

최 종
연구보고서

저수지 사통수문 개량 연구

Research of Reservoir Floodgate Improvement

한 국 농 림 부
연 구 기 관
사 공 사

농림자료실



0011787

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “저수지 사통수문 개량에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 5월 일

주관연구기관명 : 한국농촌공사 농어촌연구원

총괄연구책임자 : 정 광 근

참여기업명 : 한성환경기연

참여기업책임자 : 김 동 규

요 약 문

I. 제 목

저수지 사통수문 개량 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

지구 온난화와 이상기후에 의해 시설물 피해가 나날이 증가하고 있으며, 농촌의 인구감소 및 고령화에 의해 이러한 집중강우등에 대한 대처도 어려운 실정이다. 또한 전국 저수지의 70% 이상이 축조된지 50년 이상 경과된 노후화된 시설물로서, 누수에 의한 농업용수의 낭비도 많다. 따라서 본 연구에서는 저수지의 취수시설인 사통수문의 개량을 통하여 농업용수 누수를 방지하고, 농촌의 인력부족 해소과 고령인구에 의한 시설물 관리가 용이하도록 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

(1) 사통수문 개발

○ 원형 사통수문 개발

- 스크린 개발

오물유입을 막을 수 있는 스크린이 사통수문 전면에 달린 형태로서, 스크린에 붙어 있는 오물을 제거하여 사통수문의 운영을 효율화할 수 있다. 이는 오물에 의한 수문의 오작동을 원천적으로 방지함으로써 사통수문의 원활한 작동을 보장할 수 있다.

- 지수부 개선

수문비의 증량, 작동 로드의 긴연장, 수밀을 위한 마찰력 증가, 수압등에 의해 수문비 개방 및 폐쇄에 필요 이상의 동력 소요를 방지하기 위하여 불 밀폐형 지수부를 개발하고, 수문비의 개폐를 원활하게 하여 수동 및 전동 운영시 개폐소요 노력을 절감시킨다.

- 작동용 로드구조 개선

수문비와 운전부와의 연결부위로서 일직선형 구조를 갖고 있는 것이 대부분으로서, 운전부와 작동부의 거리가 멀기 때문에 작동 토크가 많이 소요되는 경향이 있다. 따라서 작동용 로드의 구조를 개선하여 운전부에서의 작동편리성을 증대시키도록 개선하는 것을 목표로 한다.

- 운전부 개선

원형 핸들을 돌리는데 있어서 작동 로드와의 직결구조로서 되어 있기 때문에 운전 핸들을 회전시키는데 막대한 노력이 소요된다. 따라서 작동로드와 운전핸들 사이에 공압(또는 유압)회전축을 부착시켜 부드러운 회전이 가능하도록 개선한다.

○ 밸브형 수문비 개발

- 밸브형 수문비 개발

수압에 의한 편심하중을 극복하고 문비에 비틀림 현상등을 방지하기 위해 밸브형 수문비를 개발한다. 밸브형 수문비는 수압에 의한 수문비의 부담을 덜 수가 있으며 같은 동력의 일반 수문에 비해 안정성 및 운전성이 뛰어난 장점이 있다.

- 지수부 개선

밸브형 수문에 있어서 지수부의 구조가 동력산출의 가장 큰 요인이 됨으로 형식은 버터플라이 방식을 도입하되 재질을 변경하여 수중에서도 변형되지 않고 내구성이 강하여 장기간 사용이 가능하게끔 개선한다.

- 작동용 로드구조 개선

밸브형 수문의 경우에는 작동용 로드가 따로 없기 때문에 밸브형에 맞게

작동용 로드를 개발한다.

- 운전부 개선

원형 핸들과 마찬가지로 핸들을 돌리는데 있어서 작동 로드와 직결구조로서 되어 있기 때문에 운전 핸들을 회전시키는데 막대한 노력이 소요된다. 따라서 작동로드와 운전핸들 사이에 공압(또는 유압)회전축을 부착시켜 부드러운 회전이 가능하도록 개선한다.

(2) 개발 사통수문 전동화

- 수문 개도 전달방법 개발

수문의 개도상황을 운영자가 알 수 있도록 적절한 개도센서를 부착시켜 이를 제어판 또는 작동판에 전달할 수 있는 방법을 개발한다.

- 직류 및 교류 Motor 개선

모터는 현재 직류형 또는 교류형 모터가 시중에 많이 나와 있으나 순간적으로 전기를 흘릴 경우 장기간의 사용에 따라 마그네틱 부분의 녹등에 의해 모터의 작동이 불가능한 경우가 많이 발생한다. 따라서 자석식 또는 마그네틱식이 아닌 제3의 방식으로 모터의 오작동을 원천적으로 방지할 수 있도록 개발한다.

- 개도정보 디스플레이화 정립

수문비 개도정보를 4~20mA의 전류로서 보내고 이정보를 0~100%의 개도율로 표시 가능하게 하며 작동방법은 4단계로 나누어서 작동이 가능토록 개발한다.

(3) 태양광 작동 사통수문 시스템 개발

- 태양광 작동 권양시스템 개발

Solar cell을 이용하여 전기를 발생시키고 이 전기를 충전기에 전기충전을 하며 충전된 전기와 발생하는 전기를 이용하여 사통수문의 개폐를 할 수

있는 권양시스템을 개발한다.

- 직류전기 충전기 개발

태양광 전기는 직류로서 충전효율이 약 60%밖에 되지 않는 단점을 보완하기 위하여 충전효율을 높일 수 있는 회로도 구성과 함께 방열, 방한의 기능을 가질 수 있도록 개발할 예정이다.

- 작동전류 송출방법 개선

모터를 작동시키기 위한 전기의 인입방법에 대하여 Solar sell에 의하여 발생한 전기를 주전기로 사용하고 나머지 모자라는 전기를 축전지에서 보충하여 사용하는 방식으로 개발한다.

(4) 표준도면 및 사양 제정

- 한국농촌공사 호형도에 의거한 표준도면 작성

현재 한국농촌공사에는 사통수문이라고 정의되어 분류된 수문의 호형도는 존재하지 않지만 크기별로 정리된 호형도는 존재한다. 따라서 한국농촌공사의 호형도면에 맞추어서 크기별 성능별로 표준도면을 개발한다.

- 일반 취급 매뉴얼 작성

사통수문의 비상시 대처요령, 점검방법등에 관하여 관리 및 운영자가 알기 쉽도록 매뉴얼을 작성한다.

- 수문 설치 및 유지관리 매뉴얼

수중에 설치하는 수문이라는 특수성을 고려하여 수문을 설치하는 매뉴얼과 더불어 유지관리를 위한 매뉴얼을 작성한다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

(1) 원형 사통수문 개발

사통수문은 저수지의 수면 하에 항상 위치해 있기 때문에 정수압을 늘 받고 있으며, 수문을 개방하면 유속의 변화에 의한 동수압을 받기 때문에 수문

비의 피로도도 증가한다. 따라서 수문비의 모양을 다양한 수압에 의해서 증가되는 피로도 분산과 수압의 수문비 중심으로의 집중을 위하여 원형으로 하며, 이에 따라 수문비의 비틀림에 의한 누수방지를 하고 수문비 부식방지를 위하여 재료는 STS 304를 사용하였다.

사통수문은 수면 하에서 작동을 하기 때문에 수문비와 수문틀 사이의 지수부의 마찰력이 수문비 개폐동력에 많은 영향을 미친다. 이에 따라서 모터의 용량과 Solar Unit의 용량도 크게 달라지며 궁극적으로는 제품의 단가에도 많은 영향을 미친다. 따라서 지수부의 마찰력을 감소시키기 위하여 수문틀측을 약간 경사지게 가공을 하고, 중간에 볼 베어링을 부착시켜 작은 동력으로도 수문비의 개폐가 원활하도록 지수부의 구조변화를 하였다.

(2) 밸브형 사통수문 개발

수문비의 권양력과 작동성의 편리와 효율을 위하여 버티플라이 밸브를 사통수문의 대응으로 사용하였다. 이는 수문비의 작동 토오크를 적게 하고 이에 따라 모터가 받는 부하량을 작게 하여 결정되어진 동력원을 효율적으로 사용하는 방법이며, 향후 농업용수공급량을 측정하고 측정을 행할 때 유량의 측정이 가능한 장점도 갖추고 있다.

(3) 오물유입 방지용 스크린 설치

사통수문은 각종 오물이나 토사에 의해 작동에 방해를 받고 이에 따라서 원활한 급수가 어려운 상황이 종종 발생한다. 따라서 본 연구에서는 사통수문의 전면에 스크린을 일체식으로 부착시켜 커다란 오물은 스크린에 의해 제거하고 토사와 같은 작은 입자는 유속에 의해 밖으로 배출하도록 하였다.

(4) 토사유입방지 토목구조물 설치

사통수문의 토사유입등에 의한 수문비 작동의 어려움을 방지하기 위하여

토사퇴적등을 사전에 막기 위한 토목구조물을 설치하였다. 토목구조물의 물막이 높이는 사통수문과 같은 높이로 하였으며 이에 따라서 저수지 바닥에 있는 토사가 사통수문으로 유입되는 것을 방지하였다.

(5) 동력전달용 장치 개발 및 적용

롯드 암은 수문비와 구동부를 연결시켜 구동부의 동력을 전달하는 역할을 하는 장치로서 나지에서 운영되기 때문에 부식방지가 내구성에 가장 큰 영향을 미친다. 따라서 재료를 STS 304 Pipe를 사용하여 가공·제작하였다.

유니버설 쥘인트는 모터와 감속기를 통해서 나오는 동력을 롯드 암에 전달해 주는 역할을 하는 것으로서 유니버설 쥘인트의 동력전달 효율이 사통수문 시스템 전체에 커다란 영향을 미친다. 따라서 STS 304 재료로서 가공하였으며 양측을 기준으로 볼 베어링을 삽입하여 회전력 전달의 효율성을 높였다.

(6) 태양광 전동시스템 개발

동력전달의 효율성을 기하기 위하여 Solar Unit으로부터 나오는 전기를 충전기에서 밧데리로 축전을 시키고 완전충전이 되면 나먼지 전기는 방전이 되도록 하였으며 모터를 구동할 때에도 Solar Unit으로부터 나오는 전기에다 부족분만을 밧데리에서 인입하여 사용할 수 있도록 하였다.

(7) 수리시설 현대화를 위한 양케이트 조사

저수지 취수시설 중 대다수를 차지하는 것이 취수탑으로서 많은 저수지 취수시설이 현대화가 되었으며, 수문비의 모양도 원형이 대부분으로서 수압을 고려한 저수지 취수시설로 되어 있다는 것을 알 수 있었다.

저수지 취수시설에 대한 동력원 조사의 결과는 대체에너지를 이용하는 것이 바람직하다는 결과를 보였고 현재 저수지의 인프라시설도 대체에너지를

이용하여 취수시설을 전동화시키고 이를 일정한 지역에서 측정하고 제어할 수 있는 정도로 구비되어 있기 때문에 현대화된 저수지 취수시설의 보급환경이 양호하다는 것을 알 수 있었다.

또한 이의 보급과 실용화를 위해 표준도면을 제시하였으며 설계, 제작, 유지관리에 대한 매뉴얼을 작성하여 제시하였다. 본 연구결과물의 실용화를 위해서는 행정기관단위의 지원과 시범사업이 필요하며 다량의 보급에 의해 제품의 경쟁력 및 경제성도 구비될 것으로 판단된다.

SUMMARY

I . Subject : Research of Reservoir Floodgate Improvement

II . Purpose and Important of Research

Day by day, damage of facilities is increasing by abnormal weather. Disposal for this concentration rainfall is difficult real condition by decrease in population and graying of farm village. Also, there are a lot of wastes of agricultural water by water leakage by dilapidated facilities which 50 years is passed whether 70% of whole country reservoir is built. Therefore, in this study, is water-intake facilities of reservoir, floodgate through improvement water leakage of agricultural water prevent and facility management by the manpower tribe and aged population of farm village is easy.

III . Scope of Research

1) Development of Reservoir Floodgate

- Development of Circle Type Floodgate

- It is developed screen. Floodgate hangs screen on fore-end. Screen does part which prevent waste. Screen prevents wrong operation of floodgate and makes operation of floodgate smooth.
- It is developed water tight device to reduce power disturbance that is occurred by weight of gate plate, length of operation rod, frictional force increase for leakage control, hydraulic pressure. Shape of water

- tight device nosed and commission by ball bearing floodgate frame.
- With driving department and operation distance is farand. It does structural reform of rod for operation that connect floodgate plate and driving department because operation torque is cost much. Accordingly, increase convenience of operation in driving department.
 - Because man-power handle was linked directly with operation rod, It is hard to transfer. Therefore, It does to attach universal joint between operation rod and driving handle and so that driving is smooth.
- Development of Valve Type Floodgate
- It develops valve type floodgate broom to overcomes eccentric load by water pressure and prevents tortuousness phenomenon back in gate. Valve type floodgate plate can subtract floodgate plate's burden by water pressure and there are stability and is excellent advantage than general floodgate of same power.
 - That structure of exponent part becomes biggest factor of power production in valve type floodgate shape introduce butterfly stroke method but improve long term use is possible because durability is strong without changing in hydrospace changing quality of the material.
 - Because there is no apart rod for operation In Case of valve type floodgate, It develops rod for operation according to valve type.
 - Because It becomes as direct connection structure with operation rod to turn as well as handlecircle handle, huge effort is required to circumvolve driving handle. Therefore, It behas improvement so that soft round is available doing to attach air pressure (or oil pressure)

rotating axis between operation rod and driving handle.

2) Development of electricity floodgate

- It develops method that can do and deliver this in control panel or operation place so that attach the most suitable open and close degree sensor so that operator can know open and close degree of floodgate.
- Present direct current type or interchange type motor have turned much in market but because juncture that operation of motor is impossible by rust etc.. Magnetic part according to use of long term in case of flow electricity instantaneously occurs much magneto system or magnetic so that can prevent wrong operation of motor as original by other method that no develop.
- Opening information of floodgate plate 4~20mA information that receive as electric current 0~100% indication enable and operation method divides into 4 steps and develop so that operation is possible.

3) Development of solar energy operation floodgate system

- It develops system that can do reorganization of floodgate using said that occur with electricity that breeds wartime because uses Solar sell and fills up this electricity to charger, and charges.
- As solar photovoltaics electricity is direct current, It is going to develop so that can compose graphical diagram that can heighten charging efficiency to supplement shortcoming that charging efficiency becomes about 60% and have function of protection gainst heat and cold.
- It develops by method that use because said that occur depending to

Solar sell about lead-in method of electricity to apply motor uses main electric and makes up for remainder dull first term in storage battery.

4) Creation of standard drawing and specification

- Sets in korea rural community and agriculture corporation's standard and makes standard drawing of reservoir floodgate.
- Make manual so that emergency disposal trick of floodgate, management about checking method and operator are apt to know.
- Make manual for maintenance along with manual that considers peculiarity that is a floodgate establishing in water and establishes floodgate.

IV. Results and Suggestion for Utilization

1) Development of Circle Type Floodgate

Because floodgate was always located under the water of reservoir, is always getting hydrostatic pressure and fatigability of floodgate plate increases because receive dynamic water pressure by change of velocity of flow if open floodgate. Therefore, does shape of floodgate plate circularly for concentration of floodgate plate center mass of augmented fatigability breakup and water pressure by various hydraulic pressure, and leakage control by floodgate plate's tortuousness accordingly and material used STS 304 for floodgate plate corrosion prevention.

Because floodgate operates under the water, frictional force of floodgate plate and exponent part between floodgate frame exerts a lot of influences on floodgate plate reorganization power. Accordingly, capacity of motor and Solar Unit's capacity changes greatly and exerts a lot of effects in unit cost of

product ultimately. Therefore, It did structure change of exponent part so that reorganization of floodgate plate is smooth by small power processes floodgate frame some slantingly to decrease frictional force of exponent part, and does so that attach ball bearing at middle.

2) Development of Valve Type Floodgate

It used butterfly valve by substitution of floodgate for refloating convenience of force and operation and efficiency of floodgate plate. This makes operation torque of floodgate plate less and is method that use decided power train by filial piety emptiness in lessening the subordinate amount that motor receives accordingly, and appropriates agricultural water supply hereafter and hydrometry has possible forte when measure.

3) Screen establishment for trash inflow prevention

Floodgate happens circumstance that water supply that is blocked in operation by various trashes or soil and is smooth accordingly is difficult. Therefore, in this study, remove by big trash silver screen doing to attach screen on fore-end of floodgate and small particle such as soil did to come forward in succession outside by velocity of a stream.

4) Establishment of structure for soil inflow prevention

Established structure to prevent stack of soil in the advance to prevent difficulty of floodgate plate operation by soil inflow of floodgate. Coffering work height of structure did to height such as floodgate and height prevented that soil is flowed in floodgate in the reservoir floor accordingly.

5) Development for power transmission device and application

Rod arm as device that do part which communicate power of drive because connect drive with floodgate plate, corrosion prevention exerts biggest influence on durability. Therefore, material used STS 304 Pipes.

Universal joint power transmission efficiency exerts big influence on floodgate system whole as that Universal joint does part which communicate power that come out through motor and Reducer in the Rod arm. Therefore, inserts ball bearing via both axis and improved efficiency of turning force transmission.

6) Development of solar energy electricity power system

Make first term that appear from Solar Unit for efficiency of power transmission have celebration by battery in charger, and remainder electricity did to discharge if charge ends. Also, when operate motor, It did so that can use more and lacking amount doing lead-in in battery in first term that appear from Solar Unit.

7) Opinionnaire investigation for modernization of facilities

Among reservoir water-intake facilities, to dominate large majority is an intake tower. Also, It could know that a lots of reservoir water-intake facilities modernized, and shape of floodgate plate consists of reservoir water-intake facilities that circle considers water pressure by bulk.

It could know that result of power investigation for reservoir water-intake facilities result that it is desirable use solar energy appeared, and infra facilities of reservoir do so that do water-intake institution electric motion because use solar energy present and because was equipped enough to can

measure in fixed area and control this, supply environment of modernized reservoir water-intake facilities is good.

Also, makes and presented standard drawing and design, manufacture, manual about maintenance etc. for supply section utility of solar energy floodgate. Estimate by something to need administration's support and pilot project for utility of this study result and mounts competitive power and economic efficiency of product by much supply.

CONTENTS

Chap. 1 Outline of Research / 3

Sec. 1 Backgrounds / 3

Sec. 2 Necessity of Research / 6

Sec. 3 Objectives and Scopes of Research / 12

Sec. 4 Expected Effects and Application Plan / 19

Sec. 5 Study Period and Research Personnel / 21

Sec. 6 Summary and Conclusion / 23

Chap. 2 Status of Technical Development at Home and Abroad / 27

Sec. 1 Status of Technical Development at Home / 27

Sec. 2 Status of Technical Development at Abroad / 86

Chap. 3 Works and Result of Research / 99

Sec. 1 Abstract of Electricity Floodgate / 99

1. Characteristic Examination of Existent Power

Floodgate /	99
2. Examination of Force Refloating by Power Device /	
104	
3. Development Direction of Solar Electricity Floodgate	
/ 107	
4. Basis Examination for Product Development /	114
Sec. 2 On-The-Spot Observation for Product	
Development /	135
Sec. 3 Method of Structure Calculation /	142
1. Structural Calculation of Floodgate for Prototype	
Specification Decision /	142
Sec. 4 Prototype Development and On-The-Spot	
Establishment /	146
1. Circle Type Floodgate (The First Prototype) /	146
2. Valve Type Floodgate (The Second Prototype) /	165
3. Characteristic /	183
Sec. 5 Specification /	191
1. Floodgate and Solar Energy System Manufacture	
Specification /	191
2. Control and Data Conversion, Transmission of	

Specification / 195
3. Coating Specification / 196
4. Welding Procedure / 197
5. Examination Plan / 201
6. Package Plan / 207
7. Maintenance / 209
8. Assurance and Responsibility / 210
Sec. 6 Opinionnaire Investigation / 211
1. Investigation Purpose and Target / 211
2. Opinionnaire Contents / 212
3. Opinionnaire Result Analysis / 216
Sec. 7 Conclusion / 234

Chap. 4 Achievement of Objectives and Contributions / 239

Sec. 1 Achievement of Each Objective and Its Contribution / 239
1. Target of Research Development / 239
2. Target Achievement of Research Development / 239
3. Contribution of Related Field / 240

Sec. 2 Achievement in Each Item of Evaluation Checklist
/ 241

Chap. 5 Application Plan of Research Results/ 247

Sec. 1 Wide Use at Site by Mass-Manufacturing / 247

Sec. 2 Use to design and Construction / 247

Sec. 3 Use for Futher Technical Development / 247

Chap. 6 References / 251

목 차

제1장	연구개발과제의 개요	3
제1절	연구의 배경	3
제2절	연구개발의 필요성	6
1.2.1	기술적 측면	6
1.2.2	경제·산업적 측면	9
1.2.3	사회·문화적 측면	11
제3절	연구개발의 목표 및 내용	12
1.3.1	연구개발 목표와 내용	12
1.3.2	연구개발의 최종지향점	15
1.3.3	연차별 연구개발 목표와 내용	16
제4절	기대효과 및 활용방안	19
1.4.1	기대효과	19
1.4.2	활용방안	20
제5절	연구기간 및 참여연구원	21
1.5.1	연구기간	21
1.5.2	연구원 조직	21
1.5.3	연구책임자	22
1.5.4	연구참여자	22
제6절	요약 및 결론	23

제2장	국내외 기술현황	27
제1절	국내기술의 개괄적 현황	27
2.1.1	수동식 수문 현황	27
2.1.2	전동식 수문 현황	31
2.1.3	저수지 사통수문 현황	80
제2절	국외기술의 개괄적 현황	86
2.2.1	동력식 수문	86
2.2.2	무동력식 수문	87
제3장	연구개발수행 내용 및 결과	99
제1절	전동 사통수문 개요	99
3.1.1	기존 동력식 수문의 특성 검토	99
3.1.2	동력장치별 인양력 검토	104
3.1.3	태양광 전동 사통수문의 개발 방향	107
3.1.4	제품개발을 위한 기초 검토	114
제2절	제품개발을 위한 현장조사	135
제3절	구조계산법	142
3.3.1	시제품 사양 결정을 위한 수문 구조 계산	142
제4절	시제품 개발 및 현장설치	146
3.4.1	원형 사통수문(제1차 시제품)	146
3.4.2	밸브형 사통수문(제2차 시제품)	165

3.4.3	특징	183
제5절	사양	191
3.5.1	수문 및 태양광시스템 제작사양	191
3.5.2	제어 및 데이터 변환·송신 사양	195
3.5.3	도장 사양	196
3.5.4	용접 절차서	197
3.5.5	시험 및 검사 계획	201
3.5.6	포장 계획	207
3.5.7	유지관리	209
3.5.8	보증 및 책임	210
제6절	양케이트 조사	211
3.6.1	조사 목적 및 대상	211
3.6.2	양케이트 내용	212
3.6.3	양케이트 결과분석	216
제7절	결론	234
제4장	목표달성도 및 관련분야에 기여도	239
제1절	연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도	239
4.1.1	연구개발 목표	239
4.1.2	연구개발 목표달성도	239
4.1.3	관련분야 기여	240
제2절	평가착안점별 달성도	241

제5장	연구개발결과의 활용계획	247
제1절	상품화에 의한 현장 보급 추진	247
제2절	설계 및 시공에 직접 이용	247
제3절	향후 기술개발의 자료로 활용	247
제6장	참고문헌	251

<표>

표 1.1.1	우리나라 용수수요 변화	4
표 1.1.2	준공연도별 수원공 현황	5
표 1.2.1	축조연대별 전국 저수지 현황	6
표 1.2.2	농가인구 및 연령변화 추세	9
표 3.1.1	수문 각부의 재질	108
표 3.1.2	토크시험 대상 사통수문 구조적 특성	116
표 3.1.3	재질조사 및 토크 시험 결과	116
표 3.1.4	일반전기 사통수문과 태양열 전기수문 특성 비교	117
표 3.1.5	높은 압력에 대한 미끄럼 운동 마찰계수	119
표 3.1.6	위도별 적정 예비시간	121
표 3.1.7	각종 태양열 전지판	123
표 3.1.8	메탈라이징과 페인트 공법의 비교	134
표 3.4.1	태양열 전지판 사양	186

<그림>

그림 2.1.1	일반전기식 전동수문의 작동 메커니즘	36
그림 2.1.2	Foward 방식	42
그림 2.1.3	Flyback 방식	43
그림 2.1.4	전압제어방식	44
그림 2.1.5	초퍼방식	45

그림 2.1.6	아연의 환원	55
그림 2.1.7	망간 전지 구성도	57
그림 2.1.8	알카리 전지 구성도	58
그림 2.1.9	산화은 단추 전지 구성도	59
그림 2.1.10	수은 전지 구성도	59
그림 2.1.11	니켈-카드뮴 축전지 구성도	60
그림 2.1.12	납축전지 구성도	60
그림 2.1.13	p형 반도체 구성도	78
그림 2.1.14	n형 반도체 구성도	79
그림 2.1.15	전기발생 메커니즘	80
그림 2.1.16	직동식 밸브형 사통수문 구조	82
그림 2.1.17	정유량 특성곡선	83
그림 2.1.18	밸브특성곡선	84
그림 2.1.19	캐비테이션 특성	84
그림 2.1.20	입구압력의 변동과 정유량특성	85
그림 2.2.1	프랑스 무동력 수문의 작동원리도	88
그림 2.2.2	프랑스 무동력 자동 수문 도면	89
그림 2.2.3	박스형 경사타입 수문	93
그림 2.2.4	시소원리형 경사타입 수문	94
그림 2.2.5	유선형 타입 수문	94
그림 3.1.1	태양광 전지판을 설치한 경우	127

그림 3.1.2	감속기 개선 도면	129
그림 3.1.3	감속기 암나사부 형태	131
그림 3.1.4	단상모터 형태	131
그림 3.1.5	현장 설치 수문 개략도	132
그림 3.2.1	백미저수지 구조도	139
그림 3.2.2	수문에 걸리는 모멘트	144
그림 3.4.1	원형 사통수문 제작 표준도면	162
그림 3.4.2	밸브형 사통수문 표준제작 도면	180
그림 3.4.3	태양열 충전 사통수문의 작동 및 제어 플로우 차트	185

<사진>

사진 1.2.1	저수지 사통의 누수 전경	7
사진 2.1.1	스핀들식 수문	28
사진 2.1.2	웜기어식 수문	29
사진 2.1.3	베벨기어식 수문	30
사진 2.1.4	핀잭식 수문	31
사진 2.1.5	일반전기식 전동수문과 제어반 내부	33
사진 2.1.6	원형 사통수문	81
사진 2.2.1	일반전기 동력식 수문	86
사진 2.2.2	프랑스 MOEX 지방에 설치된 AMIL GATE의 모습	· 89
사진 2.2.3	일본의 무동력 자동 수문	91

사진 2.2.4	일본의 WATCHMAN GATE	91
사진 3.1.1	토크(Torque) 측정대상 사통수문 모습	116
사진 3.2.1	샘골저수지 및 사통(시·군관할)	136
사진 3.2.2	웃골저수지 및 사통(시·군관할)	136
사진 3.2.3	평만저수지 및 사통(시·군관할)	137
사진 3.2.4	문방저수지(한국농촌공사 관할)	138
사진 3.2.5	백미저수지 현장조사	140
사진 3.4.1	제1차 시제품(원형) 설치 장소	146
사진 3.4.2	기존 수동식 사통수문	147
사진 3.4.3	원형 사통수문 제작 및 설치	165
사진 3.4.4	제2차 시제품(밸브형) 설치 장소	166
사진 3.4.5	밸브형 사통수문 제작 및 설치	183
사진 3.4.6	충전기(R/I 컨넥터 내장)	187
사진 3.4.7	수문 개폐감지 센서	189

<그래프>

그래프 3.6.1	저수지 취수형태	217
그래프 3.6.2	취수탑 수문비 종류	218
그래프 3.6.3	취수탑 수문의 작동방식	218
그래프 3.6.4	사통 수문비 종류	219
그래프 3.6.5	사통수문의 조작개소	220

그래프 3.6.6	사통수문비의 크기	220
그래프 3.6.7	사통수문의 작동방식	221
그래프 3.6.8	수문조작 이동시간	222
그래프 3.6.9	수문개폐 양정	223
그래프 3.6.10	수문개폐 소요시간	223
그래프 3.6.11	저수지 시설물 관리 인원수	224
그래프 3.6.12	저수지 관리요원 연령	225
그래프 3.6.13	시설물 개보수 경과년수	226
그래프 3.6.14	수문 운영관리시 불편사항	227
그래프 3.6.15	현행 저수지 취수시설의 만족도	227
그래프 3.6.16	현행 저수지 취수시설 교체 요망	228
그래프 3.6.17	수리시설물 중 교체희망시설	229
그래프 3.6.18	저수지 전기인입 여부	229
그래프 3.6.19	인입전원의 종류	230
그래프 3.6.20	태양광 전원 인입 요망 여부	231
그래프 3.6.21	수리시설 개보수계획 여부	231
그래프 3.6.22	무선통신 가능 여부	232
그래프 3.6.23	구조물 보수필요 여부	233

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구의 배경

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구개발의 목표 및 내용

제4절 기대효과 및 활용방안

제5절 연구기간 및 참여연구원

제6절 요약 및 결론

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구의 배경

21세기 물부족국가로 분류되는 우리나라의 용수이용량은 증가하는 추세에 있다. 수자원개발이 한계를 드러내고 대체수자원개발도 여의치 못한 현시점에서 용수이용량을 살펴보면 아래 표 1.1.1에서 알 수 있듯이 1965년에는 51.2억 m^3 에서 2011년에는 374억 m^3 으로 730%나 증가될 것으로 예상되어 물부족의 도래와 함께 심각성을 알 수 있다. 특히 인구증가와 더불어 경제적 발전에 따른 국민위생환경의 향상은 생활용수의 급격한 증가(1965년 대비 2011년은 86억 m^3 이 증가)를 초래하였으며 경지정리 및 기계화농업으로 대표되는 대규모 용수사용농업으로의 전환으로 인하여 용수사용이 나날이 증가추세에 있는 농업용수도 총이용량에 대한 비율은 1965년 대비 2011년에는 반으로 줄 것으로 예상되나 절대량은 117.2억 m^3 (262%)이나 증가하는 것으로 예상하였다.

특히, 생태계와 생태환경, 생활환경을 중시하는 시대적 상황의 트렌드에 따라서 하천이나 수로 또는 저수지에 공급되는 환경유지용수는 1965년에는 전혀 공급량이 없다가 2011년에는 84억 m^3 으로서 동년 총이용량의 22%나 차지할 것이라고 예상을 하였다. 이는 생활용수와 환경용수의 수요증가에 따른 공급증가가 예상되는 지표로서 전체 용수이용량의 약 50% 가까이 차지하는 농업용수에 있어서는 용수이용량의 부족분을 보충해주어야 하는 시대적 요구에 대해 상당한 부담으로 작용할 것으로 판단된다.

이와 같이 용수이용에 대한 우리의 현실을 직시해 보면 향후 우리의 농업용수가 처해질 상황을 예상할 수 있다. 하늘만 쳐다보는 물의 양은 한정되어 있으며 항시 강우에 의한 불안정한 공급을 고려한다면 수자원이나 대체수자원 개발이 시급한 실정이지만 수자원 개발을 하기 위한 적지의 고갈과 환경문제를 야기시키는 대체수자원 개발이 점점 더 어려워만지고 있는 실정이며,

이에 따라 물문제는 개발의 논리에서 한정된 자원의 효율적인 이용으로 전환되어 가고 있다.

표 1.1.1 우리나라 용수수요 변화

(단위 : 십억 m³/년)

연도 이용	1965	1980	1990	1994	2001	2011
총이용량	5.12 (100%)	15.3 (100%)	24.9 (100%)	30.1 (100%)	34.1 (100%)	37.4 (100%)
생활용수	0.2 (4%)	1.9 (12%)	4.2 (17%)	6.2 (21%)	7.3 (21%)	8.8 (23%)
공업용수	0.4 (8%)	0.7 (5%)	2.4 (10%)	2.6 (8%)	3.4 (10%)	4.0 (11%)
농업용수	4.48 (88%)	10.2 (67%)	14.7 (59%)	14.9 (50%)	15.9 (47%)	16.2 (44%)
환경용수	-	2.5 (16%)	3.6 (14%)	6.4 (21%)	7.5 (22%)	8.4 (22%)

※ 수자원장기종합계획(Water Vision 2020), 2001년

농업용수에 있어서 취수의 형태를 보면 아래 표 1.1.2에서 알 수 있듯이 저수지에서의 관개면적이 전체 관개면적 817,700ha 중에서 510,783ha로서 약 62%이고, 양배수장이 152,611ha로서 19%, 보가 100,606ha로서 13%, 집수암거가 18,599ha로서 2%, 관정이 35,346ha로서 4%이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 농업용수의 취수원은 저수지가 반이상을 차지하고 있으며 저수지에서 관개효율을 높이면 농업용수의 효율적 이용과 용수절감에도 큰 기여를 하리라 판단된다.

따라서 상기에서 논한 우리나라 용수 총이용량의 반을 차지하는 농업용수의 효율적인 이용을 위해서는 농업용수의 절반 이상을 공급하는 저수지의 효율적

표 1.1.2 준공연도별 수원공 현황

상단 : 시설수

하단 : 관개면적(ha)

구 분	계	1945년 이전	1946~1971	1972~1986	1987년 이후
계	64,543	15,426	16,963	17,132	15,022
	817,700	183,058	252,973	281,177	100,492
저수지	17,913	9,669	6,229	1,614	401
	510,538	138,819	186,034	135,420	50,265
양배수장	6,546	170	1,094	3,308	1,974
	152,611	10,650	29,707	92,302	19,952
보	18,350	5,399	4,849	7,047	1,055
	100,606	32,833	26,023	38,311	3,439
집수암거	3,680	151	1,903	1,500	126
	18,599	754	7,769	8,815	1,262
관정	18,054	37	2,888	3,663	11,466
	35,346	3	3,438	6,331	25,573

※ 농업생산기반정비통계연보 2002년

이용이 필수적이며 이에 따라서 저수지를 효율적으로 이용할 수 있도록 하기 위한 수리시설물의 현대화는 필수적이다. 수리시설물의 현대화라는 명제하에 있어서 가장 시급한 것은 물을 취수하는 최선단계인 사통수문의 현대화와 귀결되며 이를 위해 사통수문의 구조 및 효율성과 편리성이 추구되어야 할 것이다.

제2절 연구개발의 필요성

1.2.1 기술적 측면

가. 수리시설물 노후화에 따른 누수 방지

현재 우리나라에서 전체적으로 사용·관리하고 있는 저수지는 17,882개소로서 농업용수, 생활용수, 공업용수, 환경유지용수등의 많은 부분의 공급을 담당하고 있다. 이러한 각종 용수를 공급하고 있는 전체 저수지 개소수 중 농업용수를 전담하여 공급하는 주수원공 및 보조수원공으로 사용하는 저수지는 전체 저수지의 98.7%인 17,644개소에 이른다.

표 1.2.1 축조연대별 전국 저수지 현황

(단위 : 개소)

축 조 연 대	주수원공	보조수원공	부속시설	계
1945년 이전	7,543	1,965	140	9,648
1946년~1966년	3,212	499	45	3,756
1967년~1971년	2,215	215	22	2,452
1972년~1976년	647	71	8	726
1977년~1981년	497	62	12	571
1982년~1986년	282	25	5	312
1987년 이후	374	37	6	417
계	14,770	2,874	238	17,882

※ 농업생산기반통계연보 2002년

전국적으로 17,644개소의 저수지에서 농업용수를 공급하고 있는데 현재 저수지로부터 누수가 발생하여 용수손실을 일으키는 경우를 종종 볼 수 있다. 이 누수의 원인은 여러 가지를 상정할 수 있으나 가장 주된 원인으로 저수지 축조 년도가 오래되어 저수지로부터 용수를 공급하는 관문인 사통수문의

노후화 및 고장으로 인하여 발생하는 누수가 대단히 많은 실정으로 판단되고 있다. 또한 사통수문의 개폐도를 조정하기 위한 권양장치도 오래 전에 제작하여 설치한 것으로서 인력으로 사통수문의 개폐를 행하는 것은 대단히 곤란한 실정이기도 하다. 전체저수지의 축조년도를 살펴보면 축조한지 30여년이 훨씬 넘는 1972년 이전에 축조한 저수지가 15,856개소(이 중 주수원공 및 보조수원공은 15,649개소)로서 88.7%(87.5%)나 차지하고 있으며, 최근 30여년 안에 축조한 저수지는 2,026개소(이 중 주수원공 및 보조수원공은 1,995개소)로서 11.3%(11.2%)에 불과하다. 따라서 우리의 농업용수를 공급하는 주수원공인 저수지의 시설현대화는 대단히 뒤쳐져 있으며 이러한 원인이 현재 농업용수를 무단으로 낭비시키고 있는 커다란 원인이 되고 있다.

위에서 논한 저수지 사통수문으로부터의 누수는 저수지 제방 안으로 침투하여 제방의 결절 등을 일으켜서 저수지 하류부에 치명적인 피해를 일으킬 수도 있으며 겨울철등 강우가 적은 시기에 지속적으로 누수를 일으킴으로서 봄의 관개기에 용수부족을 일으킬 수 있는 커다란 요인으로 작용을 하고 있다. 이에 따라 21세기의 물부족국가로서 물을 절약하고 아껴 쓰는데 모든 지혜를 모아야 하는 우리로서는 주수원공인 저수지에서의 저수 효율화와 방재를 기하기 위하여 이러한 노후화된 저수지 사통수문을 누수가 발생되지 않으면서 사용하기 쉽게 개발하여 보급할 필요가 있다.



사진 1.2.1 저수지 사통의 누수 전경

나. 수리시설물 관리인력 확보의 곤란

우리 농업의 경쟁력 약화를 초래하는 또다른 원인으로서 농촌의 고령화와 일손부족현상의 심화이다. 현재 우리의 농촌은 인구감소와 더불어 고령화라는 심각한 위협에 노출되어 있다. 이는 물관리 노력이 대부분을 차지하는 우리 농업의 작업특성과 물관리에 있어서 직접 인력을 투입하는 관리특성이 맞물려 있는 우리 농업의 구조적 맹점을 극복하기 위한 노력이 절실한 실정이다.

우리 농촌의 인구 및 고령화에 대한 분석은 상기 표 1.2.2에서 나타낸 바와 같다. 우리 농촌은 1970년에는 총인구대비 농촌인구의 비율이 44.7%에서 2001년에는 8.4%로 떨어졌다. 이뿐만이 아니라 이 중 실제로 농업에 종사할 수 있는 노동력을 갖춘 인력은 1970년도와 2001년도의 인구수 대비로서 3,216천명의 인구가 감소하였다. 이는 실제 생산을 위한 농업활동과 더불어 수리시설물의 유지와 관리를 행하기 위한 인력이 턱없이 부족하다는 것을 의미한다. 물론 벼농사의 경우에는 영농작업의 기계화가 많이 이루어져 인력소모를 많이 줄일 수 있으나 영농작업을 행하기 위한 사전절차인 용수공급을 위한 저수지 개방, 운영, 유지관리 및 수로감시, 수문조작, 수초제거, 오물처리등에 관해서는 아직까지 완전한 기계화가 되어 있지 못하며 이를 위한 인력소모가 대단히 많고 또한 많은 시간을 요하는 것은 주지의 사실이다.

상기 수리시설물의 운영 및 유지관리를 위한 인력의 대부분이 60세 이상을 넘긴 장노년층이며 특히 1990년대 이후 조합비를 포함한 유지관리비의 감축으로 인하여 수리감시원 1인당 관리면적이 83%나 증가하여 현재는 약 200ha가 넘는 수혜면적을 관리하고 있는 실정(한국농촌공사)이다. 이러한 노년층이 광대한 면적을 관리하는데 있어서 수리시설물의 현대화 및 기계화가 이루어진다고 하더라도 관리상의 문제점은 많이 발생하리라고 예상되는데도 불구하고 현재 수혜면적 100ha 이상이 되는 저수지의 진동화는 10%도 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 현재의 저수지 사통수문과 같이 개폐에 많은 시

간과 노력을 요하는 구조로는 효율적인 저수지 운영이 불가능한 실정이다. 따라서 개폐가 쉽도록 하는 구조로서 개발할 필요가 있다.

표 1.2.2 농가인구 및 연령변화 추세

(단위 : 천명)

구 분	1970년	1975년	1980년	1985년	1990년	1995년	2001년
총인구(A)	32,241	35,281	38,124	40,806	42,869	45,093	47,008
농가인구(B)	14,422	13,244	10,827	8,521	6,661	4,851	3,933
B/A(%)	44.7	37.5	28.4	20.9	15.5	11.6	8.4
20세~49세(C)	4,404	4,212	3,701	2,830	2,259	1,626	1,188
C/B(%)	30.5	31.8	34.2	33.2	33.9	33.5	30.2
50세~59세(D)	1,107	1,108	1,074	1,129	1,111	867	636
D/B(%)	7.7	8.4	9.9	13.2	16.7	17.9	16.2
60세 이상(E)	1,143	1,164	1,138	1,177	1,187	1,255	1,423
E/B(%)	7.9	8.8	10.5	13.8	17.8	25.9	36.2

※ 농업생산기반중장기계획 2002년

1.2.2 경제·산업적 측면

가. 농업용수 절감

2001년도 우리나라 총물사용량 341억톤/년 중 농업용수가 차지하는 비율은 약 47%(159억톤/년)로서 2020년도에는 총물사용량 381억톤/년 중 42%(162억톤/년)에 달할 것이라고 예상하고 있다. 총물사용량에서 보면 농업용수가 차지하는 비율은 4%정도 낮아지나 사용량은 3억톤이 늘어나는 것이다. 가장 많은 용수사용량을 기록하고 있지만 가장 높은 용수 손실율을 기록하고 있어서 추후 농업용수의 절감에 대한 요구가 점점 거세어 질 것으로 예상된다.

이러한 상황 하에서 한국농촌공사에서 운영·관리하고 있는 저수지에서 사통 수문의 결함으로 누수가 발생하는 정확한 통계는 찾을 수 없으나 한국농촌공사 관리 저수지 총유효저수량 3,078백만톤 중 1년간의 제체누수허용량 1% 중 사통의 수문과 구조물의 결함에 의해 누수되는 양을 제체누수허용량의 10%정도라고 가정한다면 1년에 3.1백만톤의 농업용수가 누수에 의해 낭비되는 결과를 가져오며 이를 수혜면적으로 보면 용수사용량이 7천톤/ha이므로 430ha의 논에 1년동안 용수를 공급하는 양이며 약 300억원의 공사비가 드는 저수지를 만드는 것과 같은 예산이라고 할 수 있다.

나. 농업용 시설관련 기술력 향상

현재 농업용 시설 중 특히 수문이나 밸브를 만드는 회사는 대단히 영세한 중소기업이 주류를 이루며 지역별로 산재해 있어 기술의 통합이라든지 보완이 체계적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 기존의 수문을 그대로 생산하거나 재질만 바꾸어서 제작 설치하는 실정이며 수문이나 보(장착식), 밸브등에 관련된 특허기술도 연간 20여건 정도로 기술개발노력이 대체로 다른 기술에 비해 적다.

또한 특수한 목적에 쓰이는 수문의 경우에는 외국에서 기술도입을 하여 국내에 설치하는 경우도 종종 있으며 이러한 경우 국내기술향상보다는 기술의 해외의존 및 종속 그리고 외화유출이라는 불이익이 우리에게 있으며 핵심기술의 경우에는 거의 전수받지 못하고 자체적으로 해결함에 있어서 많은 시간과 노력을 낭비하고 있는 실정이다.

따라서 수리시설물 현대화의 한 측면에서 이루어지는 저수지 사통수문의 개량에 따라 수문 제작 및 설치기술을 진일보시키고 기술전파에 따라 수문 제작업체에 기술개발노력을 유도하고 우리 수리시설물제작 산업계에 기술력 향상을 도모할 수 있을 것이다.

1.2.3 사회·문화적 측면

가. 농작업 환경변화에 따른 영농의식 고취

현재 우리의 농촌은 영농일꾼들의 고령화 및 농촌사회의 공동화 현상으로 말미암아 농촌생활이 점점 더 어려워지고 있는 실정이며 그나마 남아 있던 농촌생활의 터전마저 농산물 수입개방화에 따라 포기하고 있는 실정에 있다.

이러한 현상을 막기 위해서는 최대한으로 농작업환경을 개선하여 영농의식을 고취하는 방법으로 극복해 나가야 하며 이를 위해서라도 용수공급 및 관리를 위한 수원공(저수지)의 시설개선을 해 나가야 할 필요가 있다.

제3절 연구개발의 목표 및 내용

1.3.1 연구개발 목표와 내용

가. 스크린 일체형 원형 수문 개발

1) 원형 수문비 일체 스크린 개발

오물유입을 막을 수 있는 스크린이 사통수문 전면에 달린 형태로서 스크린에 의해 스크린에 붙어 있는 오물을 제거할 수 있다. 이는 오물에 의한 수문의 오작동을 원천적으로 방지함으로써 사통수문의 원활한 작동을 보장할 수 있다.

2) 지수부 개선

수문비의 중량, 작동 로드의 긴연장, 수밀을 위한 마찰력 증가, 수압등에 의해 수문비 개방 및 폐쇄에 필요이상의 동력이 소요됨을 방지하기 위하여 불 밀폐형 지수부를 개발하여 수문비의 개폐를 원활하게 하고 수동 및 전동 운영시 개폐소요노력을 절감시킨다.

3) 작동용 로드구조 개선

수문비와 운전부와의 연결부위로서 일직선형 구조를 갖고 있는 것이 대부분으로서 운전부와 작동부의 거리가 멀기 때문에 작동 토크가 많이 소요되는 경향이 있다. 따라서 작동용 로드의 구조를 개선하여 운전부에서의 작동 편리성을 증가시키도록 개선하는 것을 목표로 한다.

4) 운전부 개선

원형 핸들을 돌리는데 있어서 작동 로드와의 직결구조로서 되어 있기 때문에 운전 핸들을 회전시키는데 막대한 노력이 소요된다. 따라서 작동로드와 운전핸들 사이에 공압(또는 유압)회전축을 부착시켜 부드러운 회전이 가능하도록 개선을 행한다.

나. 스크린 일체형 밸브형 수문비 개발

1) 밸브형 수문비 일체 스크린 개발

수압에 의한 편심하중을 극복하고 문비에 비틀림 현상등을 방지하기 위해 밸브형 수문비를 개발한다. 밸브형 수문비는 수압에 의한 수문비의 부담을 덜 수가 있으며 같은 동력의 일반 수문에 비해 안정성 및 운전성이 뛰어난 장점이 있다.

2) 지수부 개선

밸브형 수문에 있어서 지수부의 구조가 동력산출의 가장 큰 요인이 됨으로 형식은 버터플라이 방식을 도입하되 재질을 변경하여 수중에서도 변하지 않고 내구성이 강하여 장기간 사용이 가능하게끔 개선한다.

3) 작동용 로드구조 개선

밸브형 수문의 경우에는 작동용 로드가 따로 없기 때문에 밸브형에 맞게 작동용 로드를 개발한다.

4) 운전부 개선

원형 핸들을 돌리는데 있어서 작동 로드와의 직결구조로서 되어 있기 때문에 운전 핸들을 회전시키는데 막대한 노력이 소요된다. 따라서 작동로드와 운전핸들 사이에 공압(또는 유압)회전축을 부착시켜 부드러운 회전이 가능하도록 개선을 행한다.

다. 개발 사통수문 전동화

1) 수문 개도 전달방법 개발

수문의 개도상황을 운영자가 알 수 있도록 가장 적절한 개도센서를 부착시켜 이를 제어판 또는 작동판에 전달할 수 있는 방법을 개발한다.

2) 직류 및 교류 Motor 개선

모터는 현재 직류형 또는 교류형 모터가 시중에 많이 나와 있으나 순간적인 전기를 흘릴 경우 장기간의 사용에 따라 마그네틱 부분의 녹등에 의해 모터의 작동이 불가능한 경우가 많이 발생하기 때문에 자석식 또는 마그네

틱식이 아닌 제3의 방식으로 모터의 오작동을 원천적으로 방지할 수 있도록 개발을 한다.

3) 개도정보 디스플레이화 정립

수문비의 개도정보를 4~20mA의 전류로서 받는 정보를 0~100%의 개도율로 표시 가능하게 하며 작동방법은 4단계로 나누어서 작동이 가능토록 개발을 한다.

라. 태양광 작동 사통수문 시스템 개발

1) 태양광 작동 권양시스템 개발

Solar sell을 이용해 전기를 발생시키고 이러한 전기를 충전기에 전기충전을 하고 이 충전된 전기와 발생하는 전기를 이용하여 사통수문의 개폐를 할 수 있는 권양시스템을 개발한다.

2) 직류전기 충전기 개발

태양광 전기는 직류로서 충전효율이 약 60%밖에 되지 않는 단점을 보완하기 위하여 충전효율을 높일 수 있는 회로도 구성과 함께 방열, 방한의 기능을 가질 수 있도록 개발할 예정이다.

3) 작동전류 송출방법 개선

모터를 작동시키기 위한 전기의 인입방법에 대하여 Solar sell에 의하여 발생한 전기를 주전기로 사용하고 나머지 모자라는 전기를 축전지에서 보충하여 사용하는 방식으로 개발한다.

마. 표준도면 및 사양 제정

1) 농업기반공사 호형도에 의거한 표준도면 작성

현재 한국농촌공사에는 사통수문이라고 정의되어 분류된 수문의 호형도는 존재하지 않지만 크기별로 정리된 호형도는 존재한다. 따라서 한국농촌공사의 호형도면에 맞추어서 크기별 성능별로 표준도면을 개발한다.

2) 일반 취급 매뉴얼 작성

사통수문의 비상시 대처요령, 점검방법등에 관하여 관리 및 운영자가 알기 쉽도록 매뉴얼을 작성한다.

3) 수문 설치 및 유지관리 매뉴얼

수중에 설치하는 수문이라는 특수성을 고려하여 수문을 설치하는 매뉴얼과 더불어 유지관리를 위한 매뉴얼을 작성한다.

1.3.2 연구개발의 최종지향점

가. 개발 기술 특허 추진

스크린이 일체가 된 수문형태로서 또한 스크린의 일부 이탈에 의하여 걸려있는 오물을 자체적으로 제거하고 권양시 마찰력이 최소화된 형식의 문비구조를 갖고 있는 사통수문의 구조를 특허신청을 하여 기술의 보호를 실현한다.

나. 특허등록 후 기술의 산업체 이전 추진

본 기술을 산업체에 이전하여 실용화에 더더욱 박차를 가하며 산업체로 하여금 새로운 기술개발의 기회가 될 수 있도록 기회를 제공하기 위하여 기술의 산업체 이전 추진을 행한다.

1.3.3 연차별 연구개발 목표와 내용

구 분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위	
1차년도 (2004)	사통수문 개발	스크린 일체형 원형 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초자료조사 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 개발 현황 - 국외 개발 현황 - 문제점 분석 및 개발방향 검토
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 원형 수문비 일체 스크린 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 오물유입방지용 스크린개발 - 수문비·스크린 결합장치 개발
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 지수부 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 밀폐 불형 지수부 개발
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 작동용 로드구조 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 재질 및 힘전달 방법 개선
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 운전부 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 손잡이형 회전식 운전부개발
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 실내실험 <ul style="list-style-type: none"> - 수문비 내압 강도 측정 - 지수부 내부누수 시험
		개발 사통수문 전 동 화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수문 개도 전달방법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수문비 개폐정보 전달 및 제어 방법 개발
			<ul style="list-style-type: none"> ○ Motor 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 전자식 Motor 개발
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 개도정보 디스플레이화 <ul style="list-style-type: none"> - 개도정보 디스플레이화 방법 정립
		현장운영시험	실내성능 시험
<ul style="list-style-type: none"> ○ 모터성능시험 <ul style="list-style-type: none"> - 연속동작 내구성 시험 - 방열시험 			

구 분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위	
2차년도 (2005)	사통수문 개발	스크린 일체 벨브형 수문 개발	○ 벨브형 수문 일체 스크린 개발 - 수문비·스크린 결합장치 개발
			○ 지수부 개선 - 원홀 볼형 지수부 개발
			○ 작동용 로드구조 개선 - 재질 및 힘전달 방법 개선
			○ 운전부 개선 - 개도 결정형 회전식 운전부 개발
			○ 실내실험 - 수문비 내압 강도 측정 - 지수부 내부누수 시험
		태양광 작동 시스템 개발	○ 태양광작동 권양 시스템 개발 - 감속기 개발 - 개발 모터 성능 조사, 스크류 개선
			○ 충전기 개발 - 충전회로도 개발 - 방한방온 코팅법 개선
			○ 작동전류 송출방법 개선 - 작동전류 송출방법 개선 - 밧터리 과충전 방지장치 개발
		개발 사통수문 전 동 화	○ 수문 개도 전달방법 개발 - 수문비 개폐정보 전달 및 제어 개발
			○ Motor 개선 - 전자식 Motor 개발(교류)
			○ 개도정보 디스플레이화 - 개도정보 디스플레이화 방법 정립
		표준도면 및 사양 제정	○ 표준도면 작성 - 농업기반공사 호형도 기준 호형도면 작성 - 제작 및 설치단가 제시
○ 메뉴얼 작성 - 취급 메뉴얼 작성 - 설치 및 유지관리 메뉴얼 작성			

구 분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위	
2차년도 (2005)	사통수문개발	특허추진	○ 특허추진 - 개발기술 특허 추진 및 등록
		및 기술의 산업체 이전	○ 기술 산업체 이전 - 실용화를 위한 기술이전
	현장운영시험	저수지 유형별 설치조건	○ 저수지 유형별 설치조건 검토 - 저수지별 취수탑, 사통수문 현황 조사 - 사통수문 설치환경 및 조건 검토
		및 경제성 검토	○ 경제성 검토 - 사통수문 설치 전·후 누수 손실 량 조사 - 사통수문 설치에 따른 농업용수축 적효과 분석
현장 설치 및 운영	현장 설치	○ 제작 및 설치 - 설치대상 저수지 조사 - 수문비 구조설계 및 제작 - 현장 설치 및 운영요원 교육	
	및 운영	○ 현장운영 시험 - 누수 조사 - 작동성 및 편리성 조사 - 보완책 마련	

제4절 기대효과 및 활용방안

1.4.1 기대효과

가. 기술적 측면

1) 시설물 현대화에 기여

사통수문을 개발 설치함으로써 수리시설물 및 물관리 기술의 현대화 및 농업용 저수지 물관리의 무인 자동화 실현에 기여하며, 또한 우리나라 수리시설의 기술력 향상 및 국제경쟁력 강화를 도모할 수 있다.

나. 경제·산업적 측면

1) 관련산업 활성화 효과

사통수문을 개발에 의해 농업관련 제조업의 활성화에 기여 할 수 있다.

2) 에너지 사용량 절감 효과

저수지 사통수문의 적절한 관리에 의하여 적기적량의 물배분이 가능하게 되면 인력의 절감 및 전기사용등의 가동시간이 줄어들어 전기등 에너지의 사용량 절감효과가 기대된다.

3) 농산물 경쟁력 향상

농업시설물의 현대화에 의한 농산물 생산성 및 품질성 향상을 이룩할 수 있다.

4) 수자원개발 대체 효과

저수지에 사통수문을 설치하게 되면 누수를 절약하여 절약된 용수를 공급하고 사용하게 되기 때문에 수자원개발 대체효과가 클 것으로 판단된다.

5) 물관리 노동력 절감 효과

전동화된 사통 수문에 의하여 용수를 공급하게 되면 적기적량의 유량을 급수할 수 있게 되므로 대규모 지구를 적은 인원으로 관리할 수 있게 되고

물관리 노동력 절감 효과가 클 것으로 기대된다.

6) 수입대체 효과

사통 수문 기술을 수입하지 않고 우리 기술에 의하여 개발하면 로얄티를 지불하지 않아도 되며 관련 제품을 수입하지 않아도 되기 때문에 수입대체 효과가 기대된다.

7) 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 기대된다.

8) 농업생산기반시설의 현대화 효과

수로의 수리시설물에 대한 효율화, 생력화를 목표로 한 수리시설물의 개선을 위하여 사통 수문의 개발은 수리시설물을 현대화시키는 효과를 기대된다.

1.4.2 활용방안

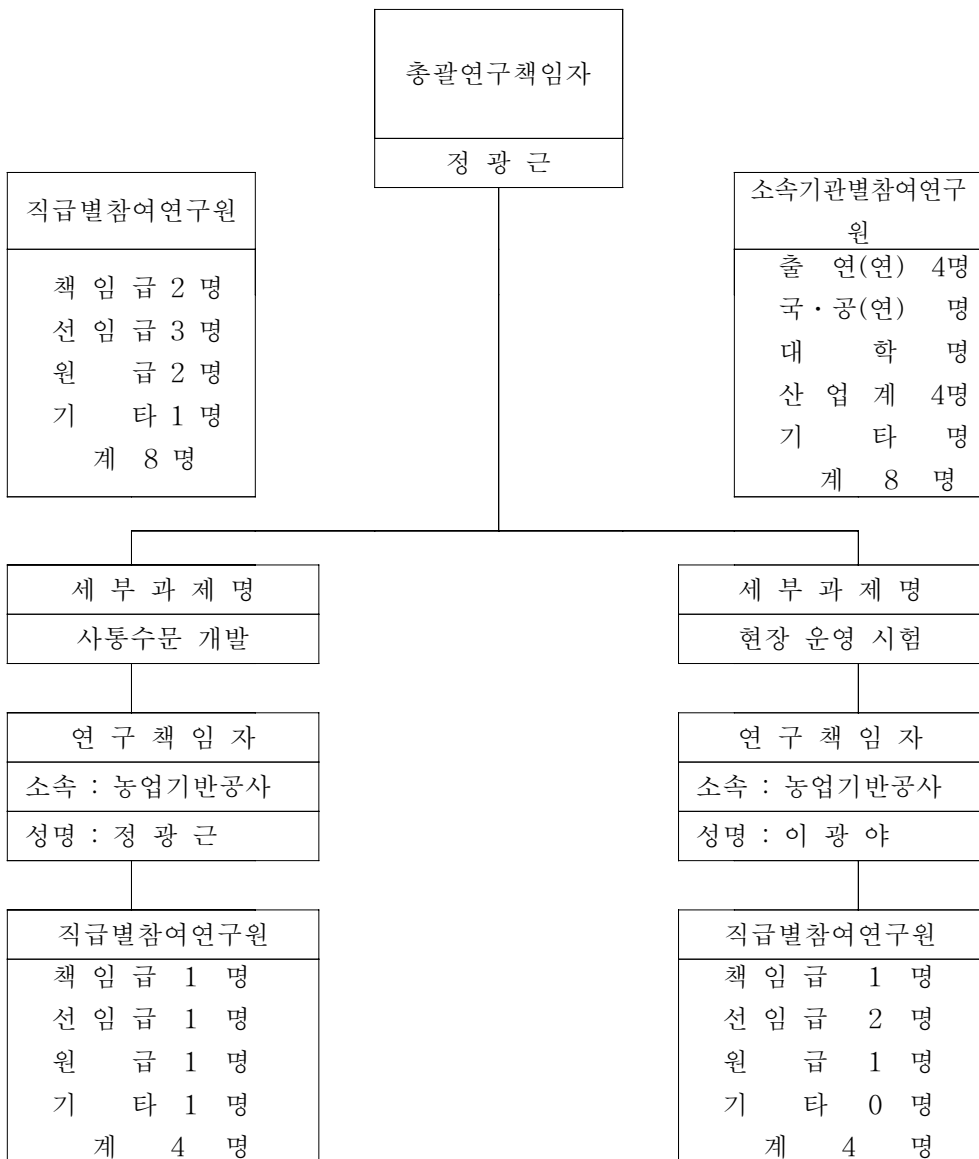
- ① 저수지 개보수 사업시 설계시 사통 수문에 적용
- ② 노후화된 기존 사통수문 교체시 및 신규 저수지 사통수문 설치시 적용
- ③ 특허신청에 의해 본 사통 수문의 기술 보호
- ④ 농업기반공사의 현장을 통한 실용화에 중점

제5절 연구기간 및 참여연구원

1.5.1 연구기간

2004년5월25일 ~ 2006년5월24일(2개년)

1.5.2 연구원 조직



1.5.3 연구책임자

구 분	세부과제명	성 명	소속기관	직 위
총괄	사통수문 개발	정광근	한국농촌공사	책임연구원
세부	현장운영시험	천만복	한국농촌공사	책임연구원
		이광야	한국농촌공사	책임연구원

※ 한국농촌공사 천만복 책임연구원은 1차년도 세부연구책임자이며, 이광야 책임자연구원은 2년차 세부연구책임자임

1.5.4 연구참여자

세부과제명	성 명	소속기관 및 부서	직위	연구참여 직 급	전 공 및 학 위				참여율 (%)
					학위	년도	전공	학교	
사통수문 개발	정혜진	한농공	연구원	연구보조	고졸	2000	-	안산 정보고	10
사통수문 개발	조길순	한농공	연구원	연구보조	학사	2002	전산 통계	단국대	10
사통수문 개발	김동규	한성환경	대표 이사	선임	대졸	1981	기설	경기 전문대	20
사통수문 개발	구은조	한성환경	부장	연구원	고졸	1979	기계	수도 공고	10
현장운영 시험	김해도	한농공	연구원	선임	석사	2001	농업 토목	건국대	10
현장운영 시험	이용두	한성환경	과장	연구원	대졸	2000	기계	동양 전문대	10
현장운영 시험	윤영수	한성환경	전무	선임	대졸	1982	기계	수원대	20

※ 연구보조 정혜진과 조길순은 인사발령으로 교체를 하였으며 연구원 김해도는 연구보강차원에서 연구원으로 채택

제6절 요약 및 결론

저수지 사통수문의 개량에 있어서 연구결과의 결론은 다음과 같다.

- ① 사통수문은 저수지의 수면 하에 항상 위치해 있기 때문에 정수압을 늘리고 있으며, 수문을 개방하면 유속의 변화에 의한 동수압을 받기 때문에 수문비의 피로도도 증가한다. 따라서 수문비의 모양을 다양한 수압에 의해서 증가되는 피로도 분산과 수압의 수문비 중심으로의 집중을 위하여 원형으로 하며, 이에 따라 수문비의 비틀림에 의한 누수방지를 하고 수문비 부식방지를 위하여 재료는 STS 304를 사용하였다.
- ② 사통수문은 수면 하에서 작동을 하기 때문에 수문비와 수문틀 사이의 지수부의 마찰력이 수문비 개폐동력에 많은 영향을 미친다. 이에 따라서 모터의 용량과 Solar Unit의 용량도 크게 달라지며 궁극적으로는 제품의 단가에도 많은 영향을 미친다. 따라서 지수부의 마찰력을 감소시키기 위하여 수문틀측을 약간 경사지게 가공을 하고, 중간에 볼 베어링을 부착시켜 작은 동력으로도 수문비의 개폐가 원활하도록 지수부의 구조변화를 하였다.
- ③ 수문비의 권양력과 작동성의 편리와 효율을 위하여 버터플라이 밸브를 사통수문의 대응으로 사용하였다. 이는 수문비의 작동 토크를 적게 하고 이에 따라 모터가 받는 부하량을 작게 하여 결정되어진 동력원을 효율적으로 사용하는 방법이며, 향후 농업용수공급량을 측정하고 측정을 행할 때 유량의 측정이 가능한 장점도 갖추고 있다.
- ④ 사통수문은 각종 오물이나 토사에 의해 작동에 방해를 받고 이에 따라서 원활한 급수가 어려운 상황이 종종 발생한다. 따라서 본 연구에서는 사통수문의 전면에 스크린을 일체식으로 부착시켜 커다란 오물은 스크린에 의해 제거하고 토사와 같은 작은 입자는 유속에 의해 밖으로 배출하도록 하였다.

- ⑤ 사통수문의 토사유입등에 의한 수문비 작동의 어려움을 방지하기 위하여 토사퇴적등을 사전에 막기 위한 토목구조물을 설치하였다. 토목구조물의 물막이 높이는 사통수문과 같은 높이로 하였으며 이에 따라서 저수지 바닥에 있는 토사가 사통수문으로 유입되는 것을 방지하였다.
- ⑥ 롯데 암은 수문비와 구동부를 연결시켜 구동부의 동력을 전달하는 역할을 하는 장치로서 나지에서 운영되기 때문에 부식방지가 내구성에 가장 큰 영향을 미친다. 따라서 재료를 STS 304 Pipe를 사용하여 가공·제작하였다.
- ⑦ 유니버설 조인트는 모터와 감속기를 통해서 나오는 동력을 롯데 암에 전달해 주는 역할을 하는 것으로서 유니버설 조인트의 동력전달 효율이 사통수문 시스템 전체에 커다란 영향을 미친다. 따라서 STS 304 재료로서 가공하였으며 양측을 기준으로 볼 베어링을 삽입하여 회전력 전달의 효율성을 높였다.
- ⑧ 동력전달의 효율성을 기하기 위하여 Solar Unit으로부터 나오는 전기를 충전기에서 배터리로 축전을 시키고 완전충전이 되면 나먼지 전기는 방전이 되도록 하였으며 모터를 구동할 때에도 Solar Unit으로부터 나오는 전기에다 부족분만을 배터리에서 인입하여 사용할 수 있도록 하였다.
- ⑨ 저수지 취수시설 중 대다수를 차지하는 것이 취수탑으로서 많은 저수지 취수시설이 현대화가 되었으며, 수문비의 모양도 원형이 대부분으로서 수압을 고려한 저수지 취수시설로 되어 있다는 것을 알 수 있었다.
- ⑩ 저수지 취수시설에 대한 동력원 조사의 결과는 대체에너지를 이용하는 것이 바람직하다는 결과를 보였고 현재 저수지의 인프라시설도 대체에너지를 이용하여 취수시설을 전동화시키고 이를 일정한 지역에서 측정하고 제어할 수 있는 정도로 구비되어 있기 때문에 현대화된 저수지 취수시설의 보급환경이 양호하다는 것을 알 수 있었다.

제2장 국내외 기술현황

제1절 국내기술의 개괄적 현황

제2절 국외기술의 개괄적 현황

제2장 국내외 기술현황

제1절 국내기술의 개괄적 현황

일반적으로 수문은 수로나 하천내에서 물을 공급하고 다른 곳으로 보내기 위해 분기를 하는 등의 연속적인 물의 흐름과 차단을 하는 기능을 하고 있다. 이러한 수문은 작동방식으로 구분을 한다면 인력으로 직접 조작을 하는 수동식 수문과 전기의 힘을 빌려서 작동을 하는 전동수문으로 나눌 수 있으며, 권양방식으로 나누면 스핀들에 의해 직접 상하로 움직여서 수문의 개폐를 하는 스핀들식과 운전부를 측부에 두고 작동을 시키는 웜기어식, 2개의 대소기어를 직접 축에 걸어서 작동을 시키는 베벨기어식, 유압의 힘으로 수문을 열 때는 프레임에서 수문비를 이탈시켜 개방하고 닫을 때는 수문비의 자중으로 닫히도록 하는 핀잭식으로 나눌 수 있다. 또한 저수지에 관해서만 구분을 한다면 취수의 형태에 따라서 취수탑에 달려있는 수문과 사통에 달려있는 수문으로 구분할 수 있다. 이하에서는 이러한 수문의 특징과 사용처에 대해서 자세히 언급하기로 한다.

2.1.1 수동식 수문 현황

2.1.1.1 스핀들식 수문

우리가 농촌의 수로에서 가장 흔하게 볼 수 있는 것이 스핀들식 수문이라고 할 수 있을 정도로 널리 보급되어 있다. 작동메커니즘은 스크류에 나있는 나사산을 스핀들의 나사산과 겹치게 끼워서 돌리면 수문비에 결합되어 있는 스크류가 상하로 움직인다. 이 작동메커니즘은 스핀들에 가해진 힘이 수문비의 중량과 수압을 직접 극복해 가면서 힘의 1차 전달에 의해서 움직이는 것이다. 이러한 스핀들식 수문의 단점은 힘의 1차 전달에 의해 움직임으로서 수문을 작동시키기 위해서는 많은 노력이 가해져야만 하고 스크류나 스핀들의 나사산에 부식이 발생하면 끼임현상이 발생하여 스핀들을 회전시키기가



사진 2.1.1 스펀들식 수문

어렵다. 또한 권양장치가 외부로 들어가 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 스펀들식 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.

2.1.1.2 워기어식 수문

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

단 키가 탈부착식으로 되어 있어서 필요시에만 기어박스에 삽입하여 회전을 시켜 수문의 개폐를 하는 것으로서 키 회전시 이탈에 의한 부상의 위험

이 상존하고 있으며 권양부의 스템 내부에 소형기어와 스크류가 맞물리는 부분이 들어 있어 부식에 약하며 고장시 스템을 떼어내어서 손질을 해야 하는 불편함이 있다. 또한 스펀들식에 비해서 제작단가가 고가이며 토목구조물에 부착시키는 형태와 프레임을 만들어서 수문비를 넣은 형태도 제작을 하고 있다. 스펀들식에 비해 권양토크가 작은 장점이 있다.

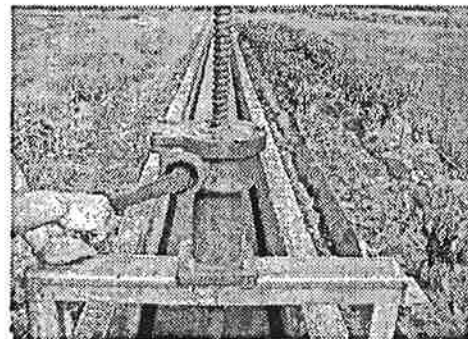
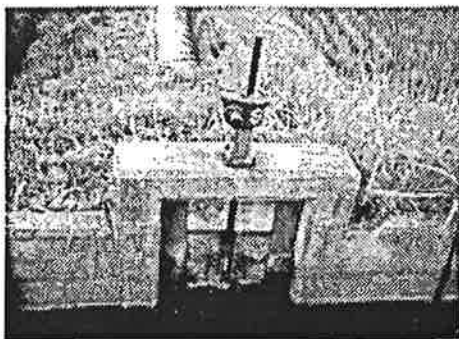


사진 2.1.2 워기어식 수문

2.1.1.3 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 다만 권양부의 구조가 정밀한 기어로 구성되어 있고 복잡하기 때문에 스펀들식이나

웁기어식보다 고장시 응급대처가 어렵다.



사진 2.1.3 베벨기어식 수문

2.1.1.4 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 2.1.4 편작식 수문

2.1.2 전동식 수문 현황

2.1.2.1 일반전기식(교류) 수문

일반전기식 수문이란 한전에서 공급되는 전기(교류)를 이용해서 수문의 권양을 행하는 것으로서 수문비의 크기에 따라(모터의 용량별로 구분) 삼상전원, 단상전원을 구분하여 사용한다. 수문의 권양을 위해서는 모터를 사용해야 하며 모터의 회전력을 직접 수문권양에 사용치는 않고 감속기를 사용하여 힘을 증폭시켜서 사용하는 것이 특징이다. 이하에 전동식 수문의 특징과 주요구성에 대해서 기술한다.

(1) 전동조작기(Electric Moter Operator)의 일반사항

전동조작기란 전동 모터와 기어, 감속기 등을 이용하여 수문을 개폐하기 위하여 만든 장치를 전동 조작기라 한다. 이 조작용 전동기는 조작기와 직접 연결하거나 연결축(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 조작시에는 수동 조작의 핸드휠, 캡 또는 체인휠이 회전되지 않아야 한다. 이는 전동과 수동

을 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.

(2) 구조 및 기능

(가) 구조

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.

(나) 기능

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 가능해야 한다.

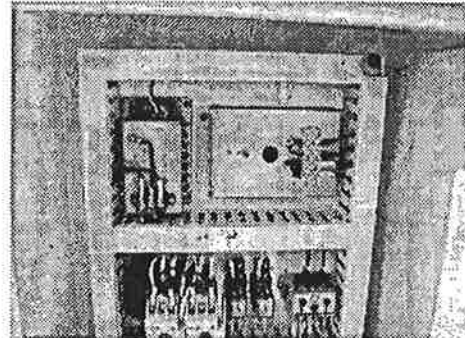
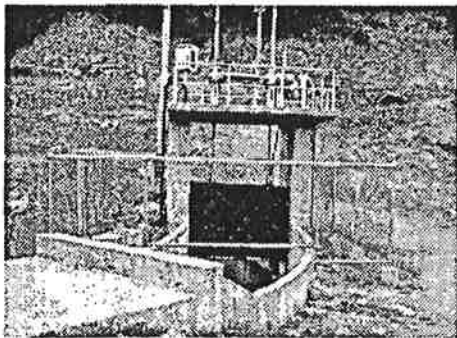


사진 2.1.5 일반전기식 전동수문과 제어반 내부

(3) 모터(Motor)

모터는 인입전기의 종류에 따라 달라지나 220V/2 ϕ /40Hz, 380V/3 ϕ /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 작동해야 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 의해 모터가 보호되어야 한다. 삼상 전원이 잘못되어 단상으로 공급되었을 경우에 모터가 보호될 수 있는 장치가 있어야 한다(조작판넬이 일체형인 경우에만 함).

(4) 감속기(Gearing)

전동 조작기의 기어는 오일(Oil) 또는 그리이스(Grease)를 채우고 의함

(Gear case 또는 Housing)은 완전 밀봉되어 어떠한 각도에서도 운전할 수 있어야 한다.

윤활유 주입 및 배출구를 갖추고 있어야 하며(조작판넬이 일체형인 경우 제한함) 동력 전달용 주요기어는 금속제로 제작되어야 한다. 전동조작기의 기어박스는 밀폐 방수형 으로서 빗물이나 습기에 의해 계기고장등을 방지할 수 있어야 한다.

(5) 수동/전동 절환 : 수동 조작용 핸드휠(Handwheel)

비상시 밸브를 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 구성되어야 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.

(6) 구동 부상(Driving bushing)

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

(7) 토크(Torque) 및 한계(Limit) 스위치

조작기는 형태별로 필요한 개방 및 폐쇄를 위한 토크스위치를 부착하고, 개폐표시등을 점등하는 접점과 결로방지를 위한 적절한 장치가 구비되어 있

어야 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 방지를 위해 재질로 제작되어야 하고, 토크 및 리미트 스위치와 구동기구들은 충분한 강도를 가지고 있어야 한다.

(8) 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.

(9) 원격 운전 및 개도지시

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

(10) 현장 지시계

전동 조작기는 수문의 위치를 0 ~ 100%까지 표시하고, 조작기 개도 등을 표시하는 지시계가 구비되어 있어야 하며 동력 전원이 차단되더라도 지시계

의 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.

(11) 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.

(12) Wiring Terminal

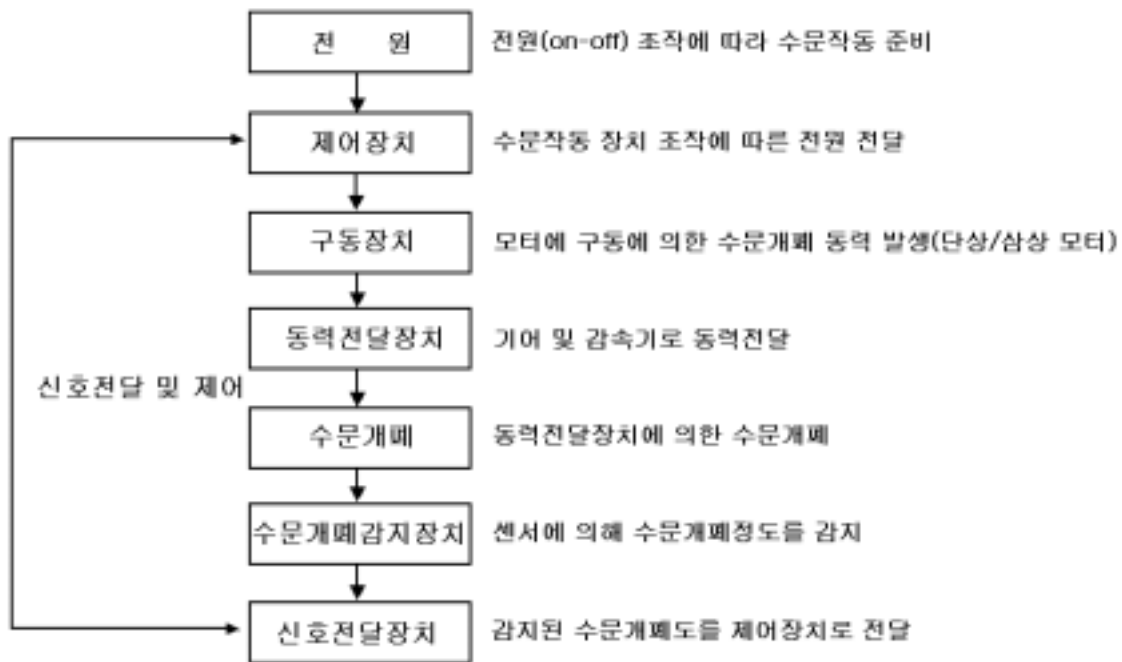


그림 2.1.1 일반전기식 전동수문의 작동 메커니즘

내부 결선용 Wire는 "Tropical grade PVC insulated standard cable" 이어야 하며 각 Wire 끝에는 Wire number가 표시되어야 하며 Terminal은 절연

된 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.

(13) 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.

(14) Start-up kit

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

(15) 전동조작기 선정

전동조작기는 수문의 소요토크보다 1.5배이상의 출력을 발생시킬 수 있는 것이어야 한다.

2.1.2.2 태양광식(직류) 수문

태양광식 수문은 동력원을 태양광이라는 신재생에너지에 의존하는 수문이다. 따라서 일반전기식 수문과는 달리 직류전기를 사용할 수 있도록 모터나 제어반의 구성이 달라야 하며 변환장치(Converter)를 사용하여 직류전기를 교류전기로 바꿔서 교류전기용 모터나 제어반을 사용할 수 있도록 하는 방법도 있다. 태양광식 수문을 사용하기 위해서는 다음과 같은 장치가 필요하

며 일반사항은 다음과 같다.

(1) 변환기(Converter)

(가) AC-DC Converter

1) 일반현황

열전소자에 사용하는 컨버터는 교류전기를 직류전기 전용인 열전소자를 사용하기 위하여 직류전기로 변환시키는 장치이다. 이 컨버터는 적은 부피, 간결함, 경제성, 입력전원의 Free volt, 내구성등을 갖추어야 한다. 전원공급을 위한 컨버터는 다음과 같다.

2) 종류

가) 어댑터

냉장고, T.V등 가정용품에 가장 많이 사용하는 컨버터로서 프리볼트를 사용하여 장소에 구애를 받지 않고 사용할 수 있는 장점이 있다.

나) 트랜스포머

흔히 트랜스라고 하는 컨버터로서 경제적이며 제작자의 의도대로 쉽게 전력변환을 할 수 있는 장점을 갖추고 있다. 아울러 이 트랜스포머형식은 연전소자를 다량 사용하고 한번의 테스트나 시제품을 위해서 전원을 공급코자 할 경우에 고압, 고암페어의 직류전원공급기(SMPS)가 경제적인 대안이 될 수 있다. 그러나 외부입력전압의 변동에 따라 출력의 DC전압이 변동되는 단점이 있기 때문에 가정용이나 공장용 전압등에 있어서는 전압이 불규칙할 수 있으며 이경우에는 정밀한 제어나 실험의 출력 전압, 전류에 변동을 초래할 수 있다.

다) SMPS

열전소자의 전원공급에 있어서 가장 바람직한 형태로서 외부전압의 변화와 관계없이 출력전압을 일정하게 유지시켜주며 노이즈를 거의 제로에 가깝게 유지시켜주는 장점이 있다.

① 일반적 기능 및 특징

SMPS는 AC 전원을 DC 전원으로 변환하여 공급하는 장치로서 주재료 및 부품은 U/L 및 CSA 규격에 만족해야 하는 규격품을 사용해야 하며 진동 및 충격에 견딜 수 있도록 견고하게 부착되어야 한다. 또한 P.C.B는 FR4, 1.6T 이상을 사용해야 하며 외부 방열판 및 케이스는 방열효과가 뛰어나 알루미늄으로 제작하는 것을 권고하고 있으며 가능한 한 자연대류에 의한 방열이 가능하도록 설계하는 것이 중요하다(즉, 200watt 이상은 강제방열을 권고).

② 전기적 특징

입력조건에 있어서 입력전압은 Free Voltage, Auto Selector, Selector 등으로 나눌 수 있으며 입력Fulse는 FUSE가 단신(OPEN)되었을 때는 내부 회로 및 소자에 이상이 발생되어 있으므로 FUSE 교환으로는 복구가 불가능할 경우가 있다. 또한 입력전압 변동율에 대해서는 최대출력부하 상태에서 입력전압을 변동시(85-264VAC)출력전압은 $\pm 0.4\%$ 이하의 변동율을 보인다. 연속적으로 ON/OFF 작동을 할 때에는 220V입력, 최대출력부하에서 입력전원 ON/OFF를 5초 간격으로 100회 이상 실시하여도 출력의 변화가 없어야 한다.

또한 출력조건에 있어서는 가변범위를 가급적 조정 없이 사용하여야 하나 꼭 필요시는 출력전압의 2%내에서 조정하여 사용해야 하며, 과전압 보호(O.V.P)를 위해서 출력전압이 정격을 기준이상 초과하면 O.V.P가 작동하여 자동적으로 출력이 차단되어야 한다. 여기서 부하(원인)제거후 입력을 재투입시켜 재동작해야 한다.

과전류 보호(O.C.P)를 위해서는 전력부하가 정격을 기준이상 초과하면 (SHORT등) 출력은 자동적으로 차단되며 출력이 정상상태가 되면 자동 복귀(출력단락보호)를 하고 RIPPLE NOISE(잡음)에서 NOISE의 측정은 부하의 유무에 관계없이 전원의 출력단자에서 행해지며 OSILLOSCOPE

PROBE양단에 0.47uF FILM 콘덴서와 47uF 전해 콘덴서를 병렬로 연결하고 출력전압 $\times 1\% + 50(\text{DC}100\text{MHz})\text{mVp-p}$ 이하에서 작동해야 한다. 누설 전류는 여러 상황을 상정할 수 있으나 AC220V 입력상태에서 각 입력과 케이스간의 누설전류는 2mA 이하여야만 한다. 출력 DERAYING에 대해서 출력전력은 주위온도에 따라 달라지며 온도(주변환경온도)에 따른 출력은 주변환경온도 50°C 에서는 100%, 70°C 에서는 30% 이내로 경감해야 한다.

③ 절연

절연저항은 입력과 출력간 - DC 500V 메가로 100Mohm 이상이어야 한다. 또한 절연내압은 일반제품일 경우 입력과 출력은 AC1,500V/10mA 60초로, 출력은 10mA 60초로 하며 U/L 또는 CSA 인증제품은 입력과 출력은 AC3.0KV/10mA 60초로 한다.

④ 실장

자연방열은 방열에 따라 효율의 차이가 크므로 통풍 및 방열에 주의하여 하고 여러 대를 동시에 사용할 경우에는 충분한 간격을 유지해야 한다. 또한 강제방열의 경우에는 FAN이나 기타 강제방열 장치를 사용하면 효율을 높일 수 있으며, 취부는 배면 및 측면취부가 가능하도록 하고 별도의 취부용 BRACKET을 구비해야 할 필요가 있다.

⑤ 입출력단자배선

입력 측의 외부 서어지 전압이 출력 측에 유도되지 않도록 입력 선과 출력 선은 반드시 분리하여 배선하고, 출력 측에 짧게 꼬아서 사용하거나 출력측에 소용량의 콘덴서를 부착하면 노이즈감쇠 효과가 있다. 또한 FG 단자는 안전 및 NOISE 방지용이므로 접지에 고정하여야 하나 샤시GND를 사용하고 있을 경우에는 별도의 대책이 필요없다.

(나) DC-DC Converter

1) 일반현황

모든 전자기기들은 내부동작전원이 DC(직류)로 동작되기 때문에 동작전원을 맞추어 주어야 한다. 많이 쓰이는 핸드폰도 내부적으로는 3.3V나 3V를 동작전원으로 구동하게 된다. 이렇듯 일반전자제품들의 구동은 5V 미만의 전원으로 내부를 구동하게 된다. 하지만 가정에서는 AC 전원인 110/220V로 DC 전원을 어답터(Adapter)를 통하여 간단하게 사용할 수 있다. 그러나 산업용에서는 어답터로 나오는 전력으로는 장치를 구동하기에는 전력이 모자른다. 보통 어답터는 1A 정도를 출력하게 된다. 산업용, 특히 통신장비용에 사용되는 장비의 안정적인 동작을 위해선 최소 10A 이상의 직류전기를 필요로 한다. 통신용 전원은 AC 입력을 +48V 전원으로 DC-DC Converter를 이용하여 원하는 구동전원으로 만들어 사용하게 된다. 의료기는 +28V를 사용한다. 이렇듯 DC-DC Converter는 AC전원을 높은 전압의 DC 전원으로 변환한 후 최종적으로 사용될 DC 전원으로 사용될 때 필요하게 된다.

2) 종류

가) 절연방식 컨버터(Isolation Converter)

10W에서 200W까지 시중에 판매되고 있으며 DC-DC Converter의 특성상 소형이며 모듈형식으로 나온다. 사용시에 입력과 출력단자뿐만이 아니라 제어핀에 대한 지식이 필요하게 된다. 입력전압은 +48V, -28V, +12V를 주로 사용하고 있으며 출력전압은 +5V, 3.3V, 3.0V, 2.5V, 1.8V까지 사용한다. 또한 구동전원의 감소로 인하여 점차 출력전압의 전압은 낮아지고 있는 추세에 있다.

나) 비절연방식 컨버터(Non-Isolation Converter)

10V 미만의 전원을 이용하며 보통 +5V를 입력전원으로 3.3V에서 1.5V까지 출력이 가능하다. 절연방식에 비해 소형이며 잡음도 적어서 DSP나 구동 IC의 보조전원으로 많이 사용한다.

3) 사용기술

DC-DC Converter 모듈은 기본적으로 SMPS(Swicking Mode Power

Supply) 기술로 이루어진다. 이 기술은 입력전압을 Swiching 기술과 코일을 이용하여 사용하는 것으로 높은 입력전원을 TR을 사용하여 일정한 주기로 분할하여 출력전원으로 전달하는 방식이다. 이러한 방식을 사용함으로써 효율을 높였으나(70%), Swiching으로 인해 Noise가 생기게 된다. 이와 반대로 Swiching을 하지 않고 사용하는 방식을 Series방식이라고 하며 부피가 크게 되고 효율이 떨어지며(30%) Noise가 적다.

가) 절연형 컨버터(Isolation Converter)

일반적으로 트랜스를 사용하는 방식으로 1차측인 입력측과 출력측인 2차측이 전기적으로 절연된 것을 말한다. 전기적인 절연으로 입력의 급격한 데미지가 출력으로 바로 전달되지 않으며 고출력이 가능하다.

① Forward 방식

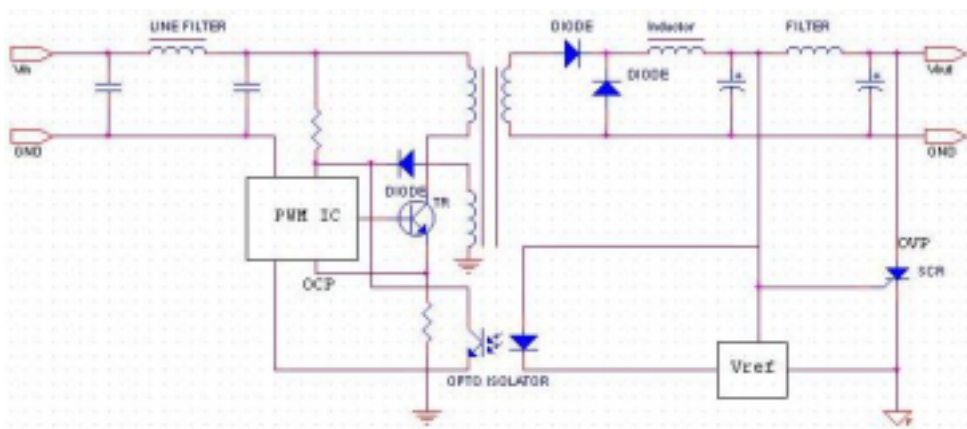


그림 2.1.2 Foward 방식

포워드방식은 1차측 트랜스인 t101 TR을 통하여 On이 될 때까지 트랜스 내의 에너지를 2차측인 t2에 에너지를 전달하는 방법을 사용하며 t2를 통하여 전달된 에너지는 d1을 통하여 Inductor를 거쳐서 출력에 전달된다.

TR이 Off되었을 때는 t1에서 t2로의 에너지 전달은 없으며 d2의 도통을 통해 Inductor에 축적된 에너지가 출력에 전달되게 된다.

② Flyback 방식

플라이백 방식은 1차측 트랜스의 t1이 TR을 통하여 Off되었을 때 트랜스 내의 에너지를 t2에 전달하는 방법을 사용하였다. TR t1 On, t2 Off로 포워드와 달리 t1, t2의 구동이 달라진다.

이 방식은 2차측에 코일이 존재하지 않으므로 간단하게 구성할 수 있는 장점이 존재하고 있다.

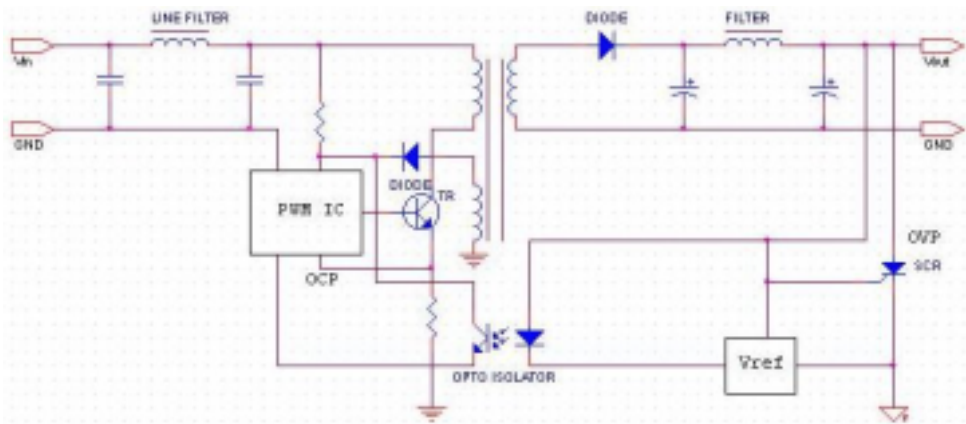


그림 2.1.3 Flyback 방식

③ 전압제어방식

pwm ic는 fet1의 동작신호인 pwm의 duty ratio를 조절하게 되는데 출력 측의 전압이 높게 나올 때는 duty ratio를 줄이고 전압이 낮을 경우에는 duty ratio를 높여서 출력전압이 일정하게 유지되도록 한다.

일반적으로는 pwm의 duty ratio는 고정저항을 통하여 일정한 비율로 맞

준 후에 이 비율에서 +/-로 duty ratio를 변화시킨다. 또한 opto는 발광 다이오드와 포토 다이오드로 이루어진 포토커플러로 출력측의 전압변화를 op1이 검출하여 빛을 통하여 op2로 전달하는 방

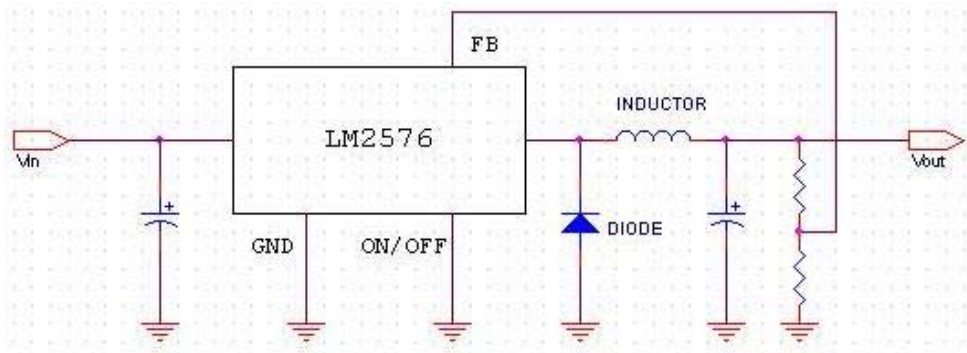


그림 2.1.4 전압제어방식

식이며 포토커플러를 사용함으로써 출력측의 전압(2차측)의 변화가 전기적인 상태에서 입력측(1차측)으로 전달되는 것이 아닌 광을 통하여 전달하게 된다(isolation 방식). 광을 통한 신호는 op2를 통해 전기적인 신호로 바뀌게 되며 이 신호를 pwm ic가 감지하여 출력측의 전압변화를 감지하고 pwm 출력신호의 duty ratio를 조절하여 일정전압을 유지하게 된다.

나) 비절연형 컨버터(Non-Isolation Converter)

비절연방식은 공통적으로 입력과 출력이 연결된 방식으로 입출력이 절연되지 않은 것을 말한다. 낮은 전압에서 낮은 전압으로의 변경에만 사용이 가능하며 noise가 적고 정밀한 제어가 가능하다. 소출력으로 많이 사용되고 있다(5V→3.3V).

① 초퍼방식

트랜스를 사용하지 않고 입출력의 접지를 공통적으로 사용하며, 입력전압

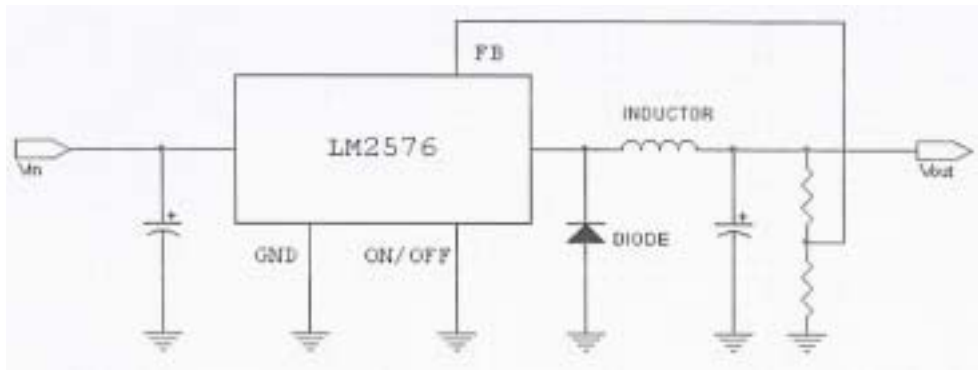


그림 2.1.5 초퍼방식

보다 출력전압이 낮은 경우에 사용하게 되는 특징을 갖고 있다. pwm ic 는 pwm 파형의 duty ratio를 조절하게 되며 이 신호는 fet1의 구동신호로 사용하게 된다. 또한 입력전압에서 출력전압의 전압만큼 duty ratio를 줄여서 원하는 출력전압을 나오게 하는 방식으로서 duty ratio 신호의 off time에는 inductor의 에너지가 diode를 통하여 출력전압에 사용하게 된다.

다) DC-DC Converter의 최신기술

초기의 DC-DC Converter의 경우 엄청난 크기와 작은 효율, 많은 열등으로 문제가 많이 있었으나 현재는 기술발전으로 크기도 소형으로 바뀌었으며 (25W급 : 40×40mm) 효율도 개선이 많이 되었다. 또한 DC-DC Converter의 주요부품 중의 하나인 Power Mos-Fet도 반도체기술의 발전으로 소형 고출력이 가능해졌으며 제어부품의 기술향상으로 소형화와 효율이 많이 개선되었다.

(2) 직류전용 모터(DC Moter)

전동기는 전기에너지를 기계적인 운동에너지로 변환하는 장치로서, 각종 공작

기계나 제조기계 및 운송운반체에서는 동력기기로 활용되고, 로봇이나 비행기 및 각종 자동화시스템에서 구동기(actuator)로 쓰이는 핵심장치이다. 전동기는 하드 디스크나 프린터에 쓰이는 소형의 제어용 전동기에서부터 공작기계 선반이나 승강기 등에 쓰이는 중형의 전동기, 고속전철에 쓰이는 대형의 동력용 견인전동기에 이르기까지 다양한 규격의 제품들이 개발되어 쓰이고 있다.

전동기는 사용하는 전원에 따라 직류전동기와 교류전동기로 분류되며, 교류전동기는 다시 3상 교류용과 단상교류용으로 구분된다. 3상 교류전동기에는 1 kW 부터 수천 kW까지, 그리고 드물게는 1만 kW를 넘는 대형기가 있으며, 단상 교류전동기는 수백 kW 이하의 소형기에 채용되고 있다. 직류전동기와 교류전동기는 사용하는 전원이 다를 뿐이고 동작원리는 같으며, 자기장 속에 도체를 설치하고 여기에 전류를 흘리면 전자기적인 힘이 발생하는 전자유도현상을 응용한 것이다. 이 가운데 직류전동기에는 정류자나 브러시가 있으며 교류전동기에 비해 구조가 복잡하고 크기도 크며 값도 비싸지만 속도제어가 매우 자유로운 장점이 있다. 반면에 교류전동기의 주종을 이루는 유도전동기는 직류전동기에 비해 구조가 간단하여 내구성이 있고 경제적이지만 속도제어가 어렵다는 약점이 있다. 그러나 최근에 다양한 제어기법들이 개발되면서 이러한 약점이 보완되어 유도전동기의 사용범위가 더욱 확대되고 있으며, 고속전철에 쓰이는 대형의 견인전동기에도 대부분 유도전동기를 사용하고 있다.

(가) 직류전동기의 원리

전동기라는 것은 전기적 에너지를 자기적 에너지로 변환하는 장치를 말하는 것으로서, 그 구조는 발전기와 다름이 없다. 즉, 발전기가 에너지전환작용에 있어서 그와는 반대작용을 할 때 그것을 전동기라고 한다.

지금 자속밀도가 $B[\text{Wb}/\text{m}^2]$ 인 평등자계 내에 놓여 있는 도체의 길이가 $l[\text{m}]$ 일 때 이에 외부로부터 $E[\text{V}]$ 의 전압을 가하여 $I[\text{A}]$ 의 전류를 흘렸다고 하면 도체마다

$$F = BIl \quad [\text{N}] \quad (2.1.1)$$

의 힘이 작용하여 운동을 시작할 것이다. 이 힘과 도체에 가해진 기계적 부하가 평형을 이루어 그 속도가 $v[m/sec]$ 가 되었다고 하면 이번에는 발전기작용을 하게 되어 이 도체에는

$$E = Blv [V] \text{-----} (2.1.2)$$

의 기전력이 유기된다. 이 기전력은 외부에서 가한 기전력과는 방향이 반대이고 크기는 같은 것이다. 이 경우에 이 도체가 $f[N]$ 의 힘으로 $v[m/sec]$ 의 속도로 계속 운전하게 하려면 위의 역기전력 $E[V]$ 에 이겨 $I[A]$ 를 계속적으로 흐를 수 있도록 외부에서 단위시간에 $EI[J]$ 의 전기에너지를 계속적으로 가해야 한다. 이것을 $W[W]$ 라고 하면

$$W = EI = BlvI = Fv \text{-----} (2.1.3)$$

즉, 외부에서 공급된 전기에너지는 완전히 기계적 에너지로 변환된 것으로서 전동기가 된 것이다.

지금 한 전동기의 전기자 지름을 $D[m]$, 전도체수를 N , $\frac{\text{극호길이}}{\text{극간격}}$ 를 Ψ 라고 하면 한 개의 도체에 작용하는 회전력 $\tau[N \cdot m]$ 는

$$\tau = F \times \frac{D}{2} = BI \times \frac{D}{2} [N \cdot m] \text{-----} (2.1.4)$$

전도체 중 극호하에 있는 것만이 회전력을 발생하니까 전회전력 $T[N \cdot m]$ 는

$$T = \Psi N \tau = \Psi N BI \times \frac{D}{2} [N \cdot m] \text{-----} (2.1.5)$$

매극당 자속을 $\Phi[Wb]$, 자극수를 P 라고 하면

$$P\phi = \Psi B l \pi D \quad \therefore \Psi B l = \frac{P\phi}{\pi D}$$

전기자 전전류를 I_a , 전기자병렬회수의 수를 a 라고 하면 $I = \frac{I_a}{a}$ 이므로

$$T = N \frac{P\phi}{\pi D} \times \frac{I_a}{a} \times \frac{D}{2} = N \frac{P\phi}{\pi} \cdot \frac{I_a}{2a} [N \cdot m] \text{-----} (2.1.6)$$

$$T = k_1 \phi I_a [N \cdot m] \text{-----} (2.1.7)$$

여기서

$$k_1 = \frac{PN}{2a\pi} \quad \text{..... (2.1.8)}$$

여기서 k_1 은 기계에 따라 결정되는 정수이므로 발생회전력은 매극자속과 전기자전류에 비례하며, 회전속도와는 관계 없으므로 기계가 정지하고 있어도 회전력은 발생하고 있는 경우가 있다.

전동기에 발생하는 회전력이 부하에 필요한 회전력보다 크면 그 차에 의해서 전동기는 가속되어 속도는 증가하고, 따라서 역기전력이 증가하여 유입전류는 감소되며, 회전력은 평형을 이루게 된다. 즉, 전동기는 부하를 회전시킴에 필요한 이상의 전류가 흐르지 않게 할 역기전력을 발생하게 할만한 속도로 회전한다. 이 경우에 단자전압을 $V[V]$, 역기전력을 $E[V]$, 내부저항에 의한 전압강하를 $R_a I_a [V]$ 라고 하면

$$E = V - R_a I_a [V] \quad \text{..... (2.1.9)}$$

이 식을 만족시키는

$$E = p\phi n \frac{N}{a} [V] \quad \text{..... (2.1.10)}$$

를 유기할 속도 $n[rps]$ 로 회전하는 것이다.

만일 윗식에서 알 수 있는 바와 같이 계자를 약하게하여 ϕ 를 감소시키면 이에 따른 역기전력을 보충하기 위해서 속도가 증가하게 된다.

이 경우에 ϕ 를 감소시켰으니까 $T = k_1 \phi I_a$ 로부터 알 수 있는 바와 같이 같은 회전력을 유지하려면 I_a 가 증가해야 한다. 따라서 $I_a R_a$ 는 증가되므로 이에 해당하는 역기전력만큼은 덜 유기해야 하므로 그에 해당하는 만큼 속도는 증가할 것이다. 이상을 식으로 표시하면 유기기전력의 식으로부터

$$n = \frac{a}{PN} \frac{E}{\phi} = k_2 \frac{V - R_a I_a}{\phi} [rps] \quad \text{..... (2.1.11)}$$

단,

$$k_2 = \frac{a}{PN}$$

즉, 전동기의 회전속도는 역기전력에 비례하고 계자극자속수에 반비례한다.

또 역기전력의 식을 식(2.1.6)에 대입하면

$$T = \frac{EI_a}{2\pi n} [N \cdot m] \quad (2.1.12)$$

식(2.1.7)의 양변에 I_a 를 곱하면 $E I_a = V I_a - R_a I_a^2 [W]$, 이 식에서 $V I_a$ 는 전기적 입력, $R_a I_a^2$ 은 전기자권선저항에서 열이 되어버리는 부분이고, 나머지 $E I_a$ 가 전동기의 기계적 출력이 된다. 이것을 $P_n[W]$ 라고 하면 식(2.1.12)로부터

$$P_n = E I_a = 2\pi n T [W] \quad (2.1.13)$$

즉, 전동기에 의하여 기계적 동력으로 변환되는 전력 $P_n[W]$ 는 역기전력 $E[V]$ 와 전기자전류 $I_a[A]$ 와의 적과 같고, 또 회전수 $n[rps]$ 와 회전력 $T[N \cdot m]$ 와의 적에 비례한다.

식(2.1.13)의 $P_n[W]$ 에서 전동기가 회전함으로 인한 기계손과 전기자철손을 뺀 것이 유효한 기계적 출력으로서, 이것을 $P[W]$ 라고 하면

$$P = P_n - (\text{전기자철손} + \text{기계적손실}) \quad (2.1.14)$$

식(2.1.12)에 대해서도 마찬가지로 전발생회전력 T 로부터 상술한 손실에 해당하는 역회전력을 뺀 것이 유효회전력이 된다.

(나) 전동기특성

1) 분권전동기특성

여자전압을 $V_f[V]$, 계자회로저항을 $r_f[\Omega]$ 이라고 하면 계자전류 $I_f[A]$ 는

$$I_f = \frac{V_f}{r_f} [A] \quad (2.1.15)$$

여기서 여자전압이 전기자전원과 같은 경우에는 $V_f = V$ 가 되므로 전압으로

부터 유입하는 전기류 $I[A]$ 는

$$I = I_f + I_a [A] \text{-----} (2.1.16)$$

여자전원이 별도로 되어 있을 때는 $I=I_a$ 인데, 여하간 I_f 는 I_a 에 비하여 적은 것이니까 특성을 고려함에 있어 I_f 를 무시하고 부하전류=전기자전류로 생각하기로 한다.

가) 속도특성

전동기의 속도특성이라는 것은 r_f 를 변화시킴 없이 부하전류를 변화시켰을 때 속도가 어떻게 변화하는가를 표시하는 것이다. r_f 가 일정, 따라서 I_f 도 일정, 또 부하속도특성은 직선으로 표시된다. $R_a I_a$ 가 단자전압 $V[V]$ 에 비해서 극히 작을 때는 $V - R_a I_a$ 의 변화가 극히 작아져 속도는 거의 일정하게 된다.

여자전원이 전기자전원과 공통일 경우 전원전압 V 를 높이면 식(7)에 있어서 유기해야 할 E 가 높아지는데, 계자전압도 전압상승에 의하여 증가하므로 Φ 가 여자전류에 비례해서 증가하면 E/ϕ 는 전압의 영향을 그리 받지 않게 되므로 속도 n 은 거의 일정하게 도한다. 이것이 분권전동기 특징의 하나이다.

계자조정기를 조정하여 계자전류를 변화시키면 일정부하시에 자속변화로 인하여 I_f 를 감소시켜 0에 가깝게 하면 속도가 대단히 높아져 경부하일 경우에는 원심력에 의하여 기계가 파괴될 정도의 고속도에 달하는 수도 있다. 따라서 전동기의 계자회로의 접속에는 충분한 주의를 해서 단선이 안 되게 함은 물론 접속 저항이 과대히 되지 않도록 해야 한다.

중부하의 경우에 I_f 가 감소할 때 같은 회전력을 얻기 위해서는 전기자전류가 커져야 하니까 내부저항강하가 커져서 전원전압에 대항해야 할 역기전력도 감소하므로 속도가 경부하시처럼 증가하지는 않는다. 그러나 이 경우일지라도 전기자 저항이 적으면 위험속도에 도달하게 된다. 이상과 같은 계자회로의 고장으로 인한 위험으로부터 기계를 보호하려면 축단에 일정속도 이상에서 동작하는 원심계

폐기를 달든지 전기자전류의 증가에 따라 동작하는 과전류단전기를 써서 주회로를 차단시켜야 한다.

전동기의 회전방향을 변경시키려면 전기자전류나 여자전류 중 하나만의 방향을 바꾸어주면 되는데 양자의 전원이 같은 분권전동기에 있어서는 전원전압의 극성을 바꿈으로써 회전방향을 바꿀 수가 없다. 그래서 전기자회로나 여자회로만의 전압극성을 바꿀 수 있도록 해 놓고 그 중 하나만의 극성을 바꿔주어야 한다. 여자회로의 전압극성을 바꿀 경우에는 도중 여자전류가 0이 되는 점이 있어 상술한 위험순간이 생기기 때문에 대개는 전기자회로의 전압극성만을 바꿔주는 방법을 사용하고 있다.

위에서는 전기자반작용을 무시한 경우인데, 실제도는 전기자반작용이 있어 주자극을 감자시키니까 전기자반작용은 부하전류의 증가에 따라 전동기에 속도증가의 경향을 주게 된다. 이것은 내부저항강하와는 반대경향을 주는 것이다. 따라서 전동기의 속도는 그 경사가 낮다. 그런데 만일 전동기의 전기자저항은 극히 적고 전기자반작용은 커서 Φ 의 감소가 대단히 클 경우에는 상승곡선이 되어 부하의 증가에 따라 속도가 증가된다. 그런데 일반적으로 기계적 부하는 속도가 증가하면 그 요소회전력이 증가하므로 이 경향은 더욱 조장되어 운전이 불안정하게 된다. 그래서 이런 경우가 예상되는 경우에는 부하에 의한 자속감소를 막기 위해서 보상권선을 두어 전기자반작용을 상쇄시키든지 직권권선을 두어 이에 전기자전류에 비례해서 그 반작용을 상쇄할 만큼의 기자력을 갖게 하든지 하는데, 이들을 각각 보상분권전동기 및 안정권선부차분권전동기라고 한다.

나) 회전력특성

부하전류의 증가에 따라 회전력이 어떻게 변화하는가를 표시하는 것으로서, 식 (2.1.16)에 표시된 바와 같이 회전력은 부하전류 I 와 자속 Φ 의 적에 비례하므로 자속이 전기자반작용에 의해서 감소되지 않고 일정히 유지되고 있다고 하면 회전력부하전류곡선은 직선으로 표시되지만,

실제로는 전기자반작용으로 말미암아 부하전류의 증가에 따라 Φ 가 감소하기 때

문에 회전자부하전류곡선은 전류증가에 따라 회전력의 증가율이 감소되는 곡선이다.

2) 직권전동기의 특성

직권전동기의 계자권선은 전기자권선과 직렬이므로 자극은 전기자전류에 의해서 여자된다. 그러므로 $I_f = I = I_a$ 가 된다.

가) 속도특성

전동기의 회전속도 n 은

$$n = k_2 \frac{V - R_a I_a}{\phi} \text{ [rps]} \quad (2.1.17)$$

여기에 R_a 는 직권계자권선의 저항을 포함한 것이며, 자기 회로가 포화되지 않은 경우 ϕ 는 I_a 에 비례하니까

$$n = k_3 \frac{V - R_a I_a}{I_a} \text{ [rps]} \quad (2.1.18)$$

이 식에서 $R_a I_a$ 는 V 에 비해 극히 적으므로 이를 무시하면

$$n \cdot I_a = k_3 V \quad (2.1.19)$$

즉, $n \cdot I_a$ 가 일정하므로 이 경우의 속도 특성은 중형양축을 점근선으로 하는 쌍곡선이 된다. 부하가 증가하면 여자 암페어턴도 증가해서 자기회로가 포화하게 된다. 따라서 ϕ 가 일정하게 되어 속도는

$$n = k_4 (V - R_a I_a) \text{ [rps]} \quad (2.1.20)$$

가 되어, 직선이 된다. 즉, 직권전동기의 속도 특성은 부하가 증가하면 속도가 떨어지고, 부하가 감소하면 그에 따라 속도가 증가하게 된다. 만일 이 때 무부하상태에 가까워가면 속도가 대단히 커져서 자기의 원심력에 의하여 파괴하게 된다. 이와 같은 위험한 속도를 무구속속도(run away speed)라고 한다. 따라서 직권전동기의 경우는 항상 이와 같은 불안정한 속도에 도달되지 않을 정도의 기계적

부하를 지고 있게 해야 한다. 그러므로 부하와는 직결시켜야지 빠지거나 끊어지기 쉬운 벨트(belt)로 연결시켜서는 안된다.

이 경우에도 단자전압만을 반대로 해서는 그 회전방향을 바꿀 수 없으며, 전기자권선과 직권계자권선의 접속을 바꾸어서 직권계자권선전류가 반대로 흐르도록 해야 한다.

나) 회전력 특성

전기자전류 I_a 가 적은 어느 한계 내에서는 자속 Φ 는 I_a 에 비례하니까 회전력은 I_a^2 에 비례하게 된다. 즉,

$$T = k_5 I_a^2 \quad \text{..... (2.1.21)}$$

여기서 k_5 는 정수

따라서 회전력 특성은 포물선이 된다. 그러나, I_a 가 커짐에 따라 Φ 는 자기회로가 포화되므로 증가하지 못하고 거의 일정치가 되어 회전력은

$$T = k_6 I_a \quad \text{..... (2.1.22)}$$

k_6 는 정수가 되어 I_a 에 비례하는 직선 특성이 된다.

이상과 같은 회전력특성으로 보아 알 수 있는 바와 같이 기동시에는 기동전류를 적게 흘리더라도 전류의 자승에 비례하는 회전력이 발생하게 되어 분권전동기보다 훨씬 유리하다. 이것이 직권전동기 특징의 하나이고, 또 하나는 직권전동기는 부하가 증가함에 따라 계자전류가 증가하는 것이니까 속도는 떨어지게 된다. 따라서, 중부하시라도 분권전동기와 같이 전원으로부터의 전력의 유입은 크게 변화하지 않으므로 전원에 미치는 영향이 대단히 적다.

3) 복권전동기의 특성

가) 화동복권전동기의 속도특성 및 회전력특성

분권전동기와 직권전동기와의 중간 특성이 되며, 직권계자권선과 분권계자권선

의 기자력의 비율에 따라 분권식에 가까운 특성, 또는 직권식에 가까운 특성이 된다. 화동복권전동기에는 분권계자권선이 있기 때문에 부하를 걸고 있지 않더라도 계자자속의 일부는 존재하고 있게 되어 직권전동기와 같이 무구속속도에 도달하지는 않는다. 또, 직권계자권선도 있어서 기동회전력도 상당히 크며, 전원에 대한 영향도 그리 크지 않다.

나) 차동 복권전동기

직권계자기자력은 분권기자력을 상쇄하게 결선이 되어 있으므로 부하전류가 증가함에 따라 계자자속은 감소되어 내부저항강하에 의한 속도강하를 보상해 준다. 그래서 정속도 특성이 된다. 그러나 과부하시에는 속도가 상승할 염려가 있으며, 기동시에는 분권계자권선에는 그의 인덕턴스 때문에 전류의 증가가 늦어지고 오히려 차동적으로 작용하는 직권계자권선에는 곧 많은 전류가 흐름으로 인해서 기동회전력이 극히 적을 뿐만 아니라 때로는 역전할 염려가 있다.

(다) 직류전동기의 용도

1) 분권전동기의 용도

부하에 의한 속도의 변화가 작고, 또 계자조정기에 의하여 쉽게 광범위로 그 속도를 제어할 수 있기 때문에 정속도 및 가감속도전동기로서 널리 사용되고 있다. 또, 여자전원을 별도로 할 경우에는 전기자전압을 변화시킴으로써 정부 양방향으로 광범위하게 속도제어를 할 수 있어 철압연, 제지, 권선기 등에 사용된다.

2) 직권전동기의 용도

직권전동기는 기동회전력이 크고 부하에 따라 자동적으로 속도가 증감될 뿐 아니라, 유입전력이 제한되기 때문에 전차, 전철, 공작기계 등에 사용된다.

3) 복권전동기의 용도

화동복권전동기는 그 특성이 직권전동기와 비슷하면서도 무구속속도에 도달할 염려가 없기 때문에 권상기, 공작기계, 압연보조용 등의 전동기로 사용된다.

차동복권전동기는 기동회전력이 적고 운전도 불안정하기 때문에 별로 사용되지 않는다.

(3) 축전지(Battery)

(가) 화학 전지의 원리

전지는 화학 반응이 일어날 때 나오는 화학 에너지를 전기 에너지로 바꿀 수 있도록 꾸며져 있어 우리 생활에 매우 편리하게 쓰이고 있다.

아연은 전자를 내어 놓고 아연 이온이 되어 용액 속으로 녹아 들어간다. $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (산화) 이때 Zn^{2+} 는 왼쪽 비이커에서 염다리를 지나 오른쪽 비이커로 이동하고, 전자(e^-)는 아연판에서 도선을 따라 구리판으로 이동한다. 오른쪽 비이커 속의 구리이온은 아연이 내어 놓은 전자를 얻어 구리로 석출된다.

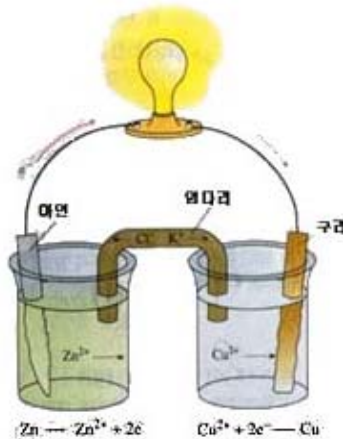
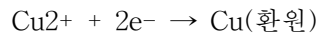


그림 2.1.6 아연의 환원

이때, 용액 속의 음이온은 염다리를 통하여 아연쪽 비이커로 이동한다. 이와 같은 변화가 일어나 전기 회로가 완성되어 전류가 흐르게 된다.

(나) 전지의 특징과 이용

우리가 사용하는 전지들의 특징과 구조를 보자. 우리가 사용하는 전지는 그 모양과 용도에 따라 매우 다양하게 사용되고 다른 성질을 띤다.

1) 1차 전지

1 차전지는 disposable 전지, 2 차전지는 reusable 전지라 부른다. 1 차전지는 수퍼등에서 판매되는 전지로서 전지속의 에너지가 고갈되면 버리는 전지이다. 2 차전지는 휴대전화나 노트북 컴퓨터등 에서 계속 충전하면서 여러번 재사용이 가능한 전지이다.

충전이란, 외부에서 전기에너지를 흘려주어서 고갈된 화학 에너지를 충전하는 것이다. 1 차 전지도 어느 정도 충전이 가능하다. 그러나, 문제는 충전시 gas 가 발생하는 현상이다. (망간 건전지, 산화은 전지 등)

2) 2차 전지

사용한 후 충전하여 다시 사용할 수 있는 전지(축전지, 니카드전지 등)

(다) 충전지와 일반 건전지의 차이점

전지는 충전이 가능한 것과 그렇지 않은 것 모두 화학적인 산화-환원 반응의 원리를 이용한다. 먼저 일반 알칼리 건전지의 경우, +극은 이산화망간에, -극은 아연에 각각 연결돼 있고, 둘 다 전해액에 섞여 있다. 전지의 두 전극을 연결해 회로를 만들면 -극에 있는 아연은 전해액과 반응해 산화아연으로 바뀐다(산화 반응). 이때 아연 원자가 아연 이온(Zn^{2+})으로 되면서 전자를 방출한다. 방출된 전자는 회로를 통해 흐른 후 전지의 +극으로 가서 이산화망간 속의 망간 이온과 결합한다(환원 반응). 이렇게 전자가 움직여 가는 것을 전류의 흐름이다. 충전이 가능하도록 만들어진 전지 역시 산화-환원 반응을 이용한다는 점에서는 일반 알칼리 건전지와 원리가 같다. 그러나 일반 알칼리 건전지에서 일어나는 산화-환원 반응이 비가역적인 반면, 충전지에서는 그 반응이 가역적이다. 일반 알칼리 건전지에서는 아연이 일단 아연 이온으로 산화되고 나면 그것이 다시 금속아연으로 환원되는 반응은 일어나지 않는다. 마찬가지로 망간 이온이 망간으로 환원되는 반응의 역반응도 일어나지 않는다. 반면 충전지에서는 다 쓴 전지에 역방향의 전류를 걸어 주면 전류를 만들어낼 때 일어났던 산화-환원 반응의 역반응이 일어나 전지의 내용물을 원래대로 돌려놓는다. 납 축전지(자동차 축전지에 주로 사

용)는 과산화납과 금속 납을 전극으로, 황산을 전해액으로 사용하는 충전지의 좋은 예이다. 납 축전지에 회로를 연결하면 과산화납과 금속 납이 모두 황산납으로 바뀌는 산화-환원 반응이 일어나면서 전류가 발생한다. 반면 자동차가 달릴 때는 엔진이 발전기를 돌려 생긴 전류를 축전지에 보내 앞서와 반대의 산화-환원반응을 일으킴으로써 황산납을 원래의 과산화납과 금속 납으로 바꾸어 놓습니다. 충전지가 '재충전'되는 것은 이와 같이 방전과정의 반대과정을 거쳐서 이루어진다.

① 1 차전지 : 한번 사용하면 다시 사용할 수 없는 전지

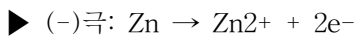
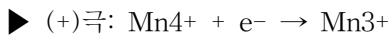
예) 건전지, 알칼리 전지, 산화은 전지, 산화수은 전지등

② 2차 전지 : 사용한 후 외부 전원에 연결하여 충전함으로써 다시 사용할 수 있는 전지

예) 납축전지, 니켈-카드뮴전지, 축전지 등

③ 망간 전지

- 극반응 : 매우 복잡하지만 단순화하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.



- 전압 : 1.5V

- 이용 : 라디오, 시계, 손전등 등

- 특징: 값은 싸지만 수명이 짧다.

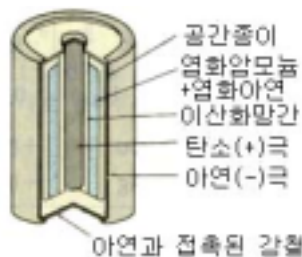
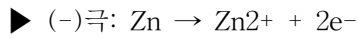
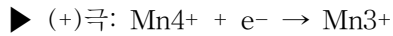


그림 2.1.7 망간 전지 구성도

④ 알카리 전지

- 극반응



- 전압 : 1.45V

- 이용 : 건전지와 비슷하다.

- 특징 : 수명은 길지만 전해질로 강염기인 수산화칼륨을 사용하므로 분해하면 해를 입을 수 있다.

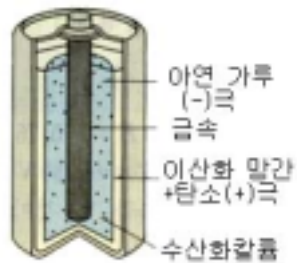
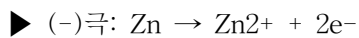
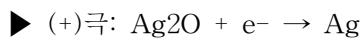


그림 2.1.8 알카리 전지 구성도

⑤ 산화은 단추 전지

- 극반응



- 전압 : 1.55V

- 이용 : 계산기, 손목시계 등

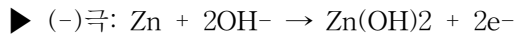
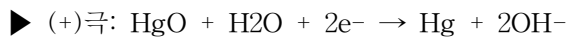
- 특징 : 크기는 작고 수명은 길지만 값이 비싸다.



그림 2.1.9 산화은 단추 전지 구성도

⑥ 수은 전지

- 극반응



- 전압 : 1.35V

- 이용 : 계산기, 손목시계 등

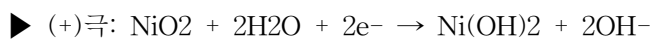
- 특징 : 환경에 큰 피해를 주므로 현재 생산이 중단되었다.



그림 2.1.10 수은 전지 구성도

⑦ 니켈-카드뮴 축전지

- 극반응



- ▶ (-)극: $\text{Cd} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^-$
- 전압 : 1.4V
- 이용 : 카메라, 라디오 등
- 특징 : 충전해서 다시 쓸수 있고 수명이 길다.



그림 2.1.11 니켈-카드뮴 축전지 구성도

⑧ 납축전지

- 극반응
- ▶ (+)극: $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- ▶ (-)극: $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
- 전압 : 1.8V
- 이용 : 자동차, 비행기 등
- 특징 : 충전해서 다시 쓸 수 있지만 무거운 것이 단점이다.



그림 2.1.12 납축전지 구성도

⑨ 리튬전지

화학에너지를 전기에너지로 바꾸는 장치인 전지는 크게 세 가지의 중요한 구성요소를 갖는다. 정극, 부극 및 전해질이 그것이며 이 세 가지 기본 구성 재료의 종류와 특징에 따라 전지의 종류를 구분하게 된다. 리튬전지는 리튬이온 혹은 리튬 금속이 정극과 부극사이를 오가면서 전하수송 반응을 하는 전지이다. 리튬전지는 1950년대에 NASA(미항공우주국)에서 우주군사용으로 연구가 시작되었으며 많은 에너지 활용을 위해 활성이 높은 리튬 금속을 사용하였다. 유럽을 중심으로 군사용으로 개발된 이산화유황-리튬(SO₂/Li) 전지, 염화치오닐-리튬(SOCl₂/Li) 전지는 저온 특성이 매우 우수하며, 특히 후자는 고전압 및 고에너지 밀도의 전지이다. 민생용으로는 1971년 플루오르화흑연-리튬((CF)_n/Li)전지, 1975년 이산화망간-리튬(MnO₂/Li)전지 등의 리튬 1차전지가 실용화되었다. 1970년대 전반기에는 원통형 플루오르화흑연-리튬전지를 군용통신기기와 구난무선기기, 고공관측용기구 및 남극관측 등 극지탐험에서 사용되는 기기 등의 전원으로 주로 사용하다가 1970년대 후반에 안정성 확보가 용이한 소형으로의 개발을 지향하여 가늘고 경량인 편타입 전지를 개발하여 밤낮시용 전자찌에 사용하면서 민생용 전지로서 보급하기 시작하였다. 이와 동시에 장기 신뢰성이 높고 내누액성이 뛰어난 코인형 전지는 전자시계용으로 기존의 산화은전지를 대체하여 장수명 전지로서 널리 사용되어 지고 있다. 1980년대에는 종래의 아연을 부극으로 사용하는 전지대신에 리튬을 사용하여 작동 전압이 높고, 전압평탄성이 좋고, 자기방전이 낮아 각종 전자기기의 메모리 백업용 전원으로 버튼형 리튬전지가 폭발적인 수요 증가가 있었다. 1985년에는 전압이 높고, 펄스 방전 특성이 우수하고, 용량이 큰 원통형 리튬전지(CR123)가 자동차 카메라용 전원으로 전세계적으로 수요가 증가하였다. 이에 반해 리튬 2차전지의 경우 1983년에 버튼형 카본리튬 전지가 개발되었지만 특성이 콘덴서와 유사하고, 용량이 너무 적어 매우 제한적으로 사용되었으며, 1988년

에 바나듐계 리튬전지가 개발되어 메모리 백업용으로 사용이 시작되었다. 1990년에 캐나다의 Moli Energy에서 황화몰리브데늄(MoS_2)을 정극으로, 리튬금속을 부극으로 사용하는 2차전지를 개발하여 일본에 수출하였으나, 사용중 리튬전지가 폭발하는 사고가 발생하여 전량 회수하는 사태가 발생하였다. 이 사고의 원인은 충방전을 반복함에 따라 금속 리튬 부극에서 정극으로 이동하였던 리튬이 방전시 부극에서 수지상으로 성장하여 내부에서 정극과 부극이 단락됨에 의한 것이었다. 1991년에 일본의 Sony Energytec에서 리튬금속을 탄소로 대체한 리튬이온전지를 개발, 상품화하였다. 이 리튬이온 전지는 금속 리튬을 사용하지 않기 때문에 종래의 리튬 전지에 비해 매우 안전하지만, 휘발성이 강한 유기 전해액을 사용함에 따른 발화에 의한 안전성 문제가 여전히 남아있다.

부극으로 사용되는 리튬은 밀도가 낮고(0.54 g/cm^3) 매우 낮은 표준 환원 전위(-3.045 VSHE) 때문에 고 에너지 밀도전지의 전극 재료로서 가장 각광받는 재료이다. 그러나 활성이 커서 수용액에서는 물과 반응하기 때문에 용융염, 무기 및 유기 전해질을 사용한다. 하지만 리튬은 이러한 비수용액 전해질과도 열역학적으로는 반응하며, 실제로 전지에 사용할 수 있는 안정성은 리튬금속과 전해질사이에 부동태피막이 형성되어 직접적인 화학반응을 막아주기 때문이다. 이러한 부동태피막이 리튬 1차전지를 가능하게 해 준 반면, 충방전 가능한 리튬 2차전지를 실현시키는 데 있어서는 커다란 장애요인으로 작용한다. 즉, 충방전 동안 리튬금속이 흡착(deposition)과 용해(dissolution)를 반복함에 따라 부동태피막 형성과 파괴에 의해 용해가 불균일하게 일어나고, 이 때문에 용량감소 및 표면적증가와 고전류충방전 시에 발생하는 수지(dendrite)상 형성에 의한 단락(short) 등의 안전성에 큰 문제가 있었다. 1980년대 말에 이러한 문제점을 해결하는 변화가 있었다. 그것은 리튬 2차전지에 리튬금속대신 탄소를 도입한 것이었다. 탄소 부극은 금속 리튬에서 리튬의 흡착과 용해반응대신에 리튬 층간삽입(insertion)과 탈

리(deinsertion) 반응을 이용하기 때문에 사이클(cycle) 수명과 안전성 측면에서 훨씬 우수한 특성을 나타낸다. 물론 금속 리튬보다 전극전위가 높기 때문에 전지 전압은 감소하였지만, 이러한 단점은 전극전위가 매우 높은 정극재료를 사용함으로써 해결할 수 있다. 리튬 2차전지용 부극활물질로 종래에는 금속리튬을 사용하였기 때문에 화학적으로 불안정하고, 충방전시 수지상을 형성하여 전지수명이 짧아지는 문제점이 있어 이에 대한 개선책으로 Li-Al 합금(alloy)을 사용하여 수지상 성장문제를 상당히 개선할 수 있었으나 근본적으로 문제를 해결하지는 못했다. 그러나 근래 "Rocking chair", "See-saw", "Swing", "Shuttle-cock", 또는 "리튬이온전지"라 불리는 리튬 2차전지에서는 층상화합물인 탄소재료를 사용하여 정극활물질과 동일한 메카니즘으로 리튬이 가역적으로 층간삽입(intercalation)/층간탈리(deintercalation)될 수 있음이 보고되었으며, 전극 전위도 LiC₆로 완전충전 시 ~0 V(vs. Li/Li+)로서 리튬금속과 유사한 전위를 나타내어 리튬 2차전지용 부극으로서의 가능성이 확인되어 현재 리튬 2차전지에 널리 사용되고 있다. 4V급 정극활물질은 1980년을 전후하여 Goodenough 등에 의해 활발하게 연구가 되었으며 rocking-chair system을 구성하기 위한 이상적인 정극재료로는 단위 전지전압이 높은 재료를 사용해야 에너지 저장량이 증가하므로 전이금속 산화물이 적합하며 이와 같은 정극재료로는 LiNiO₂, LiCoO₂, LiNi_{1-y}Co_yO₂, LiMn₂O₄ 등이 있다. 이러한 정극재료중에서 층상구조를 갖는 LiCoO₂는 전기전도도가 높고 단위 전지전압이 높아 가장 우수한 전극특성을 나타내지만 가격이 비싼 단점이 있고 LiNiO₂는 제조과정이 복잡하고 전지전압이 다소 낮은 반면, LiMn₂O₄는 가격이 싸고 제조방법이 간단하며 고전압 특성을 나타낸다. 이러한 정극과 부극활물질 들은 리튬이온전지와 리튬폴리머전지에 공통적으로 활용이 가능하다. 현재 리튬이온전지의 뒤를 이을 차세대전지로 거론되고 있는 전지는 리튬이온폴리머 2차전지로서 상용화가 확실히 되고 있다. 리튬폴리머전지와 함께 연료전지

도 차세대 전지의 후보로 들 수 있다. 연료전지는 전지라기보다는 발전기에 가깝다. 공기와 수소를 연료로 사용하는 연료전지는 이산화탄소 등을 전혀 배출하지 않고 2차전지처럼 충전할 필요가 없는 것이 특징이다. 게다가 발전효율이 현행 내연기관의 2~3배에 상당하는 40~60%에 달한다. 이러한 장점 때문에 자동차업체를 중심으로 한 벤처기업들과 연구기관들이 연료전지 개발에 박차를 가하고 있다. 이 글에서 연료전지는 대상이 아니므로 상세한 설명은 피하기로 한다. 1990년에 캐나다의 물리에너지에 의해 리튬금속 2차전지, 1991년에 일본의 소니에너지텍에 의해 리튬이온전지가 상품화된 이래 불과 10년도 채 지나지 않은 지금 리튬이온폴리머전지가 개발되었고, 최근에는 리튬 수지상을 방지할 수 있는 기술의 개발과 더불어 더욱 에너지밀도를 높이기 위해 리튬금속을 사용하는 리튬폴리머전지의 개발이 진행되고 있다.

⑩ 리튬이온전지 및 리튬고분자전지

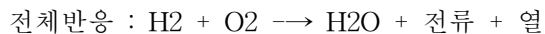
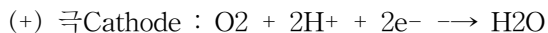
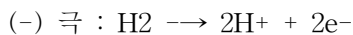
리튬이온 2차전지는 1980년에 프랑스의 Armand에 의해 제안되었으며, 리튬금속 2차전지에 비해 안전성과 사이클수명이 향상된 전지이다. 정극, 부극, 전해질, 격리막 등으로 구성되어 있는 리튬이온전지의 정극에는 전이금속산화물이, 부극에는 흑연 등의 탄소가 주로 사용된다. 이들 전극 물질은 이온상태의 리튬(Li⁺, Li^{-ion})이 내부에 가역적으로 층간삽입(intercalation)되었다가 다시 빠져 나올 수 있는 구조를 가지고 있다. 즉 리튬이온전지에서는 LiCoO₂의 내부에 위치하는 리튬이 빠져 나와 전해질을 통하여 이동한 후 탄소 내부로 들어가는 과정이 충전에 해당되며, 그 반대 방향으로의 이동은 방전에 해당된다. 앞서 밝힌바와 같이 유기전해액의 사용시 남아있는 발화 및 폭발의 위험성을 없애고 리튬 2차전지의 안전성을 더욱 향상시키기 위해 액체전해질 대신 고체고분자전해질(SPE, Solid Polymer Electrolyte)을 사용하는 리튬폴리머전지(LPB, Lithium Polymer Battery)의 연구가 최근 활발히 이루어지고 있으며, 캐나다의 Hydro Quebec에서는 1979년에 고체고

분자를 전해질로 사용하는 전지의 기초연구를 시작하여 1991년에 세계최초로 LPB 시제품을 개발하였으며 현재 리튬이온전지의 뒤를 이을 차세대전지로서 미국, 캐나다를 중심으로 활발히 연구중이다. 리튬폴리머전지는 다양한 형태로 제조되어지는데 부극의 종류에 따라 탄소부극을 사용하는 경우 리튬이온폴리머전지, 리튬금속을 부극으로 사용하는 경우 리튬폴리머전지라고 부르고 있으며, 고분자전해질에 따라서는 액체전해질을 전혀 포함하지 않는 드라이(dry) 타입과 가소제를 사용한 겔(get) 타입, 그리고 다공성 고분자내에 액체전해액을 함유하는 하이브리드(hybrid) 타입 등으로 나눌수 있으며 일반적으로 이러한 고분자전해질을 사용하는 전지를 통틀어 리튬고분자전지 혹은 리튬폴리머전지라고 부른다. 이중 벨코어(Belcore)의 특허기술인 하이브리드타입의 전지를 특별히 플라스틱리튬이온(PLI)전지라고 부른다. 리튬이온폴리머 2차전지에 관한 연구는 미국의 벨연구소를 비롯해 울트라라이프, 베일런스, 골드 몰텍 등 벤처기업들에 의해 시작됐으며 이 전지가 가장 먼저 실용화된 기기는 일본 미쓰비시전기가 울트라라이프의 폴리머전지를 탑재해 1999년 초에 선보인 1.8cm의 초박형 노트북PC 이다. 일본에서는 히타치막셀이 1998년 4월 신용카드 크기에 두께 0.5mm의 초박형 폴리머전지를 샘플출하했고 유아사세이에프도 최근 개발한 두께 1.2mm급 박형전지를 노트북PC나 PDA용으로 양산하고 있다. 국내에서도 양산공장을 건설중인 한일베일런스와 삼성SDI(삼성전관)를 비롯해 한국전기연구소(KERI), 한국과학기술연구원(KIST), 한국전자통신연구원(ETRI) 등의 연구기관들이 리튬폴리머전지를 개발하고 있다.

이러한 리튬폴리머전지의 양산을 위하여 미국의 3M, 벨코어, 일본의 소니, 마쓰시타, 산요, 히타치막셀, 한국의 삼성SDI, 한일베일런스, LG화학, 새한 및 SKC 등이 현재 시제품을 개발하여 시험생산중에 있으며 일부는 양산중이다. 현재 월간 수만셀 정도의 소규모로 생산, 판매중인 업체로는 말레이시아의 슈빌라, 다나 및 한국의 코캠엔지니어링 등이 있다.

(라) 연료전지의 종류 및 특성

연료전지는 연료(수소)의 화학에너지가 전기에너지로 직접 변환되어 직류 전류를 생산하는 능력을 갖는 전지로 정의되며, 종래의 전지와는 다르게 외부에서 연료와 공기를 공급하여 연속적으로 전기를 생산한다. 연료전지의 기본 개념은 수소와 산소의 반응에 의하여 생성되는 전자의 이용으로 설명할 수 있다. 위의 그림에서 보는 바와 같이 수소는 (-)극을 통과하고 산소는 (+)극을 통과한다. 수소는 전기 화학적으로 산소와 반응하여 물을 생성하면서 전극에 전류를 발생시킨다. 전자가 전해질을 통과하면서 직류 전력이 발생하며 열도 부수적으로 생산된다. 직류 전류는 직류 전동기의 동력으로 사용되거나 인버터에 의해 교류 전류로 바꾸어 사용된다. 연료전지에서 발생된 열은 개질을 위한 증기를 발생시키거나 냉난방 열로 사용될 수 있으며, 사용되지 않을 경우에는 배기열로 배출된다.



수소는 백금 촉매가 들어 있는 다공성 전극을 통해서, 그리고 산소는 은 촉매가 들어 있는 다공성 탄소 전극을 통해서 전지 안으로 들어가고, 가운데에는 뜨거운 수산화칼륨 용액이 들어 있다.

(마) 연료전지의 장단점

① 저공해 고효율 에너지원

연료전지는 도심지에서의 대기 공해를 환상적으로 줄일 수 있다. 연료전지는 동력원의 시스템 효율이 50% 이상이고(기존 내연기관의 효율은 25% 이하이다), NO_x, SO_x 등의 유해 가스의 배출이 1% 이하인 청정 고효율 발전 시스템이다.

② 차세대 에너지원

70년대의 오일쇼크 이래로 선진 각국에서 꾸준히 대체에너지원의 개발에 노력을 경주하여 왔는데, 연료전지는 석유에너지 이외에 메탄올, 에탄올, 천

연가스 등의 대체에너지를 이용하여 발전할 수 있다. 따라서 절대적인 자원이 부족한 우리나라의 현실에서 볼 때, 연료전지는 차세대 동력원으로 주목 받을 것이다.

③ 새로운 시장 잠재력

연료전지는 금속, 전기, 전자, 기계 및 제어 산업과 부수적인 장치를 공급하는 새로운 시장이 창조될 수 있다. 이것은 역시 수십만의 전문직 직업을 창조해 낼 수 있으며, 무역 수지에 엄청난 기여를 할 것이다

연료전지는 내부 전해질에 의하여 아래 표와 같은 형태로 구분되어진다. 연료전지는 근본적으로 같은 원리에 의해서 작동하지만, 서로 다른 점은 연료의 종류, 운전 온도, 촉매와 전해질이다.

(바) 인산형 연료전지

인산형 연료전지 기술은 20년 이상 개발되고 개선되어 왔고, 전기 생산에 비교적 순수한 수소(70% 이상)를 요구한다. 인산형 연료전지 내의 전극은 탄소 지지체의 표면적 위에 촉매로써 백금이나 백금 혼합물을 포함한다. 인산형 연료전지의 운전 온도는 약 200℃ 이다. 이것은 인산 전해질의 안정도를 위하여 허용하는 최대값이다. 이 기술로 현재까지 순수한 발전 효율은 40~50% 정도이다. 이 수준 보다 높은 효율을 갖기 위해서는 전지와 스택 구성품의 지속적인 개발에 의한 종합시스템 제어에 의존하여야 한다. 일례로 인산형 연료전지의 반응이 발열 반응이므로 연료전지가 반응온도인 200℃로 유지함이 최적의 운전 조건이 된다. 따라서 연료전지 반응시 반응열을 냉각시켜야 하며 이때 생성되는 반응열을 이용하면 효율을 70%이상 높일 수 있다.

인산은 저온 연료전지를 위한 전해질로써 필요한 수명을 가진 그런 유일한 물질로 알려져 있다. 이것이 낮은 이온 도전율을 가지고 있다 할지라도 이것의 안정도는 전류 상태를 증진시키는 전지 개발에 기여하였다. 인산형 연료전지 응용은 휴대용, 자동차용 및 고정용 전원을 포함한다.

(사) 알칼리형 연료전지

알칼리 연료전지는 전해질로써 수산화칼륨과 같은 알칼리를 사용한다. 연료로서 순수 수소를 쓰며, 산화제로써는 순수 산소를 쓴다. 운전 온도는 대기압에서 60~120℃이다. anode의 촉매는 니켈망에 은을 입힌 것 위에 백금-납을 사용하고, Cathode는 니켈망에 금을 입힌 것 위에 금-백금을 쓴다. 알칼리 연료전지의 고효율화의 기본적인 목적은 자동차 산업의 전원 공급용이다. 알칼리 연료전지는 알칼리가 이산화탄소에 민감하기 때문에 인산형 연료전지의 개발보다 늦게 개발되었다.

알칼리 연료전지 시스템에서 수소의 저장과 이산화탄소의 경제적인 제거는 알칼리 연료전지의 상업화에 중요한 요소이다. 자동차의 경우에 알칼리 연료전지가 확보할 수 있는 시장 비율은 경쟁성 기술에 의하여 영향을 받을 것이다. 알칼리 연료전지 기술 전망은 수소 저장과 대규모 상업화를 시작하기 전에 유통망(distribution)의 개량을 필요로 한다. 과학자들에 의하여 오랫동안 주장되어 온 수소를 기초한 미래 자동차의 경제성은 알칼리 연료전지의 상업화를 선호하게 될 것이다.

(아) 고분자전해질형 연료전지

고분자전해질형 연료전지의 전해질은 액체가 아닌 고체 고분자 중합체(Membrane)로써 다른 연료전지와 구별된다. 인산형 및 알칼리형 연료전지 시스템과 비슷하게 멤브레인을 이용하는 연료전지는 촉매로써 백금을 사용한다. 멤브레인 연료전지의 개발 목표는 최소 1.5g/kW의 백금 촉매를 쓰는 것이다. 이 백금 촉매는 일산화탄소에 의한 부식에 민감하므로 일산화탄소의 농도는 1000ppm 이하로 유지하여야만 한다.

고분자전해질형 연료전지 시스템의 소형화는 자동차 응용에 가장 중요한 역할을 한다. 개발 사업은 인산형 연료전지보다 약 10년이 뒤져 있지만, 인산형에 비해 저온에서 동작되며, 출력 밀도가 크므로 소형화가 가능하며, 기술이 인산형과 유사하여 응용 기술의 적용이 쉽기 때문에 현재는 고분자전해질형 연료전지의 이용 규모가 적을지라도 상업화할 수 있다. 더욱이 현재 몇 개의 시범용 고분자

전해질형 연료전지의 전원에 의한 자동차는 실험 결과 우수성이 입증되어 더 많은 연구 계획을 진행 중에 있다.

(자) 용융탄산염형 연료전지

용융탄산염형 연료전지의 전해질은 낮은 용융점을 가지는 탄화리튬과 탄화포타슘의 혼합물이다. 전극은 다공성 니켈로 만든다. 전극의 부식성과 내구성은 아직 개발에 중요한 애로점이다.

용융탄산염형 기술의 산 또는 알칼리 연료전지 기술 보다 뚜렷한 장점은 일산화탄소, 이산화탄소 및 수소에 대하여 내성이 있는 점이다. 이것은 일산화탄소와 이산화탄소를 분리하는 공정을 필요로 하는 다른 것들보다 초기 투자비가 낮고 시스템 설계가 매우 단순해지는 결과를 가져온다. 용융탄산염형 연료전지의 운전 온도는 약 650°C이고, 전지 스택의 열로 전지 내부의 탄화수소 기체의 개질을 허용한다. 내부 개질의 장점은 30% 또는 그 이상의 비용을 감소시킨다.

용융탄산염 연료전지를 상업화하기 전에 내구성과 신뢰도를 개량시킬 필요가 있다. 운전온도가 높아 정상운전 되는 동안 용융탄산염 전해질의 결핍과 증발로 인하여 양이 줄어들기 때문이다. 이것이 운전의 안정성과 현재 용융탄산염형 연료전지의 유효 수명의 제한점이다.

(차) 고체산화물형 연료전지

고체산화물형 연료전지의 특징은 탄화수소를 직접 전기로 변화시킬 수 있는데 있다. 전해질은 안정화된 산화이트륨으로 가스가 스며들지 않은 산 이온이 효율적으로 접촉하고 있는 얇은 산화지르코늄 층이다. Cathode는 안정된 산화이트륨으로 된 지르코늄으로 만들어졌고, anode는 니켈-지르코늄 세라믹 합금으로 만들어졌다.

고체산화물형 연료전지의 가장 독특한 특성은 운전 온도는 약 1000°C 로써 매우 높다는 것이다. 이 온도에서는 수소와 일산화탄소의 전기 화학적 산화 반응이 일어나고 촉매없이 연료가 개질된다. 운전 온도 1000°C에서 금속 재료의 적당한 열적-기계적 강도를 요구하기 때문에 가스 누출 방지가 가장 중요한 애로 사항

이다. 세라믹 재료 기술의 개발은 고체산화물형 연료전지가 상업적으로 발전을 시작하기 전에 필요한 기술이다. 고체산화물형 연료전지는 상업적으로 자동차 응용에 연구되어지고 있다. 자동차에 사용하기 위한 이 전지 기술의 모형화가 배터리 전원 공급형 자동차가 아닌 전위밀도를 요구하는 것과 접목시키는 것이 궁극적인 목적이다.

(카) 직접메탄올연료전지

DMFC는 메탄올을 직접, 전기화학 반응시켜 발전하는 시스템이다. 전해질은 이온 교환막에 인산을 담지시킨 것이다. 작동 온도는 150°C로 비교적 저온이다. PEFC와 비교하여 개질기를 제거할 수 있으며, 시스템의 간소화와 부하 응답성의 향상이 도모될 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 반응 속도가 낮은 것이 의한 저출력 밀도, 다량의 백금 촉매의 사용과 메탄올과 산화제의 Cross Over(고체 고분자 막을 통과하는 것) 등의 단점도 있다.

(타) 태양열전지

교환하거나 충전하는 노력이 들지 않는 편리한 전지로서, 탁상 전자 계산기나 리모컨, 야외의 시계와 조명 사용하는 것이 [태양 전지]이다. 태양 전지로 움직이는 금속에 빛이 닿으면 전기(전자)가 튀어나오는 성질을 이용하고 있다. 즉 전자가 많은 것과 적은 것을 연결한 것을 준비하여, 여기에 빛을 비추 전자가 많은 것에 전지를 더 모아(전위차를 발생시켜)전기가 흐르게 한다. 이러한 전지를 화학 전지에 대응하여 [물리 전지]라 부른다.

1) 태양전지의 원리

태양전지는 크게 태양열 전지와 태양광 전지로 나눌 수 있다. 태양열을 이용하여 터빈을 회전시키는 데 필요한 증기를 발생시키는 장치는 태양열 분야(solar thermal electricity)이고, 태양빛(photons)을 반도체의 성질을 이용하여 전기에너지를 변환시키는 장치가 태양광 분야(photovoltaic solar cells)이다. 태양광 전지의 작동원리는 전기에너지를 빛 에너지로 변환시키는 발광 다이오드(light emitting diode, LED)나 레이저 다이오드(laser diode)와 반대라고 생각하면 된다.

태양에너지 기술은 꾸준히 발전하여 현재 일부 시스템이 상용화 되었거나 상용화를 서두르는 단계에 와 있다.

대부분 보통의 태양전지는 대면적의 p-n 접합 다이오드(p-n junction diode)로 이루어져 있다. 광전 에너지 변환(photovoltaic energy conversion)을 위해 태양전지가 기본적으로 갖춰야 하는 요건은 반도체 구조 내에서 전자들이 비 대칭적으로 존재해야 한다는 것이다. 그림1은 p-n 접합의 비 대칭성을 나타낸 것이다. n-type 지역은 큰 전자밀도 (electron density)와 작은 정공밀도(hole density)를 가지고 있고 p-type 지역은 그와 정반대로 되어있다. 따라서 열적 평형상태에서 p-type반도체와 n-type반도체의 접합으로 이루어진 다이오드에서는 캐리어(carrier)의 농도 구배에 의한 확산으로 전하(charge)의 불균형이 생기고 이 때문에 전기장(electric field)이 형성되어 더 이상 carrier의 확산이 일어나지 않게 된다. 이 다이오드에 그 물질의 전도대 (conduction band)와 가전자대(valence band) 사이의 에너지 차이인 밴드갭 에너지(band gap energy) 이상의 빛을 가했을 경우, 이 빛 에너지를 받아서 전자들은 가전자대에서 전도대로 여기(excite)된다. 이때 전도대로 여기된 전자들은 자유롭게 이동할 수 있게 되며, 가전자대에는 전자들이 빠져나간 자리에 정공이 생성된다. 이것을 excess carrier라고 하며 이 excess carrier들은 전도대 또는 가전자대 내에서 농도차이에 의해서 확산하게 된다. 이때 p-type반도체에서 여기된 전자들과 n-type반도체에서 만들어진 정공을 각각의 minority carrier라고 부르며, 기존 접합전의 p-type또는 n-type반도체내의 carrier(p-type의 정공, n-type의 전자)는 이와 구분해 majority carrier라고 부른다. 이 때 majority carrier들은 전기장으로 생긴energy barrier 때문에 흐름의 방해를 받지만 p-type의 minority carrier인 전자는 n-type쪽으로 각각 이동할 수 있다. Minority carrier의 확산에 의해 재료 내부의 charge neutrality가 깨짐으로써 전압차(potential drop)가 생기고 이 때 p-n접합 다이오드의 양극단에 발생된 기전력을 외부 회로에 연결하면 태양전지로서 작용하게 된다.

2) 비정질 실리콘 태양전지 (a-Si solar cells)

저가 생산 및 대면적 제조가 용이한 비정질 실리콘 태양전지의 제작 단가가 \$1-2.5/Wp가 달성된다면 다른 계열의 태양전지에 비해 시장 점유율이 파격적으로 상승할 것으로 전문가들은 보고 있으나, 안정화 효율을 10 % 이상으로 향상시키지 않는다면 제작 가격이 \$1/Wp 이하로 떨어지지 않을 것으로 보고 있다. 기존에 시도되고 있는 저열화 태양전지 제작 방법으로는 수소 희석에 의한 i층 사용, 열선 증착법 (Hot wire CVD)에 의한 저열화 박막 증착에 관한 연구가 있으나 실험실 규모의 소면적에서 안정화 효율이 9.2 % (United Solar사) 정도가 최대이다. 아직은 비정질 실리콘 태양전지의 결정적인 문제인 열화를 해결할 수 있는 뚜렷한 방법이 없는 상황이다. 열화 메커니즘에 관한 규명, 막내 결함준위를 극소화할 수 있는 새로운 박막 제조 방법, 저열화를 위한 새로운 소자구조의 개발에 관한 연구가 계속적으로 필요하다.

3) 다결정 실리콘 태양전지 (Poly-Si solar cells)

결정 실리콘 태양전지는 20 %이상의 우수한 변환 효율을 가짐에도 불구하고 결정 웨이퍼의 제작가격이 고가이기 때문에 대규모 태양광 발전용으로는 적합하지 않다. 이에 비해 제작가격이 비교적 낮은 Multicrystalline silicon wafer를 값싸게 제작하는 방식이 연구되어 오고 있다. 그 대표적인 방법으로는 강한 자장으로 실리콘 재료를 녹이는 cold-crucible casting 방법, graphite heater를 사용하는 drip-controlled casting법 등이 있다. 현재 약 17.1 % (100 cm²)의 multicrystalline 태양전지가 제작되고 있으며 연구방향은 고품질, 대면적의 multicrystalline silicon wafer의 제조 방법의 개발, 표면 재결합 감소를 위한 surface passivation 층의 개발, 반사방지막의 개발 등이 있다. 아래의 표는 1997년을 시점으로 NREL에 의해 추산되어진 모듈 태양전지의 제작 가격을 표시하고 있다. 아래의 표에 의하면 multicrystalline solar cell이 기존의 박막형 태양전지에 대해 가격 경쟁력이 있음을 알 수가 있다.

4) CdTe 태양전지

상용화에 가장 근접한 박막형 태양전지는 CdTe계열의 태양전지로 인식되고 있다. 미국의 Golden Photon사와 Solar Cells사는 CdTe태양전지 제작 공장 건설을 추진중이다. 일본의 Matsushita사는 거의 지난 10년 동안 계산기용으로 CdTe 태양전지를 채용하고 있다. 실험실 규모에서는 16 %의 변환효율을 가지고 모듈 전지에서는 6-10 %의 효율을 기록하고 있다. 그러나 CdTe 제조를 위한 방법이 확립되어 있지 않고 연구의 초기 단계에 있기 때문에 실용화를 위해서는 CdTe 물질에 관한 충분한 연구와 카드뮴에 대한 독성에 대한 검증이 필요하다. 또한 CdTe 모듈과 CdTe 단위 셀간의 효율 격차가 현격해서 모듈의 효율을 향상시키는 연구가 필요하다. 이를 위해 n-CdS (2.45 eV) 층이 p-CdTe층과의 접합에 있어서 얇은 두께의 CdS로 충분한 접합특성이 이루어지도록 연구가 주요 관심사가 되고 있다. 그리고 CdTe 태양전지의 열화 특성에 대해서는 다양한 양상을 띠고 있다. 열화 현상이 심한 태양전지와 안정성이 우수한 태양전지도 아울러 보고되고 있어 열화에 대한 심도있는 연구가 진행되고 있다.

5) CIS 태양전지 (Copper Indium Diselenide solar cells)

CIS 태양전지는 18 % 효율 특성을 가는 것으로 보고 되고 있다. 이러한 높은 변환 효율은 다결정 태양전지중에서 최대 효율이며, 고효율의 박막형 태양전지 제작의 새로운 가능성을 제시해 준다. 1988년 ARCO solar사에서 11% 효율의 CIS 태양전지를 필두로 현재까지 박막형 태양전지의 효율에서는 최고의 위치를 차지하고 있지만, ARCO사는 상용화하는 데 있어 벽에 부딪히고 있다. 그 이유는 CIS와 후면 전극인 molybdenum사이의 나쁜 접착 특성과 CIS 물질의 비재현성 제조로 인해 높은 효율의 CIS 태양전지의 수율이 매우 낮기 때문이다. 1996년 NREL사에서는 순수한 Cu, In, Se원소에 Ga과 S을 첨가로 조성이 더 복잡한 CIGS, CIGSS 층을 개발하여 17.7 %의 최고 효율의 CIS 태양전지 제작에 성공하였다. NREL에서 개발한 CIGS는 직관적으로는 재료 원소의 복잡한 조성에 의해 재현성이 저하되리라고 예상했지만 오히려 CIS층에 Ga을 도입한 것이 공정 상에서 물질에 대한 제어성을 높이는 결과를 가져왔다. 이로 인해 CIS 태양전지

의 실용화가 더 용이해 졌다. 아직은 상용화를 위해 해결되어야 하는 문제점들이 남아 있지만, CIS 태양전지는 다른 박막형 태양전지에 비해 열화특성이 없고 우수한 효율 특성을 가지기 때문에 세계 각지의 태양전지 제조사에서 그 연구에 박차를 가하고 있다.

6) a-Si/poly-Si 적층형 태양전지

비정질 실리콘 태양전지의 열화 특성을 개선하고 비정질 실리콘 물질의 광흡수 영역에서 벗어나는 장파장대의 빛을 효과적으로 전류로 변화시키기 위해 a-Si/poly-Si 적층형 태양전지가 연구되고 있다. 상층 셀의 안정성을 위해서는 수소 희석된 광흡수층을 사용하거나 얇은 두께로 비정질 실리콘막을 사용하고, 하층 셀에서는 열화특성이 없고 장파장대 흡수능력이 뛰어나 다결정 실리콘 박막이나 다결정 실리콘 웨이퍼를 이용하여 이를 적층함으로써 높은 안정성 및 고효율을 시도되고 있다. 최초로 a-Si/Poly-Si wafer 구조를 개발한 일본의 오오사카대학의 Hamakaka 그룹에서는 상층 셀에서는 7.25 %의 효율과 하층 셀에서는 13.75 %의 효율을 얻어 4단자 측정에서 21%의 효율을 달성하였다. 최근에는 하층 셀을 다결정 실리콘 박막형 태양전지를 사용하여 초기 효율이 13 %, 안정화 효율이 10 %에 이르는 a-Si/poly-Si 적층형 태양전지가 보고되고 있다. 안정성이 뛰어난 적층형 태양전지에 있어 하층 셀을 다결정 박막형 태양전지 형태로 제작하는 기술은 비정질 실리콘 태양전지의 열화 특성 개선 및 실용화를 위한 새로운 돌파구가 되리라 예상된다.

7) a-Si/a-SiGe(/a-SiGe) 적층형 태양전지

적층형 태양전지에서 하층 셀에 a-Si:H보다 광학적 밴드갭이 더 작은 a-SiGe:H을 사용하여 비정질 실리콘 태양전지의 열화 특성을 개선되었다. 1997년에 United Solar사에서는 5MW급, Solarex에서는 10MW급, 그리고 Canon사에서는 10MW급으로 SiGe를 이용한 적층형 태양전지 양산에 들어갈 정도로 실용화가 이루어져 있다. 태양전지 제작사들의 이와 같은 적극적인 투자는 이러한 적층형 태양전지의 높은 안정화 효율 때문이다. a-Si:H/a-SiGe:H 구조의 이층형

태양전지는 초기 효율이 12.6 %에서 안정화 효율이 11.2 %이고 a-Si:H/a-SiGe:H/a-SiGe:H 구조의 삼층형 태양전지는 초기 효율이 14.6 %에서 안정화 효율이 13.0 %를 나타내었다.

8) 미결정 실리콘 태양전지

미결정 실리콘 (uc-Si:H) 박막은 장파장대에서의 높은 광 흡수율과 비열화 특성이라는 장점 때문에 열화 특성이 없는 새로운 광흡수층으로 각광받고 있다. 스위스의 IMT Neuchatel 그룹에서는 미결정 실리콘 박막을 i층으로 사용하여 열화율이 없는 7.7 %의 안정화 효율을 얻었다. 이 그룹에서 더 나아가 a-Si/uc-Si 구조의 적층형 태양전지를 제작하여 초기 효율이 13.1 %에서 안정화 효율이 10.7 %를 보고하였다. 이러한 시도는 실리콘 계열의 박막을 사용하여 높은 안정화 효율을 달성하였기 때문에 박막형 태양전지의 실용화에 새로운 지평을 열어 놓은 연구라고 할 수 있다. 사용되는 물질과 공정이 이미 전통적으로 잘 알려져 있기 때문에 박막형 태양전지 계열중에 실용성과 대량생산성이 가장 용이한 태양전지라 할 수 있다. 몇가지 문제점으로는 미결정 실리콘 박막은 낮은 증착률을 들 수가 있는데 태양전지의 생산 수율을 높이기 위해서 미결정 실리콘을 고속으로 증착할 수 있는 방법들이 연구될 필요가 있다.

9) 유기물을 이용한 태양전지

태양 광 전지는 태양 빛(photons)에 의한 전자 충전구조로 전기에너지를 빛 에너지로 변환시키는 발광 다이오드(light emitting diode, LED)의 반대 구조를 갖는다. 일반적인 태양전지는 양단간의 전극 사이에 p-n 접합 다이오드(p-n junction diode)로 이루어져 있다. 그리고 광전 에너지 변환(photovoltaic energy conversion)을 위해 태양전지가 기본적으로 갖춰야 하는 요건은 반도체 구조 내에서 전자들이 비대칭적으로 존재해야 한다는 것이다. 즉, p-type 지역은 작은 전자밀도와 큰 정공밀도를 가지고 있고 n-type 지역은 그와 정반대로 되어 있어야 한다. 이러한 전도대와 가전자대 사이의 에너지 차이인 밴드갭 에너지(band gap energy) 이상의 빛을 가했을 경우, 이 빛 에너지를 받아서 전자들은 가전자

대에서 전도대로 여기(excite) 된다. 따라서 전도대와 가전자대 값뿐만 아니라 그 차이를 갖는 밴드갭 (band gap)을 알아야 정확한 소자 구성이 가능하다.

유기물의 밴드갭 분석은 UV/VIS Spectroscopy의 가장자리 (edge) 또는 PL (photoluminescence) Spectroscopy의 시작점 (onset point)에서 구할 수 있고, 가전자대는 UPS (Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy)를 이용하여 구할 수 있다. 그러나 유기물의 경우 시료 불순물 함유량이 많아 시료 표면이 거칠어서 분광기의 오차 범위는 $\pm 0.2\text{eV}$ 이상인 경우가 발생할 수 있다. 이러한 오차는 유기 전기발광디 스플레이 물질에서 많이 나타난 문제였다. 그러나 전기 화학적 방법은 전압 또는 전류를 이용한 방법이므로 표면에 따른 영향이 매우 적다는 장점이 있다. 또한 기존의 전기 화학적 문제점은 산화/환원의 시작점만을 취하는 문제점 때문에 그 정확성이 문제화되었다. 그러나 실제 각각의 산화·환원반응 시작점과 변곡점 등을 이용하면 분광학적 데이터의 edge 및 스펙트럼의 봉우리 꼭지점들을 찾을 수 있다. 그리고 산화반응의 시작점과 변곡점 차이를 이용하면 정공밀도의 갭을 측정할 수 있으며, 반대로 환원반응을 통해 전자밀도 갭을 측정할 수 있다. 따라서 전기 화학적 방법을 통해 p-type과 n-type을 구분할 수 있을 뿐만 아니라, 정확한 전도대와 가전자대 값을 구할 수 있으므로 양단간에 사용할 전극(금속)을 더 정확하게 선정할 수 있다.

이러한 전기 화학적 분석법으로 순환전압전류법 (cyclic voltammetry)과 일정전류전위차법 (constant current potentiometry)을 이용하고자 한다. 순환전압전류법은 인위적 방법으로 전압을 시간에 따라 변화시키며, 시료의 산화·환원에 따른 전류 변화를 측정하여, 시료에 의한 산화·환원전위의 시작점을 통해 전도대·가전자대 값을 구하는 방법이다. 그리고 일정전류전위차법은 인위적 방법이 아닌 일정한 전류를 계속적으로 시료에 가함으로써 전류(또는 전자)에 의한 시료 물질의 전자 주게 또는 전자 받게가 나타나며, 산화·환원반응이 놓임으로 그 전위의 시작점을 통해 전도대·가전자대를 구하고 전위의 끝나는 점을 이용하여 전자밀도·정공밀도 층 및 p-n 접합 층의 계면을 연구 할 수 있다는 장점이 있

다. 실제 전압을 이용한 전류 변화를 측정하는 순환전압전류법과 전류를 이용한 전압 변화를 측정하는 일정전류전위차법은 서로 상반되는 분석법이나, 서로 보완적인 분석법으로 이 두 가지를 이용함으로써 더 정확한 물질분석이 가능하다.

전기 화학적 연구의 기대효과는 다음과 같다. 유기물을 이용한 반도체 산업 즉, 유기전기발광디스플레이와 유기 나노소자 및 태양전지에서 가장 중요한 부분이 전도대·가전자대 측정 및 유기물간의 계면 영향이 문제이다. 전기 화학적 장비는 분광기에 비해 값싼 장비이며, 또한 분광기에 비해 시료 불순물의 영향을 작게 받아 정확한 전도대·가전자대 측정이 가능하다. 그리고 일정전류전위차법은 유기물간 계면 상태분석이 가능한 방법이다. 따라서 유기물의 정확한 전도대·가전자대 값 및 유기물 층간의 계면 현상을 연구함으로써 효율적인 소자를 구성할 수 있다. 또한 이러한 기술 보유는 유기물을 이용한 반도체 산업 (유기전기발광디스플레이와 유기 나노소자)에 많은 기여를 할 것이다.

(4) 태양전지판(Solar unit)

(가) Solar Cell의 종류

① p형 반도체(p-type semiconductor)

p형 반도체는 고순도의 반도체(규소, silicon)로서 붕소와 같은 3가 원소를 불순물로서 조금 넣으면 만들어진다. 실리콘은 가전자(전기전도에 기여할 수 있는 전자)를 4개, 붕소는 3개를 갖고 있다. 실리콘의 결정은 옆에 있는 실리콘 원자가 서로 전자를 공유하고 있어서 각각의 원자가 8개 전자를 갖게 되는 상태에서 결합한다.

이 상태에서의 전자는 강하게 원자에 속박되어 대부분 전기전도에 기여할 수 없게 된다. 따라서 순수한 실리콘 결정에는 전류가 흐르기 어렵고 저항율은 약 $10^3 \Omega cm$ 의 값이다. 즉, 도체도 절연체도 아닌 반도체이다. 그러나 이것에 미량의 붕소가 더해지면 성질은 완전히 변한다. 붕소는 3개만의 전자를 갖고 있기 때문에 다음 그림과 같이 적색의 전자공석(공)이 생긴다.

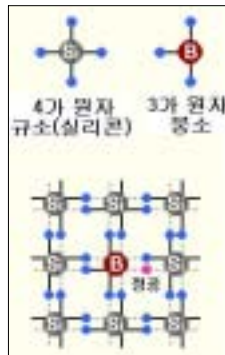


그림 2.1.13 p형 반도체 구성도

전압이 걸리면 공 근처의 전자가 플러스극에 끌려가서 공으로 움직이고 원래 전자가 있었던 자리에 새롭게 공이 된다. 결과적으로 공은 마이너스극 근처에 있게 된다. 이와 같은 「의자 뺏기 게임」이 계속되면 공은 플러스 전기를 갖고 있는 전자와 같이 떨게 된다. 이것을 정공(hole)이라고 한다. 반도체 중에서 전류를 운반하는 것을 캐리어(carrier)라고 하며 P형 반도체의 캐리어는 정공이다. 정공은 플러스(positive)의 전기를 갖고 있는 것처럼 떨기 때문에 「p형 반도체」라고 한다. 그러나 다이오드, 트랜지스터등의 반도체소자의 움직임은 n형 반도체와 p형 반도체의 조합으로 생겨난다.

② n형 반도체(n-type semiconductor)

n형 반도체는 고순도의 반도체(규소, silicon)로서 비소(arsenic)와 같은 5가 원소를 불순물로서 조금 넣으면 만들어진다. 실리콘은 가전자(전기전도에 기여할 수 있는 전자)를 4개, 비소는 5개를 갖고 있다. 실리콘의 결정은 옆에 있는 실리콘 원자가 서로 전자를 공유하고 있어서 각각의 원자가 8개 전자를 갖게 되는 상태에서 결합한다.

이 상태에서의 전자는 강하게 원자에 속박되어 대부분 전기전도에 기여할 수 없게 된다. 따라서 순수한 실리콘 결정에는 전류가 흐르기 어렵고 저항율은 약

$10^3 \Omega cm$ 의 값이다. 즉, 도체도 절연체도 아닌 반도체이다. 그러나 이것에 미량의 비소가 더해지면 성질은 완전히 변한다. 비소는 3개만의 전자를 갖고 있기 때문에 다음 그림에서 진한 청색으로 나타낸 나머지 1개의 전자는 전압이 걸리면

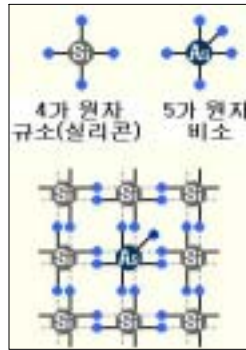


그림 2.1.14 n형 반도체 구성도

공 근처의 전자가 플러스극에 끌려가서 공으로 움직이고 원래 전자가 있었던 자리에 새롭게 공이 된다. 결과적으로 공은 마이너스극 근처에 있게 된다. 이와 같은 「의자 뺏기게임」이 계속되면 공은 플러스 전기를 갖고 있는 전자와 같이 떨게 된다. 이것을 정공(hole)이라고 한다. 반도체 중에서 전류를 운반하는 것을 캐리어(carrier)라고 하며 P형 반도체의 캐리어는 정공이다. 정공은 플러스(positive)의 전기를 갖고 있는 것처럼 떨기 때문에 「p형 반도체」라고 한다. 그러나 다이오드, 트랜지스터등 반도체 소자의 움직임은 n형 반도체와 p형 반도체의 조합으로 생겨난다.

(나) 태양전지의 구성 및 종류

태양전지는 전기적인 성질이 다른 N형 반도체와 P형 반도체를 연결한 구조로 구성되어 있다. 이 반도체의 경목을 PN접합이라고 한다. 태양전지에 태양광이 들어오면 태양광은 태양전지 안으로 흡수된다. 이 때 흡수된 빛이 갖고 있는 에너

지에서 (+)와 (-)의 전기를 갖고 있는 입자가 발생하여 각각 자유롭게 태양전지 안을 움직이지만 (-)전자는 N형 반도체로, (+)전자는 P형 반도체로 보다 많이 모이는 성질이 있다. 따라서 앞면과 뒷면에 붙인 전극에 전구를 연결하면 전류가 흐른다.

태양전지에는

① 결정계 실리콘 태양전지

단결정과 다결정의 실리콘 기판을 사용한 타입으로서 발전효율이 우수하다.

② 비창질계(아몰파스) 실리콘 태양전지

비창질계 실리콘을 박막 형태로써 작성한 타입으로서 저경비화를 기대할 수 있다.

③ 화합물 타입 태양전지

화합물의 반도체로 구성된 태양전지로서 다양한 종류가 있으며 재료에 의해서 용도가 변하는 특징이 있다.

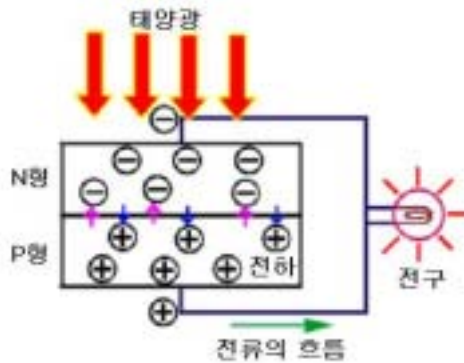


그림 2.1.15 전기발생 메커니즘

2.1.3 저수지 사통수문 현황

2.1.3.1 원형 사통수문

저수지 사통수문은 취수탑과 달라서 원형 물구멍에 원형 수문비를 달아서 사

용하는 형식이 대부분이다. 이러한 수문은 항상 물 속에서 수압을 받기 때문에 구조적으로 압력의 중심이 한 곳에 편중되지 않고 중심으로 모이게 하는 원형을 사용하는 것이 통례이다. 국내에서는 사통수문 전용의 수문비는 존재하지 않고 원형 수문비를 응용하여 사통수문으로 사용하고 있다.



(a) 사통 물구멍



(b) 원형 사통수문

사진 2.1.6 원형 사통수문

현재 사용하고 있는 사통수문은 수문비의 금속면과 수문틀의 금속면이 맞닿아서 작동하는 형태로서 미끄럼마찰이 작은 황동등을 사용하는 경우도 많으나 물 속에서의 수압을 고려하면 미끄럼마찰에 의한 작동부하는 무시할 수 없다. 따라서 수문비와 수문틀간에 미끄럼마찰을 최대한으로 줄일 수 있는 방법을 고안한다면 사통수문비의 전동화를 모터의 소형화 및 소동력 운영에 따른 동력원의 태양광화가 가능할 것으로 판단된다.

2.1.3.2 밸브형 사통수문

밸브형 사통수문의 국내 사용에는 전무하나 우리와 비슷한 농업형태를 취하고 있는 일본에서는 농업용수절감을 수원공에서부터 한다는 취지 하에 정유량 콘트롤 밸브를 사통에 달아서 사용하는 경우가 있다. 직동식 밸브(정유량 콘트롤 밸

브)는 유량설정이 자유롭게 가능한 장점을 갖고 있다. 직동식 밸브는 우수한 정유량 특성(가변정유량식)을 가지고 있으며 내장된 제어기능에 의해 1차압력이 변동해도 관계없이 자동적으로 소정의 유량치를 얻을 수 있고, 유량치는 핸들조작으로 간단하게 변화시킬 수 있다. 또한 대단히 작은 작동 토크이기 때문에 밸런스 구조의 채용에 의해 유량설정조작은 송수압력에 관계없이 저토크작동을 한다. 따라서 핸들조작 대신에 저출력(20Watt~50Watt) 소형전동기에 의한 구동도 가능하며 따라서 태양광 전원에 의한 시스템 제어도 경제적으로 가능하다. 또한 복잡한 파이로트 밸브등을 생략한 직동식으로서 어느 정도의 토사, 쓰레기는 문제가 되지 않는 좋은 장점을 가지고 있다. 또한 기계적 특징으로서는 독특한 감압구조에 의해 허용캐비테이션 계수가 대단히 작게 설정할 수 있으며 내장하는 리프트형 조정밸브에 의해 리니어특성에 가까운 유량제어가 가능하다. 그리고 정유량과 조정밸브 기능을 모두 갖추고 취급이 간단한 다용도 자동제어밸브이다. 주요부품에는 용도에 따라서 내식·내마모에 강한 재료를 사용하고 확실한 작동과 긴 수명이 장점이다.

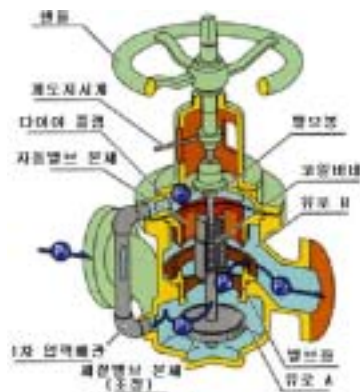


그림 2.1.16 직동식 밸브형 사통수문 구조

본 직동식 밸브형 사통수문은 핸들조작에 의해 체절(조정)밸브 본체의 개도를

조정해서 필요유량으로 세트하면 입구압력(1차압력) P1은 유로 A의 좁아지는 저항으로 중간압력 Pd에 조정된다. 또한 P1은 1차압력배관을 경유해서 다이어그램 상면에 더해져 자동밸브 본체를 밀어 올린다. 한편 이 자동밸브 본체는 하방에서는 중간압력 Pd와 코일 바네의 작용력으로 밀어 올려져서 균형을 잡을 때까지 작동하며 유로 B를 형성하여 출구압력 P2에 수렴한다.

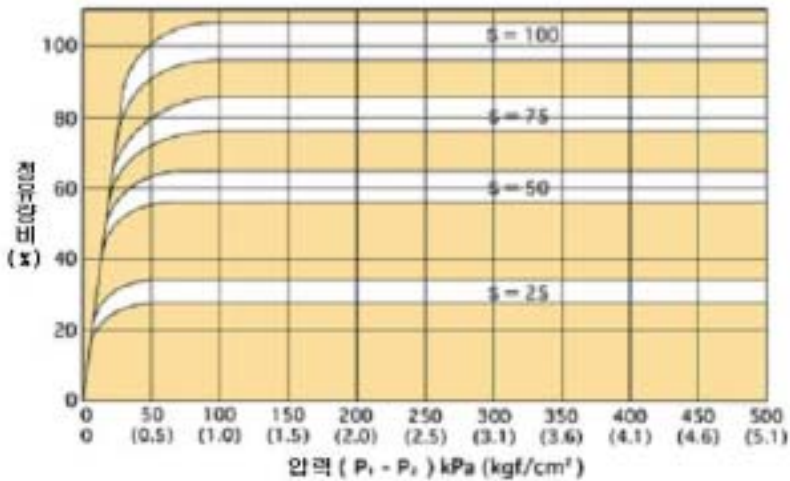


그림 2.1.17 정유량 특성곡선

그리고 입구압력 P1이 상승해 오면 유량이 증가하게끔 해도 압력의 전파가 우선해서 다이어그램 상부에 작용하는 P1에서 자동밸브 본체를 밀어 내리며 중간압력 Pd와 코일 바네의 작용력에 균형이 맞을 때까지 유로 B를 자동적으로 좁아지게 하며 토출량을 자동제어한다. 이와 같이 어디까지나 설정된 체절밸브 본체의 개도에서 발생하는 P1과 Pd의 압력차로서 작동하기 때문에 입구압력 P1의 변동에 대해서도 또한 관말의 압력변동에 의한 P2의 변화에 대해서도 관계없이 체절밸브 본체의 개도에 비례한 일정유량이 된다. 체절에 가까워지면 체절밸브 본체와 자동밸브 본체는 밸브봉을 매개로 일체화되어 체절밸브 본체 하방으로부터

터의 p2와 다이어그램 상방으로부터의 P1으로 균형을 잡으며 핸들조작은 경쾌하고 메카드화도 쉽게 계획할 수 있다.

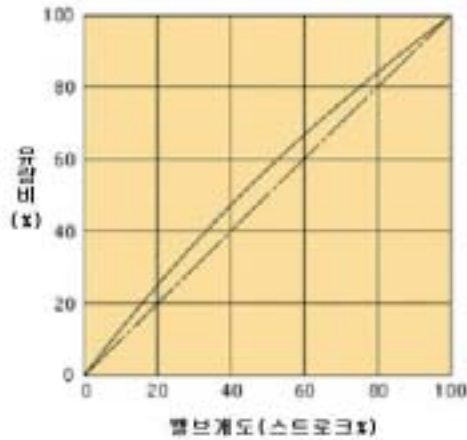


그림 2.1.18 밸브특성곡선

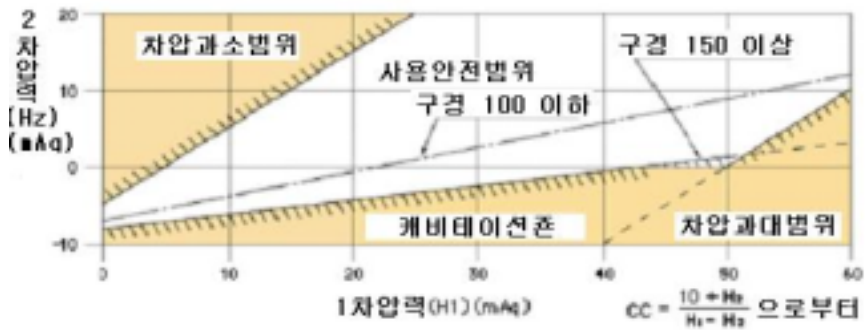


그림 2.1.19 캐비테이션 특성

유량은 입구압력(1차압력) P1, 출구압력(2차압력) P2 및 그 변동에 관계없이 일정한 유량값이 된다. 그림 2.1.20에서는 P1, P2의 격한 변동 즉 그 차압(P1-P2)의 커다란 변화에도 관계없이 조정(체질)밸브체의 개도 그림 중 S:개도(스트로크

%)에 따라서 순차적으로 정연하게 정밀도가 높은 정류량의 상태를 유지하는 것을 나타내고 있다. 그리고 더 나아가서 그림 2.1.19의 리니어 특성도 더해져서 작동중은 어떠한 관로조건에도 좌우되지 않기 때문에 제어의 감도도 좋고 따라서 제어범위도 크게 잡을 수 있다.

유니플로우 밸브에는 유량조정밸브로서 우수한 고유특성을 갖는 리프트형 조정밸브의 구조를 채용하고 있다. 따라서 그림 2.1.19에 나타낸 45도의 사선에 따라 이상적인 리니어(직선형)특성에 근사시킨 성능을 나타내고 있다.

유니플로우밸브의 허용 케비테이션계수 cc 는 하기와 같다.

구경 100mm 이하 $cc=0.45$

구경 150mm 이상 $cc=0.24$

따라서 차압허용범위를 포함한 사용안전범위는 그림 2.1.20에 나타낸 대로 대단히 넓은 영역에 설정할 수 있다.

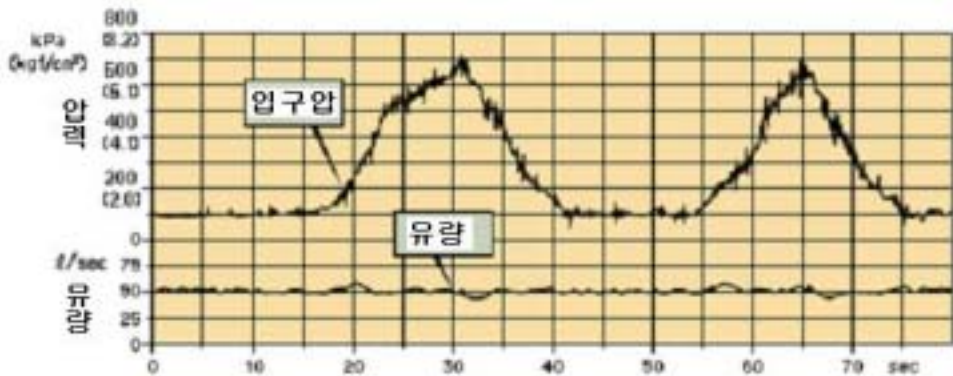


그림 2.1.20 입구압력의 변동과 정유량특성

제2절 국외기술의 개괄적 현황

2.2.1 동력식 수문

2.2.1.1 일반전기 동력식 수문(일본)

일본에서 현재 가장 널리 사용하고 있는 것은 동력식 수문으로서 이 중 일반전기식 수문은 수문의 개폐작동을 전기의 힘으로 하는 것으로 그 구성은 전원(단상 또는 삼상전원), 동력전달장치(기어, 감속기), 구동장치(모터부), 수문비, 수문플레이트, 제어조작부, 신호전달부등으로 되어 있다. 단, 전원의 종류가 교류이기 때문에 모터를 AC로 사용한다.



사진 2.2.1 일반전기 동력식 수문

일반전기사용 동력식 수문은 전기의 상에 따라 2가지로 나눈다. 그 2가지 형태가 단상(220N Volt)과 삼상(380 Volt)으로서 전기인입을 시키고 이를 계산된 모터의 용량에 따라 설치를 하여 사용한다. 단상과 삼상전기의 차이는 모터용량을 결정시키기 때문에 대형 수문의 경우는 삼상전기를 소형수문의 경우는 단상전기를 일반적으로 사용한다. 본 일반전기사용 동력식 수문의 경우에는 설치하는데 있어서 전기를 끌어오는 작업을 먼저 해야한다. 따라서 전기를 끌어오는데 불편한 원격지등에 설치하기에는 대단히 경제적으로 비효

울적이며 관리를 하는데 있어서도 낙뢰에 대한 대책 및 상시 관리라는 측면에서 불편한 점이 많다.

2.2.1.2 태양열 사용 동력식 수문(일본)

현재 일본에서도 대체에너지를 사용하여 수문의 조작을 행하는 수문을 많이 개발하고 있으며 이 중 가장 실용화가 널리 된 것으로 태양열 수문이다. 태양열 수문은 태양열을 이용하여 전기를 발생시키고 그 전기를 축전기를 통하여 밧데리에 축전을 시키며 수문 작동시에는 밧데리의 전기를 이용하여 개폐를 하는 태양열 수문은 직류전기를 사용하기 때문에 구동장치를 DC모터를 사용한다. 본 태양열 사용 동력식 수문은 일반전기 사용 동력식 수문과 달리 초기 전기인입투자가 필요없으며 운영시에도 자체 전기공급시스템이기 때문에 비용이 들지 않는다. 다만 수문의 크기에 따라 투입되는 모터나 그 외의 부대장치가 일률적이지 않기 때문에 개발을 해야하는 부담이 큰 것이 단점이다.

2.2.2 무동력식 수문

2.2.2.1 프랑스(Neyrtec series)

프랑스는 1960년대부터 Neyrpic series라는 무동력 수문을 개발하여 보급을 해왔다. 이 Neyrpic series는 초기 무동력 수문 타입으로서 주로 수문 상류의 수위를 일정하게 유지하도록 하는 기능(AMIL GATE)을 갖추고 있다. 이러한 타입의 수문이 1980년대 들어서 ALSTOM사의 수리시설부문에 매각되어 새롭게 Neyrtec series로서 탈바꿈하여 수문 하류의 수위를 일정하게 유지시켜주는 수문(AVIO and AVIS GATE)을 추가로 개발하기에 이르렀다. 현재까지 상류와 하류 수위를 일정하게 유지시켜주는 무동력 수문을 전세계에 약 8,000여대 제작하여 판매하였으며 주로 수로가 발달되어 있는 유럽과 동남아시아지역에 보급되어 있는 실정이다.

이 중 대표적인 무동력 자동 수문인 AMIL GATE에 대해서 알아보면 수문용도는 수문 상류의 수위를 일정하게 유지시켜주는 것으로서 프랑스에서는 통선시 수로의 수위를 유지시키는데 이용이 된다. 따라서 원리는 수로내 일정한 수위를 유지하기 위해서 일정 이상의 유량이 상류로부터 유입이 될 때에는 수문이 더 많이 개방되어 하류로 유량을 내보내고 수문 상류의 수위는 일정하게 유지시키는 그러한 역할을 하고 있다. 이러한 모든 작동을 수문비 앞에 달려있는 부력판과 수문 뒤쪽에 붙어있는 두 개의 Weight balance의 힘의 균형에 의해 작동시키고 있다.

AMIL GATE의 구조는 크게 나누어서 수문비(부력판 포함), 수문의 구조를 형성시키는 프레임, 자연중력하에 수문이 자동으로 닫히고 부력발생에 의해 수문이 개방되는 역할을 담당하는 두 개의 Weight balance로 이루어져 있다. 여기서 중요한 것은 수문비의 형태가 레디얼로 되어 있기 때문에 모든 힘의 중심은 수문비 어느 방향에서나 수문의 중심축을 향하게 되어 있고, 따라서 수문을 설치시 수문의 중심축이 수문상류의 유지수심이 되며 바로 이 유지수심에 의해 수문비의 크기가 결정되어지기 때문에 수문의 설계상 가장 중요한 것은 수로의 크기 및 유지수심이라고 할 수 있다.

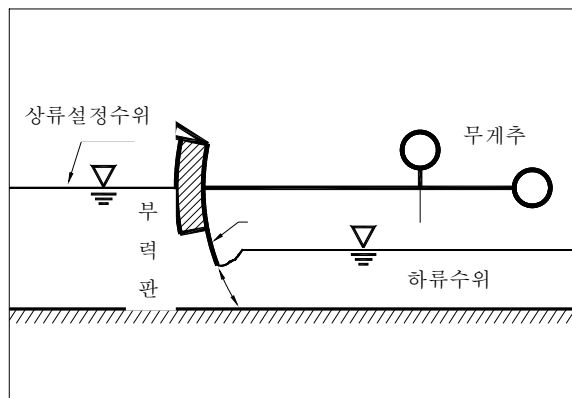


그림 2.2.1 프랑스 무동력 수문의 작동원리도

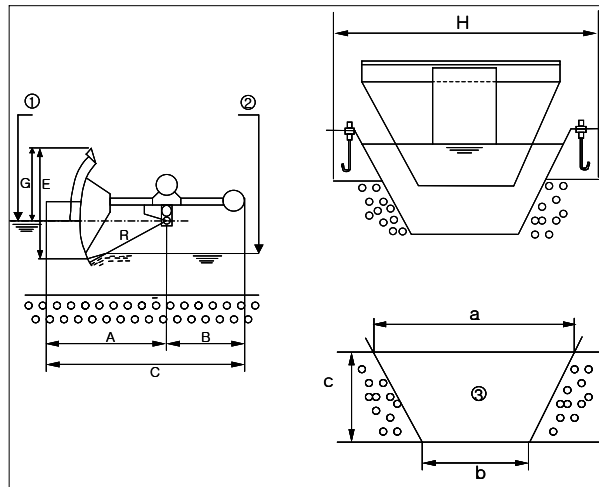


그림 2.2.2 프랑스 무동력 자동 수문 도면



사진 2.2.2 프랑스 MOEX 지방에 설치된 AMIL GATE의 모습

AMIL GATE의 작동원리를 설명하면 다음과 같다.

상기의 그림 2.2.1에서 보는 바와 같이 대상수로내에서 설정수위가 정해지고 이 설정수위보다 수위가 올라가면 수문비 앞에 부착되어 있는 부력판에 부력이 발생하여 수문을 위로 들어올리는 양력이 발생하고 이때부터 수문이 개방되어

수문 상류로부터 유입되는 유량을 하류로 방출하면서 수문상류의 수위를 일정하게 유지하게 된다. 반대로 최대유량에 의해 최대로 개방되어진 수문이 유량감소에 의해 수문이 점점 닫혀지다가 수로내 수위가 수문 상류설정수위에 다다르면 완전히 닫혀진다.

이러한 동작을 유량과 수위의 변화에 따라 계속적으로 반복하게 된다. 이러한 동작의 반복이 외부로부터 유입되는 동력(electric power)이나 인력(man power)의 도움없이 수로내 수위의 증감에 따라서 수문 스스로 작동한다는 것(self controlled)이 본 수문의 가장 큰 특징이다.

2.2.2.2 일본

(1) Watchman Gate

일본은 우리나라와 같이 좁은 국토에 집약적으로 농사를 짓는 형태로서 논관개를 위한 수리시설물의 현대화가 진전되어 있고 이에 해마다 많은 예산을 투입하고 있는 실정이다. 일본도 농촌현실이 고령화의 진전과 이농현상에 따라 수리시설물의 유지관리를 위한 인력을 구하는 것이 대단히 어려운 실정으로서 인력을 사용하지 않고 물관리를 할 수 있는 물관리자동화시설(TM/TC)사업이 대단히 활발하게 전개되고 있다. 이와 관련하여 또한 인력이 필요없이 스스로 수로내의 수위를 일정하게 유지시켜 주고 급수를 하게 하는 무동력 자동 수문을 일찍부터 프랑스에서 기술을 들여와 토네가와(利根川)용수사업지구에 적용을 시켰다. 그 적용에 있어서도 간선용수로에는 프랑스의 AMIL GATE 타입을 적용시키고 지선급 이하에서는 일본 자체적으로 개발한 WATCHMAN GATE를 개발하여 섬세한 물관리를 하고 있는 실정이다.

사진 2.2.3에 나와 있는 AMIL GATE는 일본의 도네가와용수사업지구의 간선용수로에 설치된 것이다. 크기는 폭 7m의 수문 2대를 병렬로 연결시켜 설치한 것으로서 수문 상류에 분수문이 부착되어 있어 용수를 분기하고 있으며 수문 주위는 안전을 위해 펜스를 쳐놓았다. 이상홍수시를 대비하기 위하여 수문을 수로



사진 2.2.3 일본의 무동력 자동 수문

내에서 완전히 들어 올릴 수 있도록 작키(jacky)장치를 겸비하고 있으며 수문의 진동을 완화하기 위하여 양쪽 플레임(Flame)에는 쇼크 업 쇼버(shock up sober)를 장치하였다. 현재 이러한 제수문의 용도로 일본 전역에 약 300대 정도를 설치하고 있으며 이를 시스템적으로 운용하는 지역도 있다.

사진 2.2.4는 일본의 호우코쿠(豊國)사에서 개발한 WATCHMAN GATE를 설치한 전경이다. 본 수문은 부력을 발생하는 부력장치를 수문본체의 부력관에서



사진 2.2.4 일본의 WATCHMAN GATE

발생시키는 것이 아니라 수로 옆면에 따로이 부착시켜 그 안에서 부력을 발생시키도록 제작되어 있으며 부력발생 민감도가 AMIL GATE에 비해 약 10배 정도 높다. 또한 AMIL GATE가 수문 앞의 유지수심을 최초 설계시 결정하여 변경하지 못하는 것에 반해 이 수문은 수문 뒤쪽에 장착되어 있는 웨이트의 무게를 조정함으로써 어느 정도까지는 조정을 할 수 있는 것이 특징이다. 이러한 수문의 용도는 이모작 특히 용수량에 차이가 나는 이모작의 경우에 용수공급을 조정할 수 있다는 것이 커다란 장점이다. 본 수문은 수원에서 포장말단까지 폭넓게 사용할 수 있다. 이상과 같이 일본에서의 무동력 자동 수문 개발은 간선과 지선의 특징에 따라 개발을 하고 있으며 이의 적절한 시스템화를 도모함으로써 섬세한 물관리를 이룩하고 있다고 해도 과언이 아니다.

(2) 박스형 경사타입 수문

무동력으로서 수문을 작동시키고 있는 예로서 이러한 시도를 하천의 보를 대상으로 하는 것을 최근 몇 년간 수리시설 전문제작업체의 노력에 의해서 시도되고 있는 실정이다. 하천의 보는 물을 저류하는 기능을 하는 것으로서 실제로 하천에 설치되어 있는 보는 월류를 개념으로 해서 설계제작되어 있는 관계로 보 앞에 토사의 퇴적등에 의한 저류량 감소에는 스스로 대처할 능력이 없었다. 그러나 이러한 대처능력의 향상을 위하여 가동보의 개념으로서 전동보, 라바 댐(rubber dam)등의 유압을 이용한 가동식 보가 개발되어 퇴적토사의 유출 및 보 하류의 유량공급에 탄력성을 갖게 되었다. 그러나 이러한 모든 시설은 전기인입이라는 근본적인 동력공급의 문제를 갖고 있기 때문에 설치시 많은 초기투자비용을 소요하는 것이 필수적이었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 초기에 등장한 것이 박스형 모양을 한 여닫이식 무동력 가동보로서 보의 몸체가 부력판의 역할을 하여 보 상류의 수위가 일정 이상으로 증가하면 보가 밑에서 위로 열리기 시작하여 저류된 물을 하류로 보내는 구조로 되어 있다. 이 장치의 특징은 구조가 간단하면서 밑에서 위로 보가 올려지기 때문에 보 앞의 토사퇴적이 필요없

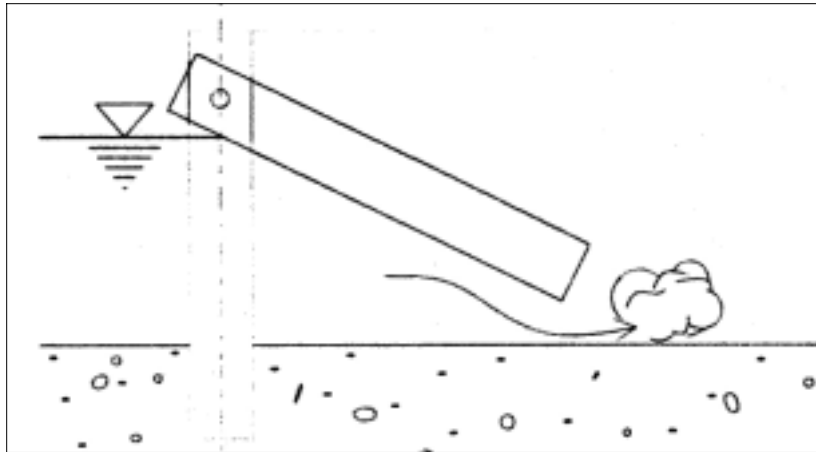


그림 2.2.3 박스형 경사타입 수문

기 때문에 저류량 확보를 위한 준설등이 필요없는 보라고 할 수 있다. 그러나 이 보의 보의 양측면에 오물이 끼일 시에는 시급히 응급처치를 하기가 곤란하며 오물유입방지를 위한 스크린 장치를 설치하기가 대단히 까다로운 것이 단점이라고 할 수 있다.

(3) 시소원리형 경사타입 수문

시소 원리형 경사 타입 수문은 언체 높이보다 상당히 큰 수문으로서 수문 내부에 웨이트 박스(Weight box)를 넣어서 평상시에는 수문 내부에 있는 웨이트 박스가 수문 하부에 놓여 있어서 담수를 하는 수문의 기능을 하고 있고 필요시에는 일반 기계유압식 수문이나 고무 댐과 마찬가지로 인력이 투입되어 전원을 가동시켜 수문 내부의 웨이트 박스를 상부로 이동하여 수문을 지면과 평행하게 가동시키는 구조이다. 이 기계식 수문은 기계 유압식, 고무 댐 등으로 구분된다. 이 수문은 수문 개방시 일시에 많은 양의 물이 배출됨에 따라서 담수를 하는데 많은 시간이 소요된다. 또한 평상시에는 커다란 문제점이 없으나 홍수시 가동보의 효과를 기대할 수 있는 장점도 갖고 있다. 그러나 전원 차단시 수문이 작동하

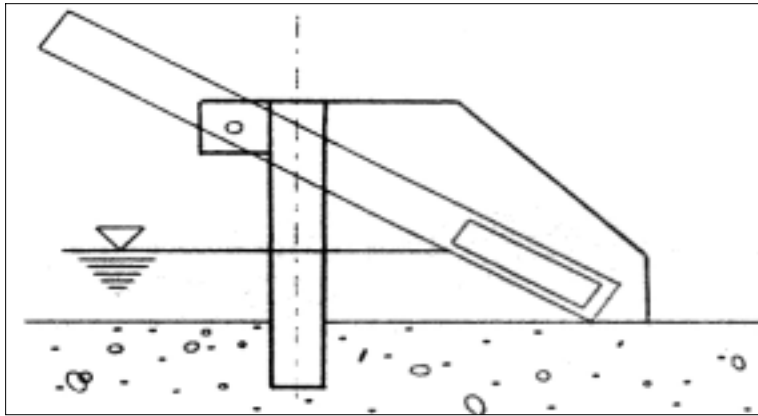


그림 2.2.4 시소원리형 경사타입 수문

지 못하였을 경우에는 하천의 범람 등에 의해 농경지, 주택지등에 침수피해를 일으킬 수 있다.

(4) 유선형 타입 수문

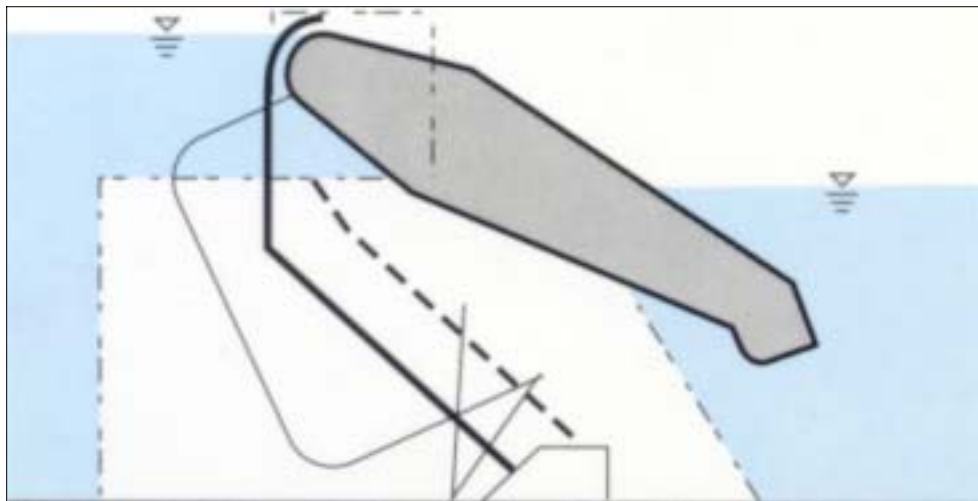


그림 2.2.5 유선형 타입 수문

유선형 타입 수문은 박스형 경사 타입 수문과 같은 원리로 작동을 하나 수문의 모양이 비행기 날개와 같이 유선형으로 생긴 것이 큰 특징이다. 이 수문은 수위가 설정치까지 올라가면 작동하기 시작하며 작동되는 순간부터는 유속에 의해 개도를 유지하면서 지면과 수평되게 작동을 한다. 그러나 이 수문 또한 상류로부터의 이물질 등에 대한 대책이 미흡하여 작동이 원활하지 못할 수도 있는 단점이 있다. 본 유선형 타입의 보는 상기의 박스형 및 시소원리형 경사타입 보를 개량보완한 것으로서 부양력을 키운 것이 그 최대 특징이라고 할 수 있다.

이상에서 기술한 바와 같이 적량의 용수를 적기에 원하는 곳으로 보내기 위한 수리시설물 설계 및 제작을 하는 엔지니어들의 노력은 끊임없이 계속되고 있다. 물론 원하는 목적은 전혀 다르지만 수로내 또는 하천에서 일정한 수위를 유지하기 위한 기본적인 원리는 물의 부력을 이용한다는 점에서 기본적으로 다 같으며 이를 목적에 맞게 변형시켜 사용하는 것은 엔지니어들의 몫이라고 할 수 있다. 현재 조사한 바로는 무동력(non power)으로 스스로 작동제어(self controlled)를 할 수 있는 수문의 종류는 프랑스와 일본의 예만 들었으나 비슷한 원리로서 다른 목적에 쓰이는 수문의 종류는 많을 것으로 사료된다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

- 제1절 전동 사통수문의 개요
- 제2절 제품개발을 위한 현장조사
- 제3절 구조계산법
- 제4절 시제품 개발 및 현장설치
- 제5절 사양
- 제6절 앙케이트 조사
- 제7절 결론

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 전동 사통수문 개요

본 태양광을 사용한 사통수문은 우선 수문의 개폐동작을 일으키는 동력원을 태양광 전기로 하며, 수문 개폐 정도를 알 수 있어야 하고 수문 개폐 정도에 대한 데이터를 송수신하고, 이를 원격지에서도 수신하고 판독하여 상황에 따라서는 멀리 있는 사통수문의 개폐동작을 제어할 수 있도록 하는 것이다. 상기에서 논한 수문의 개발방향은 저수지의 물관리를 자동화하는 것을 의미하는 것으로서 전기 인입이 힘든 지역을 대상으로 태양광 전기를 이용한 사통수문을 설치하고 이를 제어하여 물관리를 행한다는 것이다. 따라서 이러한 개발목표를 선정하기 위하여 기존 동력식 수문등의 특성을 우선 검토하고 이를 바탕으로 개선안을 마련하며 마지막으로 가장 효율적인 사통수문개발을 위한 개선점에 관하여 기술하기로 한다.

3.1.1 기존 동력식 수문의 특성 검토

3.1.1.1 전동조작기(Electric Motor Operator)의 일반사항

전동조작기란 전동 모터와 기어, 감속기 등을 이용하여 수문을 개폐하기 위하여 만든 장치를 의미한다. 이 조작용 전동기는 조작기와 직접 연결하거나 연결축(샤프트 또는 유니버설 쥔인트)을 이용하여 연결할 수 있으며, 그 출력은 주문자가 지정하는 수문의 개폐 소요 시간 내에서 수문 개폐에 필요한 토크를 발생할 수 있어야 한다. 또한 전동 조작기는 수동 조작이 가능한 구조로 하여 동력발생이 불가능한 경우에 대비할 수 있도록 하고, 전동 조작시에는 수동 조작의 핸드 휠, 캡 또는 체인 휠이 회전되지 않아야 한다. 이는 전동과 수동을 한 몸체로 만들었을 때에 일어날 수 있는 고장 등을 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.

3.1.1.2 구조 및 기능

(1) 구조

사통수문용 전동식 조작기는 Limit Switch에 의한 ON-OFF등 두 가지 위치의 동작을 행하고, 그 동작 상태를 나타내는 한계스위치(Limit Switch)가 설치되어 있어야 한다. 또한 전동 조작기에는 수문 개도를 수동으로 조정할 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 사통수문을 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.

(2) 기능

전동 조작기는 전동기(모터)에 공급되는 3상 전원(일반전기, 교류)의 위상이 바뀌어도 수문비의 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 하고, 또한 전동 조작기는 주위 온도(-30℃ ~ 70℃) 사이에서도 운전이 가능하여야 한다.

3.1.1.3 모터(Motor)

모터는 인입 전기의 종류에 따라 달라지지만 220V/2 Φ /40Hz, 380V/3 Φ /60Hz의 전원으로 구동되거나 태양광 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 더 이상 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 한함).

3.1.1.4 감속기(Gearing)

전동 조작기의 기어는 오일(Oil) 또는 그리스(Grease)를 채우고 외함 (Gear case 또는 Housing)은 완전 밀봉되어 어떠한 각도에서도 운전할 수 있어야 한다. 또한 윤활유 주입 및 배출구를 갖추고 있어야 하며(조작판넬이 일체형인 경우에 한 함) 동력 전달용 주요기어는 금속제로 제작되어야 한다. 전동조작기의 기어박스는 밀폐 방수형으로서 빗물이나 습기에 의해 계기고장 등을 방지할 수 있어야 한다.

3.1.1.5 수동/전동 절환: 수동 조작용 핸드 휠(Handwheel)

비상시 밸브를 수동 조작할 수 있도록 Handwheel이 설치되어 있어야 하며, 수동 조작에서 전동 조작으로의 변환 시에는 모터만 구동시키면 자동으로 모터의 구동축과 연결(자동 복귀)되어야 하나, 필요시에는 수동조작을 하

여야만 복귀(수동복귀)할 수 있는 것도 사용할 수 있도록 한다. 핸드 휠은 모터 구동기구와는 연결되어 있지 않고 별도의 구동기구로서 구성되어야 하며, 특별히 명시하지 않는 한 핸드 휠의 개폐 방향은 시계방향 닫힘(Clockwise close)으로 한다. 핸드 휠은 치차 또는 적절한 방법에 의하여 적은 힘으로도 조작기를 작동시킬 수 있도록 해야 하며, 효율적이고 안전한 조작이 되도록 적절한 크기로 제작되어야 한다. 또한 전동 구동 시에는 수동용 핸드 휠은 회전되지 않아야 한다.

3.1.1.6 구동 부싱(Driving bushing)

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

3.1.1.7 토크(Torque) 및 한계(Limit) 스위치

조작기는 형태별로 필요한 개방 및 폐쇄를 위한 토크스위치를 부착하고, 개폐표시등을 점등하는 접점과 경로방지를 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) 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.

3.1.1.8 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 카트리리지형 휴즈로 보호되어야 한다.

3.1.1.9 원격 운전 및 개도지시

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

3.1.1.10 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.

3.1.1.11 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.

3.1.1.12 Wiring Terminal

내부 결선용 Wire는 "Tropical grade PVC insulated standard cable" 이어야 하며 각 Wire 끝에는 Wire number가 표시되어야 하며 Terminal은 절연

된 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.

3.1.1.13 유니버설 쥘인트(Universal Joint)

유니버설 쥘인트는 모터와 감속기에서 나오는 회전동력을 직각으로 변환시켜 로드 암을 회전시켜주는 역할을 한다. 이 유니버설 쥘인트의 성능에 따라서 아주 부드럽고 마찰이 적어져서 수문비가 유연하게 개폐동작을 하게 된다.

3.1.1.14 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.

3.1.1.15 Start-up kit

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

3.1.1.16 전동조작기 선정

전동조작기는 수문의 소요토크보다 1.5배이상의 출력을 발생시킬 수 있는 것이어야 한다.

3.1.2 동력장치별 인양력 검토

3.1.2.1 전동조작기의 선정시 조사항목

전동조작기 선정시 조사항목으로서는 다음과 같은 점을 주의해서 조사해야 한다. 수문의 구동소요장치의 종류와 크기를 살펴보면 우선은 구동 운전소요 시간과 소요 구동 Torque (관련계산법 또는 업체의 표준값)를 잘 살펴야 한다. 이는 수문의 개폐에 따른 마찰력을 알 수 있는 방법이며 이에 따라 수문의 규격과 모터의 규격을 판정할 수 있다. 다음으로는 운전특성을 살펴 봐야 한다. 모든 계기는 일정한 방향으로 작동을 해야만 표준성을 얻을 수 있고 다양한 상황하에서 일률적인 움직임은 나타낼 수 있기 때문에 수문의 운전특성에 관해서도 시계방향 회전(열림), 반시계방향 회전(닫힘)을 유지하고, 단순 운전 및 비례제어등 운전특성이 요구된다. 또한 제어특성으로서는 수문을 원격에서도 제어할 수 있는 원격제어시스템 및 현장제어를 위한 현장제어시스템 그리고 원격지와 현장에서 동시에 제어가 가능한 원격·현장 혼합제어시스템등으로 나눌 수 있으며 이를 현장의 상황에 맞도록 구비시킬 필요가 있다. 상기에서 기술한 시스템 제어를 위한 제어반을 구성할 때 일체형, 분리형(자립형, 벽걸이형), 중앙집중/분리제어형 등으로 현장상황에 따라 할 수 있으며 전원과 전압은 주 운전 전원, 조작 전원의 특성을 고려해야 한다. 또한 구동장치물과 액추에이터의 조립면 형상, 치수등을 정확하게 판단하여 정해야 하며 설치장소도 옥내, 옥외, 주위분위기 온도, 특수지역 등으로 세심하게 나누어서 정해야 한다. 기타 특수하게 필요한 사항 또는 요구사항을 잘 조사하여 시스템의 운영과 유지관리에 만전을 기하도록 할 필요가 있다.

3.1.2.2 전동기의 용량과 시간정격

전동기용량은 계산 개폐력에 대해 100% 이상의 것으로 하고 전동기의 정격 Torque에 의해 기동 Torque가 200% 이상, 최대 Torque가 300%이하이어야 한다. 또한 전동기의 시간정격은 전양정을 운전하는데 필요한 시간 이상으로 하고 다만 1회당의 운전계속시간 이상으로 한다. 여기서 자동제어등에

서 기동, 정지를 빈번하게 되풀이 하는 경우는 장시간의 반복 운전을 해도 지장이 없도록 해야 한다.

3.1.2.3 개폐하중 계산

개폐하중의 계산은 아래의 항목을 안전한 방향으로 조합시켜서 계산한다. 문비하중 및 Ballast 자중은 설치하는 수로의 설계유량과 수압을 계산하여 정하며, 수문 권양력을 결정하기 위한 회전마찰력은 다음의 식으로 계산한다.

$$\text{Roller 회전마찰력 : } F_w = \frac{(\mu_1 + \mu_2 \frac{d}{2})}{\frac{d}{2}} P \quad \text{..... (3.1.1)}$$

수밀성 확보를 위한 수문비와 수문플레이트 사이의 수밀부에 대한 마찰력 계산 또한 수문의 권양력을 결정하는데 중요한 요소이다. 그 계산식은 다음과 같다.

$$\text{수밀부 마찰력 : } F_r = \mu_r(q + pb) \Sigma \ell \quad \text{..... (3.1.2)}$$

또한 수문을 수로에 설치하였을 때 수로 내의 토사등에 의한 퇴적현상이 일어나며 이러한 토사가 수문비와 수문플레이트 사이에 끼이면 마찰력을 동반시킨다. 따라서 퇴적물에 대한 마찰력도 고려해야 하며 그 계산식은 다음과 같다.

$$\text{퇴적물에 의한 마찰력 : } F_e = \mu_e P_e \quad \text{..... (3.1.3)}$$

수로 내 유량이 존재하면 유속과 단위체적중량에 따라 부력이 발생된다. 이러한 부력의 발생 또한 수문 개폐에 영향을 주는 인자 중의 하나이다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{부 력 : } F_b = Y_0 V \quad \text{..... (3.1.4)}$$

수로 내 유량의 증감에 따라 월류수 및 저부방류시의 수문이 받는 영향을

고려하여 상향력 및 하향력을 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\text{월류수에 의한 상향력, 하향력} : F_{\mu} = K_1 Y_0 H D B \quad (3.1.5)$$

$$\text{저부방류시의 상향력, 하향력} : F_d = K_2 Y_0 H d A \quad (3.1.6)$$

3.1.3 태양광 전동 사통수문의 개발 방향

본 연구의 목표인 태양광 전동 사통수문의 개발은 우선 과제의 제목이 뜻하는 바와 같이 간선급이나 지선급에서 그 이하의 수로로 용수를 분기할 때 사용하는 수문을 초기투자비용과 운영, 유지·관리면에서 비용을 적게 들이고 이를 현장 또는 원격지에서 감시 및 제어(TM/TC)가 가능하도록 하는 시스템을 구성시킬 수 있도록 하는 것이다. 이러한 시스템은 우선 일반 전동식 수문이 갖고 있는 특징(작동 메커니즘)에 더해 개폐신호 감지, 신호전달, 수문제어까지를 담당할 수 있는 시스템을 추가해야 한다. 또한 초기투자 및 운영, 유지관리비용을 절감하기 위하여 가장 경제적이며 효율적인 시스템 구성, 동력원의 전환(일반전기→태양열 전기)에 따른 주변기기의 변화, 수문의 내구성 및 설치 후 내구수명이 다 할때까지 사용상의 보수등을 고려한 도장방법등 해결해야 할 문제가 산적해 있으며 이러한 것을 계획 수립, 설계, 제작, 시험등 단계를 밟아 해결을 해 나간다.

본 저수지 사통수문 개발 연구의 수문 개발방향을 다음과 같은 점을 주안점으로 하였다.

3.1.3.1 수문재질

수문은 보통 수압과 내구성, 온도변화등에 의해 철강을 재료로서 사용하고 그 위에 부식방지를 하는 도장을 피복함으로서 제작되어 진다. 그러나 수문 각 부분이 갖는 특성 때문에 현재는 SUS, FRP, PE등 다양한 재료를 선택하여 수문을 구성·운영하고 있는 실정이다.

표 3.1.1 수문 각부의 재질

구분	일 반 명 칭	주 사용부분
1	일반구조용 압연강재	문비, 호구, 문비지지부, 고정부, 개폐장치base, bolt
2	용접구조용 압연강재	문비, 호구, 문비지지부, 고정부
3	용접구조용 내후성 열간 압연강재	문비, 호구, 문비지지부, 고정부
4	일반구조용 탄소강 강관	문비, 보호관, 난간, 하중전달용 shaft
5	배관용 스테인레스강	문비, 보호관, 난간, 하중전달용 shaft
6	열간압연 스테인레스 강관 냉간압연 스테인레스 강관	문비, 호구의 수밀판, roller rail면
7	스테인레스 grad 강	문비, 호구, 수밀판

표 3.1.1에서 알 수 있듯이 문비, 플레임등에는 압연강재가 많이 쓰이고 기어 또는 Shaft, 호구는 SUS를 많이 사용한다. 또한 수밀재료로는 표에 나와 있지는 않으나 고무, PE등을 사용하기도 한다. 따라서 본 연구에서의 재료로서는 제작비용과 추후 유지관리를 위하여 수문은 기본적으로 압연철강으로 하며 Shaft는 SUS, 수밀부는 PE를 사용하기로 한다. 또한 다양한 재질을 선택할 수 있으나 현재 선접촉식 지수부에는 PE를 사용하는 것을 기본으로 한다.

3.1.3.2 동력원(일반전기→태양열 전기)

현재 일반적으로 사용하고 있는 농업용 전기는 한전에서 공급하고 있는 교류 전기이다. 교류전기란 전기가 흐를 경우 분당 극성(+, -)이 60회가 바뀌며 흐르는 전기로서 전압은 통상 단상 220volt, 삼상 380volt로 나누어서 사용하고 있다. 또

한 분당 바뀌는 극성의 수량은 주파수로서 표시되며 우리 나라의 경우에는 60Hz(극성이 분당 60회가 바뀐)를 사용하고, 일본의 경우에는 50Hz를 사용한다. 본 교류전기는 한전에서 공급하기 때문에 매우 일반적인 전기로서 가정용, 산업용, 농업용으로 구분하고 있으며 어느 장소이든 전기인입을 하는것은 가능하지만 원격지의 적은 개소의 장소에서 동력을 필요로 할 때는 전기인입비용이 투자되기 때문에 경제성을 고려해야 할 필요가 있다. 이에 반해 직류전기는 보통 태양열등에 의해 공급받는 전기로서 극성이 바뀌지 않고 흐르는 전기를 말한다. 따라서 주파수가 존재하지 않으며 전압만이 존재하는 특성이 있다. 본 직류전기는 일반적이지 않기 때문에 직류전기를 사용하기 위해서는 전원발생을 위한 태양열 전지판등을 설치해야 하며 동력발생을 위해서는 직류전기에 알맞는 직류모터를 사용해야 한다.

3.1.3.3 동력저장 및 전달 장치

동력이 발생하여 이를 축전지(배터리)에 충전을 시키기 위해서는 발생된 전기를 배터리까지 끌어오는 충전기가 중요하다. 더욱이 태양전지용 충전기에 대해서는 아래와 같은 점을 충족시켜야 한다.

- ① 태양전지 충전기는 충전기 자체의 전력소모가 극소량이어야 한다.
- ② 태양전지 전압이 배터리 전압보다 낮으면 충전기는 동작하지 말고 감지회로만 살아있어야 배터리가 방전되지 않는다.
- ③ 충전시 손실은 가능한 한 적어야 한다.
- ④ 이런 조건을 만족시키려면 충전회로 전부가 반도체 회로로 구성되어야만 한다.
- ⑤ 배터리의 과충전을 방지하기 위한 기능과 배터리 과방전방지 기능도 겸비하고 있어야 한다.
- ⑥ 배터리 수명을 연장하고 1회 충전 후 사용시간을 길게 하기 위해서는 관리 기능이 있어야 한다.

상기와 같은 점에 유의하여 태양열 전동 수문의 동력원인 전기를 충전할 수 있는 충전기를 개발하여 장착·운영한다.

3.1.3.4 구동장치

구동장치는 전력을 받아 전력저장이 된 곳으로부터 전력을 끌어와 수문개폐를 행하는 힘을 발생시키는 장치를 말한다. 즉, 모터의 역할을 나타내는 것으로서 어떠한 종류의 전력을 인입하는간에 직류모터(DC Moter), 교류모터(AC Moter) 두 가지를 다 사용할 수 있다. AC Moter를 사용할 시에는 수문 개폐를 위하여 원하는 위치까지 전기를 인입해야 함으로 전기인입비용(57천원/m)의 초기설치비용이 발생하고 한국 전력의 전원을 사용함으로써 운영에 대한 동력비가 추가적으로 발생하는 부담이 있다. 그러나 장기적으로 보면 전력의 안정적 공급에 의한 수문의 운영이 가능하며 기존 구동모터가 생산이 많이 되는 관계로 보수 및 유지관리에 큰 노력이 들지 않는 장점이 있다. 그에 반해서 DC Moter는 모터의 주문생산으로 부품공급에 애로가 있기 때문에 보수 및 유지관리에 많은 문제점을 내포하고 있으나 AC Moter와는 반대로 일반 전기인입이 필요없기 때문에 초기 시설투자비가 절감되고 태양열이라는 자연동력을 사용하기 때문에 수문 운영에 추가적으로 드는 전력비가 없으며 발생 전력량에 맞추어서 축전을 위한 배터리 및 태양전지판을 사용함으로써 외부동력이 없이도 수문 구동이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 개발연구에서는 일반전기를 사용하는 수문의 경우 AC Moter를, 태양열 전기를 사용하는 경우에는 DC Moter를 적절히 사용하는 것으로 한다.

3.1.3.5 수문 형태

사통수문의 경우에는 직전방으로부터 대부분의 수압을 받는다. 따라서 큰 정수압 또는 동수압을 견디기 위해서는 원형수문비로 하여 수압을 수문비 전체에 동일하게 분산시키거나 또한 밸브식을 장착시킴으로써 높은 수압에 수문비가 견딜

수 있도록 하는 것이 중요하다. 여기서 수압만을 고려하여 수문비를 제작하는 것이 아니라 수문비와 수문틀과의 지수성능도 고려하여 수문비 작동시 마찰력을 최소화할 수 있도록 하는 것도 중요하다.

3.1.3.6 신호감지

신호감지는 수문의 개폐동작에 대한 상황을 감지하고 이를 제어장치에 인식시키는 중요한 역할을 한다. 수문의 개폐를 알 수 있는 방법은 여러가지 있으나 우선 개폐감지센서를 외부에 노출시키지 않고 스프링들 안에서 감지할 수 있는 방법을 추구한다. 그 가장 커다란 이유는 외부충격으로부터의 파손을 방지하고 항상 일정한 수문 개폐간격을 유지시키며 수문의 최대개도 및 폐도를 감지할 수 있도록 한다. 또한 습기나 빗물에 의해 부식되고 이에 따라 제 기능을 하지 못하여 수문 개폐에 문제점이 생기지 않도록 방수처리된 부품을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

3.1.3.7 신호전달

신호전달은 신호감지센서가 감지한 수문의 개폐상황에 대한 데이터를 제어장치에 전달하는 것으로서 본 태양열 전동 수문 시스템을 가장 효율적으로 사용하고 운영하는데 있어서 핵심적인 기술이다. 직류전기이든 교류전기이든 전기인입에 따라 모터를 구동시키고 다시 그 전압이 센서(개폐도 감지)로 들어가서 저항치로 바뀌며 그 저항치를 전류값으로 전환시켜 제어장치에 전달하는 역할을 한다. 따라서 본 개폐도에 대한 데이터를 제어장치에 전달하는데 있어서 가장 중요한 역할을 하는 것이 저항-전류 변환장치(R/I Converter)이며 이의 태양열을 이용하는 사통수문 시스템에 가장 알맞는 형태로서 개발하여 장착 및 운영을 한다.

3.1.3.8 제어장치

제어장치는 현장과 중앙관리소로 나누어서 또는 현장/중앙관리소 합동으로 설치할 수가 있다. 제어장치는 전달된 신호를 판단하여 수문개폐작동을 행하는 것으로서 ON/OFF Swich로 구성하며 전기신호의 교란에 의하여 수문이 오작동될 수도 있기 때문에 Reset Botton을 추가로 설치하여 최초설치시의 값(0%나 100%)으로 되 돌릴 수 있는 기능도 추가적으로 설치한다.

3.1.3.9 수밀부 형태

보통 수문이 수로의 물을 막기 위해서 취하는 제수형태를 수밀이라고 한다. 용수의 손실과 누수를 막기 위해서 각종 수밀형태를 취하고 있으나 수밀의 형태가 오히려 커다란 마찰력을 발생시켜 수문의 개폐(권양)에 많은 힘 또는 동력을 소모하게 만드는 요인으로 작용시키기도 한다. 이에 따라 수문비의 중량 및 수문비에 미치는 수압 이외에 마찰력이라는 저항까지 더해져 수문비의 개폐동작을 위해 실질적인 개폐동력 이상으로 모터의 성능을 상향시키는 경우가 많으며 이에 따라 수문 제작 및 설치, 운영에 들어가는 비용도 올라가게 된다. 현재까지의 수밀방식으로는 수밀을 면접촉에 의해 행하여 누수를 완전히 차단하는 방식을 주로 써 왔다. 그 재료로서는 철이 주재료인 수문플레이트에 수문비의 가이드 플레임에 고무, PE등의 재료를 붙여서 마찰력 저감과 수밀성을 확보하는 방식을 사용해 왔다. 그러나 이러한 형태는 수밀성 확보는 면접촉에 의한 수밀성 확보의 한계로서 작용하여 수문구동부의 증대를 초래해 온 가장 큰 요인으로 작용하여 왔다. 따라서 본 연구에서는 확실한 수밀성 확보와 더불어 최소한의 마찰력으로 수문개폐를 행할 수 있는 수밀형태의 개발을 연구목표의 하나로 정하였다.

3.1.3.10 도장

농업용 수문의 특징은 1년 중 농사시기에는 물 속에 수문이 잠겨 있고 농사시기 이외에는 대기에 그대로 노출된다. 또한 우리 나라와 같이 4계절의 기온변화가 뚜렷한 경우에는 여름의 높은 온도와 겨울의 낮은 온도의 반복에 의하여 수

문의 부식을 방지하기 위하여 피복을 시켜놓은 도장의 상태가 수문의 내구수명을 결정짓는 중요한 요인 중 하나이다. 현재까지의 수문에 대한 도장을 살펴보면 일반 수문의 경우에는 방수 페인트나 Epoxy와 같은 가장 기초적인 도장을 하거나 아니면 아연 Galvanizing등을 이용하여 수문 표면에 대한 도장을 행하고 있다. 또한 바닷가에 설치하는 배수갑문의 경우에는 염분에 강한 중방식 도장을 사용하는 경우도 있으나 이는 극히 제한적인 도장방법이다. 여기서 방수 페인트는 열에 대해 대단히 약하기 때문에 피복을 시킨 후 1년 정도가 지나면 모재(수문비재료)와 피복과의 사이에서 떨어짐 현상이 일어나 피복에 벗겨지고 그곳에서부터 산화(부식)가 시작되어 수문 전체로 전달되고 이에 따라 부식에 의한 수문의 파손이 시작된다. 이는 Epoxy도장에 있어서도 마찬가지 현상을 발견할 수 있으며 특히 부식에 강하다는 아연 Galvanizing에 대해서도 조사를 해보면 우선 초산에 모재(수문, 철강)를 넣어서 산화된 찌꺼기등을 제거하고 그 후에 700℃를 용융된 아연에 모재를 넣어서 얇은 막을 입혀 꺼내고 이를 식힌 후에 도장을 완성시키는 방법이지만 이것도 상기의 페인트나 Epoxy도장과 마찬가지로 열에 대해 약하다. 특히 외부로 부터의 강한 충격등이 가해지고 그 때의 기온상태가 차가우면 아연과 모재(철강)의 떨어짐 현상을 가속되어 쉽게 부식을 발생시킬 수도 있다. 이는 수문 설치 후 유지관리비용을 생각하면 효율성과 경제성이 대단히 떨어지는 도장방식으로서 한 번 설치하면 내구수명이 다 할때까지 재도장의 필요가 없는 방식의 채택이 농업용 수문에도 적용되어야 한다는 당위성을 갖게 한다. 따라서 본 연구에서 개발되는 수문은 최소한 10년이상 재도장의 필요성이 없이 견딜 수 있는 방식으로 수문을 피복시키는 방법을 추구한다.

3.1.3.11 수문작동을 위한 연결부 구성

사통수문비와 구동부(모터 및 감속기)를 연결하여 동력을 전달하는 역할을 하는 로드 암(Rod Arm)과 유니버설 조인트(Universal Joint)는 사통수문을 구성하는 가장 중요한 부분으로서 로드 암의 길이가 길어질수록 수문비의 개폐를 위한

동력부하는 커지게 된다. 따라서 이러한 동력부하를 줄이기 위해서 유니버설 조인트를 사용하게 되는데 이 유니버설 조인트는 모터회전운동을 180도 회전운동으로 전환시켜 로드 암을 작동시킨다. 이 유니버설 조인트의 회전운동을 원활하게 하는 것이 본 사통수문의 운전효율을 증대시키는 방안으로서 가장 중요하며 유니버설 조인트의 구조적 특성을 개선시키는 것이 필요하다.

3.1.3.12 수문조립 형태

현재까지 개발된 대다수 수문의 경우에는 수문 플레이트와 토목 구조물의 결합을 위한 방법으로 볼트를 사용하고 있으나 수문 자체의 결합은 대부분 용접에 의하고 있는 현실이다. 용접의 경우에 자재와 자재를 잇는 결합강도에 있어서는 매우 뛰어난 성능을 발휘하고 있으나 외부 충격에 의한 수문의 변형(수문 변형시 수문개폐의 문제성이 발생할 여지가 큼)에 따라 수문의 보수를 위해 구조물로부터 수문을 떼어내거나 수문자체의 변형을 보수할 때 많은 작업상의 어려움을 동반시킬 수 있다. 또한 열에 대한 팽창과 수축을 강제로 저지함으로서 재료(철강)의 피로도를 가중시키는 문제도 야기시킨다. 따라서 본 개발 수문은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 수문 구조 중 용접에 의한 결합을 꼭 해야 하는 부분을 제외하고는 모두 조립식(볼트)으로 처리하여 상기와 같은 문제점을 사전에 차단할 수 있도록 한다.

3.1.4 제품개발을 위한 기초 검토

3.1.4.1 기존 수문의 권양방식 조사

권양방식에 대한 효율성을 검토하기 위하여 현재 일반적으로 현장에 설치되어 있는 분수문을 3가지 권양타입으로 구분하여 현장조사 및 특성, 토크등을 측정하여 조사를 행하였다. 권양타입으로는 스쿠류식, 워기어식, 편책크식으로 구분하여 행하였으며 이의 특성을 표 1-4-1과 표 1-4-2에 나타내었다. 우선 토크시험 대상 분수문의 구조적 특성을 보면 간·지선급 분수문을 대상으로 한 관계로 수

문의 크기가 가로 0.5m~1.8m, 세로 0.5m~1.5m, 수문 두께가 0.05m~0.1m이다. 이는 수해면적이 50ha 이상에서 500ha 이하를 대상으로 하는 수로에 설치되어 있는 수문을 대상으로 한 것으로서 가장 일반적인 형태라고 할 수 있다. 여기서 조사 대상의 분포를 살펴보면 가장 많이 분포되어 있는 수문은 스크류식이며 스크류식을 일부 개조한 워기어(1, 2단식)의 순으로 되어 있다. 개폐장치의 특성을 보면 스크류식은 스크류의 맨 위에서 스펀들을 사용하여 개폐작동을 하는 것으로서 소요힘을 적게 들이기 위하여 가장 적은 모멘트발생을 시키기 위하여 개폐장치가 크나 비용과 개폐도가 효율적이지 못한 단점이 있으며, 워기어식은 조정헨들이 수문축을 기준으로 90. 로 붙어있는 관계로 개폐장치를 움직이는데 많은 힘이들어가고 개폐도의 효율성도 작은 특성이 있다. 이렇듯 회전모멘트 발생을 생각하면 스크류식이 워기어식보다 소요되는 힘이 적다는 것을 알 수 있다.

또한 권양장치의 재질에 관해서는 2가지 타입 모두다 철재로 되어 있는 것을 알 수 있었다. 물론 구리스등을 칠하여 놓았기 때문에 부식정도가 심하지는 않았지만 녹이 슬어서 작동상에 문제가 있는 것이 많았고 특히 스크류식의 권양장치는 스크류가 밖으로 튀어 나와 있기 때문에 급수불만에 의한 스크류 파손등의 유지관리상에 어려움이 많은 것 생각되었다. 토크 측정 시험 결과에 대해서는 표 3.1.2에 나타난 바와 같다. 이 표에 의하면 스펀들의 반경의 크기가 스펀들을 돌리는데 부압으로 작용하는 것을 알 수 는 있지만 구조적인 회전력에 관해서는 커다란 영향을 미치지 않는다고 상정하고 분석을 해 보면 우선 순수하게 스펀들을 돌릴 때에 들어가는 힘이 스크류식, 핀재크식, 워기어식 순인것을 알 수 있다. 이것은 순수하게 수문 개폐에 드는 힘을 가하였을 때 나타나는 소요힘으로서 스펀들에서 기어를 통하여 수문 개폐를 하는데 들어가는 구조적인 메커니즘을 상정한 것이다. 이 결과에 따르면 워기어식의 구조가 순수하게 수문 개폐에 가장 많은 힘을 요구하며 적은 동력을 사용하는 구조를 생각해 볼때 적절치 않은 권양방식이라는 것을 알 수 있다. 그러나 이는 수동식일 경우에 가장 많은 애로점을 동반하는 것으로서 동력식으로 전환시킬 경우에 모터의 용량과 관계되는 점

표 3.1.2 토크시험 대상 사통수문 구조적 특성

구 분	사통수문			개폐장치		
	가로(cm)	세로(cm)	두께(cm)	폭(cm)	높이(cm)	직경(cm)
스쿠류식	50~180	50~150	5~10	50~70	110~200	2.5~3.2
웜기어식	50	50	5	20	120	2.5

표 3.1.3 재질조사 및 토크 시험 결과

구 분	재 질	개폐소요 동력		
		소요 힘(kgf)	스핀들 반경(m)	토크(kgf · m)
스쿠류식	철재	4~9.5	0.2	0.8~1.9
웜기어식	철재	39	0.4	15.6



사진 3.1.1 토오크(Torque) 측정대상 사통수문 모습

을 상정하면 모터에서 직접 스쿠류로 동력을 전달하는 것은 불가능하기 때문에 웜기어식의 동력전달방법 또한 그 외의 문제(문비하중, 수밀부 마찰력)를 저감시

킴으로서 충분히 사용할 수도 있다고 생각된다.

3.1.4.2 일반전기 사통수문 및 태양열 사통수문의 비교

일반전기 사통수문과 태양열 전기 사통수문의 특성을 표 3.1.4에서 알 수 있듯이 사용전원은 일반전기가 교류전기를 사용하고 태양열은 직류전기를 사용한다. 전기의 종류가 다르다는 것은 초기 설치시 전원공급을 위한 시설투자, 모터의 종류, 태양열 전지판, 충전기 및 배터리 사용 여부등이 달라진다. 구조적으로는 지수방식에서 커다란 차이가 있다. 지수방식으로서는 면접촉을 하는 지수방식으로서 주로 고무에 의한 지수를 일반전기를 사용하는 수문은 사용하는데 반해 태양열 사통수문의 경우에는 황동과 주철의 접촉에 의한 지수방식을 채택하였고 그

표 3.1.4 일반전기 사통수문과 태양열 전기수문 특성 비교

항 목	일반전기 사통수문	태양열 사통수문
사용전원	- 2℥, 220Volt - 3℥, 380Volt	- DC 24Volt
동력공급원	- 한국전력 전력 인입	- 태양전기판 이용 및 배터리 충전
구 조	- 일반적으로 고무지수판 부착 - 면접촉에 의해 마찰이 크다 - 소요동력이 큼	- 문틀 돌출 문비 홈 형식 채용 - 선접촉에 의해 마찰이 작음 - 소요동력이 적음
동일크기 수문 동력비교 (W600×H500)mm	- 3℥×220Volt×0.4kw	- DC 24Volt×0.2kw(200Watt)
동력비 검토 (1일 1시간 운전시)	- 0.4kw/hr/day - 12kw/month	- 자연에너지 사용에 의해 동력비 없음

결과 마찰력에 따른 권양력 향상에 많은 기여를 하였으며, 이에 따라 동일 크기의 수문을 개폐하는데 드는 모터용량을 많이 절감시킬 수 있었고 동력비에 관해서도 일반전기는 농업용 전기로서 물론 비용은 싸나 태양열 사통수문의 경우에는 운영비용도 전혀 들지 않는다고 하는 결론을 얻었다.

3.1.4.3 수밀부 마찰력 감소 방안 검토

일반적으로 사용되고 있는 수밀고무는 천연고무 또는 합성고무(Chloroprene계)로서 천연고무는 강도가 크고 합성고무는 내구성이 우수한 것이 특징이다. 그러나 수밀재료의 특성상 수문의 개폐에 따른 상승·하강시 생기는 모재(수문 플레이트)와의 마찰에 의해 재료가 닳거나 파손되기 쉽기 때문에 접착식 또는 조립식으로 수문비에 붙인다. 여기서 가장 중요한 수밀고무의 내구성은 인장강도 150kgf/cm^2 이상이고 흡수량(중량비) 최대 5%, 파단시의 신장 300% 이상, 비중 1.1~1.4, shore 경도 $40^\circ\sim 80^\circ$ 정도의 것을 사용 권장하고 있다. 또한 물이 수로내 존재하고 있을 때 수밀재료와 모재사이에 물이 들어감으로서 윤활역할을 하여 미끄럼 마찰이 손쉬워지는 경향이 있다. 따라서 수밀고무와 수문재료의 일종인 스텐레스 강관과의 마찰계수를 알아보면 젖어있을 때 0.5~0.7, 건조시는 0.9~1.2, ethylene수지 도포시 0.1을 기록한다. 또한 고무 clamp plate의 fixing bolt의 피치는 10cm 정도로 하는 것이 가장 알맞으며 수밀부가 금속일 경우에는 금속간의 미끄럼 마찰계수는 0.3~0.6 정도로 하는 것이 좋고, 이 경우의 허용면압은 슬라이드시 70kgf/cm^2 , 정지시 200kgf/cm^2 정도로 하는 것이 좋다. 상기와 같은 재료간의 마찰계수를 표로 정리하면 다음과 같다.

상기의 표 3.1.5에서 알 수 있듯이 금속과 금속의 마찰계수는 고압을 형성할 때에는 같은 재료인 단조강과 단조강 사이에서 가장 높으며 황동과 주철에서 가장 낮은 수치를 보인다. 즉, 두 재료의 미끄럼 운동 마찰계수가 전체적으로 가장 낮은 황동과 주철을 대상으로 한다면 마찰력에 의한 개폐저항을 크게 줄일 수 있다는 결론에 도달할 수 있다. 그러나 황동과 주철의 경우 금속강도가 낮기 때

표 3.1.5 높은 압력에 대한 미끄럼 운동 마찰계수

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

※ 기계설계 도표 편람 참조

문에 오랜 기간동안 사용을 하면 모재가 물러져서 파손의 위험이 크기 때문에 수문의 재료로서 사용하기에는 적당치 않다. 여기서 황동과 주철의 미끄럼 운동 마찰계수에 가장 근접한 수치를 보일 수 있는 것이 압연강관과 PE간의 미끄럼 운동 마찰계수이다. 압연강관의 경우에는 강도 및 내구성면에서 수문의 재료로서 가장 널리 사용하고 있으며 PE의 경우에도 Pipeline의 재료로서 널리 이용되어 강도 및 내구성이 인정되어 있는 상태이다. 따라서 수밀부의 재료로서 PE를 선택하여 제작하고 실험을 행하는 것이 가장 적당하다.

3.1.4.4 Solar Unit 검토

(1) Solar Unit의 일반사항

태양열 전지판의 용량을 결정하기 위해서는 첫번째로 충부하 전류를 결정하고 암에처 아워(ah)에서의 시간 기준을 결정해야 한다. 이것은 PV시스템을 동작시키는 전압 내에서 부하를 구성하는 다양한 장치의 전력을 분할하여 부하 전류를

결정시킨다. 예를 들면 3개의 전기장치 A, B, C로 구성(각각 60watt, 6watt, 12watt가 필요함)되는 12volt의 PV시스템은 장치 A와 B를 24시간 운용하고 장치 C는 8시간 운용을 한다고 할 때, 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{장치 A : } 60\text{watt}/12\text{volt}=24\text{시간동안 } 5\text{암페어} = 120\text{Ah}$$

$$\text{장치 B : } 6\text{watt}/12\text{volt}=24\text{시간동안 } 0.5\text{암페어} = 12\text{Ah}$$

$$\text{장치 C : } 12\text{watt}/12\text{volt}=8\text{시간동안 } 1\text{암페어} = 8\text{AH, 총 } 140\text{Ah}$$

여기서 AC에너지 소비량을 DC에너지 소비량을 공급하는 인버터 효율(일반적으로 0.85로 상정)로 나눈 다음 DC Ah를 소비하는 명목 시스템 전압을 나누게 되면 AC장치에 대한 DC Ah 소비량이 결정된다. 예를 들면 175watt의 AC 텔레비전이 하루에 6시간 동작한다고 상정하면

$$\text{AC 소비량} = 175\text{watt} \times 6\text{시간} = 1050\text{wh}$$

$$\text{DC 소비량} = 1050\text{wh}/0.85(\text{인버터 효율}) = 1235 \text{ wh}$$

$$\text{DC전류소비} = 1235 \text{ 조}/12\text{volt}(\text{DC 시스템 전압}) = 103\text{Ah/day}$$

로서 계산할 수 있다.

두 번째로는 시스템 손실과 안전요소를 감안해야한다는 점이다. 이는 1000watt 태양전기 시스템의 경우에 20% 정도의 손실 요인을 시스템 부하로 더해줘야 하며 적절한 안전요소가 더해져야 한다. 따라서 위 1단계에서 결정된 Ah부하는 손실과 안전요소를 고려하여 1.20을 곱해준다 예를 들면

$$\text{종부하} + \text{손실} = 140\text{Ah} \times 1.20 = 168\text{Ah}$$

로 계산한다.

세 번째로는 가장 나쁜 경우(동절기, 장마기등)의 일광시간을 기준으로 정해야 한다는 것이다. 반대로 생각해 보면 가장 나쁜 경우(일반적으로 겨울철)에 태양 배열에 대한 ESH의 최적 경사각이 나타나있다. 시스템 위치의 결정은 가장 가까운 태양시간 선 사이에서 적당히 추정하면 된다. 예를 들면 시스템 위치가 뉴욕이라면 지도에서의 ESH는 2.5시간이다.

네 번째로는 통 태양배열전류 필요량을 결정해야 한다. 총 태양배열전류 필요

량은 총부하+손실+안전요소(2단계에서 계산)로 나누고 3단계에서 계산한 적정 일광시간으로 다시 한번 나누면 된다. 예를 들면

$$\text{총부하+안전요인등} = 168\text{Ah}$$

$$\text{뉴욕의 ESH} = 2.5\text{시간}$$

$$\text{충전류필요량} = 168/2.5 = 67\text{암페어}$$

다섯 번째로는 태양배열에 대한 최적 솔라렉스 모듈배치를 결정하는 것이다. 솔라렉스는 PV에너지 시스템에 사용하는 일체의 태양열 전기 모듈을 제조하고 있다. 최적배치란 최소의 모듈로 충전류 필요량을 제공하는 것이다. 모듈차트는 모듈타입과 최고출력에서의 전류에 관한 참고자료이다. 최적 모듈 결정을 하는 것은 4단계에서 결정된 필요 전류치를 제공하는 최소의 모듈숫자를 찾아내는 것이다. 직렬 모듈의 수는 명목 시스템전압을 명목 모듈전압으로 나누면 된다. 총 모듈의 수는 직렬제품의 수와 병렬의 수이다. 따라서 예를 들면 20개의 MSX60이 병렬로 구성된 배열에서 67암페어에 대한 총 배치 전류기준은 12volt 시스템 어플리케이션에 부하전류를 제공한다. 즉, $67/335 = 20\text{MSX60}$ 모듈이다.

여섯 번째로는 적정 예비시간을 위한 배터리 크기의 결정이다. 저장 배터리를 포함한 PV시스템은 대부분 야간의 부하조정 혹은 제한된 일광시간 동안의 PV모듈의 조합을 제공한다. 예비시간 동안의 적정 용량은 다음과 같이 설치장소의 위도에 따라 달라진다.

표 3.1.6 위도별 적정 예비시간

설치장소의 위도	적정 예비시간 *
0. ~30.	5~6일
30. ~50.	10~12일
50. ~60.	15일

* 방전정도 80% 가정

баттери Ah용량은 (충부하+안전요소)를 곱하고 적정 예비시간을 나눔으로서 계산할 수 있다. 예를 들면,

2단계에서 충부하+안전요소등등 = 168Ah/day

설치장소(뉴욕시)의 위도 = 40。

동 위도에서의 적정 예비시간 = 10시간

баттери 용량 10일 = $168 \times 10 = 1680\text{Ah}$

여기서 주의해야 할 점은 위 용량은 10일간의 예비기간 동안 전원을 공급하는 баттери에 따라서 달라진다. баттери 데이터 시트에서 일부 баттери는 이 확장된 비율이 아니라 8~10시간의 명목 방전율을 갖는다. 만약 баттери의 등급분류 기술이 고려된다면 적절한 확장비율이 결정될 것이다. 실제로 적용해 보면 8시간을 방전율 0.77로 나누면 즉, 8시간 방전에서 $1294\text{Ah}/0.77 = 10\text{시간에서 } 1680\text{Ah}$ 가 된다.

아래 표 3.1.7은 현재 시판되어 실용화가 되어 있는 태양열 전지판의 종류 및 그에 따른 사양을 제시해놓은 표이다.

(2) 태양열 전지판의 크기(용량)결정 방법

우리나라에서의 태양열 전지판의 크기(용량)를 결정하기 위해서는 첫번째가 태양전지가 최대로 출력을 낼 수 있는 일조시간은 1년 평균하여 1일 3시간으로 한다. 태양빛을 받을 수 있는 시간이 오전 9시부터 오후 5시까지 약8시간이라고 하더라도 장마철, 구름낀 날, 눈오는 날 등을 전부 포함할 경우 1일 평균 3시간 정도가 된다. 또한 태양전지에서 얻어진 전력, 전압과 전류는 100% баттери에 충전되지 않는다. 전손류에서의 전압강화와 충전기에서의 손실 및 баттери에서의 충전 효율등을 계산하면 태양전지판에서 얻어진 전력의 50%만이 баттери에 저장된다. 예를 들어 баттери에 100watt가 저장되려면 태양전지판에서는 200watt가 발생되어야만 한다. 이러한 모든 손실 요소를 계산하면태양전지판 판매자가 자신 있다고 말하는 용량보다 훨씬 큰 전지판이 필요하게 된다. 작은 사이즈의 니카드전지를 충전할 때 1000mA짜리는 100mA로 10시간 충전($100 \times 10 = 1,000\text{AH}$)하지 않고

표 3.1.7 각종 태양열 전지판

항 목	SM-50	SM-53	SM-60	SM-83	SM-120
최대출력(KW)	50	53	60	83	120
최대전압(V)	17.1	17.2	17.1	17.1	34.2
최대전류(A)	2.92	3.08	3.5	4.85	3.5
단위중량(kg)	6.3	6.3	7.2	9.5	14
길이(L) mm	942	942	1113	1113	1128
폭(W) mm	502	502	502	660	990
두께(D) mm	50	50	50	50	50

반듯이 15~16시간 충전해야 된다고 알고 있다. 태양전지로 배터리를 충전할 때 도 똑같은 원리가 적용된다. 한가지 더 부연하면 우리 나라는 1일 3시간씩 일조 량에 따른 태양전지 발전이 가능하지만 1년 4계절 동안 7일 혹은 10일간 햇빛을 못 보는 기간이 생길 수 있다. 이로 인해서 태양전지판은 더 크게 설계해야 한 다. 1일 3시간 정도 사용할 수 있게 설비되어야만 된다는 것이다.

3.1.4.5 배터리 검토

(1) 구동용량의 검토

배터리의 용량검토를 위해 본 수문을 개폐하는 조건을 상정하여 계산을 해 보 면 DC 24 volt × 200 Watt 모터의 구동 암페어는 12 A/hour 로서 수문의 개폐 를 1일 10회 구동으로 검토한다면 1일 모터작동시간은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & (\text{수문양정/수문개폐속도}) \times \text{왕복구동} \times 1\text{일 개폐횟수} \\
 & = (500 \text{ mm}/530 \text{ mm}/\text{min}) \times 2 \times 10\text{회}/\text{일} = 18.86 \text{ min}/\text{일} \quad \text{-----}(3.1.7)
 \end{aligned}$$

батде리의 용량을 12 volt Hi-CA 45A를 직렬연결로 하여 24 volt 구동할 때 батде리의 사용가능일수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & (\text{батде리 용량/모터의 구동암페어})/1\text{일 구동시간}=(45\text{A}/12\text{ A/hour})/18.86\text{ min}/60 \\ & = 11.9\text{ 일} \dots\dots\dots (3.1.8) \end{aligned}$$

Hi-CA 45A батде리를 장착하여 순수하게 батде리만으로 수문을 1일 10회씩 개폐시 약 12일 사용이 가능하다.

(2) батде리 충전용량의 검토

동일조건 수문의 개폐를 행할 시 1일 사용 충전력량은 계산하면 다음과 같이 나온다.

$$\begin{aligned} \text{모터 구동 암페어} \times 1\text{일 사용시간} &= 12\text{ A/hour} \times 18.86\text{ min}/60 \\ &= 3.772\text{ A} \dots\dots\dots (3.1.9) \end{aligned}$$

Solar 축전지를 50 watt로 선정할 때 50 Watt의 1 시간당 충전량은 3A(삼성 Solar Unit 사업부 제공자료)이기 때문에 1일 사용 전력량 충전시 소요시간 : $3.772\text{ A} / 3\text{ A} = 1.26$ 시간이 걸리며 맑은 날을 기준으로 할 때 1일 1.26 시간 충전으로 1일 10회 사용 전력이 보충할 수 있으며 우기시에도 батде리 자체충전 용량으로 12일간 1일 10회씩 구동이 가능하게 된다.

3.1.4.6 충전기 검토

태양전지로 батде리를 충전하는 경우 태양전지판과 батде리의 종류에 따라서 충전회로의 구성도 달라진다. 또 하나는 용도에 따라서 각기 다른 방식의 충전회로가 만들어 질 수도 있다. 충전기의 종류를 살펴보면 우선 첫 번째로 병렬 제어형 충전기로서 태양전지판도 작고 충전용 전지도 니켈카드뮴이나 니켈 수소 또는 이온전지와 같이 소형으로서 간단한 장비에 내장되어 동작시키는 경우에는 병렬 제어용 충전기가 사용된다. 병렬제어형 충전회로의 특징은 부품수가 적으며 충전회로 자체의 전력소모도 미미하며 소형으로 제작이 가능한 것이 특징이다. 따라

서 병렬제어형 충전회로의 특징을 살펴보면 부품이 몇 가지 없어서 간단하며, 723IC는 시중에 많이 있어 구입이 간편하고 제어용 MOSFET도 일반적으로 구하기 쉽고 저렴하다. 또한 충전회로의 동작이 확실한 아날로그 특성의 제어방식으로서 충전회로에서 잡음발생의 염려가 없으며 태양전지의 전압이 비가 오거나 구름, 안개, 눈, 야간 등에 낮아져도 배터리에서 태양전지 쪽으로의 방전은 되지 않고, 부품의 수치를 바꾸는 것으로 12volt, 24volt 중 어느 쪽이라도 사용이 가능하다.

두 번째로는 직렬 제어형 충전기로서 태양전지 판이 조금 크고 배터리도 자동차용으로 쓰이는 12volt, 30-100AH 정도인 경우엔 직렬제어형을 사용하는 편이 훨씬 효과적이다. 이 회로에 사용된 555IC는 타이머형으로 알려져 있어 폭넓은 용도로 사용되고 있으며 각종 발진회로에 널리 쓰인다. 아마도 555IC를 사용하여 태양전지 충전회로를 구성한 것은 흔하지 않을 것으로 생각되며 특히 간단한 회로구성이지만 디지털동작으로 정확한 충전전압제어가 가능하다. 회로구성의 특징을 살펴보면 부품수가 적고 간단하며 PWM의 디지털 방식동작을 정확히 수행하고 패스용 MOSFET를 바꾸는 것으로 대용량의 제작이 간편하다는 장점이 있다. 또한 가장 수요가 많은 12volt, 24volt용 제작이 쉬우며 부품이 일반적인 것이어서 구하기 쉽고 저렴하다. PWM 동작은 때때로 부하회로에 문제를 일으킬 수 있으므로 발진방지 및 펄스형 잡음방지가 필요할 수도 있다.

세 번째로는 산업용 태양전지 충전기에 대해서 설명하면 이 충전기는 본격적인 충전기라고 할 수 있다. 우선 태양전지 충전기는 충전기 자체의 전력소모가 극소량이어야 하며 태양전지 전압이 배터리 전압보다 낮으면 충전기는 동작하지 말고 감지회로만 살아있어야만 배터리가 방전되지 않는다. 또한 충전시 손실은 가능한 한 적어야 하며 이런 조건을 만족시키려면 충전회로 전부가 반도체 회로로 구성되어야만 한다. 배터리의 과충전을 방지하기 위한 기능과 배터리 과방전 방지기능도 구비해야 한다. 그리고 배터리 수명을 연장하고 1회 충전 후 사용시간을 길게 하기 위해서 관리기능이 있어야 한다.

상기와 같은 조건을 만족시키는 충전기를 산업용 태양전지 충전기로서 개발하며 이를 수문 개폐동작을 위한 배터리 충전용으로서 사용하여 그 성능을 실증한다.

3.1.4.7 신호감지용 센서(Sensor) 검토

(1) 센서(Sensor) 일반

신호감지용 센서는 수문의 개폐도를 측정하여 신호전달체계를 통하여 제어반에 알려주는 역할을 하는 것이다. 센서의 종류는 수문의 동작특성을 감안하여 접촉에 의해서 감지가 가능한 Limit S/W와 회전수 감지(Counter)에 의해 이동거리를 감지할 수 있는 Encoder형 S/W, 전체 Stroke에 저항을 부착하여 전류 저항값을 감지하고 개도위치를 표시할 수 있는 위치별 저항값에 의한 절대위치감지용 센서등이다. 특히 전동 수문용으로 가장 적합한 방법이다.

(2) 적용 센서의 특징 및 장점

태양열 전동 사통수문 센서의 구조는 같은 용량의 저항을 수문 개폐 스트로크에 맞추어서 직렬로 연결한 후 마그네트 위치에 따라 저항 값을 읽어 위치를 감지하는 구조로 되어 있다. 특징으로서는 저항의 간격을 조절함으로써 정밀도 조정이 가능하며 마그네트의 위치에 따라 읽어내는 저항값을 R/I Converter에서 저항값을 전류로 전환하여 4mA~20mA로 신호를 발생시켜 제어반으로 보낸다. 또한 개도에 따른 마그네트의 부착이 용이하고 센서는 외부에 STS 보호관에 의해 보호되므로 취부 조립 및 외관상 깨끗하다.

3.1.4.8 Solar Post 검토

태양광 전지판의 설치상태는 살펴보면 Solar 충전기 Unit의 높이가 낮기 때문에 전선 결선 보급 및 Solar 충전기 수광부의 손상이 우려된다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위하여 Solar Unit 의 Post 높이를 사람 손이 닿지 않을 높이

로 하며 수문비 부착 구조물이나 직접 수문 Head 부에 부착하여 안정성을 높인다. 또한 문틀 Head부에 설치함으로써 Solar Unit의 위치가 어떠한 상황에서도 고정이 가능하다.

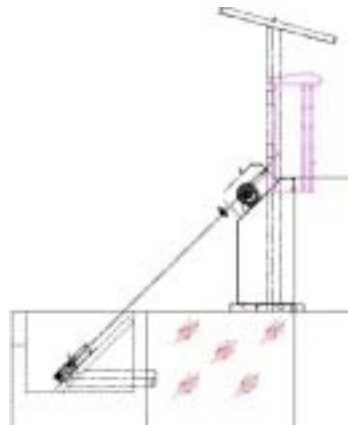


그림 3.1.1 태양광 전지판을 설치한 경우

3.1.4.9 개폐도 조정기능 검토

제어반에서의 개폐도 조정을 위한 기능의 설치상태를 보면 현재 콘트롤 패널에서 수문을 조작자가 관측(눈대중)으로 개폐도를 확인하며 조작하는 구조로 되어 있다. 이러한 점은 현장에서 물관리를 하는 사람들의 특성을 고려하면 보턴의 1회 조작에 의해 완전 개방 및 완전폐쇄를 하는 경향에 있기 때문에 이러한 작동특성을 고려하여 본 조정기능을 개선하기 위하여 콘트롤 판넬에서 개폐도를 셋팅한 후 보턴을 1회 조작하여 개폐도를 조정하도록 콘트롤 패널의 조작 기능을 개선한다. 예를 들면 개폐량 전체를 엔코더(개폐도를 측정할 수 있는 계측기)를 설치하여 모터부분에 셋팅하고 콘트롤 패널에서 개폐도를 셋팅할 수 있는 레코더(아나로그형)을 설치하여 레코더 셋팅값에 따라서 개폐도를 자동으로 조절하는 것이 가능하다.

3.1.4.10 수동 조작시 개폐속도 검토

수동 조작시 수동식 핸들을 사용한 개폐속도가 너무 늦다. 그 이유는 현재 감속기 입력측에서 핸들 부분으로 SHAFT를 확장하여 핸들을 취부한 상태로 핸들부 토오크와 관계없이 모터회전수와 같은 회전 만큼 개폐되므로 수동 조작시 속도가 느리다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 모터 입력 후 토오크를 계산하여 수동으로 조작이 가능한 만큼의 감속비를 계산하여 핸들취부 부분의 회전비를 증가시켜서 수동 개폐시 속도를 증가시킨다.

(1) 개선시 핸들부 가속비율 및 토오크(Torque) 검토

수동조작으로 분당 개폐속도를 100mm로 하여 분당 수동회전을 60회로 하여 검토를 하면 다음과 같다. 핸들(Handle)부분 가속 비율의 검토하기 위하여

$$\text{개폐량} = \text{핸들가속비율} \times \text{감속기의 감속비} \times \text{나사산의 피치} \quad (3.1.10)$$

$$100 \text{ mm} = x \times (1/30) \times (25.4/5) \text{mm} \times 60 \text{회/min}$$

$$x = \frac{100 \text{mm} \times 30 \times 5}{25.4 \times 60} = 9.82$$

따라서 핸들부에서 감속기로 전달되는 감속비를 9.82배로 가속한다면 수동조작시 분당 100 mm의 개폐속도를 얻을 수 있다. 또한 핸들부분에 걸리는 하중(힘) 검토를 위하여 현재의 핸들을 그대로 사용하면서 10배를 가속할 때 핸들에 걸리는 토오크는 모터용량에 따른 토오크 계산식에서 다음과 같이 된다.

$$T_M = \frac{973 \times P}{N} \times \eta \quad (\text{kg} \cdot \text{m}) \quad (3.1.11)$$

여기서 P = 모터 출력, N = 핸들부 회전수 = 3200/10 = 320

η = 동력전달효율 90%를 적용한다.

따라서 식에 의해 계산을 행하면 다음과 같다.

$$T_M = \frac{973 \times 0.2 \text{kw}}{320} \times 0.9 = 0.5473 \text{kg} \cdot \text{m} = 54.7 \text{kg} \cdot \text{cm}$$

핸들에 걸리는 하중(힘)은 다음과 같다

$$T_h = (\text{모터용량에 따른 토오크}) / (\text{SHAFT 중심축에서 손잡이까지의 거리})$$

$$= 54.7 \text{ kg} \cdot \text{cm} / 8.26 \text{ cm} = 6.62 \text{ kg} \text{ -----(3.1.12)}$$

따라서 수동 조작시 핸들에 걸리는 하중은 6.62 kg으로 수동 구동이 충분하다. 여기서 인력에 의한 핸들조작의 구동력을 알아보면 KS B 3005-82에서는 155 kg · cm 의 토오크(철골구조물 볼팅시 인력 구동 임계치)가 걸린다. 따라서 이를 핸들조작에 따른 하중(힘)으로 계산하면

$$155 \text{ kg} \cdot \text{cm} / 8.26 \text{ cm} = 18.8 \text{ kg} \text{ 가 된다.}$$

(2) 토오크 감속에 따른 핸들부 가속 검토

모터용량에 따른 토오크 검토를 위하여

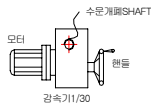
$$T_M = \frac{973 \times P}{N} \times \eta \text{ (kg-m) -----(3.1.13)}$$

여기서 P = 모터출력(이동지구 DC 모터 200 watt = 0.2 kw)

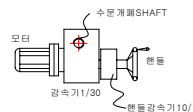
N = 핸들부회전수(이동지구 DC모터 회전수 3200rpm)

η = 모터출력측으로부터 핸들까지의 동력전달효율로서 현재는 직렬연결이므로 모터효율을 90%로 적용한다. 따라서 다음과 같이 계산이 된다.

$$T_M = \frac{973 \times 0.2 \text{ kw}}{3200} \times 0.9 = 0.0547 \text{ kg} \cdot \text{m} = 5.47 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$



(a) 수동작동시 개략도



(b) 개선시 개략도

그림 3.1.2 감속기 개선 도면

수동조작시 개폐속도 검토를 하기 위하여

$$\begin{aligned} 1\text{회전당 개폐량} &= \text{감속기 감속비} \times \text{나사산의 피치} \quad \text{---(3.1.14)} \\ &= (1/30) \times (25.4 \text{ mm} / 5\text{쌍}) = 0.169 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{나사산의 피치} &= 1 \text{ inch} / 5\text{쌍} \quad \text{---(3.1.15)} \\ &= 25.4 \text{ mm} / 5 \text{ 쌍} = 5.08 \text{ mm} / \text{쌍} \end{aligned}$$

수동조작시 핸들에 걸리는 하중(힘) 검토하기 위하여 핸들에 걸리는 하중(힘)은 계산하면 다음과 같다

$$\begin{aligned} T_h &= (\text{모터용량 토크}) / (\text{SHAFT 중심축에서 손잡이까지의 거리}) \quad \text{---(3.1.16)} \\ &= 5.4 \text{ kg} \cdot \text{cm} / 8.26 \text{ cm} = 0.653 \text{ kg} \end{aligned}$$

따라서 수동 조작시 핸들에 걸리는 하중은 0.653kg 으로서 수동 구동이 충분하다.

결론적으로 말하면 수동조작시 수문 개폐속도를 개선하기 위하여 감속기에서 모터출력단에서 수동 핸들을 붙인 것을 10배 가속시킨 핸들 가속기를 부착시켜 수동개폐속도를 증가시켜 개폐속도를 올린다.

3.1.4.11 감속기의 암나사부 재질 검토

수문 구동동력을 전달시켜 수문의 개폐동작을 행하는 감속기의 제작상태에 관해서 기술하면 수문 구동 동력 전달용 감속기의 암나사부를 SM45C를 사용하여 습기로 인한 부식(녹발생)을 장기간 방치하면 구동 SHAFT와 늘어 붙는 현상이 발생할 소지가 있다. 이러한 현상이 발생하면 구동 SHAFT의 나사산이 파손되어 권양작동이 되질 않거나 부식에 의한 감속기의 내구수명이 짧아지는 문제가 있다. 따라서 이러한 현상을 방지하기 위하여 암나사부의 재질을 구동 SHAFT와 같은 STS 304 재질로 사용하면 부식(녹발생) 방지를 하기 때문에 구동시 문제가 없을 것이다. 현재 시중에서 판매하고 있는 감속기의 재질을 보면 철강 및 스테인레스가 주종을 이루고 있다. 특히 물이 있는 현장에서 사용하는 감속기의 경우에는 부식에 강해야 하는 특성이 요구되기 때문에 스테인레스(SUS) 재질을 사용

해야 한다.

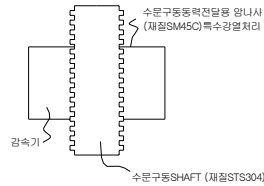


그림 3.1.3 감속기 암나사부 형태

3.1.4.12 모터 커버의 보강 검토

모터는 전기에 의해 구동되고 모터가 구동됨으로서 수문개폐작동을 할 수 있게 된다. 따라서 모터가 습기나 물기에 의해 모터내부를 부식시키고 이에 따라 모터가 작동불능이 되는 상태를 방지하기 위하여 커버를 제작하여 보호시키고 있다. 그러나 모터에는 감속기가 부착되어 있기 때문에 각각을 별도로 보호커버를 장착시키는 경우가 많다. 그러나 이러한 경우에는 고장시 각각의 보호커버를 해체해야 하는 불편함이 따르고 또한 모터에 들어가는 동력선을 일률적으로 간단하게 처리할 수 없다는 약점이 있기 때문에 이의 보완을 위하여 단상모터와



그림 3.1.4 단상모터 형태

감속기의 커버를 일체형으로 제작하고 커버의 모터측 부분에서 동력선을 처리할 수 있도록 개선한다.

3.1.4.13 동력선 보호방법 검토

현장에 전동 수문을 설치할 경우 가장 우려되는 점 중의 하나가 전원에서 제어반이나 모터로 들어가는 전선의 처리이다. 이는 강우나 바람 또는 사람에 의해 파손되기 쉽고 집중강우시나 용수사용시기 등에 전선의 파손이 생기는 경우 치명적인 피해를 받을 수도 있다. 따라서 전선을 외부로 노출시키지 않게 처리하는 것이 가장 좋은 방법이나 전선을 외부로 노출시키지 않게 처리하는 것이 가장 좋은 방법이나 전선을 외부로 노출시키지 않기 위해서는 수문 내부에 전선을 숨길 수 있는 공간을 마련해야 하는 등 수문 제작상에 많은 어려움이 뒤따른다. 이에 따라 플렉시블 전선관을 사용하여 전원으로부터의 전선을 직접 제어반으로 연결하고 제어반에서 수문 모터로의 전선 또한 같은 종류의 전선관을 사용하여 처리하는 것을 원칙으로 한다. 그러므로 제1차 시제품에 관해서도 패널과 수문을 일체형으로 제작하고 플렉시블 전선관을 스틸 전선관으로 제작하여 동력선을 보호하도록 한다.

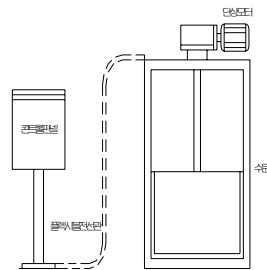


그림 3.1.5 현장 설치 수문 개략도

3.1.4.14 R/I 컨넥터 검토

기존의 수문개폐도 정보에 관해서는 모터의 회전수를 카운트하여 이를 100%로 환산하여 그 정보를 보냈으나 이번에는 R/I 컨넥터(전류값을 저항치로 바꾸는 장치)를 사용하여 수문개폐정보를 전달하는 체계로 바꾸었다. 이 방법은 기존에는 수문의 개폐에 대한 정보를 센서로부터 전달받아서 이를 개도율로 변화시켜 중앙관리소에 보내는 역할을 PLC가 담당하였으나 이 PLC는 낮은 온도 하에서는 그 기능이 정지되거나 또는 에러를 발생시키기 때문에 이를 개량할 필요가 있었다. 따라서 센서의 변위가 5 mm이며 또한 위치별로 저항 값이 변화하기 때문에 센서에 의해 감지된 저항 값을 전선을 통하여 컨트롤 판넬로 입력시키고 입력된 저항 값은 저항치를 전류치로 변화시켜 주는 저항-전류변환기에 의하여 전류치(4mA~200mA)로 변환되어 그 값이 중앙관리소로 전송되도록 하였다. 이러한 방법으로 개도율을 환산하여 중앙관리소에 데이터 송신을 해주는 PLC를 없앨 수 있었고, PLC 자체의 소요전력도 경감시킬 수 있도록 해 주었다.

3.1.4.15 사통수문 외부 도장(Coating) 검토

현재 개발한 태양열 전동 사통수문의 경우 약 6개월의 관개시기(대략 4월~9월)시기 중에는 물 속에 잠겨있으면서 작동을 해야 한다. 따라서 오랜 기간 사용을 하기 위해서는 산화방지(부식방지)의 방법이 중요하다. 통상 수문의 도장은 페인트 도장, 에폭시 도장, 아연 도금 등을 사용해 온 것이 지금까지의 통례이지만 상기 도장방법의 경우, 시간이 지난 다음 재도장을 해야 하는 등 유지관리에 많은 신경을 써야만 한다. 따라서 태양열 전동 수문의 경우, 농업용 수문에 메탈라이징 공법 적용이라는 시도를 하여 수문의 부식방지에 노력하며 유지관리상에도 경제성(페인트공법 비교 약 2.3배)을 도모하였다. 여기서 메탈라이징 공법은 주로 유조선 밑바닥이나 교량등에 활발하게 사용되고 있으나 현재까지 농업용 수문에 적용한 예는 없으며 기존의 값싼 것이 농업용 수리시설물이라는 인식을 불식시키고 최대한 내구성을 키워서 장기간 사용할 수 있도록 도장법을 변경하

여 적용하고 이를 통하여 반영구적인 수리시설물을 채택할 수 있다고 판단된다.

표 3.1.8 메탈라이징과 페인트 공법의 비교

환 경	메탈라이징 공법	페인트 공법(징크프라이마)
내열성	890℃ 이상의 내열성을 갖추고 있음(주택공사에서는 온수보일러의 경우 메탈라이징을 의무로 규정하고 있음).	수분함유 80℃ 이상의 열에는 내구성이 떨어지고 균열과 접착성이 약화됨.
전기부식	아연과 알루미늄은 희생금속이기 때문에 자신을 소모시킴으로서 전기부식을 막아줌.	전기부식에 대한 내식성이 없으므로 한 군데가 벗겨지면 집중적으로 전기부식이 일어남.
부분적인 손상이 있을 때	아연과 알루미늄은 희생금속이기 때문에 전자적인 흐름으로 한 곳에 벗겨짐이 일어날 때에는 그곳을 스스로 메꾸어줌.	페인트는 한 군데가 벗겨지면 그곳을 중심으로 집중적인 부식이 일어나면 전자의 전이에 따라 전체적으로 철과 도장면 사이에 퍼지면서 부풀음 현상이 일어남.
아황산가스 및 염화가스 등에 대한 내식성	메탈라이징 공법은 순수 비철 금속이기에 아황산가스 및 염수에 대한 내식성이 뛰어남	도장공법은 아황산가스 및 염수에 대한 내식성이 떨어짐.

제2절 제품개발을 위한 현장조사

저수지 사통수문을 개발하기 위하여 사통수문을 설치할 저수지 현장조사를 하였다. 본 저수지 선정은 사통수문의 규격 및 사양을 결정하는데 가장 중요하며 향후 사통수문 설치 후 작동 및 성능 모니터링을 하는데 있어서도 설치 저수지 선정이 중요하다.

저수지 선정에 있어서 감안해야 할 사항으로서 다음의 3가지 사항을 검토하였다. ① 사통의 설치깊이의 검토이다. 본 사통수문은 대부분이 저수지 바닥에 설치되어 있어서 교체작업을 하는데 많은 노력과 경비와 시간이 소요된다. 특히 설치를 위해서는 사통주변에 가물막이 공사를 하여 물의 유입을 차단하고 공사를 진행하기 때문에 사통설치지점이 저수지의 어느 정도의 위치에 있느냐하는 것은 대단히 중요한 문제이다. ② 공사설치를 위한 저수지까지의 진입로 여부이다. 대부분의 저수지는 진입로가 없이 제방으로 연결되어 순찰 및 운영을 위한 관리도로로서 사용이 되는데 본 공사를 하기 위해서는 트럭과 같은 대형차량이 진입을 해야 하기 때문에 진입도로의 유무도 중요한 고려사항이다. 또한 ③ 수혜면적의 문제로서 본 설치공사를 위한 가물막이시 저수지의 물을 어느 정도 빼내야 하는데 이는 다음 연도의 관개기에 용수사용에 많은 지장을 줄 수 있다. 따라서 가능하면 저수지로부터 용수를 공급받는 수혜면적이 작으면 작을수록 유리하다고 판단된다.

상기의 세가지 사항을 고려하여 4군데의 저수지를 대상으로 조사를 하였다.

가장 먼저 경기도 화성시 봉담면에 있는 샘골저수지를 조사하였다. 본 샘골저수지는 화성시에서 관리하는 저수지로서 면적이 약 3,000평정도이며 저수지 수혜지역이 주위의 토지개발에 의해 절대농지에서 생산농지로 변경되었다. 그러나 수혜지역의 20% 정도는 지금도 지속적으로 논농업을 실시하고 있다. 또한 샘골저수지는 시가 민간에게 낙시터 대여를 하였으나 3년전부터는 영업을 시행하고 있지 않고 현재 화성시에서는 토지개발 후 호수공원화 계획이 세워져있다. 그러나

호수공원화 계획이 진행된다고 해도 농업용수 사용계획은 계속될 것이기 때문에 사통의 필요성은 남아있다. 사통은 수동식으로서 1기가 있으며 설치공사용 도로로 차량통행이 가능하며 도로에서 제당까지의 높이는 3m 정도이다.

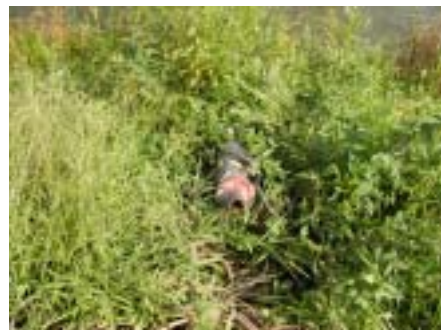


(a) 샘골저수지 전경

(b) 사통수문

사진 3.2.1 샘골저수지 및 사통(시·군관할)

두 번째로는 경기도 수원시 장안대학교 인근에 있는 평만저수지로서 관리는 웃골저수지 수리계가 맡고 있고 저수지 면적은 약 2,000평 정도이다. 본 저수지는 낚시 대행업을 민간에게 위탁하여 시행하고 있는 실정이다. 제당높이가 약



(a) 웃골저수지 전경

(b) 사통수문

사진 3.2.2 웃골저수지 및 사통(시·군관할)

5m로서 사통의 깊이가 대단히 깊다는 것을 알 수 있으며 이는 공사시 물막이에 대단한 노력이 들어 갈 것으로 사료된다. 또한 현재 낚시 대행업을 하고 있기 때문에 사통수문 설치공사시 민원의 소지가 많을 것으로 판단되었다. 본 저수지는 수동식 사통이 1기 설치되어 있으며 수혜면적도 약 40ha로서 본 연구에서 대상으로 하는 저수지로서는 비교적 넓은 수혜면적이라고 할 수 있다.

경기도 화성시에 위치해 있는 평만저수지는 3개의 저수지로 이루어져 있다. 그 중 가장 큰 저수지에 수동식 사통수문이 1기 설치되어 있다. 진입도로도 약 3m로서 넓은 편이며 수혜면적은 약 40ha 정도이다. 그러나 현재 낚시 대행업을 하고 있는 관계로 저수지 물을 뺀다거나 하면 민원발생의 소지가 있다. .



(a) 평만저수지 전경



(b) 사통수문

사진 3.2.3 평만저수지 및 사통(시·군관할)

한국농촌공사 관할 저수지를 대상으로 조또한 사통설치위치는 약 2.5m 정도이며 이 사통을 설치할 위한 가물막이 설치조건은 양호한 편은 아니다. 사한 결과는 우선 충남 아산시 인주면에 위치한 문방저수지로서 축조된지 약 50년이 넘고 유역면적이 228ha, 수혜면적은 68ha이며 총저수량이 280천톤, 평균수심 1.6m의 농업용 저수지이다. 사통은 전동식으로서 1기가 설치되어 있으며 슬루스 게이트로서 물구멍이 0.3m이다. 본 저수지는 20여년전에 사통수문을 보수한 경력이 있고

진입도로는 마을을 통과하기 때문에 매우 협소하다. 또한 낚시 대행업을 하고 있기 때문에 물을 빼는 것이 용이하지가 않다.



(a) 수문조작실



(b) 작동로드 관절부

사진 3.2.4 문방저수지(한국농촌공사 관할)

다음으로는 충남 당진군 합덕읍에 있는 백미저수지(백미제)로서 고려시대 이전부터 존재했던 아주 오래된 저수지이다. 유효저수량은 107천톤이며 원래 수혜면적은 28ha였으나 현재는 약 8ha 정도의 수혜면적에 농업용수를 공급하고 있다. 사통수문은 약 20여년전에 설치공사를 하여 2개소에 2기가 장착되어 있으며 각각의 물구멍은 직경 0.2m로서 1개소만 스크린이 달려있다. 작동방식은 수동식으로서 사통부터 조작대까지의 거리가 약 9m로서 수문개폐시 인력에 의한 작동노력이 대단히 크다. 구조물에 대해서 살펴보면 진입로를 기준으로 초입에 설치되어 있는 사통에는 토사유입을 방지하기 위한 콘크리트 구조물이 설치되어 각각 관으로 토사 및 오물을 막을 수 있도록 하였으며 나머지 1개소에는 토사 및 오물 유입방지 구조물은 존재하지 않는다.

백미저수지는 수혜면적이 작기 때문에 저수량의 확보에 커다란 애로점이 없고 이에 따라 사통설치를 위한 물빼기도 가능하다. 또한 평소 관리수위(+2.4m)도 낮기 때문에 물막이공사를 하는데도 유리하다. 현재 사통의 관리상태를 보면 조작

용 핸들은 관리기관에서 보관하고 있으며 필요시 지참하여 사통조작을 한다. 또한 작동용 로드는 설치한 기간이 20여년 정도 지났기 때문에 많이 부식이 되었으며 이에 따라서 작동시 어려움이 많다는 것은 예상할 수 있다. 진입도로도 제방 위를 지나고 있기 때문에 공사시 차량의 진입이 수월하며, 제방의 사면은 채

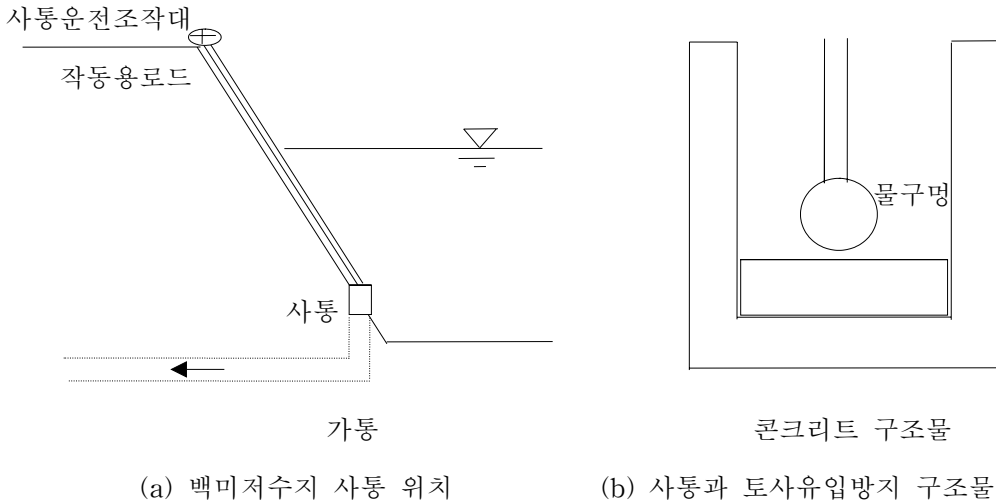


그림 3.2.1 백미저수지 구조도

석한 돌을 넣어 보호하고 있기 때문에 작동용 로드 받침용 콘크리트 타설시에도 커다란 문제는 없을 것으로 예상된다.

따라서 본 백미저수지에 본 연구에서 개발하는 원형 사통수문 및 밸브형 사통수문을 설치할 예정이며 작동 및 성능 모니터링과 더불어 가통 유출구에서의 누수모니터링도 병행할 예정이다. 개발하여 설치한 원형 사통수문은 동력원인 태양광 시스템, 전동장치, 감속장치, 수동운전장치, 전동 및 수동 전환 클러치, 조작 제어반, 작동용 로드, 사통 수문비, 사통 프레임, 스크린, 주요 부품 소장용 컨테이너등으로 이루어져 있으며 이러한 장치를 설치하는데 있어서 컨테이너 상착용 콘크리트 구조물, 작동용 로드 받침용 콘크리트 구조물, 토사유입방지 구조물등을 설치하였다.



(a) 사통전경(도로 초입)



(b) 작동용 로드(도로 초입)



(c) 토사유입방지 구조물(도로 초입)



(d) 스크린 및 사통수문(도로 초입)



(e) 사통수문(도로 말단)



(f) 작동용 로드(도로 말단)

사진 3.2.5 백미저수지 현장조사

본 백미저수지를 선정함에 있어서 평시 관리는 한국농촌공사 당진지사에서 관
할을 하며 작동 일수 및 수문개도등에 관해서는 일지를 마련하여 기록을 함으로
서 수문의 평시 활용도를 체크할 수 있도록 하였다.

제3절 구조계산법

3.3.1 시제품 사양 결정을 위한 수문 구조 계산

3.3.1.1 수문에 작용하는 압력 계산

사통수문에 걸리는 수압을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$P_w = \text{수문폭 } W \times \text{수문길이 } H \times \text{수심 } h \text{ (3.3.1)}$$

사통수문은 평시 저수지의 수면하에 있으면서 정수압을 받는 것이 일반적이다. 따라서 수문이 받는 압력은 수문의 면적에 수문이 위치해 있는 수심에 의해 결정된다.

3.3.1.2 수문 하중 계산

(1) 문비 Skin Plate

$$G_a = \text{수문폭 } W \times \text{수문높이 } H \times \text{수문두께 } t \times \text{철의 단위체적중량 } g \text{ (3.3.2)}$$

문비 Skin Plate는 수문비를 구성하는 전면으로서 수문에 부과되는 압력이나 비틀림등을 생각해서 수문의 두께를 정하는 것이 중요하다.

(2) 보강 플레이트

$$P_a = \text{플레이트폭 } W \times \text{플레이트 높이 } H \times \text{플레이트 두께 } t \times \text{철의 단위체적중량 } g \text{ (3.3.3)}$$

보강 플레이트는 수문비가 수압이나 수압의 변화 또는 온도차에 의해 수문재료가 받는 피로도가 증가하여 수문의 비틀림이나 휨등을 방지하기 위하여 수문비 후면에 바둑판 모양으로 부착을 시킨다. 보강 플레이트의 설치규격은 정해진 바 없으나 통상적으로 약 30cm 간격으로 부착시키는 것을 원칙으로 한다.

(3) 구동 SHAFT

$$S_a = \text{샤프트의 면적 } \frac{\pi r^2}{4} \times \text{샤프트 길이 } L \times \text{철의 단위체적중량 } g \text{ (3.3.4)}$$

따라서 수문비의 총합계 중량은 다음과 같다.

$$T_a = G_a + P_a + S_a \quad (3.3.5)$$

3.3.1.3 수문 구동력의 계산

수문 구동시의 소요 동력의 계산식은 다음과 같다.

$$P(KW) = \frac{KWV}{60 \times 102 \eta} \quad (3.3.6)$$

$$W = \text{권양하중} = \text{수압} + \text{수문하중} \quad (3.3.7)$$

여기서, η = 동력 효율 = 통상적으로 85%를 적용

V = 권양 속도(m/min.)

K = 동력 여유율 = 통상 1.2

3.3.1.4 마찰력을 고려한 수문 구동력 검토

수문비가 수직 이동시 소요 동력 계산식은 식(3.3.6)을 사용하지만 권양하중에 있어서 마찰면 면압력에 따른 하중을 고려해야 한다. 따라서 마찰면 면압력에 따른 하중을 계산하기 위하여 가장 중요한 마찰계수를 적용하기 위하여 본 사통수문비에 적용한 황동과 강재의 마찰계수를 적용하였다. 문비 가이드 길이 L 에 수압 전체가 작용하여 발생하는 마찰면 면압력을 계산하면,

$$P_s(\text{마찰면 면적}) = \text{문비 가이드 길이 } L \times \text{접촉면 폭 } W \times \text{가이드 수 } M \quad (3.3.8)$$

따라서 접촉면의 면압력은 다음 식에서 알 수 있다.

$$P_f = \frac{P_w}{P_s} \quad (3.3.9)$$

접촉면 면압력은 마찰계수표에 의거 찾을 수 있다.

3.3.1.5 수압에 따른 수문 모멘트 계산

(1) 모멘트의 계산

문비 Skin Plate의 구조가 상기의 상태로서 3개소 이상의 연속보로서 가정하여 모멘트를 계산하면 다음과 같다.

$$\text{최대모멘트 } M_{\max} = \frac{w l^2}{10} \quad \text{..... (3.3.10)}$$

여기서, $M_{\max} = kg \cdot cm$

$$w = kg/cm$$

$l =$ 지점간거리이다.

(2) 휨 응력 계산 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \text{..... (3.3.11)}$$

여기서 Skin Plate 단면계수 $Z = \frac{1}{6} b h^2$ 이다.

Skin Plate의 재질 SS400의 항복값 $F=2400kg/cm^2$ 이므로 휨응력을 수압에 의해 검토하여 측면압에도 안전한가를 검토해야 한다.

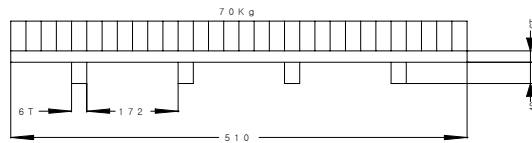


그림 3.2.2 수문에 걸리는 모멘트

항복값에 대해서 검토를 하면 Skin Plate의 재질 SS400의 항복값 $F=2400kg/cm^2$ 에 대하여

SS 400 규격 KS D 3503-82(일반구조용 압연강재 규격)

SS 400의 인장강도 ($4100 \text{ kg/cm}^2 \sim 5100 \text{ kg/cm}^2$)로부터 안전율 $f = \frac{\sigma_s}{\sigma_l}$ 를

구하면 된다.

여기서, σ_s = 항복응력(F), σ_s = 최대인장강도, f = 안전율로서 설계과정에서 피로에 대해 1.3, 파단에 대해 2.0, 변형에 대해 1.3, 항복점에 대해 1.7을 적용한다.

제4절 시제품 개발 및 현장설치

3.4.1 원형 사통수문(제1차 시제품)

3.4.1.1 현장조건

원형 사통수문 시제품을 설치하여 운영할 대상지는 충남 합덕에 소재하고 있는 백미저수지이다. 시제품의 성능확인이 미검증된 상태에서 설치하여 운영하는 부담을 덜기 위하여 가능한 유역면적과 수혜면적이 작고 사통수문 하류부에 민가등 대민피해가 적은 곳을 선택하기 위한 조사결과에 따라 백미저수지를 선정하였다. 공사여건은 사통이 제방 위에서 약 9m 정도로서 비교적 짧으며 진입도로도 폭 4m로서 공사차량의 접근이 용이하다. 또한 주위에 농업용 전기가 있기 때문에 용접과 그라인드를 사용한 작업에 있어서 전기를 사용하기에 좋은 조건을 갖추었다. 사통수문 하류부에는 직접 수혜지가 있어서 용수를 공급하는데 많은 시간이 걸리지 않기 때문에 현재는 농민들이 수시로 사통수문의 조작을 마음대로 하고 있어서 물관리에 많은 차질을 가져오고 있지만 태양광 전동식 사통수문을 설치함으로써 관리인이 직접 수요에 의해 물공급을 하기 때문에 기존의 물관리 관행보다는 효율적으로 사용이 가능할 것으로 예상되었다.

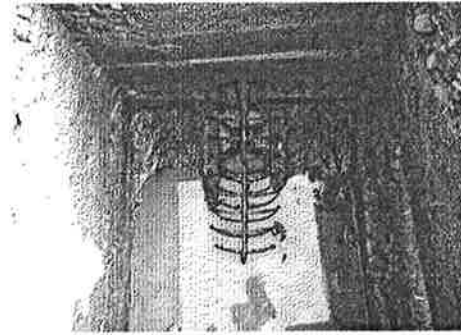


사진 3.4.1 제1차 시제품(원형) 설치 장소

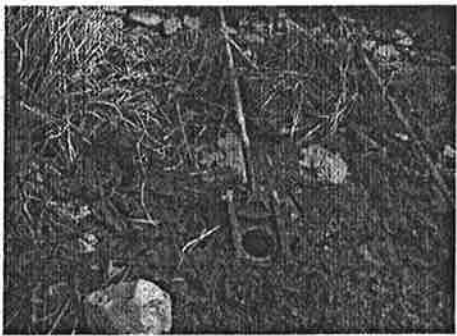
기존의 수동식 사통수문의 상태를 살펴보면 롯데 암의 길이가 9m로서 스펀들을 이용하여 수문비 개폐작동을 행할 시 작업자의 과대한 힘이 소요되며 어느 정도 개폐가 되었는지를 확인하기 위해서 옆에 부착되어 있는 수위표를 보면서 확인해야 하는 불편함이 있다. 또한 롯데 암을 비롯한 수문비, 수문틀, 스크린등의 부식이 많이 진행되어 정상작동이 어려울 것으로 예상되고 롯데 암을 잡아주는 받침대와 수명에 이물질 유입을 막는 구조물등의 콘크리트 부식도 상당히 진행되어 원래의 기능을 달성하지 못할 것으로 판단되었다. 이에 따라서 시제품을 제작하여 현장에 부착시키기 위해서는 수명만을 남기고 모든 구조물과 제품을 완전히 새로이 바꾸는 것이 안전성과 운영성에서 효율적이라는 결론을 얻었다.



(a) 롯데 암과 받침대



(b) 수문비와 스크린



(c) 수명



(d) 오물유입방지 구조물

사진 3.4.2 기존 수동식 사통수문

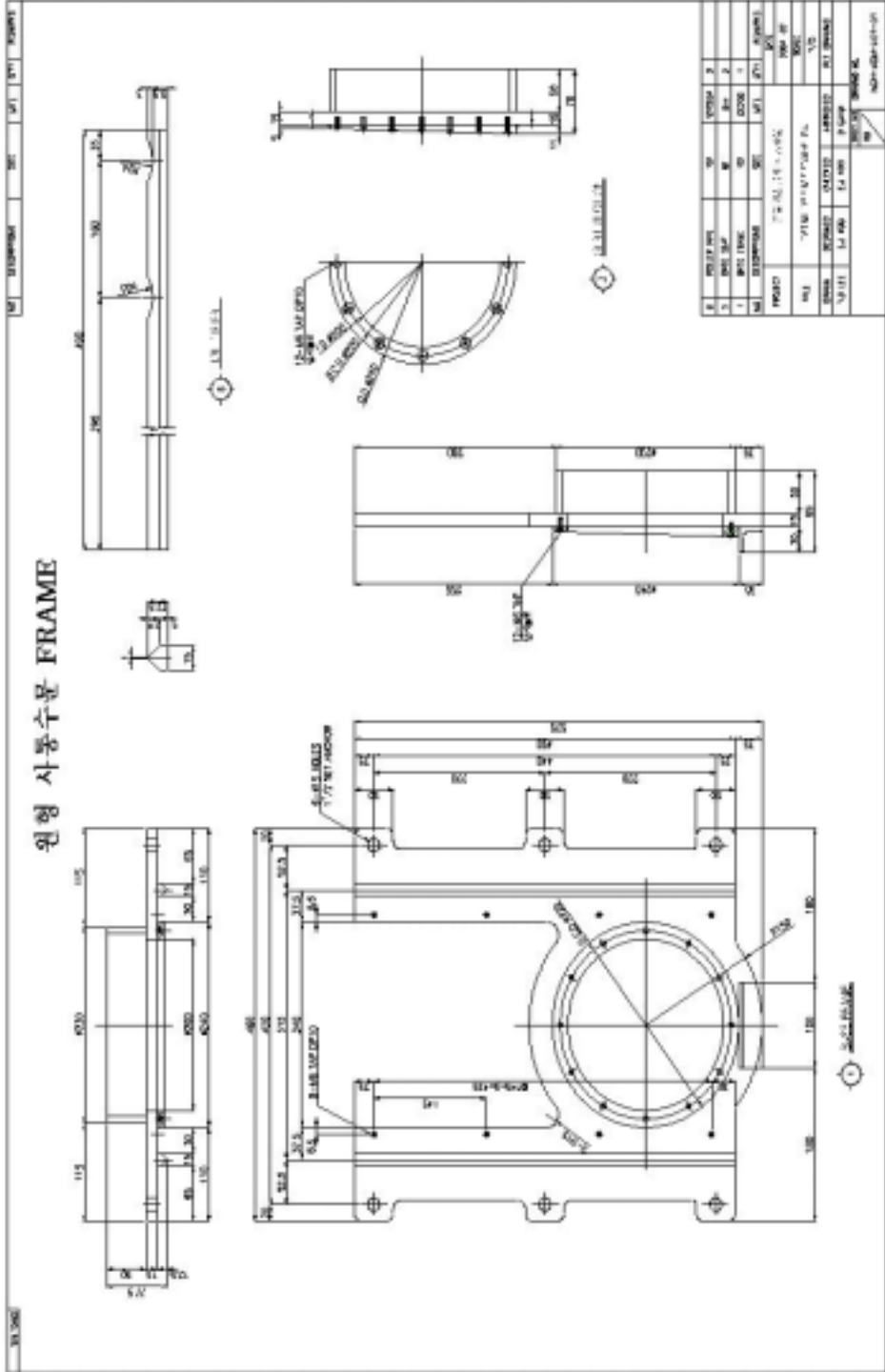
3.4.1.2 설계사양

구조계산법과 현장사양의 조사결과에 의해 원형 사통수문을 설계하였다. 사통의 수문비는 수압을 수문비 어느 곳에 받아도 중심으로 향할 수 있도록 하기 위하여 원형으로 하였고 재질은 스테인레스를 사용하였다. 태양광 전력은 Solar Unit을 180watt 1조를 구비하였고, 터는 직류전용 모터인 DC 0.2kw 1대를 사용하였으며 감속기는 수동으로 운전시에도 원활하게 작동을 시킬 수 있도록 하기 위해서 1/80의 감속비를 갖는 것을 사용하였다. 또한 롯데 암은 STS 304 계열의 재질로서 직경이 Φ 50mm의 파이프를 9m 사용하는 것으로 결정하였다. 유니버설 조인트는 회전력을 원활하게 전달하기 위해서 STS 304 재질의 오목결합으로 하였으며 내측 연결은 베어링 처리를 하였다.

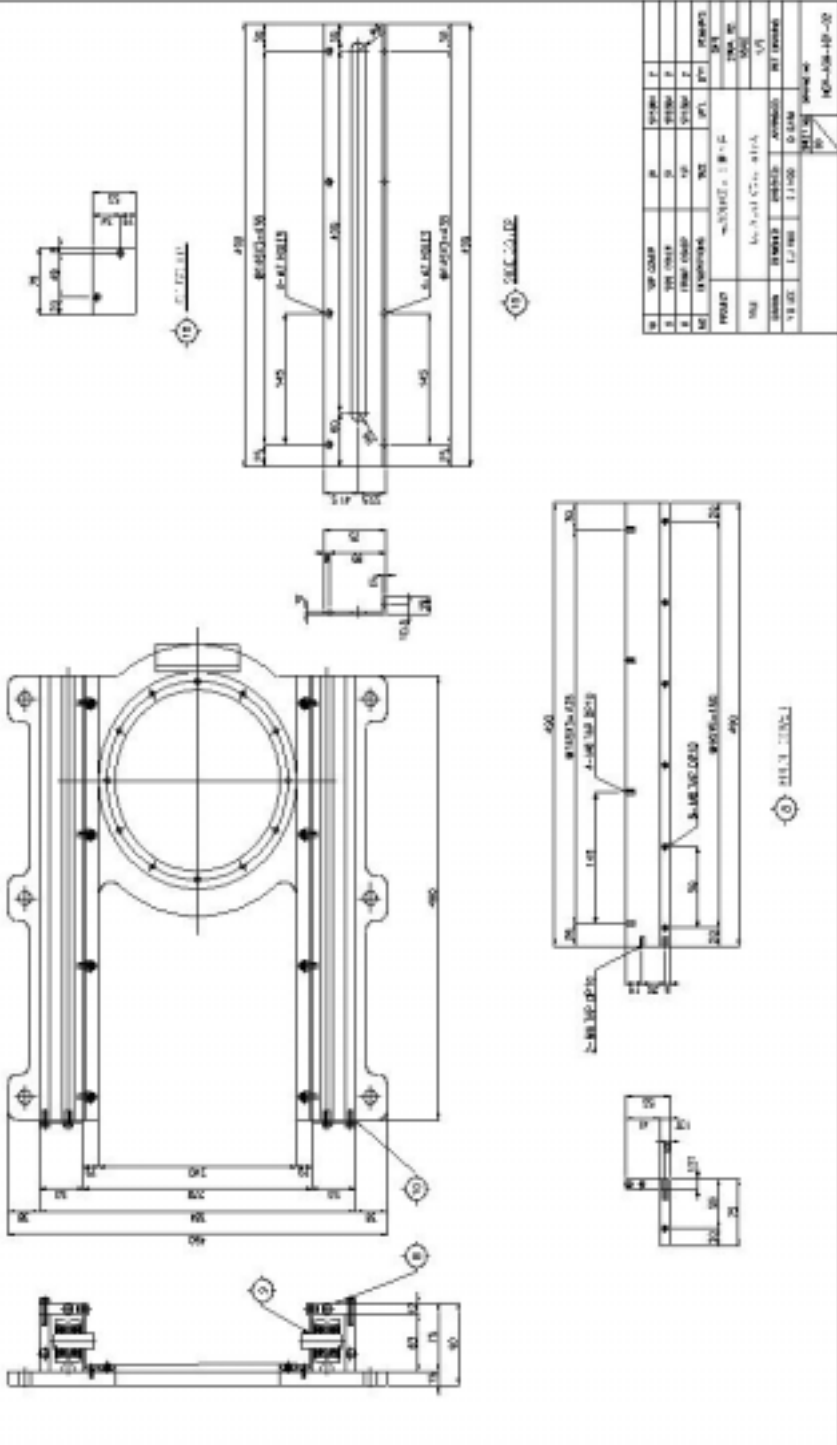
또한 수문비의 작동시 수문틀과의 마찰력 감소를 위해 볼베어링을 약 7도 정도 경사지게움직이도록 하여 마찰력을 크게 감소시켰으며 수문비 전면에 15cm 간격의 격자를 갖는 스크린을 설치하도록 하였다. 구동부의 보호를 위해서 W3.2m×H2.4m 의 콘테이너를 설치하여 평시 및 작동시에 콘테이너 안에서 보호되고 운영할 수 있도록 하였으며 Solar Unit은 콘테이너 지붕 위에 설치하여 태양광을 잘 받도록 하였다.

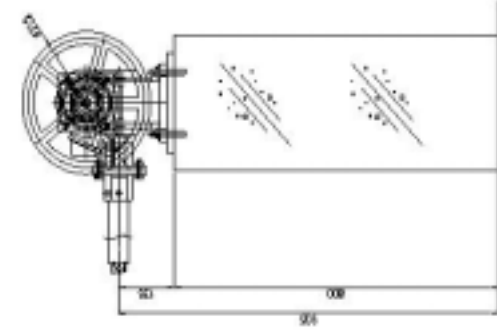
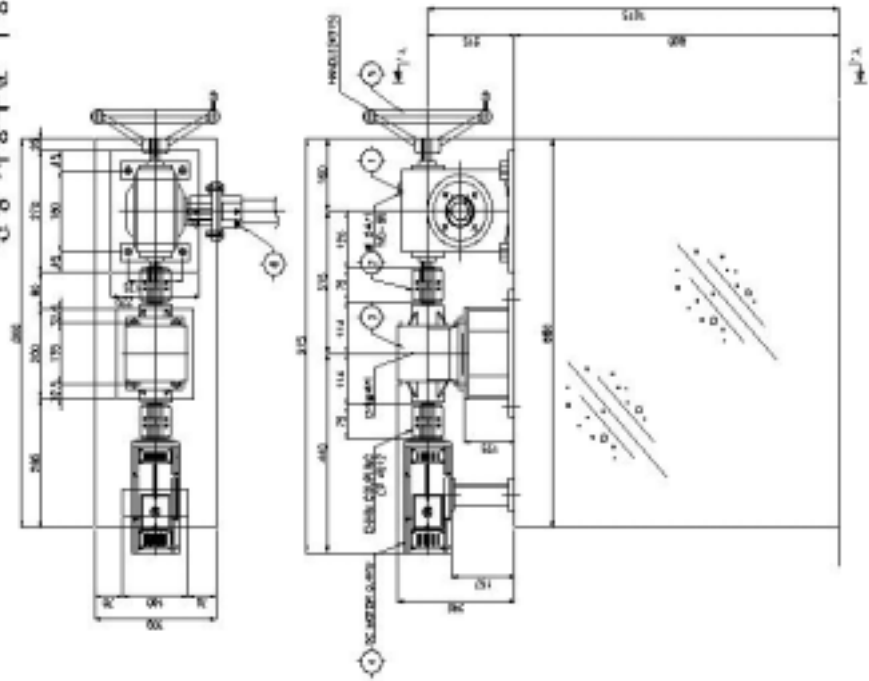
제어부는 제어반 안에 전력을 충전하여 사용할 수 있도록 하기 위한 충전기, 현재 사통수문의 개도상태를 알 수 있도록 하는 PLC 및 지시계, 동력을 제공하는 축전지등을 내장시키고 버튼으로 수동 및 전동을 전환시키며 동작과 멈춤을 할 수 있도록 하였다.

여기서 본 사통수문의 구동부가 콘테이너 안에 내장되도록 하였기 때문에 콘테이너를 올려 놓을 수 있도록 구조물을 설치하였으며 본 구조물은 토목공사요령에 따라서 터파기와 충전, 철근연기와 거푸집 안에 레미콘을 넣어서 20일 이상 건조시켜 충분한 내구성을 가질 수 있도록 하였다.



원형 사풍수문 COVER

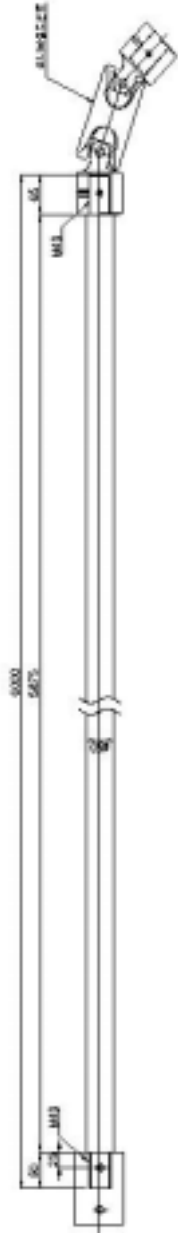




SECTION A-A

1. BUSH	80-30	FORG	3
2. SHAFT	Ø11	FORG	1
3. BEARING	110-50	FORG	1
4. PULLEY	Ø11, Ø10	FORG	1
5. PULLEY	Ø11, Ø10	FORG	1
6. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
7. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
8. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
9. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
10. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
11. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
12. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
13. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
14. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
15. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
16. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
17. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
18. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
19. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
20. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
21. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
22. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
23. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
24. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
25. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
26. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
27. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
28. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
29. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
30. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
31. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
32. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
33. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
34. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
35. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
36. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
37. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
38. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
39. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
40. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
41. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
42. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
43. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
44. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
45. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
46. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
47. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
48. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
49. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
50. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
51. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
52. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
53. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
54. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
55. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
56. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
57. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
58. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
59. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
60. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
61. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
62. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
63. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
64. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
65. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
66. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
67. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
68. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
69. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
70. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
71. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
72. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
73. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
74. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
75. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
76. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
77. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
78. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
79. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
80. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
81. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
82. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
83. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
84. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
85. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
86. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
87. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
88. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
89. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
90. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
91. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
92. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
93. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
94. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
95. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
96. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
97. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
98. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
99. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1
100. MOTOR BRACKET	80-30	FORG	1

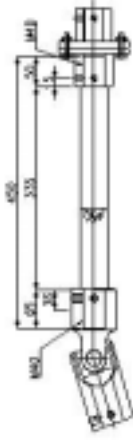
원형 사동수륜 SHAFT



SHAFT A



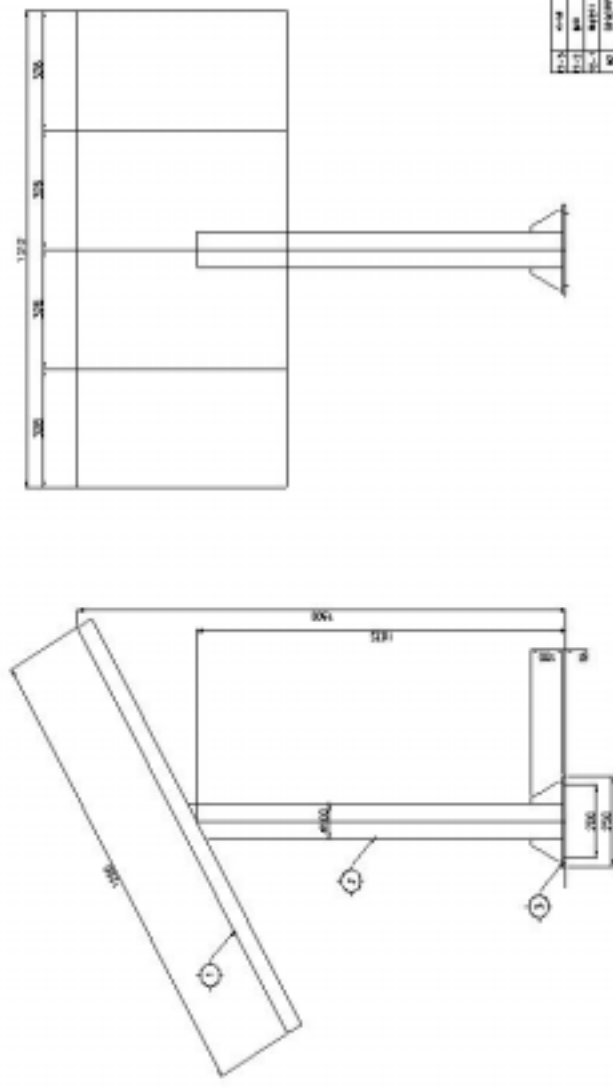
SHAFT B



SHAFT C

1	SHAFT A	50	5675	1
2	SHAFT B	50	2875	1
3	SHAFT C	50	3375	1
4	SHAFT A	50	5675	1
5	SHAFT B	50	2875	1
6	SHAFT C	50	3375	1
7	SHAFT A	50	5675	1
8	SHAFT B	50	2875	1
9	SHAFT C	50	3375	1
10	SHAFT A	50	5675	1
11	SHAFT B	50	2875	1
12	SHAFT C	50	3375	1
13	SHAFT A	50	5675	1
14	SHAFT B	50	2875	1
15	SHAFT C	50	3375	1
16	SHAFT A	50	5675	1
17	SHAFT B	50	2875	1
18	SHAFT C	50	3375	1
19	SHAFT A	50	5675	1
20	SHAFT B	50	2875	1
21	SHAFT C	50	3375	1
22	SHAFT A	50	5675	1
23	SHAFT B	50	2875	1
24	SHAFT C	50	3375	1
25	SHAFT A	50	5675	1
26	SHAFT B	50	2875	1
27	SHAFT C	50	3375	1
28	SHAFT A	50	5675	1
29	SHAFT B	50	2875	1
30	SHAFT C	50	3375	1
31	SHAFT A	50	5675	1
32	SHAFT B	50	2875	1
33	SHAFT C	50	3375	1
34	SHAFT A	50	5675	1
35	SHAFT B	50	2875	1
36	SHAFT C	50	3375	1
37	SHAFT A	50	5675	1
38	SHAFT B	50	2875	1
39	SHAFT C	50	3375	1
40	SHAFT A	50	5675	1
41	SHAFT B	50	2875	1
42	SHAFT C	50	3375	1
43	SHAFT A	50	5675	1
44	SHAFT B	50	2875	1
45	SHAFT C	50	3375	1
46	SHAFT A	50	5675	1
47	SHAFT B	50	2875	1
48	SHAFT C	50	3375	1
49	SHAFT A	50	5675	1
50	SHAFT B	50	2875	1
51	SHAFT C	50	3375	1
52	SHAFT A	50	5675	1
53	SHAFT B	50	2875	1
54	SHAFT C	50	3375	1
55	SHAFT A	50	5675	1
56	SHAFT B	50	2875	1
57	SHAFT C	50	3375	1
58	SHAFT A	50	5675	1
59	SHAFT B	50	2875	1
60	SHAFT C	50	3375	1
61	SHAFT A	50	5675	1
62	SHAFT B	50	2875	1
63	SHAFT C	50	3375	1
64	SHAFT A	50	5675	1
65	SHAFT B	50	2875	1
66	SHAFT C	50	3375	1
67	SHAFT A	50	5675	1
68	SHAFT B	50	2875	1
69	SHAFT C	50	3375	1
70	SHAFT A	50	5675	1
71	SHAFT B	50	2875	1
72	SHAFT C	50	3375	1
73	SHAFT A	50	5675	1
74	SHAFT B	50	2875	1
75	SHAFT C	50	3375	1
76	SHAFT A	50	5675	1
77	SHAFT B	50	2875	1
78	SHAFT C	50	3375	1
79	SHAFT A	50	5675	1
80	SHAFT B	50	2875	1
81	SHAFT C	50	3375	1
82	SHAFT A	50	5675	1
83	SHAFT B	50	2875	1
84	SHAFT C	50	3375	1
85	SHAFT A	50	5675	1
86	SHAFT B	50	2875	1
87	SHAFT C	50	3375	1
88	SHAFT A	50	5675	1
89	SHAFT B	50	2875	1
90	SHAFT C	50	3375	1
91	SHAFT A	50	5675	1
92	SHAFT B	50	2875	1
93	SHAFT C	50	3375	1
94	SHAFT A	50	5675	1
95	SHAFT B	50	2875	1
96	SHAFT C	50	3375	1
97	SHAFT A	50	5675	1
98	SHAFT B	50	2875	1
99	SHAFT C	50	3375	1
100	SHAFT A	50	5675	1

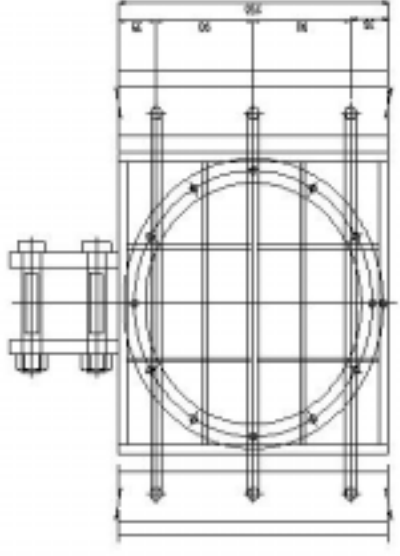
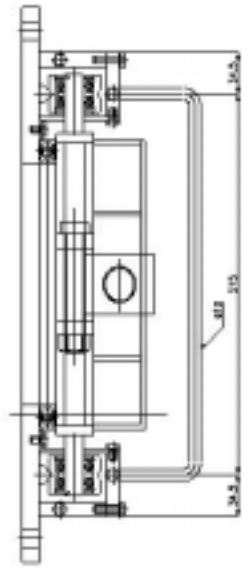
원형 사동수문 SOLAR POWER



구분	구분명	수량	단위	비고
1	1	1	개	
2	2	1	개	
3	3	1	개	
4	4	1	개	
5	5	1	개	
6	6	1	개	
7	7	1	개	
8	8	1	개	
9	9	1	개	
10	10	1	개	
11	11	1	개	
12	12	1	개	
13	13	1	개	
14	14	1	개	
15	15	1	개	
16	16	1	개	
17	17	1	개	
18	18	1	개	
19	19	1	개	
20	20	1	개	
21	21	1	개	
22	22	1	개	
23	23	1	개	
24	24	1	개	
25	25	1	개	
26	26	1	개	
27	27	1	개	
28	28	1	개	
29	29	1	개	
30	30	1	개	
31	31	1	개	
32	32	1	개	
33	33	1	개	
34	34	1	개	
35	35	1	개	
36	36	1	개	
37	37	1	개	
38	38	1	개	
39	39	1	개	
40	40	1	개	
41	41	1	개	
42	42	1	개	
43	43	1	개	
44	44	1	개	
45	45	1	개	
46	46	1	개	
47	47	1	개	
48	48	1	개	
49	49	1	개	
50	50	1	개	
51	51	1	개	
52	52	1	개	
53	53	1	개	
54	54	1	개	
55	55	1	개	
56	56	1	개	
57	57	1	개	
58	58	1	개	
59	59	1	개	
60	60	1	개	
61	61	1	개	
62	62	1	개	
63	63	1	개	
64	64	1	개	
65	65	1	개	
66	66	1	개	
67	67	1	개	
68	68	1	개	
69	69	1	개	
70	70	1	개	
71	71	1	개	
72	72	1	개	
73	73	1	개	
74	74	1	개	
75	75	1	개	
76	76	1	개	
77	77	1	개	
78	78	1	개	
79	79	1	개	
80	80	1	개	
81	81	1	개	
82	82	1	개	
83	83	1	개	
84	84	1	개	
85	85	1	개	
86	86	1	개	
87	87	1	개	
88	88	1	개	
89	89	1	개	
90	90	1	개	
91	91	1	개	
92	92	1	개	
93	93	1	개	
94	94	1	개	
95	95	1	개	
96	96	1	개	
97	97	1	개	
98	98	1	개	
99	99	1	개	
100	100	1	개	

원형 사동수문 SCREEN

SCREEN



NO	ITEM	QTY	UNIT	REMARKS
1	SCREEN	1	SET	
2	DRIVE MOTOR	1	PC	
3	BEARING	4	PC	
4	SHAFT	1	PC	
5	FLANGE	2	PC	
6	WASHER	4	PC	
7	NUT	4	PC	
8	KEY	1	PC	
9	SEAL RING	1	PC	
10	WASHER	2	PC	
11	NUT	2	PC	
12	KEY	1	PC	
13	SEAL RING	1	PC	
14	WASHER	2	PC	
15	NUT	2	PC	
16	KEY	1	PC	
17	SEAL RING	1	PC	
18	WASHER	2	PC	
19	NUT	2	PC	
20	KEY	1	PC	
21	SEAL RING	1	PC	
22	WASHER	2	PC	
23	NUT	2	PC	
24	KEY	1	PC	
25	SEAL RING	1	PC	
26	WASHER	2	PC	
27	NUT	2	PC	
28	KEY	1	PC	
29	SEAL RING	1	PC	
30	WASHER	2	PC	
31	NUT	2	PC	
32	KEY	1	PC	
33	SEAL RING	1	PC	
34	WASHER	2	PC	
35	NUT	2	PC	
36	KEY	1	PC	
37	SEAL RING	1	PC	
38	WASHER	2	PC	
39	NUT	2	PC	
40	KEY	1	PC	
41	SEAL RING	1	PC	
42	WASHER	2	PC	
43	NUT	2	PC	
44	KEY	1	PC	
45	SEAL RING	1	PC	
46	WASHER	2	PC	
47	NUT	2	PC	
48	KEY	1	PC	
49	SEAL RING	1	PC	
50	WASHER	2	PC	
51	NUT	2	PC	
52	KEY	1	PC	
53	SEAL RING	1	PC	
54	WASHER	2	PC	
55	NUT	2	PC	
56	KEY	1	PC	
57	SEAL RING	1	PC	
58	WASHER	2	PC	
59	NUT	2	PC	
60	KEY	1	PC	
61	SEAL RING	1	PC	
62	WASHER	2	PC	
63	NUT	2	PC	
64	KEY	1	PC	
65	SEAL RING	1	PC	
66	WASHER	2	PC	
67	NUT	2	PC	
68	KEY	1	PC	
69	SEAL RING	1	PC	
70	WASHER	2	PC	
71	NUT	2	PC	
72	KEY	1	PC	
73	SEAL RING	1	PC	
74	WASHER	2	PC	
75	NUT	2	PC	
76	KEY	1	PC	
77	SEAL RING	1	PC	
78	WASHER	2	PC	
79	NUT	2	PC	
80	KEY	1	PC	
81	SEAL RING	1	PC	
82	WASHER	2	PC	
83	NUT	2	PC	
84	KEY	1	PC	
85	SEAL RING	1	PC	
86	WASHER	2	PC	
87	NUT	2	PC	
88	KEY	1	PC	
89	SEAL RING	1	PC	
90	WASHER	2	PC	
91	NUT	2	PC	
92	KEY	1	PC	
93	SEAL RING	1	PC	
94	WASHER	2	PC	
95	NUT	2	PC	
96	KEY	1	PC	
97	SEAL RING	1	PC	
98	WASHER	2	PC	
99	NUT	2	PC	
100	KEY	1	PC	

3.4.1.3 시제품 제작 및 설치

설계에 의한 제작에 있어서 모든 제품의 규격은 KS 인증을 받은 제품을 사용하여 가공하였으며 기존 제품의 이용시에는 각각의 성능에 대한 인증을 첨부하였다. 특히 구동부의 DC모터와 감속기에 대해서는 IP67 이상의 성능을 갖춘 것을 부착하였으며 방수 및 방식에 대한 성능을 가장 중요하게 고려하였다. Solar Unit은 겨울, 여름등 온도차가 심한 나지에 설치하여 운영하는 것이기 때문에 온도차에 의해서 파손되거나 사람이나 동물에 의해서 훼손되는 경우를 방지하기 위해서 방탄 및 방열기능을 필요로 한다. 따라서 기본적으로 Solar Cell은 격자구조로 구성될 때 표면을 방열 및 방탄처리한 제품을 사용한다. 로드 암은 항상 물 속과 물 밖에서 나지에 노출되어 있기 때문에 부식에 약하다. 따라서 STS 304 계열의 재질을 사용하여 부식을 방지하고 로드 암의 길이를 4.5m씩 2조로 나누어서 중간에 후렌지를 사용하여 연결시켜 고장시 응급대처가 원활할 수 있도록 한다. 수문과 문비는 항상 물 속에 잠겨있기 때문에 부식이 가장 큰 문제이며 이를 극복하기 위해서는 수문비의 재질을 스테인레스로 하고 지수부의 마찰력을 감소시키기 위해서 황동등 비교적 부식에 강하고 미끄럼 마찰이 적은 재질을 사용한다. 유니버설 조인트는 모터와 감속기에서 나온 동력(회전력)을 로드 암을 통하여 수문비



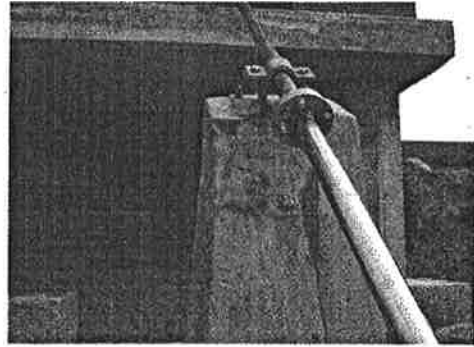
(a) 사통수문 전경



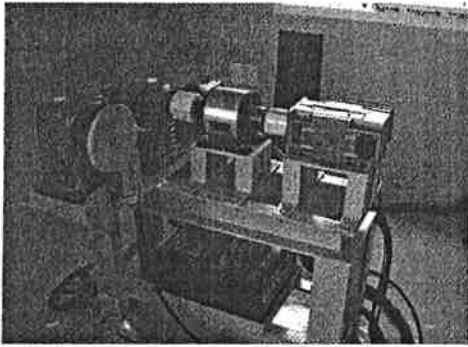
(b) 수문 및 구조물



(c) 작동용 로드 암 및 받침대



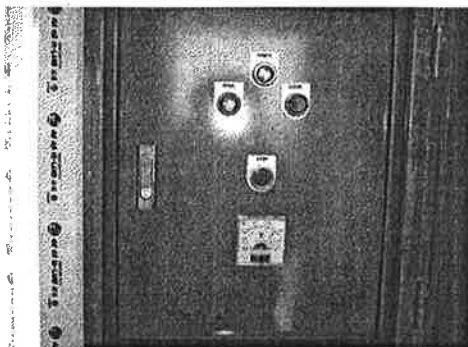
(d) 작동용 로드 암 후렌저



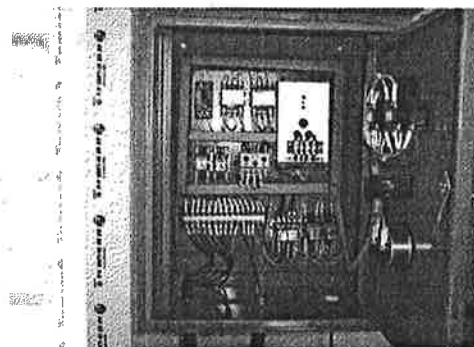
(e) 구동부



(f) 유니버설 조인트



(g) 제어반 보턴



(h) 제어반 내부



(i) 컨테이너 교각



(j) 토목공사 모습

사진 3.4.3 원형 사통수문 제작 및 설치

의 개폐작동을 원활하게 하는 것으로서 작동시 항상 회전을 하기 때문에 마모가 큰 것이 단점이다. 따라서 마모를 줄이고 마모에 대해 강한 성질을 갖고 있어야 하기 때문에 특수스테인레스강을 사용한 제품을 사용하며 오목연결형 형태를 갖춘 형식으로 제품을 가공한다.

3.4.2 벨브형 사통수문(제2차 시제품)

3.4.2.1 현장조건

벨브형 사통수문 시제품을 설치하여 운영할 대상지는 원형 사통수문과 동일하게 충남 합덕에 소재하고 있는 백미저수지이다. 시제품의 성능확인이 미검증된 상태에서 설치하여 운영하는 부담을 덜기 위하여 가능한 유역면적과 수혜면적이 작고 사통수문 하류부에 민가등 대민피해가 적은 곳을 선택하기 위한 조사결과에 따라 백미저수지를 선정하였다. 공사여건은 사통이 제방 위에서 약 8m 정도로서 비교적 짧으며 진입도로도 폭 4m로서 공사차량의 접근이 용이하다. 또한 주위에 농업용 전기가 있기 때문에 용접과 그라인드를 사용한 작업에 있어서 전기를 사용하기에 좋은 조건을 갖추었다. 사통수문 하류부에는 직접 수혜지가 있어서 용수를 공급하는데 많은 시간이 걸리지

않기 때문에 현재는 농민들이 수시로 사통수문의 조작을 마음대로 하고 있어서 물관리에 많은 차질을 가져오고 있지만 태양광 전동식 사통수문을 설치함으로써 관리인이 직접 수요에 의해 물공급을 하기 때문에 기존의 물관리 관행보다는 효율적으로 사용이 가능할 것으로 예상되었다.



사진 3.4.4 제2차 시제품(벨브형) 설치 장소

기존의 수동식 사통수문의 상태를 살펴보면 롯데 암의 길이가 9m로서 스펀들을 이용하여 수문비 개폐작동을 행할 시 작업자의 과대한 힘이 소요되며 어느 정도 개폐가 되었는지를 확인하기 위해서 옆에 부착되어 있는 수위표를 보면서 확인해야 하는 불편함이 있다. 또한 롯데 암을 비롯한 수문바, 수문틀, 스크린등의 부식이 많이 진행되어 정상작동이 어려울 것으로 예상되고 롯데 암을 잡아주는 받침대와 수명에 이물질 유입을 막는 구조물등의 콘크리트 부식도 상당히 진행되어 원래의 기능을 달성하지 못할 것으로 판단되었다.

이에 따라서 시제품을 제작하여 현장에 부착시키기 위해서는 수명만을 남기고 모든 구조물과 제품을 완전히 새로이 바꾸는 것이 안전성과 운영성에서 효율적이라는 결론을 얻었다.

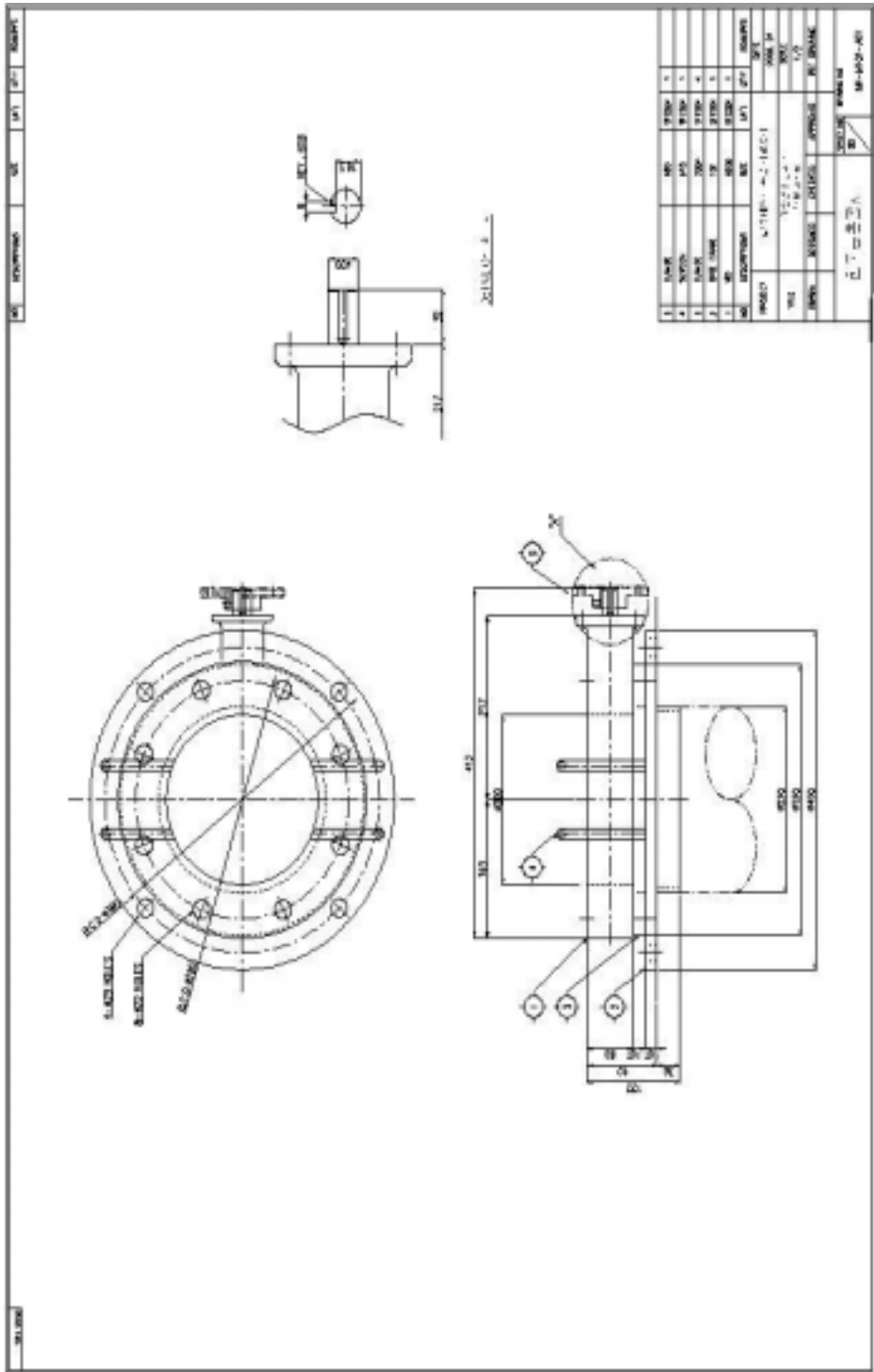
3.4.2.2 설계사양

구조계산법과 현장사양의 조사결과에 의해 밸브형 사통수문을 설계하였다. 사통 수문비는 수압의 영향을 받지 않기 위하여 밸브형으로 하였고 재질은 스테인레스를 사용하였다. 태양광 전력은 Solar Unit을 180watt 1조를 구비 하였고, 모터는 직류전용 모터인 DC 0.2kw 1대를 사용하였으며 감속기는 수동으로 운전시에도 원활하게 작동이 가능하도록 1/80으로 하였다. 또한 릿드 암은 STS 304 계열의 재질로서 직경이 Φ 50mm의 파이프를 9m 사용하는 것으로 결정하였다. 유니버설 조인트는 회전력을 원활하게 전달하기 위해서 STS 304 재질의 오목결합으로 하였으며 내측 연결은 베어링 처리를 하였다.

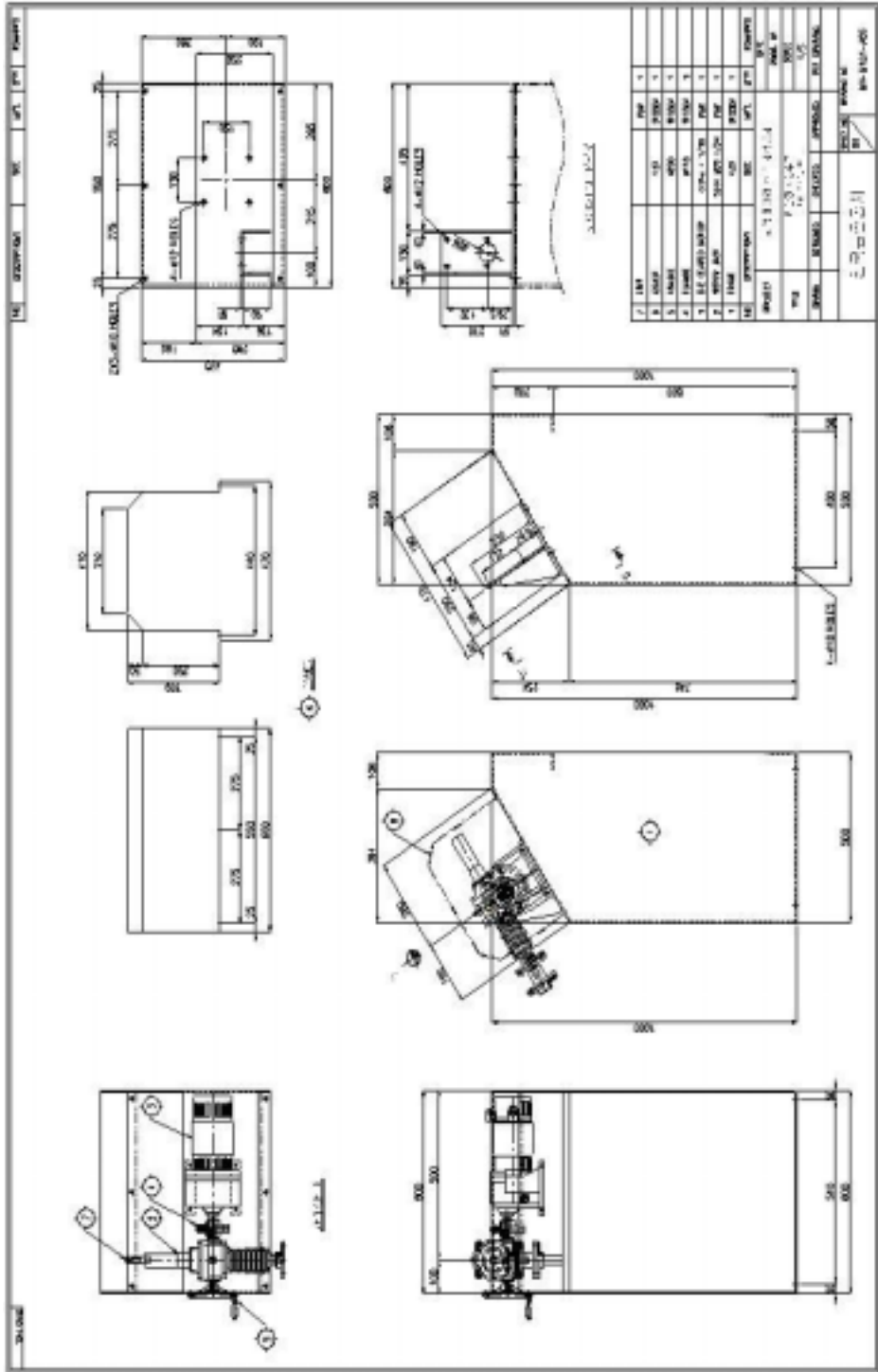
또한 수문비의 작동시 수문틀과의 마찰력 감소를 위해 볼베어링을 약 7도 정도 경사지게움직이도록 하여 마찰력을 크게 감소시켰으며 수문비 전면에 15cm 간격의 격자를 갖는 스크린을 설치하도록 하였다. 구동부의 보호를 위해서 W3.2m×H2.4m 의 컨테이너를 설치하여 평시 및 작동시에 컨테이너 안에서 보호되고 운영할 수 있도록 하였으며 Solar Unit은 컨테이너 지붕 위에 설치하여 태양광을 잘 받도록 하였다.

제어부는 제어반 안에 전력을 충전하여 사용할 수 있도록 하기 위한 충전기, 현재 사통수문의 개도상태를 알 수 있도록 하는 PLC 및 지시계, 동력을 제공하는 축전지등을 내장시키고 버튼으로 수동 및 전동을 전환시키며 동작과 멈춤을 할 수 있도록 하였다.

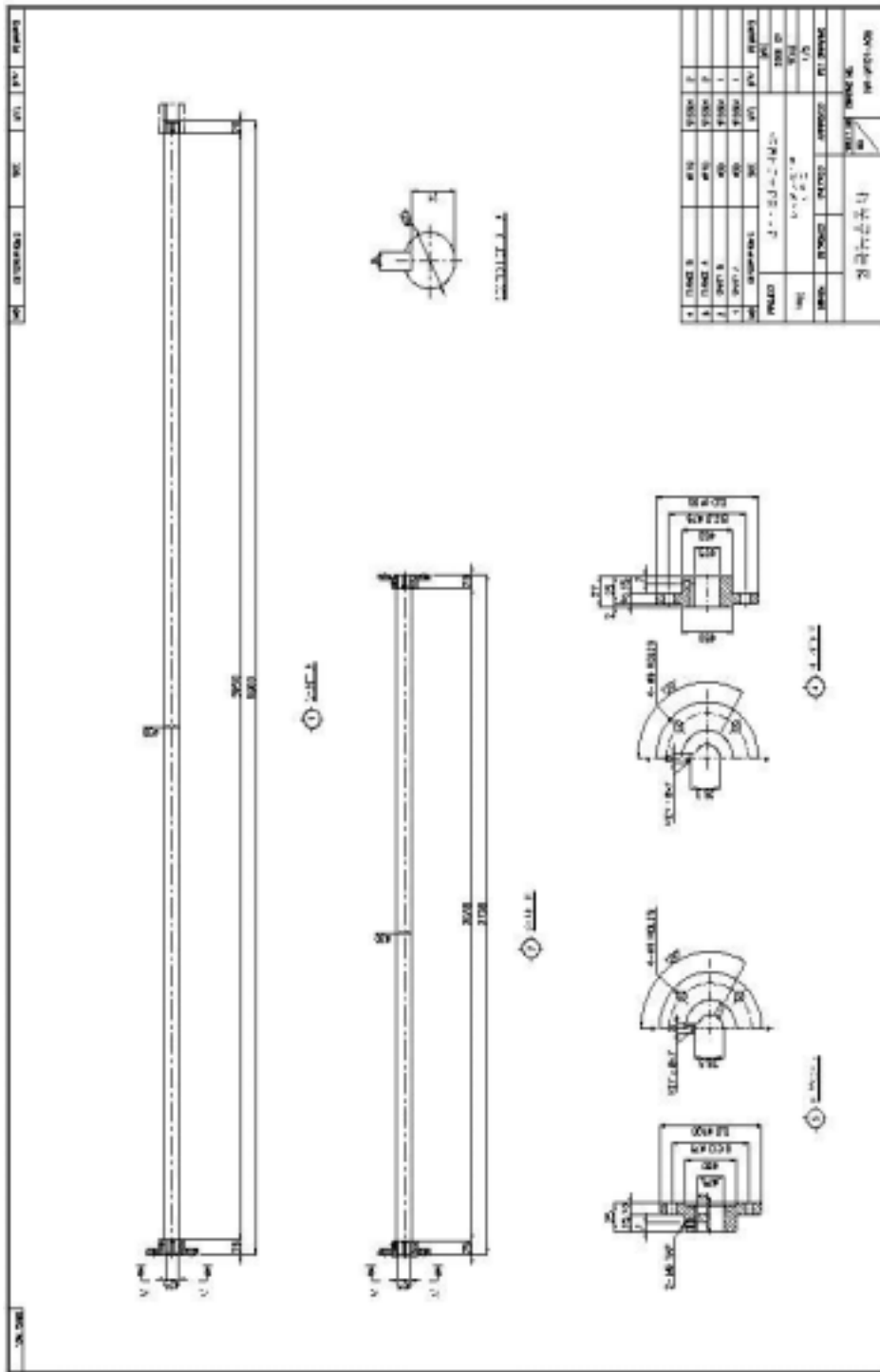
여기서 본 사통수문의 구동부가 컨테이너 안에 내장되도록 하였기 때문에 컨테이너를 올려 놓을 수 있도록 구조물을 설치하였으며 본 구조물은 토목공사요령에 따라서 터파기와 충전, 철근연기와 거푸집 안에 레미콘을 넣어서 20일 이상 건조시켜 충분한 내구성을 가질 수 있도록 하였다.



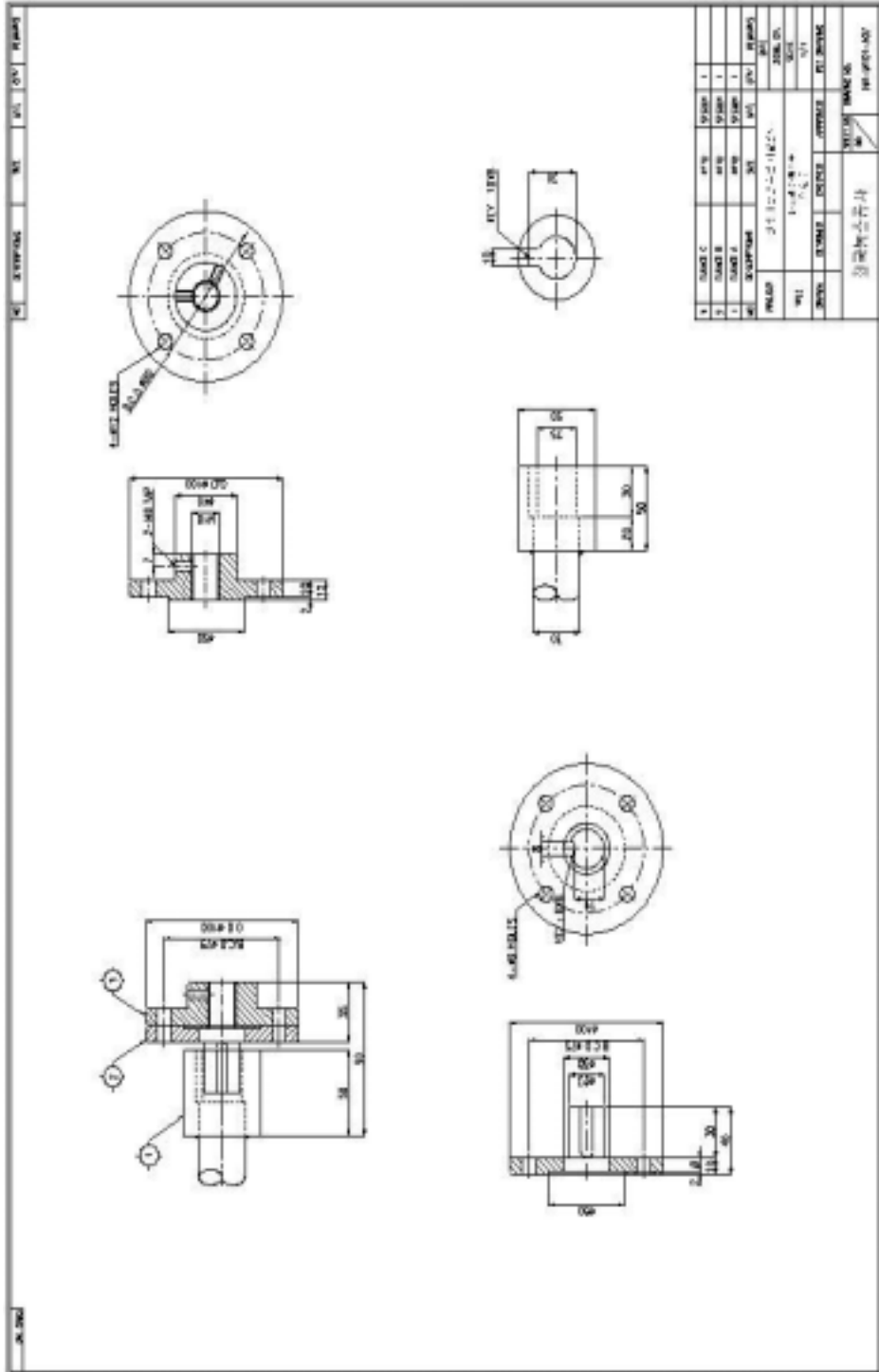
밸브 조립도(밸브형 사용수문)



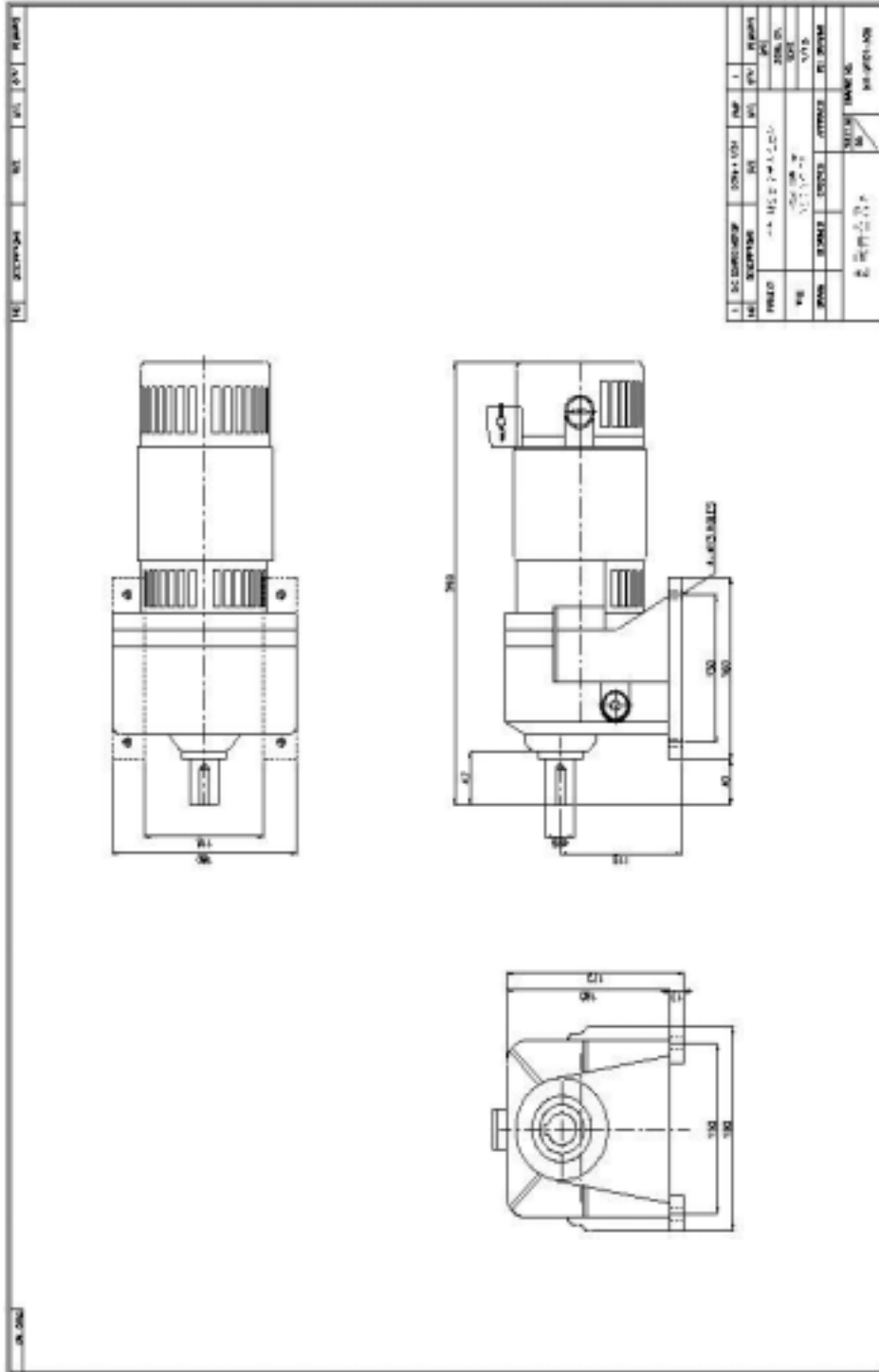
구동부 규격(펠리컬 사용수은)



샤프트(별표형 사용수준)



후면지(별도형 사용수준)



DC 기어드 모터(벨브형 사용수분)

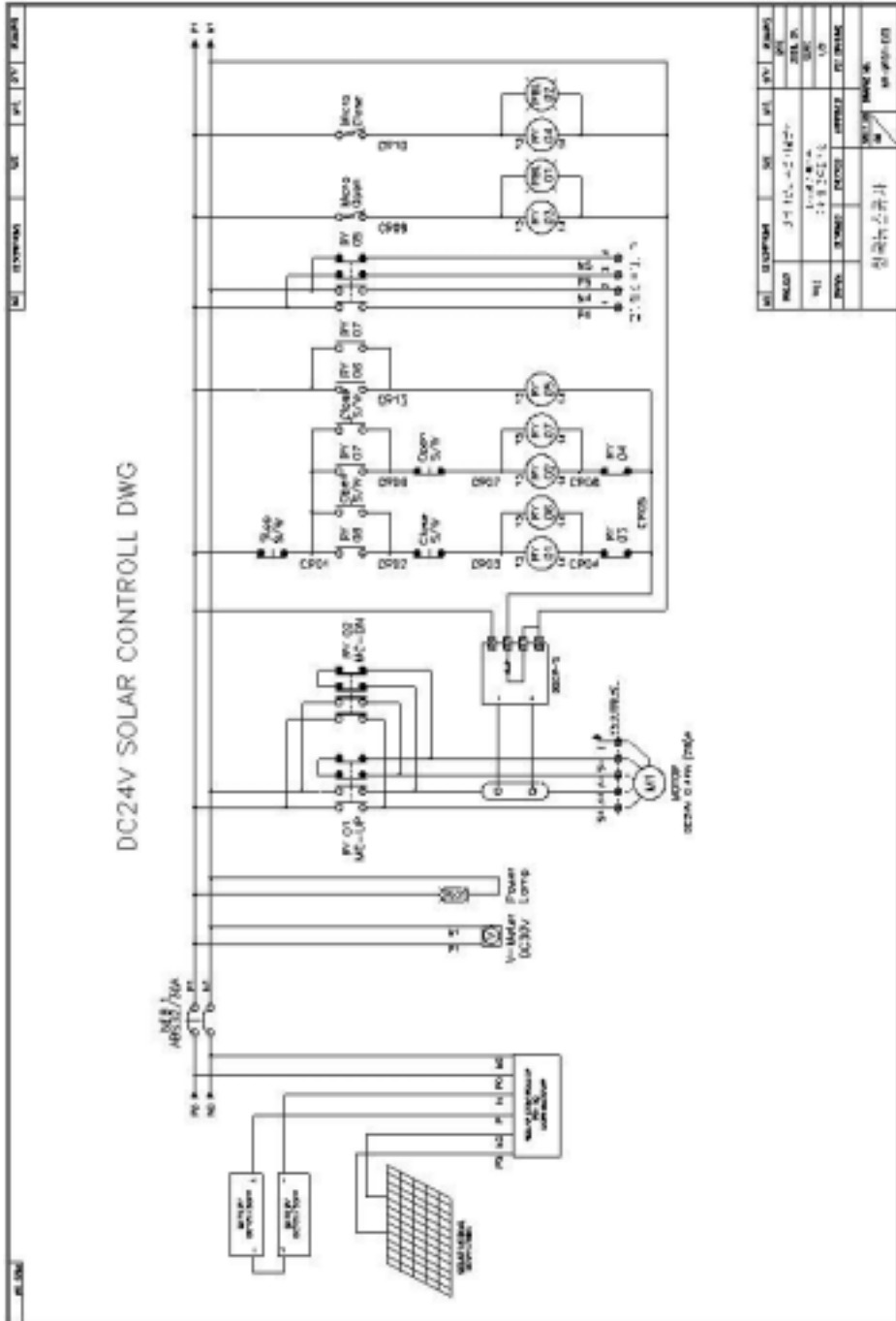


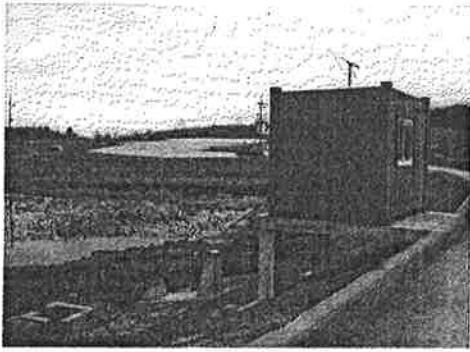
그림 3.4.2 밸브형 사통수문 표준제작 도면

3.4.2.3 시제품 제작 및 설치

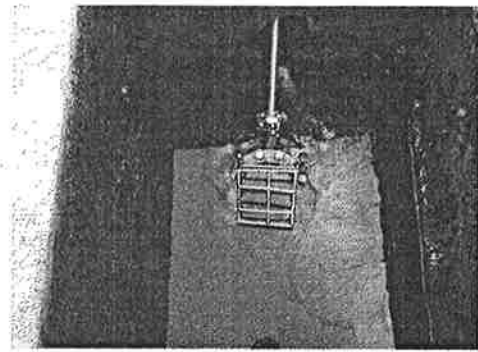
원형 사통수문과 마찬가지로 밸브형 사통수문도 설계에 의한 제작에 있어서 모든 제품의 규격은 KS 인증을 받은 제품을 사용하여 가공하였다.

또한 밸브형의 경우 롯데 암, 유니버설 조인트, 모터, 감속기, 밸브등은 기존 제품의 이용하였으며 이 제품 각각의 성능에 대한 인증을 첨부하였다. 특히 구동부의 DC모터와 감속기에 대해서는 IP67 이상의 성능을 갖춘 것을 부착하였으며 방수 및 방식에 대한 성능을 가장 중요하게 고려하였다. Solar Unit은 겨울, 여름등 온도차가 심한 나지에 설치하여 운영하는 것이기 때문에 온도차에 의해서 파손되거나 사람이나 동물에 의해서 훼손되는 경우를 방지하기 위해서 방탄 및 방열기능을 필요로 한다. 따라서 기본적으로 Solar Cell은 격자구조로 구성될 때 표면을 방열 및 방탄처리한 제품을 사용한다. 롯데 암은 항상 물 속과 물 밖에서 나지에 노출되어 있기 때문에 부식에 약하다. 따라서 STS 304 계열의 재질을 사용하여 부식을 방지하고 롯데 암의 길이를 4.0m씩 2조로 나누어서 중간에 후렌지를 사용하여 연결시켜 고장시 응급대처가 원활할 수 있도록 한다. 수문과 문비는 항상 물 속에 잠겨있기 때문에 부식이 가장 큰 문제이며 이를 극복하기 위해서는 수문비의 재질을 스테인레스로 하고 지수부의 마찰력을 감소시키기 위해서 황동등 비교적 부식에 강하고 미끄럼 마찰이 적은 재질을 사용한다. 유니버설 조인트는 모터와 감속기에서 나온 동력(회전력)을 롯데 암을 통하여 수문비의 개폐작동을 원활하게 하는 것으로서 작동시 항상 회전을 하기 때문에 마모가 큰 것이 단점이다. 따라서 마모를 줄이고 마모에 대해 강한 성질을 갖고 있어야 하기 때문에 특수스테인레스강을 사용한 제품을 사용하며 오목연결형 형태를 갖춘 형식으로 제품을 가공한다.

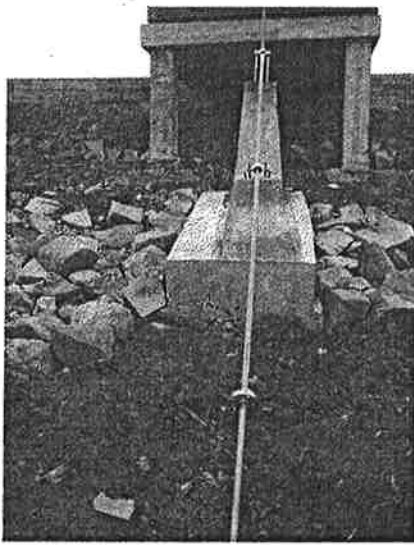
또한 정보의 판단과 제어를 하는 전자회로도에 관해서도 방열과 방습처리를 하여 외부의 환경에 의해 오작동이 되는 것을 방지하였으며 제어반의 외함도 스테인레스로 제작하여 부식을 방지하였다.



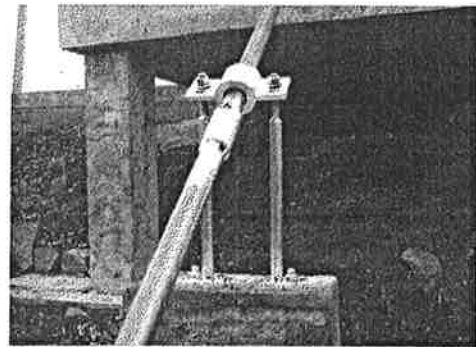
(a) 사통수문 전경



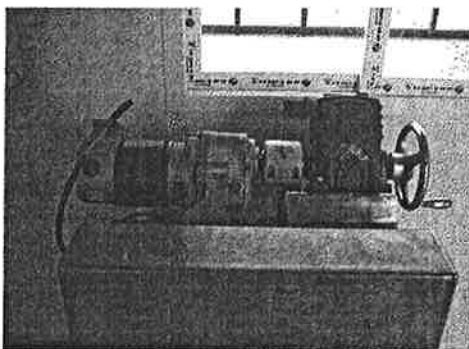
(b) 수문



(c) 작동용 로드 암 및 받침대



(d) 작동용 로드 암 후렌지



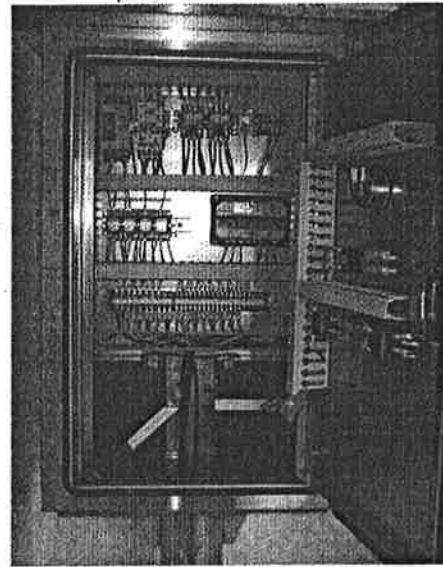
(e) 구동부



(f) 수동 핸들



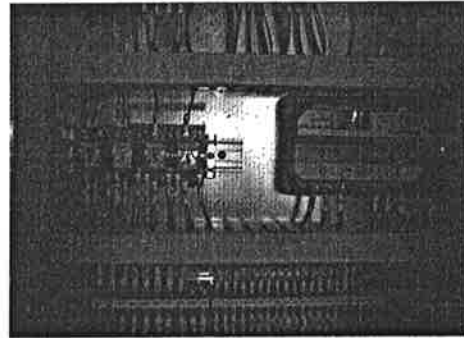
(g) 제어반 보턴



(h) 제어반 내부



(i) 컨테이너 교각



(j) PLC 내장 모습

사진 3.4.5 벨브형 사통수문 제작 및 설치

3.4.3 특징

3.4.3.1 Charger(충전기)

충전기는 태양열 집적판으로부터 발생한 전기를 밧데리에 전달하여 축전을 시키는 동력메커니즘 중 가장 중요한 부분으로서 다음과 같은 문제점이 있다. 우선 태양열 전지판으로부터 17volt의 전압을 36Volt 로 승압시켜 24volt 로서 밧데리

에 충전을 시키는 관계로 과충전의 우려가 항상 존재하고 있으며 과충전에 따른
бат테리 수명단축이 예상되며, 승압충전에 의해 태양열 전지판으로부터 2.91A/hr
가 2.2A/hr로 충전을 시키기 때문에 현재 30A의 бат테리에 Full 충전을 시키는
경우 13.6시간이 소요되며 충전효율은 75% 정도에 머무르고 있는 실정이다. 또한
본 충전기는 전기회로도에 의해 구성 제작된 제품으로서 동절기 한파에 대단히
약한 문제점이 있는 것을 파악할 수 있었다. 이러한 점을 개선하기 위해 충전효
율을 높이는 방법으로서 태양열 전지판에서 나오는 전력을 승압이 없이 그대로
бат테리에 충전시키는 방안을 모색하고, 동절기 대비책으로서 충전기 자체보온이
가능한 방법 채용하는 방법을 고려하였다.

3.4.3.2 Translating Method(개도 계산 및 송신방법)

상기에서도 논한 문제로서 현재의 개도계산은 모터에 부착되어 있는 센서로
감지하여 환산프로그램에 의해 개도율로 환산하여 PLC를 통하여 데이터를 전송
하는 방식을 채용하고 있다. 그러나 모터의 회전속도가 고속인 관계로 회전수 카
운팅에 어려움이 발생하고 있으며 또한 모터의 회전관성력에 의해 정확한 위치
에서의 정지가 어렵고 이의 카운팅도 곤란한 것으로 파악되었으며 동절기의
PLC 작동 에러발생이 있는 것으로 파악되었다. 따라서 개선대책으로서 고속회전
을 하는 모터에서의 카운팅방법을 수문의 개폐길이로서 알 수 있는 방법으로 전
환하고, 동절기 대비책으로서 열선을 내장시키는 방법을 마련한다.

3.4.3.3 Battery Over-Charge(бат테리 과충전에 의한 수명 단축)

бат테리는 과충전을 하면 오히려 내구수명을 단축시키는 단점을 가지고 있다.
따라서 현재 승압 충전방식은 бат테리(12Volt бат테리 2개 직렬연결)의 파손등의
손상우려가 있으며 과충전에 따른 бат테리 수명 단축에 따른 유지관리의 어려움
발생할 것으로 예상된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 과충전방지회
로 개발에 의한 문제 해결을 도모한다.

3.4.3.4 Operation Mecanizm(태양열에 의한 작동 메커니즘)

태양열에 의한 작동 메커니즘을 그림 3.4.3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 태양열 전지판에서 발생된 전기는 콘트롤 판넬에 내장되어 있는 충전기를 통하여 밧데리에 축전이 되며 운영자의 의지에 의해서 수문의 개폐작동을 하게 되면 우선 태양열 전지판에서 작동동력인 전기를 끌어오고 모자라는 부분에 대해서는 밧데리로부터 공급을 받으며 이 동력에 의해 모터가 작동하고 모터작동에 따라 감속기가 돌아가면 감속기가 스크류를 돌려 수문의 개폐작동을 하게 된다. 수문의 개폐정도를 감지센서가 감지하여 콘트롤 판넬에 알려주면 운영자는 이를 보고 수문의 개폐상황을 인식하고 정해진 상황에 따라 개폐작동을 하게 된다. 이러한 작동 메커니즘을 파악하고 작동 메커니즘별로 구성·보완하였다.

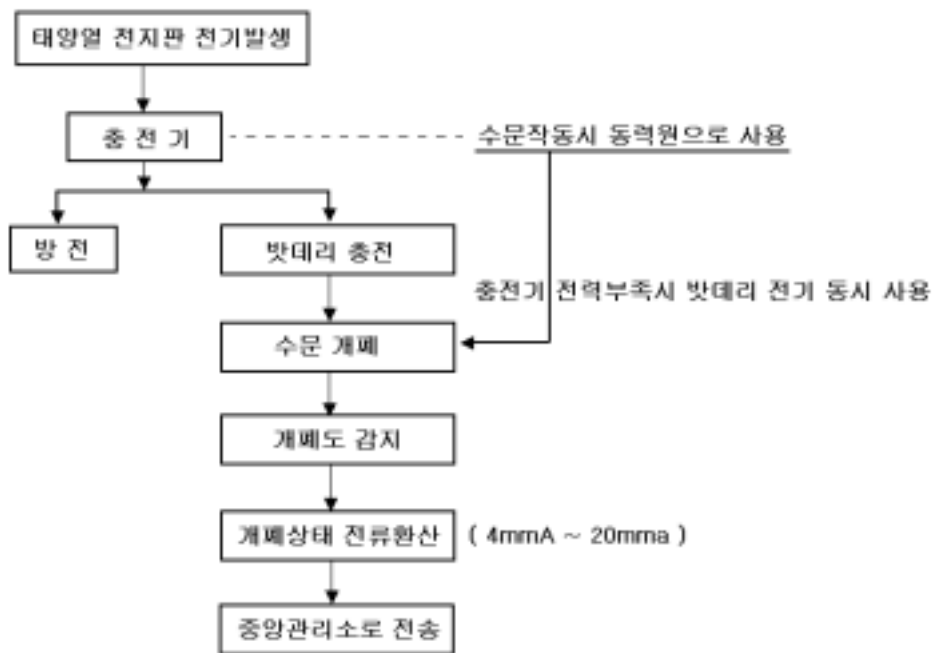


그림 3.4.3 태양열 충전 사통수문의 작동 및 제어 플로우 차트

표 3.4.1 태양열 전지판 사양

동작온도	-40℃ ~ +80℃
내중압	60m/sec.
내전압	50μA
외곽치수	(W942×H502)mm
중량	6.5kg
Cell 치수	(W100×H100)mm
Cell 타입	단결정
Cell 수량	36개
최대출력	120Watt
최대전압	17.1Volt
최대전류	2.93A
단락전류	3.17A

그림 3.4.2 에서 나타낸 것과 같이 태양열 전동 사통수문의 작동 및 제어에 관한 모든 동력은 태양열에 의존하며 따라서 태양열을 집적시키는 태양열 전지판의 선택이 수문 작동에 있어서 중요한 요인이 된다. 여기서는 태양열 집적 효율뿐만이 아니라 동절기의 태양열 전지판의 동파, 현장설치시 돌등의 투척에 의한 태양열 전지판의 파손등을 고려하여 사양을 정할 필요가 있기 때문에 태양열 집적 효율 및 경제성만으로 판단을 한다면 보다 값싸고 효율적인 것을 선택할 수도 있으나 태양열 전지판의 현장설치에 따른 유지관리도 생각을 한다면 튼튼한 것이 상기의 효율적인 것보다 더 효과적이라고 생각하다. 따라서 표 3.4.1에 나타낸 것과 같이 온도 변화에도 내온성이 강하고 외부의 충격에도 전기발생장치를 보호할 수 있으며 각각의 수문이 갖는 전기용량을 가장 효율적으로 공급할 수 있는 태양열 전지판을 선택하였다.

3.4.3.5 Control Panel(컨트롤 판넬) 및 과충전 보호장치

최초로 DC 24Volt 축전지용 충전기를 개발할 당시에는 축전을 시키는 능력만

을 위주로 생각하여 회로를 작성하였다. 그 결과 축전과 태양열로부터 발생하는 전기를 효율적으로 사용하는데에는 많은 미숙한 점이 발견되었다. 특히 축전 효율이 75% 정도밖에 미치지 못하고 또한 수문개폐작동에 드는 전력을 밧데리에만 의존하는 방식으로 개발하였기 때문에 동력사용의 효율화를 기하지 못하였으며, 수문의 작동 및 작동습관에 대한 검토를 행한 결과 충전용량의 부족등 밧데리에 전기를 모으는 역할로서 한정하는 것에는 문제가 있다는 것을 발견하였다. 따라서 좀 더 효율적인 축전방법과 수문작동시 태양열을 직접 이용하는 방법에 착안점을 두어 모자라는 동력을 밧데리에서 보충하도록 설계 및 제작하였다.

그 결과 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 새로 보완한 충전기의 최대입력전압은 34.2Volt, 밧데리 충전전압은 26.5Volt이며 과충전 방지회로를 채택하여 밧데리 충전전압이상으로 충전이 되지 않도록 하였고, 보완충전기는 DC 24Volt로 들어오는 전압을 밧데리에 직접 충전시키고 또한 수문 작동시 동력원으로서 직접 모터에 전력을 공급하는 역할을 추가하였다. 이는 한정된 밧데리의 전기용량을 효율적으로 이용하기 위하여 태양열을 직접 이용함과 동시에 모자라는 전력만을 밧데리에서 공급받도록 취한 조치였으며 따라서 아침 및 흐린 날이 계속

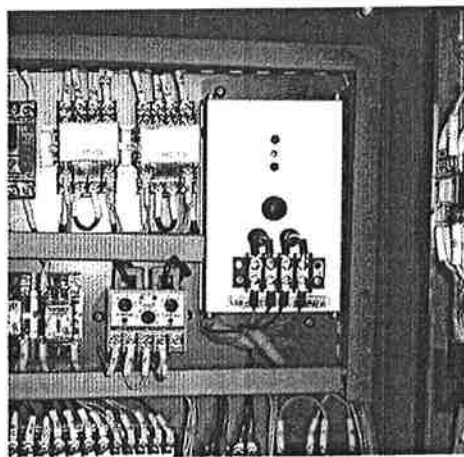


사진 3.4.6 충전기(R/I 컨버터 내장)

된 후의 수문작동의 곤란성을 극복할 수 있었다. 또한 다음으로 수문이 설치되고 사용되는 현장의 특성(농지, 간척지, 산간지등)을 감안하여 4계절의 온도변화에 민감한 전기회로의 단점을 보완하기 위해 전기회로도 안에 전열장치 및 EPOXY 코팅을 하고 외부를 청동 케이스로 보호하여 $-30^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 까지의 온도변화에 견딜 수 있도록 함으로서 현장에서의 가장 큰 애로점이 될 것으로 예상되었던 전기회로의 온도변화 민감도를 해결하였으며 마지막으로 밧데리에 과충전을 하게 되면 밧데리 자체에 손상을 주기 때문에 밧데리를 오래 동안 사용할 수 있도록 과충전방지회로를 채택하여 밧데리를 보호할 수 있도록 보완·제작하여 문제점을 해결하였다.

3.4.3.6 Operation Device(구동장치)

구동장치의 상태를 살펴보면 최초 태양열 전동 수문을 제작하였을 때 구조계산을 통하여 나타난 모터의 용량은 DC 24Volt의 200Watt이었으며 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 있었기 때문에 이의 해결이 시급한 문제로 떠올랐다. 이러한 점을 보완하기 위하여 감속기의 감속비율은 1/80으로 하여 수문의 핸들 1회 조작시 수문의 권양길이를 높임과 동시에 즉, 핸들 1회전당 5mm의 핏치 사각나사를 사용함으로써 핸들 1회전당 수문이 올라가는 길이가 5mm가 되도록 하였다. 또한 모터축과 감속기를 직접 연결시킴으로서 수동조작시 적은 힘으로도 운전이 가능토록 하였으며 감속기의 구동부 나사는 녹방지 및 마찰력을 감안하여 인청동을 사용하였다. 또한 노출되는 스크류는 STS 304 Round Bar를 사용 가공하여 외관상 깨끗하고 녹을 방지하는 기능 추가한 것도 한 가지의 특징이다.

3.4.3.7 Measuring Senso(수문 개폐도 감지 센서)

수문 개폐도 감지 센서에 대해서는 기존의 수문개폐를 감지할 수 있는 센서는

수문이 닫히는 최하단과 수문이 열리는 최상단에 부착하여 이를 감지하여 개도율 0%와 100%를 알 수 있게 하였고 모터에 회전수 카운터를 달아 감지된 회전수를 프로그램에 의해 개도율(0~100%)로 환산하여 그 데이터를 송신하는 체계로 하였다. 그러나 상기와 같은 방법은 모터의 회전속도가 너무 빨라서 정확한 회전수를 감지하는데 애로점이 존재하였으며 정확한 회전수에 의한 모터정지도 모터의 회전관성력에 의해 그 제어 또한 곤란하였다. 따라서 상기와 같은 문제점을 보완하기 위하여 수문 개폐 Stroke 즉 사통수문의 경우 300mm으로 맞추어서 수문비 뒷부분에 장착하여 데이터를 컨트롤 판넬에 보내도록 하였으며 이러한 방법은 모터 회전관성력에 의한 문제점을 해결할 수 있다는 잇점이 있는 것으로 판명되었다. 또한 앞으로는 이 센서를 모터입력측에 직접 연결하는 방법을 강구하여 외부로의 노출을 방지함과 동시에 보호를 할 수 있도록 할 예정이다.

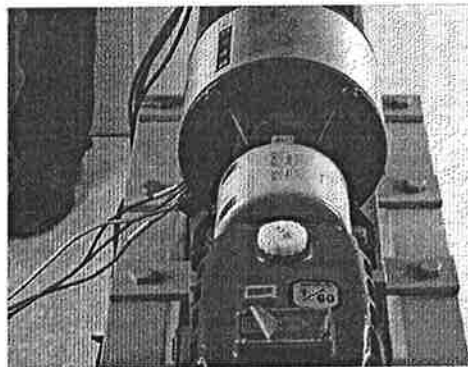


사진 3.4.7 수문 개폐감지 센서

3.4.3.8 R/I Conector

기존의 수문개폐도 정보에 관해서는 모터의 회전수를 카운트하여 이를 100%로 환산하여 그 정보를 보냈으나 이번에는 R/I 컨넥터(전류값을 저항치로 바꾸는 장치)를 사용하여 수문개폐정보를 전달하는 체계로 바꾸었다. 이 방법은 기존에는 수문의 개폐에 대한 정보를 센서로부터 전달받아서 이를 개도율로 변화시켜

중앙관리소에 보내는 역할을 PLC가 담당하였으나 이 PLC는 낮은 온도 하에서는 그 기능이 정지되거나 또는 에러를 발생시키기 때문에 이를 개량할 필요가 있었다. 따라서 센서의 변위가 5 mm이며 또한 위치별로 저항 값이 변화하기 때문에 센서에 의해 감지된 저항 값을 전선을 통하여 컨트롤 패널로 입력시키고 입력된 저항 값은 저항치를 전류치로 변화시켜 주는 저항-전류변환기에 의하여 전류치(4mA~200mA)로 변환되어 그 값이 중앙관리소로 전송되도록 하였다. 이러한 방법으로 개도율을 환산하여 제업소에 데이터 송신을 해주는 PLC를 없앨 수 있었고, PLC 자체의 소요전력도 경감시킬 수 있도록 해주었다.

제5절 사양

3.5.1 수문 및 태양광시스템 제작사양

3.5.1.1 일반사항

(1) 적용범위

이 시방서는 사통 원형수문 태양광 전동 시스템의 제작, 검사, 설치 및 시운전 등에 대하여 적용한다.

3.5.1.2 기술사항

(1) 본 수문은 전동구동(태양전지 축전에 의한 배터리 충전) 사통수문으로 형식은 모터 구동 스크류 형식으로 한다.

(2) 문비 및 문틀의 재질은 스테인레스 재질(STS 304)을 사용하여 제작한다.

(3) 문비 가이드는 구동력과 미끄럼 마찰을 최소화 할 수 있도록 제작해야 한다.

(4) 문틀은 수문 개폐시 구동하중에 충분하게 견딜 수 있는 구조로 한다.

(5) 문비는 수압에 충분히 견딜 수 있는 구조로 하며 보강은 수압에 변형되지 않도록 플랫 바를 사용하여 용접구조로 한다.

(6) 문틀과 문비의 조립상태는 수밀을 고려하여 최대한 정밀하게 가공 조립한다.

3.5.1.3 재질 및 구조

(1) 구동부는 구동 DC 모터, 전자 클러치 감속기 및 스크류로 구성된다.

(2) 구동부의 각 재료사항은 다음과 같다.

DC모터	: 0.4Kw
BODY, BED, COVER	: STS304
HAND WHEEL	: STS304
STEM NUT	: BRC3
STEM	: STS304

BASE : STS304
ROLLER : STS304
SEAT : BRC

- (3) 구동 DC 모터는 문비 자중 및 수압 하에서 충분히 권양을 할 수 있는 용량을 요하며 종도위 웜기어와 사다리꼴 나사축으로 구성되어야 하고 STROKE 내의 어떤 위치에서도 역회전 방지가 되어야 한다.
- (4) DC 모터는 습도 및 온도의 변화에 견딜 수 있도록 방수 처리가 되어 있는 구조이어야 한다.
- (5) 구동 DC 모터와 전자 클러치 감속기는 직접 연결하여야 하며 정.역회전시 이물질의 걸림이나 과부하시 모터의 보호를 위하여 과부하 방지장치가 충분히 작동 되어야 한다. 또한 전자 클러치는 자동, 수동 탈착이 원활히 이루어져야한다.
- (6) 구동부에 사용되는 STEM 등의 가공 정도는 정밀도로 가공하여 사용하여야 한다
- (7) 구동부 내부는 각종 감속장치가 내장되므로 내부 부품을 안전하게 보호하기 위하여 견고히 제작되어야 한다.
- (8) 감속기는 작동하중에 대하여 충분한 강도 및 안전성이 있어야 한다.
- (9) 감속기는 정확한 감속비를 유지해야 하며 BACK RASH가 규격에 적합하여야 한다
- (10) 모터 및 감속기는 우천시 습기로부터 보호될 수 있도록 커버(COVER)를 설치해야 하며 그 재료는 경량으로 내구성 재질인 STS 304 2t를 사용하여야 한다.
- (11) 문비는 4개의 롤러를 사용하여 작동이 원활하게 움직일 수 있도록 한다.
- (12) 구동부의 STEM NUT에 인양 회전력이 주어지며, 비체와의 연결은 PIN으로 하며, STEM 고정 BRACKET은 견고히 조립되어야 한다.
- (13) STEM이 좌굴에 의하여 휨이 발생하지 않도록 하여야 하며 필요시에는

STEM GUIDE를 설치하여 좌굴을 방지해야 한다.

- (14) 구동부에는 수문 개폐시 발생하는 추력 또는 하중에 견딜 수 있는 구조이어야 한다.
- (15) 스크류는 기계가공을 하는 부품으로 감속기와 조립시 조립이 용이하고 구동시 걸림이나 끼임 현상이 없어야 한다.
- (16) 스크류는 외부에 노출되는 관계로 부식에 강한 STS 304로 정밀 가공하여 작동하는데 지장이 없도록 제작한다.
- (17) 수문비와 구동부, 수문비와 BASE SEAT 사이에 상호 어긋남이 없도록 구동부 고정용 드릴 작업에 유의하여야 하며, 구동부를 고정시킨 후 문비가 원활하게 작동되어야 한다.

3.5.1.4 태양광

(1) 일반사항

(가) 적용범위

이 시방서는 수문 표준도에 의해 제작되는 태양전지용 SLIDE GATE에 적용되는 태양전지 및 태양전지 고정용 POST의 제작 및 설치에 대해 적용한다.

(나) 책임한계

현장 조건의 미확인 또는 구조적 결함사항을 발견치 못함으로 발생하는 모든 책임은 시공사에 있으며 위 사항의 시정은 시공자의 부담으로 하여야 한다.

(2) 기술 사항

① 태양광 전지는 다음과 같은 재료로서 구성된다.

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

② 태양광 전지판은 옥외에 설치되는 관계로 내풍압 60m/sec. 까지 견딜 수

있도록 제작한다.

- ③ 악천후시 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°C ~ $+85^{\circ}\text{C}$ 로 제작한다.
- ⑤ 수문의 구동력 및 1일 사용전력량을 감안하여 충분하게 충전이 가능한 용량의 전력량을 생산할 수 있어야 한다.
- ⑥ 태양광 전지판의 수명은 10년 이상 정상가동을 할 수 있어야 하며, 효율은 약5년 이상 정상출력에 90% 이상 유지하여야 한다.
- ⑦ 태양광 전지판의 표면처리는 외부 충격에 충분히 견딜 수 있도록 강화유리를 사용하여 제작한다.
- ⑧ 태양전지 프레임은 가볍고 취부가 용이하도록 알루미늄 프레임을 사용한다.
- ⑨ 태양광 전지판의 고정 포스트(POST)는 내풍압 60m/sec.에 대하여 태양광 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 이물질 부착시 전기 발생 효율이 떨어지는 관계로 전지 면 청소가 용이하도록 하여야 한다.
- ⑬ 전원공급 장치는 태양광 전지판에서 발생하는 전기를 저장하는 배터리와 배터리에 충전 가능토록 전압 및 전류를 변환시켜주는 충전기로 구성한다.
- ⑭ 충전기는 배터리를 과충전으로부터 보호할 수 있는 회로를 첨가시킨다.
- ⑮ 충전기의 전압은 태양광 전지판에서 발생하는 전기를 배터리에 충전이 가능한 구조이며 전력 사용시 태양광 전지판에서 발생하는 전기를 직접 모터로 보낼 수 있는 회로를 첨가시켜 제작한다. 또한 충전기의 사용온도는 -30

℃ - +60℃까지 견딜 수 있어야 하며 작동에 이상이 없어야 한다.

3.5.2 제어 및 데이터 변환·송신 사양

3.5.2.1 일반사항

(1) 적용범위

이 사양서는 수문 표준도에 의해 제작되는 태양전지용 사통수문의 제어 및 데이터 변환·송신의 제작 및 설치에 대하여 적용한다.

(2) 책임한계

현장 조건의 미확인 또는 구조적 결함사항을 발견치 못함으로 인한 모든 책임은 시공사에 있으며 위 사항의 시정은 시공자의 부담으로 하여야 한다.

3.5.2.2 기술사항

(1) 제어장치는 컨트롤 판넬 및 개도 확인 센서로 구성된다.

(2) 컨트롤 판넬에는 수문의 개폐 보턴 및 동력전달용 마그네트, 릴레이, 센서에 서 전달되는 시그 널을 변환하여 주는 컨버터(CONVERTER)와 충전기가 내장된다.

(3) 컨트롤 판넬은 외부에 노출되는 특성상 우천시 방수 및 부식방지를 할 수 있어야 한다.

(4) 개도확인 센서는 프레임에 부착되어 외부에 노출되지 않아야 하며 외부충격으로부터 보호할 수 있도록 해야 한다.

(5) 센서는 상한, 하한의 개도 위치가 정확하게 셋팅 되어야 하며 개도 스트로크(STROKE)에 맞추어서 제작되며 개도위치는 저항 값으로 컨트롤 판넬에 전송되도록 한다.

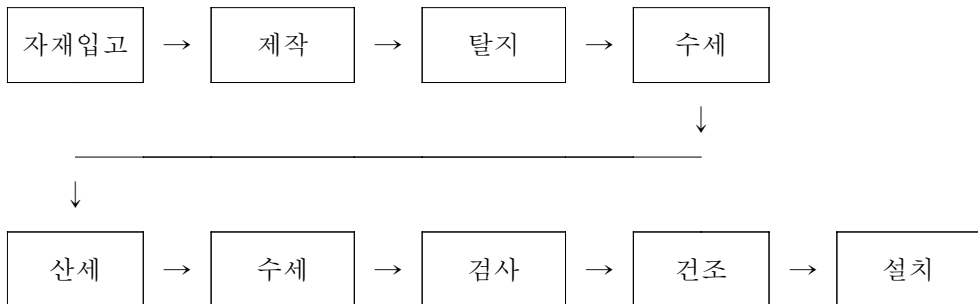
(6) 수문비의 개도는 컨트롤 판넬에 내장된 R/I CONVERTER에 의해 전류 값으로 변환하며 전류 값은 완전히 닫혔을 때 4mA, 완전히 열렸을 때 20mA로 변환되어야 한다.

(7) 개도 확인 시그널 4mA-20mA는 유선 또는 무선으로 원하는 곳까지 전송이 가능해야 한다.

3.5.3 도장 사양

3.5.3.1 스테인레스 강재

(1) 작업 순서 및 방법



① 탈지 작업 방법

산세정 작업을 높이기 위한 목적으로 행하는 전처리 과정으로서 표면에 묻은 기름때, 오염된 이물질 등을 깨끗이 제거한다.

② 수세 작업 방법

탈지 작업이 끝난 후 처리된 표면에 탈지액을 씻어 내고 표면의 PH 농도가 7-8이 될 때까지 수세한다.

③ 산세 처리 방법

약품명 : SR - 600 점액상 크립형 사용

(2) 검사

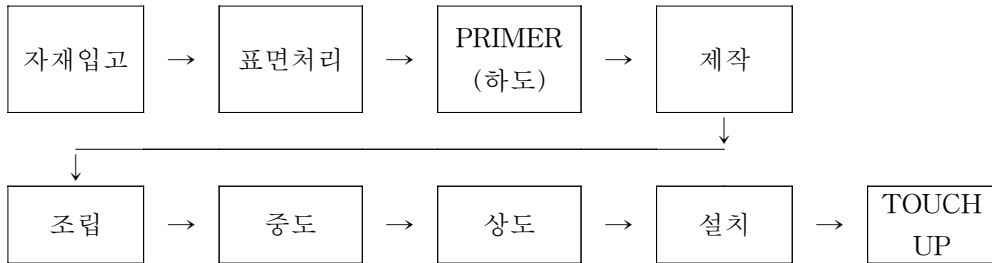
검사 방법은 육안 검사로 시행하고 만족치 못하면 재작업을 실시한다.

(3) 건조

수세 작업이 끝난 후 젖은 표면은 CLEAN AIR로 건조시킨다.

3.5.3.2 일반 구조용 압연 강재

(1) 도장순서



3.5.4 용접 절차서

3.5.4.1 일반사항

- (1) 사용하는 기자재 일체는 모두 K.S 제품을 사용하여, 부득이한 경우에는 사전에 감독원의 승인을 받는다.
- (2) 공작법은 각 구조의 설계도에 따라 상세하게 결정하고 시행한다. 이를 위해 가스 절단조건, 흠 및 용접조건 결정, 용접법의 선택, 용접순서의 선택, 용접순서의 결정, 변형제거 방법의 선정 및 열처리 방법 등은 결정한다.
- (3) 용접상태의 양부는 용접전의 준비 정도에 달려있으므로 재료, 용접봉, 지그, 조립, 기용접, 청소작업등 준비를 철저히 한다.
- (4) 옥내·외 작업시 비, 눈, 강풍, 추위 및 고습도 등의 이유로 용접작업에 지장이 있다고 판단될 때는 용접작업을 중지한다.

3.5.4.2 용 접 봉

- (1) 모재의 두께에 적절한 크기의 용접봉을 선택하며 K.S 제품을 사용한다.
- (2) 수직 자세나 위 보기자세로 용접시에는 용접봉의 굵기를 가능한 작은 것을 사용하며, 그 외의 자세는 굵은 용접봉을 사용한다.
- (3) 용접봉의 피복재는 편심율이 작은 것을 사용한다.
- (4) 용접봉의 취급상 유의사항

- ① 용접봉의 피복재는 습기를 흡수하면 용착, CRACK, 기타 결함이 생기기 쉽기 때문에 유의해야 하며, 작업착수 전에 충분히 확인한다.
- ② 저수소계 및 알미나이트계의 피복용접봉은 습기 흡수의 영향이 크므로 작업 전에 반드시 건조시켜야 한다.
- ③ 건조 후 보온온도는 100 - 150℃로 한다.
- ④ 건조된 용접봉은 반드시 8시간 이내에 사용해야 하며, 당일 사용치 못한 잔류 용접봉은 반드시 관리자에게 반납한다.
- ⑤ 용접 잔봉은 가능한 한 짧게 되도록 관리하는 것이 작업능률 향상 및 용접 품질 향상에 좋으므로 필히 잔봉을 회수하여 그 수에 따라 새로운 용접봉을 내주도록 관리한다.

3.5.4.3 개선가공

(1) 일반사항

- ① 개선부의 수분, 녹, 도로, 유지류등은 BLOW HOLE이나 갈라짐의 원인이 되기 때문에 완전히 제거한다
- ② 개선가공에 의해서 발생하는 슬러지, BURR등은 BRUSH, 끌, GRINDER등으로 완전히 제거한다.
- ③ 개선향상이 불량한 경우 슬러지혼입, 기프, 균열등이 원인이 되므로 필히 GRINDER로 정확히 다듬질한다.
- ④ 고장력강 가공시 가능한 한 TEMPERING 온도(575℃)에서 가공하도록 시공시 온도 조절에 유의한다.

3.5.4.4 용접부 흠의 확인, 보수, 청소

(1) 흠의 확인, 보수

- ① 용접흠의 상태가 표준치수로 되었는지 여부를 용접공 또는 거사원은 용접 전에 반드시 확인한다.

② 이음홈의 엇갈임이 과대하게 되면 용접결함이 생기기 쉽고, 이음에 굽힘응력이 생기므로 허용한계내로 고정한다.

* 길이 방향 이음 : 판두께의 5%

(단, $t \leq 20$ 일 때 1mm $t \leq 60$ 일 때 3mm)

* 원주이음 : 판두께의 10%

(단, $t \leq 15$ 일 때 1.5mm $t \leq 60$ 일 때 6mm)

③ 이음면의 개선형상이 불충분하거나 간격이 너무 커서 용접봉이나 쇠붙이를 끼우고 용접을 하면 반드시 결함이 생겨 이음강도가 부족하게 되므로 이런 방법은 절대로 사용하지 말 것.

④ 이음면의 간격이 너무 벌어진 경우에는 다음과 같이 보수한다.

가. 맞대기 용접

㉠ 편측 또는 양측에 용접하여 각아내서 정규의 홈으로 만든 다음 용접한다.

㉡ 판두께 6mm정도의 받침쇠를 대서 용접한다.

(이 받침쇠는 떼어내서 뒷면 용접을 하여도 되나 그대로 남겨두어도 된다.)

㉢ 판을 전부 또는 일부 (약 300mm) 교환한다.

나. FILLET 용접

㉠ 간격이 1.5mm이하이면 그대로 규정한 다리길이(각장)로 용접한다.

㉡ 간격이 1.5mm - 4.5mm 경우에는 그대로 용접하여도 되나 벌어진 만큼의 각장을 증가시킨다.

㉢ 간격이 4.5mm 이상일 때는 LINER를 넣거나, 부족된 판을 300mm 이상 잘라 내어 교환한다.

(2) 홈의 청소

수분, 빨간 녹, 밀스케인, 페이트, 기름, 구리스, 먼지, 그리고 슬러지등은 가공, 균열의 원인이 되므로 용접전 또는 각층마다 완전히 슬러지를 제거하고 WIRE

BRUSH, GRINDER, SHOT BLAST 또는 화학약품에 의해 청소를 필히 하여야 한다. (용접 전에 GAS염으로 홈면을 약 80℃정도로 가열하여 수분이나 유지를 제거할 것이며, 자동용접에서는 대전류 고속 접임으로 상기 영향이 더욱 크다는 것을 명심하여야 한다.)

3.5.4.5 용 접 시 행 (본용접)

(1) 용 착 법

- ① 용착법은 용접에 수반하는 변형 및 수축과 잔류응력의 경감, 공수의 저감, 모래의 재질 및 용접방법에 따라 적당히 선택한다.
- ② 용접장이 길어지면 종단으로 향하여 수축과 잔류응력이 커짐으로 전진법을 쓰지 말고 후퇴 법, 대칭법, SKIP법을 사용한다.
- ③ 전류용력을 특히 적게 해야 할 개소에는 후퇴법을 사용한다.
- ④ 변형의 비대칭을 피해야 할 개소는 대칭법을 사용한다.
- ⑤ 박판에서는 변형이 적어야 하기 때문에 SKIP법을 사용한다.
- ⑥ 다층 용접시에는 BUILD UP에 의해 BEAD를 붙이는 것이 보통이나 특히 변형 및 잔류응력을 적게 하는 개소에는 CASCADE 또는 BLOCK법으로 시행한다

(2) 용접순서

용접순서는 제품의 조립이 용이하도록 선정하며 다음에 따른다.

- ① 수축은 자유롭게 일어나도록 고려하여 중앙에서 사방으로 미치게 한다.
- ② 수축량이 가장 크게 될 가능성이 있는 이음을 먼저 용접하고, 수축량이 적은 것을 나중에 한다.
- ③ 좌우는 될 수 있는 대로 동시에 대칭으로 용접한다.

(3) 밀면 따내기 및 뒷면 용접

- ① 맞대기 이음의 제 1층 짚는 용접불량 등의 결함이 생기기 쉬우므로 제 2층 이후가 완료된 다음 밀면 따내기에 의해 제거하여 뒷면 용접을 한다(단,

박편인 경우는 따내지 않고 뒷면 용접가능).

- ② 밑면 따내기는 일반적으로 GOUGING을 하여 시행한 것이나 특히 변형이나 모재에 손상을 주어서는 않되는 경우에는 웨이파 등에 의한 기계적 방법으로 행한다.

(4) 용접조건

- ① 용접전류는 용접자세, 홈형상, 모재의 종류에 따라 조정 사용한다.
 - * 아래보기 자세 : 강전류
 - * 위보기 자세 : 아래보기의 10 - 20% 감소 전류
 - * 수직 자세 : 아래보기의 20 - 30% 감소 전류
- ② 과다전류는 UNDER CUT, 기공, 슬러지 섞임의 발생이 쉽고 표면의 파형이 거칠게 되며, 용접봉의 HOLDER부근의 피복이 녹아 떨어져서 사용할 수 없게 되거나 CRATER에 결함이 생기기 쉬우므로 반드시 적정 전류를 택한다.
- ③ 과소전류는 용입불량으로 인한 OVERLAP이 발생되고, 슬러지 섞임이 생겨 강도가 불완전해지므로 적정 전류를 택한다(단, 상술한 결함이 생기지 않는 범위 내에서 용접입열을 크게 하는 것이 좋으므로 고전류 고속용접을 하는 것이 좋다.)
- ④ 아아크 길이는 짧게 하고 ARC전압을 너무 낮게 하면 솔트하기 쉽고 ARC를 무리하게 길게 하고 전압을 높이면 ARC가 불안정하게 되어 용융금속의 산화질화가 일어나기 쉽고, SPATTERING이 심하게 되어 좋지 않으므로 ARC길이는 실선의 직경에 대략 같은 정도로 한다.

3.5.5 시험 및 검사 계획

3.5.5.1 적용범위

이 절차는 합덕 백미제 사통 원형수문 저수지공사 기자재의 시험 및 검사 방법을 규정한다.

3.5.5.2 목적

이 절차서는 발주처의 요구 품질을 만족시키기 위하여 당사에서 수행하는 시험 및 검사에 대한 방법등을 규정함으로써 당사 공급제품에 대한 품질보증을 확실히 하는데 그 목적이 있다.

3.5.5.3 검사항목

3.1 자재검사	3.5 도장검사
3.2 치수검사	3.6 설치검사
3.3 외관검사	3.7 성능검사
3.4 용접검사	3.8 기타검사

3.5.5.4 검사방법

검사종류는 제작처에서의 자체검사와 제작자 공장에서의 발주처 입회검사로 구분된다.

(1) 자재검사

- ① 자재 제작자의 재질분석표(MILL SHEET)로 대체한다.
- ② 구조물의 경우 공인기관의 검사성적서를 제출한다.

(2) 치수검사

치수검사는 D.W.G/DATA SHEET를 기준으로 하여 검사하며, D.W.G/DATA SHEET상에 지정되지 않은 허용 공차의 범위는 다음 기준에 따른다.

- ① 기계가공 치수의 허용 공차

(단위 : mm)

기준치수 구분	허용차(±)	기준치수 구분	허용차(±)
0.5이상 ~ 3이하	0.2	120초과 ~ 400이하	1.2
3초과 ~ 6이하	0.3	400초과 ~ 1000이하	2
6초과 ~ 30이하	0.5	1000초과 ~ 2000이하	3
30초과 ~ 120이하	0.8	2000초과 ~ 4000이하	4

② 주철품 허용공차

(단위:mm)

기준치수구분 \ 재료	회주철품(±)	구상흑연주철품(±)
120이하	1.5	2
120초과 ~ 250이하	2	2.5
250초과 ~ 400이하	3	3.5
400초과 ~ 800이하	4	5
800초과 ~ 1600이하	6	7
1600초과 ~ 3150이하	10	10

※ KS B 0411 주철품 보통허용차의 규격적용

③ 주강품

기준치수 구분	허용차(±)	기준치수 구분	허용차(±)
120이하	4.5	1250초과 ~ 2500이하	22
120초과 ~ 315이하	6	2500초과 ~ 5000이하	35
315초과 ~ 630이하	9	5000초과 ~ 10000이하	63
630초과 ~ 1250이하	12		-

④ 표면 거칠기

기 호	표면거칠기(μ)
~	-
▽	100S
▽▽	25S
▽▽▽	6.3S
▽▽▽▽	0.8S

※ KS B 0161 표면거칠기와 다듬질 기호 적용

(3) 외관검사

사용상 유해하지 않고 흠이 없어야 하며, 도장품의 경우 도장면이 갈라지거나, 박리현상이 없어야 함. 용접구조물의 외관검사는 별도의 항목에서 언급한다.

(4) 용접검사

① 용접구조물의 치수검사

용접구조물의 치수검사 허용 공차는 아래 도표에 따른다.

(단위:mm)

치수의 구분	허용공차(±)
63이하	1.5
63초과 ~ 125이하	2.0
125초과 ~ 250이하	2.5
250초과 ~ 500이하	3.0
500초과 ~ 1000이하	4.0
1000초과 ~ 2000이하	5.0
2000초과 ~ 4000이하	6.0
4000초과 ~ 8000이하	8.0
8000초과 ~ 16000이하	10.0
16000초과	12.0

② 용접 구조물의 외관검사

용접부위 및 연결 부위등이 전체적으로 미려하게 되었는가를 확인하고, 아래 항목에 대한 검사를 실시한다.

항 목	허 용 범 위
1. 균 열	불 가
2. UNDER CUT	0.5mm
3. OVER LAP	0.5mm
4. PIN HOLE	불 가
5. BEAD 높이의 요철	2.5mm/길이 25mm
6. BEAD 폭의 부정	5mm/길이 150mm

③ 용접검사

가. 용접은 변형 또는 기타결함을 방지하기 위하여, 적용사양서 및 제반지시서에 따라 진행한다. BLOW HOLE, SLAG 혼입, 용입불량부는 GRINDING 또는 가우징으로 결함 부위를 완전히 제거하고, 최초와 동일한 용접절차에 의해 직경 4mm이하의 용접봉으로 재용접 한다. 과도한 UNDER CUT, 각장부족, 목두께 부족등은 추가 용접한다.

나. 용접시 발생된 결함의 수정방법

결함종류	수정방법
과다한 어성고 및 불록면	- Grinding으로 처리
용접 Bead Crack (인정불가)	- Crack 완전히 제거후 재용접 - 수정용접은 최소 50mm 이상 실시
가접 결함	- Grinding 후 재용접 - Undercut 발생시 육성 후 먼처리
OVERLAP	- 합몰부분의 발생이 심각할 시 육성 후 Grinding
모재 표면	- Grinding 또는 산소 가우징으로 제거한 후 육성 및 먼처리
Under Cut	- 육성 후 Grinding - 육성은 최소한 50mm 이상 실시

다. 용접면 각장의 치수

(단위:mm)

모재 두께	각장
8이하	6 이상
8초과 ~ 11이하	7 이상
12초과	9 이상

라. 용접 BEAD

(단위:mm)

모재두께(t)	어성높이 (h)
$t \leq 12$	0 ~ 1.5
$12 < t \leq 25$	0 ~ 3.0
$25 < t \leq 50$	0 ~ 4.0
$50 < t$	0 ~ 5.0

마. 비파괴 검사

시방서 및 고객의 별도요구가 있을시 적용 CODE에 준하여 실시한다.

(5) 도장검사

도장검사는 발주처의 시방과 제작자의 승인도서에 의거, 해당제품에 대하여 실시하며, 아래 항목에 대하여 검사를 실시한다.

- ① 도막두께
- ② 도장색상
- ③ 도장 표면의 외관상태

(6) 설치검사

본 Project의 설치검사는 Site에서 설치 완료 후 승인도서와 발주처 시방에 의거, 아래 항목에 대한 검사를 실시한다.

- ① 각부 BOLT, NUT의 체결여부
- ② 배치의 적정여부
- ③ 부품별 간섭여부 또는 CLEARANCE 상태
- ④ 오일 충전여부
- ⑤ 기초의 마감상태

(7) 성능검사

성능(기능)검사는 발주처의 시방과 제작자의 승인도서에 의하여 설치완료 후

감독관 입회 하에 무부하로 하며 검사항목은 아래와 같다.

- ① 구동부의 소음, 진동, 온도상승, 전압, 전류
- ② 구조물의 이상진동
- ③ BRG에서의 이상소음
- ④ 안전장치의 작동상태
- ⑤ 회전수 또는 주행속도

(8) 기타검사

고객의 특별한 요구가 있을시 그에 따라 검사를 실시한다.

3.5.5.5 판정

합격, 불합격 판정은 관련 도면과 시방에 준하여 행하며, 불일치 사항이 있을시 불합격 판정을 원칙으로 하고, 경미한 사항일때는 수정, 보완하여 재검사를 한다 불일치 사항이 과다한 경우에는 재제작하여 검사를 받는다.

3.5.6 포장 계획

3.5.6.1 적용 범위

본 절차서는 합덕 궁리 사통 원형수문 저수지공사에 공급되는 모든 기자재 및 장치의 포장, 운송 및 보관에 대한 기술사항 및 절차에 대하여 적용한다.

3.5.6.2 목적

본 절차서는 합덕 백미제 사통 원형수문 저수지공사에 납품되는 기자재 및 장치를 그 형태와 특성에 알맞게 경제적이고 안전하게 포장하여 제작지로부터 현장까지 안전하게 운송하기 위함을 목적으로 한다.

3.5.6.3 포장 일반 사항

- (1) 모든 자재 및 장치는 WOODEN BOX, CARTON BOX, SKID, DRUM

BARE 및 기타 형태등의 방법으로 각각의 자재 및 장치의 특성과 그 형태에 따라 적절한 방법으로 포장되어야 한다.

- (2) 제작지에서 납품 현장까지 운반하기 위해 안전을 충분히 고려하고, 장치 또는 자재의 품질을 유지할 수 있도록 고려하여야 한다.
- (3) 모든 장비는 적재를 위해서 개방부를 PLUG CAP 또는 적당한 방법으로 밀폐하여 이물질등이 유입되지 못하게 해야 하며, 나사산 부분 및 기계가공 부위는 적당한 방법으로 보호되도록 포장해야 한다.
- (4) 중량물은 LIFTING시 추락을 방지하기 위하여 LIFTING POINT를 정확히 표시해야 한다.

3.5.6.4 포장

(1) STRUCTURE

크기 또는 중량에 따라 SKID형 또는 BUNDLE형으로 포장하며, 포장이 불가능한 제품에 대하여는 제품 그대로 운반한다.

(2) INSTRUMENT

크기 또는 중량에 따라 CARTON BOX 또는 CLOSED WOODEN BOX로 포장한다.

(3) ACCESSORIES

SPECIFIED ACCESSORIES는 현장 식별이 용이하게 포장하거나 TAGGED를 해야 한다.

3.5.6.5 상차

각 EQUIPMENT별 특성에 맞게 선별 구분 상차함을 원칙으로 중량에 맞는 CRANE 또는 지게차는 안전하게 상차하고 파손위험이 없는 중량물은 하부에 적재하고, 파손 위험이 있는 물품들은 상부에 적재한다.

3.5.6.6 보관

보관은 모든 제품의 품질을 보증하기 위하여 필요한 현장 주변(옥내, 옥외, 온도 및 습도)을 고려하여 최적의 상태를 유지할 수 있는 장소에 보관한다.

(1) STRUCTURE

STRUCTURE는 외부에서 충격이 가해지지 않도록 보관한다.

(2) INSTRUMENT

INSTRUMENT는 손상 방지하기 위하여 나무박스로 완전히 밀폐시킨 다음 옥내에 보관한다.

3.5.7 유지관리

(1) 태양전지의 전기발생 상태 및 충전기의 충전상태를 점검한다.

(2) 배터리의 충전상태를 점검한다.(충전시 점검 CELL의 상태는 녹색 상태이다.)

(3) 수동사태에서 상승, 하강 BUTTON을 눌러 작동상태를 점검한다.

(4) 수문구동이 되지 않은 경우 점검사항

- 배터리 충전상태 : 육안으로 점검
- 충전기의 충전상태 : 테스터기를 사용하여 점검
- 모터의 결선상태 : 육안으로 점검
- 모터의 카본 상태 : 분리하여 육안으로 점검
- 문틀과 문비의 조립상태 : 육안으로 점검

(5) 감속기는 1년에 1회씩 오일을 교환토록 한다.

(6) 태양전지판의 수명은 30년이라고 하나 먼지 및 기타 이물질에 의해 전기발생 효과가 떨어질 수 있으므로 2개월에 1회씩 청소한다.

(7) 전기결선 상태는 6개월에 1회씩 점검한다.

(8) 감속기의 스크류 마모 및 스크류 너트 마모상태를 3개월에 1회씩 점검한다.

3.5.8 보증 및 책임

- (1) 본 저수지 사통수문의 무상보증기한은 2년간으로 한다.
- (2) 수문 운영상 소비되는 소모품은 2년간 사용할 수 있는 것을 비치하여야 하며 그 외의 기간에 대해서는 유상으로 공급한다.

제6절 앙케이트 조사

3.6.1 조사 목적 및 대상

본 사통수문에 대한 앙케이트는 8가지의 조사항목을 중심으로 하였다. ① 우선은 저수지 관리 내역에 관한 내용으로서 저수지의 위치, 축조연도, 유효저수량, 수해면적, 최대취수량등 저수지의 본래 기능에 관한 내용을 조사하였으며, ② 저수지의 취수형태로서 최근에 많이 사용하고 있는 취수탑 형태와 사통형태의 비율에 관하여 조사를 하였다. 또한 ③ 저수지의 취수형태가 취수탑인 경우 문비모양과 작동방식에 관하여 조사를 하였고, ④ 취수형태가 사통인 경우 문비모양, 조작사통 개소, 문비크기, 작동방식과 작동방식중 전동식일 경우 구동부와 스크류의 크기 및 제어반 유무등을 조사하였다. ⑤ 저수지 취수탑 또는 사통의 운영방법에 관한 사항으로서 작동을 위한 이동시간, 운전시간, 운영인원수, 운영요원의 연령, 운영조작장소, 매뉴얼 비치 여부, 보수기록, 수문 운영시 애로사항등에 관하여 조사를 하였고, ⑥ 수동식 수문일 경우의 만족도, 교체요망 여부, 요망교체시설 종류, 전기인입 여부 및 전원의 종류, 태양광식 전원의 채택여부 및 수리시설 개보수 계획등이며, ⑦ 전동식 수문일 경우의 만족도, 교체요망 여부, 요망교체시설 종류, 전기인입 여부 및 전원의 종류, 태양광식 전원의 채택여부 및 수리시설 개보수 계획, ⑧ 전원을 태양광 전동식으로 교체할 경우 정보송수신의 원활도와 수문구조물의 교체여부등에 관하여 조사를 행하였다. 이러한 8개 종류 27개 항목의 조사는 저수지의 취수형태를 결정하는데 대단히 중요하며, 현재 어떠한 방법으로 저수지를 운영·관리하고 있는지를 알 수 있는 데이터로서 중요하다.

조사대상으로서는 한국농촌공사의 전국 지사의 유지관리업무에 종사하는 직원을 대상으로 현지에 직접 가서 설문과 청취조사를 기본으로 하였으며, 그 외 일반 시·군 공무원도 대상으로 하여 조사를 하였다. 앙케이트에서 나온 결과는 가부여부를 결정하는 데이터가 아니라 단지 현상만을 조사하는

내용으로서 향후 저수지 취수시설의 현대화를 위한 자료로서 사용가능하다고 판단된다.

3.6.2 양케이트 내용

상기의 8개 종류 27개 항목의 질문내용은 다음과 같다.

1. 귀하가 관리하고 있는 저수지 내역에 관한 조사입니다. 다음을 기입하여 주시기 바랍니다.

- (1) 저수지명(위치) : 도 군(시) 면(구) 저수지
- (2) 저수지 축조연도 : 년
- (3) 유효저수량 : 만톤
- (4) 물리면적 : ha
- (5) 최대취수량 : 톤/일 또는 톤/sec.

2. 귀하가 관리하고 있는 저수지의 취수형태는 무엇입니까(해당 장소에 ○ 표시를 하십시오)?

- (1) 취수탑()
- (2) 사통()

3. 질문 2의 (1)로 답하신 분에 한해서 대답하여 주시기 바랍니다.

- (1) 취수탑의 종류는 무엇입니까?
 - ① 원형 ② 사각형
- (2) 작동방식은 무엇입니까?
 - ① 전동 ② 수동

4. 질문 2의 (2)(사통인 경우)로 답하신 분에 한해서 대답하여 주시기 바랍니다.

- (1) 사통의 종류는 무엇입니까?

- ① 원형 ② 사각형
- (2) 조작대 1개소당 사통수문은 몇 개입니까?
 ① 1개 ② 2개 ③ 3개 ④ 기 타(개소)
- (3) 문비 크기(해당사항에만 기입하시오)는 얼마입니까?
 ① 원 형 : 지름 cm
 ② 사각형 : 폭 cm× 너비 cm
- (4) 작동방식은 무엇입니까(해당 장소에 ○ 표시를 하십시오)?
 ① 전동식(단상, 삼상) ② 수동식(스핀들식, 스크류식, 편잭식)
- (5) 작동방식이 전동식일 경우에만 기입하시오.
 ① 모터용량 : HP
 ② 감속기 비율 :
 ③ 스크류 길이 : m
 ④ 제어반 유무(해당장소에 ○ 표시를 하십시오) : 있음 없음

5. 귀하가 담당하는 저수지 운영에 관하여 기입하여 주십시오.

- (1) 저수지의 사통수문 또는 취수탑을 운전하기 위하여 이동하는 시간은 얼마만큼 걸립니까?
 ① 1시간 이내 ② 1~2시간 ③ 2~3시간 ④ 3시간 이상
- (2) 저수지의 사통수문 또는 취수탑을 완전 개폐하는데 걸리는 시간은 얼마입니까?
 ① 전동식 취수탑 또는 사통수문일 경우
 · 개폐양정 : cm
 · 소요시간 : 초
 ② 수동식 취수탑 또는 사통수문일 경우
 · 개폐양정 : cm
 · 소요시간 : 초

(3) 저수지 사통수문 또는 취수탑 운전을 위하여 현장으로 가는 인원은 몇 인입니까?

- ① 1인 ② 2인 ③ 3인 ④ 4인 이상

(4) 저수지 사통수문 또는 취수탑 운전을 하는 관리인의 연령은 몇 세입니까?

- ① 50세 이하 ② 51~60세 ③ 61~70세 ④ 70세 이상

(5) 전동식 사통수문 또는 취수탑일 경우, 수문 조작은 어디서 합니까?

- ① 현장 제어반 ② 중앙관리조작실(별도 장소)

(6) 전동식 사통수문 또는 취수탑일 경우 조작장소에 비상대처, 긴급시 연락장소 등에 관한 매뉴얼일 비치되어 있습니까?

- ① 예 ② 아니오

(7) 귀하가 관리하고 있는 사통수문 또는 취수탑의 경과 년수는 준공일 또는 보수된 후부터 얼마나 되었습니까?

- ① 3년 이내 ② 3~5년 이내 ③ 5~10년 이내 ④ 10년 이상

(8) 전동식 사통수문 또는 취수탑일 경우 가장 최근에 보수 점검한 사항에 대해서 기입해 주십시오.

① 보수점검 시기 : 년 월 일

② 보수점검 주요내용

(9) 귀하가 저수지 사통수문 또는 취수탑을 운영 관리하는데 있어서 가장 불편한 점은 무엇입니까?(중복 기입 가능)

수동이기 때문에 힘들다

- 어느 정도 열고 닫히는지 알 수 없어 조작하기 힘들다
- 취수시설이 오래되어서 잘 작동하지 않는다
- 유지보수가 힘들다(오일 교환, 스크류 교체, 도장등)
- 기 타()

6. 저수지 사통수문 또는 취수탑이 수동식일 경우에만 대답하여 주십시오.

(1) 현재 사용하고 있는 사통수문 또는 취수탑의 만족도는?

- ① 만족 ② 보통 ③ 불만족

(2) 사통수문 또는 취수탑의 시설물 교체를 원하십니까?

- ① 원한다 ② 지금 이대로 쓸만하다 ③ 교체필요성이 없다

(3) 시설물 교체를 원한다면 어떤 시설로 원하십니까?

- ① 현재의 작동방식으로 ② 전동식으로

(4) 전동식으로 시설물을 교체할 경우 저수지 인근(저수지 시설물 조작반으로부터 50m 이내)에 전기인입이 되어 있습니까?

- ① 있다 ② 없다

(5) 전기인입이 되어 있는 경우 전기의 종류는 무엇입니까?

- ① 일반전기 ② 농업용전기

(6) 전기인입이 되어 있는 경우 전원의 종류는 무엇입니까?

- ① 단상전원 ② 삼상전원

(7) 만약 시설물 교체시 태양광을 이용한 전동식 수문으로 한다면 찬성하시겠습니까?

- ① 찬성 ② 반대

(8) 귀하가 관리하고 있는 저수지의 수리시설 개보수 계획이 있습니까? 있다면 시기는 언제쯤입니까?

- ① 있다(년 월) ② 없다 ③ 잘 모르겠다

7. 저수지 사통수문 또는 취수탑이 전동식일 경우에만 대답하여 주십시오.

(1) 현재 사용하고 있는 사통수문 또는 취수탑의 만족도는?

- ① 만족 ② 보통 ③ 불만족

(2) 사통수문 또는 취수탑의 시설물 교체를 원하십니까?

- ① 원한다 ② 지금 이대로 쓸만하다 ③ 교체필요성이 없다

(3) 시설물 교체를 원한다면 어떤 시설로 원하십니까?

- ① 현재의 작동방식으로 ② 타방식으로(태양광, 풍력, 무동력)

(4) 만약 시설물 교체시 태양광을 이용한 전동식 수문으로 한다면 찬성하시겠습니까?
니까?

- ① 찬성 ② 반대

(5) 귀하가 관리하고 있는 저수지의 수리시설 개보수 계획이 있습니까? 있다면
시기는 언제쯤입니까?

- ① 있다(년 월) ② 없다 ③ 잘 모르겠다

8. 만약 귀하가 담당하는 저수지의 사통수문 또는 취수탑을 태양광 전동식으로
교체하는 경우를 상정해서 질문을 하니 대답하여 주시기 바랍니다.

(1) 저수지 운전실에서 무선 통신이 가능합니까(주위가 산등으로 막혀있는가)?

- ① 가능하다 ② 불가능하다

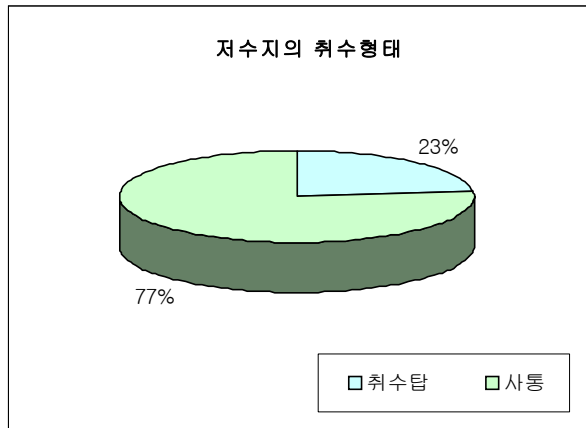
(2) 저수지 사통수문 또는 취수탑의 구조물은 수문 교체시 보수가 필요한가?

- ① 안전하다 ② 교체시 보수가 필요하다 ③ 잘 모르겠다

3.6.3 양케이트 결과분석

3.6.3.1 저수지 취수시설

저수지의 취수형태를 보면 양케이트에 답한 결과 중 취수탑이 77%, 사통이 23%로서 우리 저수지의 축조연도에 비해 취수시설은 현대화가 많이 이
록되었다. 특히 사통의 경우에는 기존의 저수지 취수시설이 노후화되어 있는

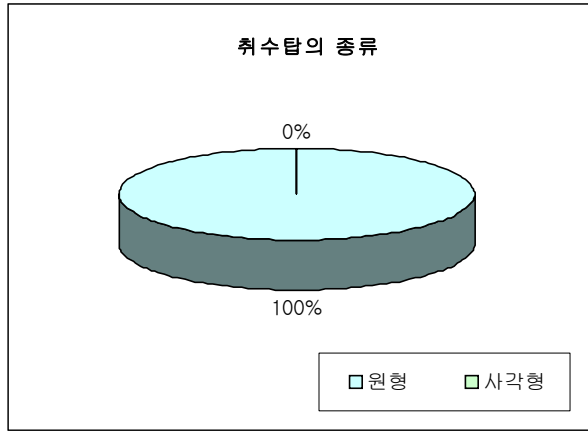


그래프 3.6.1 저수지 취수형태

반면에 취수탑의 경우에는 새롭이 개보수사업등에 의해 설치된 것으로서 저수지의 물공급업무가 많이 향상된 것을 반영한다. 그러나 이러한 결과도 다시 생각하면 아직까지 23%의 취수시설이 노후화되어 있다는 결과를 나타내고 있으며 취수탑의 경우도 약 30년이 넘게 경과되어 개보수를 필요로 하는 것이 대두될 것으로 판단된다.

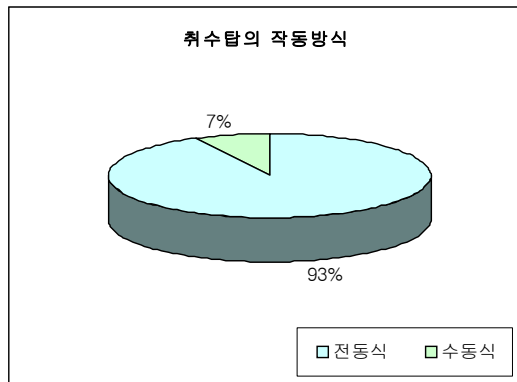
상기 질문에서 취수시설이 취수탑이라고 답한 결과만을 갖고 분석을 해 보면 그래프 3.6.2에서 알 수 있듯이 취수탑의 경우 수문비의 모양이 전부 원형인 것을 알 수 있다. 이것은 수압등에 의해 수문비의 비틀림 현상과 수문의 올바른 사용을 위하여 모든 수압이 수문의 중심에 모이도록 하기 위하여 원형으로 한 것으로 판단되며 일반수문과는 달리 수면 하에 설치하는 수문은 이러한 수압의 분산이 대단히 중요하다는 것을 의미한다.

또한 취수탑 수문의 작동방식 즉 동력원으로서 전동식이 93%, 수동식이 7%라는 조사결과가 나왔다. 현재 취수탑의 전동취수시설을 운영하기 위하여 4천만원/km의 전기인입비용을 지불하여 인프라시설을 갖추어 놓은 것을 알 수 있으며 대체에너지등을 사용하여 초기설치투자비를 절감할 수 있는 부분이 많이 있다는 것을 알 수 있다. 또한 수리시설물의 현대화는 전동화라는



그래프 3.6.2 취수탑 수문비 종류

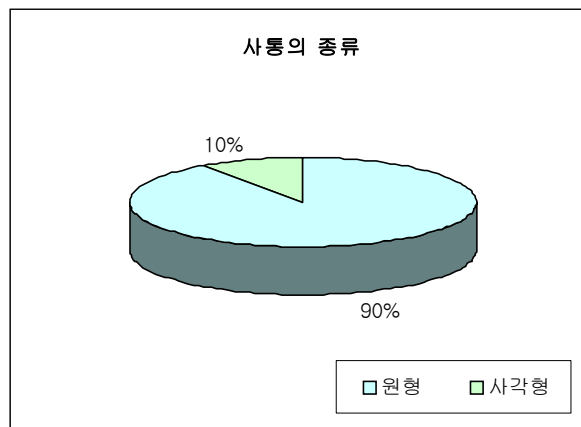
개념이 성립되며 향후 낡은 수리시설물의 교체는 반듯이 전동화되어야 한다는 것을 알 수 있었다.



그래프 3.6.3 취수탑 수문의 작동방식

저수지 취수시설이 사통인 경우 수문비의 종류는 원형이 90%, 사각형이 10%로서 나타났다. 여기서 원형의 경우에는 앞서 설명한 바와 같이 수압의 분산을 위한 방법의 일환으로 제작하여 설치한 것이며 사각형인 경우는 사

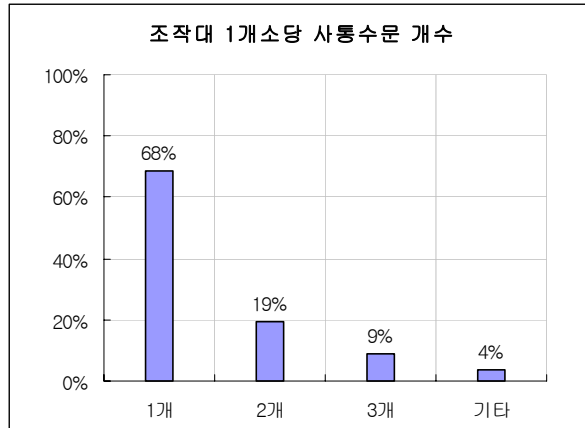
통의 깊이가 깊지 않은 곳에 설치한 것으로 판단된다. 수면 하의 사각형 수문비는 수위의 증감에 따라 수압의 증감도 발생하며 이에 따라서 수압의 발생위치가 변하기 때문에 수문이 받는 부하는 시시각각으로 변하며 이에 따라서 수문비에 비틀림 현상이나 지수부의 이탈현상등이 생기기 쉽다. 따라서 원형 또는 밸브형 수문비의 보급이 필요하다고 판단되며 향후 수리시설물 개보수사업등에 의해 수원지 시설물 현대화를 진행할 때 개량된 원형 또는 밸브형 수문을 보급할 필요가 있다고 판단된다.



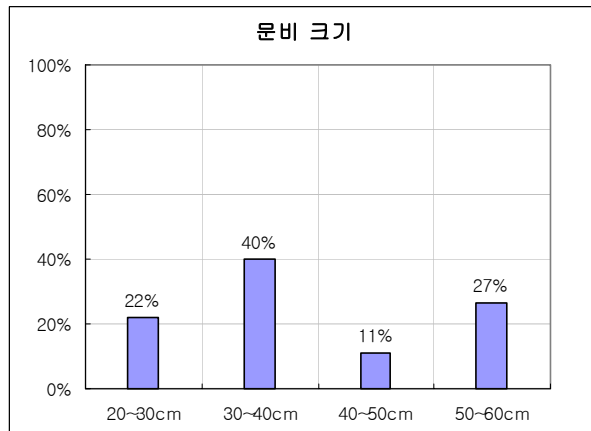
그래프 3.6.4 사통 수문비 종류

저수지 취수시설이 사통인 경우 사통수문을 1개소만 가지고 운영하는 경우는 거의 없다. 따라서 저수지의 물공급을 효율적 또는 시기별 필요용수량을 공급하기 위해서는 다수의 사통을 동시에 운영한다. 아래 그래프 3.6.5를 보면 1개소가 68%, 2개소가 19%, 3개소가 9%, 4개소 이상이 4%로서 현재 농업용으로 사용하고 있는 저수지의 규모가 소형이라는 것을 반증하는 결과이기도 하다. 따라서 향후 사통수문을 보급할 경우 용수의 효율적인 분배를 위하여 가능한 한 수문의 크기를 현재보다 작게 하여 세밀히 공급수량을 분배하여 말단포장에 공급함으로서 저수지의 유량확보 및 농업용수 절감이

기여될 수 있을 것으로 판단된다.



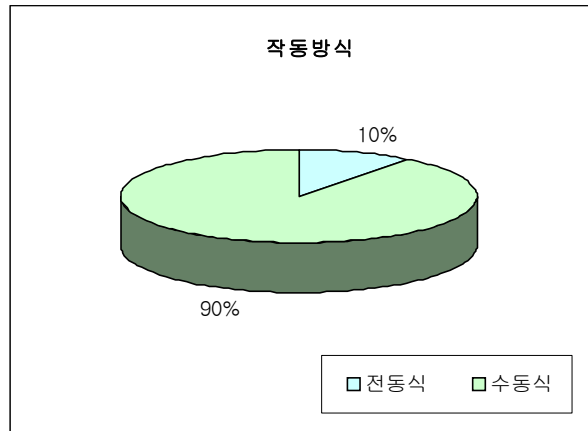
그래프 3.6.5 사통수문의 조작개소



그래프 3.6.6 사통수문비의 크기

사통수문비의 크기를 보면 20~30cm가 22%, 30~40cm가 40%, 40~50cm가 11%로 나타났고 50~60cm의 대형 수명도 27%로 나타났다. 이 결과는 수명의 크기를 크게해서 한번에 많은 용수량을 공급한다는 원칙 하에 운영을 하는 것으로서 농업용수 공급과 사용을 위해서는 바람직하지 않다고 판

단된다. 또한 수명크기가 50~60cm인 경우는 대형 농업용 저수지나 댐에서 취수하는 시설로 판단되며 조사지 중 대규모 저수지가 포함된 결과를 나타내는 것이라고 판단된다.



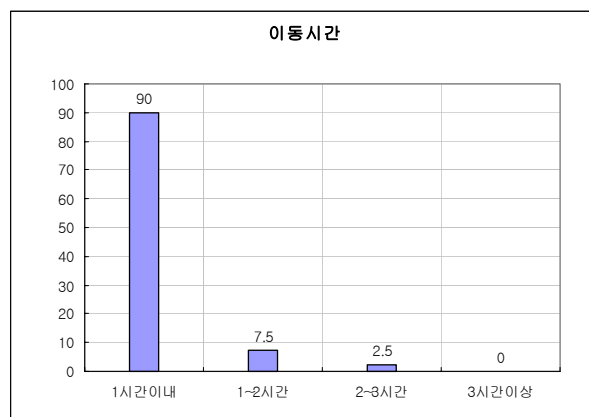
그래프 3.6.7 사통수문의 작동방식

사통수문의 작동을 위한 동력원은 전동식이 90%, 수동식이 10%로서 대부분의 사통이 전동화가 되었다는 결과를 나타내고 있으며 나머지 10% 정도가 작동 및 운영이 불편한 수동식 사통수문이라는 것을 알 수 있다. 그러나 현재 저수지가 많은 충남, 충북등의 경우를 살펴보면 대부분 소규모 농업용 저수지이며 이 저수지의 취수시설은 사통으로서 수동식이 많은 것이 현실정이다.

3.6.3.2 유지관리 방법

저수지 취수시설을 운영하고 관리하는 방법에 관한 조사내용으로서 평균적으로 저수지까지 관리요원이 이동하는 시간을 조사한 결과 1시간 이내가 90%, 1~2시간이 7.5%, 2~3시간이 2.5%였다. 여기서 저수지는 그 특성상

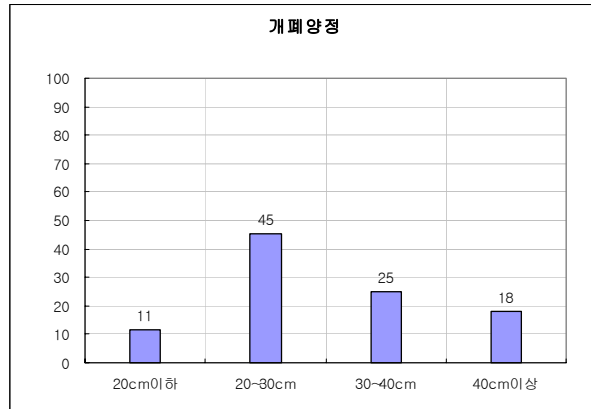
집중강우나 홍수시에는 수문조작을 위하여 긴급히 이동할 경우가 많으며 이에 따라서 이동시간이 짧은 것이 운영과 관리에 유리하다고 판단된다. 이 결과에 의하면 대부분이 1시간 이내의 이동시간을 갖고 있으나 수동식 수문인 경우를 포함하면 관리요원이 이동하여 수문조작을 하는데까지의 시간은 1~2시간으로 유추할 수 있으며 긴급시 수리시설물 조작에 많은 시간이 소요됨을 알 수 있는 결과이다.



그래프 3.6.8 수문조작 이동시간

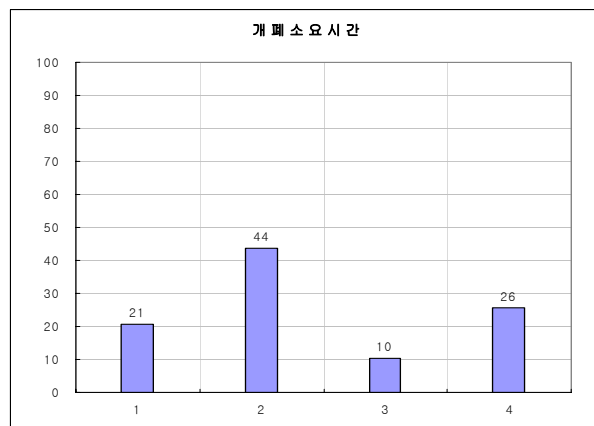
그래프 3.6.9는 저수지 취수시설 중 취수탑이나 사통수문의 개폐거리를 조사한 결과로서 수문비의 다양한 크기가 반영된 결과가 나타났다. 수문비 개폐높이가 20cm 이하가 6.3%, 20~30cm가 25%, 30~40cm가 13.7%, 40cm 이상이 10%이다. 이 결과는 수문의 크기가 20~40cm 사이가 38.7%를 차지하는 것으로서 가장 보급이 많이 된 수문비의 크기이며 소규모 저수지나 소류지와 같은 곳에 설치한 아주 작은 수문비도 있고 40cm 이상의 대형 수문비가 설치된 농업용 저수지도 있는 것을 나타내고 있다.

다음은 수문개폐 소요시간으로서 100초 이하가 21%, 100~200초가 44%, 200~300초가 10%, 300초 이상이 25%가 나왔다. 여기서 수문개폐 소요시간



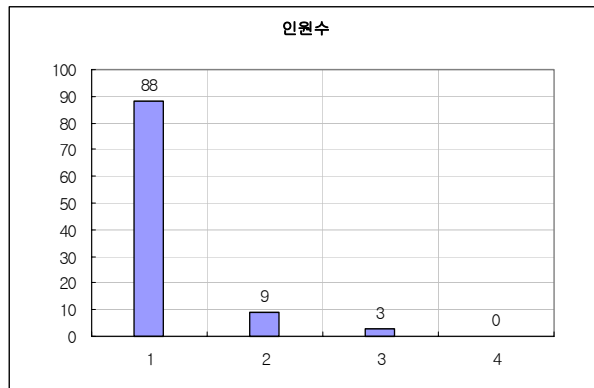
그래프 3.6.9 수문개폐 양정

은 수문의 작동성과 깊은 연관이 있는 것으로서 전동화된 수문의 경우가 약 65% 정도이고 수동식 수문이 35% 정도인 것으로 판단되며 수동식 수문을 전동화하여 개폐소요시간을 단축시키는 것이 저수지 취수관리의 가장 큰 문제점으로 나타났다. 또한 긴급을 요하는 비상사태에 있어서 수문개폐작동시간이 길다는 것은 그만큼 비상시 대처능력이 떨어지는 것을 의미하며 이를 전동화를 통하여 시급히 해결해야 할 것으로 판단된다.



그래프 3.6.10 수문개폐 소요시간

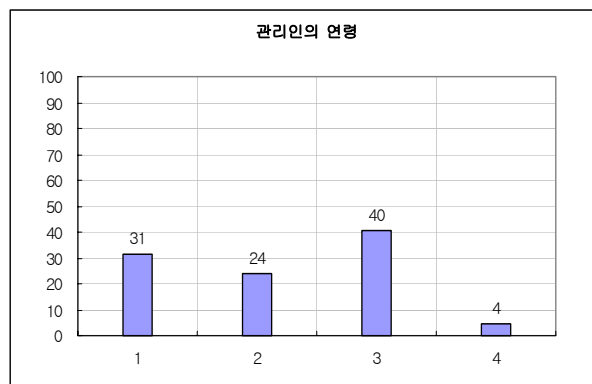
또한 저수지 관리요원의 인원수에 대한 조사결과는 88%가 1인이 1개 또는 복수의 저수지를 관리하고 있으며 2인은 9%, 3인은 3%, 그 이상은 0%의 조사결과가 나왔다. 농촌의 일손부족과 고령화 문제에 의해서 점점 더 수리 시설물 관리요원을 확보하기가 힘든 것이 우리 농촌의 현실이며 수로감시원 1인이 복수의 시설물을 관리하고 있는 것이 우리의 현실이며 이러한 현실을 극복하기 위해서는 시설물의 자동화와 전동화를 통하여 관리인력의 절감을 도모해야 할 것이다.



그래프 3.6.11 저수지 시설물 관리 인원수

다음은 관리요원의 연령에 대한 조사로서 50세 이하가 31%, 51~60세가 24%, 61~70세가 40%, 70세 이상이 4%의 결과가 나타났다. 여기서 실제로 농촌의 수리시설물 관리를 왕성하게 책임지고 할 수 있는 50세 이하의 청장년층의 비율이 24%에 불과하다는 결과는 현재 우리 농촌의 고령화 현상과 맞물린 것으로 해석되며 61세 이상의 고령층이 44%나 된다는 결과 또한 앞서 기술한대로 우리 농촌의 고령화 현상과 같은 결과이다. 현재 농작물의 다양화와 물관리의 섬세함이 요구되고 있는 상황에서 고령의 연령층이 많은 시설물을 담당하고 있다는 것은 그만큼 자동화되고 전동화되는 수리시설물

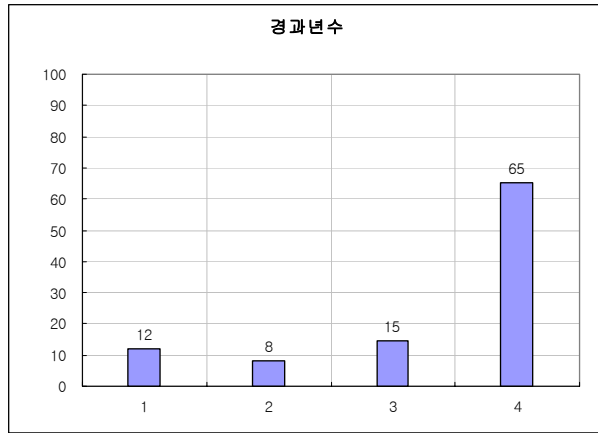
의 운영 및 관리에 있어서 전문적인 기술을 가진 인력을 확보하기가 어렵다는 정황을 나타내고 있으며 이를 극복하고 좀 더 젊은 연령층이 수리시설물의 운영과 관리를 하기 위해서는 농촌지역의 공동화 현상을 극복할 수 있는 정책적인 뒷받침이 필요하다고 판단된다. 젊은 청장년층의 인구증가와 더불어 수리시설물의 자동화가 증가된다면 우리 농업의 경쟁력은 한층 더 강화될 것으로 판단된다.



그래프 3.6.12 저수지 관리요원 연령

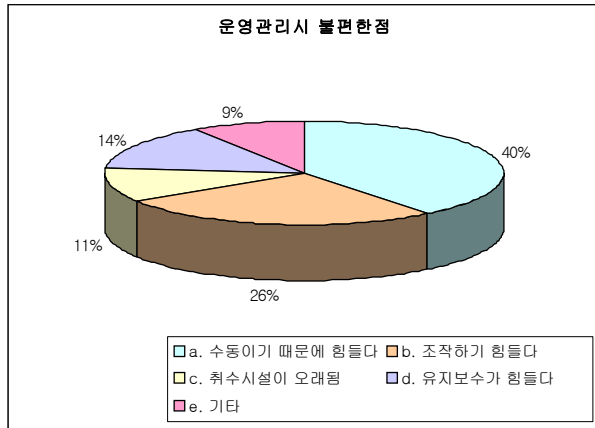
아래 그래프 3.6.13은 수리시설물의 축조 또는 개보수 경과년수에 대한 조사의 결과로서 3년 이내가 12%, 3~5년이 8%, 5~10년이 15%, 10년 이상이 65%로 나타났다. 현재 우리의 저수지 축조년도가 50년 이상이 된 것이 70%를 훨씬 웃돌고 있으며 이러한 시설물의 개보수 이력은 10년 이상 경과된 것이 65%로서 수리시설물의 내구연한을 30년으로 판단할 때 약 30%에 달하는 저수지의 시설물의 교체가 필요하다고 판단된다. 따라서 현재 사통수문의 개량에 관한 수리시설물의 현대화의 노력이 필요한 시점이라고 판단되며 시의적절한 연구수행을 행하였다고 생각된다.

저수지의 취수시설의 운영 및 관리시 불편한 점에 대한 조사에 대한 결과를 보면 취수시설이 수동이기 때문에 불편하다는 점이 40%로서 가장 많다.



그래프 3.6.13 시설물 개보수 경과년수

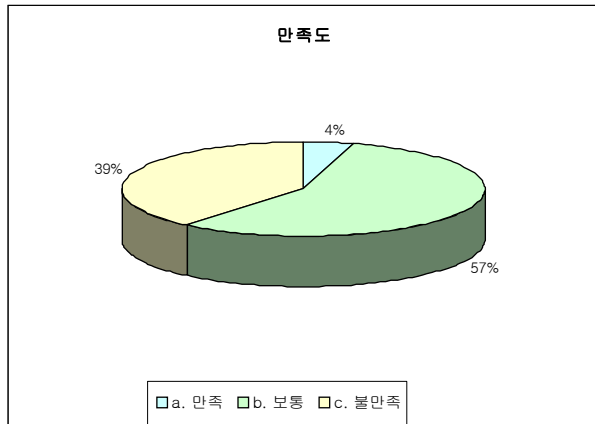
이러한 현상은 우리 농촌의 일손부족과 고령화 현상을 놓고 판단해 보면 조작시 많은 인력이 필요하고 시간도 걸리는 수동식 취수시설의 개선이 반듯이 필요하다는 조사결과이다. 또한 취수시설의 조작이 매우 어렵다는 점이 28%로서 이는 전동화가 되었든 수동식이든간에 조작이 어렵고 불편하다는 것으로서 전동화시 이를 운영하고 관리할 수 있는 전문인력이 절대적으로 필요하며 수동식인 경우에는 좀 더 운영과 관리에 편리한 취수시설로의 전환이 필요하다는 결과이다. 다음으로 취수시설이 오래되었다라는 결과가 11%로서 이는 저수지의 취수시설에 대한 투자미비를 나타내는 것으로서 우리 농업 및 수리시설물의 현대화가 필요하다는 점과 동일하다고 판단된다. 마지막으로 유지보수가 힘들다라고 하는 결과가 14%로서 이는 전동화된 취수시설의 경우 관개기 이후 전기부품의 개보수, 윤활유의 보충, 수문부식에 대한 방식작업, 그 외 여러 가지 유지관리 문제를 해결해야 하는 것으로서 전문화된 인원에 의해 유지관리가 되어야 한다는 것을 나타낸다. 이를 위해서는 좀 더 고도로 훈련된 사람들이 필요하며 수문 자체에 대한 내구성이라든지 부식방지 효율이 높아져야 할 것으로 판단된다.



그래프 3.6.14 수문 운영관리시 불편사항

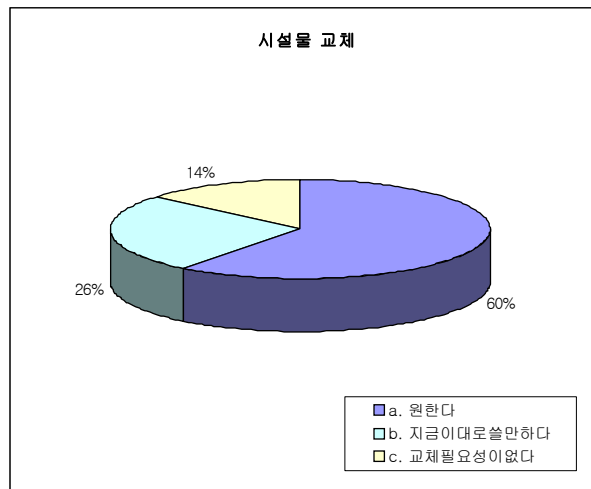
3.6.3.3 시설개보수 계획 및 교체

현재 사용하고 있는 저수지 취수시설이 수동식일 경우의 만족도에 관한 조사로서 만족하고 있다는 것이 57%, 보통이 39%, 불만족이 4%로 나타났다. 이는 현재 시설을 자동화할 경우 관리인력의 감축등의 문제가 대두될 수 있다는 우려의 표현이라고도 판단된다.



그래프 3.6.15 현행 저수지 취수시설의 만족도

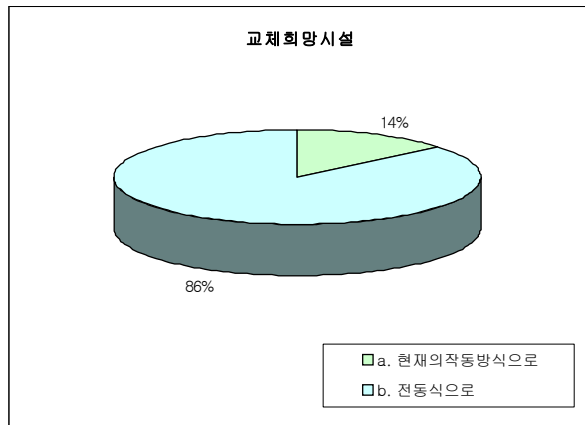
다음은 저수지 취수시설의 교체요망으로서 교체를 원한다가 60%, 지금 이대로 쓸만하다가 26%, 필요없다가 14%로서 상기 그래프 3.6.15의 결과와는 상반된 의견을 보이고 있다. 우선 현재 사용하고 있는 저수지 취수시설이 수동식이 경우가 많으며 전동식일 경우에도 대단히 복잡한 작동방식등으로 인하여 불편함을 느끼고 있다는 결과라고 판단되며 실제로 물관리 현장에서는 현재 사용하고 있는 저수지 취수시설에 대한 불편함과 어려움이 존재하고 있다는 것을 반영한 결과라고 판단된다.



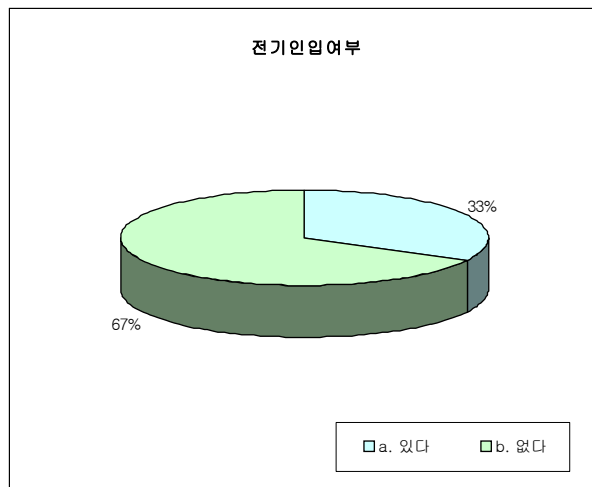
그래프 3.6.16 현행 저수지 취수시설 교체 요망

다음은 저수지 취수시설의 교체시 원하는 작동방식에 대한 조사로서 전동식으로의 교체가 86%, 현재의 작동방식으로가 14%로 나타났다. 이 결과를 해석하면 현재 교체를 원하는 시설의 86%가 수동식이라는 것을 반증하며 전동식인 경우가 14%에 불과하다는 것을 의미한다. 따라서 전동식으로의 작동방식을 원하는 요망이 많기 때문에 전동식 취수시설을 보급하기 위해서는 전기인입 및 작동·관리도로등의 인프라시설을 미리 투자해야 할 것으로 판단된다.

그래프 3.6.18은 현재 농업용으로 운영되고 있는 저수지의 전기인입 여부를 묻는 결과로서 전기인입지역이 67%, 비인입지역이 33%이다. 저수지는 농여있는 위치에 따라 그 입지조건이 달라질 수 있는데 대부분의 저수지는 산간부에 위치해 있다. 물론 평야부에 위치해 있는 소류지와 같은 것도 있으나 대부분이 산간부의 계곡이나 협곡등에 위치해 있기 때문에 전기인입을 위해



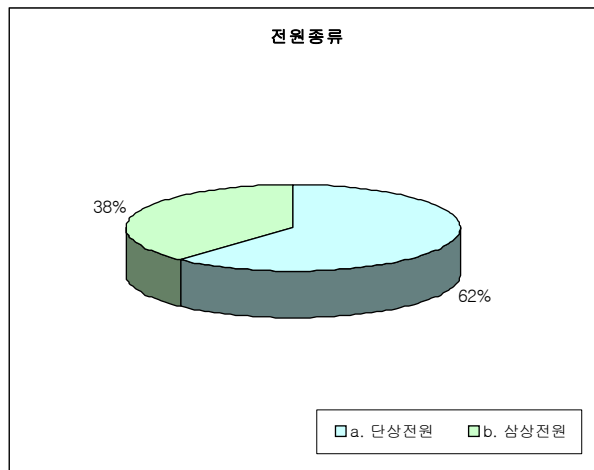
그래프 3.6.17 수리시설물 중 교체희망시설



그래프 3.6.18 저수지 전기인입 여부

서는 막대한 인력과 예산투입이 불가피하다. 따라서 이러한 초기의 인프라시설 투자가 소요되는 부담감이 존재하기 때문에 대체에너지를 이용하여 전기인입에 대한 투자비를 절감시키는 것도 수리시설물의 현대화를 앞당기는 결과를 가져올 수 있다고 판단된다.

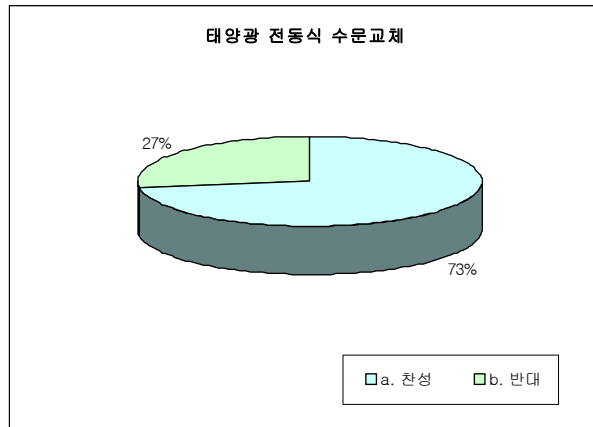
다음은 저수지에 전기가 인입되어 있는 경우 인입전원의 종류를 조사한 결과로서 단상전원(220Volts)이 62%, 삼상전원(360Volts)가 38%로 나왔다. 현재 저수지의 취수시설뿐만 아니라 관리시설, 운영시설, 심지어 소수력발



그래프 3.6.19 인입전원의 종류

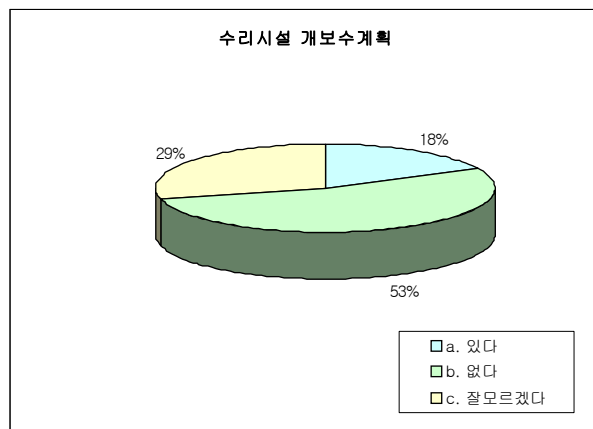
전용으로 사용하는 전원이 필요한 시점이며, 수리시설물의 현대화라는 명제를 놓고 생각해 보면 시설물이 점점 더 대형화, 고도화, 정밀화되어 가고 있는 실정이다. 이러한 상황은 항상 안정적이며 전압의 편차가 없는 전력공급을 전제로 하기 때문에 단상전원보다는 삼상전원이 더 안정적 전원공급에 유리하다. 따라서 62%에 달하는 단상전원도 삼상전원으로 교체할 필요가 있다는 결론이 필연적이기 때문에 상기에서 기술한 바와 같이 대체에너지를 이용하여 각각의 수리시설물을 작은 단위로 운영하고 관리한다는 개념이 필

요하며 이러한 개념은 상당히 시급하고 절실한 문제로서 대체에너지의 효율적인 이용과 보급이 필요하다.



그래프 3.6.20 태양광 전원 인입 요망 여부

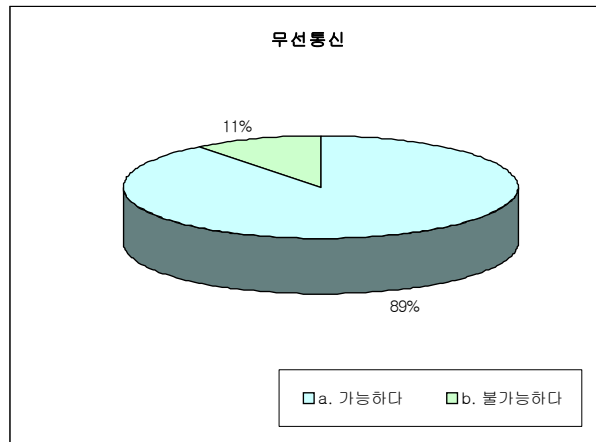
다음은 전원인입을 할 경우 전원의 종류에 대한 조사로서 대체에너지인 태양광이 73%, 일반전원이 27%로 나타났다. 이 결과는 사용하기가 편리하고 유지관리가 편리하며 현재의 대체에너지의 효율성이 높아진 결과 대체에너지에 대한 인식이 좋아진 결과라고 생각된다.



그래프 3.6.21 수리시설 개보수계획 여부

3.6.3.4 태양광 전원 이용

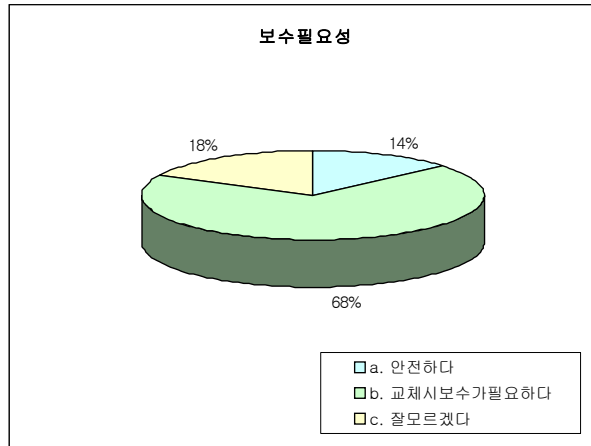
태양광 전원과 전동화시설 및 정보송수신에 관한 전제조건으로서 조사한 결과로서 무선통신이 가능한지의 여부를 묻는 질문에 대한 결과로서 무선통



그래프 3.6.22 무선통신 가능 여부

신이 가능하다는 89%, 불가능하다는 11%로서 현재의 저수지 위치 및 시설 조건에 비추어 생각하면 태양광 전원을 보급하고 이를 토대로 저수지 취수 시설의 전동화를 하여 중앙 또는 일정한 거점에서 이를 제어하는 것이 가능하다는 결과가 나왔다. 이는 태양광 전원을 이용한 저수지 취수시설의 설치가 효율적으로 이루어질 수 있다는 점을 의미한다.

새로운 저수지 취수시설을 보급할 경우 수리시설물의 구조물 교체여부를 묻는 것으로서 교체가 필요하다는 것이 68%, 안전하다는 14%, 잘 모르겠다 18%로서 현재 저수지 취수시설의 노후화를 나타낸 결과이다. 따라서 저수지의 취수시설을 새로이 보급할 경우 시설물뿐만이 아니라 구조물도 동시에 교체할 필요성이 있다고 판단된다.



그래프 3.6.23 구조물 보수필요 여부

제7절 결론

저수지 사통수문의 개량에 있어서 연구결과의 결론은 다음과 같다.

- ① 사통수문은 저수지의 수면 하에 항상 위치해 있기 때문에 정수압을 늘 받고 있으며, 수문을 개방하면 유속의 변화에 의한 동수압을 받기 때문에 수문비의 피로도는 증가한다. 따라서 수문비의 모양을 다양한 수압에 의해서 증가되는 피로도 분산과 수압의 수문비 중심으로의 집중을 위하여 원형으로 하며, 이에 따라 수문비의 비틀림에 의한 누수방지를 하고 수문비 부식방지를 위하여 재료는 STS 304를 사용하였다.
- ② 사통수문은 수면 하에서 작동을 하기 때문에 수문비와 수문틀 사이의 지수부의 마찰력이 수문비 개폐동력에 많은 영향을 미친다. 이에 따라서 모터의 용량과 Solar Unit의 용량도 크게 달라지며 궁극적으로는 제품의 단가에도 많은 영향을 미친다. 따라서 지수부의 마찰력을 감소시키기 위하여 수문틀 측을 약간 경사지게 가공을 하고, 중간에 볼 베어링을 부착시켜 작은 동력으로도 수문비의 개폐가 원활하도록 지수부의 구조변화를 하였다.
- ③ 수문비의 권양력과 작동성의 편리와 효율을 위하여 버티플라이 밸브를 사통수문의 대응으로 사용하였다. 이는 수문비의 작동 토크를 적게 하고 이에 따라 모터가 받는 부하량을 작게 하여 결정되어진 동력원을 효율적으로 사용하는 방법이며, 향후 농업용수공급량을 측정하고 측정을 행할 때 유량의 측정이 가능한 장점도 갖추고 있다.
- ④ 사통수문은 각종 오물이나 토사에 의해 작동에 방해를 받고 이에 따라서 원활한 급수가 어려운 상황이 종종 발생한다. 따라서 본 연구에서는 사통수문의 전면에 스크린을 일체식으로 부착시켜 커다란 오물은 스크린에 의해 제거하고 토사와 같은 작은 입자는 유속에 의해 밖으로 배출하도록 하였다.
- ⑤ 사통수문의 토사유입등에 의한 수문비 작동의 어려움을 방지하기 위하여 토사퇴적등을 사전에 막기 위한 토목구조물을 설치하였다. 토목구조물의

물막이 높이는 사통수문과 같은 높이로 하였으며 이에 따라서 저수지 바닥에 있는 토사가 사통수문으로 유입되는 것을 방지하였다.

- ⑥ 롯데 암은 수문비와 구동부를 연결시켜 구동부의 동력을 전달하는 역할을 하는 장치로서 나지에서 운영되기 때문에 부식방지가 내구성에 가장 큰 영향을 미친다. 따라서 재료를 STS 304 Pipe를 사용하여 가공·제작하였다.
- ⑦ 유니버설 조인트는 모터와 감속기를 통해서 나오는 동력을 롯데 암에 전달해 주는 역할을 하는 것으로서 유니버설 조인트의 동력전달 효율이 사통수문 시스템 전체에 커다란 영향을 미친다. 따라서 STS 304 재료로서 가공하였으며 양축을 기준으로 볼 베어링을 삽입하여 회전력 전달의 효율성을 높였다.
- ⑧ 동력전달의 효율성을 기하기 위하여 Solar Unit으로부터 나오는 전기를 충전기에서 배터리로 축전을 시키고 완전충전이 되면 나머지 전기는 방전이 되도록 하였으며 모터를 구동할 때에도 Solar Unit으로부터 나오는 전기에다 부족분만을 배터리에서 인입하여 사용할 수 있도록 하였다.
- ⑨ 저수지 취수시설 중 대다수를 차지하는 것이 취수탑으로서 많은 저수지 취수시설이 현대화가 되었으며, 수문비의 모양도 원형이 대부분으로서 수압을 고려한 저수지 취수시설로 되어 있다는 것을 알 수 있었다.
- ⑩ 저수지 취수시설에 대한 동력원 조사의 결과는 대체에너지를 이용하는 것이 바람직하다는 결과를 보였고 현재 저수지의 인프라시설도 대체에너지를 이용하여 취수시설을 전동화시키고 이를 일정한 지역에서 측정하고 제어할 수 있는 정도로 구비되어 있기 때문에 현대화된 저수지 취수시설의 보급환경이 양호하다는 것을 알 수 있었다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에 기여도

제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

제2절 평가착안점별 달성도

제4장 목표달성도 및 관련분야에 기여도

제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

4.1.1 연구개발 목표

본 연구의 목표는 축조된지 50년이 넘는 저수지가 약 75%를 넘는 우리의 수리시설물의 현대화를 이룩하기 위하여 기존의 사용이 곤란한 사통수문을 전동화시켜 사용하기 쉽게 하고 전동화를 이룩하는데 있어서도 태양광을 이용하여 전기인입비용과 운영동력비를 절감시킬 수 있도록 하며, 사통수문을 개량하는데 있어서 효율적이고 경제적인 시스템 구성이 가능토록 하기 위하여 수문비 개선, 동력전달 효율증가, 소요동력의 소형화등을 이룩하는데 있다.

4.1.2 연구개발 목표달성도

(1) 원형 사통수문 개발

저수지 취수시설의 한 종류인 사통수문 개량에 있어서 수압에 의한 비틀림 현상을 방지하고 수문비의 중심에 수압이 고정되도록 하여 수문비의 이탈을 방지시키는 원형수문비를 개발하였고 작동의 원활성을 확보하기 위하여 수문틀의 지수부를 경사지게 하여 볼베어링을 삽입시켜 수문비의 개폐가 원활하도록 하였다.

(2) 밸브형 사통수문 개발

소요동력의 소형화 및 오물걸림 현상등을 방지하기 위하여 버티플라이 밸브의 사통수문 적용을 시도하였으며 수문비 지수부의 마찰에 의한 소요동력 증가에 대한 문제점을 해결하였다. 오물걸림 현상등에 대해서는 토사유입방지 구조물과 사통수문비 전면에 스크린을 설치하여 해결을 하였다.

(3) 사통수문의 전동화

사통수문의 전동화를 이룩하기 위하여 직류전용 DC모터와 감속기 및 유니버설 쏘인트, 작동용 로드 암등을 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

사통수문의 원형 및 밸브형의 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 사통수문에 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 개량된 사통수문을 이용하여 효율적으로 저수지 취수시설을 운영, 관리함으로서 그 외의 수

리시설물에 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 현상 상황에서 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 일반하천, 정수장, 하수처리장 등 일반토목분야에의 기술접목도 대단히 양호한 실정이다.

제2절 평가착안점별 달성도

(1) 원형 사통수문 개발의 적정성

수면하에 항상 설치되어 있는 사통수문비의 특성을 고려하여 수압에 의한 수문비 변형 문제를 해결하기 위해 원형 수문비를 개량하였으며, 마찰력 감소를 위해 수문들의 경사 및 볼베어링을 사용하였고 이에 따라서 내구성과 효율성이 향상된 사통수문을 개발하였다. 본 연구가 지향하는 목표를 달성하였으며 적절한 사통수문을 설계 및 제작하여 현장에 보급하였다.

(2) 밸브형 사통수문 개발의 적정성

소요동력의 소형화 및 오물걸림 현상등을 방지하기 위하여 버티플라이 밸브의 사통수문 적용을 시도하였으며 수문비 지수부의 마찰에 의한 소요동력 증가에 대한 문제점을 해결하였다. 오물걸림 현상등에 대해서는 토사유입방지 구조물과 사통수문비 전면에 스크린을 설치하여 해결을 하였으며 이에 따라서 일반 관수로용 수문을 개수로에 적용함으로써 일반장치의 효용성을 넓혔다.

(3) 태양광 작동 사통수문 시스템 개발

사통수문의 전동화를 이룩하기 위하여 직류전용 DC모터와 감속기 및 유니버설 쏘인트, 작동용 로드 암등을 개발하였으며 이에 따라서 직류를 사용하여 구동부에서의 회전력 발생과 이를 수문비 개폐작동에 사용되는 동력 전달용 장치에 의해 수면 하에서 작동하는 수문비에 동력이 전달되어 작동을 하는 메커니즘을 제작하여 적용하였다. 따라서 타분야에서 적용된 태양광 시스템을 농업용 저수지 취수시설에 적용하여 보급하였으며 반대로 이러한 시스템의 타분야에의 접목의 길을 만들었다.

(4) 표준도면 및 매뉴얼 작성

사통수문의 원형 및 밸브형의 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 사통수문에 대해서도 적용할 수 있도록 하였다. 이에 따라서 일선의 설계실무자들이 저수지 개보수사업등에 의해 저수지 취수시설의 신규 또는 보수를 계획할 때 효율적이며 정확한 설계와 예산책정등이 가능토록 하였다.

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

제2절 설계 및 시공에 직접 이용

제3절 향후 기술개발의 자료로 활용

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

현재 개발되고 개량된 원형 및 밸브형 사통수문은 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 개량된 사통수문을 기술이전을 통하여 시범사업 추진과 함께 일반 시군등 지방자치단체에도 홍보를 하여 상품화 및 현장 보급을 추진할 예정이다.

제2절 설계 및 시공에 직접 이용

현재 개발된 원형 및 밸브형 사통수문을 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 참고문헌

제6장 참고문헌

- 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 기초 설계기술연구, 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.

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.