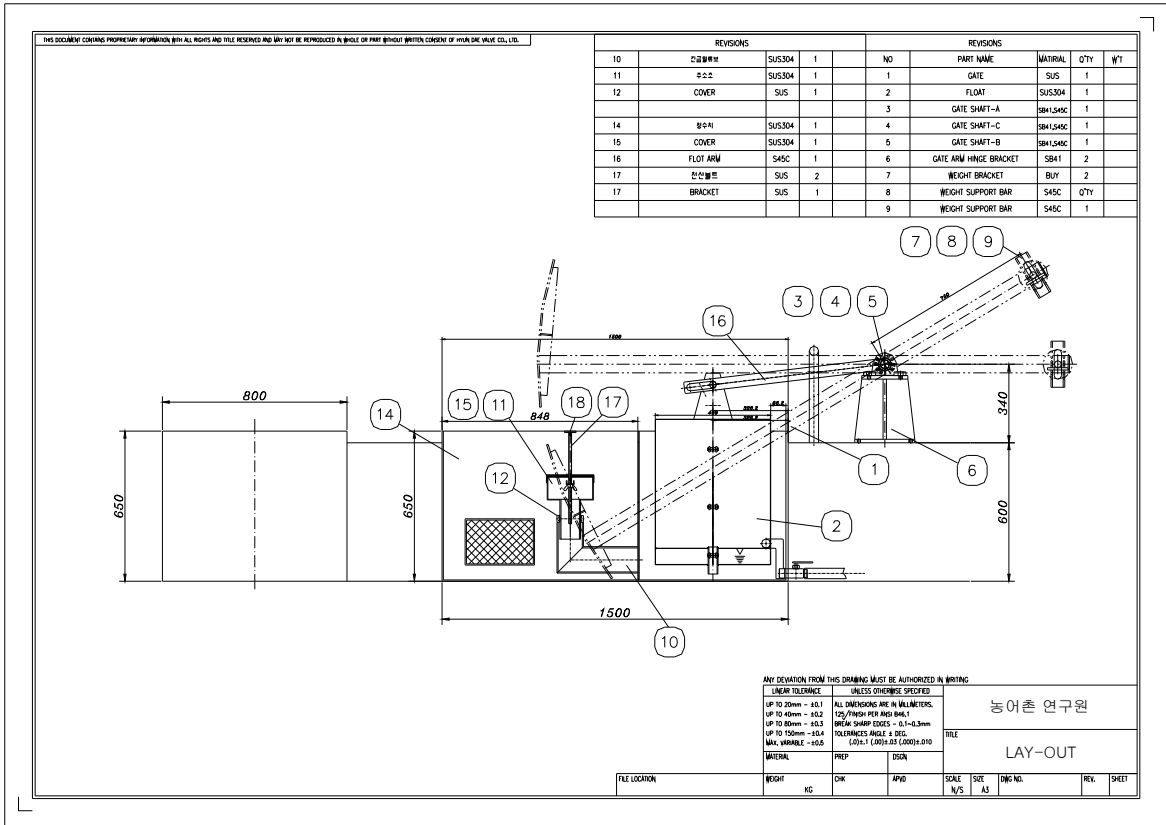


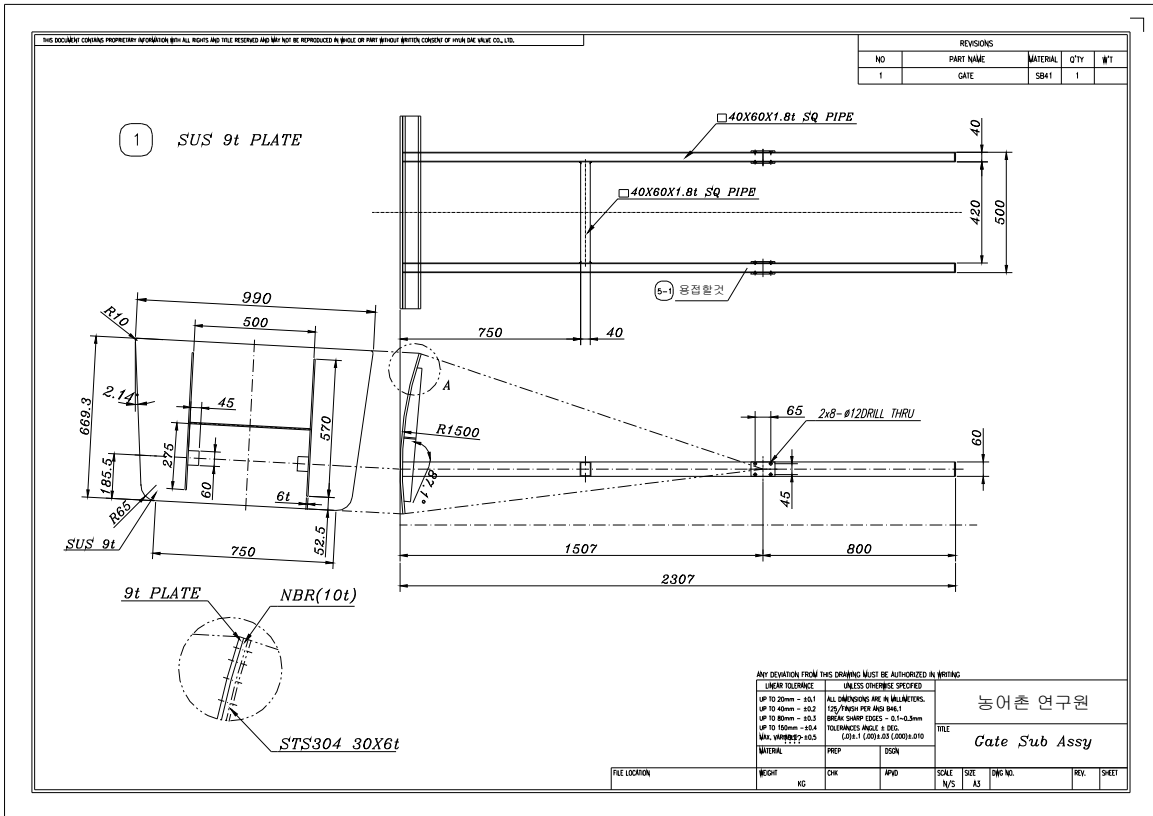
그림 3.1.5.1 시스템 개요도

표 3.1.5.2 제2차 시작품 내역

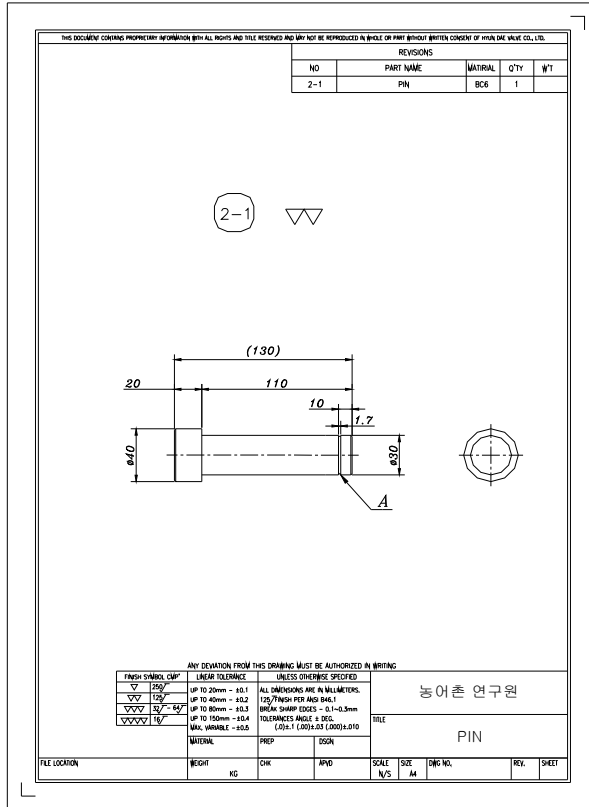
제 작 내 용	규 격	비 고
태양광 간이식 전동 분수공	W0.4m×H1.0m	0.2kw
설정수위조절형 무동력 자동 수문	W0.6m×H0.8m×L2.4m	유지수위 0.3m
수위계 및 정보전달시스템	전자감응식	자동제어
수문제어 및 유황정보 모니터링 시스템	개수로 유량계 포함	자동제어



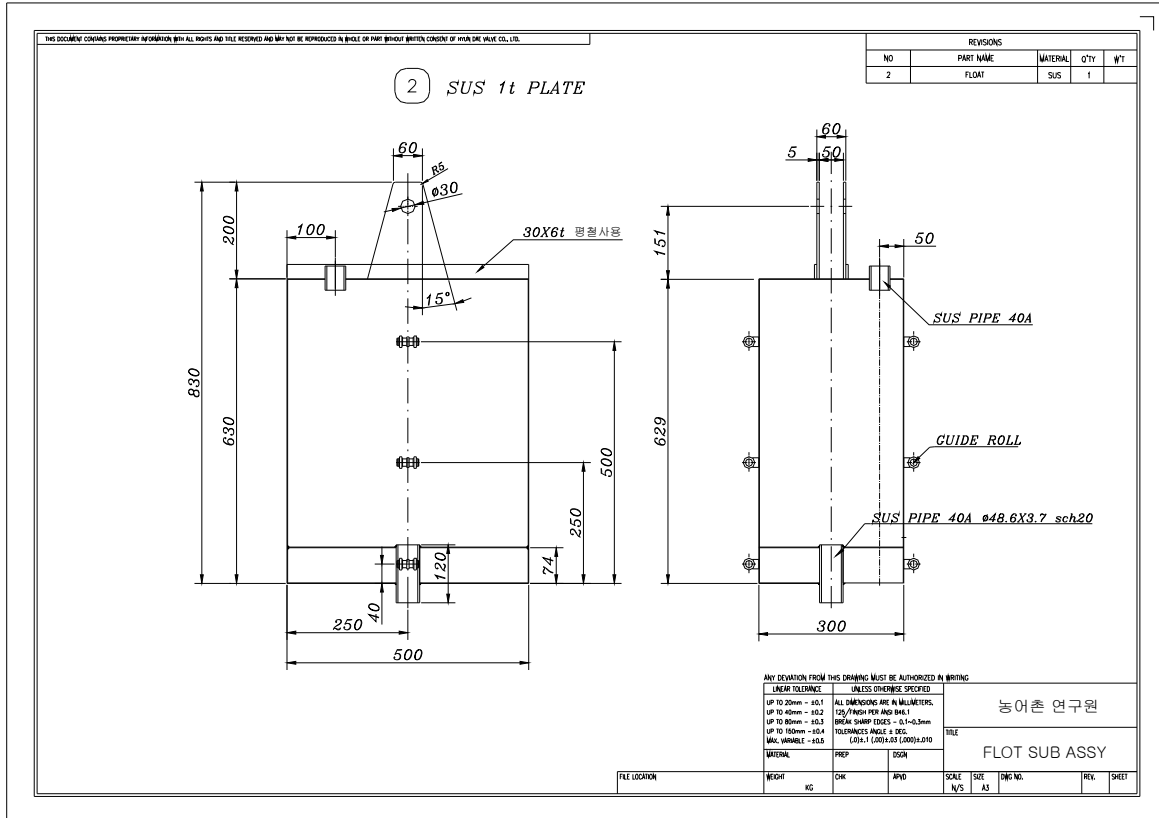
(a) 무동력 자동수문 총조립도



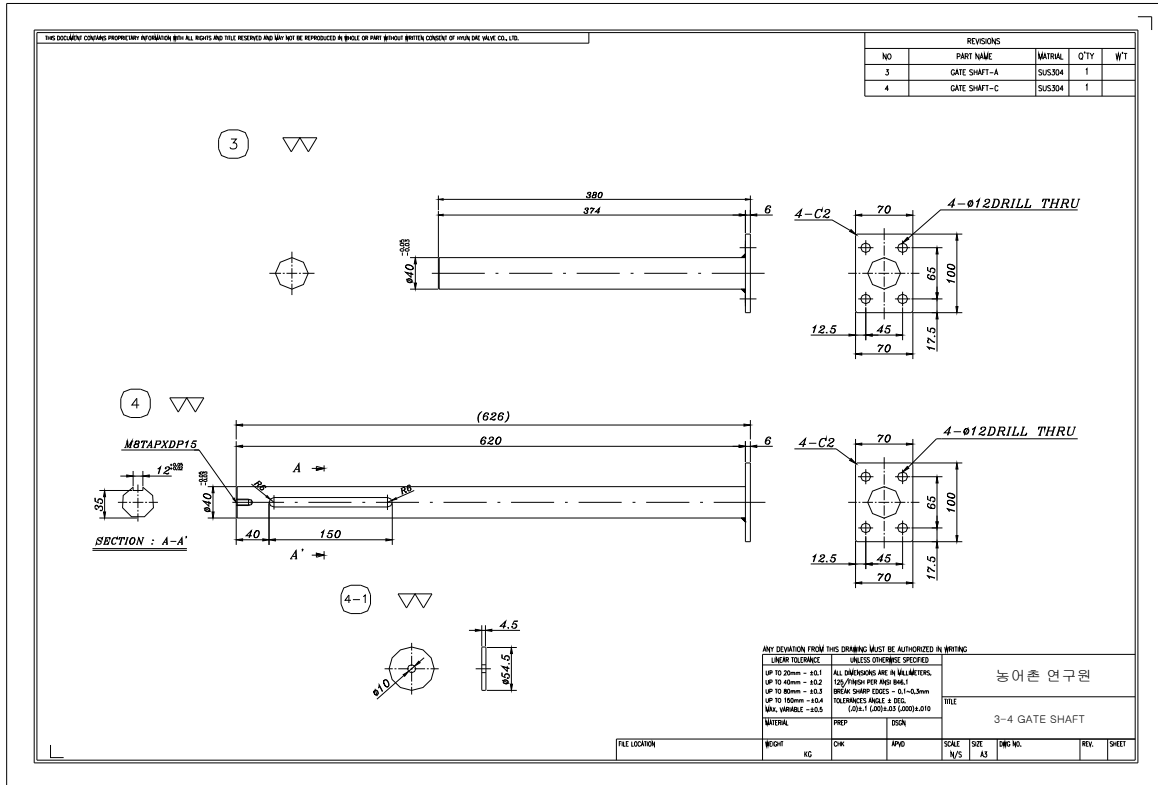
(b) 무동력 자동수문 프레임 및 게이트



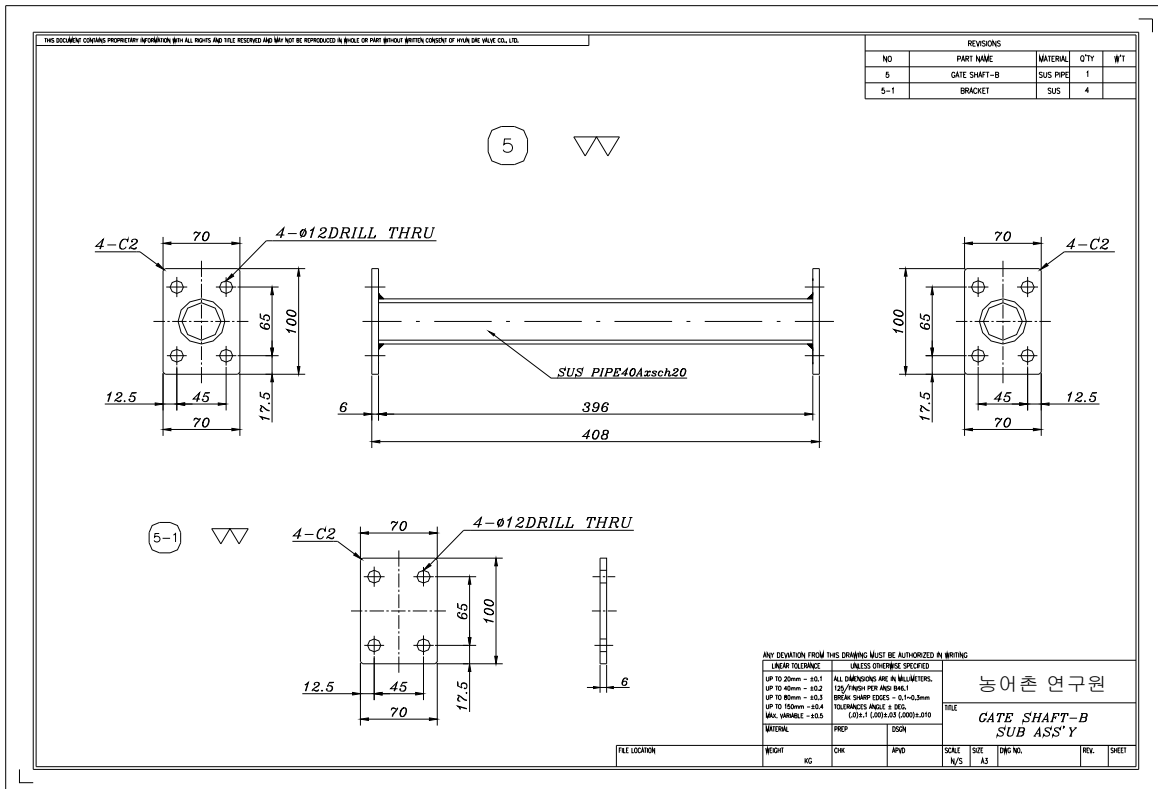
(c) 무동력 자동수문 연결 Pin



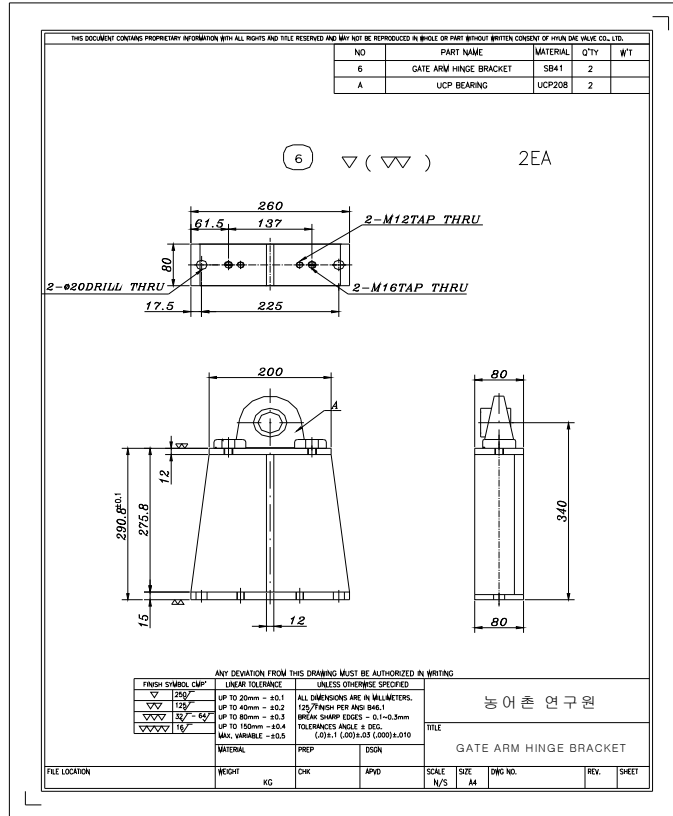
(d) 무동력 자동수문 Float room



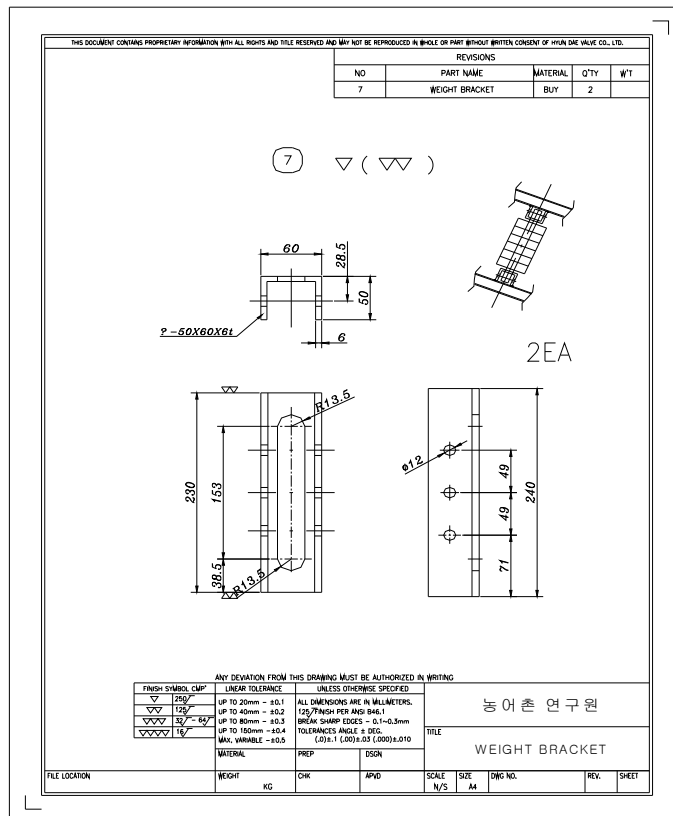
(e) 무동력 자동수문 Gate shaft



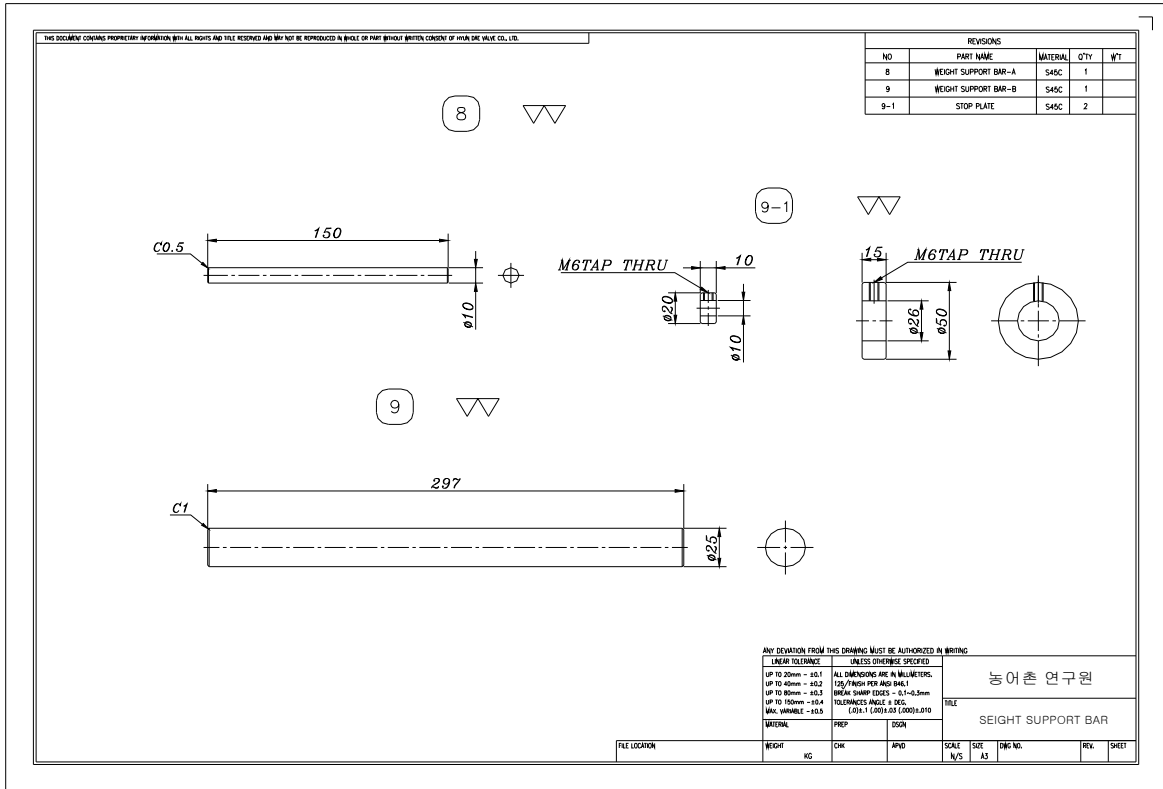
(f) 무동력 자동수문 Gate shaft Joint



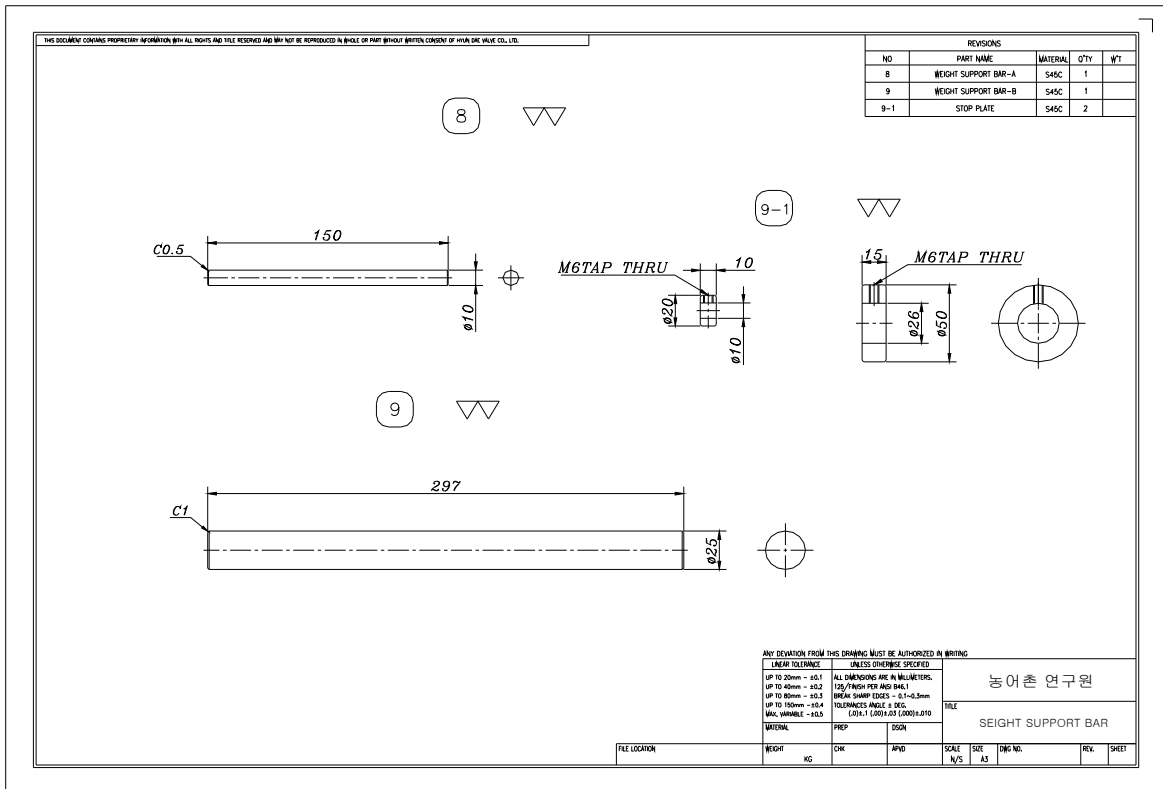
(g) 무동력 자동수문 GATE ARM HINGE BRACKET



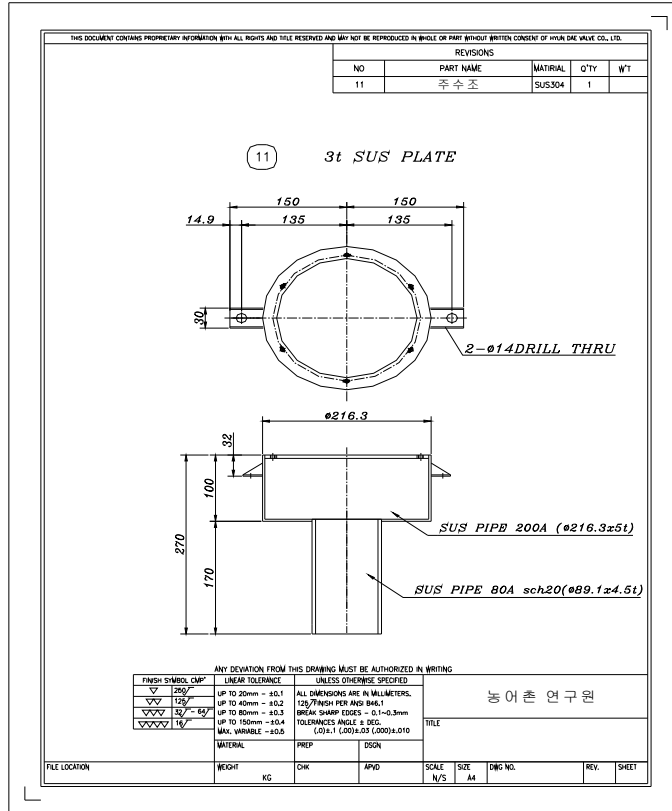
(h) 무동력 자동수문 WEIGHT BRACKET



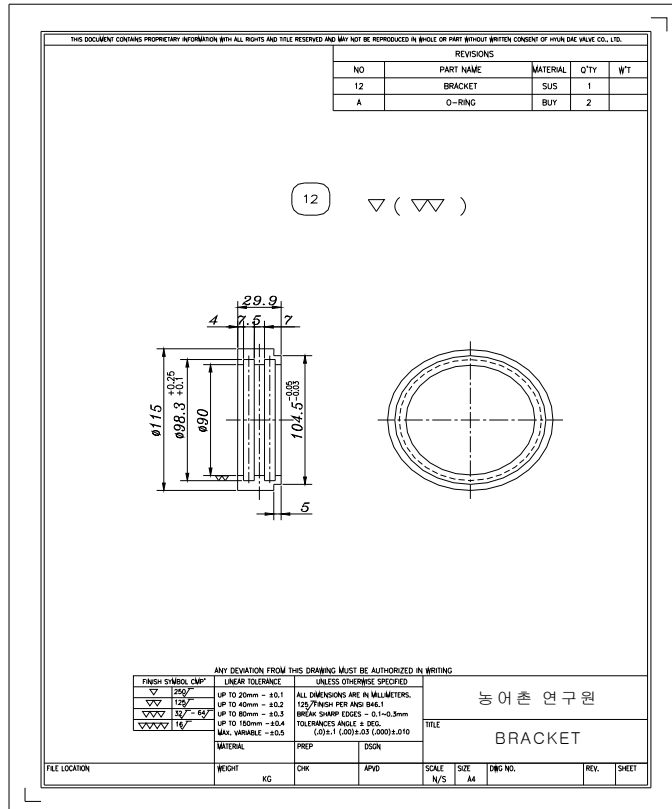
(i) 무동력 자동수문 WEIGHT SUPPORT BAR



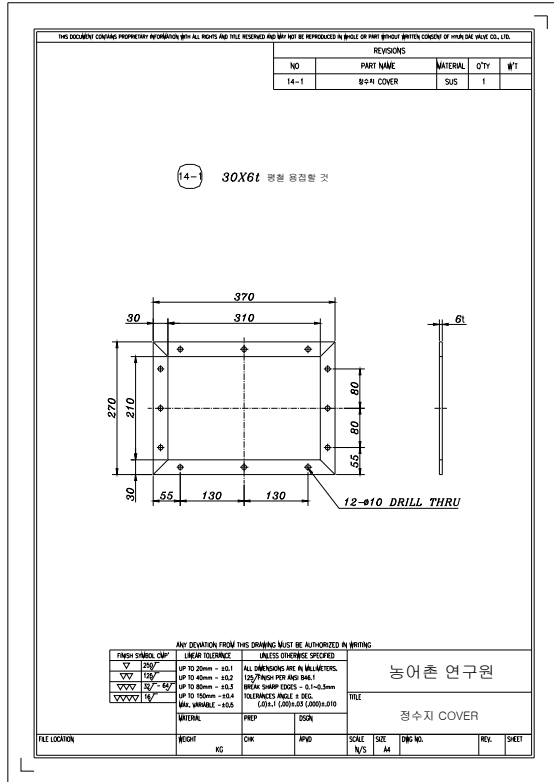
(j) 무동력 자동수문 긴급일류보



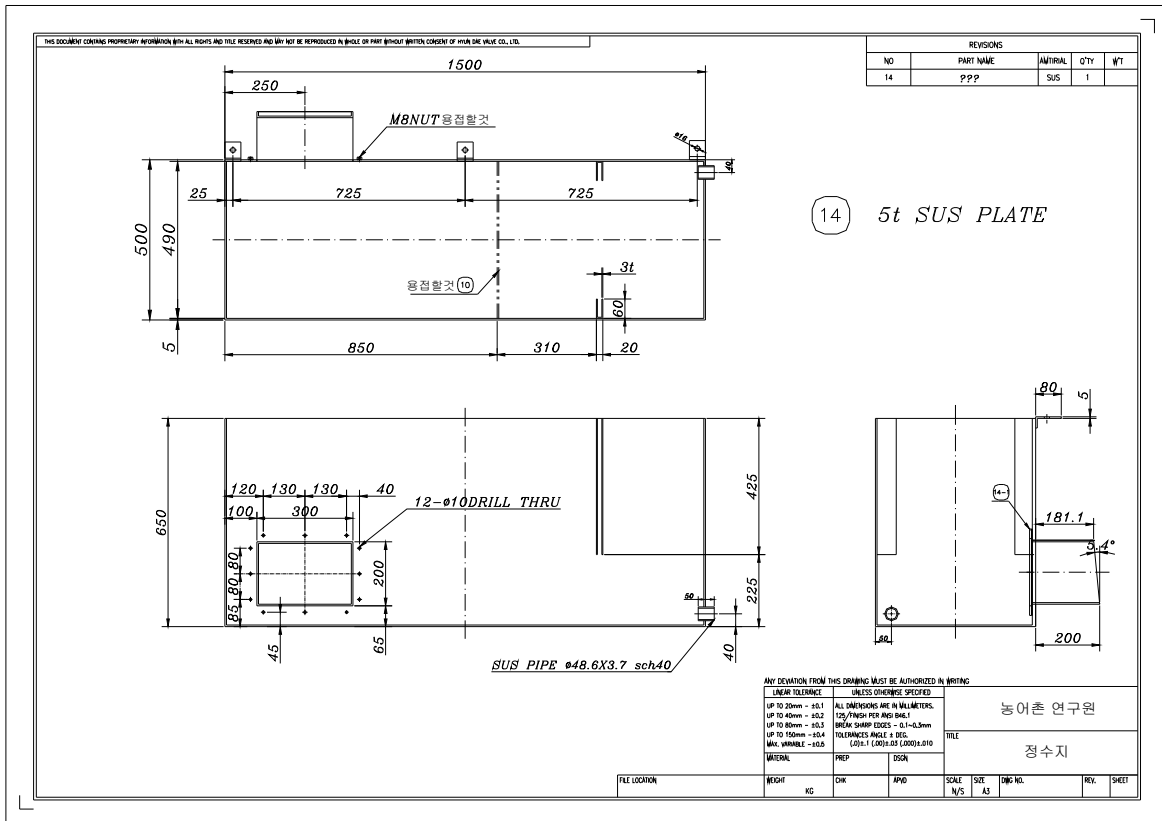
(k) 무동력 자동수문 주수조



(l) 무동력 자동수문 BRACKET

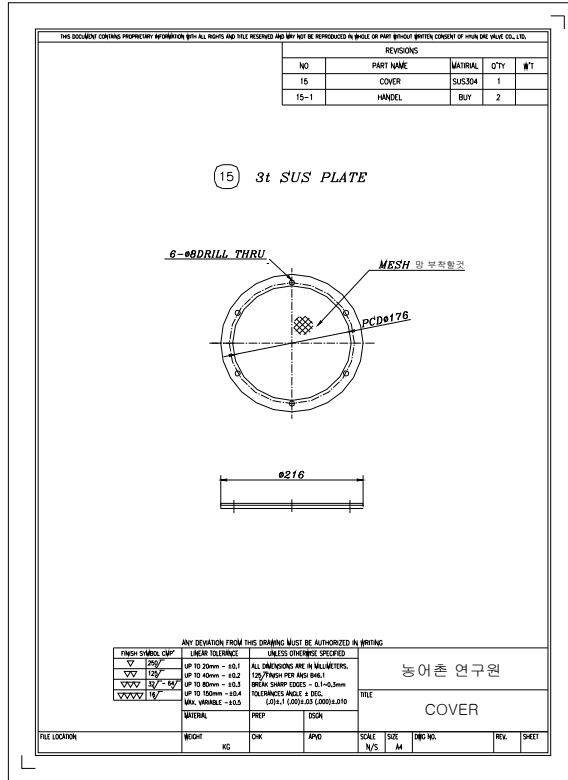


(m) 무동력 자동수문 정수지 커버

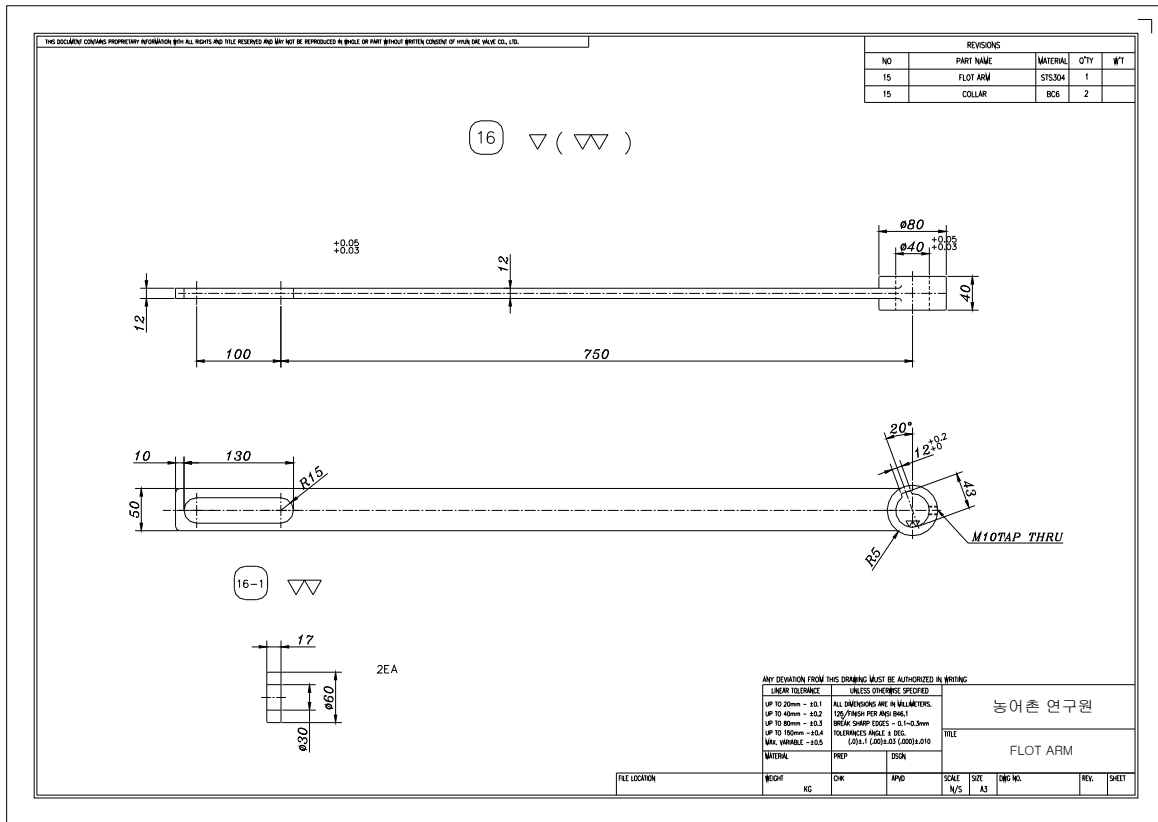


(n) 무동력 자동수문 정수지

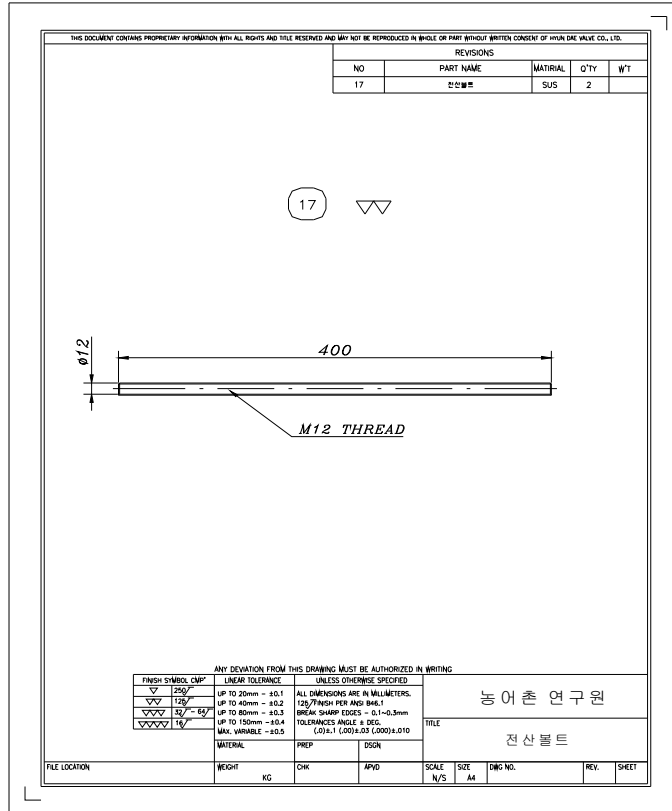




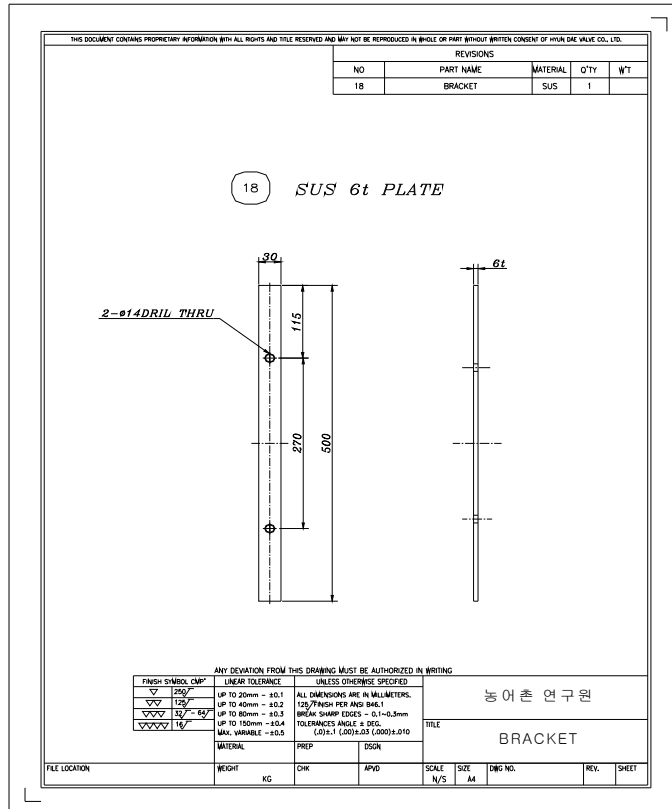
(o) 무동력 자동수문 COVER



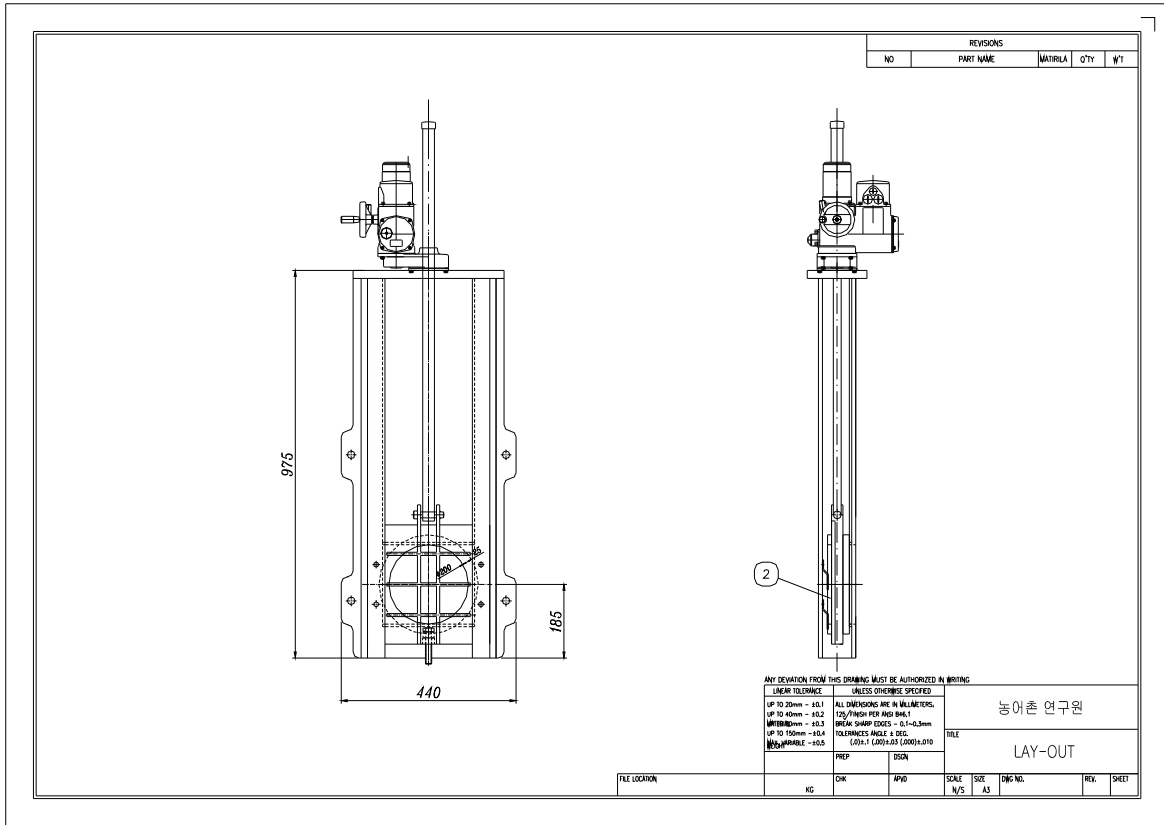
(p) 무동력 자동수문 FLOAT ARM



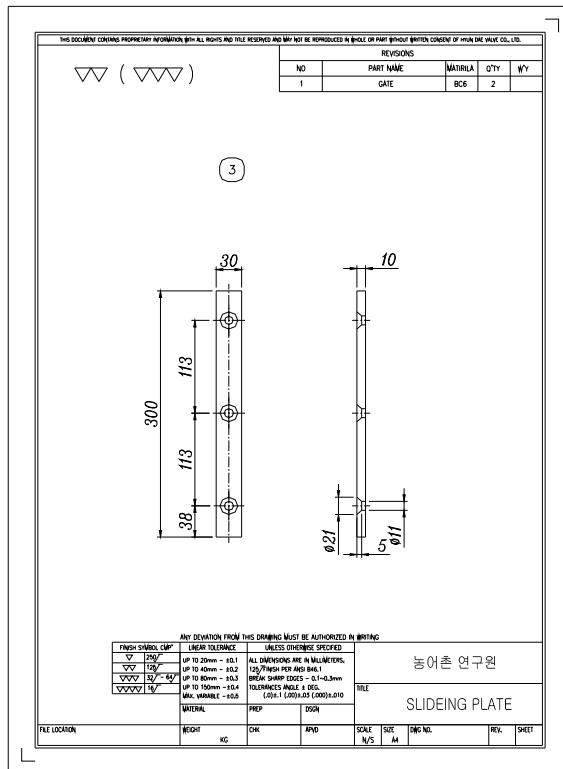
(q) 무동력 자동수문 전산볼트



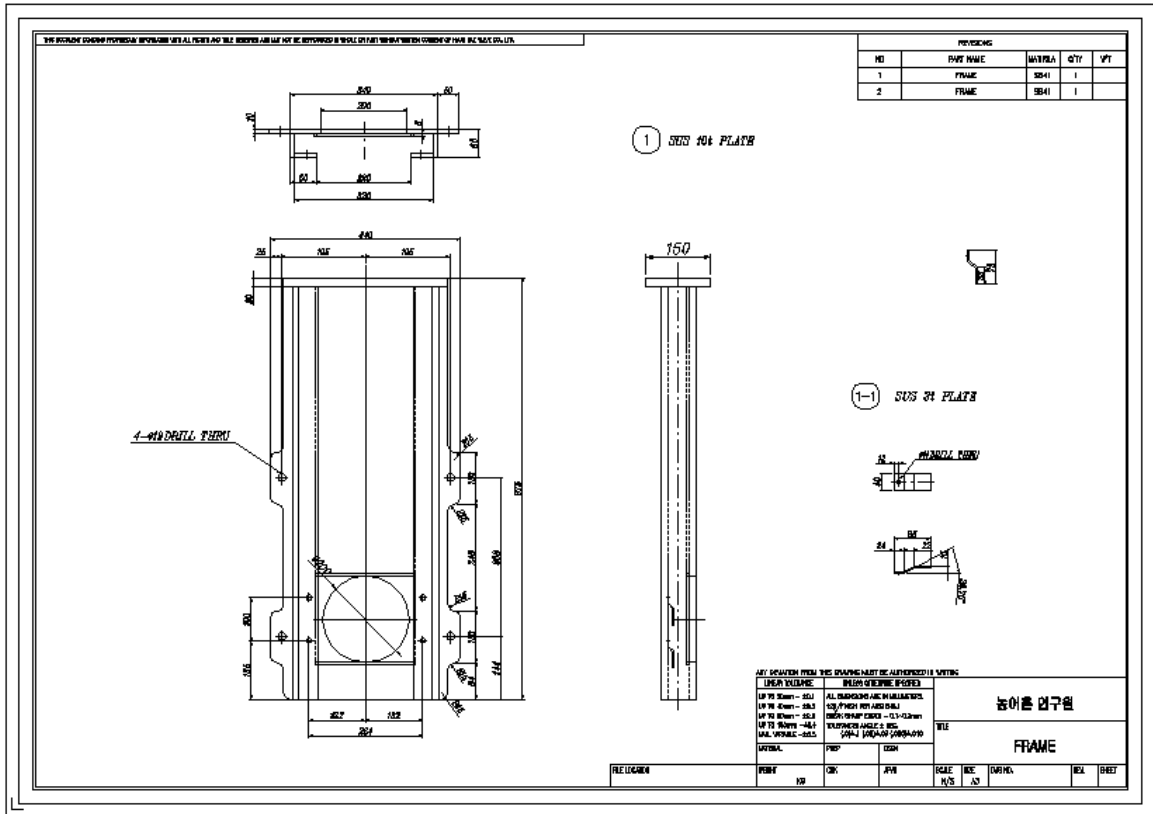
(r) 무동력 자동수문 BRACKET PIN



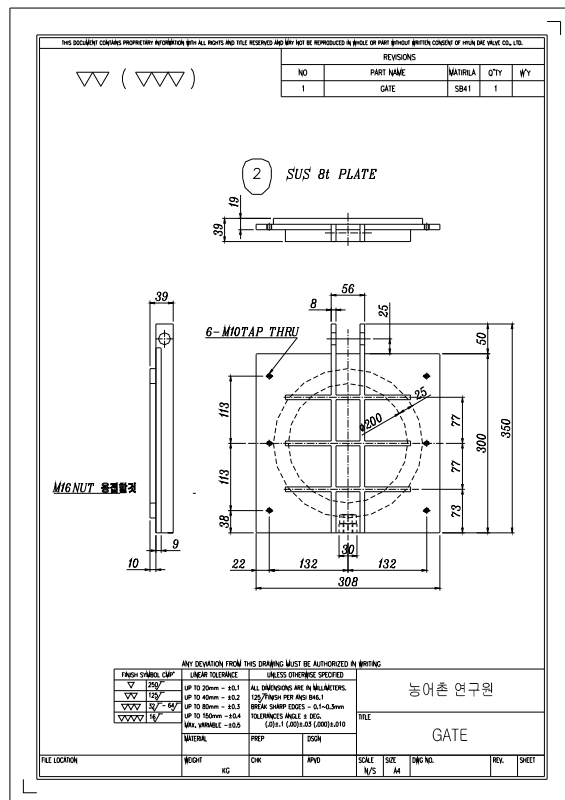
(s) 태양광 전동수문 총조립도



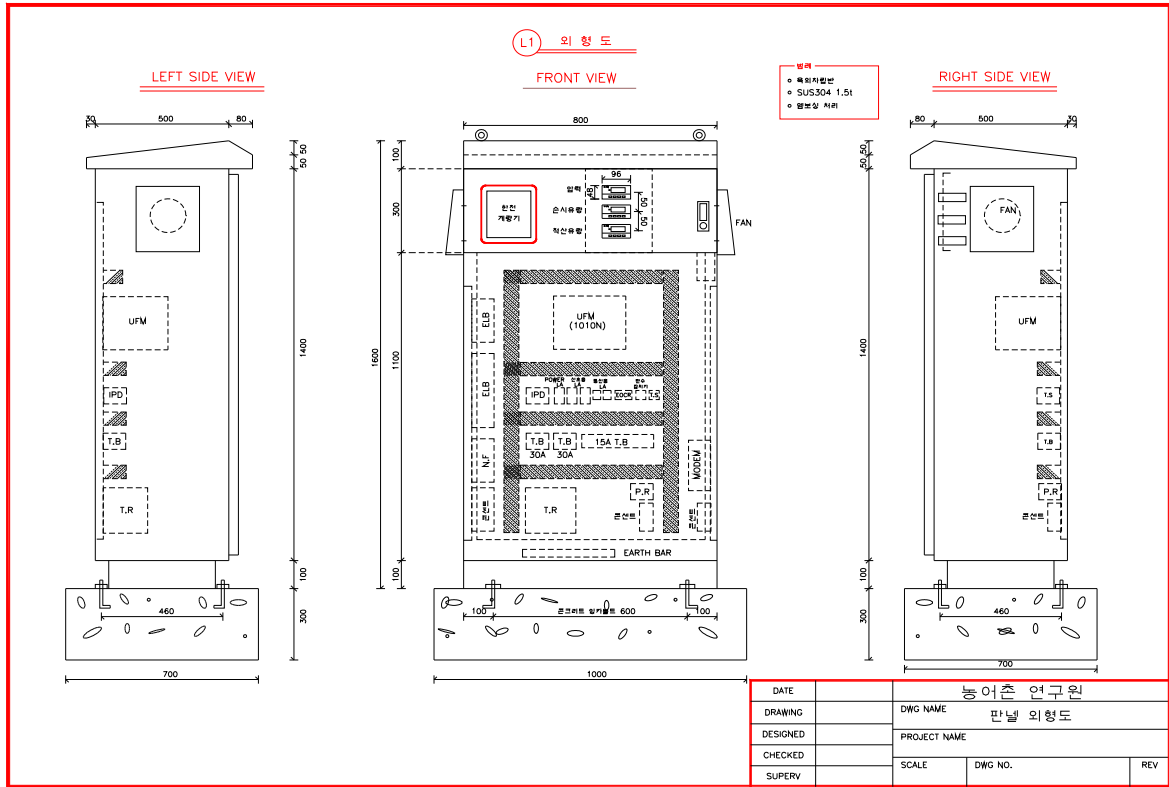
(t) 태양광 전동수문 PLATE



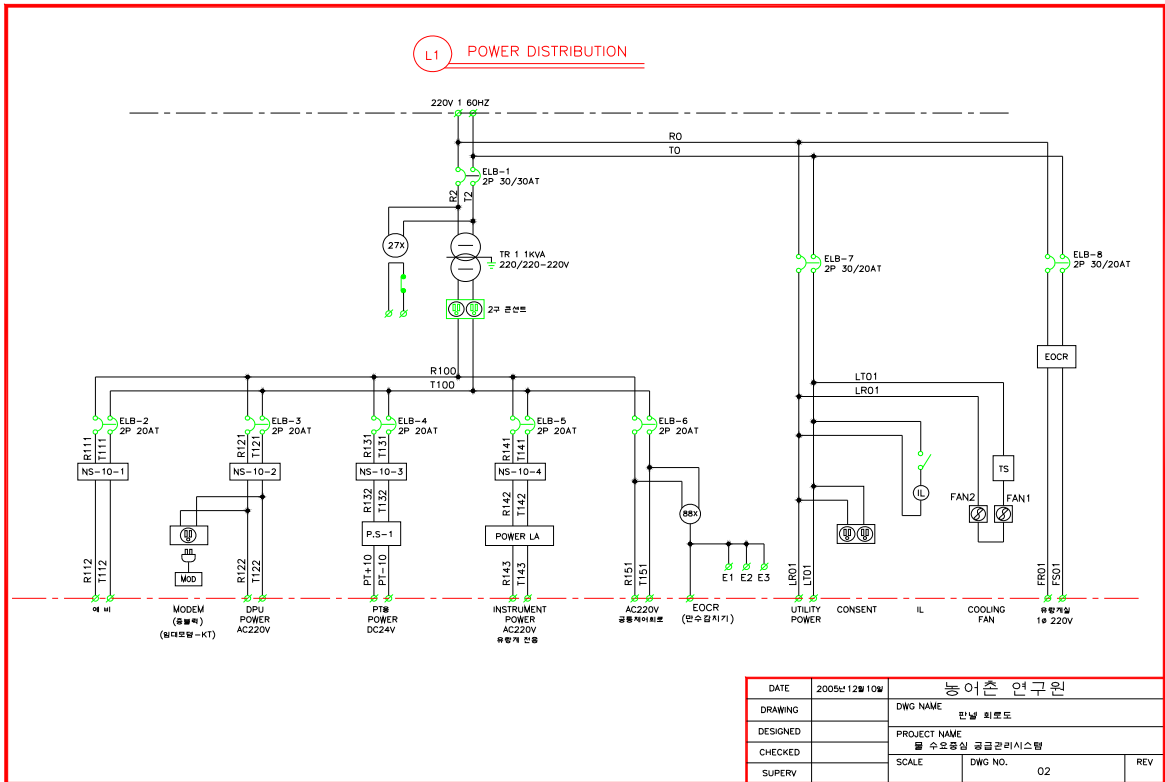
(u) 태양광 전동수문 FRAME



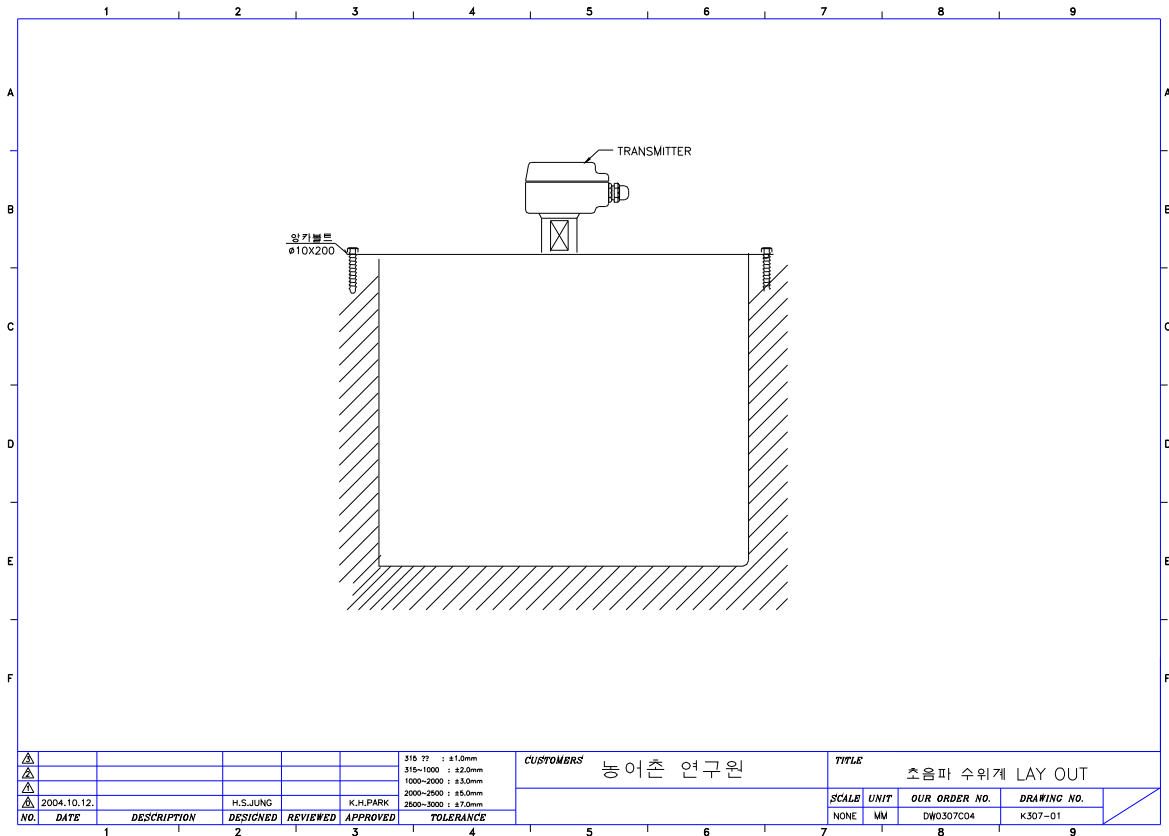
(v) 태양광 전동수문 GATE



(w) 수위정보시스템 PANNEL



(x) 태양광 전동수문 수위정보시스템 PANNEL 회로도



(y) 초음파수위계

### 3.1.5.2 제2차 시제품 제작도면

문의 문비와 문틀의 지수부를 전면 면마찰식이 아니라 일부 면마찰식으로 전환하여 마찰력을 대폭 감소시켰으며 무동력 자동수문의 경우 주수조의 위치를 자유로이 변경가능토록 하였다. 특히 유말공에 부착되어 있는 수위감지장치의 경우 기존의 30cm 감지에서 50cm 감지까지 가능토록 하여 위치에 상관없이 유말의 수위를 측정가능토록 하였다.



(a) 태양광 전동수문 설치 전경



(b) 구동부 액츄에이터



(c) 제어반 내부



(d) Solar Unit



(e) 무동력 자동수문 전경



(f) 무동력 자동수문 후면



(g) 주수부



(h) 밸런스 웨이트



(i) 수위측정장치



(j) 제어함 내부

사진 3.1.5.3 제2차 시제품 설치 전경

### 3.1.5.3 제3차 시작품

제3차 시작품은 2개의 시스템을 제작하였다. 하나는 농어촌연구원에 설치하여 물수요중심 용수 공급시스템의 홍보와 교육을 위해 설치하였으며 당진 대호시험포장에는 기존 제1차 시제품을 보강하는 차원에서 시스템을 보완하여 설치하였다. 제3차 시작품 제작내역은 표 3.1.5.3과 같다.

표 3.1.5.3 제3차 시작품 내역

항 목	제3차 시제품	
○ 설치장소	농어촌연구원 시험포장	충남 당진 대호
○ 유말 태양광 전동 분수공	0.2kw	0.2kw
○ 무동력 자동 제수문	W0.6m×H0.8m×L2.4m	W0.6m×H0.8m×L2.4m
○ 수위측정장치	전자감응식	전자감응식
○ 자동물꼬 또는 담수심 측정장치	자동물꼬(0.1m) 담수심 측정(전자감응식)	자동물꼬(0.1m) 담수심 측정(전자감응식)

제3차 시작품의 특징은 우선 지선수로내의 유량의 흐름정보를 수위측정장치가 감지하여 이것을 태양광 전동수문의 제어부로 정보전송을 하며, 두 번째는 포장내의 담수심(논의 수심)을 한군데 또는 두군데에서 감지하여 마찬가지로 태양광 전동수문의 제어부로 정보를 전송한다. 이 때 급수를 위한 조건은 수로 내 물이 흐르고 포장내 담수심이 적을 때 태양광 전동수문이 열리고 유말

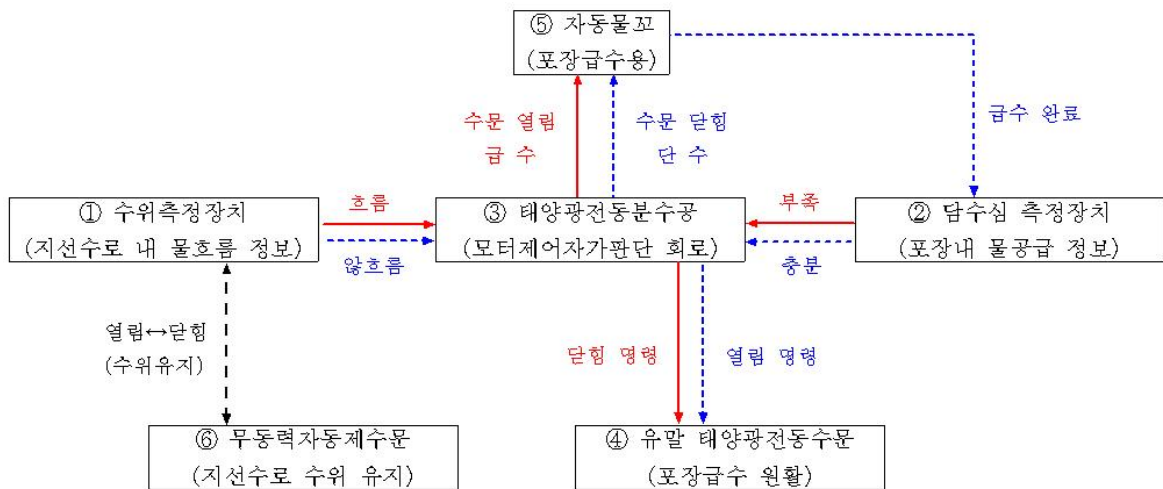


그림 3.1.5.2 시스템 작동 메커니즘



태양광 전동수문이 닫혀서 자동물꼬를 통하여 논에 물을 공급하며 포장 내에 물을 충분히 공급되었거나 또는 지선수로에 물이 흐르지 않으면 수문은 열리지 않는 시스템 구성으로 되어 있다.

따라서 물수요중심 용수공급시스템의 작동원리는 ① 지선수로 물흐름정보(수위측정장치) → 모터제어자가판단 회로에 전달, ② 포장내 급수정보(담수심 측정장치) → 모터제어자가판단 회로에 전달, ③ 태양광전동분수공(개폐) ↔ 유말 태양광전동수문(역방향 개폐), ④ 유말 태양광전동수문(역방향 개폐), ⑤ 자동물꼬(급수 개시 및 완료), ⑥ 무동력자동제수문(지선수로 내 물흐름 정보) 개폐를 한다.

(가) 농어촌연구원 설치 시제품

한국농촌공사 농어촌연구원에 설치한 시스템은 현장적용을 위한 성능시험 및 시스템 홍보·교육을 목적으로 한다. 설치내역은 태양광전동분수공 1조, 유말 태양광전동수문 1조, 개량 무동력자동제수문 1조, 수위측정장치 1조, 자동물꼬 6조(2조는 기존 이용), 담수위 측정장치 1조등 이다. 시스템 작동을 위한 물 공급은 기존의 집수조와 펌프, 저수조, 수로를 이용하여 시스템에 의한 관개면적은 0.7ha이다. 담수심의 설정은 15cm로 설정하였으며 이때 이앙, 비료, 건조등 농법에 관계되는 담수심 변경은 상황에 따라서 컴퓨터를 이용하여 현장에서 자유로이 변경시킬 수 있다.

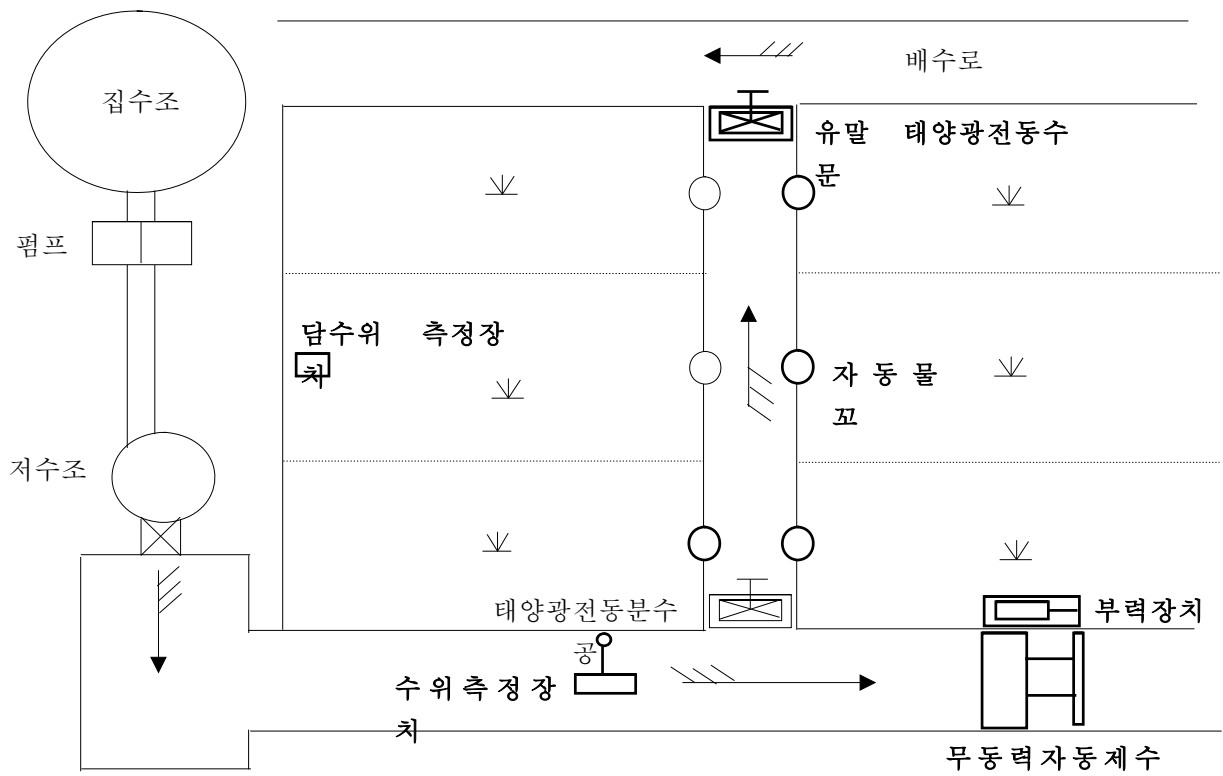


그림 3.1.5.3 농어촌연구원 적용 시제품 설치 개요도



(a) 태양광 전동수문 설치전경



(b) 수문비 및 지수부



(c) 연결 클립프



(d) 수위측정장치



(e) 제어반 내부



(f) 담수심 측정장치



(g) 무동력 자동수문 설치 전경



(h) 주수부

사진 3.1.5.4 제3차 시제품 설치 전경(농어촌연구원)

(나) 충남 당진 대호시험포장 설치 시제품

현장에 적용시킨 시제품으로서 목적은 시제품의 현장적용 및 성능시험이다. 설치내역은 태양광 전동분수공 1조(기존 이용), 유말 태양광전동수문 1조, 무동력자동제수문 1조, 수위측정장치 1조, 자동물꼬 8조, 담수위 측정장치 2조등이다.

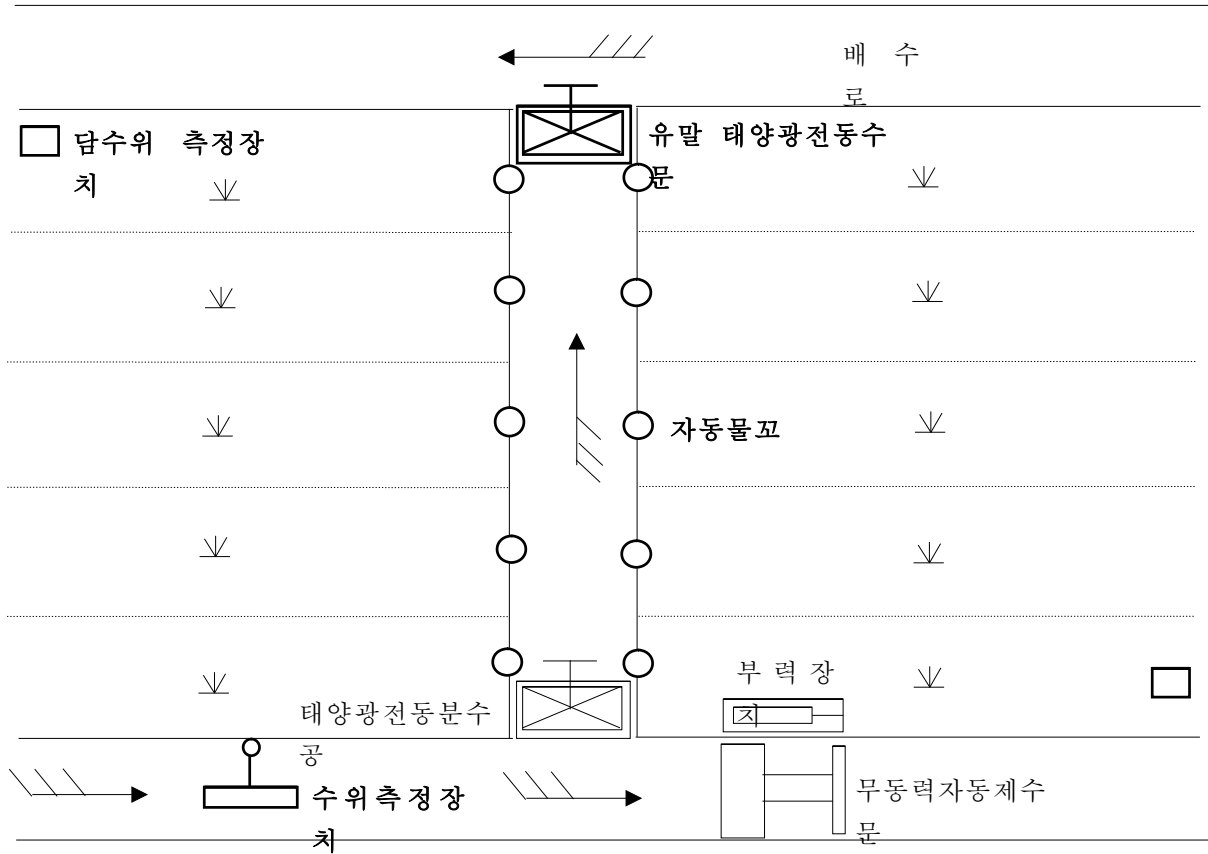


그림 3.1.5.4 충남 당진 대호시험포장 적용 시제품 설치 개요도

충남 당진 대호시험포장에 설치한 시스템의 특징은 첫 번째는 논 2군데에 담수심을 측정하는 곳이 두 군데라고 하는 것이다. 현재 약 8ha를 대상으로 하는 지거가 400m의 연장을 갖고 있으며 논에 물을 대는 특성이 상류부부터 하류부로 이행되기 때문에 맨 나중에 물을 대는 논 2군데에 담수심 측정장치를 부착시켜 두 군데 다 물이 없거나 충분한 물공급이 이루어질 경우에만 시스템이 작동 되도록 하였다. 두 번째는 자동물꼬로서 기존에는 일정한 담수심을 상정하여 플롯의 높이를 한정시켰으나 본 설치제품은 배수물꼬의 높이에 대응되도록 하여 항상 물이 배수물꼬를 통하여 버려지지 않도록 고안하였다. 세 번째로는 전동수문의 작동법으로서 수동일 경우는 간단하나 자동일 경우에는 분수공과 유말공의 수문이 반대작동을 하도록 하여 비급수기에 강우에 의한 월류피해를 방지할 수 있도록 하였다.



(a) 태양광 전동분수공



(b) 수문비



(c) 유말 태양광 전동수문



(d) 구동부



(e) 담수심 측정장치(2개소)



(f) 수위측정장치 및 집수계

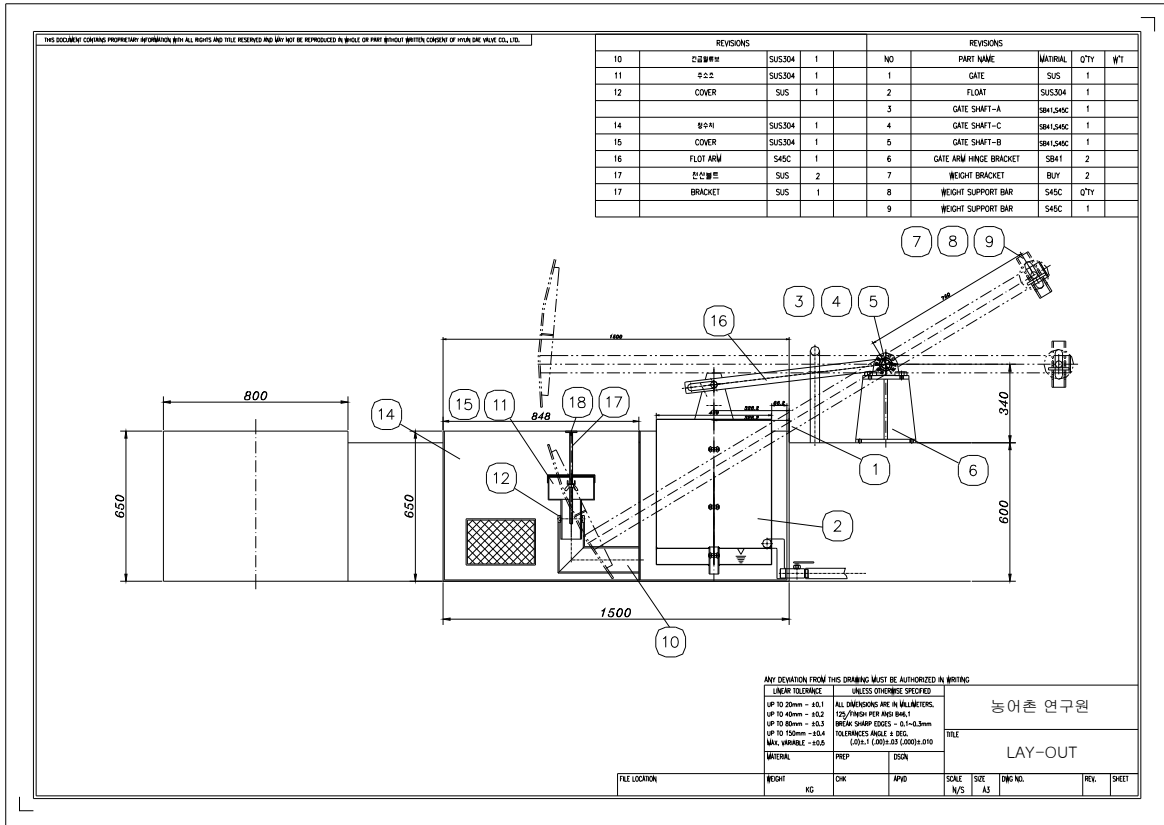


(g) 정보전달 및 제어부

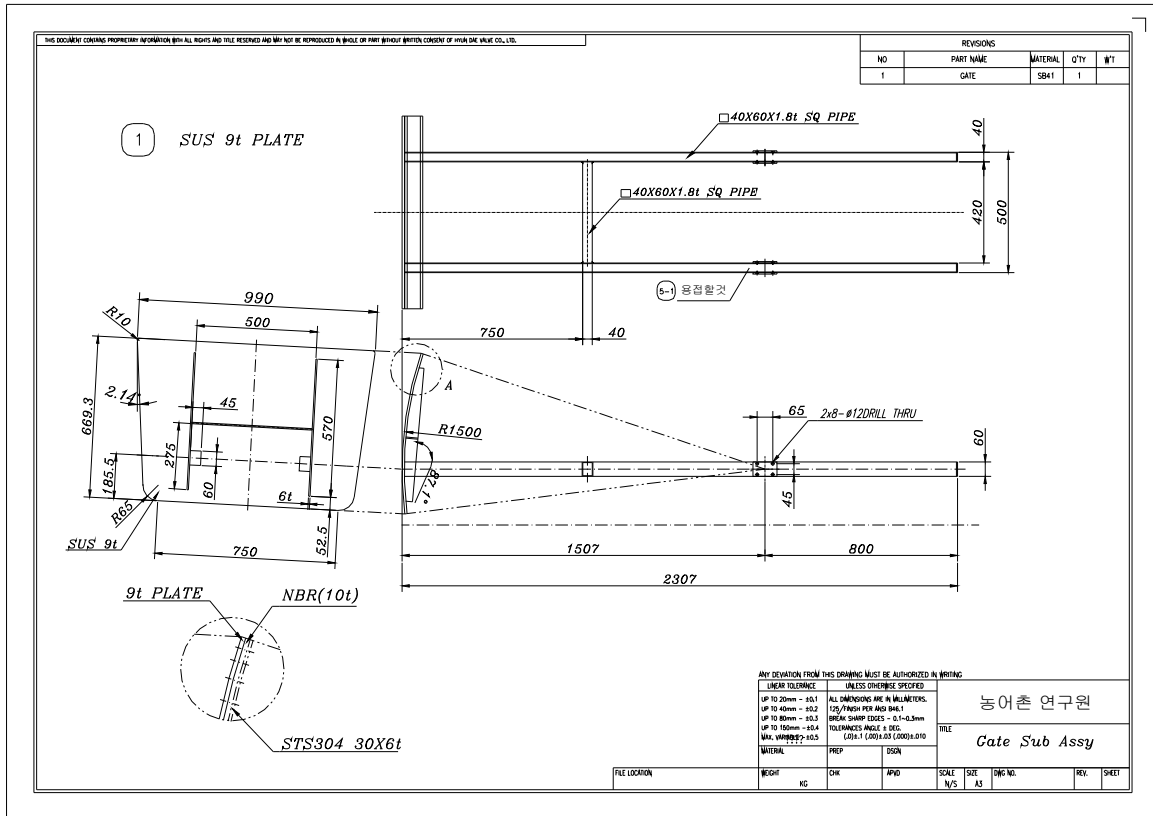


(h) 무동력 자동수문

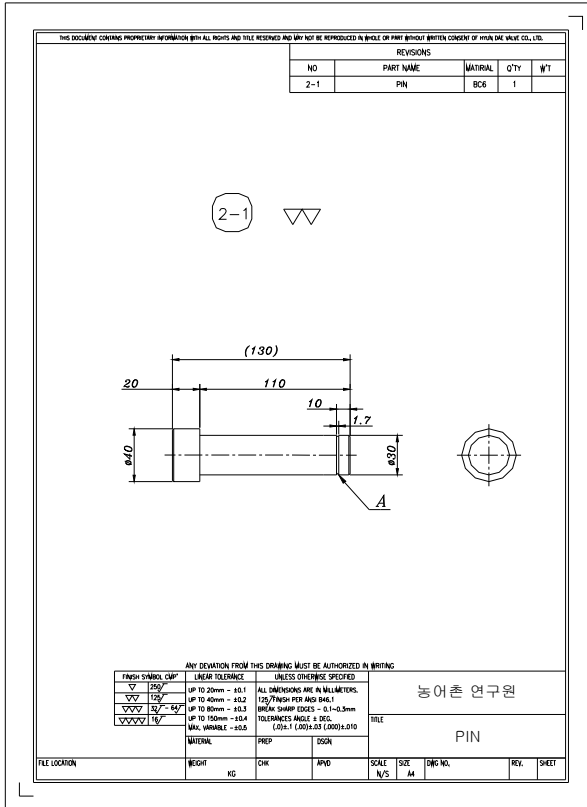
사진 3.1.5.5 제3차 시제품 설치 전경(충남 당진 대호시험포장)



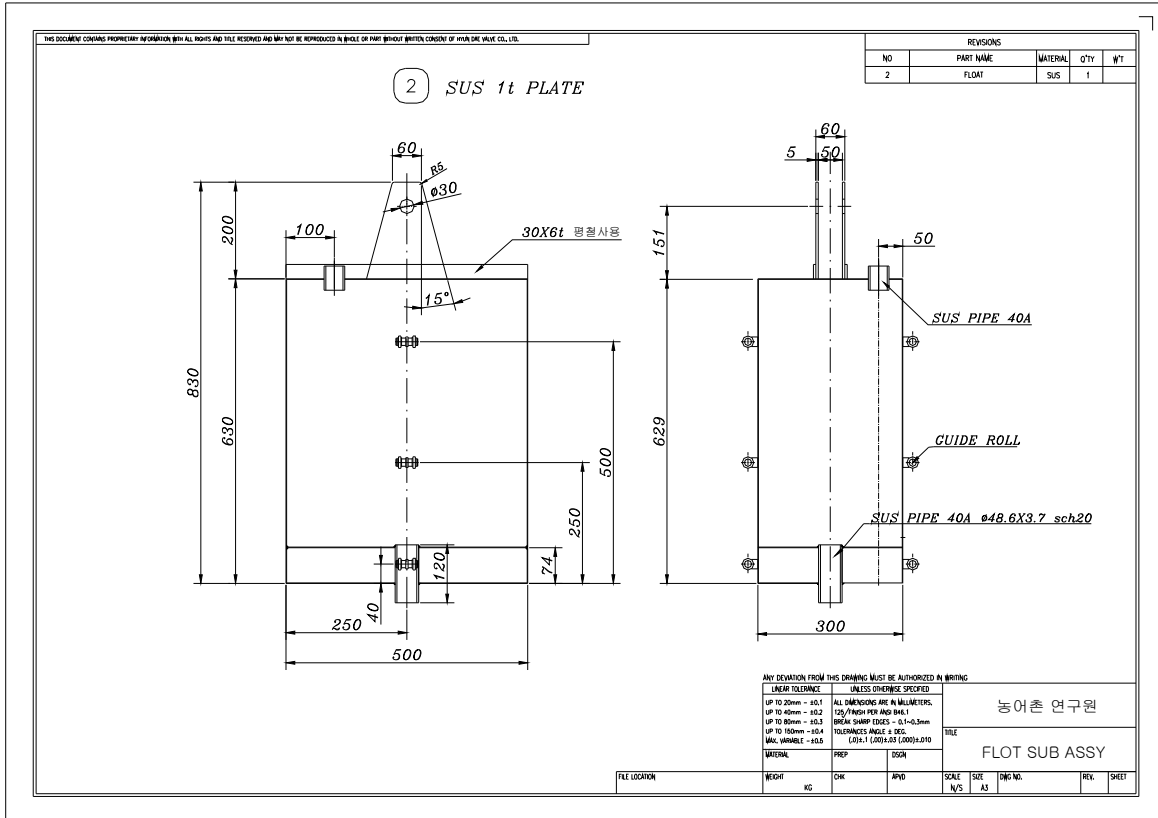
(a) 무동력 자동수문 총조립도



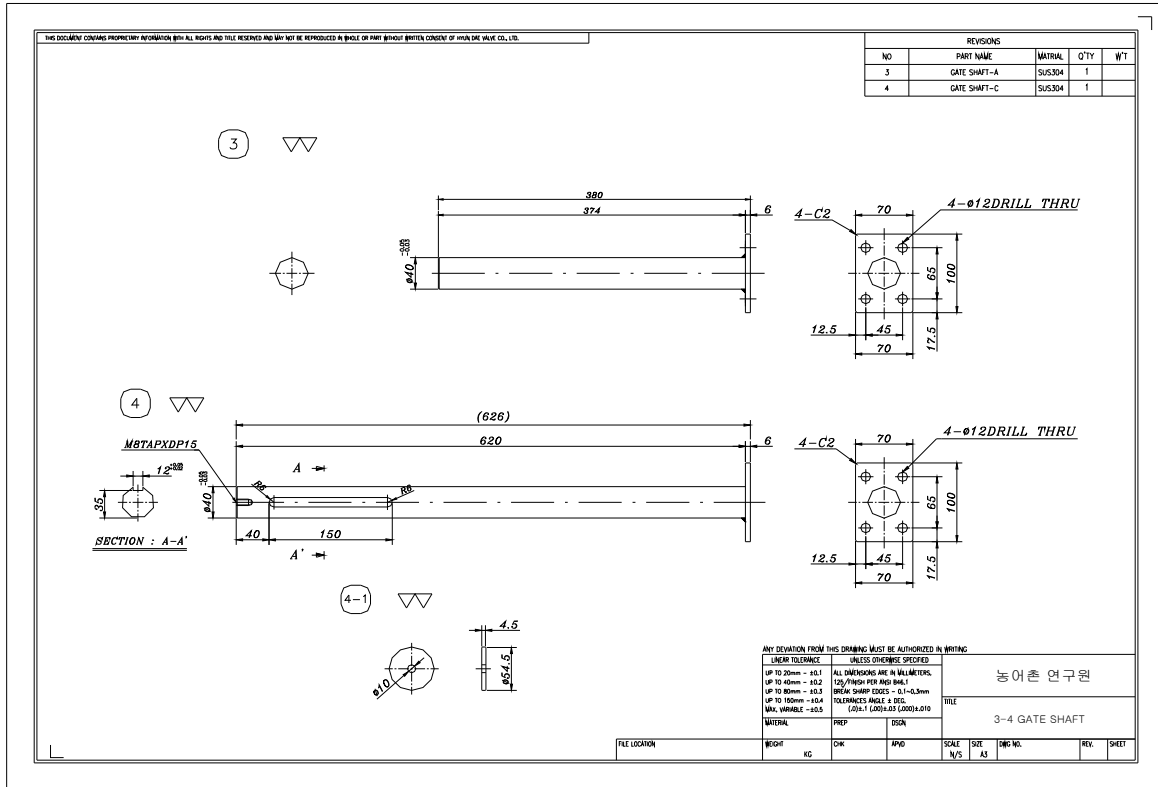
(b) 무동력 자동수문 프레임 및 게이트



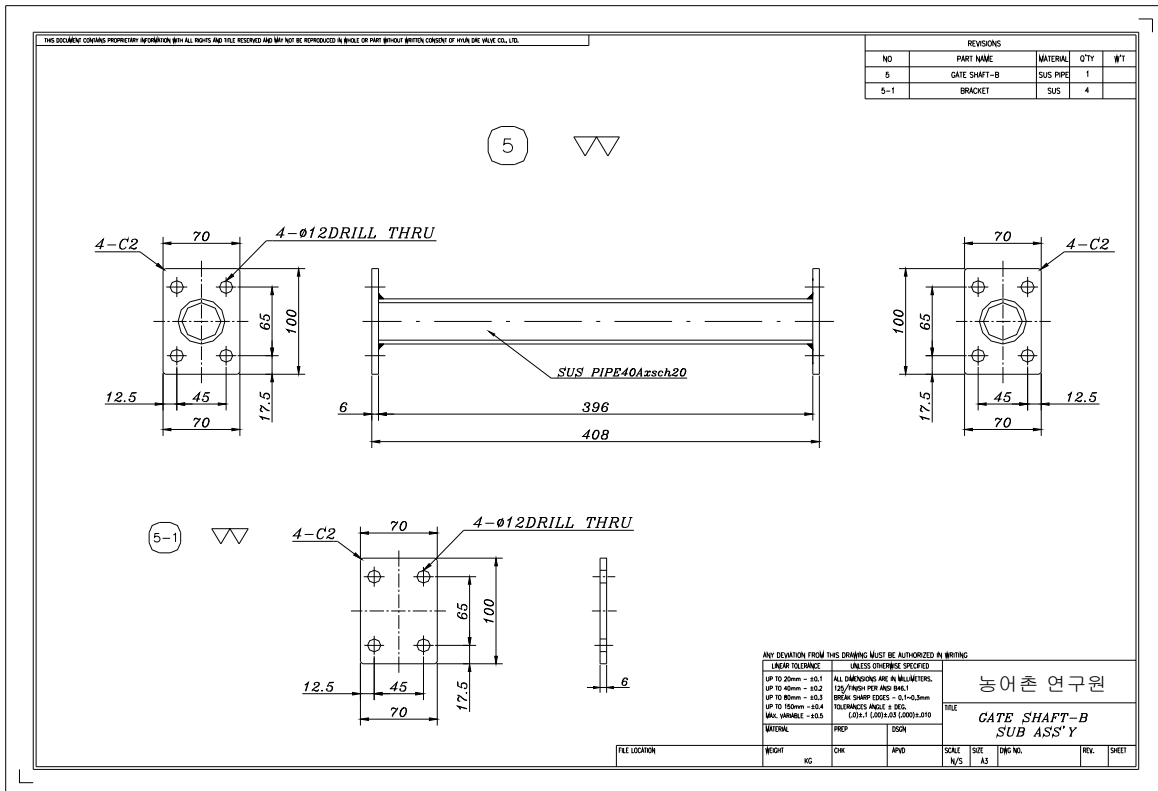
(c) 무동력 자동수문 연결 Pin



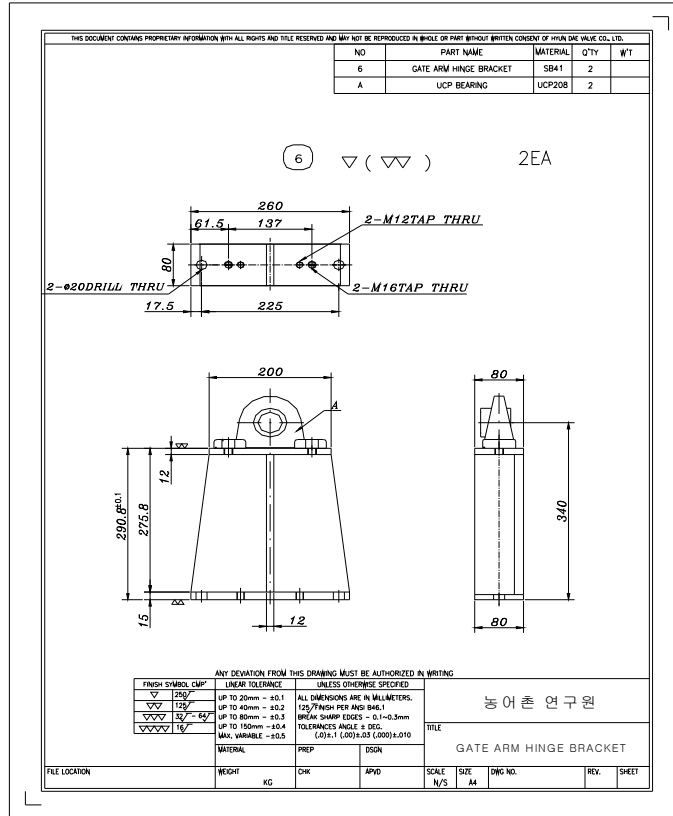
(d) 무동력 자동수문 Float room



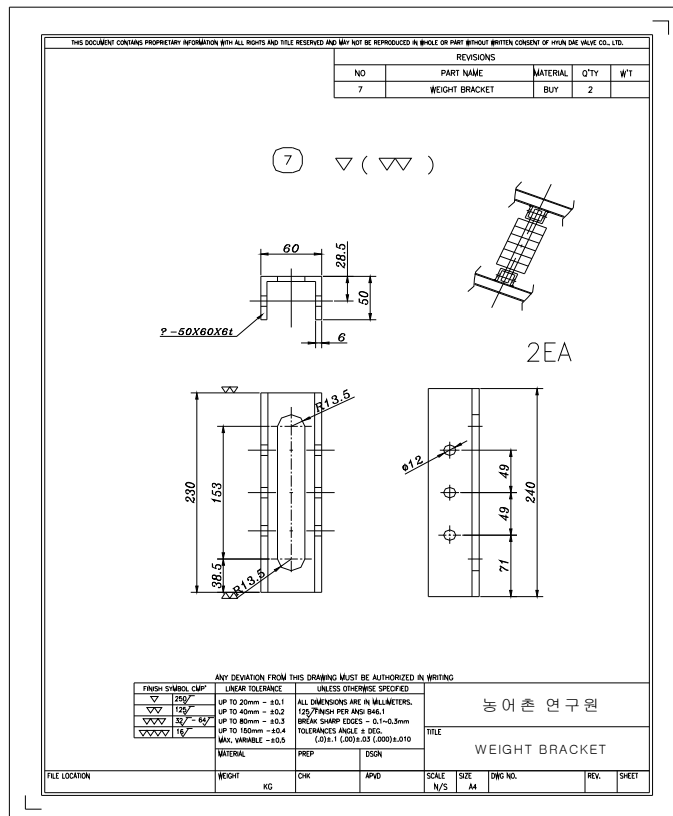
(e) 무동력 자동수문 Gate shaft



(f) 무동력 자동수문 Gate shaft Joint

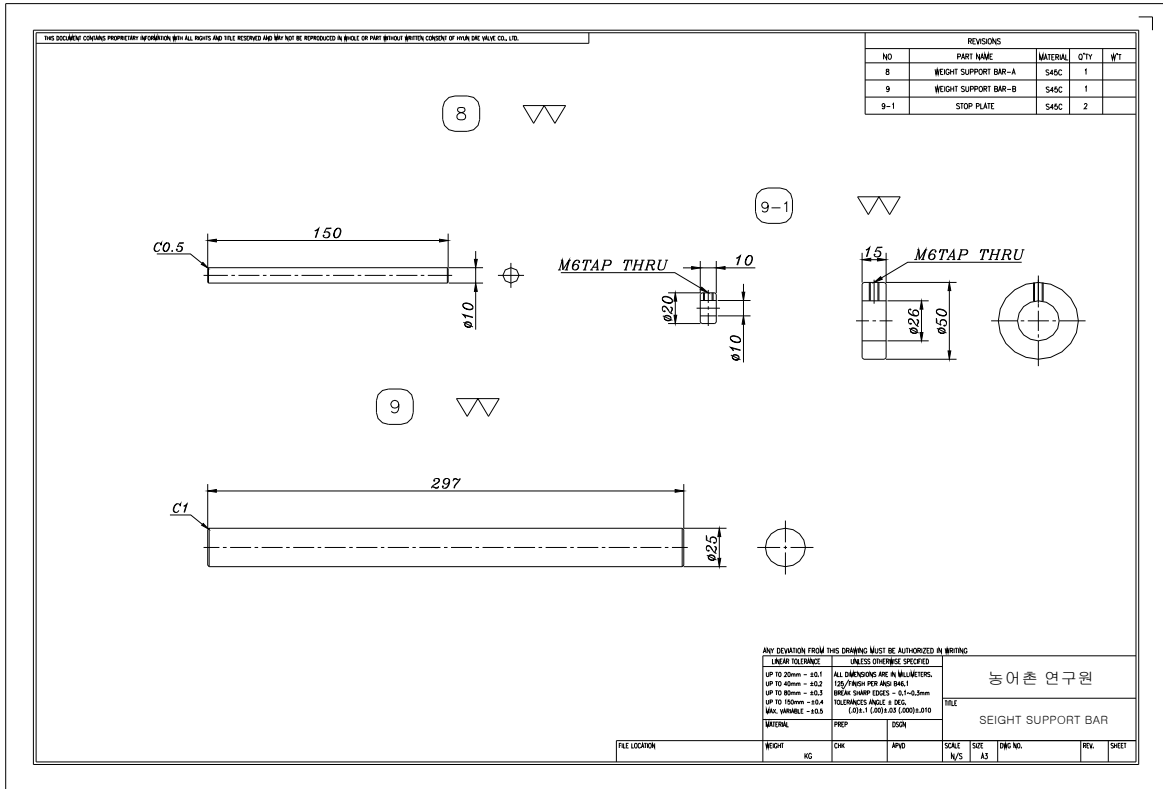


(g) 무동력 자동수문 GATE ARM HINGE BRACKET

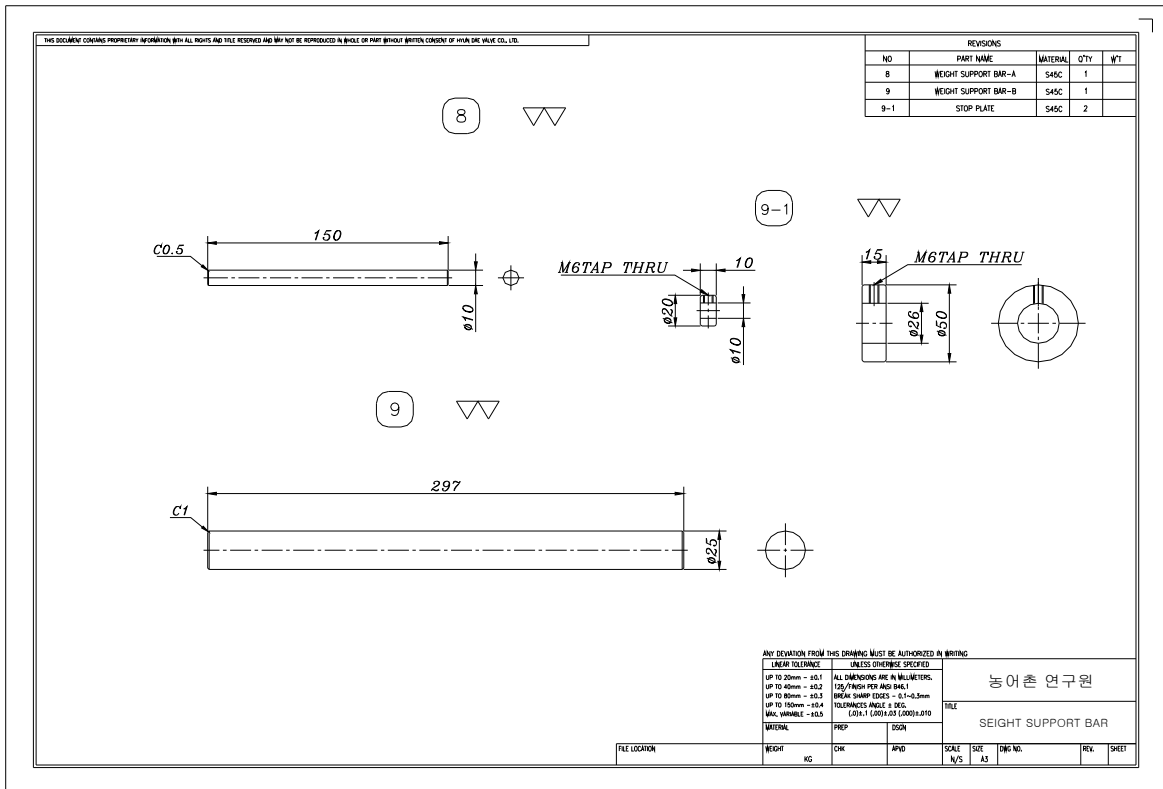


(h) 무동력 자동수문 WEIGHT BRACKET

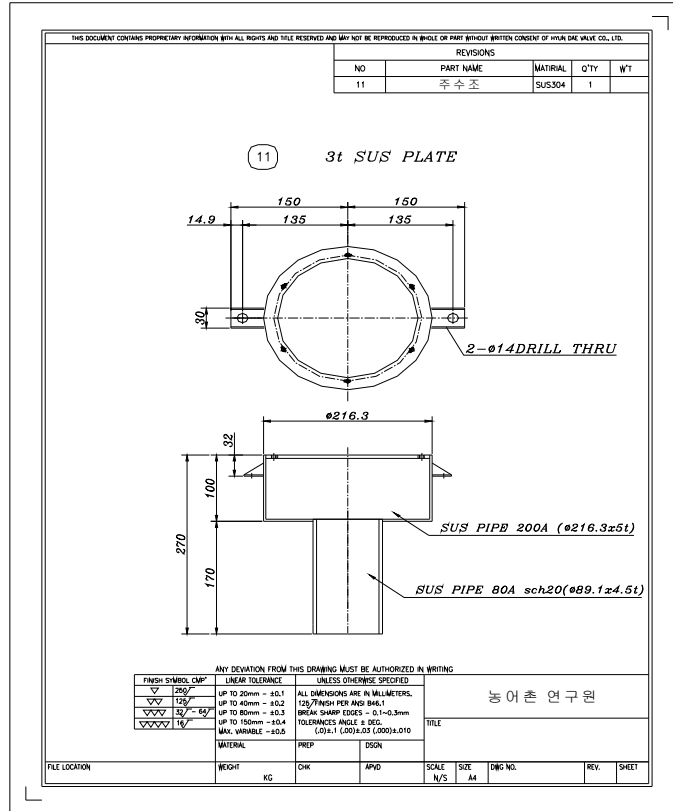




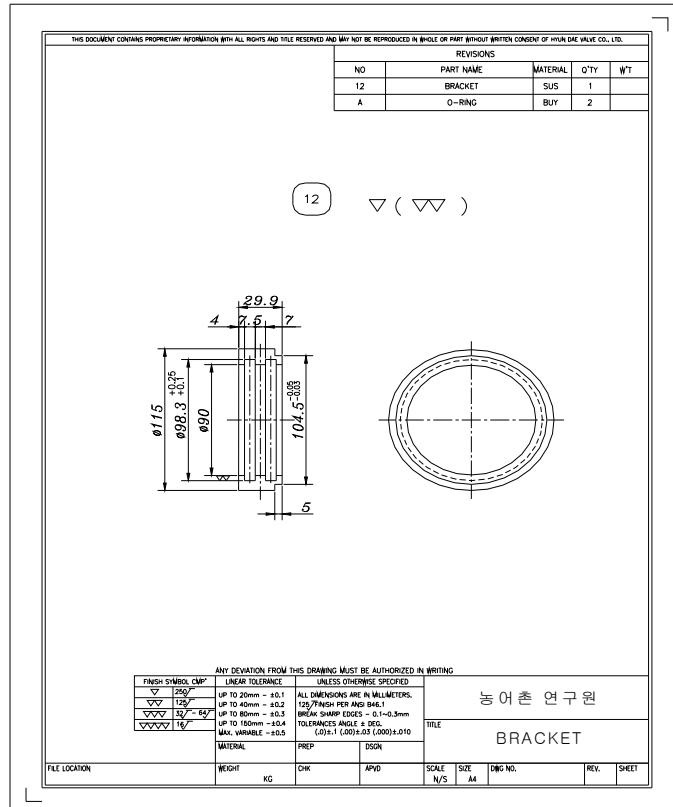
(i) 무동력 자동수문 WEIGHT SUPPORT BAR



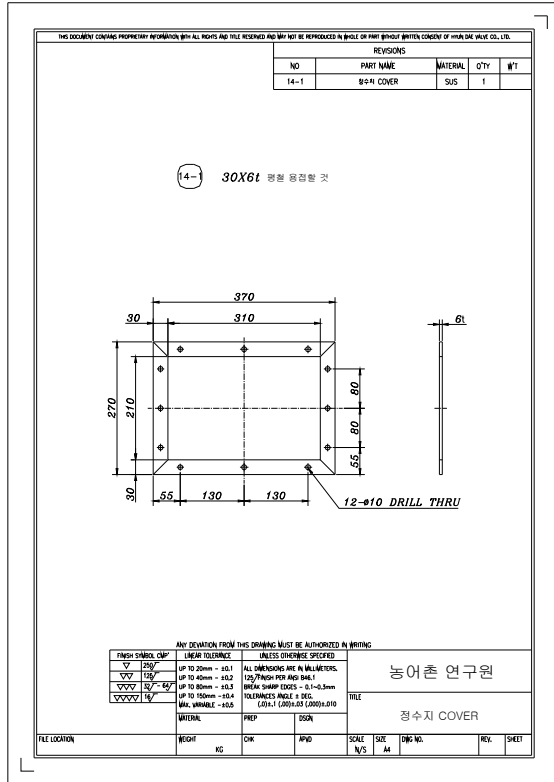
(j) 무동력 자동수문 긴급일류보



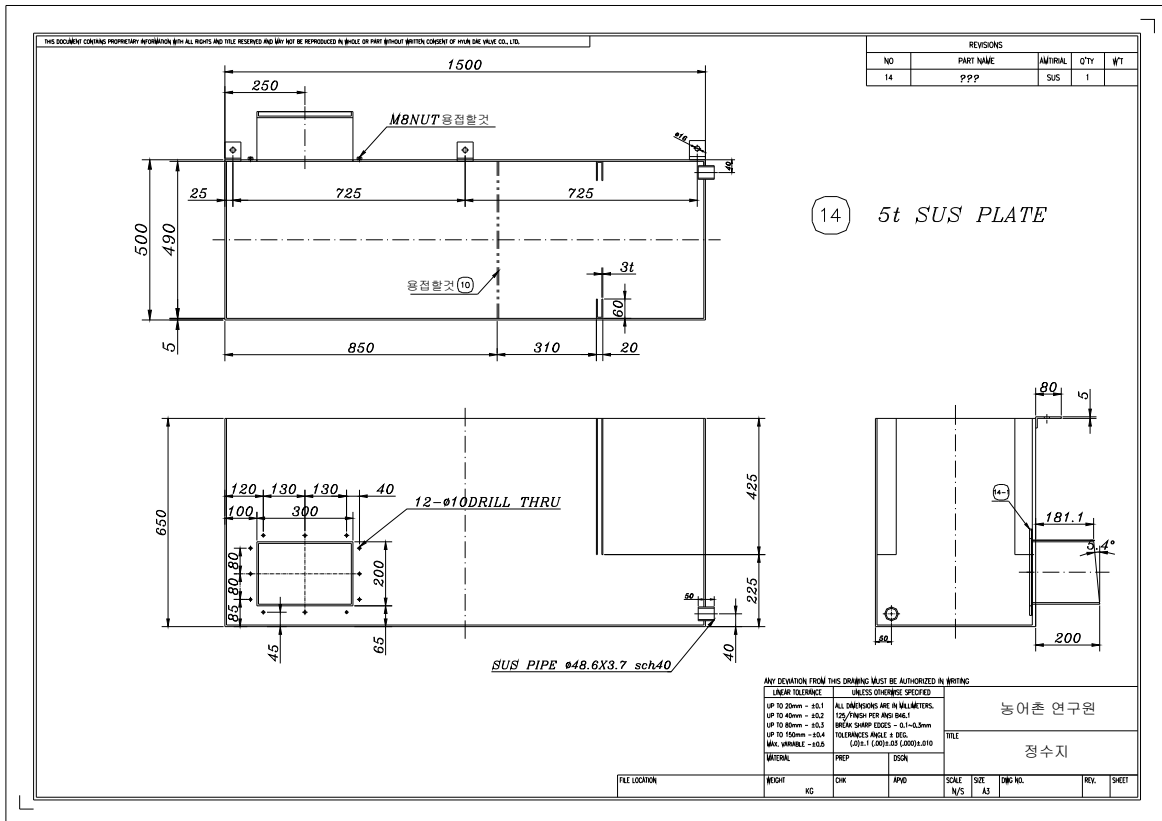
(k) 무동력 자동수문 주수조



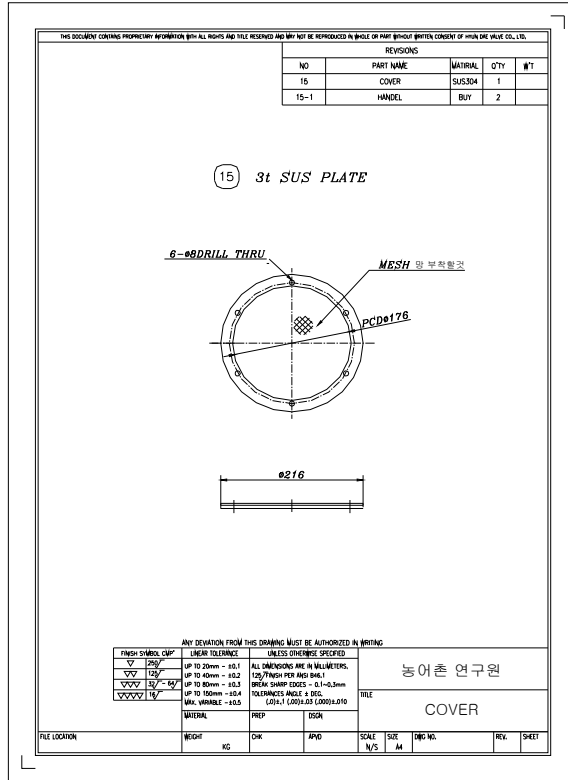
(l) 무동력 자동수문 BRACKET



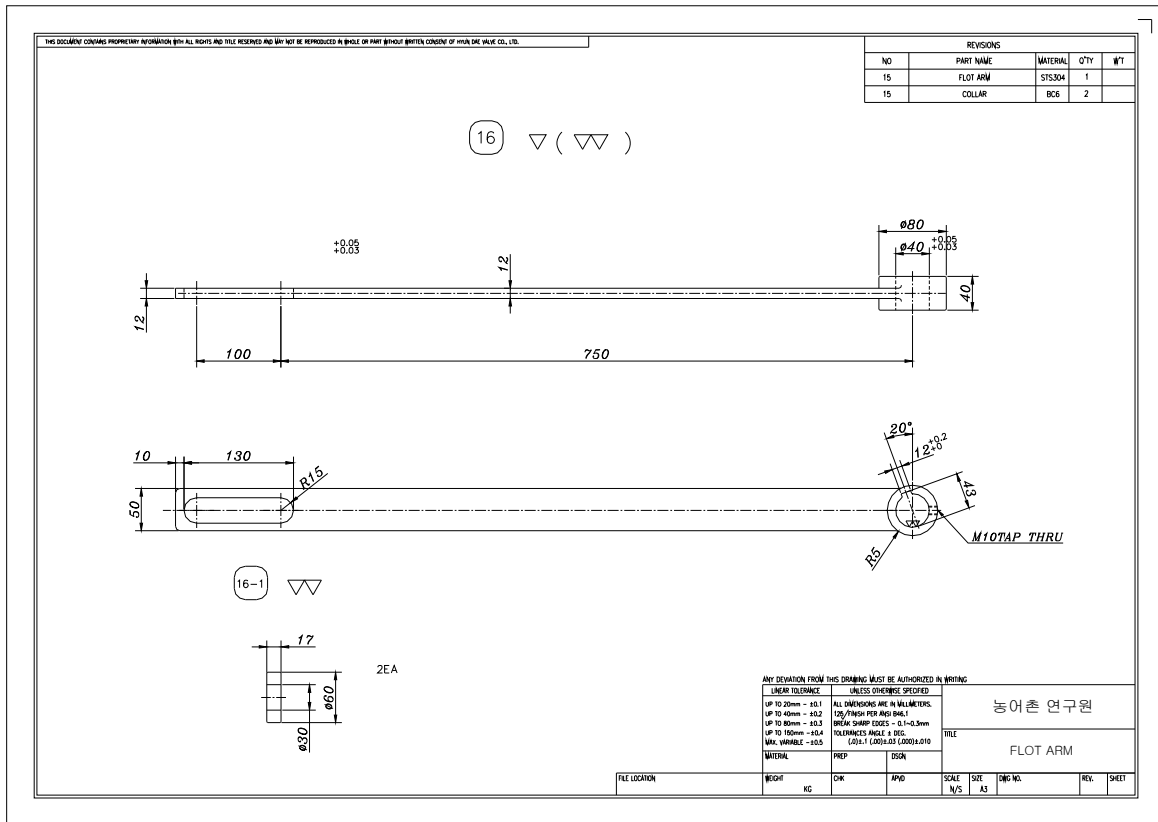
(m) 무동력 자동수문 정수지 커버



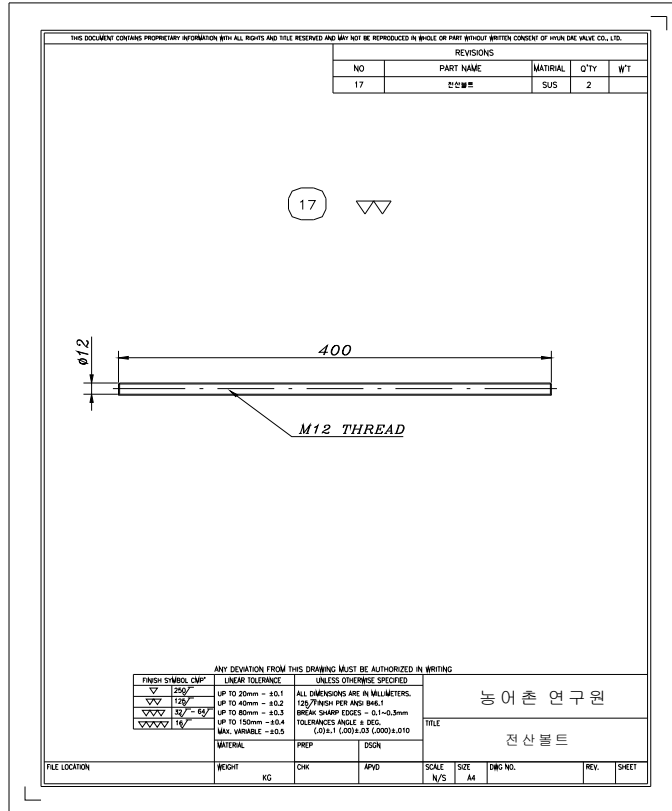
(n) 무동력 자동수문 정수지



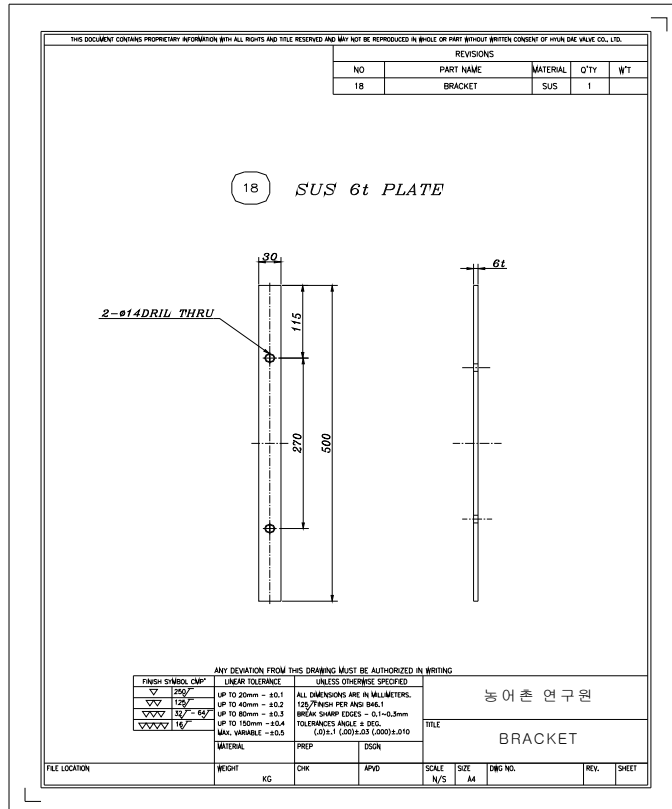
(o) 무동력 자동수문 COVER



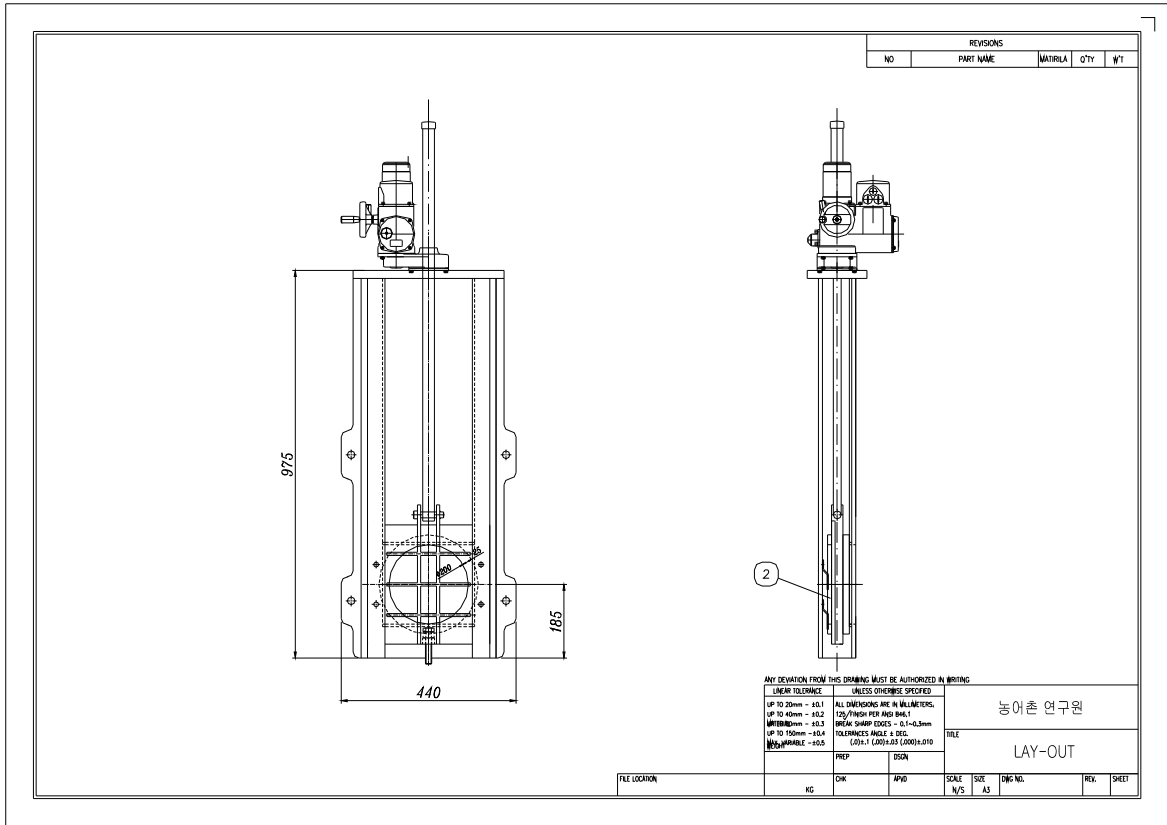
(p) 무동력 자동수문 FLOT ARM



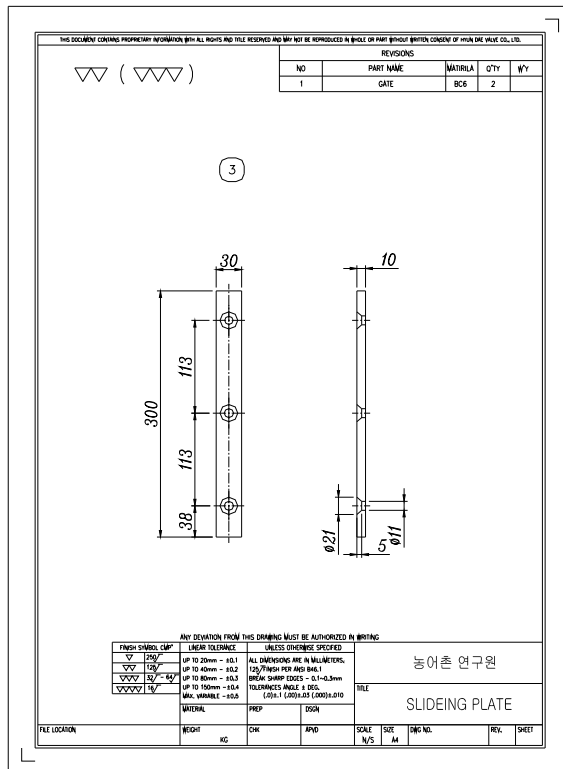
(q) 무동력 자동수문 전산볼트



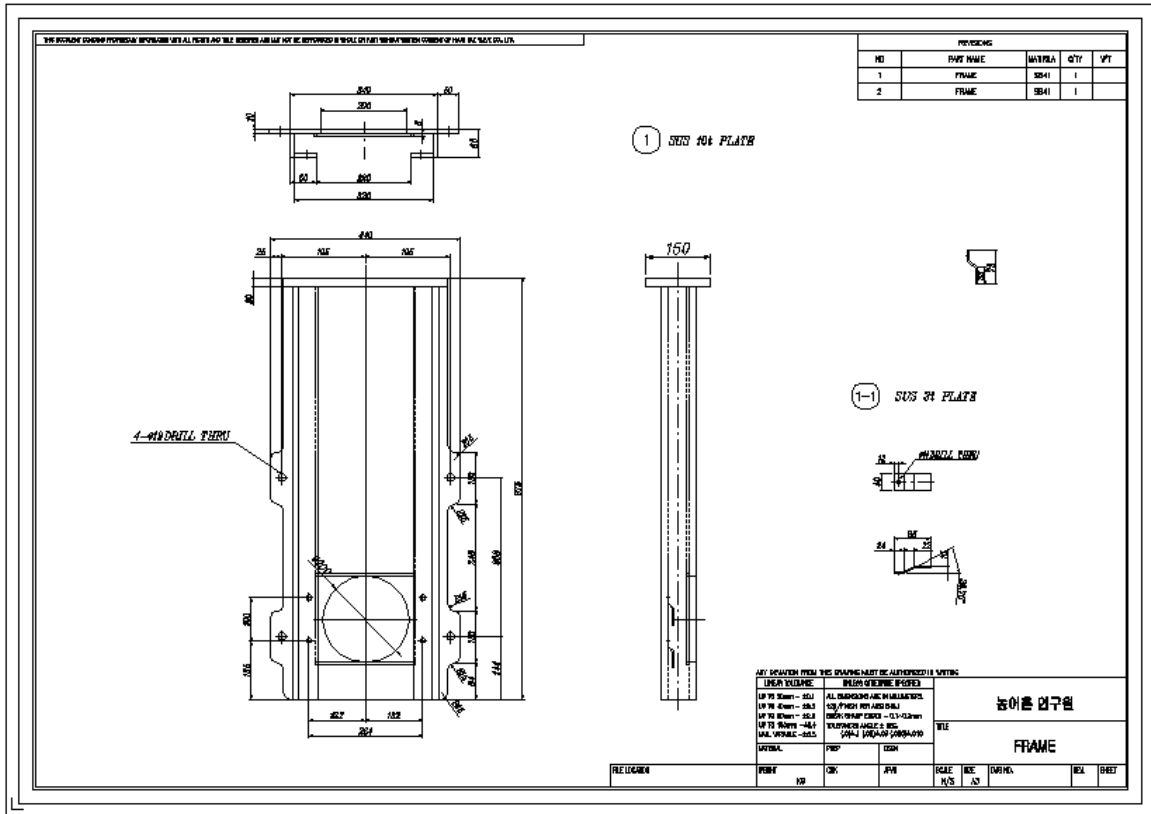
(r) 무동력 자동수문 BRACKET PIN



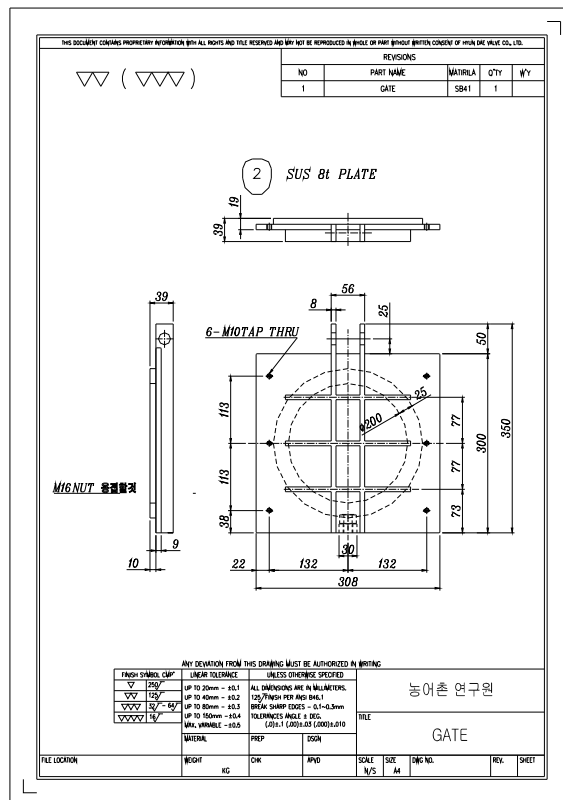
(s) 태양광 전동수문 총조립도



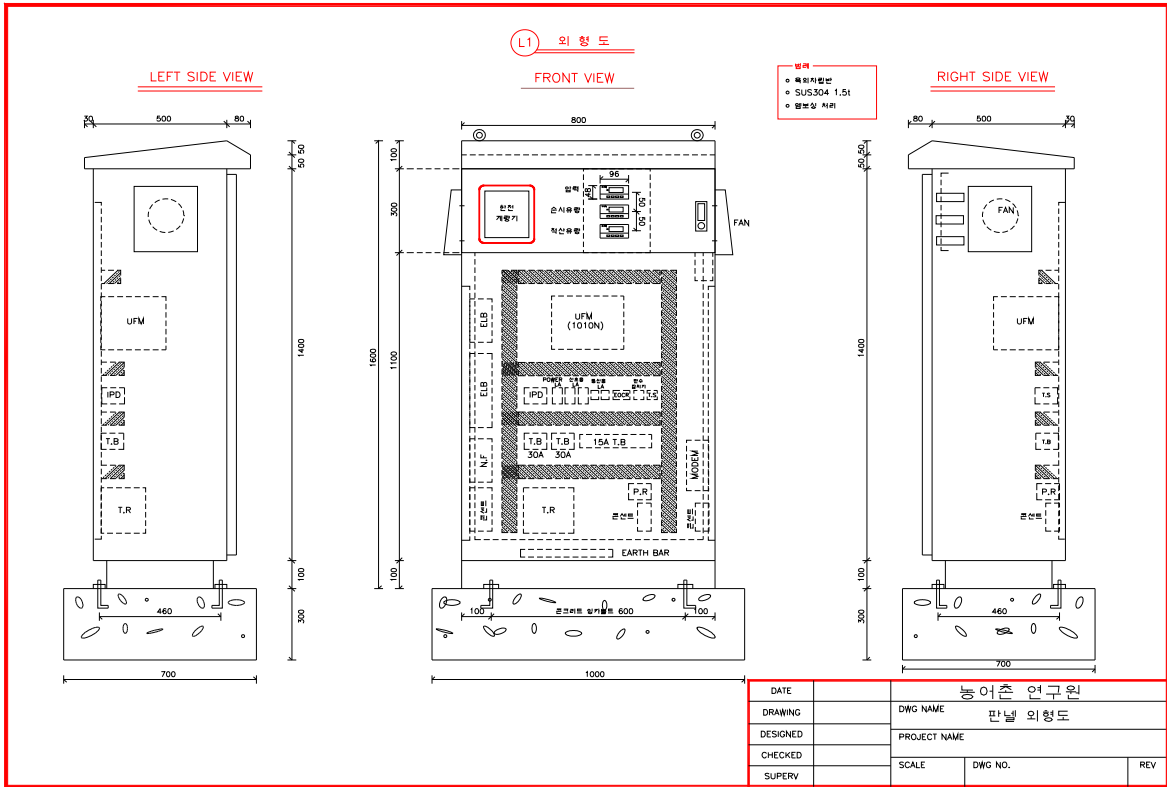
(t) 태양광 전동수문 PLATE



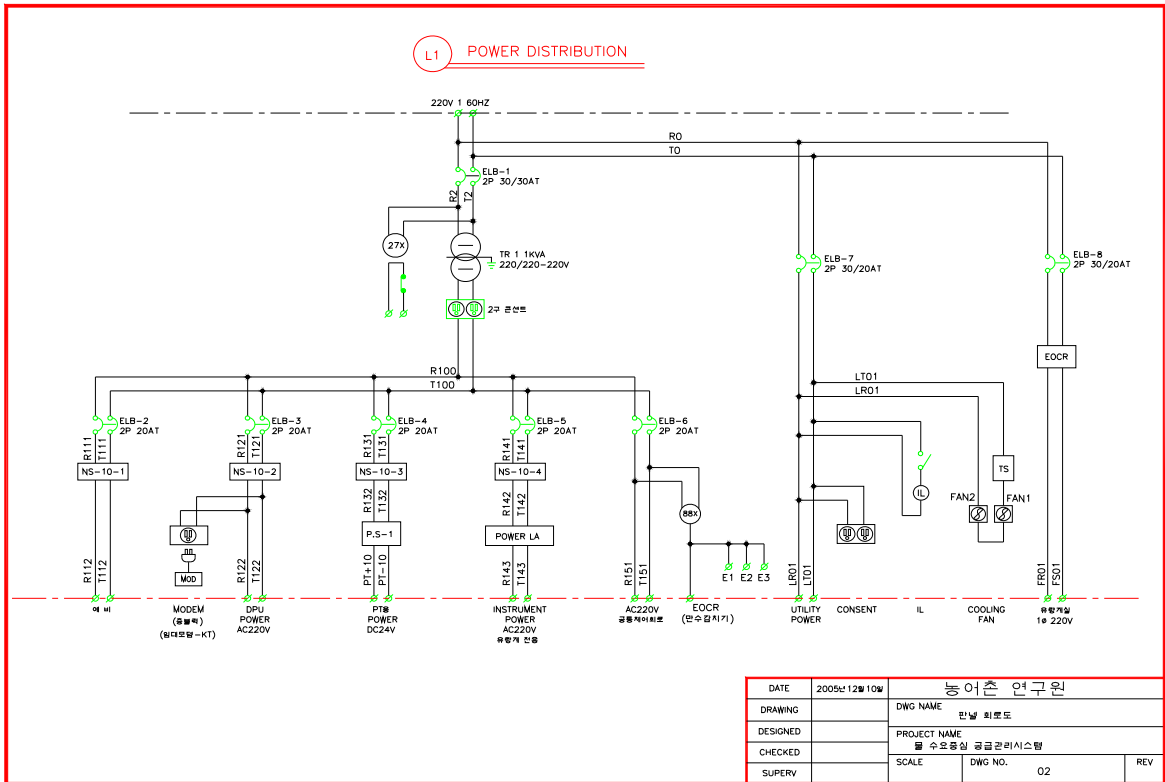
(u) 태양광 전동수문 FRAME



(v) 태양광 전동수문 GATE

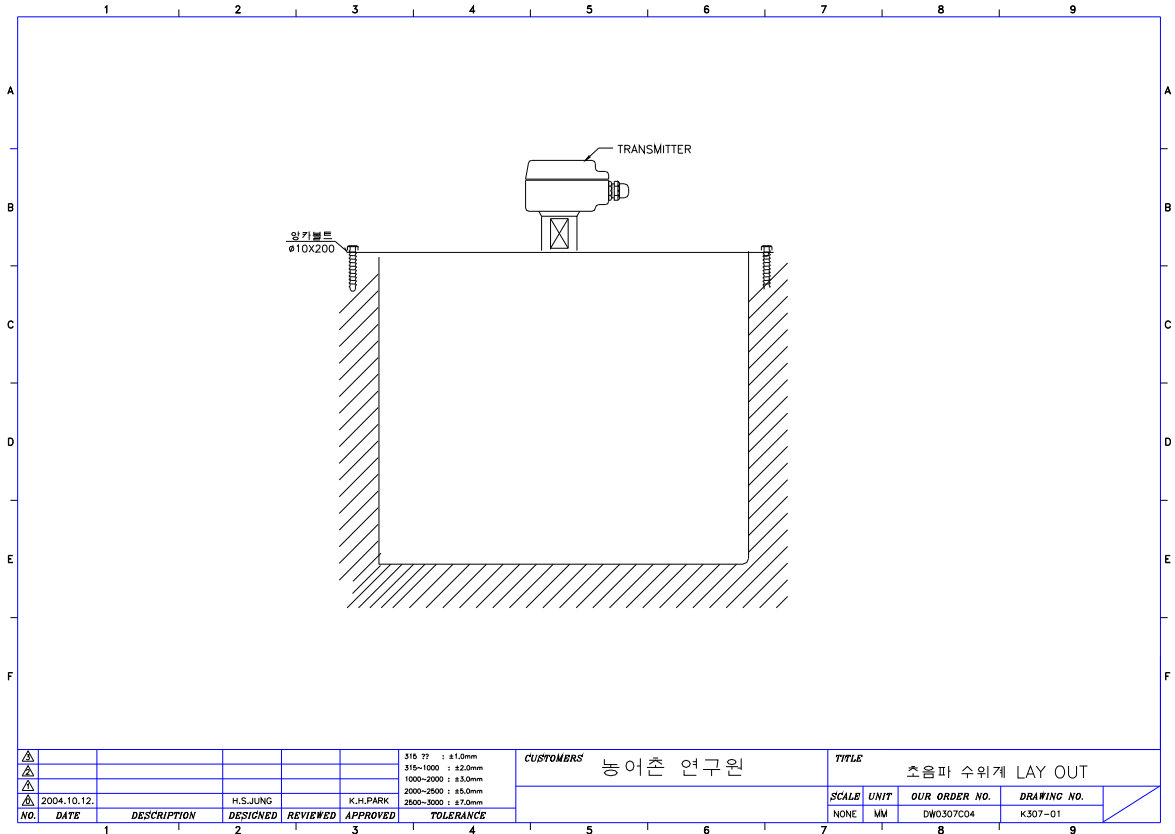


(w) 수위정보시스템 PANNEL



(x) 태양광 전동수문 수위정보시스템 PANNEL 회로도





(y) 초음파수위계

3.1.5.3 제3차 시제품 제작도면

### 3.1.5.4 제작설치 시방서

#### (가) 유말 태양광전동수문 및 자동제어

##### □ 일반사항

##### ○ 적용범위

이 시방서는 물 수요중심의 용수공급 관리시스템의 제작, 검사, 설치 및 유량 모니터, 시운전 등에 대하여 적용한다.

##### □ 구조 및 재질

##### ○ 유말 태양광 전동수문

- 1) 수문은 프레임, 디스크, 시트, 스펀들 등으로 구성되어 있으며, 그 구조 및 치수는 별첨도면에 의한다.
- 2) 수문의 모양은 사각형으로 되어야 하고, 스펀들은 바깥나사(외나사)식으로 되어 있으며, 디스크가 하강하면 닫히고 상승시는 열리는 구조로 되어야 한다.
- 3) 문비에는 충분한 리브를 수평·수직방향으로 보강하여 자체변형과 높은 수압에 휨등 변형이 없도록 충분한 단면크기로 제작되어야 한다.
- 4) 문비 및 문틀의 재질은 일반구조용 압연강재(SS400)을 사용하며 외부는 부식방지를 위해 금속도장(메탈라이징)으로 마감하여야 한다.
- 5) 수문의 마찰시이트 부분의 재질은 내부식성이 뛰어난 재료를 사용하여야 하며, 프레임 및 디스크에 견고하게 부착되어야 한다.
- 6) 스펀들은 스테인레스 강재를 사용하며 4각 나사로 가공하여 디스크 인 양 및 하강 시에 생기는 체결력에 충분한 강도를 갖도록 하여야 한다.
- 7) 수문부와 전동구동부, 태양광시스템부는 설치공간을 최소화 할 수 있도록 일체형으로 제작되어야 한다.

##### ○ 전동 구동부

조작기구는 소정의 조건에서 밸브의 개폐조작이 원활히 되며, 임의의 위치에 밸브 디스크를 유지할 수 있는 것이어야 한다. 또한 감독관의 지정이 없는 한 밸브의 개폐는 좌회전할 때 열리고, 우회전할 때 닫혀야 한다.

##### 1) 전동 조작기구 밀봉등급(ENCLOSURE)

조작기구는 IEC 144에 의거 IP68 등급(수심 8M에서 72시간 보장)이어야 하며 터미널카바, 스위치 카바는 조립면이 테이퍼구조로서 장·탈착이 용이하여야 한다. 터미널 부위는 V-형 RING과 O-RING의 이중구조로 방수가 확실한 구조이어야 한다.

##### 2) 기 어

조작기구의 토오크 전달 부품들은 주철제 또는 충분한 강도의 재질(닥 타일)에 의하여 보호되어야 하고, 기어들은 완전 밀폐되어 구리스 윤 활이 되어야 하며, 스퍼기어(SM45C,SCM415H), 워임(SCM440H) 및 워휠 (HBSC3)로 감속하여 효율 및 동력전달을 확실히 하여야 한다.

3) 성 능

관압의 최대압에서 밸브가 열리고 닫히는데 무리가 없는 토크를 보장 하며, 정격전압의 10% 전압강하에서도 사용할 수 있어야 한다. 조작기 구의 어떠한 방향으로든지 취부가 가능하여야 한다.

4) 모 터

모터는 DC24V MOTOR TYPE으로 고효율, 저관성의 구조로서 수문용 ACTUATOR에 적용하기에 적합한 형태이어야 한다. 모터는 완전밀폐 형으로 통기를 허용하지 말아야 하며, 주위온도 70℃ 이상에 견딜 수 있는 INSULATION “F”등급을 가져야하며, 소손방지의 THERMOSTAT 장치가 부착되고 15분 정격 이상의 것으로 한다.

5) HANDWHEEL

핸드휠은 적은힘으로 조작기구를 작동시킬수 있는 측면 취부형으로, 수동 핸들 축과 워축은 별도의 축으로 분리되어 부하에 따라 증·감속 이 가능케 함으로서 손쉬운 작동이 가능하여야 하며, 핸드휠에 걸리는 힘은 15Kgf 이하이어야 한다.

6) 수동조작은 모터작동과는 완전히 별개의 것이어야 한다. 모터구동에서 수동조작으로서의 전환은 큰힘을 주지 않고도 쉽게 전환이 가능한 장치 의 것이어야 하며, 수동조작으로부터 모터구동으로의 전환은 기계적 장 치에 의해 자동전환이 되어야 한다.

7) 토오크 스위치

조작기구는 별도의 2개의 독립된 토오크 스위치를 갖는 구조이어야 하 며, 값을 쉽게 조정 가능한 구조이어야 한다.

8) 리미트 스위치

조작기구는 복수리미트 스위치로서, 열림쪽 끝위치 조정용 2개, 닫힘쪽 조정용 2개로 공급되어야 하며, 리미트 스위치는 조작기구 구동축으 로부터 직접 위치 전달 기어의 구조이어야 하며, 토오크 스위치와는 완 전히 별도의 것으로서 수동 조작시 SET POINT 이상으로 케도이탈된 다고 할지라도 조정위치가 변하지 않는 구조이어야 한다. 리미트 스위 치는 고정확도 및 반복도의 COUNTER GEAR 작동 구조이어야 한다.

9) 스페이스 히타

조작기구는 내부 결로를 방지하기 위해 충분한 용량의 자기온도 제어 방식의

THER-MOSTER TYPE 스페이스 히타를 내장하여야 한다.

10) THRUST UNIT

조작기구의 THRUST UNIT는 수문의 축과 연결이 용이한 구조로 하여야 한다.

11) 명 판

조작기구의 명판은 스테인레스 재질로서 오랜 기간이 경과된 후에도 재원, 성능 등을 쉽게 판별할 수 있도록 하여야 한다.

12) 외부 결선

터미널의 단자대는 각각 고유의 단자번호를 가지고 있으며 3개의 전선 인입구를 갖추고 있어야 한다.

○ 태양광 시스템

1) 일반사항

① 적용범위

본 지방서는 태양광 전동식 간이 분수공의 동력원으로 사용될 태양 전지 및 고정용 POST 의 제작 및 설치에 대하여 적용한다.

2) 기술 사항

① 태양열 전지는 다음과 같은 재료로서 구성된다.

- BODY : 알루미늄 샤시
- 전지판 : 단결정 실리콘 태양전지 모듈
- 전지 보호 COVER : 강화유리 5mm
- 단자대 : 방수형 커버부착 실리콘 보호 커버용

② 태양열 전지판은 옥외에 설치되는 관계로 내풍압 60m/sec. 까지 견딜 수 있도록 제작한다.

③ 악천후 시 천둥, 번개에 견딜 수 있도록 DC 2700Volt / 3sec. 이상에서 견딜 수 있도록 제작한다.

④ 외부에 설치되는 특성상 외부 온도변화에 충분히 견딜 수 있도록 사용온도 범위를 -40℃~+85℃ 로 제작한다.

⑤ 수문의 구동력 및 1일 사용전력량을 감안하여 충분히 충전이 가능 한 용량의 전력량을 생산할 수 있어야 한다.

⑥ 태양열 전지판의 수명은 10년 이상 정상가동을 할 수 있어야 하며 효율은 약5년 이상 정상출력에 90% 이상 유지하여야 한다.

⑦ 태양열 전지판의 표면처리는 외부 충격에 충분히 견딜 수 있도록 강화유리를

사용하여 제작한다.

- ⑧ 태양전지 프레임은 가볍고 취부가 용이하게 알루미늄 프레임을 사용한다.
- ⑨ 태양열 전지판의 고정 포스트(POST)는 내풍압 60m/sec.에 대하여 태양열 전지판이 견딜 수 있도록 견고하게 제작되어야 한다.
- ⑩ 태양전지 POST의 전지 취부면은 하지의 황도상 각도인 23.5도를 유지하여 제작하여야 한다.
- ⑪ 포스트 강도는 전지판이 받는 풍하중을 고려하여 최고의 악조건인 태풍에 견딜 수 있는 구조로 제작되어야 한다.
- ⑫ 태양전지는 표면에 이물질이 부착시 전기 발생 효율이 떨어지는 관계로 전지면 청소가 용이하도록 하여야 한다.
- ⑬ 전원공급 장치는 태양열 전지판에서 발생하는 전기를 저장하는 밧데리와 밧데리에 충전 가능토록 전압 및 전류를 변환시켜주는 충전기로 구성한다.
- ⑭ 충전기는 밧데리를 과충전 에서 보호할 수 있는 회로를 첨가시킨다.
- ⑮ 충전기의 전압은 태양열 전지판에서 발생하는 전기를 밧데리에 충 전이 가능한 구조이며 전력 사용 시 태양열 전지판에서 발생하는 전기를 직접 모터로 보낼 수 있는 회로를 첨가시켜 제작한다. 또한 충전기의 사용온도는 -30℃ - +60℃ 까지 견딜 수 있어야 하며 작 동에 이상이 없어야한다.

○ 태양광전동수문의 제어 및 데이터 송신 사양

1) 일반사항

- 이 사양서는 수문 표준도에 의해 제작되는 태양광 전동수문의 제어 및 데이터 변환
- 무선송수신의 제작, 유량의 모니터링 및 설치에 대하여 설치한다.

2) 기술사항

① 수위측정장치

- 0~100Cm의 수위레벨을 측정하여 4mA~20mA의 값으로 레벨 값을 측정할 수 있어야 하며 농수로에 설치되므로 구조물을 설치하여 외부의 환경으로부터 보호 되어야 하며 낮은 수로의 레벨을 측정 함에 적합하여야 한다. 또한 측정된 레벨 값은 수문제어회로에 정확하게 전송되어 수문제어에 사용가능해야 한다.

- 사 양

- 입력전원 : DC15 ~ 32V
- 검출감도 : 0 ~4,000pF
- 전송방식 : 2-Wire방식

- 출력신호 : DC 4 ~ 20mA
- Accuracy : ± 1.5% [F.S]
- Calibration : Zero and Span Selection

② RF부

- 무선 송수신장치는 수위 레벨을 CPU부에서 받아 제어코드로 제작하여 태양광수문의 제어장치로 정확하게 전달하여야 하며 외부에 노출되는 특성상 우천시 방수 및 부식방지를 할 수 있어야 한다.
- 사양
  - 주파수 대역 : 424.700MHz ~ 424.950MHz
  - 발진방식 : PLL방식
  - 채널수 : 21채널
  - 공급전원 : DC 5V
  - 동작온도 : -20°C ~ 50°C
  - 변조방식 : BFSK

③ SYSTEM부

- CPU장치는 수위계의 아날로그 레벨 값을 무선 송수신을 위한 디지털화는 물론 수위계의 값을 수문제어장치로 전달하여야 한다.  
또한 수위측정장치 및 담수심측정장치로부터 전송되어 온 레벨 값을 기초로 수문제어회로에 의해 수문이 작동되어야 하며 이 때 태양광 전동수문과 유말 태양광 전동수문의 역작동에 대한 제어도 가능해야 한다. 그리고 수문의 급작스런 작동이나 말단포장의 상황에 따라서 외부에서 임의로 수문의 개폐나 시스템의 작동을 조작할 수 있도록 하여야 한다.
- 사양
  - CPU부 : 시스템의 명령처리 수행부로서 RF로 수신된 수위센서의 정보를 통하여 외부 수문조정 콘트롤 박스와 4단 오픈 쇼트 방식으로 수문의 개폐량을 조절하며 이때 발생하는 데이터를 90일간 저장하여 통계자료로 활용할 수 있도록 한다. 또한 유량계로부터 유량 일일 누적치를 보관하여야한다.
  - Power부 : 전원부로서 태양광을 통하여 DC +12V를 공급받아 시스템에 필요한 3V,5V의 DC전원을 안정적으로 공급한다.
  - 통신부 : RS-232C 시리얼통신으로 수문제어, 수위변동, 시스템 상태 등 모든

정보를 획일화하여 정보 전달이 되어야 한다.

④ 담수심 측정장치

- 담수심 측정장치는 말단포장의 용수수급상황을 판단하는 장치로서 원형의 금속구조물을 포장의 적당한 곳에 설치하고 이 안에 담수심 측정장치를 설치하여 지하수위를 측정하는 장치이다. 담수심의 기준은 논의 균평도등을 감안하여 관행 담수심보다 더 높은 값을 취해야 하며 물부족 정보에 대해서는 최소담수심을 기준으로 하여 관행 유지담수심에서 일정 이하로 떨어질 때를 기준으로 한다.
- 담수심의 정보는 측정된 담수심이 수문제어회로에 무선 또는 유선으로 전달되어 수문작동이 가능토록 하여야 한다.

⑤ 유말 태양광 전동수문의 수문제어

- 유말 태양광 전동수문의 수문제어는 태양광 전동수문의 역방향 작동을 기준으로 하며 외부에서 수문의 작동을 임의로 조작할 수 있어야 한다.

□ 도장 사양

○ 금속 도장(메탈라이징)

금속 도장할 표면은 그리트(Grit) 블라스트 작업 혹은 와이어 블라스트 작업을 하여 거칠게 전처리를하여야한다.

○ 금속 도장(메탈라이징) 절차

- 1) 금속 도장 작업시 도장할 표면에 습기가 없어야 하며, 표면 전처리 작업 후 2시간 안에 금속 도장을 하여야 한다.
- 2) 스테인레스강 와이어를 아크(ARC) 스프레이 건에 장착을 하고, 아크 스프레이 건 내부에서 용융을 시킨 뒤 고압의 공기압으로 금속 도장할 표면에 저온(100℃~150℃)으로 분사하여 표면 육성시킨다.
- 3) 금속표면 육성 시 열 영향으로 밸브 소재의 변형이 없도록 냉간육성공법(100℃~150℃)으로 한다.
- 4) 스테인레스강으로 표면 육성 후 투명 액상 에폭시 페인트를 도포한다.
- 5) 금속 도장(메탈라이징)의 도막 두께는 100 $\mu$ m ~ 150 $\mu$ m로 한다.

□ 용접 절차서

○ 용접기준서

용접은 재료의 규격, 재질 또는 기기의 기능, 안전도 등을 고려하여야 하며, 변형을 최소화 하여 용접하여야 하며, 다음 사항을 유의하여야 한다.

- ① 재료의 규격, 재질 또는 기계의 기능, 안전등을 고려 할 것.

- ② 재질의 변형을 최소화 할 것.
- ③ 용접부위의 CRACK을 확인 할 것.
- ④ 과도한 여성고 및 블록면을 없앨 것.
- ⑤ 용접부위의 외관을 미려하게 할 것.
- ⑥ 용접부의 SPATTER 및 SLAG 등을 제거 할 것.

○ 용접 작업사항

이 지침은 모든 기계류에 적용한다.

1) 맞대기 용접부위 및 T형 용접부위

- ① 용접소재 두께 6 mm 이하는 I형 용접을 적용한다.
  - ② 용접소재 두께 6 mm 초과 20 mm 까지는 V형 용접을 적용한다.
- 2) 직각으로 된 부위에 보강판을 용접할 때는 모서리는 컷하고 용접한다.
  - 3) 용접부위는 가능한 한 서로 겹치지 않게 한다.
  - 4) 용접시 변형, 뒤틀림이 예상되는 곳은 핏치용접과 용접순서를 조정하여 변형을 방지
  - 5) 두께에 적절한 용접전류, 용접속도를 유지한다.
  - 6) 용접에 해로운 도막, 녹등은 미리 제거하고 용접한다.
  - 7) 용접봉은 완전히 건조된 것을 사용한다.
  - 8) 용접봉 건조온도 및 보지시간 : 300℃~400℃에서 1시간, 꺼낸후 3시간이내 사용한다
  - 9) 재료의 종류 및 두께에 따라 적당한 예열을 하여야 한다.
  - 10) 용접 비이드가 균일하게 용접한다.
  - 11) 용접부위를 급히 냉각하지 않는다.
  - 12) 동일장소에 여러 번 용접할 시는 한번 용접 할 때마다 슬러그를 완전히 제거하고 용접한다.
  - 13) 우천시, 강설시에는 노천용접을 하지 않는다.
  - 14) 강풍 또는 우설하에서 용접하는 경우는 적당한 방호설비를 해야하나 가급적 이런 때는 피하고 기온이 -5℃ 이하인 경우는 용접작업을 하지 않는다.
  - 15) 용접기술자는 AWS B20 또는 JIS Z 3801에 적합하거나 다년간의 용접경력이 있는 기술자라야 한다.
  - 16) 용접봉은 해당 재질의 KS품을 사용한다.

○ 용접검사

- 1) 육안검사: 비이드 불량, 언더컷, 용접슬러그 혼재, 균열, 핀홀등의 결함 유무를 확인한다.  
수정가능한 것은 수정후 재검사하여 만족하면 사용 할 수 있다.



① 비드 상태: 비드란 용접한 곳의 용접무늬로서 무늬가 일정하고 높낮이가 일정하며 뭉치거나 흐른곳이 없어야 양호한 것이다. 양호하면 “양호”로 기록하고 불량이면 “불량”으로 기록한다.

② 언더컷: 용접부의 바로 옆의 모재가 녹아서 오목하게 파인 것으로서 불합격이다. 언더컷이 없으면 “양호”로 기록하고 불량이면 “불량”으로 기록한다.

## 2) PT (LIQUID PENETRANT TESTING)

### ① 적용

육안으로 확인되지 않은 결함은 침투검사(PT)로 검사하여야 한다.

결함이 있는 부위는 결함부위를 제거하고, 재용접하여 검사후 사용 할 수 있다.

### ② PT 검사방법

구조물상 중요한 곳에 용접이 행해진 후 동력 공구로 이물질들을 제거하고 MACRO CKECK를 분사하여 검사한다.

검사 후 CLACK 부위는 완전히 제거하고 재 용접하여 용접을 완성한다.

### ○ 용접후 처리

1) STS재는 용접후 산세척 처리 한다.

### □ 시험 및 검사 계획서

#### ○ 적용범위

이 규정은 슬루스 게이트의 공장시험 및 검사기준서에 대하여 규정한다.

#### ○ 참고규격

공장 시험에서 본 절차서에 규정된 이외의 내용은 AWWA C 501, JIS 및 KS의 해당 관련 규격에 따라서 적합하게 실시되어야 한다.

#### ○ 게이트 규격

#### ○ 시험절차 및 검사 기준서

1) 검사 항목 : 공장시험 및 검사항목은 다음과 같이 실시되어야 한다.

♣ 재 질 검 사

♣ 외 관 검 사

♣ 치 수 검 사

♣ 시트 틈새 체크

♣ 작 동 검 사

♣ 누 설 시 험 (습동면)

♣ 페인팅 검사

♣ 포장 검사 (필요시)

○ 시험 방법

1) 재질 검사

승인도에 따른 주요 재질은 해당 관련 규격과 검토(REVIEW) 또는 검사 (WITNESS INSPECTION)한다. 항목은 FRAME, GATE, STEM의 재질 검사를 한다.

2) 외관 검사

주조품의 표면에 블로우홀, 터짐, 상처, 기공등 기타 사용상 해로운 결함의 유무를 검사한다.

3) 치수 검사

첨부된 표의 치수 검사 성적서에 따른 치수를 검사하여 허용차는 보통급에 따른다.

4) 시트 틈새 체크

게이트를 완전히 닫고 0.008 INCH(0.1mm)의 틈새 게이지(THICKNESS GAUGE)로 시트면 사이에 삽입시켜 검사하며 삽입될 경우 썸머를 다시 조정하거나 게이트 시트 또는 프레임 양쪽을 재가공하여 들어가지 않도록 하여야 한다. 재가공 한 후에는 상기 방법으로 재검사를 해야 한다.

5) 작동 검사

다음 항목이 측정 또는 계산되어져야 한다. 다음 항목이 측정 또는 계산되어져야 한다.

♣ 개 폐 시 간

♣ 닫힐 때의 전류

슬루스 게이트는 완전히 조립하여 모든 시트와 썸머면에 이물질 제거하고, 최종 조정 후, 작동시험을 실시한다.

수동은 HANDWHEEL로 작동을 해야 하며, MOTOR ACTUATOR는 무부하상태로 하며, ACTUATOR INDICATOR상의 0~100%(FULL CLOSE - FULL OPEN)를 확인하여 작동을 실시하여야 한다.

6) 누설 시험

① 공장에서 누설 시험은 GATE의 습동면에 물을 채워서 누설 시험을 하며, 이상이 있는지를 검사한다.

② 게이트를 설치한 후, 구매자의 요구에 의해서 실시되어야 하며, 제작자에게 시험에 대한 입회를 위하여 충분한 시간을 두고 시험입 회를 통보하여야 한다.

③ 모든 조립이 끝난 후, 기구에 적당하게 기름 치고, 누설 시험을 시작하기 전에

마지막 체크로써 각 게이트 슬라이드를 완전하게 1 사이클을 적당한 방법으로 동작시킨다.

- ④ 상용 압력 하에서 누수는 시트 주위의 1 FEET에 대해서 0.1 GPM (1M에 대하여 1.24ℓ)을 초과하지 않아야 한다

7) 페인팅 검사

- ① 수요자의 지정 사양이 있을 시는 지정 사양에 준하는 페인트이어야 하며, 사양이 없을 경우, 승인된 설계사양에 따른 페인트인가를 검사한다.
- ② 도장면은 균일하고 매끈하게 하며, 칠이 얇은 부분, 거품, 부풀음, 벗겨짐, 이물질의 부착, 현저한 칠덩어리등 기타 사용상 해로운 결함의 유무를 검사하며, 시방에 규정된 도막두께를 검사한다.

8) 포장 검사

주문자가 요구할 때는 요구에 따른 포장을 실시하며, 요구가 없을 시는 다음에 따라 검사한다.

- ① 전동 조작기구의 모터에는 비닐커버를 씌우며, 인디케이터 표시판은 충격에 견딜 수 있는 보호구를 실시한다.
- ② 본체는 시트 접촉면을 깨끗이 닦아낸 후, 프레임 하면에 파레트를 부착하여 상하차 및 저장에 지장이 없는가를 검사한다.

○ 검사 보고

- 1) 공장 시험결과는 첨부된 표의 “게이트 검사 보고서”에 기록한다.
- 2) 이 보고서는 구매자에게 제출되어야 한다.

측 정 항 목	측정기구의종류	적 용 코 드	정 도	교정주기 및 방법
시 트 톡 새	톡새 게이지 (THICKNESS GAUGE)			공인기관 교정
개 폐 시 간	스톱 워치			공인기관 교정
시 텅 전 류	볼트 메타 암페어 메타 와트 메타	KS C 1303	전계량장치 의 +0.5%	공인기관 교정

□ 포장계획서

○ 적용 범위

이 지침서는 당사에게 생산하는 제품에 대한 저장 및 보관에 대하여 규정한다.

○ 목 적

- 1) 물 류

제품의 생산, 판매 및 보관 (저장)에 이르기까지의 물자의 흐름을 효율적으로 관리, 취급함을 그 목적으로 한다.

2) 환 경

제품을 설치 후 100%의 운전 조건으로 발휘하도록 하기 위해 보관(저장)시 이를 관리함에 그 목적이 있다.

○ 관 리 기 준

1) 이 동

운반도중 제품의 손상을 방지 할 수 있도록 운반 작업자에게 철저한 교육 및 안전장치 (고정장치 등)를 설치한 후 지정된 장소에 중기를 이용하여 안전하게 운반한다.

2) 포 장

포장이라 함은 물품의 유통과정에 있어서 그 물품의 가치 및 상태를 보고하기 위함이다.

- ① 포장 운반 시 운반 기간이 짧고 운반 후에 설치 작업이 바로 진행 되는 작업조건이므로 특별한 포장은 하지 않고 운반 및 현장 보관 중에 일어날 수 있는 제품의 손상을 최소화 할 수 있도록 한다.

3) 보관(저장)

물류의 저장 및 보관은 다음의 조건으로 보관한다.

- 실 외 보 관

실외 보관은 현장 조건이 비교적 좋지 않기 때문에 하역할 장소를 선정하면,

- ① 평탄 작업을 실시
- ② 각목 등으로 깔고 제품을 하역하며
- ③ 제품이 넘어지지 않도록 하고
- ④ 제품이 넘어지지 않도록 하고
- ⑤ 제품 위에 포장지로 포장하여 보관하고 이때에 제품별 기기번호를 제품 위에 표시 하여야 한다.

○ 환 경

1) 청정 활동

각 작업자는 일련의 작업이 끝나면 각자가 맡은 부위의 청소를 깨끗이 하여야 한다.

□ 유지관리 지침서

○ 일 반 (GENERAL)

본 운전 및 유지 관리 지침서는 수문의 시운전, 운전, 점검보수 및 유지관리에 대하여 적용한다.

○ 점검

수문을 설치 후 최초로 시운전할 때까지는 다음 사항을 반드시 점검한 후, 시운전을 실시한다.

- 1) 수문 프레임이 정확히 설치되어 있는지를 확인하고, 움직이는 부위가 없는지 점검한다.
- 2) 스피들의 커플링 조립상태를 점검한다.
- 3) 개폐대가 제대로 설치되어 있는지 점검한다.

○ 시운전 요령

- 1) 수동식 수문일 경우는 핸드휠의 위치를 확인한 다음, 무리 없이 열리는지 점검한다.
- 2) 전동의 경우에는 수문을 약 30% 정도 열어 놓은 상태에서 실시한다.  
수문의 열림 조작은 전동 조작기의 수동 핸드휠을 사용하여 30% 정도 열어 놓는다. 이것은 전동기의 회로에 이상이 생겼을 경우에 안전을 도모하기 위함이다.
- 3) 수문을 완전히 닫은 상태에서 누수가 심할 경우는 수문의 시트면을 깨끗이 닦은 후에 수문에 설치되어있는 WEDGE를 조정한다.

○ 점검 및 보수

- 1) 핸드휠 조작시 잘 돌아가지 않는다면 이상이 발생하면, 즉시 조작을 멈추고 이상 유무를 확인한다. 무리하게 돌릴 경우 스피들이 휘든가 기어가 파손될 경우가 있으니 유의하여야 한다.
- 2) 누수의 조정은 3-3항을 참조하여 조정한다.
- 3) 개폐대의 점검  
기어가 제대로 회전하지 못하는 경우는, 기어를 점검하여 기어의 이상이 발견되면 제작사로 연락하여 새 기어로 교체한다.
- 4) 스템너트의 점검 개폐대를 조작하여 다른 부분은 이상 없이 회전하는데도 수문의 개폐가 되지 않을 경우, 스템 너트의 마모상태를 점검하여 교체한다.
- 5) 인디케이터 점검 인디케이터 지침의 운동과 수문의 상하운동이 맞는지 점검한다.
- 6) 기타의 이상이 있을 시는 제작사에 연락하여 보수 또는 교체한다.

(나) 설정수위 조절형 무동력 자동수문 제작사양

□ 일반사항

○ 적용범위

이 사양서는 설정수위 조절형 무동력 자동수문의 제작, 검사, 설치 및 시운전등에 대하여 적용한다.

□ 구조 및 재질

○ 게이트 부

- 1) 게이트부는 게이트, 게이트암, 게이트 축, 웨이트, 웨이트 조절장치 등으로 구성되어 있으며 그 구조 및 치수는 별첨도면에 의한다.
- 2) 게이트에는 충분한 리브를 수평·수직방향으로 보강하여 자체변형과 높은 수압에 휨등 변형이 없도록 충분한 단면크기로 제작되어야 하며, 상류측 수류로 인한 하중을 적절히 분산시키기 위하여 게이트의 회전반경과 동일한 곡률반경을 갖추어야 한다.
- 3) 게이트의 재질은 일반구조용 압연강재(SS400)를 사용하며 외부는 부식방지를 위해 금속도장(메탈라이징)으로 마감하여야 한다.
- 4) 게이트 암은 일반구조용 각형강관을 사용하여야 한다.
- 5) 게이트 암의 끝단에는 게이트 전단부와의 평형상태를 조절할 수 있는 웨이트를 갖추어야 하며, 현장 상황에 대처할 수 있도록 웨이트 조절 기능을 구비하여야 한다.
- 6) 게이트의 과도한 회전을 방지하기 위한 스톱퍼를 구비하여야 한다.

○ 부력 구동부

- 1) 부력 구동부는 플로우트, 플로우트암, 플로우트실, 정수지, 주수조 등으로 구성되어 있으며 그 구조 및 치수는 별첨도면에 의한다.
- 2) 플로우트의 용량은 게이트의 크기와 수로의 유입량을 고려하여 선정하여야 한다.
- 3) 정수지는 일반구조용 압연강재를 사용하며, 외부로부터 이물질의 침입을 방지하기 위하여 별도의 유입구를 갖추어야 한다.
- 4) 주수조는 조절 가능한 형태로써 부력장치가 작동을 개시할 수위를 외부에서 설정할 수 있도록 하여야한다.
- 5) 정수지와 플로우트실 사이에는 홍수 시 플로우트실 내로 물이 바로 유입될 수 있도록 긴급 월류보를 갖추어야 한다.
- 6) 플로우트는 부식등을 방지하기 위하여 스테인레스 강판재(STS304)로 제작되어야 한다.
- 7) 플로우트실에서 하류로 배출되는 관로 상에는 유량조절밸브를 설치하여 플로우트실내의 수위를 조절할 수 있도록 하여야한다.

□ 도장 사양

○ 금속 도장(메탈라이징)

금속 도장할 표면은 그리트(Grit) 블라스트 작업 혹은 와이어 블라스트 작업을 하여 거칠게 전처리를 하여야한다.

○ 금속 도장(메탈라이징) 절차

- 1) 금속 도장 작업시 도장할 표면에 습기가 없어야 하며, 표면 전처리 작업 후 2시간안에 금속 도장을 하여야 한다.
- 2) 스테인레스강 와이어를 아크(ARC) 스프레이 건에 장착을 하고, 아크 스프레이 건 내부에서 용융을 시킨 뒤 고압의 공기압으로 금속 도장할 표면에 저온(100℃~150℃)으로 분사하여 표면 육성시킨다.
- 3) 금속표면 육성 시 열 영향으로 벨브 소재의 변형이 없도록 냉간육성공법(100℃~150℃)으로 한다.
- 4) 스테인레스강으로 표면 육성 후 투명 액상 에폭시 페인트를 도포한다.
- 5) 금속 도장(메탈라이징)의 도막 두께는 100 $\mu$ m ~ 150 $\mu$ m로 한다.

□ 용접 절차서

○ 용접기준

용접은 재료의 규격, 재질 또는 기기의 기능, 안전도 등을 고려하여야 하며, 변형을 최소화 하여 용접하여야 하며, 다음 사항을 유의하여야 한다.

- ① 재료의 규격, 재질 또는 기계의 기능, 안전등을 고려 할 것.
- ② 재질의 변형을 최소화 할 것.
- ③ 용접부위의 CRACK을 확인 할 것.
- ④ 과도한 여성고 및 블록면을 없앨 것.
- ⑤ 용접부위의 외관을 미려하게 할 것.
- ⑥ 용접부의 SPATTER 및 SLAG 등을 제거 할 것.

○ 용접 작업사항

이 지침은 모든 기계류에 적용한다.

- 1) 맞대기 용접부위 및 T형 용접부위
  - ① 용접소재 두께 6 mm 이하는 I형 용접을 적용한다.
  - ② 용접소재 두께 6 mm 초과 20 mm 까지는 V형 용접을 적용한다.
- 2) 직각으로 된 부위에 보강판을 용접할때는 모서리는 컷트하고 용접한다.
- 3) 용접부위는 가능한한 서로 겹치지 않게 한다.
- 4) 용접시 변형, 뒤틀림이 예상되는 곳은 핏치용접과 용접순서 조정하여 변형을 방지한다.
- 5) 두께에 적절한 용접전류, 용접속도를 유지한다.
- 6) 용접에 해로운 도막, 녹등은 미리 제거하고 용접한다.
- 7) 용접봉은 완전히 건조된 것을 사용한다.
- 8) 용접봉 건조온도 및 보지시간 : 300℃~400℃에서 1시간, 꺼낸 후 3시간이내 사용한다

- 9) 재료의 종류 및 두께에 따라 적당한 예열을 하여야 한다.
- 10) 용접 비이드가 균일하게 용접한다.
- 11) 용접부위를 급히 냉각하지 않는다.
- 12) 동일장소에 여러 번 용접할 시는 한번 용접 할 때마다 슬러그를 완전히 제거하고 용접한다.
- 13) 우천시, 강설시에는 노천용접을 하지 않는다.
- 14) 강풍 또는 우설하에서 용접하는 경우는 적당한 방호설비를 해야하나 가급적 이런 때는 피하고 기온이  $-5^{\circ}\text{C}$  이하인 경우는 용접작업을 하지 않는다.
- 15) 용접기술자는 AWS B20 또는 JIS Z 3801에 적합하거나 다년간의 용접경력이 있는 기술자라야 한다.
- 16) 용접봉은 해당 재질의 KS품을 사용한다.

○ 용접검사

- 1) 육안검사: 비이드 불량, 언더컷, 용접슬러그 혼재, 균열, 핀홀등의 결함 유무를 확인한다.

수정가능한 것은 수정후 재검사하여 만족하면 사용 할 수 있다.

- ① 비드 상태: 비드란 용접한 곳의 용접무늬로서 무늬가 일정하고 높낮 이가 일정하며 뭉치거나 흐른 곳이 없어야 양호한 것이다. 양호하면 “양호”로 기록하고 불량이면 “불량”으로 기록한다.

- ② 언더컷: 용접부의 바로 옆의 모재가 녹아서 오목하게 파인 것으로서 불합격이다.

언더컷이 없으면 “양호”로 기록하고 불량이면 “불량”으로 기록한다.

- 2) PT (LIQUID PENETRANT TESTING)

① 적용

육안으로 확인되지 않은 결함은 침투검사(PT)로 검사하여야 한다. 결함이 있는 부위는 결함부위를 제거하고, 재용접하여 검사 후 사용할 수 있다.

② PT 검사방법

구조물상 중요한 곳에 용접이 행해진 후 동력 공구로 이물질 제거하고 MACRO CHECK를 분사하여 검사한다.

검사 후 CLACK 부위는 완전히 제거하고 재 용접하여 용접을 완성한다.

○ 용접후 처리

- 1) STS재는 용접 후 산세척 처리 한다.

□ 시험 및 검사 계획서

○ 적용범위



이 규정은 슬루스 게이트의 공장시험 및 검사 기준서에 대하여 규정한다.

○ 참고규격

공장 시험에서 본 절차서에 규정된 이외의 내용은 AWWA C 501, JIS 및 KS의 해당 관련 규격에 따라서 적합하게 실시되어야 한다.

○ 게이트 규격

○ 시험절차 및 검사 기준서

1) 검사 항목 : 공장시험 및 검사항목은 다음과 같이 실시되어야 한다

- ♣ 재 질 검 사
- ♣ 외 관 검 사
- ♣ 치 수 검 사
- ♣ 시트 틈새 체크
- ♣ 작 동 검 사
- ♣ 누설시험(습동면)
- ♣ 페인팅 검사
- ♣ 포장검사(필요시)

○ 시험 방법

1) 재질 검사

승인도에 따른 주요 재질은 해당 관련 규격과 검토(REVIEW) 또는 검사 (WITNESS INSPECTION)한다. 항목은 FRAME, GATE, STEM의 재질 검사를 한다.

2) 외관 검사

주조품의 표면에 블로우홀, 터짐, 상처, 기공등 기타 사용상 해로운 결함의 유무를 검사한다.

3) 치수 검사

첨부된 표의 치수 검사 성적서에 따른 치수를 검사하여 허용차는 보통급에 따른다.

4) 시트 틈새 체크

게이트를 완전히 닫고 0.008 INCH(0.1mm)의 틈새 게이지(THICKNESS GAUGE)로 시트면 사이에 삽입시켜 검사하며, 삽입될 경우 썸머를 다시 조정하거나 게이트 시트 또는 프레임 양쪽을 재가공하여 들어가지 않도록 하여야 한다. 재가공 한 후에는 상기 방법으로 재검사를 해야 한다.

5) 작동 검사

다음 항목이 측정 또는 계산되어야 한다. 다음 항목이 측정 또는 계산되어야 한다.

♣ 개 폐 시 간

♣ 단힐 때의 전류

슬루스 게이트는 완전히 조립하여 모든 시트와 썬기면에 이물질 제거하고, 최종 조정 후, 작동시험을 실시한다.

수동은 HANDWHEEL로 작동을 해야 하며, MOTOR ACTUATOR는 무부하 상태로 하며, ACTUATOR INDICATOR 상의 0~100% (FULL CLOSE - FULL OPEN)를 확인하여 작동을 실시하여야 한다.

6) 누설 시험

- ① 공장에서 누설 시험은 GATE의 습동면에 물을 채워서 누설 시험을 하며, 이상이 있는지를 검사한다.
- ② 게이트를 설치한 후, 구매자의 요구에 의해서 실시되어야 하며, 제작자에게 시험에 대한 입회를 위하여 충분한 시간을 두고 시험입회를 통보하여야 한다.
- ③ 모든 조립이 끝난 후, 기구에 적당하게 기름 치고, 누설 시험을 시작하기 전에 마지막체크로써 각 게이트 슬라이드를 완전하게 1 싸이클을 적당한 방법으로 동작시킨다.
- ④ 상용 압력 하에서 누수는 시트 주위의 1 FEET에 대해서 0.1 GPM (1M에 대하여 1.24ℓ)을 초과하지 않아야 한다.

7) 페인팅 검사

- ① 수요자의 지정 사양이 있을 시는 지정 사양에 준하는 페인트이어야 하며, 사양이 없을 경우, 승인된 설계 사양에 따른 페인트인가를 검사한다.
- ② 도장면은 균일하고 매끈하게 하며, 칠이 얇은 부분, 거품, 부품음, 벗겨짐, 이물질의 부착, 현저한 칠덩어리등 기타 사용상 해로운 결함의 유무를 검사하며, 시방에 규정된 도막 두께를 검사한다.

8) 포장 검사

주문자가 요구할 때는 요구에 따른 포장을 실시하며, 요구가 없을 시는 다음에 따라 검사한다.

- ① 전동 조작기구의 모터에는 비닐커버를 씌우며, 인디케이터 표시판은 충격에 견딜 수 있는 보호구를 실시한다.
- ② 본체는 시트 접촉면을 깨끗이 닦아낸 후, 프레임 하면에 파레트를 부착하여 상하차 및 저장에 지장이 없는가를 검사한다.

○ 검사 보고

- 1) 공장 시험 결과는 첨부된 표의 “게이트 검사 보고서”에 기록되어야 한다.
- 2) 이 보고서는 구매자에게 제출되어야 한다.

측 정 항 목	측정기구의종류	적 용 코 드	정 도	교정주기 및 방법
시 트 틸 세	틸세 게이지 (THICKNESS GAUGE)			공인기관 교정
개 폐 시 간	스톱 워치			공인기관 교정
시 텅 전 류	볼트 메타 암페어 메타 와트 메타	KS C 1303	전계량 장치 의 +0.5%	공인기관 교정

□ 포장계획서

○ 적용 범위

이 지침서는 당사에게 생산하는 제품에 대한 저장 및 보관에 대하여 규정한다.

○ 목 적

1) 물 류

제품의 생산, 판매 및 보관 (저장)에 이르기까지의 물자의 흐름을 효율적으로 관리, 취급 함을 그 목적으로 한다.

2) 환 경

제품을 설치 후 100%의 운전 조건으로 발휘하도록 하기 위해 보관(저장)시 이를 관리 함에 그 목적이 있다.

○ 관 리 기 준

1) 이 동

운반도중 제품의 손상을 방지 할 수 있도록 운반 작업자에게 철저한 교육 및 안전장치 (고정장치등)를 설치한 후 지정된 장소에 중기를 이용하여 안전하게 운반한다.

2) 포 장

포장이라 함은 물품의 유통과정에 있어서 그 물품의 가치 및 상태를 보고하기 위함이다.

① 포장 운반 시 운반 기간이 짧고 운반후에 설치 작업이 바로 진행되는 작업조건이므

로 특별한 포장은 없아되 운반 및 현장 보관 중에 일어날 수 있는 제품의 손상을 최소화 할 수 있도록 한다.

### 3) 보관(저장)

물류의 저장 및 보관은 다음의 조건으로 보관한다.

#### - 실 외 보관

실외 보관은 현장 조건이 비교적 좋지 않기 때문에 하역할 장소를 선정하면,

- ① 평탄 작업을 실시
- ② 각목 등으로 깔고 제품을 하역하며
- ③ 제품이 넘어지지 않도록 하고
- ④ 제품이 넘어지지 않도록 하고
- ⑤ 제품 위에 포장지로 포장하여 보관하고 이때에 제품별 기기번호를 제품 위에 표시 하여야 한다.

#### ○ 환경

##### 1) 청정 활동

각 작업자는 일련의 작업이 끝나면 각자가 맡은 부위의 청소를 깨끗이 하여야 한다.

### □ 유지관리 지침서

#### ○ 일 반 (GENERAL)

본 운전 및 유지 관리 지침서는 수문의 시운전, 운전, 점검보수 및 유지관리에 대하여 적용한다.

#### ○ 점 검

수문을 설치 후 최초로 시운전할 때까지는 다음 사항을 반드시 점검한 후, 시운전을 실시한다.

- 1) 수문 프레임이 정확히 설치되어 있는지를 확인하고, 움직이는 부위가 없는지 점검한다.
- 2) 스피들의 커플링 조립상태를 점검한다.
- 3) 개폐대가 제대로 설치되어 있는지 점검한다.

#### ○ 시운전 요령

- 1) 수동식 수문일 경우는 핸드휠의 위치를 확인한 다음, 무리 없이 열리는지 점검한다.
- 2) 전동의 경우에 수문을 약 30% 정도 열어 놓은 상태에서 실시한다.

수문의 열림 조작은 전동 조작기의 수동 핸드휠을 사용하여 30% 정도 열어 놓는다. 이것은 전동기의 회로에 이상이 생겼을 경우에 안전을 도모하기 위함이다.

- 3) 수문을 완전히 닫은 상태에서 누수가 심할 경우는 수문의 시트면을 깨끗이 닦은 후에 수문에 설치되어있는 WEDGE를 조정한다.

○ 점검 및 보수

- 1) 핸드휠 조작 시 잘 돌아가지 않거나 이상이 발생하면, 즉시 조작을 멈추고 이상 유무를 확인한다. 무리하게 돌릴 경우 스피들이 휘는가 기어가 파손될 경우가 있으니 유의하여야 한다.
- 2) 누수의 조정은 3-3항을 참조하여 조정한다.
- 3) 개폐대의 점검  
기어가 제대로 회전하지 못하는 경우는, 기어를 점검하여 기어의 이상이 발견되면 제작사로 연락하여 새 기어로 교체한다.
- 4) 스템 너트의 점검 개폐대를 조작하여 다른 부분은 이상 없이 회전하는데도 수문의 개폐가 되지 않을 경우, 스템 너트의 마모상태를 점검하여 교체한다.
- 5) 인디케이터 점검 인디케이터 지침의 운동과 수문의 상하운동이 맞는지 점검한다.
- 6) 기타의 이상이 있을 시는 제작사에 연락하여 보수 또는 교체한다.

### 3.1.6 국내 물공급체계 및 시스템 적용 사례분석

#### 3.1.6.1 수요량 산정방법

기후의 변화와 산업화, 도시화에 따른 이용 수량의 부족이 발생하자 한정된 수자원을 효율적으로 이용하기 위한 노력들이 시도되고 있다. 농업부분도 대외의 개방화 등과 같은 외적 위험 요인 뿐만 아니라 용수의 효율적 이용의 필요성도 날로 증가 하고 있는 실정이다. 이에 농업용수 이용의 효율을 높이기 위하여 물관리 자동화와 생력화 등이 이러한 시대적 요구에 의해 시도되고 있다. 그러나 물관리 자동화나 생력화가 현재 농촌용수 특성을 고려하지 못 한다면 합리적인 대안이 될 수 없을 것이다.

우리나라 농촌용수의 특성은 논농사를 위주로 사용되고 있어 필요한 시기가 집중되어 있으며, 작물의 생육에 맞추어 적절한 용수가 공급되어야 한다는 점이다. 가장 많은 용수를 필요로 하는 시기는 대략 4월부터 5월까지로서, 이 시기에 연중 가장 많은 농촌용수 수요량이 집중되어있고, 9월에서 10월에 용수 공급을 종료하고 있다. 다행히도 국내의 강우패턴은 갈수기가 보통 10월부터 그 다음해 4월까지이고 그 동안의 농업생산기반사업의 노력으로 한발이 오는 시기에도 가뭄을 잘 견디어 왔다. 하지만 최근 이상기후 등의 영향으로 갈수기가 계속 늘어나는 한편 지역적인 물부족이 발생하는 등 한발이 오는 시기가 예전에 비해 많아지고 있는 경향을 보이고 있다.

한정된 자원인 물을 효과적으로 사용하는 것은 매우 중대한 사안임에 틀림없다. 수원공의 신규

개발 등은 댐이나 저수지의 적지 부족과 환경파괴에 대한 사회적인 반대가 크고 많은 경제적인 부담이 발생한다. 구조적 대안 이외에 비구조적으로 용수부족의 해결책을 가장 쉽게 찾을 수 있는 방안은 용수절약에서 찾을 수 있으며 한마디로 말하면 이는 수요관리이다.

물수요 중심 용수 공급 시스템은 공급량을 조절하는 것이 아니라 수요를 관리하여 물관리를 효율적으로 수행하는 시스템이다. 이 시스템을 적절히 활용한다면 물관리 자동화를 달성하여 용수를 절약할 수도 있으며, 물관리에 투입되는 인력을 절감할 수 있을 것이다.

## 가. 농업용수 이용 현황

### (1) 농업용수의 특징

최근에 농업용수보다 농촌용수라는 단어를 더 많이 사용하고 있다. 농업용수에 농촌에서 사용하는 생활, 공업, 환경용수를 모두 포함하여 농촌용수라 정의한 것이다. 본 자료에서는 농촌용수 보다 농업용수를 주 대상으로 적용한다. 이는 물수요 중심 용수공급 시스템의 적용대상이 논이나 밭에 공급되는 용수이므로 농업용수로 한정하여 적용하고자 한다.

먼저 농업용수의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 우리나라 농업은 아시아 몬순기후의 영향을 받고 있으며, 주로 벼농사를 행하고 있다. 농업에 필요한 용수가 전체 수자원의 절반을 상회하고 있으며, 농업용수는 생활용수나 공업용수 또는 하천유지용수와 달리 이용측면에서 독특한 특성을 가지고 있다. 농업용수 공급 대상은 작물을 주 대상으로 하기 때문에 자연조건, 토양조건, 작물의 종류, 생육조건 등과 매우 밀접한 관계가 있으며, 연도별, 계절별로 수요량의 변화가 심하고 지역적으로도 수요특성이 매우 다르다. 따라서 다른 어느 용수보다도 독특하고 다양한 특징을 가지고 있다고 할 수 있다. 용수의 수요와 공급측면을 구분하여 농업용수의 특징을 다음과 같이 고찰하였다.

#### ① 농업용수 수요측면의 특징

첫째, 기상, 토양, 작물의 종류, 생육조건, 수원공의 종류 등의 다양한 인자에 영향을 받으므로 물 소비구조가 복잡하다. 이에 따라 소비량이 일정치 않으며, 편차 역시 큰 편으로 다른 용수와는 달리 소비량의 경년변화가 발생한다.

둘째, 논에서 논으로 내리흐림식 관개를 통하여 관습적으로 흙과 물의 끊임없는 접촉과 함께 기타 생물 및 미생물과 어울려 순환되므로 친환경성이 매우 크다. 농업용수의 다원적 기능의 일부인 지하수 함양, 산소 발생, 수질개선 등의 효과가 나타난다.

셋째, 농업용수는 경지면적의 크기 등 지역적 요건과 더불어 기상요인에 의한 계절적 수요 폭의 변동이 크고 못자리, 이앙시기 등 작부체계에 따른 용수 이용의 집중도가 매우 높다. 국부적은 물 부족에 취

약하며 시기에 민감한 형편이다. 또한 한발 피해로 작물이 죽는 경우 복구가 안 된다.

넷째, 수리관행에 의한 취수량과 필요수량과는 다른 것으로서 실제로 취수에 있어서는 수리관행에 지배되는 경우가 많다. 또한 논 관개는 관리손실량이 배수로나 하천으로 회귀되므로 물을 재이용할 수 있는 기회가 많고 용·배수로 겸용 수로나 간단한 수위조절 물막이 등으로 재이용하는데 비용이 적게 들며 이용 효율이 높다.

다섯째, 농업용수는 타용수와 통합·취급하기 어려운 특성이 있으며, 관리 손실량이 하천이나 논으로 회귀되므로 하천수 및 지하수 함양에 크게 기여하게 되고 별도의 정화처리 없이 용수의 재이용 기회가 많은 특성이 있다.

여섯째, 농업용수는 농경지의 산재로 타 목적 용수와 공동 개발하는 것보다는 단독개발 수요가 많으며, 산재된 농경지에 용수를 공급하기 위해서는 수송 거리가 가능한 짧은 인접계곡에서 댐을 개발하여 공급하는 것이 효율적이다. 공동이용을 위한 다목적댐은 대규모 저수량의 확보를 목적으로 통상 큰 강의 중·하류에 설치하고 있어 댐 상류부에 위치한 농경지에 대하여는 농업용수 공급이 곤란하다.

농업용수의 공급상의 문제점은 수리시설이 소규모로서 공급대상이 지역적으로 산재되어 있어 효율이 낮은 편이며, 수리시설물은 소하천을 수원으로 하므로 가뭄에 취약하다는 점이 있다. 이외에도 수리안전율이 낮고 시설물이 낡아 이용효율이 낮으며, 지역개념이 없는 단일 용수수급체계를 가지고 있다는 점을 들 수 있다.

## ② 농업용수공급측면의 특징

첫째, 소규모 수리시설물이 많은 점이다. 물이 집수되는 유역이 작고 집수된 물을 담을 수 있는 저수량이 적은 소규모 수리시설물은 가뭄에 취약할 수밖에 없으며, 단위 관개면적당 사업비가 커서 효율이 낮은 점도 소규모 시설의 단점이다. 저수지를 예로 관개면적과 저수지 개소수의 비율을 살펴보면, 농업용 저수지의 규모가 매우 소규모임을 알 수 있다. 저수지 14,736개소 중 92%에 해당하는 13,545개소가 관개면적 50ha 이하의 소규모 저수지이며 반대로 100ha 이상을 관개하는 691개소의 저수지는 전체 저수지 관개면적 521천ha의 68%에 해당하는 352천ha를 관개하고 있다. 이로부터 농업용 저수지는 대부분 소규모임을 알 수 있다.

둘째, 대부분 소하천을 수원으로 하므로 가뭄에 취약하다. 농업용 수리시설물은 소하천을 수원으로 하는 취수시설이 많아 가뭄이 들면 하천수가 고갈되어 수리시설물로서의 기능을 다하지 못하는 경우가 많다. 수리시설물의 비율을 보면 전체 수리시설물 68,018개소 중 저수지는 26%에 불과한 17,820개소이고 나머지는 양수장, 보, 집수암거, 관정 등으로 소하천을 취수원으로 하는 간이시설 성격의

수리시설물로서 가뭄에 취약할 수밖에 없다.

셋째, 수리안전율이 낮다. 수리답율 자체가 낮아 한해 상습지가 상존하고 있어 2002년 현재 전체 논 면적 1,138천ha 중 22.7%인 258천ha는 비가 오지 않으면 농사를 지을 수 없는 수리불안전답이다. 기존에 수리시설이 되어있는 지역이라도 용수공급능력이 작아 5년 빈도의 가뭄에 안정적으로 용수를 공급할 수 있는 시설은 56%에 불과한 650천ha이며 5년 빈도 미만의 44%인 230천ha는 보강개발이 필요한 실정이다. 더욱이 10년 빈도 가뭄에도 안정적으로 용수공급이 가능한 수리안전답 면적은 전체의 49%인 258천ha에 불과한 실정이다.

넷째, 수리시설의 낙후성이다. 대부분의 농업용 수리시설물은 과거 기술수준이 낮을 때 설계하고 시공하였기 때문에 유지관리도 어렵고 비용이 많이 들 뿐만 아니라 물관리가 효율적이지 못하다. 보통 1960년대 이전에 설치된 시설은 용수의 손실이 매우 커 용수의 수급효율을 떨어뜨리고 있다. 2002년도 현재 1960년대 이전에 설치된 수리시설물은 47% 정도이며 관개면적은 435천ha에 달하고 있다. 이 435천ha는 앞으로 보강개발이 이루어져야 효율적인 물관리가 이루어질 수 있으며, 나머지 면적에 대해서도 현대적인 물관리 체계를 갖추어야 할 것이다.

다섯째, 지역개념이 없는 단일 용수체계이다. 현재의 농업수리시설물은 단일 시설물에 의해 용수를 확보하고 단일 목적으로 공급하는 것이다. 저수지의 경우 단일 저수지에 의하여 하류부 근거리 논에 관개용수를 공급하는 것이 고작이며, 생공업용수를 공급한다 하더라도 그 비율이 매우 미미하고 단지 유역계획을 할 때 간접유역을 이용하는 정도이다.

여기에서 수요와 공급의 개념을 다시 한 번 정의할 필요가 있다. 물수요 중심 용수공급시스템을 효율적으로 적용하기 위해서는 수요관리가 중요하며 이 수요의 발생기작을 정확히 이해해야할 필요가 있다. 농업분야의 수요량은 용수이용특성과 관리체계가 매우 복잡하기 때문에 개념의 정립이 쉽지 않다. 생활용수나 공업용수의 경우에는 용수사용 목적별로 수요요소가 명확하고 인구수나 공장부지 면적 등에 대한 기준을 가지고 접근할 수 있어 목표연도의 수요량을 보다 정확하게 설정할 수 있다. 그러나 농업용수의 경우 작물의 수요량 증감이 물리적인 수요요소인 경지면적이나 작물의 종류 등에 의하여 나타나기는 하지만, 관개시기의 기상 여건, 작물 재배지의 토양 특성, 물관리 방법에 따라 수요량이 크게 변화하게 되므로 수요량을 결정하기가 쉽지 않다.

또한 생활용수나 공업용수의 경우 실제 사용량을 측정하기 쉽고 수요자가 용수 사용료를 지불하기 때문에 필요한 수요량 이상은 소비하지 않는 경향이 있으나, 농업용수의 경우 용수 사용료에 대한 개념이 없고 작물이 필요한 수량을 기준으로 할지 아니면 농촌용수를 관리하는 입장에서 공급측면만을 고려해야하는지부터 애매하게 된다. 따라서 농촌용수 수요량, 공급량, 이용량의 개념이 혼재해서 쓰이기도



하며 자연 강우에 의해 용수를 공급받는 유효우량을 수요량에 포함시킬 것인지 포함시키지 않을 것인지에 대한 논란도 분분하다.

문제의 근원은 생명체인 작물이 환경에 적응하면서 나타나는 탄력적인 필요수량의 발생으로 정상적인 재배에 필요한 소비수량이 변화하여 공급량과 일치하지 않기 때문이다. 실제로 경지에서는 인위적인 관개시설에 의하지도 않고도 작물이 정상적으로 성장하는 경우가 있고 자연강우에 의한 유효우량을 이용하였던 작물의 내한 능력이 증가되었던 간에 약간의 물 부족은 작물생육에 직접적이고 중대한 위협요소가 되지 않는다. 이것은 농업용수 수요량을 산정하는데 있어 딜레마가 되며, 물수요중심 용수공급 시스템의 운용간격을 결정하는 주 인자가 되기도 한다.

### ③ 수요량 개념

농촌용수라 함은 농촌지역에 필요한 생활용수, 농촌용수, 공업용수와 환경오염방지를 위한 용수로 정의(농어촌발전특별조치법 제2조 8항)하고 있다. 이러한 농촌용수의 정의로 볼 때 농촌용수는 농촌지역에 필요한 생활용수의 공업용수 및 환경용수를 모두 포괄하게 되므로 범위가 넓다. 하지만 농촌의 생·공업용수는 도시의 생·공업용수와 마찬가지로 지방상수도나 유역변경을 통한 광역상수도망에 의존하여 공급받는 추세이기 때문에 실제 이를 포함하여 농촌용수 수요량을 산정한다는 것은 무의미한 일일 수도 있다.

그러므로 농촌용수라는 포괄적 개념보다 농업용수라는 협의의 개념이 주로 사용되고 있으며, 수자원장기종합계획이나 농업용수 수요량 조사 종합보고서에서는 논용수, 밭용수 및 축산용수를 포함하는 협의의 농촌용수만을 대상으로 하고 있다. 이와 같은 협의의 개념을 적용할 경우 농촌용수 수요량은 논과 밭작물의 생육에 필요한 용수, 농약·비료살포 등 영농작업을 위한 영농용수 등 농업활동에 필요한 수량으로서 10년 빈도 가뭄시 경지에서 필요로 하는 수량으로 정의된다. 본 자료의 농업용수는 상기의 내용으로 정의되다.

### ④ 공급량 개념

공급량이라 함은 자연 상태에서 공급되는 유효우량 등을 제외하고 물 부족이 발생할 경우 수리시설물에서 공급하는 수량이나 하천에서 반복 이용되는 수량을 말한다(농업·농촌용수 종합이용계획, 1999, 농림부). 그러나 수요량에 대한 상대적인 개념으로서의 공급량의 개념은 명확하게 설정되어 있지 않다. 수자원장기종합계획에서는 수요량의 개념은 있지만 공급량의 개념은 설정되어 있지 않으며, 농업·농촌용수 종합이용계획에서는 공급량의 개념을 시설물에서의 공급량으로 정의하고 있으며, 각 수리시설물의 용수공급능력을 기준으로 해당 시설물 내한능력의 빈도별 면적을 10년빈도 용수공급 가능 면적으로 환산하여 단위용수량을 곱함으로써 시설물별 용수공급량을 산정하였다.

건설교통부의 수계별 지표수 사용실태 조사 보고서에서는 수계별로 농촌용수 실제 사용량을 조사함으로써 용수의 사용실태를 규명하고자 하였으나 농업용수의 경우 실제 사용량을 정확하게 계측하는 곳이 많지 않고 계측정도도 낮으므로 대부분 일부 실측자료를 토대로 예측방법을 통하여 실제 사용량 조사처럼 자료를 제시하고 있어 신뢰도가 낮은 편이다.

수리시설물의 공급량은 농업용수 공급수량의 많은 부분이 회귀되어 반복 이용되는 점을 감안한다면 시설물별 단독 용수공급능력에 의하여 공급량을 산정하는 데는 문제점이 있을 수 있다. 이것은 개발지표로서 수요량을 관리할 경우 단일 시설물에서는 가능한 일이나 용수구역 단위의 개발계획을 수립할 경우 용수 구역내 전체 수요량과 공급량의 균형을 고려한 계획을 수립할 경우에는 부적절한 방법일 수 있다.

그러므로 용수구역 단위의 용수 공급량을 산정할 경우에는 유역내 단일시설물별 물수지를 통하여 간접적으로 공급량을 산정하는 방법과 용수구역 등 특정 물관리 구역을 중심으로 유역물수지를 분석함으로써 용수구역내의 수요공급량을 산정할 수 있을 것이다. 또한 이러한 용수구역별 물수지결과를 수계전체에 적용하여 수계내 물수지를 수행함으로써 용수구역별 수요량과 공급량의 과부족 등을 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

## (2) 경지면적 변화

농업용수는 경지에서 재배하는 작물에 대한 필요량이기 때문에 경지면적은 물리적으로 농업용수를 가늠할 수 있는 중요한 인자이다. 우리나라의 경지면적은 산업화, 도시화가 진행되면서 계속 감소하는 추세에 있으며 감소된 경지는 도시 및 산업용지로 전용되고 있는 형편이다.

농업생산기반정비사업 통계연보 자료를 인용하면 우리나라의 2004년도 경지면적은 183.5만ha로 전체 국토면적의 18.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이중 논 면적이 114.9만ha로 국토면적의 11.2%를, 밭 면적이 72.0만ha로 7.2%를 점유하고 있는 것으로 나타났으며, 연도별 농경지면적 및 토지이용의 연도별 변화는 표 3.1.6.1과 같다.

연도별 논 면적의 변화를 살펴보면 80년대 말까지는 완만한 감소세를 보이다가 90년대 초·중반 급격한 감소세를 나타내고 있으며 밭 면적은 80년대 말까지는 감소하다가 90년대 초반에는 오히려 증가하고 있어 감소된 논이 밭으로 전용된 경우가 많았던 것으로 추정할 수 있다.

표 3.1.6.1 연도별 농경지 및 토지이용의 변화

(단위 : 만ha)

구 분	국토면적	농 경 지			임야	기타
		소 계	논	밭		
1987	992.2	214.3	135.2	79.2	649.9	128.0
1988	992.4	213.8	135.8	78.0	649.1	129.4
1989	992.6	212.7	135.3	77.4	648.5	131.5
1990	992.7	210.9	134.5	76.4	647.6	134.3
1991	993.0	209.1	133.5	75.6	646.8	137.1
1992	993.1	207.0	131.5	75.5	646.4	139.8
1993	993.9	205.5	129.8	75.6	646.0	142.5
1994	993.9	203.3	126.7	76.6	645.6	145.1
1995	992.7	198.5	120.6	77.9	645.2	149.0
1996	993.1	194.5	117.6	76.9	644.8	153.8
1997	993.7	192.4	116.3	76.1	644.1	157.2
1998	994.1	191.0	115.7	75.3	643.6	159.4
1999	994.3	189.9	115.3	74.6	643.0	161.5
2000	994.6	188.9	114.9	74.0	642.2	163.5
2001	995.4	187.6	114.6	73.0	641.6	166.2
2002	995.9	186.3	113.8	72.4	641.2	168.4
2003	996.0	184.5	112.6	71.9	640.6	170.7
2004	996.1	183.5	111.4	72.0	640.0	172.5

※ 자료출처 : 농업생산기반정비사업 통계연보(2005, 농림부)

수리시설물이 증가함에 따라 수리시설물을 이용하여 계획적으로 관개를 하게 되는 수리답 면적도 계속적으로 증가하여 왔다. 수리답은 수리시설로 인하여 관개의 혜택을 받는 논이며, 수리불안전답은 수리시설의 미비로 주로 자연에 의존하여 경작하는 논을 말한다.

1987년도에는 전체 논 면적의 72%가 수리답 면적이고 28%가 수리불안전답이었으나, 2004년도의 경우에는 전체 논 면적에 대한 수리답율이 78%로 6%로 증가하였다.

(3) 농업용수 수요량

① 수요량 산정방법

농업용수는 작물의 생육에 필요한 용수와 축산용수로 정의되며 작물의 생육에 필요한 용수는 작물의

종류, 토양의 특성, 기상조건 및 영농방식, 관개방식, 물관리 방식에 따라서도 많은 차이를 나타내게 된다.

농업용수 수요량은 작물의 종류에 따라 달라지므로 논작물 수요량과 밭작물 수요량으로 구분되며, 논용수 수요량은 인위적인 관개여부에 따라 다시 수리답과 수리불안전답으로 구분하고, 수리답의 경우는 영농방식에 따라 이앙, 직파재배로 구분된다.

《논용수 수요량》

논 용수 수요량은 기상, 벼의 품종, 물관리 등 여러 가지 인자에 의하여 영향을 받게 되나 수요량을 발생시키는 주요 인자를 살펴보면 벼의 증발산량과 침투량 및 유효우량 등으로 구분할 수 있다. 여기서 침투량은 재배토양의 토성, 지하수위 등에 영향을 받으며 증발산량은 작물의 종류, 기상여건 등에 따라 변화하고 유효우량은 강우량에 따라 결정된다.

벼는 영농방식에 따라 묘대기, 이앙기, 파종기에 경지에서 필요한 재배관리 용수량과 시설관리 용수량 등을 고려해야 하며, 수리시설물에서 경지까지 용수를 공급할 때 발생하는 송수손실과 배분관리 손실을 감안하여야 한다.

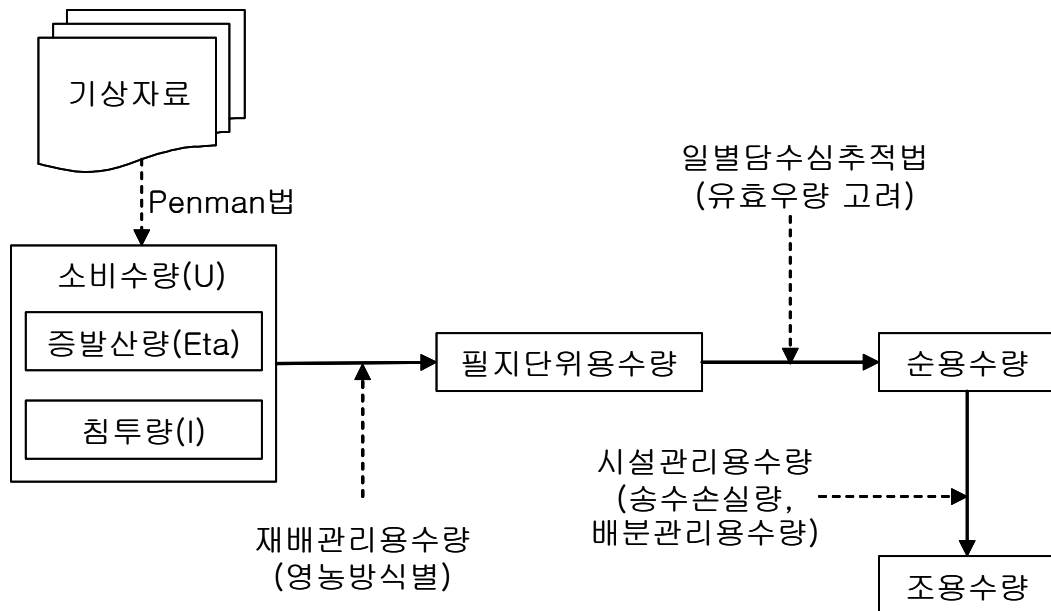


그림 3.1.6.1 논용수 수요량의 구성도

그림 3.1.6.1에서 보는 바와 같이 수리답의 논용수 수요량은 증발량과 침투량을 더하여 산정된 값

수심에서 유효우량을 고려하여 순용수량을 산정하고, 송수손실량과 배분관리용수를 고려한 조용수량으로 산정하게 되며, 수리불안전답의 경우는 수리답과는 달리 수리시설물을 통하여 용수가 공급되지 않으므로 송수손실량과 배분관리용수를 고려하지 않은 순용수량을 수요량으로 하였다. 논에서 필요한 용수 수요량의 산정과정을 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Req_{\neq t} = ET_a + I - R_e \quad (46)$$

$$Req = Req_{\neq t} / (1 - \frac{E}{100}) \quad (47)$$

여기서,  $Req_{\neq t}$  : 순용수량,

$ET_a$  : 실제증발산량,

$I$  : 침투량(mm/day),

$R_e$  : 유효우량,

$Req$  : 조용수량,

$E$  : 수로손실(%)이다.

#### <증발산량>

증발산량 산정은 Doorenbos & Pruitt(1977, FAO-24)의 수정Penman식을 적용하였다. Penman 공식은 복합적인 기상요인을 고려하기 때문에 정확성이 높고 일단위 잠재증발산량을 산정할 수 있어 관계계획 수립에 많이 이용되고 있다. Penman식으로 실제 증발산량을 산정하기 위해서는 잠재 증발산량과 실제 증발산량의 비인 작물계수가 필요하며, 작물계수는 「농업생산기반정비사업설계기준, 관계편. 1998, p97」에서 제시된 자료를 이용하였다.

잠재증발산량을 산정하기 위한 수정 Penman식은 식(48)과 같다.

$$ET_o = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad (48)$$

여기서,  $ET_o$  : 잠재증발산량(mm/day)

$W$  : 기온과 관련된 가중계수

$R_n$  : 순일사량(mm/day)

$f(u)$  : 풍속과 관련된 함수

$(e_a - e_d)$  : 평균기온에서 포화수증기압과 공기의 평균 실제수증기압과의 차

$C$  : 주야의 기상조건에 따른 효과를 보정하기 위한 조정계수이다.

가중계수  $W$ 는 다음 식 (49)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$W = \frac{\Delta}{(\Delta + r)} \quad (49)$$

여기서,  $\Delta$ 는 평균기온에 대한 포화수증기압의 표고차에 따른 구배로서 식 (50)과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{de_a}{dT_k} = \frac{d}{dT_k} [\exp(54.879) - (6790.4985/T_k) - 5.02808 \ln(T_k)] \\ &= \left[ \frac{6790.4985/(T_k - 5.0281)}{T_k} \right] \cdot e_a \end{aligned} \quad (50)$$

여기서,  $e_a$  : 평균기온의 포화수증기압으로서 식 (51)로 계산

$e_d$  : 실제 수증기압으로 상대습도  $RH$ 를 이용하여 식 (52)로 계산

$$e_a = \exp(54.8799) - (6790.4985/T_k) - 5.02808 \ln(T_k) \quad (51)$$

$$e_d = RH \times e_a / 100 \quad (52)$$

여기서  $T_k$  : 평균기온의 절대온도(=  $T$  °C + 273.16)이다.

또한  $\rho$ 은 온도와 고도에 따른 습도계수(psychrometric constant)로 식 (53)으로 계산할 수 있다.

$$r = \frac{0.386(1013 - 0.1055 \cdot EL)}{595 - 0.51 \cdot T} \quad (53)$$

여기서,  $EL$  : 기상관측소의 해발표고(m)

$T$  : 온도(°C) 이다.

풍속에 관한 함수  $f(u)$ 는 공기동력항으로서 바람에 의한 증발산량의 영향요소로 작용하며 다음 식 (54)과 같이 산정된다.

$$f(u) = 0.27 (1 + U \cdot C_u / 100) \quad (54)$$

여기서,  $U$  : 높이 2m에서 측정된 풍속(km/day)으로서 2m가 아닐 경우 표 3.1.6.2과 같이 보정하여 적용할 수 있다.

표 3.1.6.2 풍속 보정계수

풍속계 지상높이(m)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
풍속 보정계수( $C_u$ )	1.35	1.15	1.06	1.00	0.93	0.88	0.85	0.83

순일사량  $R_n$ 은 태양으로부터 지구에 도달하는 순단파일사량  $R_{ns}$ 에서 지구복사에 의한 장파복사량  $R_{nl}$ 의 차로써 나타낼 수 있으며, 순일사량은 기상관측소에서 측정되지 않으므로 일사량에서 일조시간, 온도 등의 기상자료로 계산하는 방법을 적용하여야 한다. 순일사량  $R_n$ 은 식 (55)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (55)$$

여기서,  $R_{ns}$  및  $R_{nl}$ 은 식 (56) 및 식 (57)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{ns} = (1 - al) \cdot R_s \quad (56)$$

$$R_{nl} = f(T) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N) \quad (57)$$

여기서,  $R_s$  : 측정 일사량,

$al$  : 알베도( $albedo = 0.23$ ),

$f(T)$  : 장파의 흑체반사량,

$f(e_d)$  : 습도에 대한 산란장파로 계산되는 값,

$f(n/N)$  : 일조시간대 가조시간의 함수로 계산되는 값이다.

$R_{ns}$ 의 경우 대부분의 기상관측소에서 측정 일사량 자료가 없으므로 Doorenbos & Pruitt(1977)의 제안에 따라 일조시간으로부터 일사량을 계산하도록 하였으며 이는 식 (58)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{ns} = (1 - al) \cdot [a + b \cdot (n/N)] \times R_a \quad (58)$$

여기서,  $R_a$  = 대기권밖의 일사량(extra terrestrial radiation)으로 관측가능 일사량을 나타내며 표

3.1.6.3으로부터 구한다.

$a, b$  : 계수( $a = 0.25, b = 0.5$ )

$(n/N)$  : 일조시간 대 가조시간의 비

$n$  : 기상관측소에서 측정되고 있는 실제 일조시간

$N$  : 위도에 따른 일조가능시간 <표 3.1.6.4> 참고

한편 장파복사량  $R_{nl}$ 의 각 항은 식 (59), 식 (60) 및 식 (61)과 같다.

$$f(T) = \epsilon \cdot T_k^4 \quad (59)$$

$$f(e_d) = a_1 + b_1 \sqrt{e_d} \quad (60)$$

$$f(n/N) = a_2 + b_2 \cdot (n/N) \quad (61)$$

여기서,  $\epsilon$  : Stefan-Bolzman상수( $11.71 \times 10^{-8} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{K} \cdot \text{day}$ ),

$a_1, b_1$  : 계수로서 일반적으로 0.39와 -0.05 값을 사용

$a_2, b_2$  : 0.1 과 0.9를 적용한다.

그러므로 식 (62)은 식 (63)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{nl} = 11.71 \times 10^{-7} \times T_k^4 \times (0.39 - 0.05 \sqrt{e_d}) \times [0.1 + 0.9(n/N)] \quad (62)$$

다만 최대상대습도, 일사량, 주간풍속 및 주간풍속/야간풍속의 비(ratio)에 의해 결정되는 보정계수는 고려하지 않는( $C = 1.0$ ) 것으로 가정하였다.

#### <유효우량>

유효우량이란 눈에 내린 강우 중 비의 생장에 직접 이용되는 강우량으로 정의할 수 있으며, 일반적으로 논비의 경우 한 필지의 필요수량은 식 (2-18)과 같이 나타낼 수 있다(농업생산기반정비사업계획설계 기준, 관계편, 1998).



표 3.1.6.3 관측가능 일사량(extra terrestrial radiation)

(단위 : mm/day)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
40°	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38°	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36°	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34°	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32°	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30°	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28°	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8

※ 자료출처 : Crop water requirement, FAO paper vol. 24.

표 3.1.6.4 위도별 일평균 일조가능시간(북반구)

(단위 : hr)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
50°	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48°	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46°	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44°	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42°	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40°	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35°	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30°	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25°	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6

※ 자료출처 : Crop water requirement, FAO paper vol. 24.

$$Req_{(t)} = ET_{(t)} + I - Re_{(t)} \quad (63)$$

여기서,  $Req_{(t)}$  : 담의 필요수량

$ET_{(t)}$  : 증발산량

$Re_{(t)}$  : 유효우량

$I$  : 일 침투량(mm/day)이다.

식 (57)에서 알 수 있는 바와 같이 생육기간별 필요수량은 기상상태에 따라 변하는 증발산량과 유효우량의 관계에 따라 시간의 함수로 나타낼 수 있다. 이는 특정시간에서 필요수량이 유효우량의 크기에 따라 변하는 함수임을 의미하며, 따라서 유효우량의 크기를 시간의 함수로서 재 정의하여야 함을 나타낸다. 시간의 크기는 물꼬높이가 보통 60~80mm이고 유효우량은 이 담수심에 기여하는 정도를 나타내므로 논에서의 저류수심을 일단위로 추적해 가면서 계산하여야 한다.

일 강우량이 물꼬높이 이상이 되면 유효우량은 물꼬까지의 강우량이 되나 전일의 담수심이 물꼬높이를 유지하고 있으면 유효우량은 존재할 수 없다. 따라서 일별 담수심의 변화는 단일 필지에서의 물수지 식을 이용하여야 한다. 일반적으로 유효우량을 고려한 논에서의 물수지 식은 다음과 같이 정의할 수 있다(김현영, 1988).

$$D_{(t)} = D_{(t-1)} + Re_{(t)} + Req_{(t)} - U_{(t)} \quad (64)$$

여기서,  $D_{(t)}$  : t일의 담수심(mm)

$D_{(t-1)}$  : 전일의 담수심(mm)

$Re_{(t)}$  : t일의 유효우량(mm)

$Req_{(t)}$  : t일의 관개량(mm)

$U_{(t)}$  : 당일의 소비수량이다.

그러므로 유효우량은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Re_{(t)} = D_{(t)} + D_{(t-1)} - Req_{(t)} + U_{(t)} \quad (65)$$

여기서,  $U_{(t)}$  :  $ET + I$  로 당일의 소비수량

$ET$  : 실제증발산량(mm)

$I$  : 1일간 침투량(mm/day)이다.

그러나 실제 논에서 담수심의 변화는 당일의 강우량과 필요수량 및 담수심의 관계에서 구해야 하며,

이는 가정된 물꼬높이  $D_{\max}$  및 상시관리 담수심  $D_{\min}$ 에 의해 제한되어 진다. 금회 산정은  $D_{\max} = 80$  mm,  $D_{\min} = 20$ mm를 적용하였으며, 담수심, 강우량, 필요수량, 물꼬관리의 관계는 다음과 같은 3가지의 경우를 생각할 수 있다.

첫번째,  $D_{\max} \leq D_{(t-1)} + Ra_{(t)} - U_{(t)}$  이면

$$Req_{(t)} = 0 \text{ 이고 } Rep_{(t)} = D_{\max} - D_{(t-1)} + U_{(t)} \quad (66)$$

여기서,  $Ra_{(t)} = t$ 일의 강우량,  $Rep_{(t)} = t$ 일의 유효가능우량(potential effective rainfall)이며 유효강우량  $Re_{(t)}$ 는 다음 관계에서 구할 수 있다.

$$Ra_{(t)} \geq Rep_{(t)} \text{ 이면 } Re_{(t)} = Rep_{(t)} \quad (67)$$

$$Ra_{(t)} < Rep_{(t)} \text{ 이면 } Re_{(t)} = Ra_{(t)} \quad (68)$$

두번째,  $D_{\min} \leq D_{(t-1)} + Ra_{(t)} - U_{(t)} < D_{\max}$  이면  $Req_{(t)} = 0$ 이고 유효우량 식은 (65) 및 (66)과 같다.

세번째  $D_{\min} > D_{(t-1)} + Ra_{(t)} - U_{(t)}$  이면  $Req_{(t)} = D_{\max} - D_{(t-1)} - Ra_{(t)} + U_{(t)}$ 와 같고 유효우량 식은 (67) 및 (68)과 같다.

그러나 일강우량의 크기가 5.0mm이하인 경우에는 벼 잎에 차단되어 실제 논에는 기여하지 않는 무효강우로 보는 것이 타당하며, 어떠한 경우에도 유효우량의 크기는 최대담수심  $D_{\max}$ 에 그날의 소비수량을 더한 양을 초과하지 못한다.

이와 같이 유효우량은 당일 강우량의 크기 및 생육기의 소비수량의 시계열 분포와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

#### <영농방식의 구분>

##### (가) 이앙재배

이앙재배는 작물의 생장에 따른 시기별로 용수수요량이 달라지며 이를 시기별로 살펴보면 묘대기, 이앙기, 본답기 등이 있다. 묘대기는 못자리에서 묘를 키우는 과정이며 이앙기는 못자리에서 본답으로 옮겨 심는 과정이고 이때 이앙일수는 벼의 재배체계, 씨래질 또는 이앙을 위한 작업의 능력 등에 따라 정하며 일반적으로 15~20일 정도이다. 각 생육기간별 필요수량은 다음과 같이 산정할 수 있다.

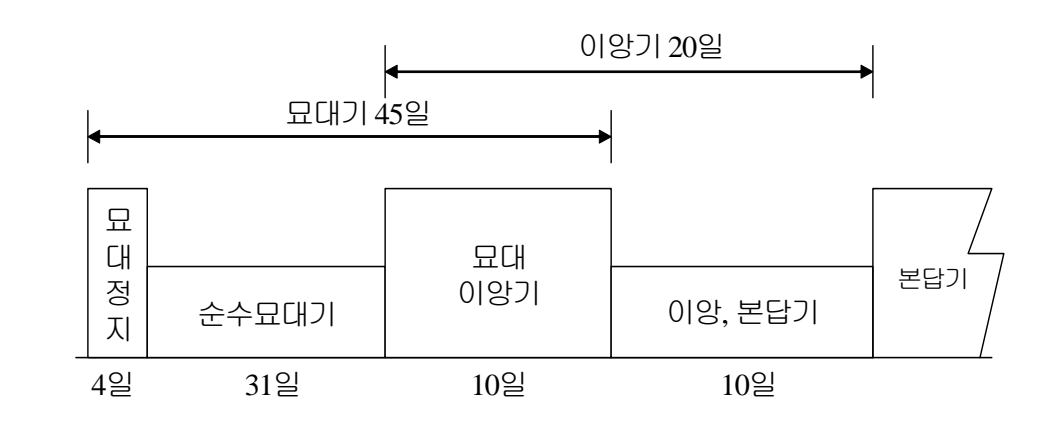


그림 3.1.6.2 이양재배시 작물재배력

첫번째로 묘대정지기는 침투량과 못자리 정지용수가 필요하며 필요수량은 식 (63)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Req_{(t)} = ( I + WR_n / D_n ) \times A_n \quad (69)$$

여기서,  $I$  : 일 침투량(mm/day)

$WR_n$  : 못자리 정지용수량(mm)

$D_n$  : 못자리 정지일수

$A_n$  : 묘대면적(ha)이다.

한 지역의 못자리 정지용수량  $WR_n$ 은 전체 묘대면적  $A_n$ 에 대해 못자리 정지기간  $D_n$  동안에 등분하여 공급하는 것으로 계획할 수 있다.

두번째로 순수묘대기는 모가 자라는 기간이므로 침투량과 증발산량을 필요로 하며 필요수량은 식 (64)과 같다.

$$Req_{(t)} = ( I + ET_{n(t)} ) \times A_n \quad (70)$$

여기서,  $ET_{n(t)}$  : 기간별 증발산량이다.

세번째로 묘대·이양기는 지역에 따라 이양이 시작되고 묘대기가 끝나지 않아 중첩되므로 묘대용수를 공급해 주어야 하는 경우도 있다. 이때의 필요수량은 식 (71)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Req_{(t)} = [(I + ET_{n(t)}) \times A_n + (WR_t / D_t / 2) \times A_t] \quad (71)$$

여기서,  $WR_t$  : 이양용수량

$A_t$  : 이양재배 면적

$D_t$  : 이양일수이다.

네번째로 이양·본답기는 아직도 일부지역에서 이양이 계속되고 있으며 이양이 완료된 지역에서는 본답 용수를 공급해 주어야 할 경우이며 이때의 필요수량은 식 (72)와 같이 나타낼 수 있다. 본답기의 필요수량은 증발산량과 침투량의 합으로 나타낼 수 있다.

$$Req_{(t)} = [I + ET_{n(t)} + (WR_t / D_t / 2)] \times A_t \quad (72)$$

#### (나) 담수직파

담수직파의 경우 보다 정밀한 초기 물관리가 요구된다. 담수직파 파종방법 중 무논골뿌림은 우리나라의 가장 일반적인 파종방법으로 담수직파의 표준으로 자리 잡고 있다. 이 방법에 근거한 담수직파재배는 기계이양이 가능하도록 정지를 한 후 완전배수를 하여 두부 또는 컷볼 정도로 굳었을 때(논 굳히기) 전용 파종기를 이용 3~4cm 깊이로 골을 내며 파종하는 것으로 파종후 피 등의 잡초발생을 억제하고 새의 피해를 줄여 입묘율 향상을 위해 심수관개를 한다.

그렇지만 장기간의 심수관개는 오히려 입묘율의 향상에 방해가 되며 출아 및 뿌리의 활착을 돕기 위해 논에 실금이 갈 정도로 강낙수(눈 그누기)를 실시한다. 또한 본엽이 3엽기가 되는 본답기까지는 담수와 낙수를 반복하여 뿌리의 활착을 도와야 한다. 담수직파의 물관리 단계별 필요수량은 다음과 같이 산정할 수 있다.

첫번째로 본답정지기는 침투량과 정지·씨레용수가 필요하며 필요수량은 식 (73)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Req_{(t)} = (I + WR_w / D_w) \times A_w \quad (73)$$

여기서,  $WR_w$  : 본답 정지용수(mm)

$D_w$  : 본답정지기간

$A_w$  : 담수직파 재배면적(ha)

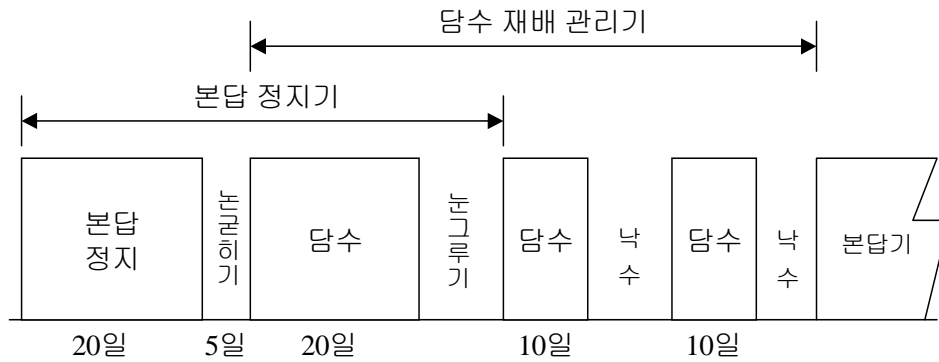


그림 3.1.6.3 담수직파재배시 작물재배력

두번째로 논 굳히기, 논그누기 및 낙수기간은 단일 필지에 대하여 실제 용수를 공급하지 않는 것으로 한다. 그러므로 필요수량은  $Req_{(t)} = 0$ 으로 나타낼 수 있다. 그러나 직파재배 물관리시의 담수기에는 침투량과 증발산량 및 담수와 낙수의 반복에 따른 용수의 손실을 보장해 주기 위한 담수직파 관리용수량을 공급해 주어야 한다. 그러므로 이때의 필요수량은 식 (74)과 같이 계산할 수 있다.

$$Req_{(t)} = (I + ET_{n(t)} + DW_w / DW_d) \times A_w \quad (74)$$

여기서,  $DW_w$  : 담수직파 관리용수량(mm)

$DW_d$  : 담수직파 물관리 기간이다.

본답기의 필요수량은 앞 절에서 언급한 바와 같이 증발산량과 침투량의 합으로 나타낼 수 있다.

(다) 건답직파

건답직파는 파종후 건답상태에서 발아하게 되며 본엽이 2~3엽기에 달하였을 때 최초로 관개하게 된다. 그러나 건답상태에서 관개하게 되므로 초기용수량의 수요가 과다하게 되며, 이렇게 과다한 감수심이 생기는 이유는 작토층의 횡방향 침투량이 증가하기 때문이다. 최초 관개후 감수심의 크기는 지속적으로 감소하여 어느 시기에는 평형을 되찾게 되며 이러한 평형기간은 토양에 따라 달라지나 일반적으로 7~30일 정도인 것으로 알려져 있다.

따라서 건답직파는 초기용수 공급시 감수심을 알고 이에 대한 필요수량을 추가로 공급해 주어야 한다. 초기 재배관리용수량은 침투량과 증발산량 및 건답직파 관리용수량으로 나타낼 수 있으며 식 (75)과 같다.

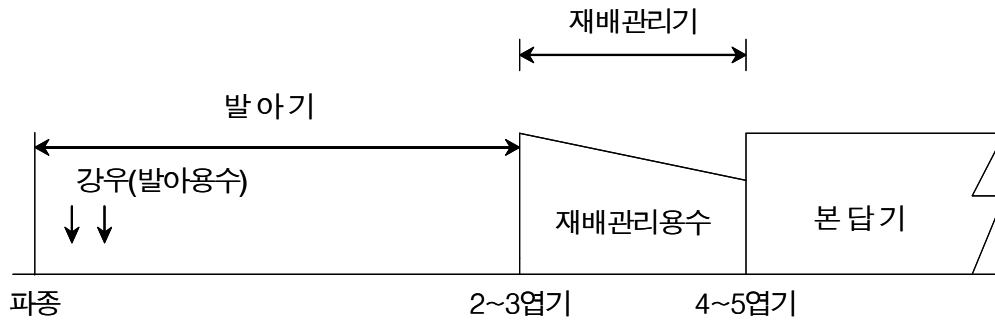


그림 3.1.6.4 건답직파재배시 작물재배력

$$Req_{(t)} = (I + ET_{n(t)} + DW_d / D_d) \times A_d \quad (75)$$

여기서,  $DW_d$  : 건답직파 초기용수량

$D_d$  : 초기용수량 공급기간

$A_d$  : 건답 직파 재배면적이다.

한편 초기용수량은 토양별 감수심을 추정하여 산정할 수 있다.

#### 《밭 용수 수요량》

밭은 논에 비해 작물의 종류가 많고 밭 토양내의 물소비 기구가 복잡하여 합리적인 용수수급 계획을 세우기 어려우며, 논벼와는 달리 담수재배를 하지 않기 때문에 담수에 따른 삼투량을 고려할 필요가 없지만 강우에 의한 토양수분의 변화 및 강우가 실제 밭작물에 이용된 유효유량을 정확하게 산정하는 것이 중요하다.

또한 밭 토양은 토양특성상 침투손실이 빠르게 이루어지며 유효토양층이 근근역으로 제한되므로 범위가 좁아 강우의 유효율이 적다. 그러므로 밭 용수수요량을 산정하기 위해서는 재배지의 토양특성을 정확히 파악하여야 한다.

따라서 밭 용수수요량을 결정하는 주요인자는 작물의 증발산량, 토양의 유효수분, 유효수분의 범위를 결정하는 포장용수량 및 성장저해 수분량이다. 이와 같은 수분소비 인자는 보통 토양조사에 의해 계산되는 총신속유효수분량(TRAM)에 의해 결정된다.

발용수 수요량 추정은 FAO와 ICID 등 세계적인 기구에서 추천하는 증발산량 산정법인 Penman-Monteith식을 증발산량 추정방법으로 적용하며, 토양의 특성치인 총신속유효수분량 (TRAM)을 기준으로 밭 토양내의 수분을 추적하는 물수지 방법을 이용하여 유효수량과 관개 필요수량을 산정한다.

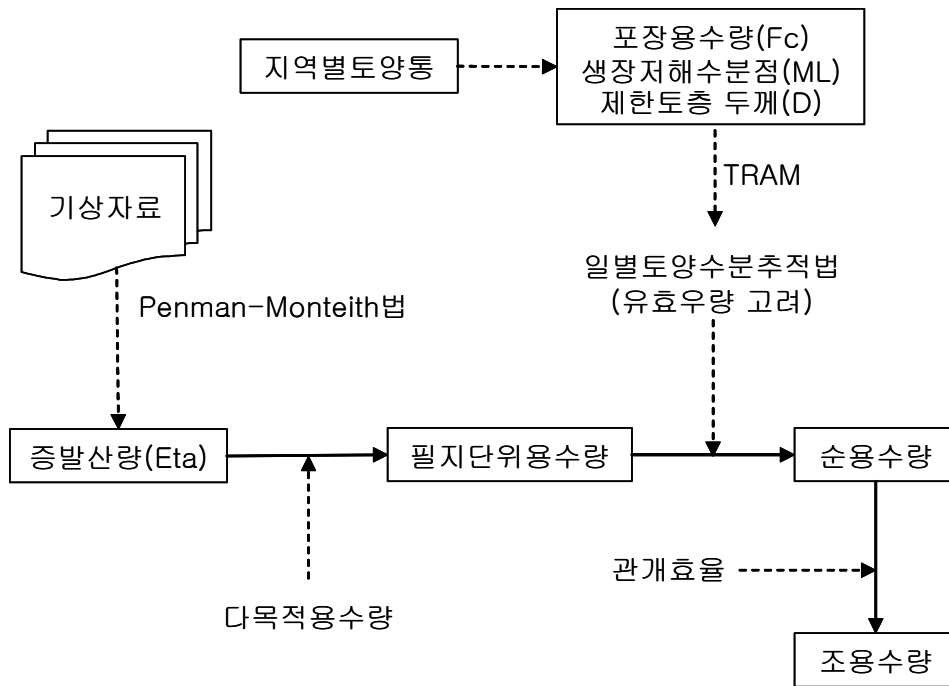


그림 3.1.6.5 발용수 수요량의 구성도

#### <증발산량>

발용수 수요량은 관개지역의 기상, 작부시기, 토양의 특성에 따라 크게 변화하므로 이러한 요소를 충분히 고려하여 산정해야 한다. 이제까지는 밭 작물의 증발산량을 산정하기 위해 실무에서 주로 Blaney-Criddle(B-C)식과 Penman식 등을 이용하였다. B-C식은 1970년대부터 농어촌진흥공사에서 증발산량을 산정하기 위해 도입하여 농업용수개발사업의 설계에 활용하고 있으며, 1980년대 이후부터 Penman식이 도입되어 활용되고 있다.

그러나 B-C식은 기온자료만을 이용하므로 계산이 간단한 장점이 있는 반면에, 우리나라 하절기의 복잡한 기상상황을 잘 표현하지 못하고 일별 증발산량 추정이 불가능한 단점이 있다. 또한 Penman식은 풍속에 따라 증발산량이 크게 차이가 나는 단점을 확인하였고, B-C식이나 Penman식이 실측 증발산량과의 비교에서 과대치를 산정하는 경향이 있음을 FAO에서 발표한 바 있다.



이에 반하여 복합기상자료를 이용하는 Penman-Monteith식은 세계식량기구(FAO), 세계관개배수 위원회(ICID), 세계기상기구(WMO)등에서 추천하고 여러 연구에서 가장 정확한 방법으로 인정받고 있으며, 기존 Penman식의 단점을 보완하여 전 세계적으로 작물 필요수량에 대하여 일관된 값을 제공하고 적용성이 뛰어난 것으로 알려져 있다. Penman-Monteith식은 공기역학적인 항과 일사량(에너지)에 관계된 항으로 구성되며 식 (76)과 같다.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (76)$$

여기서,  $ET_0$  : 잠재증발산량(mm/day)

$R_n$  : 순일사량(mm/day)

$(e_a - e_d)$  : 증기압차(kPa)

$\Delta$  : 수증기압 곡선

$\gamma$  : 습도 상수

$G$  : 토양으로 흡수되는 열유동량이다.

$$\Delta = \frac{4098 e_a}{(T+237.3)^2} \quad (77)$$

여기서,  $e_a$  : 포화수증기압,  $T$  : 온도(°C)이다.

$$e_a = 0.661 \exp\left(\frac{17.27 T}{T+237.3}\right)$$

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda} \quad (78)$$

여기서,  $P$  : 대기압(kPa)

$$\lambda : \text{잠열(MJ/kg)} = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$$

열은 토양에 저장되기도 하고 방출되기도 한다. 일정 기간 동안의 토양에서의 열량을 추정하기 위하여 다음 식을 사용하였다.

$$G = c_s d_s \left( \frac{T_n - T_{n-1}}{\Delta t} \right) \quad (79)$$

여기서,  $G$  : 토양으로 흡수되는 열유동량

$T_n$  : n일(월)의 온도(°C)

$T_{n-1}$  : n-1일(월)의 온도(°C)

$\Delta t$  : 시간(일, 월)

$c_s$  : 열용량(MJ/m<sup>3</sup>/°C)

$d_s$  : 예상 토양 깊이(m)이다.

#### <유효수량>

강수량 중에서 작물의 생육에 직접 이용되는 수량을 유효수량이라 하며, 우리나라에서는 발작물 생육기에 강우가 많으므로 발작물의 소비수량은 거의 강수량에 의존하게 된다. 발의 유효수량은 경험적인 방법과 강우에 의한 밭에서의 토양수분의 변화를 추적함으로써 강수량 중 실제 이용되는 수량을 이론적으로 산정하는 방법이 있다.

경험적인 방법 중에는 밭 토양의 총신속유효수분(TRAM)에서 강우직전의 유효수분량을 제외한 유효수량의 상한치와 강우의 80%를 비교하여 일강우의 80%보다 유효수분량이 크면 유효수량은 유효수분량이고, 작으면 일강우의 80%를 유효수량으로 계산하는 방법이 있으나 이 방법은 일 강우의 80%가 무조건 토양으로 침투되며 유효수량으로 사용된다는 가정으로 수문학적인 신뢰성이 결여되어 있으므로 실무에서 일반적으로 적용하기 곤란한 점이 있다.

토양수분추적에 의한 방법은 강수량 중 지표유출량을 제외하고 토양 속에 침투되는 수량에 대해 작물의 소비수량에 의하여 감소되는 부분을 고려하여 밭에서의 토양수분변화를 일별로 추적하는 방식으로 실제 작물에 의해 소비되는 강수량의 기여분을 산정하는 방식으로서 밭에서의 토양수분이 해당일의 밭 소비수량보다 작을 경우 관개용수를 공급하게 된다.

금회 과업에서는 경험적인 방법보다는 수문학적으로 신뢰성이 있는 토양수분추적에 의한 유효수량 산정방법을 이용하여 유효수량을 산정하였다.

첫번째로 유효수분량은 토양내 수분량 중에서 작물이 이용할 수 있는 수분을 유효수분이라 하며 유효수분은 토양의 성질에 따라 다르게 나타난다. 일반적으로 유효수분의 상한계는 포장용수량을 적용하고 있으며 포장용수량은 다량의 강우발생 후 물의 하강운동이 작아졌을 때의 토양수분량으로 토양이 유지할 수 있는 최대량이며 이 포장용수량이 곧 총신속유효수분량(TRAM)값이

된다.

두번째로는 토양수분추적에 의한 물수지로서 밭의 토양수분 변화는 당일의 강우량과 필요수량 및 토양수분량의 관계에서 구해야 하며, 토양수분의 최대값은 포장용수량인 총신속유효수분량(TRAM)에 의하여 결정되게 된다.

발용수 수요량을 산정하기 위하여 밭의 일별 물수지는 토양내의 수분량 이동을 분석하며 다음 식과 같이 고려할 수 있다.

$$D_{(t)} = D_{(t-1)} + Re_{(t)} + Req_{(t)} - U_{(t)} \quad (80)$$

여기서,  $U_{(t)} = ETa_{(t)} = ET_0 \times K$

$D_{(t)}$  : t일의 밭 토양수분(mm)

$D_{(t-1)}$  : t-1일의 밭 토양수분(mm)

$Re_{(t)}$  : t일의 유효우량(mm)

$Req_{(t)}$  : t일의 순관개량(mm)

$U_{(t)}$  : t일의 소비수량(mm)이다.

위 식에서 가장 핵심적인 내용은 밭토양에서의 유효우량의 산정방법이며, 유효우량은 잠재유효우량의 일부가 유효우량으로 전환되는 것이다. 잠재유효우량은 강우량에서 유출량을 뺀 값이며, 침투된 물은 토양을 재충전하거나 근구역 밑으로 침투된다. 만약 잠재유효우량이 총신속유효수분량(TRAM)보다 크면 잠재유효우량은 총신속유효수분량이 된다.

유효우량을 예측하는데 어려운 점은 지역내의 강우자료, 경사도, 토양의 피복상태, 토성 등의 불균일성을 들 수 있으며, 특히 토양의 침투능은 강우강도에 따라 많은 변화가 있다. 토양수분, 강우량(잠재유효우량), 필요수량의 관계는 다음과 같이 구분한다.

$$U_{(t)} \leq D_{(t-1)} + Ra_{(t)} \text{ 이면} \quad (81)$$

$$Req_{(t)} = 0$$

$$U_{(t)} > D_{(t-1)} + Ra_{(t)} \text{ 이면} \quad (82)$$

$$Req_{(t)} = D_{(t-1)} + Ra_{(t)} - U_{(t)}$$

여기서  $Ra_{(t)}$ 는 t일의 잠재유효우량이다.

또한 유효가능우량은 다음 식에 의해 구하며

$$Rep_{(t)} = TRAM - D_{(t-1)} + U_{(t)} \quad (83)$$

여기서,  $Rep_{(t)}$ 는 t일의 유효가능우량이다

유효강우량  $Re(t)$ 는 다음 관계에서 산정한다.

$$Ra_{(t)} \geq Rep_{(t)} \text{ 이면 } Re_{(t)} = Rep_{(t)} \quad (84)$$

$$Ra_{(t)} < Rep_{(t)} \text{ 이면 } Re_{(t)} = Ra_{(t)}$$

#### <다목적 용수량>

밭의 다목적 용수량은 작물이 생리적으로 요구하는 수분보급량 이외에 필요수량으로 재배관리용수, 기상재해방지용수, 관리 작업의 생력화용수 등이 있다. 이들 용수량은 작물생육에 영향을 미치고 있으므로 안정적인 수요량 확보를 감안하여 금회 발용수 수요량 산정에 고려하였다.

「농업생산기반정비사업계획설계기준(관계편), 1998, 농림부」에서는 재배관리용수를 파종·정식기의 용수량, 경운작업을 위한 용수량으로 구분하고 있으며, 기상재해방지용수는 풍식방지를 위한 용수량, 동상해방지를 위한 용수량, 해풍해방지를 위한 용수량으로 구분하고, 관리작업의 생력화용수로 액비 용수량, 병충해 방지 용수량, 기타 용수량으로 구분하고 있다.

본 보고서에서는 일부작물 또는 일부지역에서 공급해야하는 동상해방지 및 해풍해방지용수량을 고려하지 않았으며, 대부분의 작물에서 필요로 하는 재배관리용수량 30mm, 기상재해방지용수량 7mm, 관리작업의 생력화 및 기타용수량을 30mm를 적용했으며 그 내역은 표 3.1.6.5~6과 같다.

#### 3.1.6.2 수요량 산정결과

수자원장기종합계획보고서(2006. 7)에서는 우리나라의 수자원총량이 1,240억 $m^3$ 이며 이 중 이용량은 337억 $m^3$ 으로 보고하고 있다. 손실량 517억 $m^3$ 을 제외한 하천 유출량 723억 $m^3$ 중 바다로 유실되는 수자원은 386억 $m^3$ 이며, 하천수 형태로 이용되는 수량이 123억 $m^3$ , 댐 이용량이 177억 $m^3$ , 지하수 이용량이 37억 $m^3$ 이다. 이를 그림으로 나타내면 그림 3.1.6.6과 같다.

표 3.1.6.5 밭의 다목적 용수량

구 분		용 수 량(mm)	비 고
재배관리 용수량	파종·정식기의 용수량	10~15	
	경운작업을 위한 용수량	20	
기상재해방지 용수량	풍식방지를 위한 용수량	5~20	
	동상해방지를 위한 용수량	-	일부작물에만 적용되므로 제외
	해풍해방지를 위한 용수량	-	일부지역에만 적용되므로 제외
관리작업의 생력화용수량	액비용수량	20	
	병충해방재용수량	1	
기타용수량	미기상조절용수량	4~6	

※ 자료 : 농업생산기반정비사업계획설계기준(관개편), 1998. 농림부

표 3.1.6.6 다목적용수량의 적용 및 배분방식

구 분	총용수량 (mm)	시기별 배분량 (mm)	비 고
재배관리용수	30	시작일 + 10일간 3.0mm씩 공급	
기상재해 방지용수	7	재배관리용수량공급 후 10일간 0.7mm씩 공급	
관리작업 생력화용수	30	영농기간중 3회에 걸쳐 10일간 1.0mm씩 공급	

수자원 이용량을 이용목적별로 살펴보면 생활용수가 76억<sup>m</sup>으로 23%를 차지하고 있고 공업용수가 26억<sup>m</sup>으로 8%, 농업용수가 가장 많은 160억<sup>m</sup>으로 전체 사용량의 47%, 하천유지용수가 75억<sup>m</sup>으로 22%를 점유하고 있다. 이를 보면 전체 수자원 이용량 중 농업용수 사용량이 가장 많은 것을 알 수 있으며 정리하면 표 3.1.6.7과 같다.

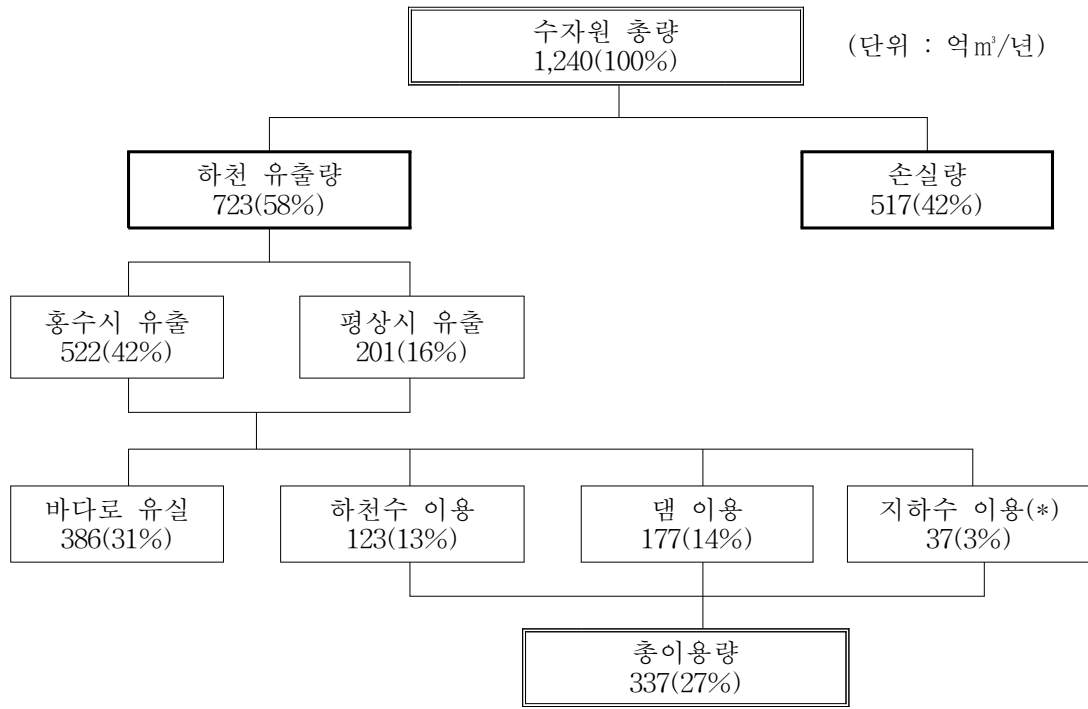


그림 3.1.6.6 우리나라 수자원 이용현황

표 3.1.6.7 수자원 이용현황(2006년 현재)

구 분	소 계	생활용수	공업용수	농업용수	유지용수
이용량(억m <sup>3</sup> )	337	76	26	160	75
비 율(%)	100	23	8	47	22

1999년도 농업용수 수요량 산정에서는 수로의 구조물화와 자동물관리시스템의 구축으로 2011년 까지 약 10억m<sup>3</sup>의 수요절감량을 반영하여 산정하였다. 전국 농업용수 수요는 2001년 159억m<sup>3</sup>에서 2011년 162억m<sup>3</sup>으로 추정되었으며, 이와 같은 수요의 증가는 논배수로 분리, 수리답 및 밭관개 증가, 이앙재배에서 직파재배, 온실재배에 의한 사계절 용수공급 등 새로운 영농방식에 기인하는 것으로 분석하고 있다. 농지면적은 감소하고 있으나 새로운 영농 방식의 도입으로 기존의 영농방식 보다 더 많은 용수를 필요로 하여 농업용수의 증가 요인이 되고 있다.

연도별 농업용수 수요량을 논용수와 밭용수 및 축산용수로 구분하여 나타내면 <표 2-8>와 같으며, 논용수의 경우는 수리답과 수리불안전답으로 구분하여 수요량을 산정하였고, 밭용수는 관개전과 비관개전으로, 축산용수는 양축용수와 가공용수로 구분하여 수요량을 산정하였다. 1999년도에 처음으로 시도된 수요절감량은 수로구조물화와 자동물관리시스템의 도입으로 수요량이 그만큼 절약된다고 가정하여 산정한 것이다. 이러한 수치는 제주도를 포함한 전국에서 필요한 농업용수량이며, 수리안전답은 이앙재배

와 직파재배로 구분하여 산정한 값이다. 우리나라의 총 용수수요는 '80년대에 급속한 증가가 있었고, '98년부터는 완만한 증가가 예상되고 있으며 2001년에서 2011년까지는 2001년 대비 연간 1%로 수요증가 추세가 둔화되는 경향을 나타내고 있다.

표 3.1.6.8 농업용수 수요량의 추정

(단위 : 백만m<sup>3</sup>/년)

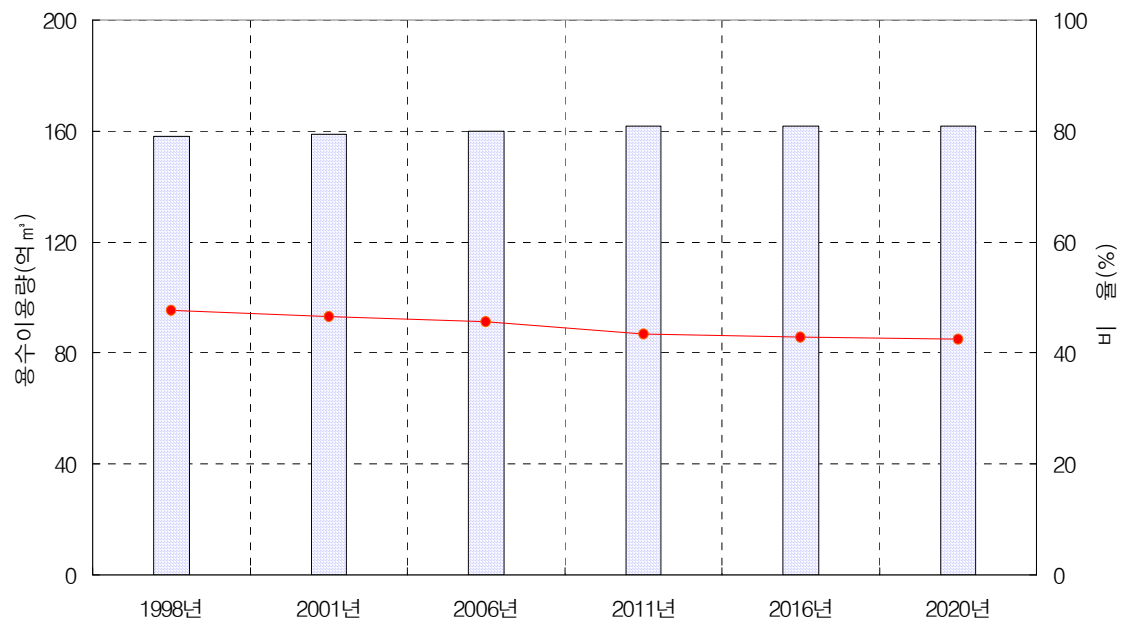
구 분	1997년	2001년	2006년	2011년
계	15,809	15,875	15,977	15,849
○ 논 용수	13,006	13,272	13,170	13,040
- 수리답	10,553	11,584	11,068	11,323
- 수리불안전답	2,453	1,688	1,972	1,574
○ 밭 용수	2,572	2,669	2,702	2,699
- 관개전	94	251	1,451	1,593
- 비관개전	2,478	2,418	1,251	1,106
○ 축산용수	231	241	235	253
- 양축용수	200	209	203	219
- 가공용수	31	32	32	34
○ 수요절감량	-	△307	△463	△563
- 수로구조물화	-	△300	△420	△490
- 자동물관리시스템	-	△7	△43	△73

수자원장기종합계획에서의 전국 용수수요량 전망을 용수 목적별로 나타내면 <표 2-9>과 같으며, 농업용수 수요량 추정치를 살펴보면 1998년도 158억m<sup>3</sup>에서 2011년 162억m<sup>3</sup>으로 수요량의 증가량이 4억m<sup>3</sup>에 그치고 있으며 증가율도 2.5%에 지나지 않는다. 수자원장기종합계획에서 추정된 장래의 농업용수 수요량과 전체 물 수요량의 비율을 나타내면 <그림 2-7>과 같다. 이 경우 2020년도 이후에는 전체 물 수요량에서 농업용수 수요량이 차지하는 비율은 현재의 48% 수준에서 42% 수준으로 감소하게 된다.

표 3.1.6.9 전국 용수수요량 전망

(단위 : 백만<sup>3</sup>/년)

구 분	1998	2001	2006	2011	2016	2020
소 계	33,108	34,090	35,073	37,353	37,792	38,147
생활용수	7,333	7,312	7,644	8,749	8,920	9,021
공업용수	2,875	3,355	3,706	4,043	4,311	4,565
농업용수	15,809	15,875	15,986	16,193	16,193	16,193
유지용수	7,091	7,548	7,737	8,368	8,368	8,368



그래프 3.1.6.1 농업용수 수요량 추정 및 이용비율의 변화

수자원장기종합계획에서는 수요량의 절감계획을 반영하여 수요량을 추정하였으며, 농업용수의 경우 용수공급량의 상당부분을 차지하는 수로 손실량을 수로구조물화에 의하여 절감하고, 자동물관리시스템 도입을 활성화하여 효율적인 물관리를 기함으로서 공급측면에서 용수수요량을 절감할 계획을 반영한 것이다.

수로구조물화에 의한 절감량은 2001년도에 3억<sup>3</sup>, 2020년도에는 8억<sup>3</sup>이며, 자동물관리시스템 도입으로 2001년도에는 7백만<sup>3</sup>, 2020년도에는 1.8억<sup>3</sup>이다. 농업용수 수요량 절감계획 내역을 정리하면 표 3.1.6.10과 같다.



표 3.1.6.10 농업용수 수요량 절감계획

(단위 : 백만m³)

절감계획	2001년	2006년	2011년	2016년	2020년
○ 소 계	△307	△463	△563	△978	△978
- 수로구조물화	300	420	490	800	800
- 자동물관리시스템 (TM/TC)	7	43	73	178	178

이러한 절감계획은 농업용수로의 구조물화를 추진하여 수로에서의 평균 손실율을 2001년도 23%에서 2011년 21%를 낮출 경우 5억m³을 절감할 수 있다는 것이며, 이 경우 농업용수로의 구조물화율은 36.1%에서 51.1%로 높아지게 된다. 이러한 자료를 요약하면 표 3.1.6.11과 같다.

표 3.1.6.11 농업용수로의 구조물화를 통한 수요절감량

구 분	2001년	2006년	2011년
손실율 변화(%)	23.0	22.0	21.0
절감량(억m³/년)	△3	△4	△5
용수로 구조물화율(%)	36.1	43.6	51.1
구조물화 길이(km)	39,154	47,289	55,423

또한 농업용수 공급시설의 자동화물관리시스템(TM/TC) 사업추진으로 농업용수 수요절감량은 자동물관리시스템의 도입으로 인한 절감량을 수로 손실율이 감소되는 효과가 있다고 가정하여 추정된 것으로 수로손실율이 2001년도에 19.3%에서 2011년도에 17.6%로 낮아진다고 가정한 것이다. 이를 정리하면 표 3.1.6.12와 같다.

표 3.1.6.12 자동물관리시스템 도입으로 인한 수요절감량

구 분	2001년	2006년	2011년
TM/TC에 의한 효과(%)	19.3	18.5	17.6
절감량(억m³/년)	△0.07	△0.83	△1.78
적용면적(ha)	11,000	139,310	305,360

수자원장기종합계획에서 적용한 경지면적은 표 3.1.6.13과 같으며, 논과 밭을 합쳐 1998년도에는 1,924천ha, 2011년도에는 1,850천ha 이었으며, 13년간 74천ha가 감소하여 감소율은 4% 정도로 추정하고 있다.

표 3.1.6.13 농업용수 수요량 산정에 적용한 경지면적 전망

(단위 : 천ha)

구 분	1998	2001	2006	2011
전 국	1,924	1,882	1,850	1,850
한 강	406	381	374	375
낙 동 강	527	501	489	488
금 강	393	393	390	393
영산·섬진강	539	549	539	536
기 타	59	58	58	58

농업용수 수요량은 수요량 산정의 최소단위의 지배 관측소별로 증발산량을 산정하고 필지단위의 물수지분석을 통하여 유효우량을 산정하게 되며, 여기에 경지내 침투량 및 수로손실율이나 관개효율을 고려하여 산정하게 된다. 이와 같이 산정된 전국 평균 단위용수량은 논인 경우 1,118mm, 밭의 경우에는 338mm로서 표 3.1.6.14와 같다.

표 3.1.6.14 수자원장기종합계획에 적용한 권역별 단위용수량

(단위 : mm)

권역	1998		2001		2006		2011	
	답	전	답	전	답	전	답	전
전국 평균	1,118	338	1,150	353	1,176	372	1,181	391
한 강	1,077	450	1,106	509	1,124	526	1,133	533
낙 동 강	1,214	341	1,246	376	1,270	387	1,282	417
금 강	1,127	768	1,165	654	1,195	636	1,194	637
영산·섬진강	1,053	292	1,081	270	1,109	285	1,110	305

한편, 농업·농촌용수 종합이용계획에서는 농업수리시설물에서의 실제 공급량을 제시하고 있는데, '97년 현재 농촌용수 수요량 157억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>중(기타용수 제외) 시설공급량을 102억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>(기타용수 제외)으로 추정하고 있다. 이 중 논 용수가 97억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>, 밭용수가 4억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>, 축산용수가 1.4억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>이며, 용수목적별로 시설공급량을 정리하면 표 3.1.6.15와 같다.

**표 3.1.6.15 용수목적별 시설공급량 현황**

(단위 : 백만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)

구 분	소 계	논용수	밭용수	축산용수
시설공급량	10,214	9,662	413	139

※ 자료출처 : 농업·농촌용수 종합이용계획(1999.12, 농림부, 농업기반공사)

이를 이용형태별로 보면 지표수가 92억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 전체 공급량의 90%를 차지하고 있으며, 지하수가 10억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 10%를 차지하고 있다.

지표수를 시설물 이용형태별로 나누면 저수지 공급량이 47억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 지표수 공급량의 52%를 차지하고 있고, 양수장이 15억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 16%, 취입보가 8억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 9%, 하구 담수호에서 21억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 22%를 공급하고 있으며, 관정, 집수암거 등 기타시설물에서 1.3억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>을 공급하고 있다. 이를 정리하면 표 3.1.6.16과 같다.

**표 3.1.6.16 이용형태별 농업용수 시설공급현황(1997년 현재)**

(단위 : 백만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)

합 계	지 표 수						지하수
	저수지	양수장	취입보	담수호	기 타	소계	
10,214	4,744	1,489	794	2,062	125	9,214	1,000

※ 자료출처 : 농업·농촌용수 종합이용계획(1999.12, 농림부, 농업기반공사)

이를 다시 용수목적별 이용형태별로 구분하여 농업용수의 시설공급량을 살펴보면 표 3.1.6.17과 같다. 논 용수는 저수지에서 공급하는 수량이 가장 많고, 담수호, 양수장 및 취입보 순으로 공급하고 있다. 밭 용

수는 현재 대부분이 담수호에서 공급하고 있는 것으로 나타났으며, 축산용수의 경우 저수지에서 3백만<sup>3</sup>을 공급하고 대부분의 수량은 담수호에서 공급하고 있는 것으로 나타났다.

표 3.1.6.17 농업용수 목적별, 이용형태별 시설공급현황

(단위 : 백만<sup>3</sup>)

구 분	소계	시설공급량						지하수	
		저수지	양수장	취입보	담수호	기 타	소계		
농업 용수	논용수	9,662	4,741	1,489	794	1,824	125	8,973	689
	밭용수	413	-	-	-	211	-	211	201
	소 계	10,075	4,741	1,489	794	2,035	125	9,184	891
축산용수		139	3	-	-	27	-	30	109
합 계		10,214	4,744	1,489	794	2,062	125	9,214	1,000

※ 자료출처 : 농업·농촌용수 종합이용계획(1999.12, 농림부, 농업기반공사)

### 3.1.6.3 물공급 체계 분석

#### (가) 수리시설물 현황

농업생산기반정비사업 통계연보 자료의 수리시설물 현황자료를 살펴보면 주수원공, 보조수원공 및 부속 시설물을 합하여 총 시설수는 67,897개소이며 시설 관개면적은 869,822ha이다. 이 중 저수지가 17,732개소로 시설수에서 전체의 26.1%를 차지하고 있으며, 양배수장이 7,101개소로 10.5%, 보가 17,983개소로 26.5%, 집수암거가 2,893개소로 4.3%, 관정이 가장 많은 22,188개소로 전체 시설수의 32.7%를 차지하고 있다.

그러나 대부분의 수리시설물들은 시설연대가 오래되어 기능을 다하지 못하는 것이 많으며, 특히 저수지의 경우 1945년 이전에 축조된 것이 53.5%에 달하여 시설 노후화가 가장 심하다. 각 수리시설물의 기간별 시설 개소수는 표 3.1.6.18과 같다.

저수지의 경우 대부분이 70년대 이전에 축조된 것이며 80년대 이후에는 축조된 저수지의 수가 현격하게 줄어들고 있음을 알 수 있다. 이에 따라 일반적인 농업용 저수지의 내구연한인 50년을 상회한 저수지가 대부분으로 용수공급에 지장을 초래하는 경우가 많은 것으로 추정할 수 있다.

반면 양배수장의 경우 대부분이 70년대 이후에 설치되었으며, 우리나라 농업용수 관개방식이 이상적인 저수지 축조장소가 적당하지 않아 담수호 조성과 하천에서의 양수장에 의한 관개방식으로 점차 바뀌고 있

표 3.1.6.18 수리시설물 설치 년도별 현황(개소수)

연 도	합 계	저수지	양배수장	보	집수암거	관정
1945년 이전	14,576	9,478	137	4,818	108	35
1946~1961	4,134	2,555	241	1,297	38	3
1962~1966	2,480	1,226	147	1,040	50	17
1967~1971	9,004	2,422	556	2,233	1,351	2,442
1972~1976	4,908	707	528	3,218	335	120
1977~1981	6,564	570	1,500	2,676	650	1,168
1982~1986	4,481	304	1,010	992	196	1,979
1987~1991	3,190	145	728	733	55	1,529
1992~1996	8,000	113	804	212	53	6,818
1997~2004	10,560	212	1,450	764	57	8,077
계	67,897	17,732	7,101	17,983	2,893	22,188

※ 자료출처 : 농업생산기반정비사업 통계연보(2005, 농림부)

음을 알 수 있다. 양수장의 경우 70년대에 시설수의 28.6%가, 그리고 80년대 이후에 시설수의 56.2%가 준공되어 사용되고 있다.

농업용 보의 경우에는 대부분의 경우에는 시설수가 적지만 시설연도가 비교적 연도별로 고르게 분포하고 있다. 이와 같은 점을 보면 보가 소규모 관개구역에서 농업 용수원으로 많이 이용되고 있는 것으로 추정할 수 있으며, 현재에도 보가 지속적으로 축조되고 있는 것을 알 수 있다.

관정의 경우 최근에 개발된 시설수로 볼 때에는 주요 관개방식으로 자리 잡고 있는 것으로 알 수 있다. 1987년 이후에 전체 관정의 74.0%가 개발된 것이 이를 나타내는 지표이며, 1967년부터 1971년 사이에 대 한밭시에 전체 시설수의 11.0%가 개발되어 당시의 대한밭로 인한 농업용수 부족을 타개하기 위하여 많은 관정들이 급조되었을 것으로 추정할 수 있다.

집수암거의 경우에는 전체 시설수의 69.2%가 1967년도에서 1971년도 사이와 1977년부터 1981년

사이의 대한밭 시에 개발된 것으로 나타났는데, 당시 한밭에 대한 비상대책 수단으로 개발된 것으로 추정할 수 있어 농업용수 공급측면에서 실제 채수량을 충분히 공급할 수 있는지 확인할 필요성이 있다. 이상의 자료를 토대로 분석해 보면, 최근의 농업용수 공급시설은 입지 확보가 어려운 저수지보다 양배수장 및 관정 개발이 주로 이루어지고 있으며 취입보 또한 꾸준히 개발되고 있음을 알 수 있다.

농업생산기반정비사업 통계연보상의 수리시설물 개소수는 주수원공, 보조수원공 및 부속시설을 포함한 수치이다. 주수원공이란 물을 1차적으로 농업용수로 전환하는 시설로서 주가 되는 수원공의 시설을 말하며, 보조수원공은 주수원공의 수혜구역 내에서 주수원공의 용수량이 부족할 때 그 부족량을 보충하기 위하여 설치한 보조시설이며, 부속시설은 주수원공이나 보조수원공이 수혜면적에 원활히 관개할 수 있도록 주수원공이나 보조수원공에 부속되어 설치된 시설을 말한다.

전체 수리시설물 중 주수원공은 43,986개로 65%에 달하며, 보조수원공은 20,499개소로 30%이고, 나머지 3,412개소는 부속시설이다. 수리시설물의 이용형태별 개소수는 표 3.1.6.19와 같다.

**표 3.1.6.19 수리시설물 이용형태별 현황(개소수)**

구 분	소 계	주수원공	보조수원공	부속시설
저수지	17,732	14,666	2,965	101
양수장	6,284	2,733	2,484	1,067
양배수장	120	59	40	21
배수장	697	120	163	414
보	17,983	9,732	6,862	1,389
집수암거	2,893	1,612	1,016	265
관정	22,188	15,064	6,969	155
소 계	67,897	43,986	20,499	3,412

※ 자료출처 : 농업생산기반정비사업 통계연보(2005, 농림부)

표 3.1.6.20은 주수원공 및 보조수원공에 대한 수리시설물별 관개면적 및 점유율을 나타내고 있다. 주수원공에서 관개하는 총 869,822ha중 저수지가 관개면적의 55.2%, 양수장이 18.4%, 보가 11.2%를 관개하는 것으로 나타났다.

주수원공에 대한 관개구역의 내한능력을 검토한 결과 전체 수리 시설물의 관개구역 중 10년 빈도의 가

품에도 안정적으로 용수를 공급받을 수 있는 구역은 55%에 불과한 것으로 나타났으며, 나머지 45%의 관개구역은 수리시설물에서 용수를 공급받지만 10년 빈도의 가뭄에 부분적으로 용수부족을 나타내는 것으로 나타났다. 또한 평년빈도 이하에서 용수부족을 나타내는 관개구역도 전체 수리답 관개구역의 28%

표 3.1.6.20 주수원공 및 보조수원공의 시설물별 관개면적 및 점유율

구 분	주수원공		보조수원공	
	관개면적(ha)	점유율(%)	관개면적(ha)	점유율(%)
저수지	480,136	55.2	43,954	13.0
양수장	160,254	18.4	125,257	37.0
양배수장	29,997	3.4	7,461	2.2
배수장	6,509	0.7	22,810	6.7
보	97,847	11.2	111,082	32.8
집수암거	14,865	1.7	7,651	2.3
관정	47,201	5.4	20,586	6.1
기타시설	33,013	3.8	-	-
소계	869,822	100.0	338,802	100.0

※ 자료출처 : 농업생산기반정비사업 통계연보(2005, 농림부)

에 달하는 것으로 나타났다.

저수지의 경우 전체 수리시설물 관개면적 480천ha중 10년빈도의 한발에도 안정적으로 용수를 공급받을 수 있는 관개구역은 64.3%였으며 22.0%의 관개구역이 평년 이하의 관개용수 공급능력 밖에 없는 것으로 나타났다.

양배수장의 경우 대부분의 시설물이 10년빈도 내한능력을 갖는 것으로 나타났으며 이러한 이유는 양배수장이 갈수량이 풍부한 하천이나 하구 담수호에서 대규모를 관개하기 위하여 설치된 것으로 볼 수 있기 때문이다. 보를 주수원공으로 하는 관개구역에서는 대부분의 시설물들이 10년빈도의 내한능력을 갖지 못하는 것으로 나타났으며, 집수암거나 관정의 경우에도 관개구역에 대한 충분한 용수공급능력을 갖지 못하는 것으로 볼 수 있다.

들샘, 포강, 하천유수 등을 농업용수로 이용하는 시설인 기타시설은 93.4 %가 평년빈도의 가뭄정도에만 용수공급이 가능하여 시설물의 수는 많을지라도 관개 용수원으로서의 기능은 제대로 발휘하지 못하는 것을 알 수 있다..

표 3.1.6.21 수리시설물 내한능력별 관개면적

구 분	소계	평년	3년	5년	7년	10년이상
저수지	480,136	103,919	37,860	17,225	12,390	308,741
양배수장	160,254	50,186	7,263	3,643	5,220	93,942
보	97,847	33,165	17,647	6,710	5,883	34,442
집수암거	14,865	4,591	3,808	1,046	509	4,912
관정	47,201	8,178	9,479	11,465	460	17,620
기타시설	33,013	30,437	1,288	671	20	597
소계	869,822	246,856	77,881	41,147	25,295	478,643

※ 자료출처 : 농업생산기반정비사업 통계연보(2003, 농림부)

(나) 물관리 자동화지구 용수공급 특성 분석

물관리 자동화란 TM/TC에 의한 물관리를 의미한다. 즉 원격관측/원격제어를 의미하며 자동화의 이점으로 노동력 절감과 능동적인 물관리 등을 들 수 있다. 실제 계측을 통한 물관리가 이루어지고 있는 수리시설을 대상으로 실제 용수 공급량을 파악함으로써 물수요 중심 용수공급 시스템의 현장설치시 나타날 수 있는 현상을 미리 예측하여 가장 효율적인 물수요 중심 용수 공급 시스템의 운용방법을 도출 하고자 한다. 현재 국내의 물관리 자동화 사업은 원격관측이 원격제어보다 우선시 되어 실시되고 있다. TC가 가혹하다고 하여도 안전성 문제 때문에 실제 현장에서는 TC에 의한 수리시설 조작은 거의 없고 인력에 의한 수리시설 조작이 주를 이룬다.

① 충주지구

충주 물관리자동화 지구는 2001년도 준공 완료된 지구로 TM/TC 계측망을 보유하고 있다. 현재는 10개의 양수장을 대상으로 계측망이 형성되어 있으며 점차 저수지 지구로 확대할 계획을 가지고 있으며 계측망이 설치된 10개의 양수장 중에서 용전1단 양수장 등 5개소의 양수장에 대한 자료를 수집하였다. 자료를 수집한 양수장은 용전1단 양수장과 단월, 금능, 용교2단 및 가흥 양수장이며 수혜면적은 38.4ha



에서 506.9ha의 범위로서 금능 양수장이 가장 작고 용교 2단 양수장이 가장 크다. 자료수집 대상 양수장의 일반 현황을 정리하면 표 3.1.6.22와 같다.

각 양수장의 일별 계측자료를 토대로 실제 양수장 가동을 통한 농업용수 공급기간과 용수공급량을 분석하였으며, 관개기간중의 강우량과 단위면적당 용수공급량을 정리하여 나타내면 표 3.1.6.23과 같다.

표 3.1.6.22 충주 TM/TC지구 주요 양수장 현황

양수장명	인가면적 (ha)	수혜면적 (ha)	펌프구경 (mm)	원동기 대 수	원동기 마력(HP)	양수량 (m <sup>3</sup> /s)	준공년 도
용전1	229.0	183.8	400	2	300	0.621	1998
단월	0.0	126.0	450	2	75	0.416	1945
금능	59.6	38.4	300	1	75	0.188	1966
용교2단	879.9	506.9	600	3	450	0.760	1976
가흥		209.0					

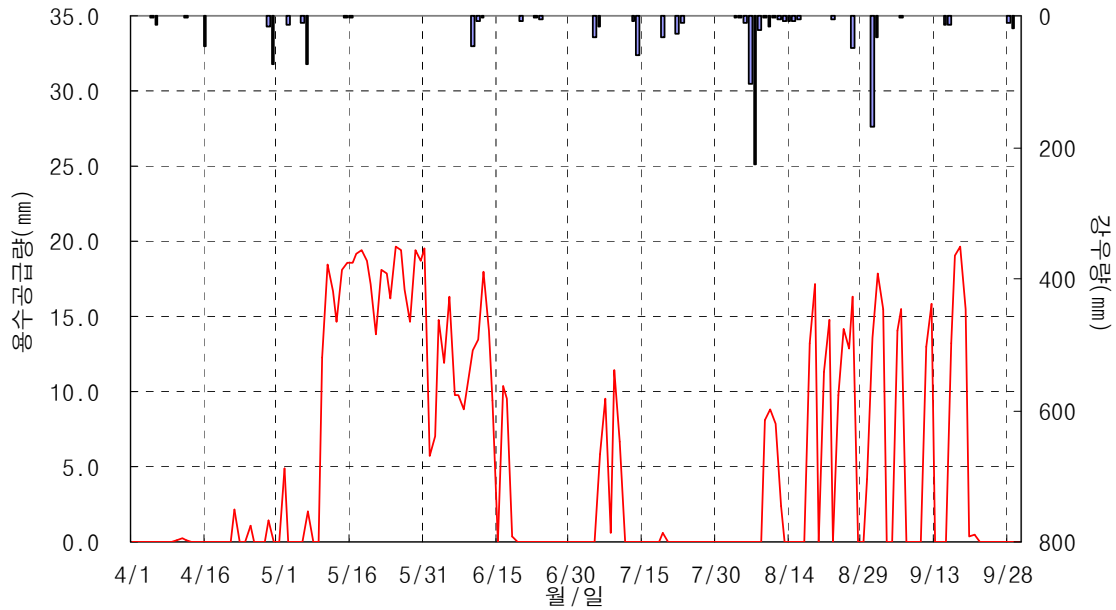
표 3.1.6.23 충주 TM/TC지구 물관리 자료 요약

양수장명	수혜면적 (ha)	연도	관개기간	강우량 (mm)	용수공급량	
					(천 m <sup>3</sup> )	(mm)
용전1단	183.8	2001년	4/10~9/25	593.5	1,709	929.5
		2002년	4/22~9/25	1,266.6	984	535.4
단월	126.0	2001년	4/10~8/10	593.5	874	693.3
		2002년	4/21~9/29	1,266.6	766	670.9
금능	59.0	2001년	5/14~9/30	593.5	492	833.2
		2002년	4/13~9/30	1,266.6	414	700.7
용교2단	506.9	2001년	4/11~9/20	593.5	4,820	950.9
		2002년	4/16~9/29	1,266.6	2,854	563.1
가흥	209.0	2003년	4/19~8/17	1,406.3	952	455.6

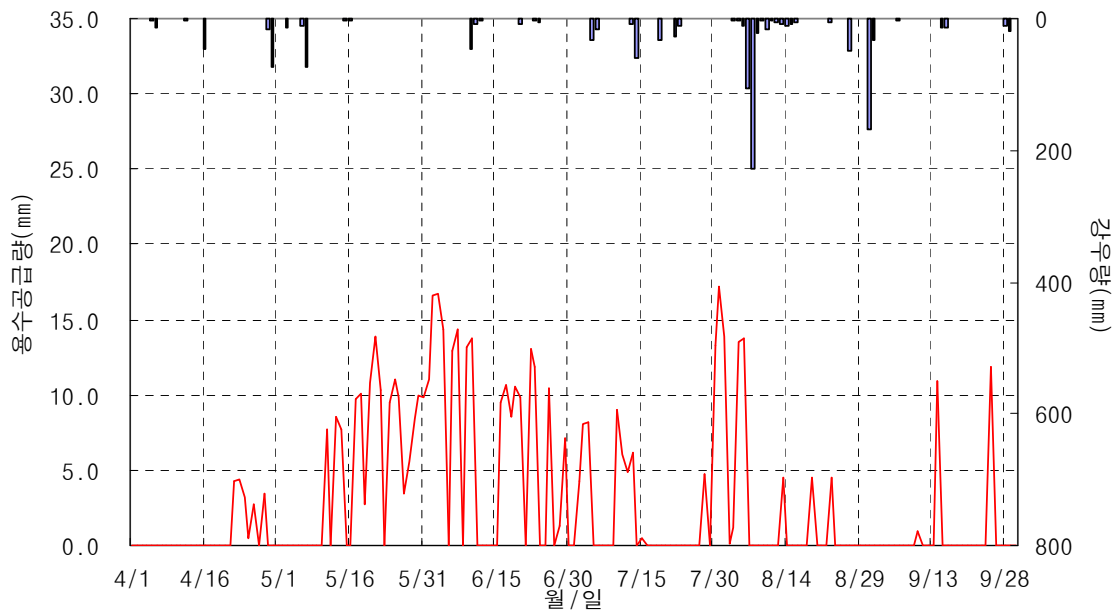
각 양수장의 연간 농업용수 공급실적 자료를 검토한 결과 단위면적당 공급량은 455.6~950.9mm 범위로 나타났으며, 용교 2단 양수장이 가장 큰 값을 나타냈고 가흥 양수장이 가장 적은 값을 나타냈다. 연도별로는 가뭄이 심했던 2001년도에는 비교적 많이 나타났지만 2002년도에는 비교적 적게 나타났다. 특히

봄부터 강우량이 일정하게 많았던 2003년도의 경우에는 양수장의 가동횟수 및 용수공급량이 현저하게 낮은 것을 알 수 있는데 이는 강우에 의한 유효 이용량이 많았기 때문으로 판단된다.

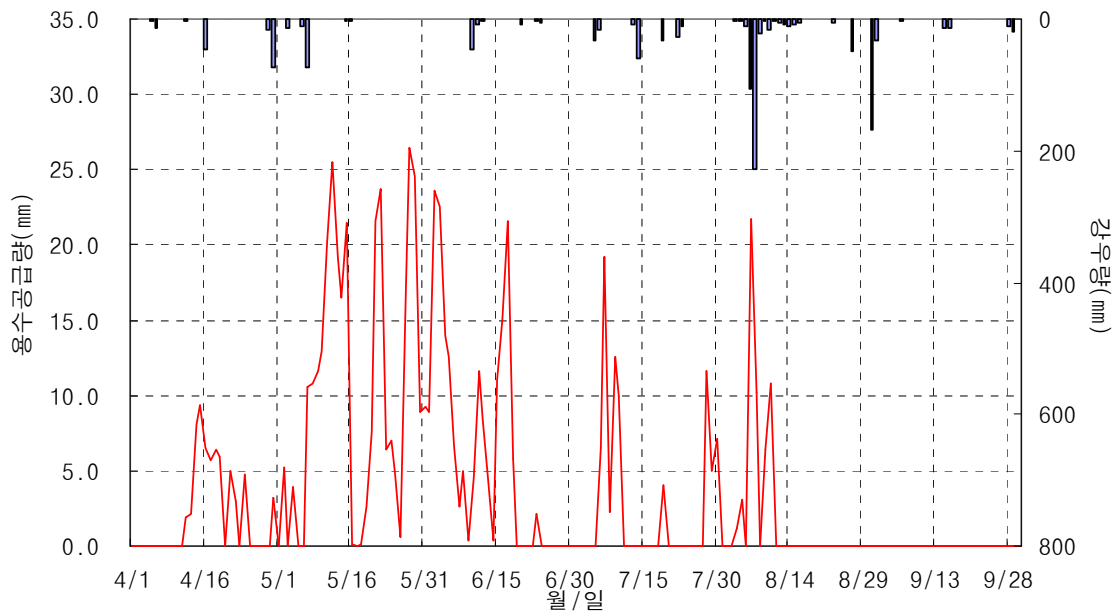
관개기간은 대부분 4월 10일 이후부터 양수장을 가동하기 시작하여 9월 20일을 전후로 양수장 가동을 중단한 것으로 나타났다. 그러나 가흥 및 단월 양수장에서는 8월 초순에 양수장 가동을 중단하여 실제 용수공급을 할 필요성이 없었음을 알 수 있으며, 이는 강우조건에 따라 용수공급여부가 결정되고 있음을 나타낸다. 각 양수장별 연도별 일별 용수량의 공급량 변화를 나타내면 그래프 3.1.6.2~10과 같다.



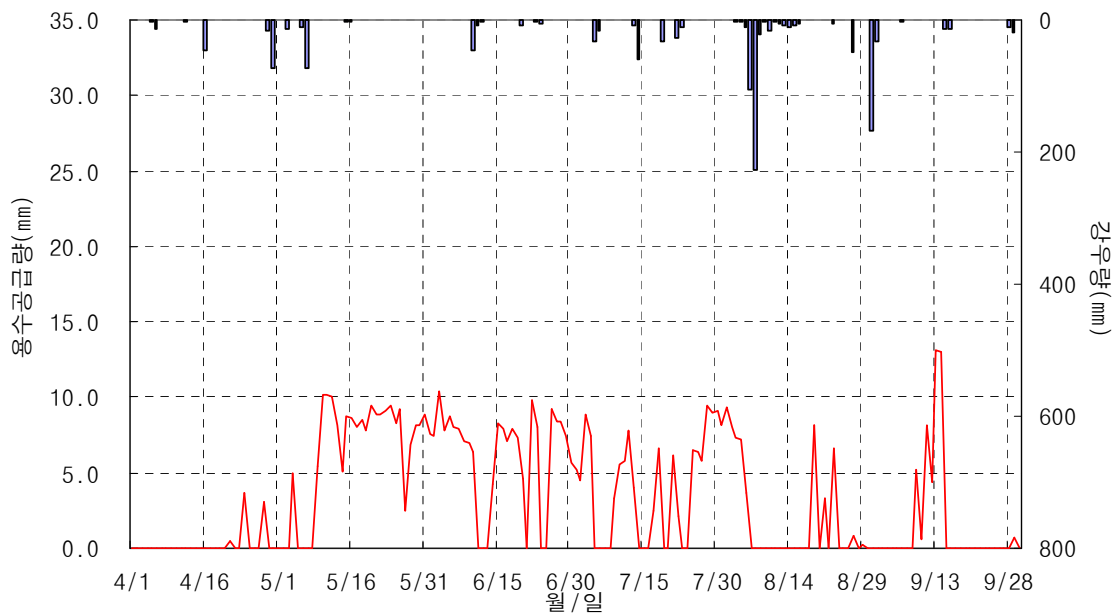
그래프 3.1.6.2 용전1단 양수장 일별 용수공급현황(2001년)



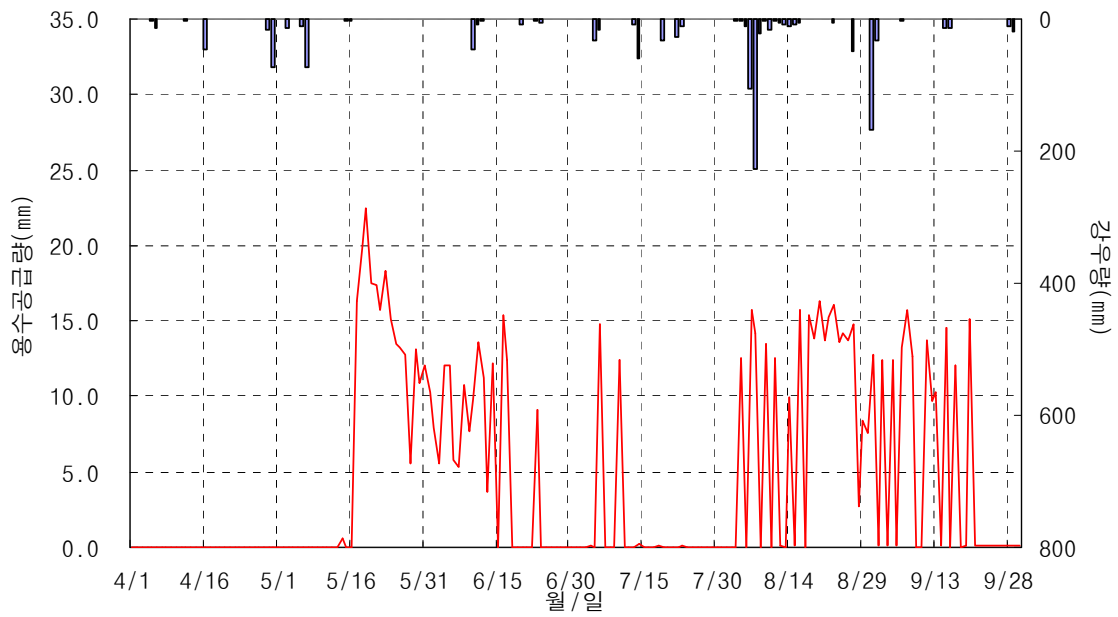
그래프 3.1.6.3 용전1단 양수장 일별 용수공급현황(2002년)



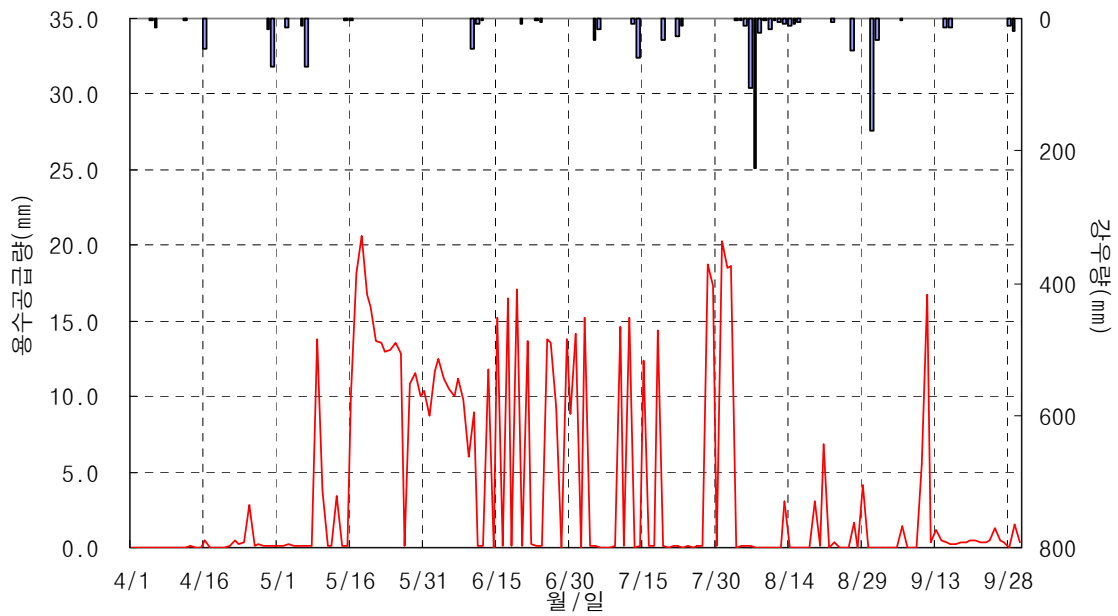
그래프 3.1.6.4 단월 양수장 일별 용수공급현황(2001년)



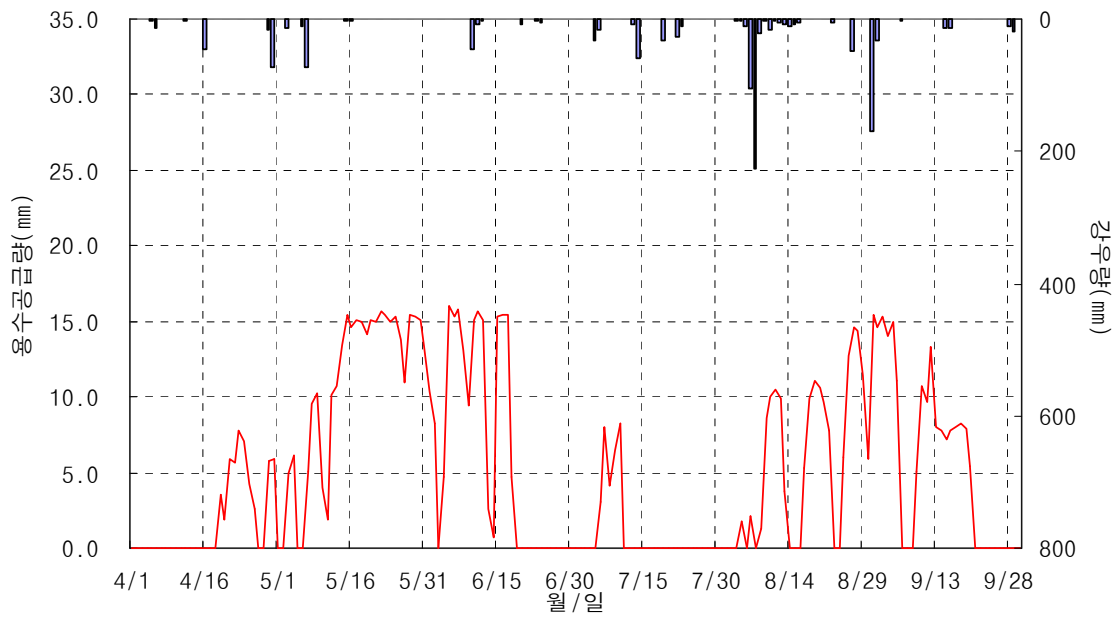
그래프 3.1.6.5 단월 양수장 일별 용수공급현황(2002년)



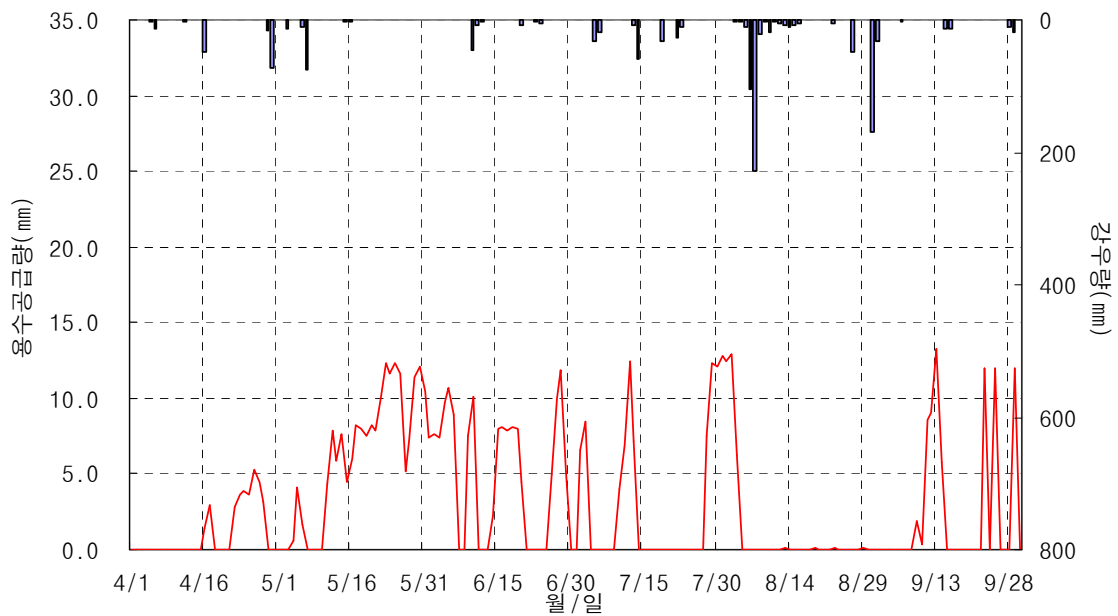
그래프 3.1.6.6 금능 양수장 일별 용수공급현황(2001년)



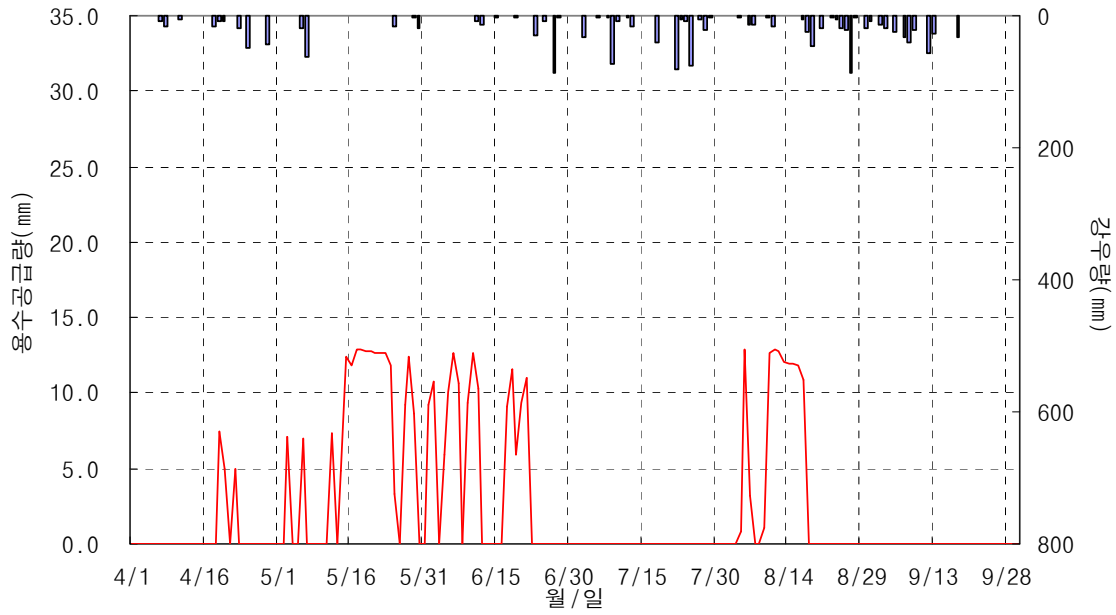
그래프 3.1.6.7 금능 양수장 일별 용수공급현황(2002년)



그래프 3.1.6.8 용교2단 양수장 일별 용수공급현황(2001년)



그래프 3.1.6.9 용교2단 양수장 일별 용수공급현황(2002년)



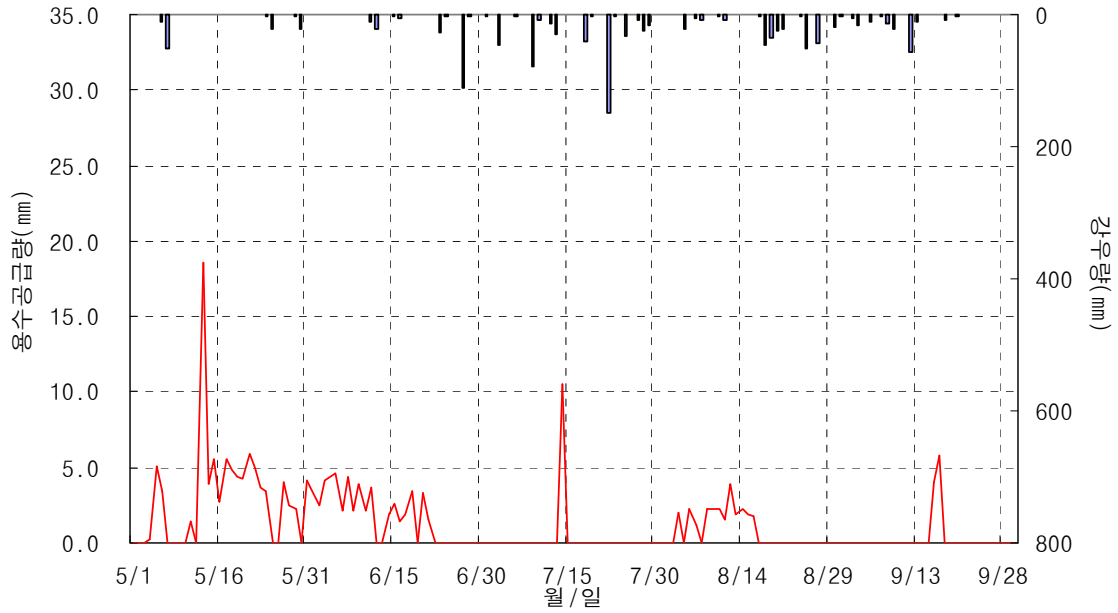
그래프 3.1.6.10 가흥 양수장 일별 용수공급현황(2003년)

② 미호천 지구

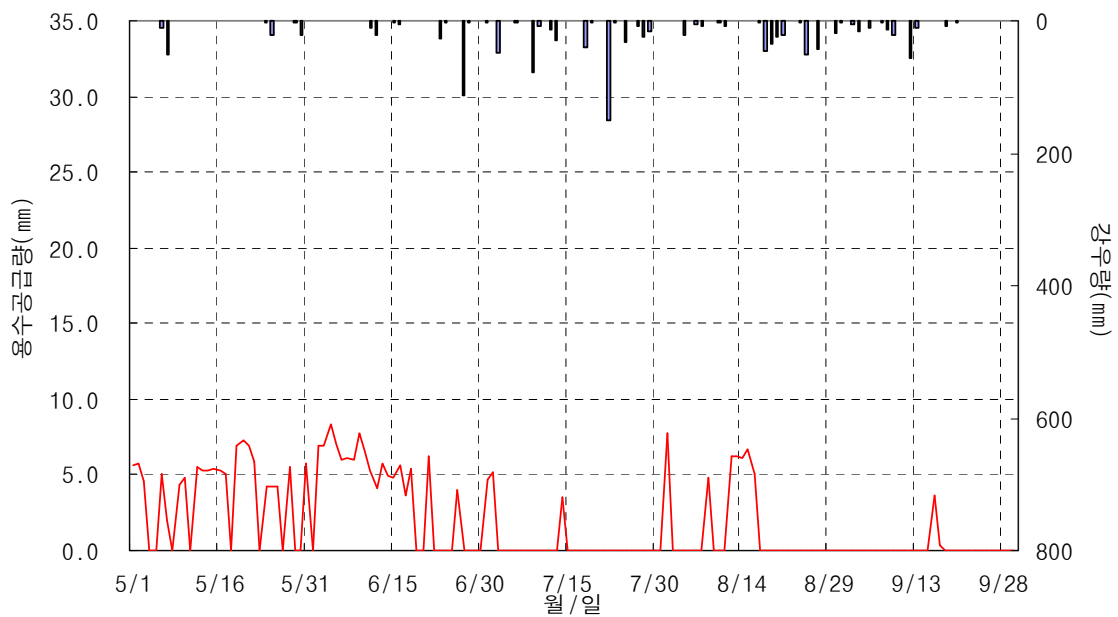
미호천지구는 양수장 5개소와 보 1개소에 대하여 TM/TC 계측망이 설치되어 있으며, 5월부터 9월까지의 관개기간 및 관개기간중의 강우량, 용수공급량 자료를 정리하면 표 3.1.6.24 및 그래프 3.1.6.11~15와 같다. 2003년의 경우에는 강우량이 많아 양수장을 통한 용수공급량이 190.4mm에서 380.5mm에 불과하였다.

표 3.1.6.24 미호천 TM/TC지구 물관리 자료 요약

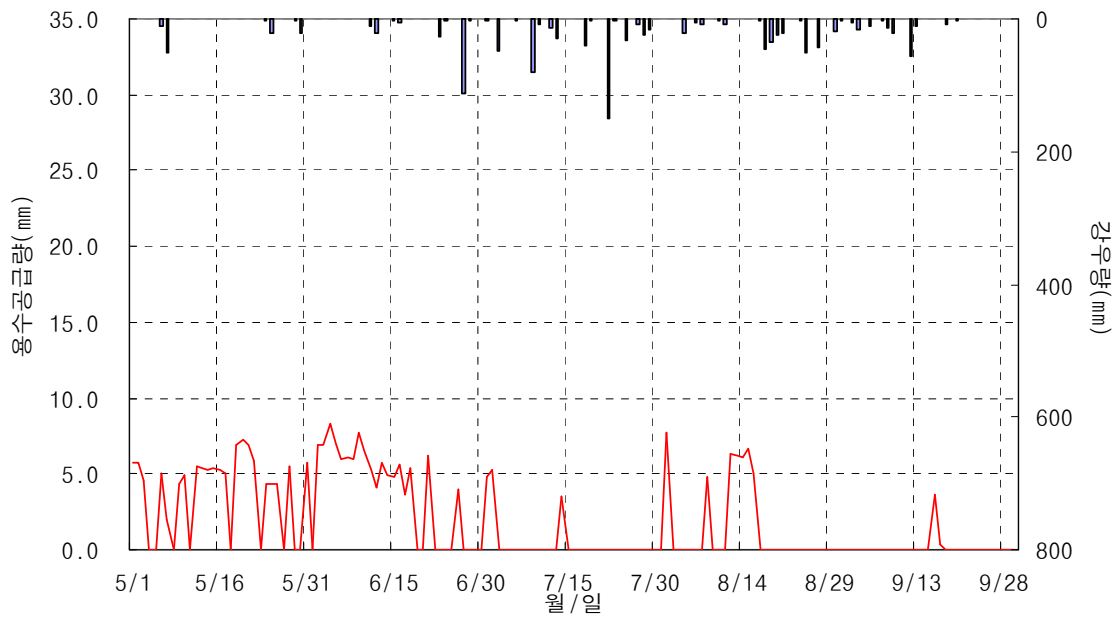
양수장명	수혜면적 (ha)	년도	관개기간	강우량 (mm)	용수공급량	
					(천m <sup>3</sup> )	(mm)
남계	402	2003년	5/4~9/17	1,211.2	766	190.4
청원	964	2003년	5/1~9/17	"	2,762	286.5
청주	1,805	2003년	5/1~8/16	"	6,961	286.5
주성	1,363	2003년	5/1~8/16	"	5,187	380.5
비홍	306	2003년	5/6~8/16	"	686	224.2



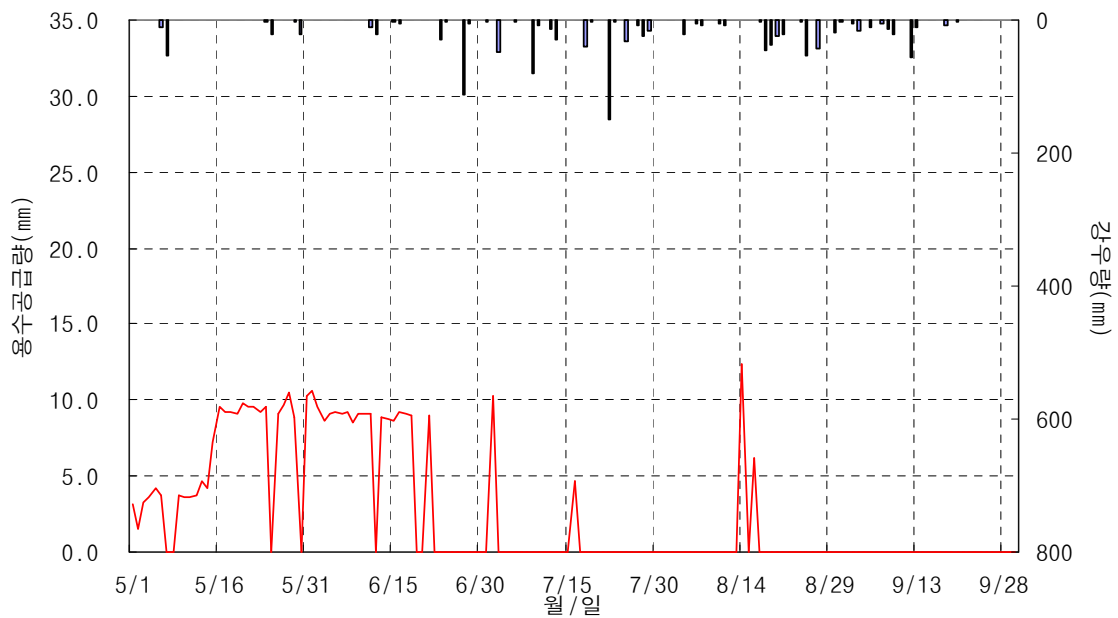
그래프 3.1.6.11 남계 양수장 일별 용수공급현황(2003년)



그래프 3.1.6.12 청원 양수장 일별 용수공급현황(2003년)

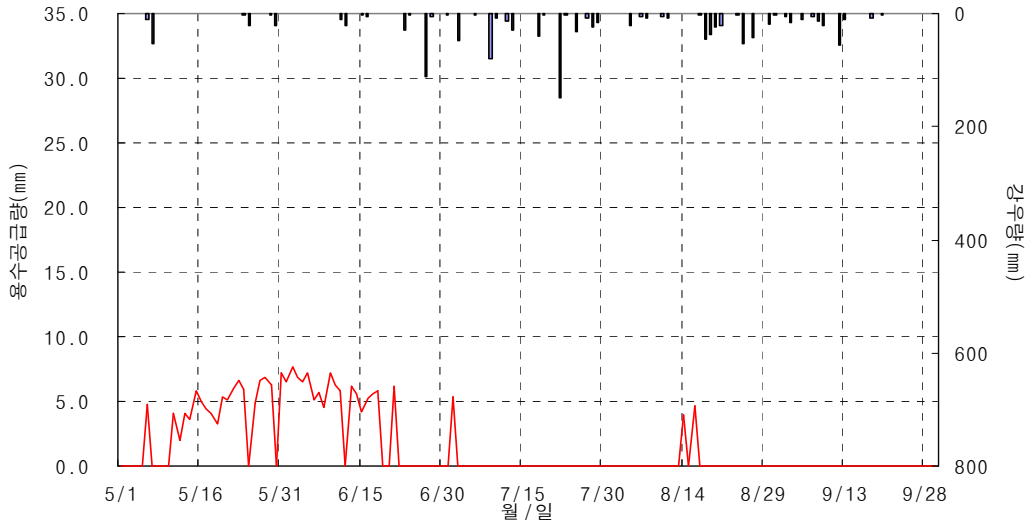


그래프 3.1.6.13 청주 양수장 일별 용수공급현황(2003년)



그래프 3.1.6.14 주성 양수장 일별 용수공급현황(2003년)





그래프 3.1.6.15 비홍 양수장 일별 용수공급현황(2003년)

③ 하사지구

하사지구는 유역면적이 5,850ha이며, 유효저수량은 30백만 $m^3$ 인 하동댐을 주 수원공으로 수혜면적 3,115ha로 구성되어 있는 관개지구로서 하동댐과 양수장 4개소에 TM 계측망이 형성되어 있다. 하동댐의 일반현황은 표 3.1.6.25와 같다. 금회 조사에서는 하동댐 수혜 구역중 2단 양수를 통하여 용수를 공급하는 4개 양수장 중 관개면적이 43.4ha인 월운 양수장의 용수공급량 자료를 분석하였으며, 월운 양수장의 시설규모는 펌프 100mm×150HP×2대로서 총 양수량은 0.1704 $m^3/s$ 이다.

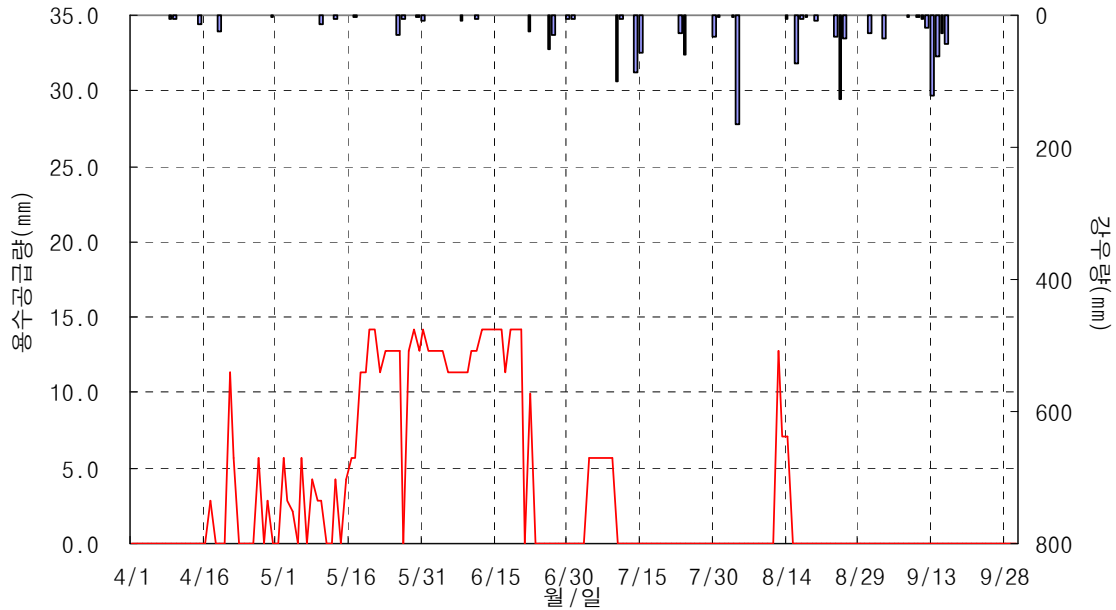
표 3.1.6.25 하동댐의 일반 현황

유역면적 (ha)	관개면적 (ha)	사수위 (EL.m)	만수위 (EL.m)	총저수량 (백만 $m^3$ )	유효저수량 (백만 $m^3$ )	준공 년도
5,850	3,115	108.0	145.6	31.1	29.9	1994

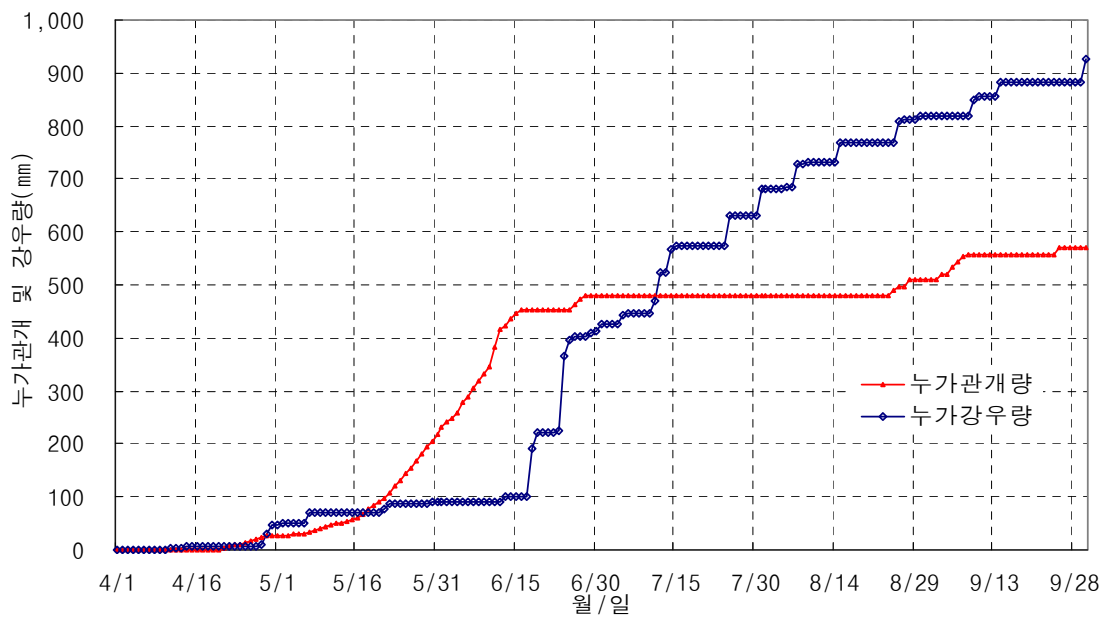
표 3.1.6.26 하동댐 TM/TC지구 물관리 자료 요약

수원 공명	수혜면적 (ha)	년도	관개기간	강우량 (mm)	용수공급량	
					(천 $m^3$ )	(mm)
하동댐	3,115	2002년	4/10~9/14	1,561.0	25,014	792.8
월운 양수장	43.4	2000년	4/17~8/14	1,422.8	247	568.9
		2001년	4/21~9/25	924.8	247	569.1

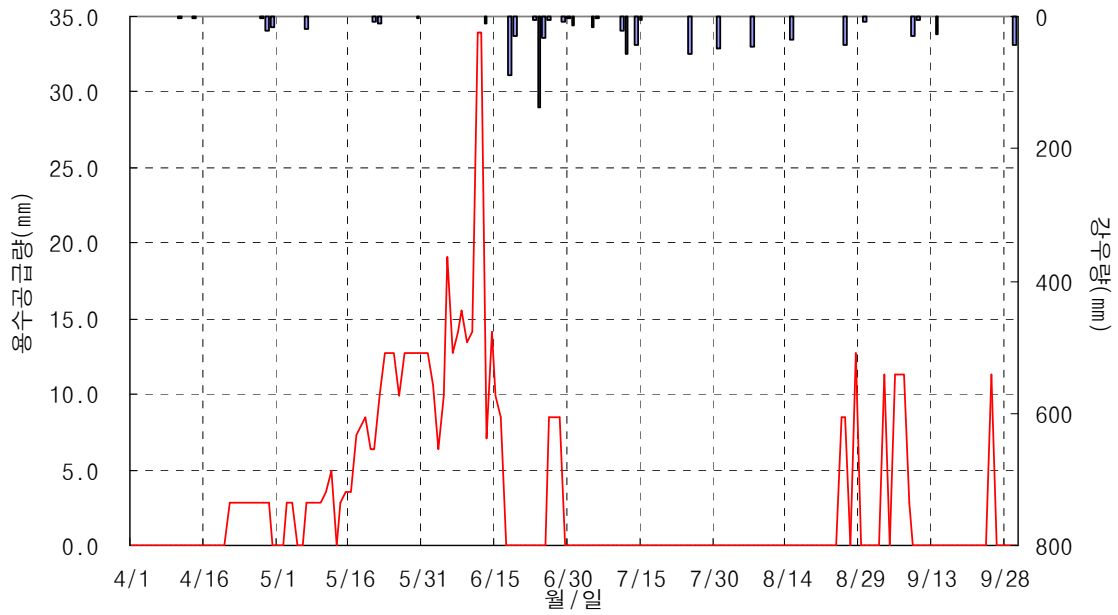
표 3.1.6.26에서 알 수 있는 바와 같이 하동댐의 경우 수혜구역은 넓으나 보충급수 구역을 많이 포함하고 있으며, 월운 양수장의 경우에도 용수공급이 곤란한 산간지역에 도수로의 용수를 2단 양수하여 공급하는 보충용수 구역으로 구성된다. 2002년 하동댐의 용수공급량은 792.8mm이며, 월운양수장의 용수공급량은 2000년에 568.9mm, 2001년에 569.1mm로서 다른 용수공급구역보다는 공급량이 다소 작은 편이다.



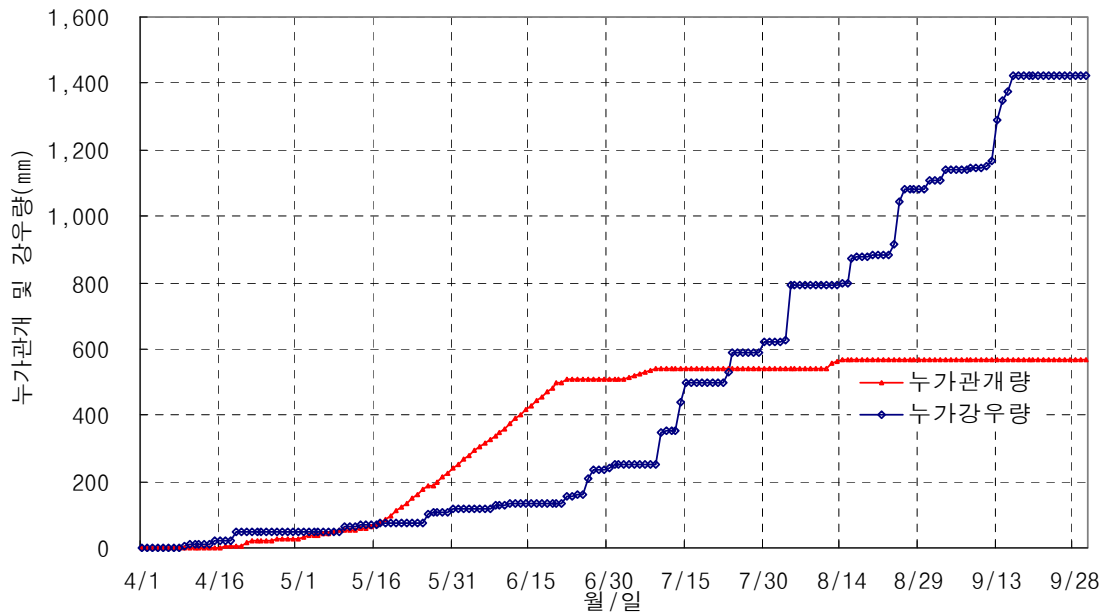
그래프 3.1.6.16 월운 양수장 농업용수 일별 공급현황(2000년)



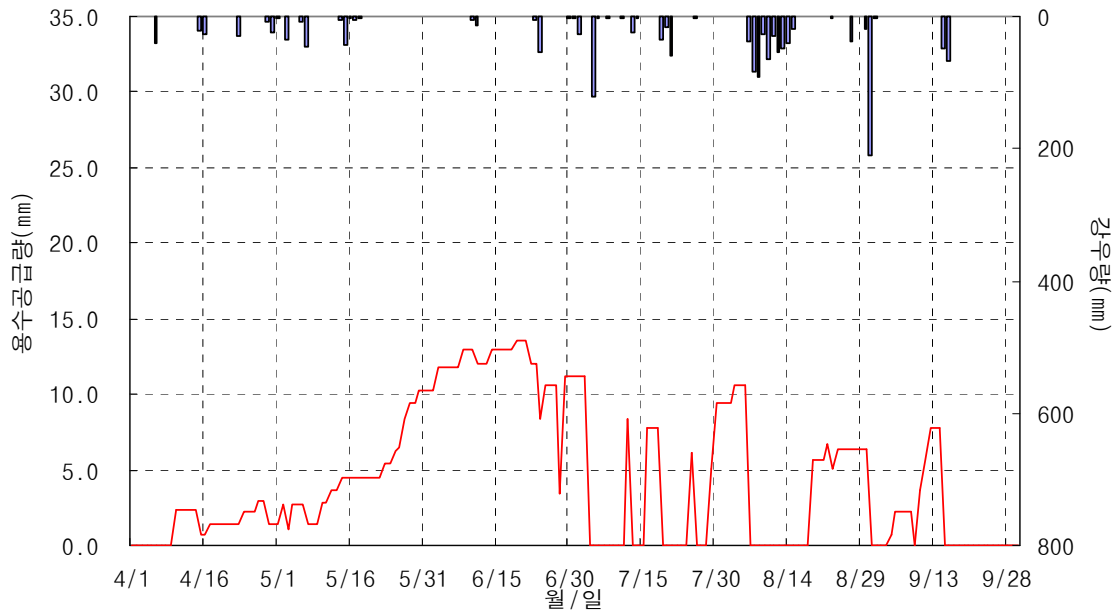
그래프 3.1.6.17 월운 양수장 추가관개량 및 강우량(2000년)



그래프 3.1.6.18 월운 양수장 농업용수 일별 공급현황(2001년)



그래프 3.1.6.19 월운 양수장 누가관개량 및 강수량(2001년)



그래프 3.1.6.20 하동댐 2002년도 농업용수 일별 공급현황

④ 성주지구

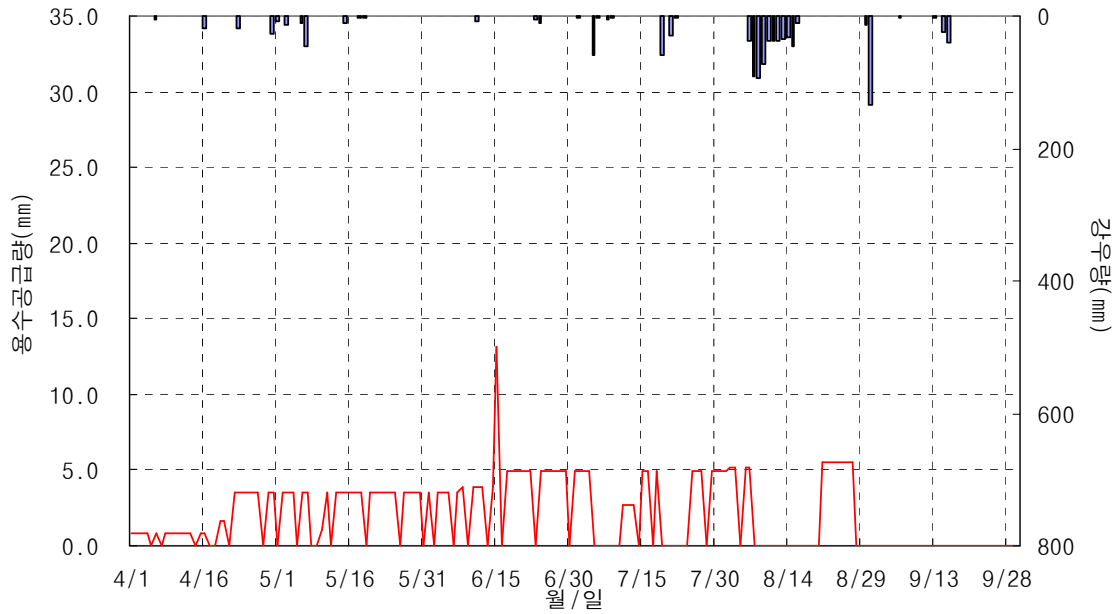
성주지구는 성주댐을 수원공으로 하여 3,530ha의 수혜면적에 농업용수를 공급하고 있으며 물관리를 위하여 저수지 2개소, 양수장 3개소 등에 용수계측 시설을 설치하여 운영하고 있다.

금회 자료수집에서는 양수장 등에 대한 용수공급 실적도 조사할 계획이었으나 TM/TC 관측망이 제대로 운영되고 있지 않으며, 관측기록도 유지되고 있지 않아 성주댐의 댐 운영실적 자료만을 수집하였다. 수집된 결과를 요약하면 표 3.1.6.27과 같고 일별 용수공급현황은 그래프 3.1.6.21~22와 같다.

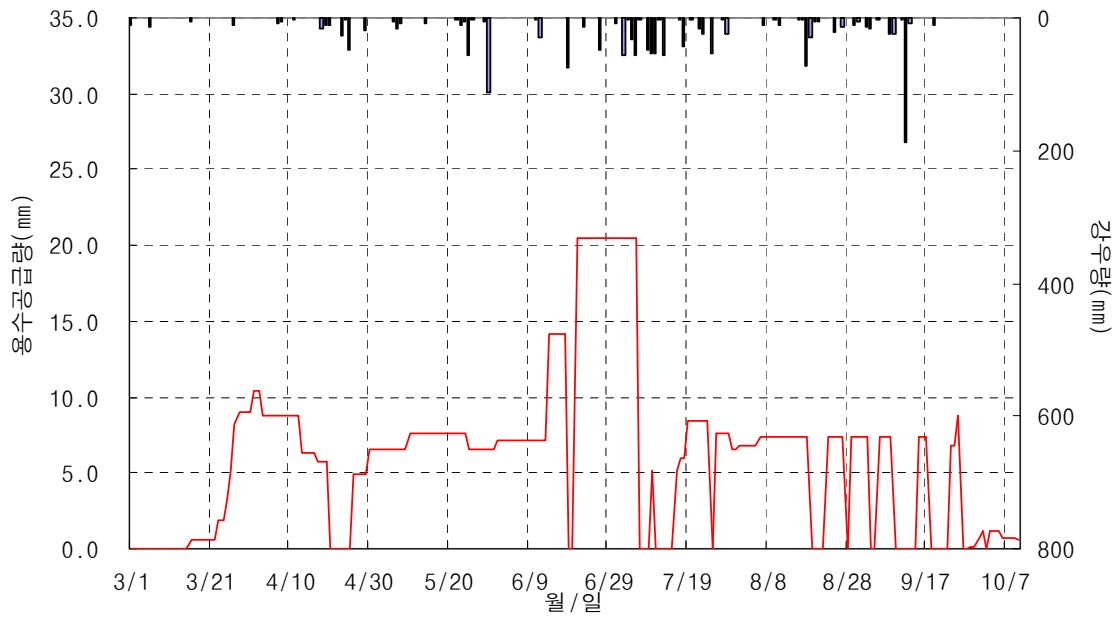
표 3.1.6.27 성주댐 물관리 자료 요약

수원공명	수혜면적 (ha)	년도	관개기간	강우량 (mm)	용수공급량	
					(천 m <sup>3</sup> )	(mm)
성주댐	3,530.0	2002년	4/1~8/27	1,108.1	11,594	366.9
		2003년	3/16~10/10	1,616.5	42,748	1,352.8

성주댐의 2002년 용수공급량은 366.9mm이고, 2003년의 용수공급량은 1,352.8mm로 많은 차이를 보이고 있다. 또한 관개기간도 2002년에는 4월 1일부터 8월 27일까지이며, 2003년에는 3월 16일부터 10월 10일로 다른 것을 알 수 있다.



그래프 3.1.6.21 성주댐 일별 용수공급 현황(2002년)



그래프 3.1.6.12 성주댐 일별 용수공급 현황(2003년)

### 3.1.6.3 수리시설별 물공급 체계 분석

물관리자동화 지구가 아닌 일반 물관리 지구에서 수리시설별 공급량의 특성을 파악하기 위해 저수지와 저수지에서 공급되는 농업용수를 다시 양수하여 경지에 용수를 공급하는 양수장의 용수 공급 특성을 비교하고자 한다.

대상저수지 경기도에 위치한 E 저수지이고 여기에서 A와 B 양수장이 저수지에서 공급된 용수를 경지에 양수하여 공급한다. E 저수지는 9,000여ha의 유역면적에서 2,063ha의 농경지에 용수를 공급한다. 유역배율이 좋아 비교적 여유 있는 용수공급을 행하고 있다. 하류 평야부에는 1200ha와 47ha의 관개면적을 가지는 A, B 양수장이 있다.

표 3.2.6.28은 E 저수지의 월별 저수율을 나타내고 있다. 2001년에서 2005년 전체 평균 저수율은 85.2%이며, 동 기간중 최저 기록은 2001년 6월의 34.6%이다. 2001년 한해의 영향을 받아 저수율이 공급제한선까지 떨어진 것으로 분석된다. 5월과 6월이 가장 낮은 저수율을 기록하고 있는 특성을 보여주고 있다.

표 3.2.6.28 E 저수지 월별 저수율 변화

구분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	평균
1월	104.2	75.4	100.6	94.6	100.5	95.1
2월	103.3	78.2	105.4	98.8	103.3	97.8
3월	103.4	80.3	107.7	104.2	104.8	100.1
4월	101.4	79.3	105.8	95	104	97.1
5월	69.2	89.8	93.7	74.7	72.8	80.0
6월	34.6	50.5	61.9	61.2	49.1	51.5
7월	62.4	52.8	82.2	75.6	79.7	70.5
8월	90.0	77.6	73.6	73.7	79.6	78.9
9월	67.7	81.8	81.3	87.4	83.1	80.3
10월	68.7	88.7	88.1	92.1	98.2	87.2
11월	71.4	94.4	95.5	92.3	101.1	90.9
12월	73.3	98	94.1	92.6	104.8	92.6
평균	79.1	78.9	90.8	86.9	90.1	85.2

표 3.2.6.29는 저수지와 양수장 지구의 공급량을 비교하고 있다. 저수지 지구의 평균 관개량은

1,296.7mm이며 양수장은 각각 562.5mm와 831.1mm이다.

연도별 특성으로는 저수지 지구의 경우 2002년이 982.6mm로 가장 적고 2001년과 2004년에 1,446.5mm와 1,449.3mm를 각각 공급했다. 양수장 A 지구의 경우 2001년의 314.5mm가 가장 적고 2004년의 788.9mm가 최대를 기록했다. 양수장 B지구의 경우는 2003년의 464.7mm가 가장 적고 2001년의 1,109.4mm가 최대를 기록했다. 저수지와 양수장 지구를 상호 비교한 결과 A양수장은 저수지의 공급량의 44.2%를 관개용수로 공급했고, B 양수장은 64.7%를 관개용수로 공급했다. 저수지에 비해 양수장 지구의 단위면적당 관개량이 적은 이유는 운영비에서 비롯된 것으로 사료된다. 저수지의 경우 관개용수 공급에 운영비가 거의 들지 않으나 양수장은 양수펌프 운전에 비용을 필요로 하는 특성에서 공급량의 차이가 발생한다.

표 3.2.6.29 저수지와 양수장 공급량 비교

구분	저수율 (%)	저수지 E (mm)	양수장 A (mm)	양수장 B (mm)	A/E	B/E
2001	79.1	1,446.5	314.5	1,109.4	21.7%	76.7%
2002	78.9	982.6	545.7	797.7	55.5%	81.2%
2003	90.8	1,324.6	544.7	464.7	41.1%	35.1%
2004	86.8	1,449.3	788.9	956.6	54.4%	66.0%
2005	90.0	1,280.8	619.0	827.0	48.3%	64.6%
평균	85.1	1,296.7	562.5	831.1	44.2%	64.7%

#### 3.1.6.4 한발 빈도별 물 공급 특성

가뭄과 관련된 물 공급 특성은 3.3절의 저수지 월별 저수율 변화에서 분석할 수 있다. 상기 표에서 보는 바와 같이 최저 저수율은 주로 4월과 5월의 기상가뭄(강수의 부족)의 발생 후인 6월에 주로 발생한다. 규모별 특성으로는 가뭄발생으로 많은 관개용수가 필요로 되면 유효저수량이 적을수록 빨리 공급제한 수위에 도달하며, 저수지가 마르기 전에 하천의 수위가 갈수위에 도달하므로 양수장이나 보는 수원공의 역할이 중지된다. 2001년의 경우 상기 저수지 또한 공급이 제한되는 상황이 발생했음을 알 수 있으며 2002년까지 저수율에 영향을 주었다.

정리하자면 강수부족으로 한해가 발생하면 하천부터 수위가 저하되어 하천수위 변동에 민감한 양수장과 보는 수원공의 역할이 중지되며 저수지만이 저류된 용수를 제한적으로 공급하게 된다. 결국 가뭄발생시 합리적인 저수지 수위 관리가 가뭄 대처 능력임을 알 수 있다. 저수지의 내한능력은 저류능력에 따라 다르며 저류능력이 클수록 내한능력 또한 크다. 즉 유효 저수량이 적은 저수지일수록 빨리 공급제한 수위에 도달하며 대형 저수지가 가뭄에 대처할 수단이 된다.

### 3.1.6.5 현장적용을 위한 방안제시

앞서 언급한 바와 같이 수리시설의 종류에 따른 물 공급은 큰 차이를 나타내고 있다. 단위 공급량은 저수지가 가장 크고 양수장이 가장 적다. 보는 저수지와 양수장의 중간정도의 공급량 크기를 가질 것으로 추측되는데 하천의 수량이 많다면 저수지와 같은 공급 양상을 가지겠지만 양수장과 마찬가지로 하천수위에 공급이 제한된다. 여기에서 주목할 점은 공급량을 결정 짓는 것이 수요가 아니라는 점이다. 이러한 사실은 물수요 용수공급 시스템의 현장 설치에 적절한 방향을 제시하는 키가 될 것이다. 즉 물수요 용수공급 시스템의 현장적용은 용수로의 물 공급 상황, 즉 유역의 규모, 수리시설의 종류, 물 공급 관행 등에 따라 차이가 날 수 있으며 각 상황에 적합한 현장 적용 방안이 필요하다.

대부분의 저수지는 경지에서 필요로 하는 수요량보다 훨씬 더 많은 용수를 공급한다. 이때의 제약조건은 저수지의 저류량이 된다. 물론 소규모 저수지나 소류지는 다른 패턴의 물공급 양상을 가질 것이다. 저류량이 충분치 않으므로 번번이 공급제한선에 걸리게 되므로 충분한 수량을 공급하는데 어려움을 가지게 된다. 이와 반면에 수리시설의 내한능력이 큰 경우, 즉 충분한 유하량, 상류 유역이 커 항시 유입이 가능한 경우는 하류 경지에서 필요로 하는 수요량 보다 큰 공급량을 수로에 공급하게 된다.

양수장의 경우는 저수지와는 다른 용수 공급 양상을 가지게 된다. 대부분의 양수장의 단위 공급량은 저수지보다 작다. 양수장의 공급 제약 조건이 저수지보다 많기 때문이다. 저수지의 경우는 저수지 저류량이 공급량을 결정하는 제약조건이 되지만 양수장은 하천의 수위가 공급을 제한하는 요인이 된다. 여기에 또 한 가지 제약 조건이 추가된다. 운전비용, 즉 경제성이다. 용수 공급자 입장에서 보면 양수장의 공급수량은 저수지보다 비싼 수량이다. 경제성 때문에 용수공급자는 가능한 양수장 가동시간을 줄이려고 노력한다. 상기 경기도에 위치한 사례지구의 예에서 분명히 알 수 있듯이 같은 유역에 위치했지만 저수지와 하류의 양수장의 단위 공급량이 크게는 3배의 차이를 나타낸 것은 비용에 기인한 것으로 판단된다.

이러한 상황 하에서 물수요 용수공급 시스템의 현장 적용 방안을 두 가지로 나누어 제안하고자 한다. 첫째는 저수지 지구와 같이 비교적 용수 공급량이 많은 지구의 적용 방안이며, 둘째는 양수



장 지구와 같이 공급이 제한되는 지구의 적용방안이다. 먼저 저수지 지구처럼 용수공급이 충분한 곳에서는 물수요 용수공급 시스템의 적용방향은 용수절약보다는 물관리 생력화 위주로 설치 운용되어야 한다. 이때의 시스템 구동목표는 물 절약이 아니라 관리의 효율화가 우선시되어야 하며, 경지에서 재배되는 작물의 수요를 즉시 해결하여 우수농산물을 생산하는 기반을 제공해야 한다. 즉 자동화와 현대화된 시스템을 설치하므로써 물관리 인력을 최소화하고 우수한 농산물을 생산하는 체계로 시스템을 설치해야 한다.

양수장에 의하여 용수가 공급되는 지구의 물수요 중심 용수공급 시스템은 수혜구역 시점과 중점의 용수공급이 공평하게 배분될 수 있도록 적용되어야 한다. 실제 용수공급 분석에서 알 수 있듯이 저수지 지구에 비하여 양수장 지구는 상대적으로 적은 용수가 공급되고 있으며, 이로 인하여 용수로 시점과 중점간의 용수 공급 불일치가 많이 발생할 가능성이 있으며 이로 인한 분쟁도 종종 발생하고 있다. 이런 경우 물 수요 중심 용수공급시스템이 설치되면 적은 수량으로도 적절한 용수간선의 수위를 유지하여 공평한 용수공급이 가능하고 용수 분쟁을 억제하는 효과가 있을 것이다.

수리시설에 따른 물관리 관행을 고려한 물수요 중심 용수공급 시스템의 적용은 반드시 필요한 사안임에 틀림없다. 동일한 조건일지라도 저수지와 양수장, 보, 관정 등의 용수 공급 패턴은 차이가 있으며 각 특성에 적합한 시스템의 운용은 시스템 성패를 좌우할 만하다. 새로운 장치의 현장 적용은 단순할 수 없으며, 특히 농업분야에 있어서는 우리나라 농업의 특성을 잘 이해하고 적합한 설치 및 운용기법을 적용해야 시스템 적용의 이점을 최대한 살릴 수 있다.

### 3.1.6.6 결론

본 조사는 공급 위주의 농업용수 관리보다 수요를 관리하여 물관리를 효율적으로 수행하는 물수요 중심 용수공급 시스템의 합리적인 현장 적용을 위한 방안을 제시하고 있다. 수요자 중심의 물 수요 용수공급 시스템을 적절히 활용한다면 보다 효율적인 물관리 자동화를 달성하여 물 절약과 함께 물관리에 필요한 인력을 절감할 수 있을 것이다. 본 과업에서는 개발된 시스템을 현장에 적용하기 위한 기반으로 우리나라 물공급 체계를 진단하고 합리적인 적용방안을 제시하고자 한다.

물수요 용수공급 시스템을 활성화하기 위한 기초자료로 이용되기 위해서 농업용수의 특징을 고찰하고 우리나라 수리시설의 구조적, 비구조적 특성을 파악하여 자동화에 따른 용수 공급 특성을 분석하였다. 먼저 우리나라 농업용수 수요측면의 특징은 물 소비구조가 복잡하고, 친환경성이 매우 크며, 다원적 기능이 있으며, 용수 이용의 집중도가 매우 높고, 취수에 있어서는 계산에 의한 것 보다 수리관행에 지배되는 경우가 많다. 또한 물을 재이용할 수 있는 기회가 많고 타 목적 용수와 공동 개발하는 것보다는 단독개발 수요가 많은 것이다. 농업용수의 공급상의 특징은 용수 공

급 효율이 낮은 편이며 가뭄에 취약하고, 수리안전율이 낮으며 수리시설이 낙후되어 있으며, 지역 개념이 없는 단일 용수체계이다.

경지면적의 변화는 수리시설물이 증가함에 따라 수리시설물을 이용하여 계획적으로 관개를 하게 되는 수리답 면적도 계속적으로 증가하여 왔다. 1987년도에는 전체 논면적의 72%가 수리답 면적이고 28%가 수리불안전답이었으나, 2004년도의 경우에는 전체 논면적에 대한 수리답율이 78%로 6%로 증가하였다. 농업생산기반정비사업 통계연보 자료의 수리시설물 현황자료를 살펴보면 주수원공, 보조수원공 및 부속시설물을 합하여 총 시설수는 67,897개소이며 시설 관개면적은 869,822ha이다. 이 중 저수지가 17,732개소로 시설수에서 전체의 26.1%를 차지하고 있으며, 양배수장이 7,101개소로 10.5%, 보가 17,983개소로 26.5%, 집수암거가 2,893개소로 4.3%, 관정이 가장 많은 22,188개소로 전체 시설수의 32.7%를 차지하고 있다.

일반 물관리 지구의 용수공급량을 조사한 결과 저수지 지구의 평균 관개량은 1,296.7mm이며, 양수장은 각각 562.5mm와 831.1mm이었다.

한발발생시 수리시설별 용수공급 특성은 하천수위 변동에 민감한 양수장과 보의 기능이 저수지보다 먼저 중단되며 저수지의 경우 소규모 저수지가 대규모 저수지보다 먼저 용수 공급 기능이 중단되는 특성을 가지고 있다.

이러한 특성을 종합적으로 고려 해 볼 때 물 수요 중심 용수 공급 시스템의 현장 적용은 수리시설에 따른 물관리 관행을 고려해야 한다. 즉 양수장에 비해 용수 공급량이 풍부한 저수지에서는 물수요 중심 용수공급 시스템의 적용이 용수절약 보다는 물관리 생력화 위주로 설치 운용되어야 한다. 이때의 시스템 구동목표는 물 절약이 아니라 관리의 효율화가 우선시되어야 하며, 경지에서 재배되는 작물의 수요를 즉시 해결하여 우수농산물을 생산하는 기반을 제공해야 한다. 양수장 지구의 경우는 수혜구역 시점과 종점의 용수공급이 공평하게 배분될 수 있도록 적용되어야 한다. 양수장 특성상 풍부한 용수 공급보다는 적은 수량으로도 적절하게 용수간선의 수위를 유지하여 공평한 용수공급이 가능케 하는 것이 시스템의 효율적인 적용일 것이다. 새로운 장치의 현장적용은 단순할 수 없으며, 특히 농업분야에 있어서는 우리나라 농업의 특성을 잘 이해하고 적합한 설치 및 운용기법을 적용해야 시스템 적용의 이점을 최대한 살릴 수 있을 것이다.

## 제2절 연구개발 수행 결과

물수요중심 용수공급시스템 개발연구에 있어서 연구결과의 결론은 다음과 같다.

첫째는 물수요중심 용수공급시스템을 이루는 근간은 태양광 전동수문으로서 이의 작동과 자동 제어가 중요하다. 태양광 전동수문의 수문비의 마찰력을 감소시키기 위하여 면마찰을 부분 면마찰로 바꾸어서 마찰력을 감소시키고, 이에 따라서 모터를 소형화하여 태양광을 이용가능토록 하였다. 또한 DC모터의 자기장 영향을 감소시키기 위하여 엔코더를 사용하지 않고 근접센서를 사용하여 스크류의 길이를 설정하고 이 길이를 나누어서 수문의 상사점과 하사점을 결정하여 수문비가 비틀림 없이 사용하도록 하였다.

둘째는 무동력 자동수문은 수로 내 수위를 일정하게 유지시키는 역할을 하는 것으로서 유지하는 수위를 자유로이 변경가능토록 하였다. 이를 위하여 주수조를 따로 부착하여 주수조의 높이가 수문이 개방되는 높이로 되도록 하였으며 주수조의 높이 조정이 설정수위 조정이 되도록 하였다. 따라서 현재 논밭 혼용이 널리 이용되는 추세에 있어서 이러한 제수문의 수위유지를 자유로이 할 수 있다면 수로조직의 개편없이도 관개량을 조정할 수 있기 때문에 많은 물을 절약할 수 있다.

셋째는 물수요중심 용수공급시스템의 자동제어를 위해 수위측정장치와 담수심 측정장치를 부착하여 이에 대한 정보를 전송하고 이를 제어하기 위한 데이터로 사용하였다. 이는 개별간 또는 다자간 정보송수신 및 제어방법으로서 무선으로 정보교환을 하였으며 이에 대한 제어도 무선을 실행하였다. 이러한 방법은 현재 시행하고 있는 수원공 및 간선부의 물관리자동화시스템보다도 훨씬 더 복잡한 다자간 통신제어시스템으로서 현재 단일 포장만을 대상으로 하고 있으나 향후 단일 포장을 여러 개 단위로 묶어서 블록을 형성시켜 운용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

넷째는 포장에 실제로 급수를 하는 물꼬는 다양하게 존재하나 이를 자동으로 조절하고 제어하는 물꼬는 전동물꼬 외에는 존재하지 않았다. 농어촌연구원에서 개발한 부력식 자동물꼬를 이용하여 논외의 담수심을 기초로 하여 물을 급수하는 방법은 본 연구에서 개발한 시스템의 근간을 이루는 것으로서 자동물꼬의 설치 및 운용이 전제가 되어야 한다.

다섯째는 물 수요 중심 용수 공급 시스템의 현장 적용은 수리시설에 따른 물관리 관행을 고려해야 한다. 즉 양수장에 비해 용수 공급량이 풍부한 저수지에서는 물수요 중심 용수공급 시스템의 적용이 용수절약 보다는 물관리 생력화 위주로 설치 운용되어야 한다. 이때의 시스템 구동목표는

물 절약이 아니라 관리의 효율화가 우선시되어야 하며, 경지에서 재배되는 작물의 수요를 즉시 해결하여 우수농산물을 생산하는 기반을 제공해야 한다. 양수장 지구의 경우는 수혜구역 시점과 종점의 용수공급이 공평하게 배분될 수 있도록 적용되어야 한다. 양수장 특성상 풍부한 용수 공급보다는 적은 수량으로도 적절하게 용수간선의 수위를 유지하여 공평한 용수공급이 가능케 하는 것이 시스템의 효율적인 적용일 것이다. 새로운 장치의 현장적용은 단순할 수 없으며, 특히 농업분야에 있어서는 우리나라 농업의 특성을 잘 이해하고 적합한 설치 및 운용기법을 적용해야 시스템 적용의 이점을 최대한 살릴 수 있을 것이다.

## 제4장 목표달성도 및 관련분야에 기여도

### 제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

#### 4.1.1 연구개발 목표

본 연구는 포장 내의 관개를 자동으로 하기 위하여 자동물꼬, 태양광 전동 분수문, 유말 태양광 전동수문, 수위측정장치, 담수심 측정장치, 무동력 자동수문등을 개발하여 이를 운용할 수 있는 시스템을 개발하는 것이 목표이다. 이를 위해 각 수문의 특성을 고려한 개발과 시스템의 운용의 정확성과 내구성을 포함한 부착기기의 코팅등을 주안점으로 실시하여 말단 포장에서 인력의 도움없이 물관리를 하도록 하는 것이 중요하다.

#### 4.1.2 연구개발 목표달성도

##### (1) 무동력 자동수문 개발

수로 내 수위를 일정하게 유지할 수 있도록 주수부를 이용하여 수문개폐가 가능한 무동력 자동수문을 개발하였다. 기존의 무동력 자동수문과는 달리 설정수위를 자유로이 변경할 수 있도록 하였으며 주수부에서 들어 온 물이 배관파이프를 통해 수로로 다시 되돌아갈 수 있도록 구조를 제작하였다.

##### (2) 자동제어시스템 개발

본 연구에서 개발한 시스템을 운용하기 위해서는 자동제어가 가능하도록 하는 것이 가장 중요하다. 이를 위해서 모터의 제어부, 정보를 측정하고 전송하는 부분, 수로내 수위를 측정하는 장치, 논의 담수심을 측정하는 장치등을 연결하는 회로도를 개발하였으며 이를 실현하기 위하여 PLC를 설치하여 운용하였다.

##### (3) 수문의 전동화

수문의 전동화를 이룩하기 위하여 직류전용 DC모터와 감속기 및 근접센서, 부분 지수부등을 개발하였다. 이에 따라서 직류를 사용하여도 구동부에서의 회전력 발생과 이를 수문비 개폐작동에 사용되는 동력전달용 장치에 의해 수면 하에서 작동하는 수문비에 동력이 전달되어 작동을 하는 메커니즘을 제작하여 적용하였다.

##### (4) 동력원의 태양광화

현재 보급되어 있는 일반전원을 태양광을 이용한 대체에너지로 전환시켜 적용을 하였다.

태양광을 이용하기 위해서는 전원발생부, 전원증폭시설, 축전시설등이 연계되어야 하며 이를 위해서 Solar Unit의 사양결정, 모터 구동회로, 충전회로, 충전기등을 제작하여 적용하였으며 이에 따라서 효율적인 태양광 전원 이용이 가능하였다.

#### (5) 표준도면 및 사양제시

물수요중심 용수공급시스템의 실용화를 위해서 표준도면 및 설계, 제작, 설치, 운영 매뉴얼을 작성하였다. 표준도면은 제작도면을 기초로 하였으며 설치현장의 조건이 다 다르기 때문에 표준적인 사양을 제시하여 도면화하였으며 매뉴얼에 대해서는 어떠한 사양의 수문에 대해서도 적용할 수 있도록 하였다.

### 4.1.3 관련분야 기여

#### (1) 수리시설 현대화

고도화와 정보화가 되어 가고 있는 현 실정에 비추어 낙후되어 있는 수리시설의 현대화에 대해 전동화 및 정보통신기술을 접목시킨 물수요중심 용수공급시스템을 설치하고 운영함으로써 그 외의 수리시설물에 대한 현대화 사업과 더불어 농촌의 인력대체를 할 수 있다. 특히 이러한 현대 기술의 접목으로 운영 방법 및 유지관리에 대한 노하우를 수립함으로써 타 수리시설물에 적용시킬 수 있는 좋은 예라고 할 수 있다.

#### (2) 대체에너지 이용

고갈되어가는 화석연료 및 환경문제에 의한 원자력 이용의 수요 감소등에 의해 대체에너지의 중요성이 대두되고 있는 현상황에서 대체에너지를 이용하여 수리시설물을 운영하고 관리한다는 개념을 도입함으로써 타산업분야에 농업분야의 기술을 알릴 수 있는 좋은 예이며 대체에너지 기술의 향상과 더불어 수리시설물의 내구성 및 효율성의 향상을 기할 수 있다고 판단된다.

#### (3) 관련산업분야 기술축적

현재까지는 타분야의 산업적, 상업적 업적을 농업분야에 접목시켜 운영을 하는 것이 대부분의 추세였는데 반해 우리 농업분야에서 적용시킨 기술을 타분야에 전파시킬 수 있는 좋은 기회이며 현재 개발된 대체에너지, 전동화, 수문 설계 및 제작, 설치기술을 발전시켜서 일반 하천, 정수장, 하수처리장등 일반토목분야에의 기술접목도 대단히 양호한 실정이다.

## 제2절 평가착안점별 달성도

### (1) 유말공 또는 내수위 유량상황 전달 시스템 적정성

유말공의 수위상황과 내수위 유량상황을 전달하는 시스템은 현재 지선수로 내의 유량상황과 포장 내 담수심 상황을 파악하여 시스템을 제어하는 방식으로 변경되었으며 이에 대한 작동과 성능은 충분한 현장성능점검을 통하여 입증되었다.

### (2) 태양광식 간이 전동수문 개발의 적정성

태양광식 간이 전동수문은 지수부의 면마찰을 감소시키기 위해 부분 면마찰방식으로 변경하였으며 이에 따라서 모터의 소형화 및 태양광 전열판의 규모축소가 가능하게 되었다. 작동성능에 관해서는 일반 포장에서 2년여에 걸쳐 실험을 하였기 때문에 충분히 입증이 되었으며 내구성에 관해서는 이후 장기적인 관찰이 필요하다.

### (3) 설정수위 조절형 무동력 자동 수문개발의 적정성

수로내 유지수위를 자유로이 변경할 수 있도록 부력부를 별도로 설치하여 조절할 수 있도록 하였으며 이에 따라서 수로조직의 개편없이도 관개량을 조절할 수 있도록 하였다. 특히 작동성능과 설정수위 조절에 관해서는 충분히 시험을 통하여 입증이 되었으며 내구성의 입증도 현재까지는 고장없이 사용하고 있다.

### (4) 자동조절 시스템 운용 적정성

인력의 도움 없이 논외 급수상황을 자동으로 인식하여 수로 조직에 흐르는 물을 급수하는 것으로서 관리 인력의 절감과 자동급수를 이룩하였다. 본 시스템은 현장확장에 대해 적용할 수 있으며 몇 개 단위의 블록으로 연결하여 사용할 수도 있도록 하였다.

### (5) 특허출원 및 기술이전

본 시스템은 현재 특허출원을 하여 등록을 완료하였으며(특허등록번호 : 제10-0624538(2006.09.08)), 본 시스템에서 개발한 태양광 전동수문과 무동력 자동수문의 경우에는 즉시 현장에 적용할 수 있는 제품으로서 참여기업에서 기술실시에 대해 긍정적으로 이전을 받으려고 준비중에 있다.

## 제5장 연구개발결과의 활용계획

### 제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

현재 개발된 물수요중심 용수공급시스템은 저수지 취수시설에 대한 현대화의 일환으로 제작·설치된 것으로서 설계기술, 제작기술, 시스템 구성 기술, 현장 설치기술등의 노하우를 이용하여 내구성과 효율성을 갖춘 시스템을 보급할 수 있으며 이러한 시스템은 기술이전을 통하여 시범사업 추진과 함께 일반 시군등 지방자치단체에도 홍보를 하여 상품화 및 현장 보급을 추진할 예정이다.

### 제2절 설계 및 시공에 직접 이용

현재 개발된 물수요중심 용수공급시스템을 현장의 실무자 및 설계자가 시설의 교체 및 보수시 적용할 수 있도록 사양과 도면을 구비하였으며 이를 통하여 설계 및 시공에 직접 이용할 수 있도록 홍보 및 선전을 해 나갈 예정이다.

### 제3절 향후 기술개발의 자료로 활용

수리시설물의 현대화 및 농촌환경의 개선이라는 명제하에서 보면 현재 개발된 기술을 수리시설물에 접목시킴으로서 향후 국가적으로 수리시설의 현대화를 추진해 나갈 때에 현대화 기술개발정책자료로서 사용할 수 있으며 이를 적극적으로 알리고 반영될 수 있도록 노력할 예정이다.



## 제6장 참고자료

- 1) 한국 표준협회편 : 한국산업규격 KS D 3565(상수도용 도복장관), KS D 4311(수도용 원심력 덕타일주철관), KS F 4405(코어식 프리스트레스트 콘크리트관).
- 2) 대한토목학회편 : “제1부 설계편 제1편 공통편 제2장 하중” , 도로교 표준시방서, pp. 37~72, 1996
- 3) G. A. Leonards(1962) : “Chapter 11. Culvert and Conduits” , Foundation Engineering, McGRAW-HILL BOOK COMPANY INC., pp 965~999.
- 4) E. benjamin Wyile(1993) : “Fluids Transients in System” , Prentice-Hall, INC.,
- 5) 한국도로공사, 구조물 보수·보강 메뉴얼, 1997.
- 6) 한국도로공사, 구조물 안전점검 및 진단 편람, 1997.
- 7) 시설안전기술공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 1996.
- 8) 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리, 1995.
- 9) 농림부, 농가경제통계, 각년도.
- 10) 농림부·농업기반공사, 농업생산기반정비사업통계연보, 각년도.
- 11) 농림부·농어촌진흥공사, 농업기계의 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술연구, 1993.
- 12) 농림부·농지개량조합연합회, 경지정리 사후평가 및 효율적인 추진방안에 관한 연구, 1997.
- 13) 농림사업평가위원회·한국농촌경제연구원, 농림사업 평가, 1997.
- 14) 임재환, 농업투자분석론 : 이론과 실제, 선진문화사, 1997.
- 15) 한국개발연구원, 농어촌 투융자 효율성 제고방안, 1996.
- 16) 한국농촌경제연구원, 농림사업 2단계 중간평가, 1997.
- 17) 한국산업은행, 기술도입의 효과분석, 1991.
- 18) 農林水産省構造改善局計劃部, 解説 土地改良の經濟效果, 大成出版社, 1997.
- 19) 玉城哲, 旗手燾, 今村奈良臣 編, 水利の社會構造, 東京大學出版會, 1984.
- 20) 이광만 외, 1997, 물수지분석을 위한 대규모 저수지 시스템 해석, 한국수자원학회논문집, 제30권6호, pp629-639.
- 21) 농림부, 농어촌진흥공사, 1997, 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구
- 22) 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수 수요량조사 종합보고서

- 23) 농림부, 농업기반공사, 1998, 농촌용수계획설계편람
- 24) 건설교통부, 2006, 수자원장기종합계획
- 25) 농림부, 농업기반공사, 2002, 농촌용수 공급량 조사 보고서(용수공급량 산정 시스템 개발)
- 26) 농림부, 농어촌진흥공사, 1999. 농업·농촌용수 종합이용계획(농촌용수이용합리화계획).
- 27) 농림부, 2003. 농촌용수 수요·공급량산정기법 개발 보고서

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.