

최      중  
연구보고서

수리시설물의 효율적인 운영과 관리를 위한  
무동력 자동 제진기 개발 연구

Development of Self-Controlled Screen for  
Effective Operation and Management in Canal

연 구 기 관  
농 업 기 반 공 사

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “수리시설물의 효율적인 운영과 관리를 위한 무동력 자동 제진기 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다

2004년 10월 일

주관연구기관명 : 농업기반공사 농어촌연구원

총괄연구책임자 : 정 광 근

세부연구책임자 : 천 만 복

참여기업명 : 태웅산업

참여기업대표 : 구 한 모

# 요 약 문

## I. 제 목

수리시설물의 효율적인 운영과 관리를 위한 무동력 자동 제진기 개발 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

수로나 하천에 산재해 있는 오물에 의한 피해가 점점 늘어가고 있는 추세이다. 그 이유는 농촌의 수리시설물 관리인원의 부족, 고령화와 더불어 최근 급격히 발생하는 기상이변 등에 기인한다. 집중호우에 의해 수로에 물이 유입되고 물과 함께 오물이 하류로 떠내려가면서 일정한 장소에 모여서 물길을 막게 되면, 수로 내 수량이 증가하고 이에 따라 수로에서 월류가 되어 논침수나 수로파손등의 피해가 나날이 늘어나고 있다.

이러한 피해를 방지하기 위해 배수장에 설치하는 제진기는 로터리식과 유압식이 있으나 가격이 비싸 농업용 수로에까지 보급하기에는 현실적인 어려움이 있으며, 기계장치의 구조적인 측면에서 보아도 수로에 부착시키기에는 적합하지 않다.

또한 수리시설물 배치 및 운영이라는 측면에서 보아도 현재 개발된 대부분의 제진기는 전동식으로서, 전기에 의한 작동과 이를 운영할 수 있는 전문인력이 필요하기 때문에 연간 몇 번 정도의 사용을 위해 관리인원을 따로 배치하고 운영하는 것은 바람직하지 못하다.

따라서 본 연구의 목적은 상기에서 기술한 수리시설물의 관리인원부족과 가격적인 어려움을 해결하고, 논침수와 수로파손등의 피해를 방지할 수 있는 오물제거장치를 일반전기 동력을 사용하지 않고 무동력 또는 태양광으로 개발하여 우리 농촌의 방재대책과 더불어 수리시설물의 효율적인 운영과 관리에 일조를 할 수 있도록 하는 것이다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 재해방지용 수리시설물의 현대화 작업의 일환으로서 용·배수로에서 사용할 수 있는 새로운 형태의 제진기를 개발하여, 자연재해에 대한 피해방지와 수리시설물 운영 및 관리노력의 절감을 위해 연구개발을 계획·시행하였으며, 연구개발범위는 다음과 같다.

#### 1) 수압발생 자동 전도게이트 시작품 개발

- 전도게이트 개발
  - 전도게이트 구조 해석
  - 전도게이트 재질 및 외부도장 선정
  - 전도게이트 구조설계
  - 전도게이트 제작
- 실내시험
  - 유속에 따른 게이트 전도 시험
  - 게이트 웨이트 작동 시험
  - 유속에 따른 게이트 상승 시험
- 실내실험 결과분석에 따른 보완책 마련
  - 전도게이트 구조보완
  - 작동중요부분 내구성 및 작동 원활성 보완
- 보완품 개발
  - 시작품 보완설계
  - 시작품 보완제작
  - 평시 및 집중강우시 전도게이트 운용계획 수립

#### 2) 무동력 자동 제진기 시작품 개발 및 현장성능시험

- 무동력 자동 제진기 시작품 개발
  - 로터리식 및 유압식 제진기의 오물수거방식 해석
  - 제진기 재질 및 도장 선정
  - 제진기 구조 설계
  - 제진기 구조설계 검토

- 무동력 자동 제진기 제작
- 실내시험
  - 수차인양장치 작동 시험
  - 수차장치 플로드 부양력 시험
  - 스크린 작동 시험
  - 오물제거능력 평가
- 실내시험 결과분석에 따른 보완책 마련
  - 제진기 구조보완
  - 작동중요부분 내구성 및 작동원활성 보완
- 현장설치
  - 설치대상지 조사 및 설정
  - 현장설치
- 현장시험
  - 전도게이트 작동성 평가
  - 제진기 작동성 평가
  - 오물수거능력 평가
  - 내부식성 및 내마모성 평가
  - 운용 및 유지관리상의 문제점 파악
- 시험 분석결과 활용
  - 구조적 문제점 해결 및 재설계
- 보완품 개발
  - 시작품 보완설계
  - 시작품 보완제작
  - 평시 및 집중강우시 무동력 자동 제진기 운용계획 수립

3) 제작도면 및 사양 작성, 실용화 추진

- 산업재산권 확보
  - 연구개발 산출물의 특허추진
- 제작도면 개발

- 호형에 의거 제작도면 제시
- 제작 및 설치 매뉴얼 작성
  - 자동전도게이트 설치 매뉴얼 작성
  - 무동력 자동 제진기 설치 매뉴얼 작성
- 실용화
  - 논문투고에 의한 홍보
  - 팸플렛 작성 및 배포

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

논침수 및 수로파손등의 예방 및 방제시설로서 사용되고 있는 수리시설물 중 농업용 수로에 적합한 제진기 개발을 위해, 수로 내 유속을 이용하여 작동하는 무동력 자동 제진기를 개발하였다. 제진기의 구성품으로서는 전도게이트, 수차, 감속기, 레이크, 메인 스크린, 전위스크린, 체인, 스프로킷, 오물운반대등에 대해 구조계산 및 설계·제작을 하여 농어촌연구원 물관리시험포장에 설치하였다. 이 제진기는 현장성능시험 및 수리실험을 하였으며, 수로 유속의 힘으로 제진기를 작동시키는데 현장조건에 따라 작동이 불가능한 문제점이 발생하여 안전한 작동을 검토한 후, 실내시험에 의해 태양광 전동 시스템을 개발하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 가) 제진기의 레이크를 작동시켜 오물을 수거하는 메커니즘 형성에 가장 중요한 동력발생원인 수차는 우리나라 농업용수로의 물관리 특성을 이용하기 위하여 물 속에서도 회전이 가능하도록 설계·제작하였다. 수차가 물 속에서 회전운동을 하기 위해서는 수차외경부분에 수차날개 뒷판을 용접하여 수차상부는 뒷판이 닫혀서 유속을 단면적에 다 받도록 하고, 수차하부는 뒷판이 들려서 물이 통과하도록 하여 수차의 상부와 하부에 생기는 유속에 의한 힘의 차이를 이용해, 시계방향으로 수차가 돌아가면서 동력을 발생시키도록 하였다. 수차를 물 속에서 회전운동 시키는 방법 중에 가장 효율적인 방법으로서, 단지 제진기뿐만이 아니라 다른 수리시설물의 대체동력으로서도 그 효용가치가 있을 것으로 판단된다.
- 나) 수차의 수리실험결과, 수로 내 유속이 0.15m/s 이하의 경우에는 레이크에 집적된 오물 30kg을 수거하기가 곤란하다는 것을 규명하였고, 이에 따라 농업용 수로중 경사

가 커서 수로 내 유속이 빠르거나, 낙차공과 같이 유속을 증가시킬 수 있는 수리시설물 하류에 설치를 하면 오물제거에 매우 효율적인 동력을 얻을 수 있다는 것을 알았다. 따라서 수로의 유속을 구분하여 무동력 자동 제진기 설치 조건을 도출하였으며, 유속이 0.15m/s 이하의 수로에서는 대체동력으로서 태양광을 사용한 전동시스템에 의하여 수로용 제진기를 작동시키는 방법을 제안하였다. 본 제안은 다양한 현장 조건에 맞는 제진기를 선택할 수 있는 폭을 넓혔다고 판단된다.

다) 수차의 회전력을 증가시키기 위해 플라이 휠 효과를 높일 수 있는 방법을 제시하였다. 일반적으로 수차는 중심축을 강재파이프로 하고 날개부분은 가벼운 재질로 하지만 여기서는 오물을 수거하는 수차의 회전토크를 높이기 위하여 수차외경에는 무거운 재질을 사용하고, 수차중심축은 가벼운 재질의 파이프를 사용하여 같은 유속 하에서도 더 큰 회전토크를 얻을 수 있는 방법을 제시하였다.

라) 배수로와 같이 유량이 적게 존재하는 수로를 상정하여 유량을 가두어서 일정한 수압을 형성시킨 후, 물을 일시에 흘려보내서 수차를 돌게 하는 전도 게이트를 개발하였다. 전도 게이트 중 오투기형은 밀받침대와 수문과의 균형관계를 계산식으로 규명하여 형성시키고 싶은 수압에 따라 그 크기를 결정짓게 하였다.

특히 저수지의 저수용량을 확장시키고자 할 때 저수지 여수토의 승상보다는 이러한 오투기형 전도게이트를 설치하면 일정한 정도의 저수량을 확보할 수 있으며, 홍수시에는 자동적으로 게이트가 전도되어 저수지가 월류되는 현상을 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 본 오투기형 전도게이트는 제진기의 수차를 돌리기 위한 수압형성용 게이트로서 개발을 하였으나 그 용도를 저수지 게이트로까지 확장시킬 수 있는 가능성을 타진해 본 좋은 연구선례라고 생각된다.

마) 제진기의 메인 스크린과 레이크에 약간의 구조변화를 주어서 오물수거능력을 향상시켰다. 메인 스크린은 최상부를 원형으로 하였고 레이크는 최끝단을 약간 턱이 지게 하여 다양한 오물에 대해 수거능력을 향상시켰으며 특히 오물이 끼거나 해서 레이크가 작동이 되질 않는 것을 방지하기 위해, 레이크 양끝단에 스프링을 이용하여 일시적으로 레이크 자체가 밑으로 구부러졌다가 다시 회복되는 방법을 제안하였다. 이는 레이크가 과부하에 의해 손상을 입는 현상을 방지해 줄 것으로 판단되며 특히 도시 배수장용 제진기에도 적용을 한다면 그 효과는 상당히 높을 것으로 판단된다.

바) 일반적으로 동력을 증폭시켜 주는 역할을 하는 감속기는 내장형 기어로서 모터 축과

작동축이 맞물려서 작동을 하게 되는 메커니즘을 갖고 있으나, 이러한 형태의 감속기는 축으로부터 직접 힘을 받기 때문에 기어에 무리를 주기 쉽다. 따라서 본 연구에서는 2중 기어를 사용하여 외부로부터 받는 힘도 체인에 의해 기어에서 받고 힘증폭을 시키는 것도 기어에서 하게 하는 메커니즘을 사용함으로써 감속기에 직접적인 무리를 주지 않고도 효율이 높은 힘 증폭을 가능하게 하였다.

사) 무동력 자동 제진기의 제작을 위해 전도게이트 중 오뚜기형과 천칭형의 구조계산법을 도출하였으며 무동력 자동 제진기 본체의 부품별 무게와 이에 따른 구조계산을 확립하여 제시하였다. 또한 이러한 결과를 도출하기 위한 이론과 배경에 대해 자세한 설명을 곁들였기 때문에 어느 정도의 기계공학적 지식이 있는 사람이라면 본 구조계산법에 의해 무동력 자동 제진기를 설계할 수 있을 것으로 판단된다.

아) 본 무동력 자동 제진기에 대한 메커니즘은 특허출원을 하여 특허등록을 받았다. 이로 인하여 실용화를 위한 기술보호가 가능하게 되었으며, 산업체에 기술을 이전함으로써 수리시설물 개발 업체들의 기술력 확보에 일조를 하였다.

상기와 같은 연구결과를 도출한 제진기는 태양광 시스템으로서 농어촌연구원 물관리 시험포장에 설치하여 그 성능을 입증하였다. 또한 개발이 완료된 제진기를 보급하는 문제에 있어서 제진기의 성능과 홍보가 중요하므로 국가의 정책적 보조와 더불어 물관리 실무자와 수리시설물 설계자들에게 인식이 되도록 홍보를 하는 것이 중요하다고 생각한다.

# SUMMERY

## I . Subject

Development of Self-Controlled Screen for Effective Operation and Management in Canal

## II. Purpose and Necessity of Research

The damage is the trend that it will gain gradually by garbage lying scattered at a canal or a river. As for the reason, the circular shortage that is rural facilities management, aging and orginated at the weather this excreta back who suddenly happens recently. The damage of peddy inundation and canal damage back is increasing every day while becoming from a canal according to that becomes accumulation on a regular part while water flows into a canal by a severe rain storm, and water and garbage will let you rise to the down stream and stops up a water course, and an amount increasing. A rotary and oil pressure type have screen to install in a drainage chapter in order to prevent this damage, but it is unadaptable in what is hard practically is with what canal for expensive agriculture spreads, and a price sees it in the side that let structural of a machine device, and attach to a canal.

It seems that in facilities contrariety to be efficient too and the side called operation, and it is not currently effectivity with Installation and operation with An superintendent for approximately several times a year using the special manpower that can operate operation and this with electricity developed most screen because necessary.

Therefore, it is in several with effective operation and management of protection against disasters measures and facilities of our rural society with solar energy is not use to electric power in a superintendent ledger foot and the price garbage removal

device which it solves what is hard, and can prevent peddy inundation and the damage of a canal damage back which let there be a little it of the facilities that it described in the above statement a purpose of this study.

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

This study develops the screen of an usable new form in a canal for agriculture as a part of modernization work of facilities for disaster prevention about a natural disaster avoid it, and is planed with research and development for the purpose of safety prevention and facilities operation management effort.

1) Water pressure occurrence automatic reversal gate pilot product development

○ Automatic reversal gate development

- A general reversal gate structure analysis
- It selects automatic reversal gate materials and an external coating
- An automatic reversal gate structure design
- Automatic reversal gate manufacture

○ Indoor test

- A gate reversal depth of water test along each flow velocity
- A gate Weight operation test
- A gate rise depth of water test along each flow velocity supplement preparation along

○ Indoor experiment results analysis

- An automatic reversal gate structure supplementation
- Operation important part durability and an operation circular activity supplementation

- Supplementation bosom development
  - A pilot product supplementation design
  - A pilot product supplementation manufacture
  - Ordinary times and a concentration rainy and establish an automatic reversal gate operation plan
  
- 2) Self-controlled automatic screen development and a field performance test
  - Self-controlled automatic screen development
    - A rotary type and garbage removing method interpretation of oil pressure type screen
    - It selects self-controlled automatic screen materials and a coating
    - A self-controlled automatic screen structure design
    - A self-controlled automatic screen structure design examination
    - A self-controlled automatic screen manufacture
  
  - Indoor test
    - Both device operation test that is a water mill
    - A water mill device float buoyancy test
    - A screen operation test
    - Garbage removal ability evaluation supplement preparation along
  
  - Indoor experiment results analysis
    - A self-controlled automatic screen structure supplementation
    - Operation important part durability and an operation circular activity supplementation
  
  - Field installation
    - An installation place investigation and setting
    - Field installation

- Field test
  - Reversal gate operation anger evaluation
  - An installation place operation anger evaluation
  - Garbage removing ability evaluation
  - Inner corrosion and abrasion resistance evaluation
  - Operation and a problem grasp on maintenance
  
- Test analysis results utilization
  - Structural problem solution and redesign
  
- Supplementation bosom development
  - A pilot product supplementation design
  - A pilot product supplementation manufacture
  - Ordinary times and a concentration river and establish a self-controlled automatic screen operation plan
  
- 3) A manufacture drawing and refusal writing, utility anger forwarding
  - Industrial property right security
    - Patent forwarding of a research and development product
  
  - Manufacture drawing development
    - It is manufacture drawing presentation in Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation by a standard drawing
  
  - Manufacture and installation menu bruise writing
    - Automatic reversal gate installation menu bruise writing
    - A self-controlled automatic screen installation menu bruise writing. It puts to practical use
    - It publicizes by a paper contribution

- Booklet writing and distribution

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

It developed suitable screen in a canal for agriculture during the facilities that were used as protection against disasters facilities in order to prevent peddy inundation and a canal damage back. A reversal gate, a water mill, reducer, rake, the main screen, a transposition screen, a chain, sprocket, garbage transportation parallel are as a self-controlled automatic screen element which this device uses in canal flow velocity, and operate. It was made structure calculation of these parts and a design and installed in farming and fishing villages researcher water management experimental place and did a field performance test about this screen and repair experiment about a water mill. Also, it developed a solar cell electric system to use substitute electric power as supplementation measures by experiment. Therefore it is as follows.

- a) The most important water mill produced a design in a mechanism in rake of screen, and to remove garbage in order to use a water management characteristic for our country agriculture water so that a revolution was possible in water. It welded wing to an awe section several times so that a water mill did rotary type in water, and the upper part let wing was shut, and a cross section receive flow velocity all several times. It did that in order to generate electric power while a base did too several times so that wing sounded, and water passed through and used force with the upper part and a base of a water mill by flow velocity to come into being, and a water mill returned clockwise. Currently it is not screen, and it is only judged utility as worth thing as substitute electric power of different facilities as the most efficient way during a way to get rotary type done in water.
- b) The repair experiment results of a water mill, Flow velocity in the canal found out

that it was difficult that it removed garbage 30kg in case to have been piled up in rake less than 0.15m/s according to this knew that it was able to get very efficient electric power from a garbage removal if in a canal incline for agriculture was large and a velocity in a canal was fast or installed facilities to be able to increase a velocity like a drop downstream. Therefore, it was done flow velocity by distribution of a canal and drew a self-controlled automatic screen installation condition. Flow velocity proposed a way to run screen for a canal by the electricity system which used a solar cell as substitute electric power in a canal less than 0.15m/s

- c) Fly wheel effect presented a way to be able to raise an effect to bend in order to increase turning force of a water mill. Generally, a water mill does an axis with steel pipe and makes a wing piece slight materials. However, it uses materials to be heavy in an awe several times in order to raise rotation torque of a water mill removing garbage here, and it is presented with a way an axis uses a pipe of slight materials several times, and to be able to get the rotation torque which is large under the same velocity more.
  
- d) It developed the reversal gate that let a general reversal gate dropped it temporarily after having let the amount of flowing water introduced a few canals like a drainageway and gathered the amount of flowing water and form the regular water pressure and sent it and turn around a water mill. The reversal gate found out board and balance relation with water gate with calculation formula. The size decides on the size according to the water pressure. It can secure water quantum of a regular degree if it installs reversal gate than good methods of reservoir spillway when it does one in order to let you extend water quantum of a reservoir in particular, and gate is transmitted automatically in an inundation city, and over flow is judged with what can prevent phenomenon a reservoir. This reversal gate developed it as a gate for water pressure formation to work a water mill of screen, but it is thought about using the good study precedent how it was able to let you

extend reservoir to gate.

- e) It gave some structure change to the main screen and rake of screen and improved garbage removing ability. The main screen circularized the tip. A chain was made to fall off with the tip a little, and the rake improved removing ability on various garbage and proposed the way that garbage especially gathered, and rake used a spring with rake both ends hem so that operation prevented that closed not it, and rake oneself bent temporarily to the lower part, and was recovered again. If rake is judged as for this by overload by preventing phenomenon to get damage from that applies it to screen for an especially general drainage chapter, its effect is considered by being doubled.
- f) Generally, reducer playing it letting you amplify electric power humidifies a motor axis and operation as a built-in gear and has a gathering operated mechanism. Because reducer of these forms receives force from an axis directly, it is easy to give a crowd to a gear. Therefore, it used the mechanism that let you do that force you used double gear in this study, and to receive it from the outside received as a gear with a chain and got power amplifying done as a gear. Therefore, it did not give a direct crowd to reducer, and efficiency made high power amplifying possible.
- g) It drew structure calculus of a reversal gate for manufacture of the self controlled automatic screen and established weight by parts of the self controlled automatic screen main body and structure calculation along this and presented that. Because the results accompanied it with an explanation on theory and background to make too these results in detail, a person with mechanical engineering a few knowledge is judged with what can design the self controlled automatic screen by this structure calculus how.
- h) A mechanism about self controlled automatic screen held patent application and got

patent registration. Technical protection for utility anger becomes possible because of this. Also, it transferred technology to industry, and it was aided in a technology security of facilities development enterprises.

It installed the screen which drew the above study results in farming and fishing villages researcher water management test packing as a solar energy system and proved the performance. Also, it is important to publicize in order to become recognition in facilities designers with national policy a little assistance and water management working-level official in the problem that development supplies finished screen to because you must devote yourself to performance and public information of screen from now on and thinks.

# Contents

<b>Chap. 1 Outline of Research</b> .....	<b>29</b>
Sec. 1 Backgrounds .....	29
Sec. 2 Necessity of Research .....	31
1. Technical side .....	31
2. Economy and Industrial side .....	33
3. Society and Cultural side .....	34
Sec. 3 Objectives and Scopes of Research .....	34
1. Goal and Contents of Research and development .....	34
2. Goal and Contents of An annual research and development .....	36
Sec. 4 Expected Effects and Application Plan .....	40
1. Expected effect .....	40
2. Utilization plan .....	42
Sec. 5 Study Period and Research Personnel .....	44
1. Study period .....	44
2. Researcher organization .....	44
3. Study responsible person and Participant .....	45
Sec. 6 Summary and Conclusion .....	46
<b>Chap. 2 Status of Technical Development at Home and   Abroad</b> .....	<b>51</b>
Sec. 1 General Status of Technical Development .....	51
Sec. 2 Development of Screen at home .....	51

1. Present situation of development at home .....	51
2. Investigation of Screen .....	60
Sec. 3 Development of Screen at Abroad .....	62
1. Outline .....	62
2. Japan .....	63
3. Holland .....	69
4. Problem of Bench marking of a foreign product .....	70
<b>Chap 3. Works and Results of Research .....</b>	<b>75</b>
Sec. 1 Development of self controlled automatic screen .....	75
1. operation principle .....	75
2. Reversal gate structure calculation .....	79
3. Weight adjustment type Reversal gate structure calculation .....	97
4. self controlled automatic screen structure calculation .....	102
5. Manufacture and Installation .....	119
6. Hydraulic experiment .....	155
7. Solar electric power screen .....	164
Sec. 2 Results and Consideration .....	177
<b>Chap 4. Achievement of Objectives and Contributions .....</b>	<b>183</b>
Sec. 1 Achievement of Each Objectives and its Contributions .....	183
1. development goal .....	183
2. goal achievement duty .....	183
3. Related field contribution .....	184
Sec. 2 Achievement in Each Item of Evaluation Checklist .....	186

<b>Chap. 5</b>	<b>Application Plan of Research Results</b>	<b>191</b>
Sec. 1	Wide Use at Site by Mass-Manufacturing	191
Sec. 2	Use to Design and Construction	191
Sec. 3	Use for Further Technical Development	191
<b>Chap. 6</b>	<b>References</b>	<b>195</b>
<b>APPENDIX</b>		<b>199</b>

## 목 차

제 출 문 .....	2
요 약 문 .....	3
SUMMERY .....	9
Contents .....	17
목 차 .....	20
제1장 연구개발과제의 개요 .....	29
제1절 연구개발의 배경 .....	29
제2절 연구개발의 필요성 .....	31
1. 기술적 측면 .....	31
2. 경제·산업적 측면 .....	33
3. 사회·문화적 측면 .....	34
제3절 연구개발의 목표 및 내용 .....	34
1. 연구개발 목표와 내용 .....	34
2. 연차별 연구개발 목표와 내용 .....	36
제4절 기대효과 및 활용방안 .....	40
1. 기대효과 .....	40
2. 활용방안 .....	42

제5절 연구기간 및 참여연구원 .....	44
1. 연구기간 .....	44
2. 연구원 조직 .....	44
3. 연구책임자 및 참여자 .....	45
제6절 요약 및 결론 .....	46
<b>제2장 국내외 기술개발 현황 .....</b>	<b>51</b>
제1절 기술개발의 개괄적 현황 .....	51
제2절 국내 제진기 개발 현황 .....	51
1. 국내 개발 현황 .....	51
2. 국내 제진기 실태 조사 .....	60
제3절 국외 제진기 개발 현황 .....	62
1. 외국 제진기 개요 .....	62
2. 일본의 개발 사례 .....	63
3. 네덜란드의 개발 사례 .....	69
4. 외국 제품의 벤치마킹에 대한 문제점 .....	70
<b>제3장 연구개발 수행 내용 및 결과 .....</b>	<b>75</b>
제1절 무동력 자동 제진기 개발 .....	75
1. 작동원리 .....	75
2. 오뚜기형 전도 게이트 구조 계산 .....	79
3. 웨이트조정 전도게이트 구조 계산 .....	97
4. 무동력 자동 제진기 구조 계산 .....	102
5. 제작 및 설치 .....	119
6. 수리실험 .....	155
7. 태양광 전동 제진기 개발 .....	164

제2절 결과 및 고찰 .....	177
<b>제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>	<b>183</b>
제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도 .....	183
1. 연구개발 목표 .....	183
2. 연구개발 목표달성도 .....	183
3. 관련분야 기여 .....	184
제2절 평가 착안점별 달성도 .....	186
<b>제5장 연구개발결과의 활용계획 .....</b>	<b>191</b>
제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진 .....	191
제2절 설계 및 시공에 직접 이용 .....	191
제3절 향후 기술개발의 자료로 이용 .....	191
<b>제6장 참고문헌 .....</b>	<b>195</b>
<b>부    록 .....</b>	<b>199</b>

**< 표 >**

표 1.1.1 2002년 풍수해 현황 .....	30
표 1.2.1 농업기반공사 관리 용·배수로 및 양·배수장 현황 .....	31
표 1.2.2 기존 수동식과 전동식 제진기의 설치 및 운영비용 비교 .....	32
표 2.2.1 로터리식과 유압식 제진기 비교 .....	52
표 2.2.2 수로용 전동식 제진기 사양 .....	55

표 2.2.3	기존 로타리식 제진기와 수로용 전동식 제진기와의 특징 비교	55
표 2.2.4	기존 로타리식 제진기와 수로용 전동식 제진기의 유지관리 비교	57
표 2.2.5	기존 로타리식 제진기와 수로용 전동식 제진기의 경제성 비교	57
표 2.2.6	유압 Double Arm 링크식 제진기와 유압식 제진기 특성 비교	59
표 2.2.7	배수장 제진기 설치 현황	61
표 3.2.1	편심별 전도력, 복원력, 토오크 계산	91
표 3.2.2	편심별 수문 수압 및 토오크	94
표 3.4.1	구조계산에 의한 무동력 자동 제진기 사양	118
표 3.5.1	물관리자동화시험포장 설치 무동력 자동 제진기 사양	133
표 3.5.2	체인의 물리적 특성	140
표 3.5.3	잇수에 대한 치형각	149
표 3.5.4	수로 내 유속과 수차회전수(시험포장)	153
표 3.6.1	수로 내 유속과 수차회전토오크(수리실험)	162
표 3.7.1	태양광 전동 시스템 사양	166
표 3.7.2	위도별 적정 예비시간	172
표 3.7.3	태양광 전지판의 종류	173

### < 그 림 >

그림 2.3.1	자주형 단암식 제진기의 작동순서	64
그림 3.1.1	무동력 자동 제진기 작동원리도	77
그림 3.2.1	부채꼴 원형단면도	80
그림 3.2.2	부채꼴 원형단면 전체 모습	81
그림 3.2.3	편심각에 대한 삼각형 각도	82
그림 3.2.4	수문비 구조	83
그림 3.2.5	편심각에 의한 수문비의 기울기 수평거리	84

그림 3.2.6	편심에 따른 전도게이트의 모습 .....	85
그림 3.2.7	전도게이트에 수압이 걸리는 모습 .....	86
그림 3.2.8	전도게이트가 기울어진 모습 .....	87
그림 3.2.9	부채꼴 원형단면의 삼각형도 .....	88
그림 3.3.1	웨이트에 의해 발생하는 힘 .....	97
그림 3.3.2	전도게이트에 의해 발생하는 힘 .....	99
그림 3.3.3	웨이트 전도게이트 전도 모습 .....	100
그림 3.3.4	전도게이트 형상 .....	102
그림 3.4.1	적재단면 가정 형상 .....	103
그림 3.4.2	제진기 측면 구조도 .....	106
그림 3.4.3	제진기 운전계통도 .....	109
그림 3.4.4	스크린 단면도 .....	114
그림 3.4.5	서포트 빔 구조도 .....	116
그림 3.5.1	무동력 자동 제진기 제작도면 .....	132
그림 3.5.2	수차회전 메커니즘 .....	133
그림 3.5.3	수차 회전축 및 수차거치대 연결부 구조 .....	136
그림 3.5.4	오뚜기형 전도게이트의 작동도 .....	137
그림 3.5.5	웨이트형 전도게이트의 작동도 .....	137
그림 3.5.6	체인 구성도 .....	140
그림 3.5.7	레이크 구조 .....	142
그림 3.5.8	레이크 핑거의 오물낙하방지 턱 .....	142
그림 3.5.9	스크린 최선단 모양 .....	144
그림 3.5.10	전위스크린 위치 .....	145
그림 3.5.11	전위스크린 최상단 모양 .....	146
그림 3.5.12	스프로켓 구성도 .....	147
그림 3.6.1	가동상수로 및 측정시설 배치도 .....	156
그림 3.6.2	실험수차 및 거치대 .....	157

그림 3.7.1 태양광 전동 시스템 동력전달 메커니즘 .....	166
그림 3.7.2 태양광 전동 시스템 설계 도면 .....	169

### < 그래프 >

그래프 3.2.1 편심별 복원력, 전도력, 순수복원력 .....	93
그래프 3.2.2 편심별 복원토크, 전도토크, 순수복원토크 .....	93
그래프 3.2.3 편심별 수압, 역수압, 순수수압 .....	96
그래프 3.2.4 편심별 수압토크, 역수압토크, 순수수압토크 .....	96
그래프 3.4.1 유속과 협잡물 저항계수 .....	105
그래프 3.5.1 수로내 수차성능시험 .....	152
그래프 3.6.1 수로유속 및 수차회전토크 .....	161

### < 사 진 >

사진 1.2.1 수로 내의 오물 모습 .....	29
사진 2.2.1 제진기 종류 .....	53
사진 2.2.2 농업기반공사 장성·광주지사 개발 수로용 전동식 제진기 .....	54
사진 2.2.3 유압 Double Arm 링크식 제진기 .....	58
사진 2.3.1 자주형 단암식 제진기 .....	63
사진 2.3.2 정치형 단암식 제진기 .....	65
사진 2.3.3 W암식 제진기 .....	66
사진 2.3.4 소형제진기(네트형 스트레이트 플로우식) .....	67
사진 2.3.5 신축암식 자동제진기 .....	68
사진 2.3.6 배수장용 유압식 제진기 .....	69
사진 3.1.1 수로내 오물이 유입된 모습 .....	75

사진 3.2.1	오뚜기형 전도게이트 .....	79
사진 3.2.2	오뚜기형 전도게이트 전체 모습 .....	89
사진 3.5.1	수차제작 및 설치 모습 .....	135
사진 3.5.2	전도게이트 종류 .....	138
사진 3.5.3	무동력 자동 제진기용 감속기 .....	139
사진 3.5.4	동력전달용 체인 .....	141
사진 3.5.5	레이크 .....	143
사진 3.5.6	메인 스크린 .....	144
사진 3.5.7	전위 스크린 .....	145
사진 3.5.8	구동용 스프로킷과 설치 모습 .....	149
사진 3.5.9	오물 수거대 .....	150
사진 3.5.10	무동력 자동 제진기 설치공사 모습 .....	151
사진 3.5.11	무동력 자동 제진기 작동성능시험 전경 .....	154
사진 3.6.1	수차수리실험 장소 .....	156
사진 3.6.2	수차수리실험 광경 .....	159
사진 3.7.1	수로용 제진기의 전동화 시험 모습 .....	164
사진 3.7.2	제진기 부착 Solar cell .....	170
사진 3.7.3	내장 밧데리 .....	174
사진 3.7.4	충전기 .....	175
사진 3.7.5	태양광 전동 제진기 설치 모습 .....	177

# 제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 배경

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구개발의 목표 및 내용

제4절 기대효과 및 활용방안

제5절 연구기간 및 참여연구원



## 제1장 연구개발과제의 개요

### 제1절 연구개발의 배경

최근 전세계적으로 태풍과 기상이변으로 따른 집중호우와 게릴라성 폭우로 인하여 많은 피해를 입고 있다. 특히 우리나라에서도 지난 2002년 7월과 9월에 발생한 태풍 라마순과 루사에 의한 피해는 인명 270명, 재산피해 6조1천억원을 넘어섰다. 이러한 원인의 하나는 전지구적인 온난화현상과 더불어 엘니뇨현상과 같은 온수해류의 이동경로가 바뀌는 것이 커다란 원인 중의 하나이지만, 무엇보다도 집중강우나 홍수가 왔을 때, 물을 가두어 주는 역할을 하는 댐, 저수지, 도시의 저수공간, 하천의 보 등이 제 기능을 하지 못하거나 효율적인 배치 또는 운영이 부족한 실정에 기인하는 것도 무시할 수 없다.

특히 농촌지역에서 집중강우에 의한 피해는 저수지의 저수용량 초과에 따른 월류 위험성, 저지대에서의 배수곤란으로 인한 침수피해, 하천이나 농업용 수로로 유입되는 물에 의한 수리시설물 파손등을 들 수 있으며, 이러한 피해는 우리 국민의 식량을 책임지고 있는 농업생산에 커다란 위협이 되고 있다.

더 나아가서 이러한 수리시설물에 있어서 문제가 되는 것은, 농촌지역 또는 혼주화지역 으로부터 배출되는 오물이 생활환경에 심각한 영향을 미치고 있다는 사실이며, 예전의 농촌지역 오물에 비해서 다양한 크기와 모양을 하고 있는 도시형 오물이 농촌에서도 많이 배출되고 있다. 이러한 오물이 사진 1.1.1에서 보는 바와 같이 평시에는 둑이나 도로에 산



사진 1.1.1 수로 내의 오물 모습

재되어 있다가 비가 오면 일시에 하천이나 수로로 유입되어 하류지역으로 이동하여, 자연 배수가 되지 않는 지역에서 배수장 가동시, 제진기 작동을 곤란하게 만드는 원인이 된다. 이러한 현상은 도시나 농촌 모두가 갖고 있는 특징이며, 이러한 원인을 제거하기 위해 배수장 개선이라든지 배수개선사업을 시행하여 침수 또는 시설물 파손 방지를 위해 노력하고 있지만 표 1.1.1에서 나타낸 바와 같이 일거에 많은 호우가 내리면 인명손상 및 농경지 유실을 비롯한 피해로 나타나고 있다.

표 1.1.1 2002년도 풍수해 현황

하도구간	피해지역 (우심시군구)	재산피해 (억원)	인명피해 (명)	농경지유실 (ha)	주택파손 (동)
계		61,038	270	19,890	8,811
7월5일~6일 태풍 라마손	6개 시도 14개 시군구	378	1	13	13
8월4일~11일 호 우	10개 시도 101개 시군구	9181	23	2,128	1,164
8월30일~9월1일	13개 시도 119개 시군구	51,479	246	17,749	7,634

이에 따라 상기와 같은 피해를 방지하기 위해서라도 도시와 농촌 구별 없이 배수를 위한 배수장과 배수장 기능을 제대로 발휘시키기 위한 제진기의 설치에 반듯이 필요하다. 또한 모든 오물은 관행상 배수장에서 처리하는 방식을 취하고 있으나, 이는 일시에 유입되는 오물에 대해서는 취약한 방법이기 때문에, 배수장 유입 전에 오물을 제거하는 방법도 이제는 필요하다고 판단된다. 따라서 특히 농촌의 수리시설보호를 위한 오물수거를 위해서는 배수장 유입전의 수로에서 제거하는 방법이 필요하며, 경제적이며 효율적 방법을 택하기 위해, 전기가 필요 없는 방법과 유지관리가 용이한 구조로, 제작설치가 경제적인 제진기 개발이 필수적이다.

## 제2절 연구개발의 필요성

### 1. 기술적 측면

농업용 수로에 적합한 제진기를 개발하기 위해서는 그 제진기를 설치하는 용·배수로의 특징을 우선 검토해야 한다. 현재 농업기반공사가 관리하는 수로현황을 보면, 표 1.2.1에서 알 수 있듯이 용·배수로 중 간선과 지선급의 총 길이가 약 45,541km로서 이 중 46.7%인 21,293km가 구조물화 되어 있다.

표 1.2.1 농업기반공사 관리 용·배수로 및 양·배수장 현황

양·배수장 (개소)	용·배수로(간·지선급) (km)		
	계	토공수로	구조물
3,760	45,541	24,248	21,293

※ 자료 : 2004 농업생산기반정비사업통계연보(농림부)

이렇게 구조물화 되어 있는 용·배수로는 모두 뚜껑이 없는 개수로 형태로서, 외부로부터 물이 들어올 때 오물이 동반 유입되거나, 수로 내 오물 투척, 수로 수위를 확보하기 위하여 합판이나 돌 또는 비닐과 같은 것을 설치하여 놓고 있는 실정이다. 이러한 각종 오물은 평시에는 수로 내에 그대로 방치되어 있지만, 일단 집중 강우시와 같은 긴급사태가 일어나면 수로의 하류로 밀려 내려와 제진기 작동을 방해하여 오히려 통수에 지장을 주는 요인으로 작용을 한다.

특히 이러한 오물이 수로 내의 송수를 유도하며, 또는 과잉수를 배제하는 역할을 하는 제수문이나 방수문에 끼이면 수문 작동을 방해하여 원하는 곳으로의 송수를 불가능하게 할 뿐만 아니라 통수장애에 의한 수로범람을 초래하여 수로파손, 논침수등 치명적인 피해를 불러일으키기도 한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 수로의 주요 장소에 고정식 바 스크린을 장착시키기도 하지만 고정식 바 스크린의 경우에는 인력에 의한 오물 수거 및 관리를 요하고, 전동식의 경우에는 초기설치투자비용의 과다소요라는 문제가 이러한 장비의 설치 및 운영을 가로막

는 장애요인으로 작용하고 있다. 표 1.2.2에서 나타난 바와 같이 가격적인 면에서 전동식 제진기는 수동식(고정식 바 스크린) 제진기의 약 7배~9배로서 가격적인 면에서 대단히 비싸며 운영비용적인 면에서 보면 수동식 제진기가 전동식 제진기보다 약 2배 가량 더 소요된다.

표 1.2.2 기존 수동식과 전동식 제진기의 설치 및 운영비용 비교

(단위 : 원)

비용구분	수동식 제진기 (폭2m × 높이2m)	전동식 제진기 (폭2m × 높이2m)
단가 및 설치비용	12,000,000	- 로터리식 : 84,000,000 - 유압식 : 110,000,000
운영비용	1,875,200 (년간)	937,600 (년간)

- ※ 1. 제진기의 재료는 수동식 및 전동식 모두 SUS를 기준으로 함.  
 2. 수로감시원 하루 임금단가 37,500원을 기준으로 하며 노동시간은 용수공급시기 100일에 하루에 두 번 수로확인 횟수를 1회로 해서 2시간을 노동시간으로 계산  
 3. 전동식 제진기의 단가산정은 물가정보자료(2004. 8. pp. 797)로부터 발췌

또한 배수장에서는 각종 오물 및 투척물에 의하여 배수펌프 흡입구가 막혀 펌핑(pumping)을 불가능하게 만드는 현상뿐만이 아니라, 펌프에 의한 흡입(Suction)시 이물질이 빨려 올라가 펌프의 임펠러(impeller)와 임펠러 케이싱(impeller casing) 사이에 끼여서 펌프에 과부하가 걸리고, 결국은 펌프가 타버리는 현상까지도 종종 일어나곤 한다. 이러한 현상은 특히 수로를 통해서 들어오는 오물에 의해 많이 일어나며 실제로 배수장의 운용에 있어서 가장 많이 일어나는 현상이기도 하다. 물론 흡입구 주위에 스크린을 장착하는 경우도 있으나 이러한 경우에 비닐과 같은 오물이 스크린에 달라붙으면 물의 흡입이 대단히 어려워져서 펌프작동효율을 떨어뜨리는 결과를 초래하거나 심한 경우에는 흡입대(Suction pipe)가 진공상태가 되어서 깨지는 현상도 일어날 수 있다.

위에서 기술한 제진기의 구조에 의한 기술적 문제를 해결할 수 있는 제진기를 개발하여,

수로 및 배수장 흡입구의 오물을 제거해서 원활한 배수를 도모할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서 개발하는 제진기는 타 제진기와 비교해서 흘러들어 온 오물만을 치우는 것이 아니라, 평시 물 유입량이 적은 배수로와 같은 경우에는 스크린 앞의 수위를 일정한 수준으로 유지시켜 한꺼번에 물이 밀려오도록 하는 메커니즘으로 구성하여, 오물을 강제로 스크린쪽으로 유도시켜 제거하는 적극적인 오물 수거방식을 채택하며, 이에 따라 최종적으로 수거된 오물에 대해서는 인력으로 완전히 치울 수 있도록 하여 평시 관리인력의 절감과 원활한 송수, 양수를 도모하는 방법으로서 개발하여 보급할 필요가 있다.

## 2. 경제·산업적 측면

### 가. 수리시설물 피해경감에 따른 농가소득 증대의 필요성

현재 수로범람에 의한 논침수면적은 평균적으로 농업기반공사 1개 지사당 15.5ha/년으로서 수로범람이 수로 내 통수방해물질의 미세거에 기인하는 것을 약 30%로 추정하면, 연간 약 405ha의 논을 용·배수로 내에 제진기를 설치하여 운영함으로써 침수피해로부터 논을 보호할 수 있다. 상기의 405ha에 대한 침수피해액 경감을 곡물증수효과를 사용하여 농가소득으로서 계량화시켜 보면 정곡생산량을 4500kg/ha로서 산정하고, 도매정곡가를 150천원/80kg로 하여 405ha에 대입을 해보면 3,417백만원의 농가소득을 기대할 수 있다. 그러나 이러한 계량화는 표면에 나타난 수치일 뿐이며, 논침수에 대한 농민들의 정신적 피해 및 피해복구를 위한 소요비용등을 감안하면 상기의 계량화에 대한 금액보다 더 많을 것으로 판단된다.

### 나. 설치 및 관리운영 노력 절감의 필요성

수동식 제진기의 경우에는 제작 설치비는 12백만원이지만 이를 운용하기 위해서는 인력에 의지해야 하며 이를 용수공급시기 100일을 기준으로 하루에 스크린 청소를 위해 2회 방문(1회 방문시 2시간 소요)하여 청소등의 제반행위를 한다고 가정하고 인건비로 계산을 하면, 연간 무동력 자동 제진기 1대가 1,875,200원의 인건비를 절약할 수 있다.

또한 전동식 제진기의 경우는 상기의 표 1.2.2에서 보는 바와 같이 초기 제작·설치비가 로터리식이 84백만원, 유압식이 110백만원으로서 대단히 고가이며 전동식이라고 해도 인력에 의한 운용 및 관리가 필요하다.

따라서 설치 및 관리운영이 저가로 가능한 제진기를 설치하여 수리시설물 피해경감에

따른 농가소득의 증대와 더불어 기존 수동식 및 전동식 제진기의 설치 운용에 따른 비용 절감이 절실히 필요한 실정이다.

### 3. 사회·문화적 측면

무인운영과 야간에도 스스로 작동이 가능토록 제작·설치함으로써 작업요건의 위험요소를 제거하고 수로범람에 따른 논 침수 및 수로파손등을 예방하며, 논농사 작업의 안정성을 향상시켜 농업인의 농업에 대한 안정적인 종사가 가능토록 하며, 농업인의 농업에 대한 애착심 향상과 농업이 안정적인 직업으로서의 인식전환에 따른 농업인 후계자의 증가를 도모하여 현재 침체된 농업을 활성화시켜야 할 시대적 필요성이 있다.

따라서, 제진기 운용에 따라 계획된 물을 안정적이며 지속적으로 공급할 수 있도록 하고 이러한 수리시설물의 현대화에 따라 선진 용수공급시스템과 물관리를 이룩하여 농업인에 대한 신뢰감 조성 및 풍요로운 농촌을 건설함으로써 도시민의 마음의 고향으로서의 농촌을 지켜나가게 할 필요가 있다.

## 제3절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발 목표와 내용

#### 가. 기술개발의 최종목표

본 무동력 자동 제진기 기술개발의 최종목표는 농업용 수로 내에 설치, 운용, 관리의 용이성을 중점사항으로서 채택하여, 동력은 수로 내 수압을 이용하며, 그 외 오물을 수거하는 방법에 관해서는 기존 제진기의 형태를 취하고, 동력전달의 효율성을 위하여 힘증폭을 위한 감속기, 동력전달용 체인등을 개발하는 것을 최종목표로 한다.

따라서 본 연구에서의 기술개발목표는 다음과 같다.

- ① 수로 내 및 양·배수장에 있어서 오물제거의 무동력 자동화 달성
- ② 제진기 및 제진을 위한 장치의 운영 및 유지관리시스템 개선
- ③ 내부식성 및 작동, 오물수거가 용이한 무동력 자동 제진 장치 개발
- ④ 개발한 무동력 자동 제진기의 실용화 확대 보급을 위한 표준도 제시
- ⑤ 무동력 자동 제진기의 설치 및 운영을 위한 매뉴얼 개발

#### 나. 기술개발 내용

### 1) 수압발생 전도 게이트 개발

- 수로 내 평시 유량이 없거나 부족한 경우를 상정하여 무동력 자동 제진기의 스크린 후방에서 수압을 발생시킬 수 있는 전도 게이트 개발
- 본 전도 게이트는 일정한 수위에 따른 수압발생에 의해 게이트가 웨이트와의 상관관계에 의해 뒤로 넘어가고 일정 유량 이하로 되면 다시 일어서서 수압발생을 시키는 원리로 개발
- 본 게이트의 목적은 강우가 집중된 우리나라의 기상특성을 고려한 것으로서 집중강우에 의한 일시적인 오물집적을 피하고 평소에 수압발생에 의해 오물을 수거하여 집중강우시 오물에 의한 제진기의 작동불능을 예방할 수 있는 장치
- 본 전도 게이트는 수로 내 수위와 수압을 고려한 것으로서 수리시험을 행하여 작동 메커니즘을 이론적으로 규명하고 이의 타용도 전용 가능성까지를 타진

### 2) 수로 내 및 양·배수장의 오물제거를 위한 무동력 제진기 개발

- 수로의 구배와 유량이 확보되는 지역에는 수차원리를 이용한 무동력 자동 제진기를 설치하여 오물을 제거하고, 수로의 구배와 유량이 확보되지 않는 경우에는 전도게이트를 설치하여 수압에 의해 오물을 집적시키고 이를 무동력 자동 제진기로 유도하여 오물을 제거시키는 형태로 무동력 자동 제진기를 개발
- 위와 같은 전도 게이트와 자동 제진기의 상관관계를 이용하여 오물을 제거하는 방식을 채택함으로써 독자적인 기술력을 확보할 수 있으며, 이에 따라 본 기술의 보호를 위한 특허권 확보가 목표
- 상기의 무동력 제진기를 현장에 설치하여 적용성과 실용성을 분석하고, 이러한 분석 결과를 토대로 좀 더 현장에 맞게끔 무동력 제진기를 보완
- 본 무동력 제진기는 수로 내에서의 오물이 제진 장치까지 오는 것을 능동적으로 유도하고, 오물을 제진 장치에서 수로 밖으로 제거시키는 것을 목표로 하며, 수로 밖에서의 오물처리는 인력으로 하게끔 개발
- 무동력 자동 제진기도 수리시험을 거쳐 오물수거의 작동성 및 효율 측정

### 3) 무동력 제진기 설계요령 개발

- 수로의 구배 및 유량에 따른 무동력 자동 제진기의 설계요령 정립

○ 수로의 규격별 무동력 제진기의 표준도를 제작

4) 무동력 자동 제진기 설치 및 운용, 유지관리 매뉴얼 개발

- 제진기 설치를 위한 토목공사 매뉴얼 작성
- 제진기의 초기 설치 및 운영상의 주의점등을 기재한 운영 매뉴얼 작성
- 비상시, 고장시 대처방법과 평시 유지관리에 관한 기본적인 사항을 기재한 유지관리 매뉴얼 작성

5) 수로 내 유속의 저하로 인한 동력대체 운용방식 개발

- 수로 내 유속 저하로 인하여, 수차로부터 얻는 동력으로는 제진기 운영이 불가능할 경우를 대비하여 전동식 제진기를 함께 개발
- 일반전기의 인입이 불가능한 지역에 대해서 동력대체를 위하여 태양광을 사용하는 것을 목적으로 하는 태양광 전동 제진기의 기초개념설계를 확립

2. 연차별 연구개발 목표와 내용

가. 제1차년도

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 ( 2002 )	○ 수압발생 자동전도 게이트 시작품 개발	○ 자동전도게이트 개발 - 일반전도게이트 구조 해석 - 자동전도게이트 재질 및 외부도장 선정 - 자동전도게이트 구조설계 - 자동전도게이트 제작 ○ 실내시험 - 각 유속에 따른 게이트 전도수심 시험 - 게이트 웨이트 작동 시험 - 각 유속에 따른 게이트 상승수심 시험 ○ 실내시험 결과분석에 따른 보완책 마련 - 자동전도게이트 구조보완 - 작동중요부분 내구성 및 작동원활성 보완
	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발 - 로터리식 및 유압식 제진기의 오물수거 방식 해석 - 무동력 자동 제진기 재질 및 도장 선정

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 ( 2002 )	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발 - 무동력 자동 제진기 구조 설계 - 무동력 자동 제진기 구조설계 검토 - 무동력 자동 제진기 제작 ○ 실내시험 - 수차인양장치 작동 시험 - 수차장치 플로드 부양력 시험 - 스크린 작동 시험(비닐대책등) - 오물제거능력 평가
	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발	○ 실내시험 결과분석에 따른 보완책 마련 - 무동력 자동 제진기 구조보완 - 작동중요부분 내구성 및 작동원활성 보완
	○ 수압발생 자동전도 게이트 시작품 개발	○ 자동전도게이트 개발 - 일반전도게이트 구조 해석 - 자동전도게이트 재질 및 외부도장 선정 - 자동전도게이트 구조설계 - 자동전도게이트 제작 ○ 실내시험 - 각 유속에 따른 게이트 전도수심 시험 - 게이트 웨이트 작동 시험 - 각 유속에 따른 게이트 상승수심 시험 ○ 실내시험 결과분석에 따른 보완책 마련 - 자동전도게이트 구조보완 - 작동중요부분 내구성 및 작동원활성 보완
	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발	○ 무동력 자동 제진기 시작품 개발 - 로터리식 및 유압식 제진기의 오물수거 방식 해석 - 무동력 자동 제진기 재질 및 도장 선정 - 무동력 자동 제진기 구조 설계 - 무동력 자동 제진기 구조설계 검토 - 무동력 자동 제진기 제작 ○ 실내시험 - 수차인양장치 작동 시험 - 수차장치 플로드 부양력 시험 - 스크린 작동 시험(비닐대책등) - 오물제거능력 평가 ○ 실내시험 결과분석에 따른 보완책 마련 - 무동력 자동 제진기 구조보완 - 작동중요부분 내구성 및 작동원활성 보완

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 ( 2002 )	○ 개발 시작품 현장설치 및 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장설치               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설치대상지 조사 및 설정</li> <li>- 현장설치 (토목공사 매뉴얼 작성 후 설치공사 착공)</li> </ul> </li> <li>○ 현장시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전도게이트 작동성 평가</li> <li>- 무동력 자동 제진기 작동성 평가</li> <li>- 오물수거능력 평가</li> <li>- 내부식성 및 내마모성 평가</li> <li>- 운용 및 유지관리상의 문제점 파악</li> </ul> </li> </ul>
	○ 시작품 시험결과 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 분석결과 활용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조적 문제점 해결 및 재설계</li> <li>- 수로내 및 수로연결 양·배수장 설치시 수로에 미치는 영향 분석 (평시와 집중강우시를 구별하여 영향 분석)</li> </ul> </li> </ul>
	○ 실용화 및 산업재산권 확보 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산업재산권 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구개발 산출물의 특허추진</li> </ul> </li> </ul>
	○ 보완 시작품 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자동전도게이트               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시작품 보완설계</li> <li>- 시작품 보완제작</li> <li>- 평시 및 집중강우시 자동전도게이트 운용계획 수립</li> </ul> </li> <li>○ 무동력 자동 제진기               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시작품 보완설계</li> <li>- 시작품 보완제작</li> <li>- 평시 및 집중강우시 무동력 자동 제진기 운용계획 수립</li> </ul> </li> </ul>

나. 제2차년도

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 ( 2003 )	○ 현장설치 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장설치                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설치대상지 조사 및 설정</li> <li>- 현장설치</li> <li>- 관리인 교육 (교육매뉴얼 작성후 실시)</li> </ul> </li> <li>○ 현장운영                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오물제거량 측정(효율성 확인)</li> <li>- 동력 및 수동식 제진기 대비 경제성 평가 (전력비 및 관리인력 투입비 대비)</li> </ul> </li> </ul>
	○ 표준도 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표준도면 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농업기반공사 수리시설물 표준도에 의거 수로사양별 표준도면 제시</li> </ul> </li> <li>○ 단가 제시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준도면에 의거 장치제작단가, 설치단가 제시</li> </ul> </li> </ul>
	○ 토목공사매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 토목공사 매뉴얼 작성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동진도게이트 설치 매뉴얼 작성</li> <li>- 무동력 자동 제진기 설치 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> </ul>
	○ 운영매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운영매뉴얼 작성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동진도게이트의 평시 및 집중강우시 운영매뉴얼 작성</li> <li>- 무동력 자동 제진기의 평시 및 집중강우시 운영매뉴얼 작성</li> </ul> </li> </ul>
	○ 유지관리매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유지관리매뉴얼 작성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 긴급시 또는 고장시 대처 방법에 관한 매뉴얼 작성</li> <li>- 평시 유지관리매뉴얼 작성</li> </ul> </li> </ul>
	○ 실용화 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 논문투고에 의한 홍보</li> <li>- 팸플릿 작성 및 배포</li> </ul> </li> </ul>

## 제4절 기대효과 및 활용방안

### 1. 기대효과

#### 가. 기술적 측면

##### 1) 수리시설물 사용 및 물관리 기술의 향상

- 기존 수로와 양·배수장에서의 오물제거 방식을 수동식과 동력식으로 구분하여 그 특성을 살펴보면, 관리·운영인력의 투입과 고가의 설치비로 인하여 운용의 어려움이 있고, 오물수거 방식에 있어서도 투입된 동력이나 인력만큼의 노력에 대한 효과를 얻기가 쉽지 않다. 따라서 이에 대한 동력과 인력의 절감을 위하여 수로 내 수압을 이용하여 오물을 스크린으로 유도하고, 수차원리를 이용하여 자동적으로 오물을 수거 및 제거하는 방법을 택함으로써, 오물제거에 대한 기술을 획기적으로 발전시키고, 농업생산기반정비시설 및 물관리 기술의 현대화에 크게 기여할 것으로 생각된다.
- 농업용 수리시설의 수원공, 용·배수로의 물관리를 위한 물관리자동화시스템(TM/TC)장치의 도입등, 농업용 수리시설의 현대화와 더불어 획기적인 물관리 기술의 전환이 이루어지고 있는 현 시점에 있어서, 수로 및 양·배수장에 대한 무동력 자동 제진기 개발에 따라, 이후 추구해야 할 수로관리의 자동화 실현에 크게 기여할 것이다.
- 개발 대상 제진기의 경우, 수로 및 양·배수장에 설치를 하는 것으로 개발방향을 택하였기 때문에, 이에 필요한 수로조직 설계요령 검토가 필요하다.

##### 2) 우리나라의 기상특성을 고려한 무동력 자동 제진기의 독자 개발

- 우리나라의 기상특성은 강우량의 대부분이 여름철에 집중되어 있어 수로나 하천에서 집중강우에 의한 수로범람 및 논 침수피해등이 빈번히 일어난다. 이러한 사고는 한 곳에 집중적으로 많은 비가 내려 그 동안 산재해 있던 오물이 한꺼번에 몰려오고 이러한 오물이 오히려 제진기의 작동을 불가능하게 하여 수로범람에 의한 피해를 불러 일으키고 있다.
- 상기의 기상특성에 의한 문제점을 해결하고 또한 농촌의 고령화와 이농으로 인한 관리인력의 부족문제를 해결하기 위하여, 평시에 무인력으로 스스로 작동하여 오물을 치우고, 집중강우시 수로범람의 피해를 줄일 수 있는 상시 작동장치와 수동 및 전동식 제진기의 단점인 인력에 의한 평시 운영·관리를 해결하기 위하여, 무인 작동장치

및 동력이 필요 없이 스스로 움직일 수 있는 무동력 작동장치의 개념을 채택하여 무인 무동력 자동 제진기를 개발함으로써 기술적으로는 우리나라에 가장 알맞은 독자적 고유기술을 확보하고, 이를 산업계와 연계시켜 확대보급을 하는데 있어서 굉장히 유리하게 작용할 것이다.

## 나. 경제 · 산업적 측면

### 1) 수리시설물 피해경감

- 현재 수로범람에 의한 논침수 면적은 평균적으로 농업기반공사 1개 지사당 15.5ha/1년으로서 수로범람이 수로내 통수방해물질의 미제거에 기인하는 것을 약 30%로 추정하면 연간 약 405ha의 논을 수로내에 무동력 자동 제진기를 설치하여 운영함으로써 침수로부터 보호할 수 있다.
- 상기의 405ha에 대한 침수피해액 경감을 곡물증수효과를 사용하여 농가소득으로서 계량화시켜 보면 정곡생산량을 4500kg/ha로서 산정하고, 도매정곡가를 150천원/80kg로 하여 405ha에 대입을 해보면 3,417백만원의 농가소득을 기대할 수 있다.

### 2) 설치 및 관리운영 노력 절감

- 수동식 제진기의 경우에, 제작 설치비는 12백만원이지만 이를 운용하기 위해서는 인력에 의지해야 하며, 이를 용수공급시기 100일을 기준으로 하루에 스크린 청소를 위해 2회 방문(1회 방문시 2시간 소요)하여 청소등의 제반행위를 한다고 가정하여 인건비로 계산을 하면 연간 무동력 자동 제진기 1대가 1,875,200원의 인건비를 절약할 수 있다.
- 이를 농업기반공사가 담당하는 용·배수로의 간지선급에 체수문이 있는 곳 앞에 설치되어 있는 스크린을 무동력 자동 제진기가 대신한다는 가정 하에 인력절감액으로 상정하여 계산하면,  $(19,000\text{km}/2\text{km}/\text{제진기 1대}) \times (1,875,200\text{원}/\text{인력비용})$ 로서 연간 17,814백만원의 오물 수거에 들어가는 비용을 절감할 수 있다.
- 또한 전동식 제진기의 경우는 상기의 표 1.2.2에서 나타내었듯이 초기 제작 설치비가 로터리식이 84백만원, 유압식이 110백만원으로서 대단히 고가이며, 전동식이라고 해도 인력에 의한 운용 및 관리가 필요하다. 이를 양·배수장에 설치되어 있는 스크린을 무동력 자동 제진기가 대신한다고 하는 가정 하에 초기제작설치비로서 환산을 하

여 계산할 경우, 유압식과 로터리식의 제작·설치비의 평균으로서 97백만원을 상정하고 무동력 자동 제진기를 상용화하여 제작 설치하는데 기존 전동식의 1/3가격으로 상정하면 32백만원이므로 이를 농업기반공사 관할 양·배수장의 약 20%의 개소에 설치한다고 가정하여 계산하면 (97백만원-32백만원)×752개소로서 약 48,880백만원의 초기투자비용을 절감할 수 있다.

### 3) 관련산업 활성화 및 고용효과

생산기반정비의 수리시설물 정비 및 유지관리기술의 향상을 위하여 경지정리지구나 개보수사업에 무동력 자동 제진기를 설치하는 것에 따라 생산기반 정비수준의 향상과 더불어 농업관련 수리시설물 제조업의 활성화를 기대하며 만약에 상용화되어 실용화를 한다는 전제하에 매년 수로 총 연장의 5% 및 보조 양·배수장 개소수의 5%에 무동력 자동 제진기를 제작 설치한다고 가정하면 18,326백만원의 산업창출효과를 나타낼 수 있으며 이는 도시근로자의 평균급여를 월 2백만원으로 보았을 때 763명의 도시근로자를 1년간 고용하는 효과를 나타낼 수 있다.

## 2. 활용방안

### 가. 경지정리 및 개·보수사업에 적용

새로운 경지정리사업이나 또는 기존 지구의 개·보수사업을 시행할 때 외부로부터 유입되는 오물대책 또는 2, 3단 양·배수장에서의 오물대책으로서 본 무동력 자동 제진기를 설계에 적용하고 실용화시킬 수 있다.

### 나. 노후화된 기존 제진기 교체에 적용

기존에 사용하던 노후화된 제진기를 대신하여 설계에 적용하여 사용할 수 있다. 전동식 제진기보다 설치 및 운용이 간편하고 수동식 스크린보다 관리인력의 절감과 오물제거 효율을 향상시킬 수 있다.

### 다. 수로의 유지관리 및 물관리에 활용

수로관리에 있어서 수로 내 수위유지를 위해 놓아둔 오물을 제거하는데 들어가는 노력은 대단히 크다. 따라서 무동력 자동 제진기를 설치하여 사용함으로써 수로 내 오물을 제

거하고 이에 따라 원활한 송수와 더불어 수로범람에 의한 피해를 줄여, 효율적인 물관리가 가능해진다.

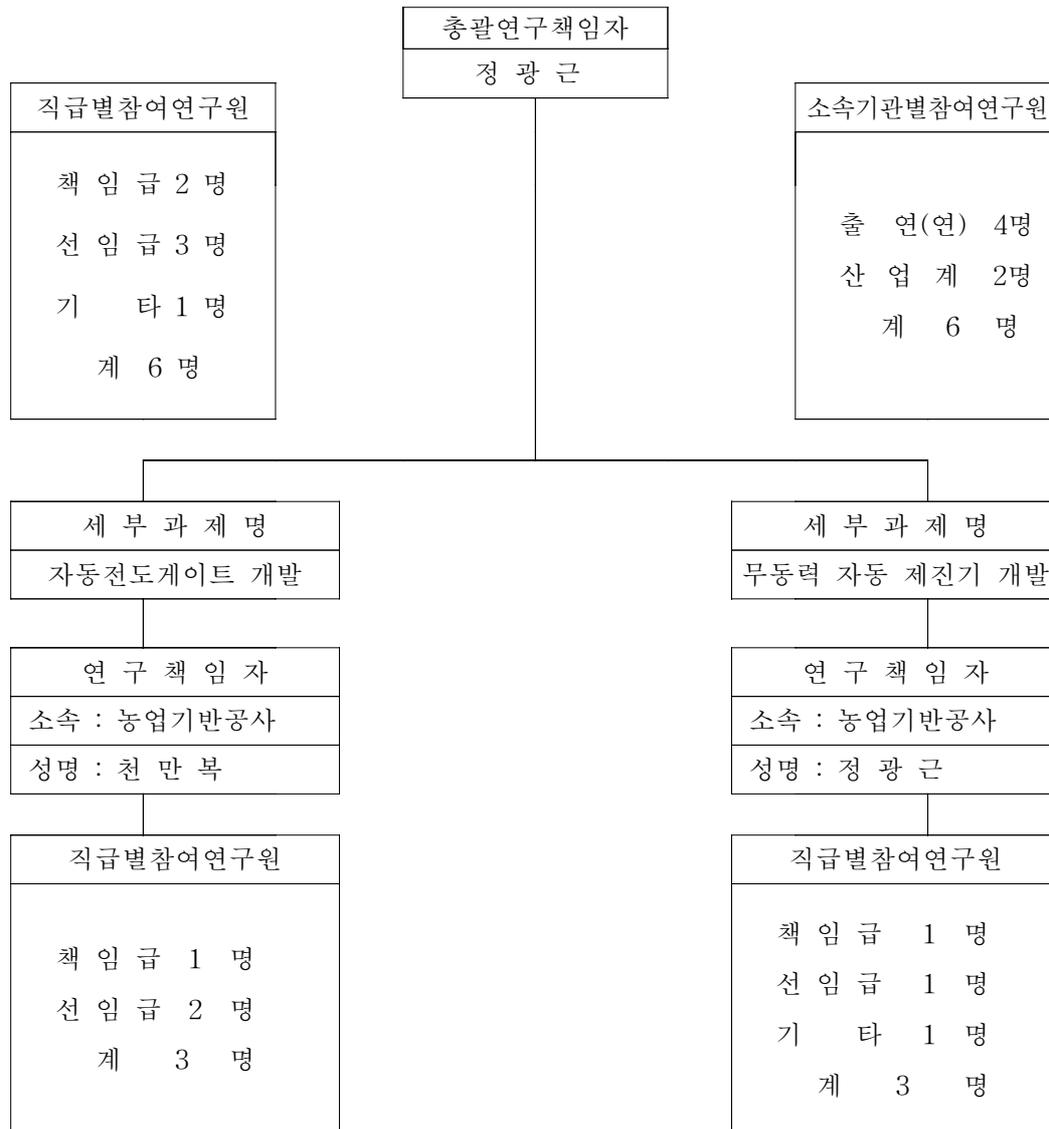
리. 농업생산기반정비의 정비수준 향상을 위한 방향설정자료로 활용

본 무동력 자동 제진기를 개발함으로써 수리시설물의 현대화 및 첨단화에 따라 다른 분야에도 적용이 가능하며, 또한 농업생산기반정비의 정비수준 향상을 위한 하나의 방향설정 자료로서 활용이 가능하다.

## 제5절 연구기간 및 참여연구원

1. 연구기간 : 2002. 10. ~ 2004. 10. (2개년)

2. 연구원 조직



3. 연구책임자 및 참여자

가. 연구책임자

구분	성명	소속기관 (부서)	직위	연구참여 직 급	전공 및 학위				참여율 (%)
					학위	년도	전공	학교	
총괄	정광근	농업기반 공사	책임	책임급	박사	1998	농업 토목	동경농 공대학 (일본)	10
세부	천만복	농업기반 공사	책임	책임급	박사	1989	농업 토목	경북대	10

나. 연구참여자

세부과제명	성명	소속기관 (부서)	직위	연구참여 직 급	전공 및 학위				참여율 (%)
					학위	년도	전공	학교	
자동전도 게이트 개발	임창영 *	농업기반 공사	책임	선임급	박사	2000	농업 토목	건국대	20
무동력 자동 제진기 개발	정혜진 *	농업기반 공사	연구	보조원	고졸	2000	-	안산여 자정보 산업고	30
무동력 자동 제진기 개발	한중근 *	태웅산업	선임	선임급	학사	1986	기계 공학	한양대	35
자동전도 게이트 개발	배건환 *	태웅산업	선임	선임급	학사	1980	문과	육군제 삼사관 학 교	35
자동전도 게이트 개발	구한모 *	태웅산업	선임	선임급	학사	1980	문과	육군제 삼사관 학 교	35

## 제6절 요약 및 결론

논침수 및 수로파손등을 예방하기 위하여 방재시설로서 사용되고 있는 수리시설물 중, 농업용 수로에 적합한 제진기를 개발하기 위하여 수로 내 유속을 이용하여 작동하는 무동력 자동 제진기를 개발하였다. 이에 따른 구성품으로서는 전도게이트, 수차, 감속기, 레이크, 메인 스크린, 전위스크린, 체인, 스프로킷, 오물운반대등이 있으며, 이에 대해 구조계산 및 설계·제작을 하여 농어촌연구원 물관리시험포장에 설치하였고, 이 제진기에 대한 현장 성능시험 및 수차에 대한 수리실험을 하였다. 실험에 의한 보완대책으로서 대체동력을 사용하는 태양광 전동 시스템을 개발하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- ① 제진기의 레이크를 작동시켜 오물을 수거하는 메커니즘 형성에 가장 중요한 동력발생원인 수차는, 우리나라 농업용 수로의 물관리 특성을 이용하기 위하여 물 속에서도 회전이 가능하도록 설계·제작하였다. 수차가 물 속에서 회전운동을 하기 위하여 수차외경부분에 수차날개 뒷판을 용접해서, 수차상부는 뒷판이 닫혀서 유속을 단면적에 다 받게 하고, 수차하부는 뒷판이 들려서 물이 통과하도록 하여, 수차의 상부와 하부에 생기는 유속에 의한 힘의 차를 이용해, 시계방향으로 수차가 돌아가면서 동력을 발생시키도록 하였다. 현재 물 속에서 회전운동을 시키는 방법 중에 가장 효율적인 방법으로서 단지 제진기뿐만이 아니라 다른 수리시설물의 대체동력으로서도 그 효용 가치가 있을 것으로 판단된다.
- ② 수차의 수리실험결과, 수로 내 유속이 0.15m/s 이하의 경우에는 레이크에 집적된 오물 30kg을 수거하기가 곤란하다는 것을 규명하였고, 이에 따라 농업용 수로 중 구배가 커서 수로 내 유속이 빠르거나, 낙차공과 같이 유속을 증가시킬 수 있는 수리시설물 하류에 설치를 하면 오물제거에 매우 효율적인 동력을 얻을 수 있다는 것을 알았다. 따라서 수로의 구분을 유속으로 하여 무동력 자동 제진기 설치 조건을 도출하였으며, 유속이 0.15m/s 이하의 수로에서는 대체동력으로서 태양광을 사용한 전동시스템에 의하여 수로용 제진기를 작동시키는 방법을 제안하였다. 본 제안은 다양한 현장 조건에 알맞은 제진기를 선택할 수 있는 폭을 넓혔다고 판단된다.

- ③ 수차의 회전력을 증가시키기 위해 플라이 휠 효과를 높일 수 있는 방법을 제시하였다. 일반적으로 수차는 중심축을 강재파이프로 하고 날개부분은 가벼운 재질로 하지만, 여기서는 오물을 수거하는 수차의 회전토크를 높이기 위하여 수차외경에는 무거운 재질을 사용하고, 수차 중심축은 가벼운 재질의 파이프를 사용하여 같은 유속 하에서도 더 큰 회전토크를 얻을 수 있는 방법을 제시하였다.
- ④ 배수로와 같이 유량이 적게 존재하는 수로를 상정하여 유량을 가두어서 일정한 수압을 형성시킨 후, 일시에 흘려보내어 수차를 돌게 하는 전도 게이트를 개발하였다. 전도 게이트 중 오투기형은 밑받침대와 수문과의 균형관계를 계산식으로 규명하여 형성시키고 싶은 수압에 따라 그 크기를 결정짓게 하였으며, 특히 저수지의 저수용량을 확장시키고자 할 때 저수지 여수도의 송상보다는 이러한 오투기형 전도게이트를 설치하면 일정한 정도의 저수량을 확보할 수 있고, 홍수시에는 자동적으로 게이트가 전도되어 저수지가 월류되는 현상을 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 본 오투기형 전도게이트는 제진기의 수차를 돌리기 위한 수압형성용 게이트로서 개발을 하였으나 그 용도를 저수지 게이트로까지 확장시킬 수 있었던 좋은 연구사례라고 생각된다.
- ⑤ 제진기의 메인 스크린과 레이크에 약간의 구조변화를 주어서 오물수거능력을 향상시켰다. 메인 스크린은 최상부를 원형으로 하였고 레이크는 최끝단을 약간 턱이 지게 하여 다양한 오물에 대해 수거능력을 향상시켰으며 특히 오물이 끼거나 해서 레이크가 작동이 되질 않는 것을 방지하기 위해 레이크 양 끝단에 스프링을 이용하여 일시적으로 레이크 자체가 밑으로 구부러졌다가 다시 회복되는 방법을 제안하였다. 이는 레이크가 과부하에 의해 손상을 입는 현상을 방지해 줄 것으로 판단되며, 특히 일반 배수장용 제진기에도 적용을 한다면 그 효과는 클 것으로 생각된다.
- ⑥ 일반적으로 동력을 증폭시켜 주는 역할을 하는 감속기는 내장형 기어로서 모터 축과 작동 축이 맞물려서 작동을 하는 메커니즘을 갖고 있으나, 이러한 형태의 감속기는 축으로부터 직접 힘을 받기 때문에 기어에 무리를 주기 쉽다. 따라서 본 연구에서는 2중 기어를 사용하여 외부로부터 받는 힘도 체인에 의해 기어로서 받고, 힘 증폭을 시키는 것도 기어로서 하계 하는 메커니즘을 사용함으로써 감속기에 직접적인 무리

를 주지 않고도 효율이 높은 힘 증폭을 가능하게 하였다.

- ⑦ 무동력 자동 제진기의 제작을 위해 진도게이트 중 오뚜기형과 천칭형의 구조계산법을 도출하였으며, 무동력 자동 제진기 본체의 부품별 무게와 이에 따른 구조계산을 확립하여 제시하였다. 또한 이러한 결과를 도출하기 위한 이론과 배경에 대해 자세히 설명을 곁들였기 때문에 어느 정도의 기계공학적 지식이 있는 사람이라면 본 구조계산법에 의해 무동력 자동 제진기를 설계할 수 있을 것으로 판단된다.
- ⑧ 본 무동력 자동 제진기에 대한 메커니즘은 특허출원을 하여 특허등록을 받았다. 이로 인하여 실용화를 위한 기술보호가 가능하게 되었으며 산업체에 기술을 이전하여 수리시설물 개발 업체들의 기술력 확보에 일조를 하였다.

## 제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 기술개발의 개괄적 현황

제2절 국내 제진기 개발 현황

제3절 국외 제진기 개발 현황



## 제2장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 기술개발의 개괄적 현황

제진기는 도시나 농촌의 배수장으로 유입되는 오물을 제거하는 기능을 담당하는 재해방지용 장치이다. 배수장의 배수펌프가 오물에 막혀서 제 기능을 다하지 못해 생기는 침수피해를 방지하기 위해 펌프를 보호하는 역할을 한다.

국내에서는 1970년대 중반부터 제진기가 보급되기 시작하였다. 그 이전에는 주로 고정식 바 스크린(수동식)을 사용하여 걸러 있는 오물을 인력에 의해 제거하는 형태였으나, 현재 국내에서는 유압식과 로터리식을 기초로 하여 다양하게 응용된 유압 double arm 링크식 제진기나 수로용 전동식 제진기등을 설치하여 운영하고 있다. 또한 외국에서는 우리나라와 지형적 특성과 농업의 형태가 비슷한 일본의 경우, 유압식과 로터리식을 기본으로 하여 자주형 단암식, 정치형 단암식, W암식, 네트형 스트레이트 플로우식, 신축암식 제진기를 개발하여 보급하고 있으며, 유럽의 네덜란드는 해수면보다 낮은 표고로 인해 침수에 대한 배수의 필요성이 예전부터 절실하였기 때문에 유압식 제진기를 일찍부터 개발하여 운영해 왔다. 이에 대한 자세한 내용을 다음에 기술한다.

### 제2절 국내 제진기 개발 현황

#### 1. 국내 개발 현황

현재 국내에 설치·보급되어 있는 제진기는 사진 2.2.1과 같이 크게 두 가지로 나누어서 구분할 수 있다. 동력을 사용한 로터리식과 유압식 제진기, 그리고 단순히 떠내려 온 오물을 차단하여 인력으로 제거하는 고정식 스크린 바(이하 수동식 제진기라고 표기)로 나눌 수 있다.

표 2.2.1에서 보는 바와 같이 유압식은 현재 시·군 지역의 배수펌프장을 비롯하여 가장 많이 설치되어 있는 기종으로서 가격은 저렴하나, 대형 오물의 수거에는 많은 단점을 가지고 있다. 이에 반해서 로타리식은 갈퀴가 회전하면서 아래에서 위로 오물을 긁어 수거하는 방식으로서 제진효율은 유압식에 비해서 높으나, 가격면에서는 유압식의 약 1.5배 정도로서 초기설치비용이 높은 것이 단점이다. 이에 반해 수동식 제진기는 단순히 스크린의 역할을 하는 것이 대부분으로서 스크린에 걸린 오물을 인력으로 제거해야 하는 부담이 있으며

표 2.2.1 로터리식과 유압식 제진기 비교

특징	로터리식 제진기	유압식 제진기
작동방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수거용 갈퀴가 스크린을 따라 전면 하단부에서 상단부로 이동하면서 뒷면 스크린으로 넘어가는 형태로서 전면에서 오는 오물을 수거처리하는데 효율이 높음.</li> <li>· 전면상승과 후면하강을 하기 때문에 연속적인 제진이 가능</li> <li>· 수거용 갈퀴와 스크린과의 간격이 없기 때문에 대형 오물도 처리가 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수거용 갈퀴가 스크린과 따로 떨어져 있는 관계로 갈퀴를 이동시켜 오물을 제거하기 때문에 제진효율이 떨어짐</li> <li>· 갈퀴를 이동시키기 때문에 연속 제진은 불가능하나 스크린을 3대까지 연속적으로 설치할 수 있어서 한 곳에서 3개소의 오물 처리를 할 수 있는 장점이 있음</li> <li>· 연속적인 작업이 불가능하기 때문에 타이머 작동에 의해 시간 조절을 함.</li> </ul>
작업효율	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유압식 제진기에 비해 약 70% 정도 성능이 우수함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 작업효율은 갈퀴와 스크린이 따로 분리되어 있기 때문에 로터리식에 비해 떨어짐</li> </ul>
동력소요	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 폭 2m의 제진기를 운용하는데 드는 동력은 2.2kw가 소요</li> <li>· 그 이상의 경우는 3.7kw로서 해결 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유압유닛 모터를 구동시키는데 5kw의 동력이 소요되고, 스크린 주행용 모터를 구동시키는데 1.5kw의 동력이 소요됨.</li> </ul>
실용화 상태	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유압식 제진기보다 나중에 개발되었으나 보급율은 비슷함.</li> <li>· 일본의 경우에는 로터리식 제진기가 개발된 후 제진기 발주량의 90%을 차지하고 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제일 처음 개발된 동력식 제진기로서 초기 보급이 많이 되어 있는 상태임.</li> <li>· 유압식 제진기의 등장으로 수요가 많이 줄어들고 있는 상황임.</li> </ul>

홍수시와 같은 집중강우시 스크린에 걸린 오물에 의해 오히려 수로가 월류하는 위험성이 존재하고 있으며, 인력제거시 현장에서의 사고위험이 항시 뒤따른다. 상기의 두 가지 타입



(a) 동력식(로터리식 제진기)



(b) 동력식(유압 슬라이드식 제진기)



(c) 수동식 제진기(고정식 바스크린)

사진 2.2.1 제진기 종류

의 제진기 단점을 보완하기 위한 제진기 형태는 아직까지 국내에는 존재하지 않으며, 그 외 로터리식 제진기를 수동식으로 전환시켜 지선급 수로등에 사용할 수 있도록 개량한 제진기는 현재 농업기반공사에서 실용화시키고 있다.

가) 농업기반공사 개발 수로용 전동식 제진기

농업기반공사 장성·광주지사에서는 증가하는 농촌의 용·배수로 오물대책 일환으로서

사진 2.2.2와 표 2.2.2에서 보는 바와 같이 사양으로 수로용 전동식 제진기를 개발하였다.



(a) 수로용 전동식 제진기 전면



(b) 수로용 전동식 제진기 측면

사진 2.2.2 농업기반공사 장성·광주지사 개발 수로용 전동식 제진기

개발 목적은 유지관리 업무의 기계화 및 자동화를 통하여 관리비용의 절감과 더불어 열악한 유지관리요원들의 근무여건을 해소하기 위해서였다. 이에 따라 2002년 2월에 수로용 전동식 제진기 개발에 착수하여 2002년4월에 시작품을 제작하였으며, 지속적인 모니터링으로 제품을 보완하여 2002년10월에 보완품 개발을 완료하였고, 2003년5월에 개발완료품을 대상으로 시연회를 개최하였다. 총제작비는 폭2.0m x 높이3.1m의 수로에 설치하는 규모로서 약 14백만원으로 제작설치를 하였다. 제품의 특징으로는 구조가 간단하고 설치조작이 용이하도록 가능한 한 과다한 기능을 수행하는 부분을 생략하였기 때문에, 제작비가 일반 제진기에 비해 대단히 저렴하다. 또한 중·소규모의 농업용 수로에 적합하도록 구조를 전환하였으며, 정전과 고장으로 인하여 전동작동이 불가능한 경우를 대비해 수동 조작이 가능토록 하였다. 평상시 작동에는 인력에 의해 조절이 가능토록 하였으나, 관리인이 없이 작동할 경우를 상정하여 작동시간을 제어하는 타이머, 제진기 상류의 수위정보를 알 수 있는 수위검출기, 야간에 사람의 접근을 경고할 수 있도록 하는 경광등과 경광등의 작동을 위한 열감지센서가 부착되어 있다. 따라서 로타리식 제진기 단가대비, 소형기준으로는 약 1/8, 중형기준으로는 1/3까지 제작·설치비를 절감할 수 있었으며 무인자동화로 인한 유지관리 비용이 대폭 절감 가능해졌다.

표 2.2.2 수로용 전동식 제진기 사양

구 분	사 양
소요 전압	1Φ 220V
소요 동력	0.75Kw (1hp)
기어드 모터 감속비	1/240
최대 권양거리	2.0m/min
설치 규격	B2.0m x H3.1m x 1대
최대 권양능력	1,150kg
중 량	508kg
동력 전달	롤러체인 및 스프로켓
주요구조부 재질	STS304

표 2.2.3와 표 2.2.4에서 알 수 있듯이 기존 로타리식 제진기와 비교하여 기능적인 면에서는 거의 차이가 없으며 무인작동시, 야간의 위험요소로부터 사람과 기계를 보호하는 장치를 구비하였다. 또한 향후 원격제어 시스템을 고려하여 제어판에 제진기의 작동상황을 알려줄 수 있는 PLC를 구비하였다.

표 2.2.3 기존 로타리식 제진기와 수로용 전동식 제진기와의 특징 비교

항목	기존 로타리식 제진기	수로용 전동식 제진기(개발품)
작동원리	Endless형 체인에 부착된 Rake는 Chain Guide를 따라 하강, 상승하면서 스크린에 부착된 오물을 끌어 올리는 구조	- 좌동
주요구성품	- 스크린 - 구동장치 및 감속장치 - Endless Chain에 부착된 Rake - 스프로켓 휠(주동축)	- 스크린 - 구동장치 - 기어드 모터(1/240감속) - Roller Chain에 부착된 Rake - 스프로켓 휠(주동축, 종동축)

항목	기존 로타리식 제진기	수로용 전동식 제진기(개발품)
구조	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전동기와 감속기 부착</li> <li>- 동력전달 : Roller Chain</li> <li>- 구동축과 피동축 연결 → 스프로킷 휠로 연결</li> <li>- 구동부 : 상부 및 수로바닥 (하부는 수장됨)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 좌동</li> <li>- 전원 단상 220v로 수전이 간단함</li> </ul>
구동	제진기 전체 연속 가동	- 좌동
배출방법	권상된 부유물은 컨베이어에 자연 낙하로 부드럽게 적재 배출되도록 상부가 경사형으로 되어있음.	- 좌동
처리능력	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 권상동작의 연속성에 따라 단시간에 대량의 부유물 처리가 가능함.(효율 100%)</li> <li>- 대형 Rake 취부가 가능하므로 큰 부유물 제거 효과적</li> <li>- 1일 10m<sup>3</sup>이내</li> </ul>	- 좌동
설치장소	협잡물이 많은 장소로 일정 크기 이상의 설치면적 필요 (양·배수장 등)	협잡물이 많고 수로구조가 좁은 장소에 설치가능
기계적 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기계적으로 안정되어 있으며 정확하게 작동</li> <li>- 미끄럼 마찰에 의한 작동시 소음이 많음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기계적으로 안정되어 있으며 정확하게 작동</li> <li>- 로울러 체인을 적용 정속 운전</li> </ul>
응급조치	여러 대 중 1대가 고장나도 나머지는 가동되므로 응급조치가 용이	- 좌동
운전	자동운전 및 무인운전 가능	타이머활용 자동운전 및 무인운전 가능

표 2.2.5에서는 기존 로타리식과 개발 제진기의 경제성을 비교한 것으로서 구조는 기존 제진기에 비해 간단해졌으며, 이에 따라 유지보수면에서 비용이 적게 소요된다. 이러한 시도는 현장에서 그 필요에 따라 개발을 한 것으로서 매우 실용적이라 할 수 있다.

표 2.2.4 기존 로타리식 제진기와 수로용 전동식 제진기의 유지관리 비교

항목	기존 로타리식 제진기	수로용 전동식 제진기(개발품)
수로 및 바닥 오물제거	수로 밑바닥에서 Rake가 스크린 문살부를 따라 스크린에 걸린 부유물을 압상하면서 상승하므로 고형물이 낄 염려가 거의 없음.	-
보수점검	수중부 회전부분이 없고 수로 밑바닥 퇴적물에 대해서 유지관리가 용이하고, 가이드 레일의 신뢰성이 높음.	- 좌동 - 간단구조로 고장시 대체가 신속함. - 정전시 수동조작 가능
운전보수 능력	- 펌프와 완전연동 운전이 가능 - 수동작동으로 인한 작업 및 운전이 필요치 않고 무인운전 가능하고 1인 10대 이상 제진기 가동가능 - 마찰되는 부분이 스테인리스강으로 되어 있어서 마모 및 부식을 방지하기 때문에 반영구적임. - 향후 원격제어시스템 도입시 유리	- 좌동

표 2.2.5 기존 로타리식 제진기와 수로용 전동식 제진기의 경제성 비교

항목	기존 로타리식 제진기	수로용 전동식 제진기(개발품)
투자비	- 초기투자비가 고가임. 예) 설치비 : · 3m x 4m = 93백만원 · 6m x 8m = 174백만원	- 초기투자비가 저렴함. 예) 설치비 : · 1.5m x 3m = 10백만원 · 2.0m x 3.1m = 14백만원
유지관리비	구동부위의 고장이 적고 신뢰성이 높아 보수비가 적게 소요	- 간단한 구조로서 고장이 적고 신뢰성이 높아 보수비가 적게 소요 - 기존 제진기에 비교하여 전력료를 절감할 수 있음.
보수점검	수로마다 독립·설치되어 고장시 고장부분 수로를 폐쇄하여도 타펌프의 가동에 지장 없고 수위 따라 가동수량을 조절할 수 있어 경제적임.	- 좌동

나) 유압 Double Arm 링크식 제진기

표 2.2.6에서 보는 바와 같이 기존의 유압식 제진기는 유압을 사용하여 Rake가 달린 Arm을 움직여서 Screen에 걸려 있는 오물을 제거하는 메커니즘을 갖고 있다. 유압식 Arm이 1개만 존재하므로 수직이동만 가능하여 오물의 크기나 형태에 따라 운전을 효율적으로 하는 것은 불가능하다. 이에 따라서, 유압식 Arm이 Arm과 Boom 형태로 나누어져서 오물의 형태나 크기에 대응하여 Rake를 쭉 펴서 이동을 시키고, 오물에 맞추어서 제거하는 형식의 유압식 제진기가 필요하였다.

상기의 기존 유압식 제진기의 단점을 보완한 것이 사진 2.2.3에서 보여준 유압 Double Arm 링크식 제진기로서, Rake의 크기로서 수용할 수 있는 오물은 어떠한 형태를 하고 있는지 수거가 가능하다. 기존 유압식 제진기에 비해서 공간적으로 편리한 3차원적 작동법을 취하고 있으며, 현재 이 형식에 Tilting 기능(좌우)을 더하면 기존의 2개 Arm식 제진기에서 1개 Arm식 제진기로의 전환이 가능해져, 가격 및 작동면에서 경제적이며 효율적으로 발전하리라고 판단된다. 그러나 이러한 기능을 수행하기 위해서는 유압을 가해주는 유압펌프의 대수가 늘어나는 단점도 있다. 한정된 유압오일은 유압라인을 타고 Arm, Boom, Tilting으로 자유로이 이동하여 작동을 해야 하기 때문에 1대의 유압펌프로는 불가능하며,



사진 2.2.3 유압 Double Arm 링크식 제진기

이를 위해 각각의 기능을 수행하는 실린더를 조작하기 위해 최소한 3대의 유압펌프가 필요하다. 따라서 유압펌프가 늘어나면 그만큼 작동을 위한 구동부의 크기가 커지기 때문에 설치비용이 높아지며 작동도 복잡해져서 작동과 운영을 위한 전담요원이 필요해질 것이다.

표 2.2.6 유압 Double Arm 링크식 제진기와 유압식 제진기 특성 비교

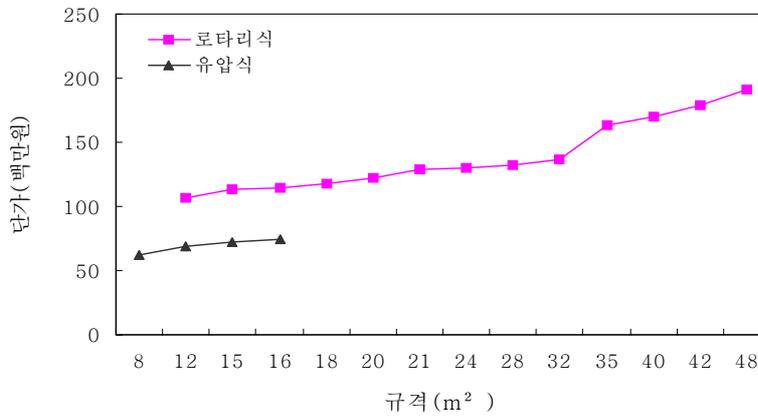
구 분	유압 Double Arm 링크식 제진기	유압식 제진기
구 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압시스템</li> <li>- 주행본체</li> <li>- 레이크 및 암</li> <li>- 제어반</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압시스템</li> <li>- 텔레스코픽 암</li> <li>- 체인 및 와이어 로프</li> <li>- 레이크</li> <li>- 제어반</li> </ul>
구동장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압시스템과 승강용, 인양용 등 2개의 실린더로 구성</li> <li>- 주행용 구동장치 별도 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압시스템과 리프팅, 틸팅(전후) 등 2개의 실린더로 구성</li> <li>- 주행용 구동장치 별도 설치</li> </ul>
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 레이크가 넓어서 수로 전체를 한번에 인양가능</li> <li>- 유압이 레이크를 밀면서 인양하므로 펌프구동시 스크린에 밀착되어 있는 협잡물 인양 가능</li> <li>- 장비가 수상부에 있어 유지관리가 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비가 수상부에 있어 유지관리가 용이</li> <li>- 여러 수로를 운전할 수 있어서 경제적</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최신 기술로서 개발이 최근에 완료되었으므로 타기종에 비해 실적이 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 레이크가 좁아 협잡물 인양효과가 낮음</li> <li>- 한 개의 레이크 암으로 인한 운전 중 흔들림 현상이 발생</li> <li>- 펌프구동시 협잡물이 스크린에 부착되었을 때 인양이 불가능</li> </ul>

다) 제진기 단가 비교

국내에서 개발되어 배수장에 설치되어 있는 제진기 단가를 조사한 결과, 제진기는 일반 구입제품이 아니라 배수장별 크기에 맞추어서 설계·제작을 하는 주문생산품으로서 가격이 비싼 것이 제진기의 보급에 커다란 장애가 되고 있다.

배수장 설치에 있어서 제진기의 단가는 로터리식 제진기가 총공사비의 9.7%, 유압식 제진기가 6%를 차지하고 있으며, 그래프 2.2.1에서 보는 바와 같이 가격적인 면에서도 로터리식이 유압식의 1.6배 정도 비싸다. 로터리식이 유압식보다 비싼 이유로는 유압식은 Arm과 Screen이 독립적으로 되어 있어서 보통 Screen 두 대에 Arm이 한 대 설치되어 있는 것이 기본이나, 로터리식은 스크린마다 Rake가 부착되어 있고 이를 움직이는 Power Line도 별도로 구성되어 있어서 제작·설치가 유압식보다는 더 비싸다.

제진기 단가 비교



그래프 2.2.1 제진기 단가 비교

2. 국내 제진기 실태 조사

국내 제진기 개발실태를 파악하기 위하여 농업기반공사의 자료 및 현장조사를 하였다. 농업기반공사의 제진기는 주로 배수장을 중심으로 설치를 하였으며, 이에 대한 조사결과는 다음과 같다.

가. 배수장 지역 오물 발생 특징

농촌지역은 도시화·산업화로 인하여 오물 배출량이 증가추세에 있으며, 또한 주민의식의 결여로 배출된 오물을 배수로에 버리는 경향이 많다. 특히 오물은 상류에 공장지대, 비닐하우스 및 농가가 있는 경우에는 많은 양이 발생하며 그 종류도 지역적 특색에 따라서 짚, 비닐, 스티로폴, 건축폐자재, 냉장고, 농산물오물등으로 다양하다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 지방자치단체에서는 마을이나 공장지역의 오물을 분리수거 및 오물배출일을 지정하여 수거에 힘쓰고 있으나, 농경지 지역에 있는 오물은 관리인력의 고령화, 인력부족 및 도로사정 등으로 수거가 부진한 실정이다. 따라서 농경지에 면하고 있는 배수로의 경우에는 오물이 평상시에는 수로 내에 산재해 있다가 홍수 초기에 한꺼번에 배수장으로 오물이 유입되어 작동에 불편을 겪는 경우가 종종 발생하고 있는 실정이다.

나. 배수장 제진기 설치현황

농업기반공사가 관리하고 있는 배수장을 기준으로 하여 살펴보면 2003년도 말을 기준으로 준공되어 있는 배수장은 649개소이며, 그 중 207개소(32%)에 제진기가 설치되어 있다. 또한 현재 공사중인 배수장은 104개소이며, 그 중 74개소(71%)에 제진기를 설치할 계획으로 있다. 현재까지 준공된 배수장의 제진기 설치 수량은 적은 실정이나, 최근에는 많이 설치하는 경향에 있다.

또한 2001년도 말부터는 재해예방차원에서 연차적으로 제진기 설치를 의무화하고 있다. 그 내용은 농림부 편찬 농업생산기반정비사업 계획설계기준(배수편)에서 배수장에서의 배

표 2.2.7 배수장 제진기 설치 현황

(단위 : 개소, ( ) : %)

구 분	계	제 진 기		
		계	유압식	로타리식
계	753	281 (37)	173 (23)	108 (14)
준 공 <sup>1)</sup>	649	207 (32)	123 (19)	84 (13)
공 사 중 <sup>2)</sup>	104	74 (71)	50 (48)	24 (23)

※ 자료 : 농업기반공사 1) 기전사업처, 2) 기반조성사업처

제량이 10m<sup>3</sup>/s 이상인 경우는 제진기 설치를 의무화하고 있으며, 배제량이 5m<sup>3</sup>/s ~10m<sup>3</sup>/s 상류지역의 여건에 따라 제진기를 설치하고 배제량이 5m<sup>3</sup>/s 미만인 경우에는 수동식(고정식 바) 스크린을 설치하는 것으로 하였다. 그리고 농업기반공사 기전사업처에서는 중소기업이 개발한 제진기 제품과 스크린을 표준화하여 지사까지 보급하는 노력을 하고 있다.

#### 다. 조사결과

제진기는 홍수 초기에 오물제거에 대한 효과가 크지만, 년 2~3회만 사용하기 때문에 비용에 비해 사용회수가 적은 것이 특징이나, 재해예방차원에서 연차적으로 농림부와 협의하여 설치할 필요가 있다고 판단되었다. 또한 지역주민과 함께 홍수 전에 배수로의 수초제거와 더불어 오물 제거작업을 하여 침수예방등 재해방지활동이 필요하다는 것을 인식하였다.

현재 농업기반공사 관할 배수장의 제진기는 기존의 여러 기업이 유럽·일본 등의 우수제품을 벤치마킹하여 제작·설치 중에 있으며, 별도 주문제작의 제한성 때문에 가격을 획기적으로 낮출 수 있는 제진기 개발은 어려울 것으로 판단된다. 그러나 제진기를 저가로 공급할 수 있는 방안 및 문제점 등을 종합적으로 지속 모니터링 하여 개선을 필요로 한다는 것은 자명한 사실로 판명되었다.

### 제3절 국외 제진기 개발 현황

#### 1. 외국 제진기 개요

원래부터 제진기는 그 목적이 수로나 하천의 오물을 제거하는 것이 아니라 배수장에서 배수펌프 작동시, 펌프 내에 오물이 유입되면 펌프가 고장이 나서 그 기능을 상실하는 것을 방지하기 위하여 개발되었다.

우리와 농업의 구조와 수리시설물의 구성형태가 비슷한 일본의 경우를 살펴보면, 우선 1960년대부터 유압식 제진기를 개발하여 사용을 하다가 1980년대 들어와서 로터리식을 개발하여 사용을 하고 있다. 로터리식 제진기의 경우에는 대형 펌프를 주로 생산하는 에바라 펌프(エバラポンプ)에서 개발하여 기본적인 동작특성에 대한 특허권을 갖고 제작·사용을 하고 있다. 현재 일본에서는 하천의 형태, 배수장 오물유입 특성에 대해서 검토를 하고 로터리식과 유압식을 나누어서 사용을 하고 있으며 최근의 제진기 보급에는 로터리식이 약 80%를 차지하고 있다.

또한 해수면보다 낮은 지대를 갖고 있어서 오랜 기간에 걸쳐 간척을 하여 농지와 택지를 넓혀 오고 있는 네덜란드의 경우에는 국토의 특성상 배수가 생명과 직결되기 때문에 배수장 설치를 꾸준히 해 왔다. 따라서 네덜란드의 경우에는 Water Board(수리조합)를 중심으로 배수장의 관리와 오물처리를 해 오고 있는 실정이다.

이와 같이 제진기 설치에 대한 이유는 다르지만 배수장이나 양·배수장, 또는 하천과 수로에 제진기를 설치하는 것은 일반화되어 있으며, 이들 나라에서는 각국의 배수특성에 맞게 제진기를 개발하고 있으며, 우리에게도 좋은 벤치마킹 대상이라고 할 수 있다.

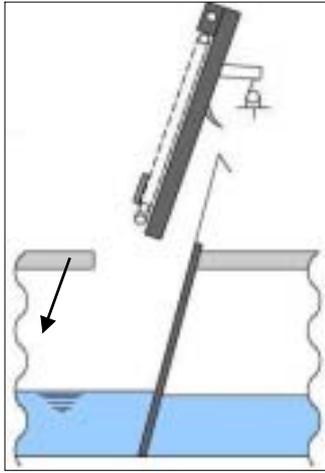
## 2. 일본의 개발 사례

### 가. 자주형 단암식 제진기

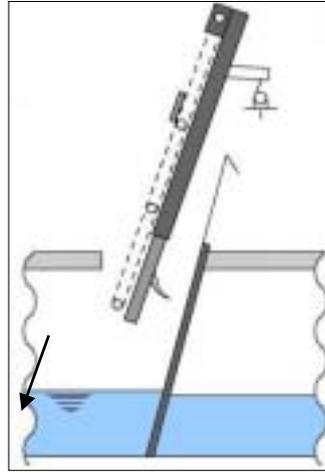
자주형 단암식 제진기는 사진 2.3.1에서 보는 바와 같이 기존의 유압식 제진기를 Arm부분이 자유로이 이동을 할 수 있도록 레일 위를 움직이는 형식으로 개발을 하여, 기존의 Arm이 차지하는 부분의 면적을 축소함으로써 대폭적인 제작경비 절감을 실현한 형태이다. 스크린은 기존의 스크린을 그대로 사용할 수 있고, 권양기와의 좁은 공간에 설치가 가능한 특징을 갖고 있다.



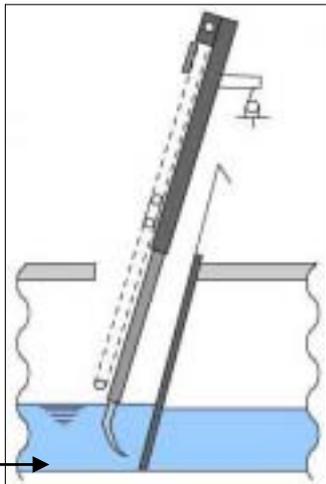
사진 2.3.1 자주형 단암식 제진기



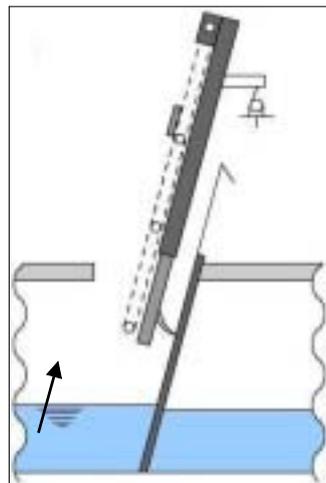
① 열림동작



② 레키하강



③ 닫힘동작



④ 끌어올리기 동작

그림 2.3.1 자주형 단암식 제진기의 작동순서

특히 Arm 부분을 기존의 유압식 Arm보다 유압실린더의 용량을 더 키웠기 때문에 스크린에 오물이 협착 또는 스크린 망 사이에 끼어서 제진작동이 불가능하거나 Arm이 고장나는 현상을 방지한 것이 큰 특징이다.

자주형 단암식은 기존의 2개 Arm 방식을 개량한 것으로서 평가할 수 있으며 실용화에 있어서도 배수장 부지가 좁은 곳과 같은 협소한 장소에 알맞은 형태라고 할 수 있다. 그러나 이러한 자주형 단암식 제진기의 경우에도 Arm이 수직으로만 작동을 하기 때문에 다양한 형태의 오물에 대한 수거능력은 떨어진다고 할 수 있다. 단 기존의 2개 Arm 방식의 제진기보다는 1회 작동 오물수거용량은 적지만, Arm이 자주식으로 이동을 하기 때문에 처리 효율면에서는 훨씬 더 뛰어나다고 할 수 있다.

그림 2.3.1에서 자주형 단암식 제진기의 작동순서를 보면 유압실린더에 의해 Arm이 밖으로 밀려나오면서 레키가 움직이고(①), 밀려나온 레키가 스크린 하방으로 전진을 계속하며(②), 레키가 스크린 하방으로 완전히 내려간 후에 레키가 스크린에 밀착하여(③), 스크린에 걸린 오물을 긁어 올리는 형태(④)로 작업을 진행한다. 이때 Arm은 약간의 이동기능(Tilting)을 갖고 있어서 레키가 스크린 하방으로 내려갈 때는 스크린과의 접촉을 피하지만 완전히 내려간 후에는 스크린에 레키가 밀착되어 오물을 제거하기 쉽게 작동을 한다.

#### 나. 정치형 단암식 제진기

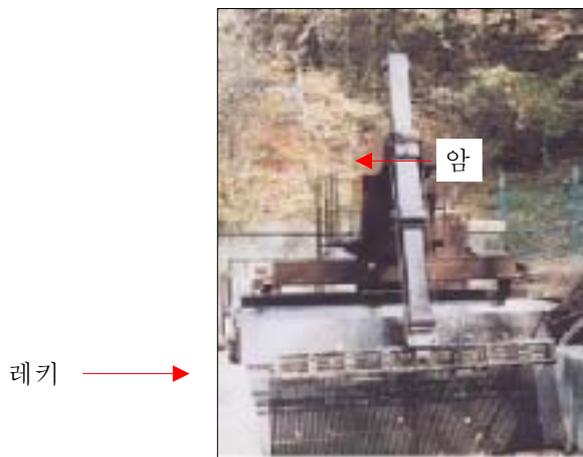


사진 2.3.2 정치형 단암식 제진기

정치형 단암식 제진기는 사진 2.3.2에서 보는 바와 같이 스크린의 크기에 맞추어서 제진기 레이크의 크기를 조정하였기 때문에 한번에 유목에서 드럼통까지 형태나 촌땀을 가리지 않고 확실하게 긁어낼 수 있는 장점이 있다. 물론 이러한 성능을 발휘하려면 유압 실린더와 유압펌프의 용량이 커져야 하는 점이 있기 때문에 설비에 드는 비용은 비싸진다. 또한 정치형 단암식 제진기는 임의의 스크린각도와 공간절약에 의해 기존의 구조물에 있는 좁은 공간을 이용하여 설치할 수 있으며, 최대양정 12m까지 한꺼번에 긁어낼 수도 있다. 그리고 수중에 구조물이 없기 때문에 유지관리가 용이하며 심플한 구조와 경량으로서 고장이 잘 나지 않는 장점도 구비하고 있다.

그러나 본 정치형 단암식 제진기는 스크린 1개에 대해서 1개의 Arm을 필요로 하기 때문에 배수처리용량이 큰 수로나 하천, 양배수장에는 적합지 않으며 또한 소요경비도 타 제품에 비해 많이 들어서 설치적용에 장애요인이 된다고 할 수 있지만, 소형배수장이나 소하천의 오물제거에는 적합하다.

#### 다. W암식 제진기



사진 2.3.3 W암식 제진기

본 W암식 제진기는 사진 2.3.3에서 보는 바와 같이 양·배수장 취수구 스크린용으로 제작된 것으로서 제진작동의 출력방향을 변화시키기 위해 기체회전장치가 설치되어 있다. 이 기능은 회전틸팅기능으로서 원칙적으로는 360° 회전이 가능하나 현장의 특성에 맞게 90°~270°까지의 회전이 가능토록 설계되어 있으며, 또한 레키의 개폐기구도 설치하여 사용하고 있다. 본 제진기는 주로 양·배수장이나 상수도용 정수장의 유입구에 설치되어 사용하고 있으며 동력발생본체와 Arm이 하나가 되어 작동을 한다. 오물수거 스크린이 여러 개일 경우에는 레일 위를 본체가 주행하면서 작업을 진행한다.

아직까지 우리나라에서는 이러한 W암식 제진기의 개발·보급사례는 없지만 양·배수장에서 오물에 의한 흡입대(Suction Pipe)와 펌프의 고장이 빈발하기 때문에 이러한 종류의 제진기가 보급이 잘 될 것으로 예상되며 오물수거의 효율성을 높이기 위하여 제진 레이크의 개량도 필요하다고 판단된다. 또한 현재의 Arm의 작동각도 75°보다 좁은 공간에 배치하기 위한 노력의 일환으로서 80°까지 작동각도를 높인 제품도 출시하고 있다.

라. 소형제진기(네트형 스트레이트 플로우식)



사진 2.3.4 소형제진기(네트형 스트레이트 플로우식)

본 네트형 스트레이트 플로우식 제진기는 사진 2.3.4에서 보는 바와 같이 레이크에 의해서 오물을 수거하는 방식이 아니라, 스크린 자체를 낮은 각도로 설치하여 네트형으로 조밀하게 제작된 스크린이 움직이며, 걸려있는 오물을 밖으로 배출하는 시스템이다. 작동에 관해서는 스크린 본체가 움직이기 때문에 오물이 걸려서 작동이 불가능해지는 경우 등을 방지할 수 있으나, 스크린 설치각도가 낮기 때문에 설치공간이 많이 필요한 것이 단점으로 작용한다. 주로 오물유입이 적은 상수도용 정수장에 취수설비용으로 많이 설치하고 있다.

이러한 네트형 제진기는 그 응용범위가 넓어서 저수지나 댐과 같이 물이 정체되어 있는 수리시설물의 오물제거에 적합하다고 판단된다. 특히 댐이나 저수지에는 소형 선박에 설치하여 홍수시나 장마시에 유입된 오물에 의하여 수문작동이 불가능하게 되는 경우를 상정하여 오물제거를 한다면, 효율적인 저수지 관리·운영을 할 수 있다. 현재 이러한 종류의 제진기는 존재하지 않지만 자연재해에 대한 수리시설물 보호하는 측면에서 검토해 볼만한 가치가 있다.

마. 신축압식 자동제진기



사진 2.3.5 신축압식 자동제진기

신축압식 자동제진기는 사진 2.3.5에서 보는 바와 같이 제진기의 스크린과 구동부와 같은 기기본체를 침사지등의 수로 상에 설치하기 위해 고안한 제진기로서, 보수점검이 용이하며 신축하는 암이 유압에 의하여 두 개의 축이 동시에 움직이는 형태로 고안되어 있다.

이러한 타입은 구동축이 양 끝단에서 작동을 하기 때문에 오물이 스크린에 걸릴 때 레이크의 권양력이 편중되지 않도록 하여 고장을 미연에 방지할 수 있는 장점이 있다. 또한 레이크는 기기본체에 장착되어 있는 레일을 따라 움직이기 때문에 제작·설치하는 형태에 따라서 레이크 1조가 다수의 스크린에 작동을 할 수 있기 때문에 운영효율은 대단히 높다고 할 수 있다.

그러나 레이크 운전시 다수의 스크린에 대응하기 위해서는 Rake Arm의 정확한 조정이 필요하며 이러한 기능을 수행하기 위해서 운전대에 센서가 부착되어 스크린과 레이크를 정확하게 일치시키고 있다. 이러한 센서나 고도의 기능을 수행하는 장치가 부착되어 있는 경우는, 집중호우나 장마시와 같이 물이 일시에 유입되면 센서의 고장에 의한 작동불능이 발생할 염려도 있다고 판단된다. 따라서 본 제진기의 경우에는 주로 소형배수장에 부착시켜서 사용하는 것이 정확한 용도라고 생각된다.

### 3. 네덜란드의 개발 사례

네덜란드는 국토의 대부분이 제4기 퇴적물에 뒤덮여 있으며, 동부와 남부는 대지이고 서부는 저지가 펼쳐져 있는 지형적 특성을 가지고 있다. 국토는 전반적으로 낮고 평평하며, 최고점은 남동쪽 끝 독일 및 벨기에와의 국경지점으로 겨우 321m에 지나지 않으며, 반대로 최저점은 로테르담 북쪽 교외인 간척지로서 해면 아래 6.7m에 이르고 있다.



사진 2.3.6 배수장용 유압식 제진기

이러한 지형적 특성과 충적평야 지역에서의 해진과 이탄 채굴이 원인이 되어 토지가 수면 밑으로 빠져들었기 때문에 옛날부터 간척이 시행되어왔다. 이미 13세기부터 제방 축조에 의한 소규모 간척이 시작되었는데 본격적인 간척지 건설은 16세기 후반부터였다. 특히 17세기 전반에는 이 나라의 경제적 번영과 축제·풍차 배수기술의 완성으로 암스테르담 북방의 호소가 집중적으로 간척되었다. 19세기에는 증기펌프의 도입으로 하레마호 등의 대규모 간척이 가능하게 되고, 나아가 20세기로 접어든 뒤로는 죄이더해 계획에 의해 위링거호 간척지를 비롯한 5개의 대간척지를 건설했다.

이러한 국토의 지형적 특성과 간척의 역사로부터 네덜란드는 배수의 중요성을 예전부터 크게 느껴왔기 때문에 배수를 위한 장비개발도 활발하게 진행되어 왔다. 특히 전기가 없었던 시기부터 배수를 위하여 풍차(Windmill)를 이용하였으며, 이러한 수리시설물을 운영·관리하기 위하여 Water Board라고 하는 수리조합이 전국적으로 잘 발달되어 있다. 수리조합이 관리하는 수로 및 배수장의 경우에는 농업용으로서 수로에는 주로 수동식 스크린을 배치하여 오물을 수거하고 배수장에서는 사진 2.3.6에서 보는 바와 같이 주로 유압식 제진기를 사용하여 오물을 제거하고 있는 실정이다.

#### 4. 외국 제품의 벤치마킹에 대한 문제점

쌀 생산에 필요한 영농기술은 기계화에 의해 지속적으로 발전되어 가고 있고, 농업용수 관리에 있어서도 물관리자동화시스템(TM/TC) 도입에 의해 수원공 및 간선, 지선의 물관리 자동화를 추진하여 성과를 이루고 있으며, 용수관리를 위해, 수문의 경우는 전동 및 무동력 자동 수문과 자동 물꼬의 개발로서 효율화 및 적절한 용수공급을 가능한 단계에 이르고 있다.

그러나 이러한 시스템의 활용을 원천적으로 불가능하게 하는 수로 내 또는 양·배수장에서의 오물제거는 현재까지 이렇다할 기술발전은 없었으며, 제진기 설치에 있어서도 효율성과 비용이라는 상반된 개념사이에서 혼란만 가중시켜 왔다.

또한 우리나라의 기상 및 농업특성을 고려하지 않은 관계로 홍수나 집중강우시에 한꺼번에 오물이 떠내려와 고비용으로 설치한 제진기가 필요시에는 가동을 못하고 고장나는 경우가 많았다. 이는 우리나라의 기상특성이 하계에 집중된 것을 고려하지 못한 결과로서, 평시 용수공급을 이용한 수로 및 배수장 오물제거까지는 개발 및 기술력이 미치지 못한 것도 사실이며, 외국제품의 벤치마킹에 있어서도 우리나라의 수리시설물과 기상특성, 농업

형태를 고려하여 기술도입을 해야 하며, 가능한 한 우리의 자체 기술력으로 우리실정에 맞는 제진기를 개발하여 기술종속의 위험성을 방지해야 한다.



## 제3장 연구개발 수행내용 및 결과

제1절 무동력 자동 제진기 개발

제2절 결과 및 고찰



## 제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제1절 무동력 자동 제진기 개발

#### 1. 작동원리

본 무동력 자동 제진기는 앞서 제2장에서 밝힌 바와 같이 수로 내 오물을 제거하여 수로의 통수장애와, 이에 따라 수로범람이 발생하고 그것에 의해 생기는 논침수, 수리시설물 파손, 마을 침수와 같은 재해를 방지하기 위하여 개발한 수리시설물이다. 일반적으로 제진기는 주로 배수장(도시배수장을 포함)에 설치되어, 홍수나 집중강우시에 수로 또는 일반하천을 따라 내려오는 오물을 걸어내는 역할을 한다. 그 역할은 배수장 배수펌프의 원활한 작동을 위해 배수펌프에 이물질이 들어가지 않도록 사전에 오물을 제거하는 것으로서, 배수장이란 수리시설물 입장에서 보면 보조적인 역할을 한다고 생각할 수 있다.

그러나 현재 우리의 농촌을 살펴보면 많은 농촌들이 혼주화가 진행되어 순수한 의미에서의 농촌은 많이 사라지고 도시형 농촌의 모습을 갖추고 있으며, 이에 따라 떠내려오는 오물의 종류도 이전과는 달라서 도시형 오물이 많이 유입되고 있는 실정이다. 이러한 오물은 배수장까지 떠내려오는 시기도 많이 달라서, 사진 3.1.1에서 보는 바와 같이 이전에는 농번기와 같은 농사철에 버려지는 오물, 주로 농약병, 페비닐과 같은 것들이 이제는 오토바이, 냉장고, 캔 심지어는 건축철거물 폐자재까지 유입되는 실정이며, 이러한 오물이 잠관이나 분수공 앞에 쌓여서 물길을 막아 수로범람을 일으키기 때문에 수로 내 오물의 제거가 수리시설물의 운영에 있어서 가장 큰 문제로 대두되고 있는 실정이다.



(a) 잠관 앞에 유입된 오물



(b) 분수공 앞에 유입된 오물

사진 3.1.1 수로내 오물이 유입된 모습

실제로 오물을 처리하는데 있어서 가장 문제가 되는 것은 오물이 평시에 제거되는 것이 아니라 집중강우나 홍수시에 한꺼번에 밀려들어와 일시에 오물을 처리해야 하는 어려움이 있다는 사실이다. 이것은 홍수 또는 집중강우시, 배수를 위한 배수펌프의 능력을 최대한으로 발휘하는데 있어서 가장 커다란 애로점이라고 할 수 있다. 따라서 제진기 처리능력 이상의 오물이 일시에 유입됨으로서 제진기가 고장나고, 이에 따라 배수장의 기능이 상실되어 배수장 상류의 수로나 하천에서의 수위증가로 인한 월류와 이에 따른 침수피해가 나날이 증가하는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 평상시에 수로나 하천의 오물을 상시 제거함으로써 홍수나 집중강우시 오물의 일시유입을 방지하며, 인력 운용이 어려운 지역과 전기인입이 어려운 지역에서의 오물제거를 위해, 수로나 하천의 수압을 이용하여 오물을 제거하는 장치를 개발하였다.

무동력 자동 제진기는 일반제진기와 마찬가지로, 본체 구성은 오물의 하류유출을 방지하는 주스크린과 수로나 하천의 바닥으로부터의 오물유출을 방지하는 보조스크린, 오물을 걷어올려서 운반대까지 옮겨주는 레이크(Rake), 레이크로의 동력전달을 하는 동력전달용 체인(Chain), 상기의 각종 구조를 하나의 몸체로 구성해주는 플레임등으로 구성되어 있으며, 동력을 발생시키는 장치로서는 동력발생용 수차를 작동시키기 위하여 수차상류에 수압을 형성시켜 주는 전도게이트, 수로나 하천의 수압에 의하여 회전하면서 동력을 발생시키는 수차, 이 수차에서 발생된 동력의 힘을 증폭시켜 제진기 본체로 전달시켜 주는 감속기(Reducer)등으로 이루어져 있다.

이러한 무동력 자동 제진기의 구성품은 모두 개발한 제품으로서, 그 특성과 구성은 다음 절에서 다루기로 하고 우선은 이러한 제품으로 구성된 제진기의 작동원리 및 특성에 대해서 기술하기로 한다.

우선, 무동력 자동 제진기가 작동하는 원리는 그림 3.1.1에서 보는 바와 같이 4가지의 작동메커니즘으로 분류할 수 있다.

제일 첫 번째는 제진기가 작동할 수 있는 동력을 발생시키는 동력발생부, 두 번째는 발생된 동력을 제진기 본체에서 오물제거작업이 가능하도록 전달시켜주는 동력전달부, 세 번째는 전달되어진 동력을 이용하여 주스크린에 걸린 오물을 제거하는 오물제거부, 네 번째로 제거된 오물을 제진기 외부로 배출하는 오물운반대로 되어 있다. 각각의 메커니즘의 설명은 아래에 기술한다.

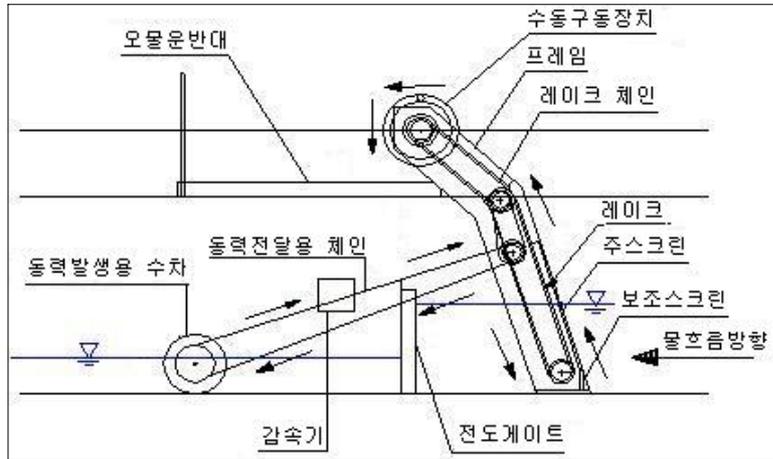


그림 3.1.1 무동력 자동 제진기 작동원리도

가. 동력발생(전도게이트→동력발생용 수차)

1) 수량이 풍부한 경우(동력발생용 수차)

동력발생용 수차란 수력의 힘으로서 벼를 찢던 물레방아와 같은 것으로서, 수로나 하천에서 물의 힘으로 작동하는 것이다. 작동원리는 상류로부터 유입되는 유량의 유속에 의해 수차에 부착되어 있는 회전날개에 힘이 가해지면 수차가 회전되고, 수차가 회전함에 따라 원심력에 의한 플라이 휠(Fly Wheel) 효과가 발생하여 수차의 움직임이 더 빨라지며, 이러한 회전운동에 의해 수차에서 제진기 작동 동력이 발생하여 이 발생된 동력을 제진기 본체에 전달한다.

본 작동메커니즘은 수로나 하천에 유량이 존재하는 한 상시 작동할 수 있는 장점이 있으나, 항상 같은 양의 동력발생은 불가능하며, 유량에 의존하는 종속적인 동력인 점이 단점으로 작용한다.

2) 수량이 부족할 경우(전도게이트→동력발생용 수차)

보통 폭1.0m×높이1.0m의 구조물에 설치하는 경우의 제진기 작동한계유속은 0.15m/s라는 실험결과에 의해서 고안된 메커니즘으로서 수로나 하천에 유량이 없는 경우 전도게이트에 의해 인위적으로 유량을 형성시키고 게이트가 물막이 한계점에 다다르면 전도되어

일시에 유량을 수차로 보내며, 이 유량의 유속에 의해 수차의 회전날개를 작동시켜 동력을 발생시킨다.

본 메커니즘은 유량이 풍부하지 않은 배수로나 건천화 되어 가는 하천에서의 오물수거를 위한 방법이지만, 전도게이트가 어느 정도 유량의 지수가 가능한지가 이 메커니즘의 성패를 좌우한다고 할 수 있다.

#### 나. 동력전달(동력전달용 체인→감속기)

전도게이트와 수차의 작동에 의해 발생된 동력을 제진기 본체에 전달하여 오물을 제거할 수 있도록 하는 중간단계의 역할을 하며, 수차에 연결된 스테인레스 체인에 의해 발생된 동력을 감속기로 전달하여 발생동력을 증폭시켜 감속기와 제진기 본체에 연결된 스테인레스 체인에 의하여 제진기의 구동축을 움직이게 하는 역할을 한다.

본 동력전달부에서 가장 중요한 것은 감속기로서 감속기의 감속비율이 1/20로서, 발생된 동력을 증폭시킴과 동시에 유연하게 회전력을 유지할 수 있도록 하는 것이 가장 중요하다.

#### 다. 오물제거작업(동력전달용 체인→레이크 체인→레이크)

동력전달용 체인에 의해 움직여지는 구동축으로부터 레이크 체인이 움직이고, 이에 따라 레이크가 움직인다. 레이크는 유량이 주스크린을 기준으로 상류에서 하류로 움직일 때 유입된 오물을 갈퀴와 같이 생긴 4조의 레이크(Rake)가 걷어 올려서 스크린을 타고 제진기 본체의 최상부에 도달하면 오물운반대로 제거되어진 오물을 떨어트리게 된다.

본 메커니즘을 구성하는 가장 중요한 스크린과 레이크는 일반 양·배수장용 제진기와 다르지 않지만, 수로나 하천의 오물특성을 반영하여 스크린 사이의 폭을 약 5cm 정도로 구성한 것이 특징이다. 또한 스크린의 앞면은 원형 오물을 잘 제거할 수 있도록 끝단이 둥글게 되어 있는 것도 또 하나의 특징이라고 할 수 있다.

#### 라. 오물운반(오물운반대)

레이크에 의해 운반된 오물을 제진기 본체 밖으로 배출하는 곳으로서 약 30°의 경사를 갖고 적재된 오물이 자연적으로 떨어지도록 구성되어 있다. 이 떨어진 오물은 인력에 의해 수거가 된다.

이상과 같이 4개의 작동메커니즘을 갖고 있는 무동력 자동 제진기의 특징을 살펴보면,

- ① 수로나 하천유량을 이용하여 유속을 매개체로 해서 제진기 동력을 얻기 때문에 제진기 운영을 위한 전기인입이 필요 없으며,
- ② 오물제거를 위해 인력조작이 필요 없어 운영인력을 절감시킬 수 있는 운영체제를 갖추고 있고,
- ③ 수로나 하천에 유량이 존재하는 한, 수차의 회전에 의해 유입되는 오물을 제거하기 때문에 집중강우나 홍수시, 일시에 유입되는 오물에 의해 제진기 작동이 불가능한 경우가 없도록 하였고,
- ④ 수로 내 다양한 오물에 대해 적용 가능하도록 부유오물에 대해서는 주스크린에서 제거가 가능하고, 침강오물에 대해서는 보조스크린에서 하류방출을 방지하여 완벽하게 오물을 제거 할 수 있도록 하였으며,
- ⑤ 수차로부터 발생된 동력을 효율적으로 제진기 본체로 보내기 위한 감속기를 개발하였고,
- ⑥ 이러한 작동동력을 전달하기 위한 동력전달용 체인도 스테인레스로 개발하여 사용을 하였다.

## 2. 오뚜기형 전도 게이트 구조 계산

가. 부채꼴 원형단면의 무게중심 변위식 검토

### 1) 복원력



사진 3.2.1 오뚜기형 전도게이트

사진 3.2.1에서 보는 바와 같이 오뚜기형 부채꼴 원형단면은 전도게이트의 밑부분(반원 모양)의 무게중심에 대한 것을 나타낸 것으로서 게이트 상류부로부터 일정한 수압이 형성 되면 전도게이트는 게이트 하류부로 기울어진다. 이때 기울어진 각도를 편심이라고 하면 이 편심에 따라 전도게이트가 원래의 상태(중력방향인 수직으로 직립해 있는 상태)로 되돌아가려는 힘 즉, 복원력을 계산하는데 필요하다. 여기서 기준은 수로와 수평한 선과 중력 방향의 선으로 하며, 이에 대해 기울어진 각도를 편심이라고 정의한다. 따라서 복원력은 이 기준선을 중심으로 생각하면 편심의 2배로서 작용을 한다.

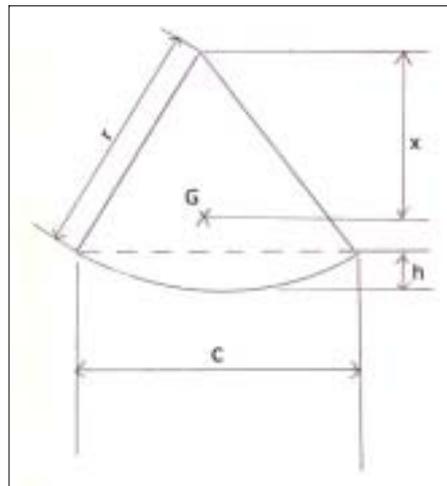


그림 3.2.1 부채꼴 원형단면도

이하에 이렇게 편심이 주어졌을 때의 복원력과 전도력 그리고 수문에 걸리는 수압계산을 정리하였다.

그림 3.2.1에서,

G : 부채꼴 원형단면의 무게중심점

X : 부채꼴의 꼭지점부터 부채꼴 원형단면의 무게중심점까지의 거리

r : 부채꼴 원형단면의 반경

C : 부채꼴 원호의 수평거리

$h$  : 부채꼴 원호의 수평거리의 중심점부터 원호의 중심점까지의 거리이다.

또한 그림 3.2.1의 부채꼴 원형단면의 무게중심거리  $X$ 는 다음 식으로 계산한다.

$$X = \frac{3}{8}(2r - h) \quad (3.2.1)$$

식(3.2.1)에서  $h$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$h = r + \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - C^2} \quad (3.2.2)$$

따라서 식(3.2.1)에 식(3.2.2)를 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$X = \frac{3}{8}\left(2r - r + \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - C^2}\right) = \frac{3}{8}r + \frac{3}{16}\sqrt{4r^2 - C^2} \quad (3.2.3)$$

부채꼴 원형단면의 무게중심거리는 식(3.2.3)에 의해서 구할 수 있다.

다음에 실제로 전도게이트가 수압에 의해 편심을 형성하였을 때 복원력 계산으로서,

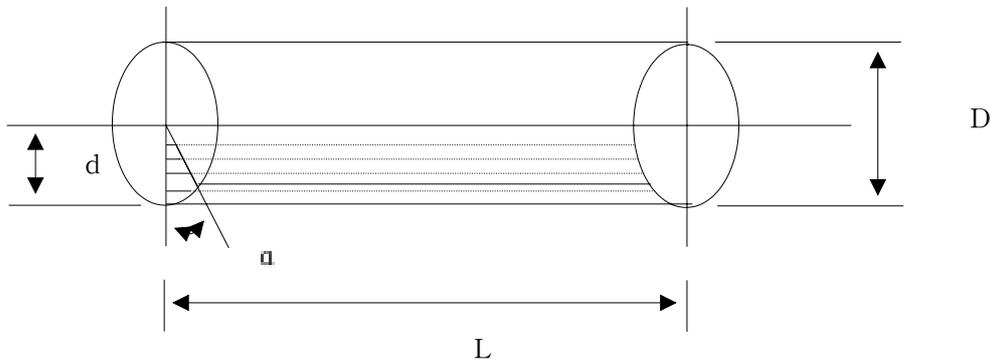


그림 3.2.2 부채꼴 원형단면 전체 모습

그림 3.2.2에서,

$L$  : 전도게이트의 길이

$D$  : 부채꼴 원형단면의 직경

$d$  : 부채꼴 원형단면의 반경

$\alpha$  : 편심의 배각이다.

따라서 편심배각에 대한 부채꼴 형상의 전체적인 중량을 계산하는 식은,

$$W = \frac{\pi}{4} d^2 \times \frac{\alpha}{360} \times L \times W_s \quad (3.2.4)$$

여기서  $W_s$ 는 철의 비중으로서  $W_s = 7850 \times 10^{-6}$  (g/cm<sup>3</sup>)이다.

다음으로 편심하중의 무게중심거리를 구하기 위해 부채꼴 원호의 수평거리를 구해야 하는데 이는 편심각과 밀접한 관계가 있다. 수평거리는 그림 3.2.3에서 보는 바와 같이 만약에 편심각  $\beta$ 가  $10^\circ$ 라고 가정한다면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

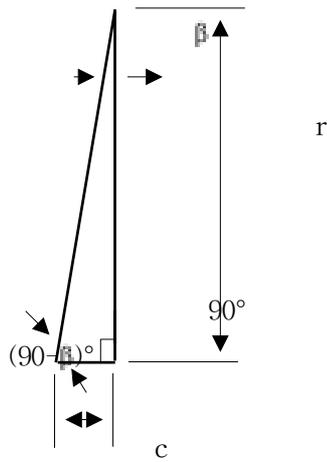


그림 3.2.3 편심각에 대한 삼각형 각도

$$\cos(90 - \beta)^\circ = \frac{c}{r} \quad (3.2.5)$$

에서 계산에 의해  $c$ 값을 구하며,  $C = 2c$ 로서 계산할 수 있다.

$$\text{따라서 복원력은 } F = Wg \quad (3.2.6)$$

로서 나타낼 수 있다. 여기서  $g$ 는 중력가속도(9.81m/s<sup>2</sup>)이다.

또한 복원 토크는 다음과 같다.

$$T_r = FX \quad (3.2.7)$$

2) 전도력

전도력은 수압에 의해서 오투기형 전도게이트가 일정한 편심을 가지고 기울어지는 힘을 말한다. 전도게이트가 기울어짐에 따라서 상류부에 모여 있던 물이 게이트 하류로 흘러나가서 제진기의 수차를 돌리게 된다. 이렇게 수문을 전도시키는 것을 전도력이라고 하며 이 전도력은 전도게이트의 상부에 달려있는 수문비에 작용을 하게 된다. 전도력을 계산하기 위하여 그림 3.2.4를 기초로 하여 수문비 부분의 중량을 계산하면 다음과 같다.

가) 수문비 옆면판 중량

$$W_{G1} = \left( \frac{a+b}{2} \right) \times H \times t \times W_S \times 2 \text{개} \quad (3.2.8)$$

나) 수문비 정면판 중량

$$W_{G2} = H \times t \times L \times W_S \times 2 \text{개} \quad (3.2.9)$$

다) 수문비 윗면판 중량

$$W_{G3} = a \times L \times t \times W_S \quad (3.2.10)$$

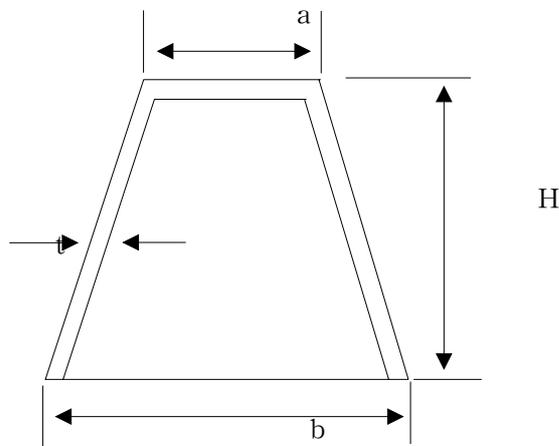


그림 3.2.4 수문비 구조

수문비의 총중량은 다음과 같다

$$W_T = W_{G1} \times W_{G2} \times W_{G3} \quad (3.2.11)$$

그림 3.2.5에서 보는 바와 같이 사다리꼴 모양의 무게중심까지의 거리  $m$ 은 다음 식에서 구한다.

$$m = \frac{H}{3} \frac{a+2b}{a+b} \quad (3.2.12)$$

다음으로, 전도력 계산에 있어서 수문비의 총중량이 수문비 중심으로부터 편심각에 의한 만큼 기울기에 작용하기 때문에 다음과 같이 구한다.

$$F' = W_T g \sin e \quad (3.2.13)$$

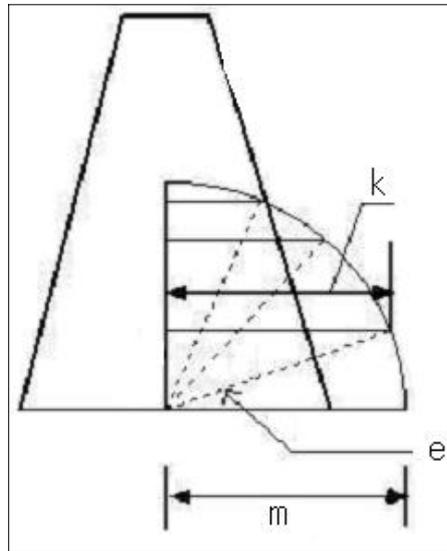


그림 3.2.5 편심각에 의한 수문비의 기울기 수평거리

전도 토크를 구하기 위하여 전도토크가 발생하는 편심각 기울기 지점에서의 현지 방향까지의 거리를 구하려면 다음 식을 사용한다.

$$k = m \sin e \quad (3.2.14)$$

또한 전도 토크는 다음과 같다.

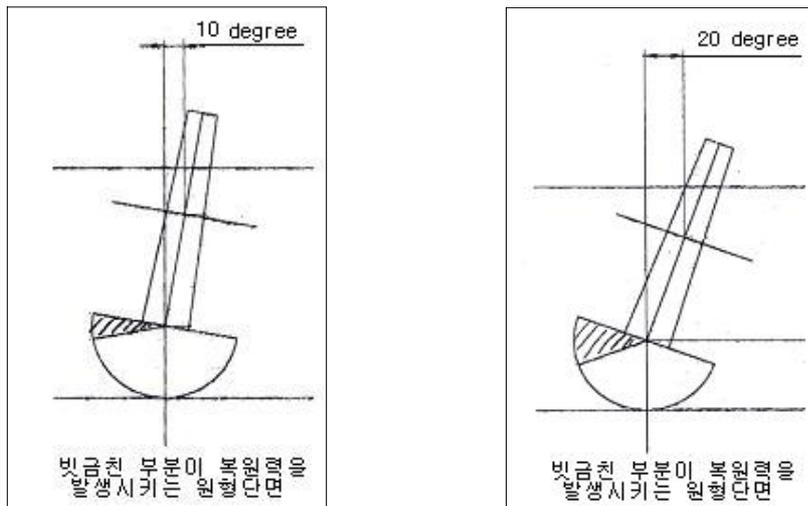
$$T'_r = F' k \quad (3.2.15)$$

따라서 순수한 복원력과 복원 토크는 다음과 같이 계산한다.

$$F_p = F - F' \quad (3.2.16)$$

$$T_p = T_r - T'_r \quad (3.2.17)$$

그림 3.2.6에서 보는 바와 같이 전도게이트가 10° 또는 20° 편심으로 기울어졌을 때의 전도게이트의 기울어진 모습이다.



(a) 10°기울 때의 전도게이트

(b) 20°기울 때의 전도게이트

그림 3.2.6 편심에 따른 전도게이트의 모습

### 3) 수문에 걸리는 수압 계산

다음은 수문에 걸리는 힘(수압)을 계산하는 방법으로서 수문이 중력방향인 수직으로 서 있는 경우를 우선 상정하여 계산을 하면, 우선 수압이 전도게이트에 걸리는 형태를 두 가지로 나눌 수 있다. 한가지는 수문 상부의 수문비 부분에 걸리는 수압으로서 게이트의 전도에 관여하며, 또 하나는 부채꼴 원형단면에 걸리는 수압으로서 이는 역수압 즉 게이트의 복원력에 관계되는 수압이다.

이 수압은 궁극적으로 모두 수문비나 부채꼴 원형단면의 무게중심에 걸리는 것으로서 제진기의 운영을 위한 동력원의 발생 역할을 한다.

그림 3.2.7에서 알 수 있듯이 전도게이트의 힌지를 기준으로 상부(수문비측)에 걸리는 수압은 전도력으로, 하부(부채꼴 원형단면)에 걸리는 수압은 복원력으로 작용을 한다. 여기서 수압이 걸리는 상부 면적은

$$A_1 = L h_1 \quad (3.2.18)$$

따라서 힌지부 상부에 작용하는 수압은

$$P_{\text{上}} = A_1 \omega \quad (3.2.19)$$

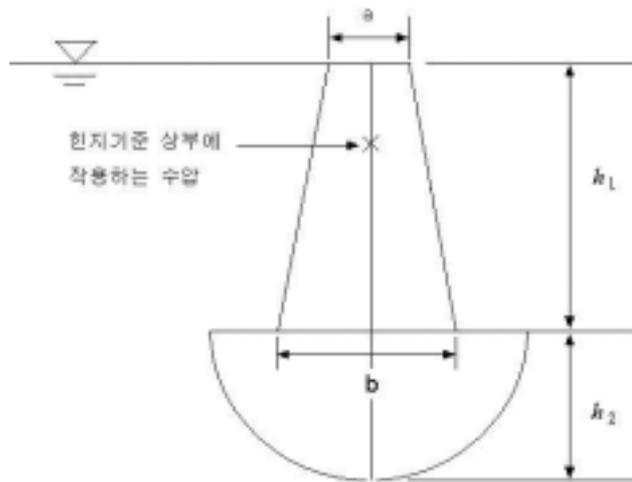


그림 3.2.7 전도게이트에 수압이 걸리는 모습

여기서,  $\omega$  : 물의 비중량( $\text{g}/\text{cm}^3$ )이다.

또한 힌지부 상부에 작용하는 수압에 의한 토크는

$$T_{\text{上}} = P_{\text{上}} m \quad (3.2.20)$$

다음으로는 부채꼴 원형단면에 작용하는 수압으로서, 이는 상부에 걸리는 수압의 역수압이며 복원력에 관계가 된다. 따라서 수압이 작용하는 힌지 하부의 면적은 다음과 같다.

$$A_2 = \frac{\pi}{4} d^2 \frac{180^\circ}{360^\circ} \quad (3.2.21)$$

따라서 힌지부 하부에 작용하는 수압은

$$P_{W2} = A_2 \omega \quad (3.2.22)$$

또한 힌지부 하부에 작용하는 토크는 다음과 같다.

$$T_{W2} = P_{W2} X \quad (3.2.23)$$

따라서 수문비에 걸리는 순수 수압은

$$P_W = P_{W1} - P_{W2} \quad (3.2.24)$$

수문비에 걸리는 순수 수압의 토크는

$$T_W = T_{W1} - T_{W2} \quad (3.2.25)$$

다음은 실제로 전도게이트가 수압에 의해 기울어졌을 때 전도게이트가 받는 수압을 계산한다. 그림 3.2.8에서 보듯이 일정한 편심을 가지고 전도게이트가 기울어지면 이에 따라 수문비에는 전도력이 가해지며 빗금 치지 않은 부분에는 복원력이 작용을 한다. 우선 수압에 의해 전도게이트가 10° 기울었다고 가정하면, 수문비에 걸리는 수압은 다음과 같다.

$$P_{W1} = A_1 \omega \quad (3.2.26)$$

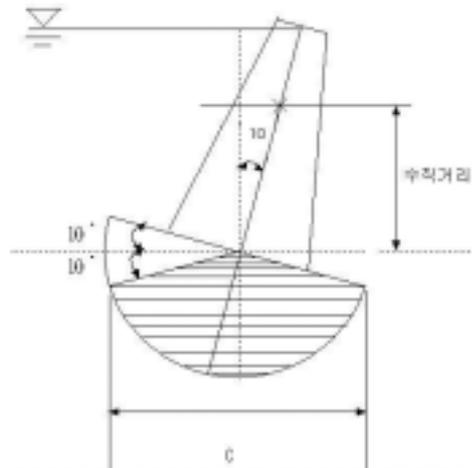


그림 3.2.8 전도게이트가 기울어진 모습

그리고 수압이 수문비에 작용하는 토오크는 수문비가 기울어진 수문비의 무게중심까지의 중력방향 수직거리에 발생함으로,

$$T_{\text{m}} = P_{\text{m}} m \cos 10^\circ \quad (3.2.27)$$

여기서  $\cos 10^\circ$ 는 수문비 무게중심까지의 중력방향 수직거리이다.

다음으로, 역수압 발생에 대해서 알아보면 우선 힌지기준 하부는 수로바닥에서 힌지까지의 높이가 일정하므로 수직상태와 동일하다고 할 수 있다. 따라서 복원력으로 작용하는 부채꼴 부분을 제외한 부채꼴의 중심을 구하는 것이 역발생 수압을 구하는 계산방법이다. 그림으로 표현을 하면 그림 3.2.8의 빗금 친 부분에 해당한다.

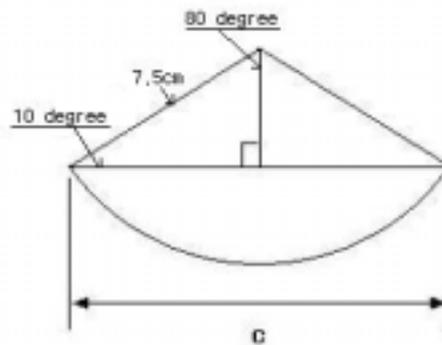


그림 3.2.9 부채꼴 원형단면의 삼각형도

따라서 여기서는 부채꼴 원형단면의 반경이 7.5cm 이고 편심이  $10^\circ$ 이기 때문에 그림으로 나타내면 그림 3.2.9와 같다. 따라서 무게중심거리는 상기 식(3.2.3)을 이용하면,

$$X = \frac{3}{8} \left( 2r - r + \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - C^2} \right) = \frac{3}{8} r + \frac{3}{16} \sqrt{4r^2 - C^2} \quad (3.2.3)$$

여기서 부채꼴 원호의 수평거리 C는  $C=2c$  이므로 삼각형의 밑변 c는

$$c = 7.5 \times \cos 10^\circ \quad (3.2.28)$$

따라서 하부의 부채꼴 원형단면에 작용하는 역수압은

$$P_{w2} = \frac{\pi}{4} d^2 \omega \frac{160^\circ}{360^\circ} \quad (3.2.29)$$

역수압 토오크는 식(3.2.23)과 같다.

$$T_{w2} = P_{w2} X \quad (3.2.23)$$

상기와 같은 식으로 오투기형 전도게이트의 구조계산을 하여 설계·제작된 게이트의 모습이 사진 3.2.2에 나타내었다.



(a) 게이트 전면



(b) 게이트 후면



(c) 게이트가 기울어진 모습

사진 3.2.2 오투기형 전도게이트 전체 모습

#### 나. 계산에

다음은 상기의 복원력과 전도력에 의한 계산식을 사용하여 계산한 내용이다. 이것은 농어촌연구원 물관리자동화(TM/TC)시험포장의 관개용수로를 대상으로 하여 전도게이트를 설계한 것으로서 전도게이트에 필요한 사양은 다음과 같다.

수로폭은 0.8m, 수로높이는 0.4m이며, 전도게이트는 수문비의 높이가 0.225m, 부채꼴 원형단면 직경은 0.15m이고 전도되는 수심은 0.24m이다. 이 계산에 의한 결과에서는 편심에 대한 각종 계산치가 제시되어 있으며, 이는 현재까지 본 시험포장용 전도게이트 구조 계산법에 한정되어 있다.

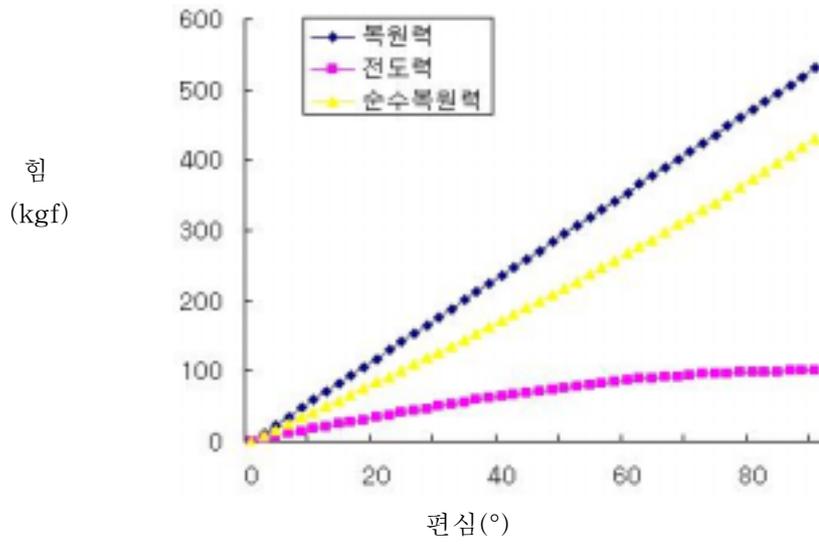
하기의 표 3.2.1과 그래프 3.2.1, 3.2.2를 보면 우선 전도게이트의 받침대 기울기(=편심)에 대하여, 일정한 수압 하에 게이트가 넘어지는 전도력은 대단히 낮은 기울기로 발생을 하며, 이에 대한 반발력으로서 존재하는 복원력은 거의 비례적으로 커진다. 이러한 현상은 바꾸어서 말하면 전도게이트가 수압을 많이 받아서 기울기가 심해지면 질수록 게이트가 올라오려는 복원력은 커지게 되며 완전히 게이트가 기울어져도(편심각도 : 90°) 게이트의 복원력이 한계에 다다르지는 않는다는 결론을 얻을 수가 있다. 이러한 현상은 수로 내에 많은 유량에 의해 게이트의 기능(=유량을 모아서 수압을 형성하여 하류로 송출하고 다시 수압을 형성시키는 기능)이 자연적으로 회복이 된다는 것을 의미한다. 이에 대하여 순수복원력은 총복원력보다는 일정한 크기로 작지만 이러한 현상은 스프링현상처럼 일정한 크기의 압력에 대한 반발력이 더해져서 복원력으로 작용한다는 것을 의미한다. 또한 일정한 길이에 대한 힘을 나타내는 토크를 보면 복원력이 무작정 크다고 해서 이를 나타내는 토크가 커지는 것은 아니다. 그래프 3.2.2를 보면 편심이 54°근처에 오면 전도력에 대한 토크는 오히려 작아지는 것을 알 수 있으며, 이에 따라서 복원력도 그리 크게 증가하지는 않는다. 다만, 순수복원력은 전도력에 대한 반발력이 존재하지 않기 때문에 부하로서 작용을 하지 않아 지속적으로 순수복원력에 대한 토크는 증가를 한다.

또한 표 3.2.2와 그래프 3.2.3, 3.2.4를 보면 편심별 수문의 각 부분에 대한 수압과 수압 토크를 나타낸 것으로서 수문 하부에 걸리는 수압이 항상 일정한데 비해서, 수문 상부에 걸리는 수압은 편심이 클수록 작아지는 것을 알 수 있으며, 편심이 45°~90°의 상태가 되면 수문에 대한 수압은 오히려 부압으로 작용하여 수문을 완전히 누르려는 현상보다는 오히려 일으켜 세우려는 측면으로 압력이 작용하는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 수문에 걸리는 수압토크를 계산한 결과를 보면 그래프 3.2.3과 같은 결과를 얻을 수 있다.

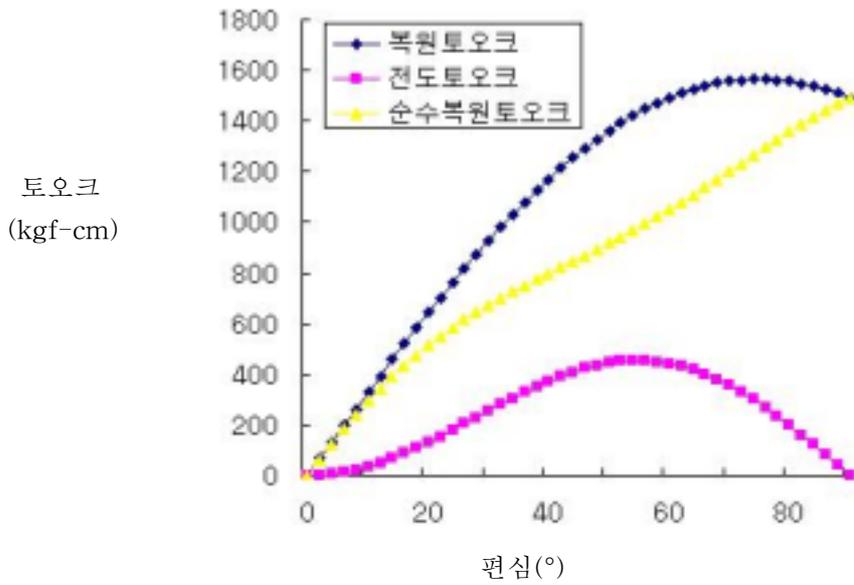
표 3.2.1 편심별 전도력, 복원력, 토오크 계산

편 심	$F$ (kgf)	$F'$ (kgf)	$F_P$ (kgf)	$T_r$ (kgf-cm)	$T'_r$ (kgf-cm)	$T_P$ (kgf-cm)
2.00	11.79	3.49	8.30	66.29	1.43	64.85
4.00	23.58	6.97	16.60	132.45	5.72	126.73
6.00	35.36	10.45	24.91	198.37	12.80	185.58
8.00	47.15	13.91	33.24	263.93	22.59	241.34
10.00	58.94	17.36	41.58	329.00	34.97	294.03
12.00	70.73	20.79	49.94	393.47	49.79	343.68
14.00	82.52	24.19	58.33	457.22	66.87	390.36
16.00	94.30	27.56	66.75	520.14	85.99	434.15
18.00	106.09	30.89	75.20	582.11	106.93	475.17
20.00	117.88	34.19	83.69	643.01	129.43	513.59
22.00	129.67	37.45	92.22	702.75	153.20	549.55
24.00	141.46	40.66	100.79	761.20	177.95	583.26
26.00	153.24	43.83	109.42	818.28	203.37	614.91
28.00	165.03	46.94	118.10	873.86	229.13	644.73
30.00	176.82	49.99	126.83	927.86	254.92	672.94
32.00	188.61	52.98	135.63	980.18	280.40	699.78
34.00	200.40	55.91	144.49	1030.72	305.23	725.49
36.00	212.19	58.77	153.42	1079.40	329.10	750.30
38.00	223.97	61.55	162.42	1126.13	351.68	774.45
40.00	235.76	64.27	171.49	1170.84	372.67	798.17
42.00	247.55	66.90	180.65	1213.44	391.77	821.66
44.00	259.34	69.46	189.88	1253.86	408.71	845.14
46.00	271.13	71.92	199.20	1292.03	423.24	868.79

편 심	$F$ (kgf)	$F'$ (kgf)	$F_P$ (kgf)	$T_r$ (kgf-cm)	$T'_r$ (kgf-cm)	$T_P$ (kgf-cm)
48.00	282.91	74.30	208.61	1327.90	435.12	892.78
50.00	294.70	76.59	218.11	1361.40	444.15	917.24
52.00	306.49	78.79	227.70	1392.48	450.16	942.31
54.00	318.28	80.89	237.38	1421.09	453.01	968.08
56.00	330.07	82.90	247.17	1447.18	452.57	994.61
58.00	341.85	84.80	257.06	1470.73	448.79	1021.95
60.00	353.64	86.60	267.04	1491.70	441.60	1050.10
62.00	365.43	88.29	277.14	1510.06	431.01	1079.05
64.00	377.22	89.88	287.34	1525.79	417.04	1108.74
66.00	389.01	91.35	297.65	1538.87	399.76	1139.11
68.00	400.79	92.72	308.08	1549.30	379.27	1170.03
70.00	412.58	93.97	318.61	1557.07	355.70	1201.38
72.00	424.37	95.11	329.26	1562.19	329.20	1232.98
74.00	436.16	96.13	340.03	1564.65	299.99	1264.66
76.00	447.95	97.04	350.91	1564.48	268.28	1296.21
78.00	459.73	97.82	361.91	1561.70	234.32	1327.38
80.00	471.52	98.49	373.03	1556.33	198.39	1357.94
82.00	483.31	99.04	384.27	1548.40	160.77	1387.62
84.00	495.10	99.47	395.63	1537.95	121.80	1416.15
86.00	506.89	99.78	407.11	1525.02	81.78	1443.23
88.00	518.68	99.96	418.71	1509.66	41.07	1468.59
90.00	530.46	100.02	430.44	1491.93	0.00	1491.93



그래프 3.2.1 편심별 복원력, 전도력, 순수복원력

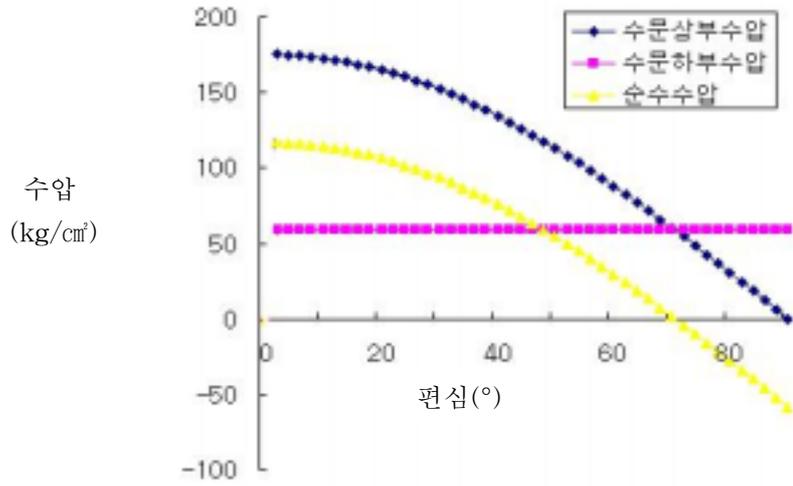


그래프 3.2.2 편심별 복원토크, 전도토크, 순수복원토크

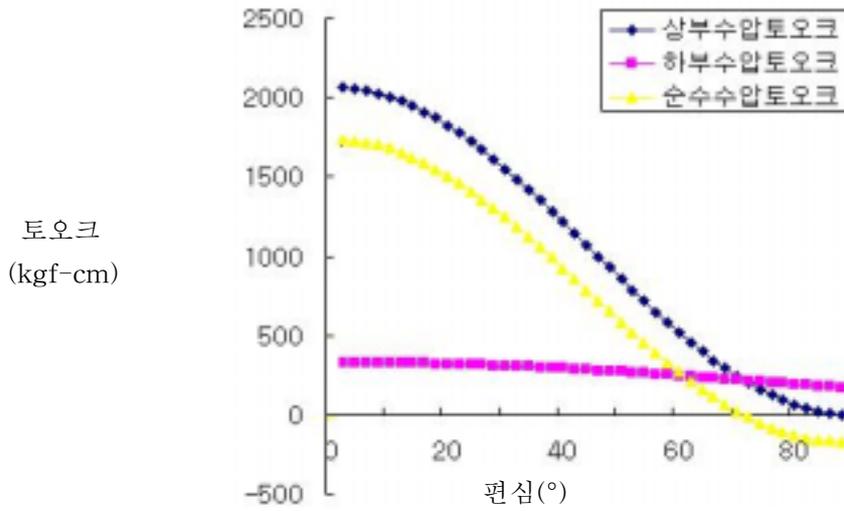
표 3.2.2 편심별 수문 수압 및 토오크

편 심	$P_{\text{M}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$P_{\text{W2}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$P_{\text{W}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$T_{\text{M}}$ (kgf-cm)	$T_{\text{W2}}$ (kgf-cm)	$T_{\text{W}}$ (kgf-cm)
2.00	175.39	58.50	116.89	2065.82	328.96	1736.86
4.00	175.07	58.50	116.57	2058.22	328.65	1729.57
6.00	174.54	58.50	116.04	2045.64	328.15	1717.50
8.00	173.79	58.50	115.29	2028.14	327.44	1700.70
10.00	172.84	58.50	114.34	2005.80	326.54	1679.26
12.00	171.67	58.50	113.17	1978.74	325.44	1653.29
14.00	170.29	58.50	111.79	1947.07	324.15	1622.92
16.00	168.71	58.50	110.21	1910.96	322.66	1588.30
18.00	166.92	58.50	108.42	1870.59	320.98	1549.61
20.00	164.93	58.50	106.43	1826.14	319.11	1507.04
22.00	162.73	58.50	104.23	1777.84	317.04	1460.80
24.00	160.34	58.50	101.84	1725.92	314.80	1411.12
26.00	157.76	58.50	99.26	1670.64	312.37	1358.27
28.00	154.98	58.50	96.48	1612.25	309.76	1302.49
30.00	152.01	58.50	93.51	1551.06	306.98	1244.08
32.00	148.86	58.50	90.36	1487.34	304.02	1183.33
34.00	145.53	58.50	87.03	1421.43	300.89	1120.54
36.00	142.02	58.50	83.52	1353.62	297.59	1056.03
38.00	138.33	58.50	79.83	1284.27	294.14	990.13
40.00	134.48	58.50	75.98	1213.69	290.52	923.17
42.00	130.47	58.50	71.97	1142.24	286.76	855.49
44.00	126.29	58.50	67.79	1070.27	282.84	787.43

편 심	$P_{\text{M}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$P_{\text{W2}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$P_{\text{W}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$T_{\text{M}}$ (kgf-cm)	$T_{\text{W2}}$ (kgf-cm)	$T_{\text{W}}$ (kgf-cm)
46.00	121.96	58.50	63.46	998.12	278.78	719.34
48.00	117.49	58.50	58.99	926.15	274.58	651.57
50.00	112.87	58.50	54.37	854.70	270.25	584.45
52.00	108.11	58.50	49.61	784.13	265.78	518.34
54.00	103.22	58.50	44.72	714.77	261.20	453.57
56.00	98.21	58.50	39.71	646.97	256.49	390.47
58.00	93.08	58.50	34.58	581.05	251.68	329.37
60.00	87.83	58.50	29.33	517.34	246.76	270.58
62.00	82.48	58.50	23.98	456.14	241.74	214.40
64.00	77.02	58.50	18.52	397.76	236.62	161.13
66.00	71.48	58.50	12.98	342.47	231.42	111.05
68.00	65.84	58.50	7.34	290.55	226.14	64.41
70.00	60.13	58.50	1.63	242.25	220.78	21.47
72.00	54.34	58.50	-4.16	197.80	215.35	-17.55
74.00	48.48	58.50	-10.02	157.43	209.86	-52.43
76.00	42.57	58.50	-15.93	121.32	204.32	-82.99
78.00	36.61	58.50	-21.89	89.66	198.72	-109.07
80.00	30.60	58.50	-27.90	62.59	193.09	-130.50
82.00	24.55	58.50	-33.95	40.25	187.42	-147.17
84.00	18.47	58.50	-40.03	22.75	181.72	-158.97
86.00	12.38	58.50	-46.12	10.17	176.00	-165.83
88.00	6.26	58.50	-52.24	2.57	170.27	-167.70
90.00	0.14	58.50	-58.36	0.00	164.53	-164.53



그래프 3.2.3 편심별 수압, 역수압, 순수수압



그래프 3.2.4 편심별 수압토크, 역수압토크, 순수수압토크

이와 같이 수압이 형성되어 게이트의 전도 및 복원기능을 수행하는데 있어서 받침대와 수문비의 높이가 기능수행의 조건이 되며, 이러한 전도게이트는 무동력으로 수행을 함으로서 상시적으로 반복 작동되는 수문의 피로도 저감 및 동력사용에 대한 부담감을 낮출 수 있다.

### 3. 웨이트조정 전도게이트 구조 계산

본 웨이트 조정 전도게이트의 특징은 수로 내 유량의 다소에 따라 웨이트의 전도수심을 원하는 대로 조절을 할 수 있다는 것이다. 전철의 오뚜기형 전도게이트의 경우에는 구조계산에 따라 설계를 하여 제작을 하면 전도수심이 이미 결정되어지기 때문에 다양한 유량조건을 만족시킬 수는 없지만 웨이트 조정 전도게이트는 이러한 약점을 보완하기 위하여 개발을 하게 된 게이트이다.

따라서 본 절에서는 웨이트에 의한 전도게이트의 작동에 관하여 구조적인 해석을 시도 하였으며 구조해석은 힘의 균형을 수평방향과 수직방향을 나누어서 행하였다.

#### 가. 웨이트에 의해 작용하는 힘의 해석

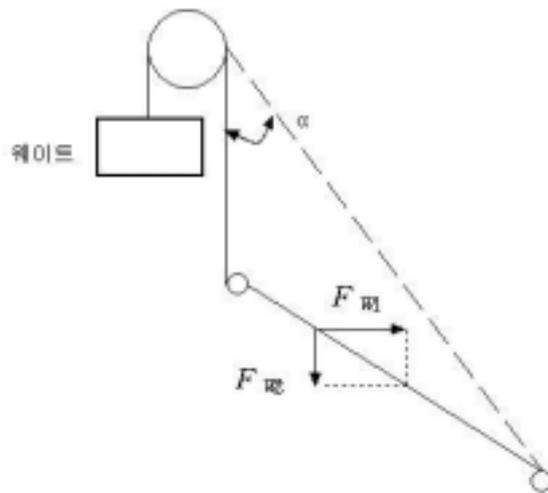


그림 3.3.1 웨이트에 의해 발생하는 힘

웨이트에 의해 발생하는 힘은 우선 수압에 의해 수문이 움직이기 시작하면, 웨이트에 의해 수문과의 균형을 잡기 위해서 웨이트가 움직이기 시작한다. 이때 웨이트에 의해 발생하는 힘은 그림 3.3.1에서 보는 바와 같이 도르레와 전도게이트를 연결하는 와이어를 따라서 수평힘과 수직힘으로 발생한다.

따라서 우선 웨이트에 의해 수평분력으로 발생하는 힘은,

$$F_{w1} = W_w \times g \times \sin \alpha \quad (3.3.1)$$

웨이트에 의해 수직분력으로 발생하는 힘은,

$$F_{w2} = W_w \times g \times \cos \alpha \quad (3.3.2)$$

여기서,  $W_w$ 는 웨이트의 무게이다.

나. 전도게이트에 의해 작용하는 힘의 해석

전도게이트에 일정한 수압이 걸리면 게이트가 전도된다. 여기서 전도게이트가 전도가 될 때 발생하는 힘은 그림 3.3.2에서 보는 바와 같이 크게 세 가지로 나눈다. 그 첫 번째가 전도게이트에 걸리는 수압이며, 두 번째가 전도게이트가 전도됨에 따라 발생하는 수평방향의 힘이며, 세 번째가 전도게이트가 전도됨에 따라 발생하는 수직방향의 힘이다. 이 세 가지 힘이 각각 작용하는 벡터의 방향과 크기에 따라 게이트가 전도되기도 하고 다시 일어나기도 한다. 그러나 여기서 하나 주의해야 할 것은 게이트의 받침대가 오뚜기형으로 형성되어 있기 때문에 완전 전도는 불가능하며 따라서 부압과 정압이 완전히 0이 되는 경우는 형성될 수 없다.

여기서, 전도게이트에 걸리는 수압은

$$P_{water} = a \times h \times \omega \quad (3.3.3)$$

여기서,  $h$ 는 수심이며  $\omega$ 는 물의 단위체적중량이다.

또한 전도게이트는 힌지에 의해서 90°회전을 하기 때문에 원래 작용의 반만 작용을 하기 때문에 수평방향분력은,

$$F_{g1} = \frac{1}{2} \times g \times W \times \sin \alpha \quad (3.3.4)$$

수직방향의 분력은 다음과 같다.

$$F_{g2} = \frac{1}{2} \times g \times W \times \cos \alpha \quad (3.3.5)$$

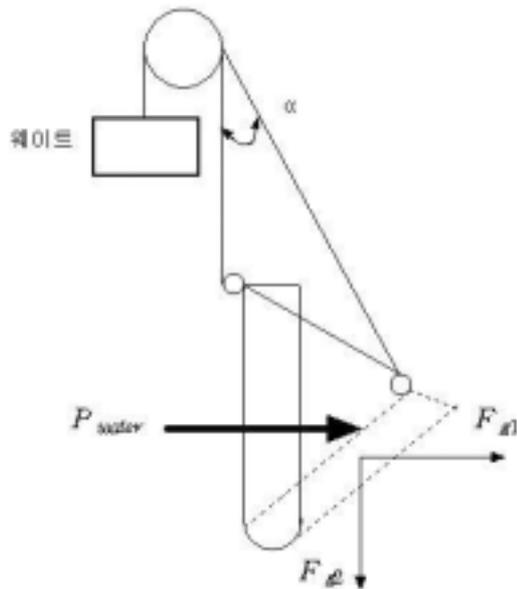


그림 3.3.2 전도게이트에 의해 발생하는 힘

다. 웨이트와 전도게이트에 발생하는 힘의 상관관계

전도게이트의 작동은 수압에 의해 전도게이트와 수압과의 관계와 더불어 웨이트의 작용에 의하여 전도게이트가 작동을 하게 된다. 여기서 웨이트와 전도게이트 사이에서 일어나는 힘의 균형관계가 중요한 역할을 담당한다. 특히 수평분력과 수직분력의 상관관계를 파악하는 것이 중요하다. 우선 웨이트와 전도게이트의 수평적 힘의 균형을 나타내면, 웨이트의 수평방향의 힘은 수압에 의한 수평방향의 힘에다가 수문중량에 의한 수평방향의 힘을 합친 것과 같으므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{H1} = P_{water} + F_{g1} \quad (3.3.6)$$

수직방향의 힘은 다음과 같이 나눌 수 있다.

$$\text{웨이트에 의한 수직방향의 힘} > \text{수문자중에 의한 수직방향의 힘} \quad (3.3.7)$$

$$\text{웨이트에 의한 수직방향의 힘} = \text{수문자중에 의한 수직방향의 힘} \quad (3.3.8)$$

$$\text{웨이트에 의한 수직방향의 힘} < \text{수문자중에 의한 수직방향의 힘} \quad (3.3.9)$$

여기서 식 (3.3.7)은 웨이트가 힘을 유지하여 수문이 전도되기 전의 힘의 균형을 나타내는 것이고, 식 (3.3.8)은 수압에 의해 전도게이트가 전도되기 시작하는 임계점을 나타내는 것이며, 식 (3.3.9)는 전도게이트가 전도된 것을 나타내는 것이다.

라. 실제 계산예(수문의 위치가 도르레의 바로 뒤에 있는 경우를 상정)

웨이트(무계추)로 전도작동을 하는 전도게이트의 구조해석을 하기 위하여 우선 웨이트와 도르레 그리고 전도게이트의 형상을 나타내었다. 이 구조해석을 하기 위하여 우선 기본적으로 정해져야 할 사항은 전도게이트의 크기 및 중량, 전도수심, 도르레 위치등을 미리 정한 다음에 각 계산을 행한다.

그림 3.3.3에서 보는 바와 같이 게이트가 완전히 전도되었을 때의 각도를  $\alpha$ 라고 한다면

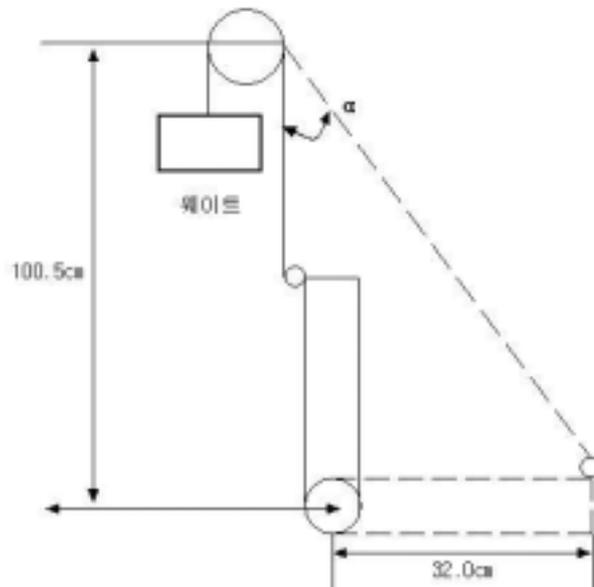


그림 3.3.3 웨이트 전도게이트 전도 모습

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{32}{100.5} = 17.66^\circ \quad (3.3.10)$$

로 나타낼 수 있다.

여기서,

a : 전도게이트의 너비(79.0cm),

b : 전도게이트의 높이(35.0cm),

c : 전도게이트의 폭(4.86cm),

d : 힌지직경(4.86cm),

t : 철판두께(0.45cm),

w : 철의 비중(0.00785 kg/cm<sup>3</sup>),

h : 수위(24.0cm-4.86cm=19.14cm)이다.

또한 그림 3.3.4에서 나타낸 전도게이트의 총중량을 계산하기 위하여, 우선 전도게이트의 정면판의 중량(2개)를 계산하면,

$$W_1 = a \times b \times t \times w \times 2(EA) = 19.53kg \quad (3.3.11)$$

전도게이트의 옆면판의 중량(2개)를 계산하면,

$$W_2 = b \times c \times t \times w \times 2(EA) = 1.21kg \quad (3.3.12)$$

전도게이트의 윗면판의 중량을 계산하면,

$$W_3 = a \times c \times t \times w = 1.36kg \quad (3.3.13)$$

따라서 전도게이트의 총중량은 다음과 같다.

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 22.1kg \quad (3.3.14)$$

여기서, 수문이 완전히 전도되어 웨이트와 균형을 유지하면서 있을 힘은 수문의 중력방향의 자중이므로 다음과 같다.

$$W_G = W \times g = 22.1kg \times 9.81m/sec^2 = 216.8kg \cdot m/sec^2 \quad (3.3.15)$$

현재 웨이트의 무게를 계산할 수 있는 방법은 웨이트와 전도게이트의 자중에 의한 힘을 수평과 수직분력으로 나누었기 때문에 2가지가 있다. 그러나 전도게이트에는 수압이라는 외부의 힘이 가중되기 때문에 수직분력이 아니라 수평분력에 의해서 웨이트의 중량을 결정해야 한다. 만약에 아래처럼 수직분력에 의해 웨이트의 중량을 결정하면 웨이트에 의한 수직방향의 힘은 수문자중에 의한 수직방향의 힘과 같기 때문에,

$$F_{w2} = F_{g2} \quad (3.3.16)$$

$$W_w \times g \times \cos \alpha = \frac{1}{2} \times g \times W \times \cos \alpha \quad (3.3.17)$$

따라서  $W_w = \frac{W}{2}$  (3.3.18)

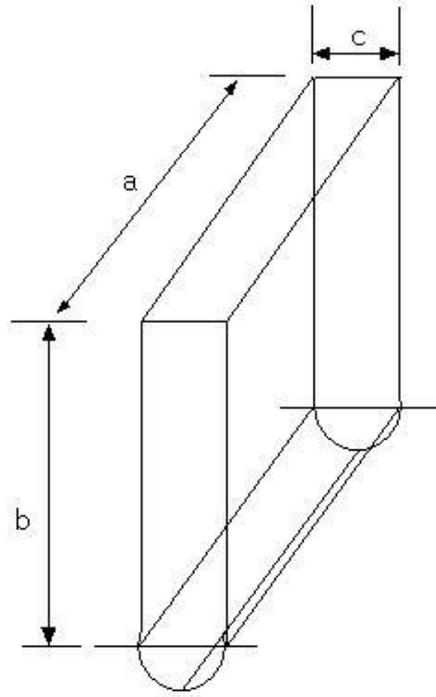


그림 3.3.4 전도게이트 형상

즉, 웨이트는 수문 중량의 반이면 된다. 그러나 여기에는 수압에 의한 힘이 고려되지 않았기 때문에 일정한 수압에 도달하면 전도게이트가 갑자기 전도되는 위험성이 내재되어 있다. 따라서 웨이트의 중량은 수압을 고려한 수평방향의 분력을 이용하여 계산을 해야한다.

#### 4. 무동력 자동 제진기 구조 계산

무동력 자동 제진기의 설계를 위한 구조계산법을 정립하기 위하여 우선 일정한 크기의

수로를 대상으로 하여 계산을 행한다. 수로의 크기는 폭1.4m×높이1.5m의 간선용수로를 대상으로 하며 제진기의 형식은 스크린 전면에서 유입되는 오물을 제거하는 방식으로서 전면인양과 배면하강의 형식으로 레이크가 순환하면서 오물을 제거하는 형식이다. 본 무동력 자동 제진기는 일반 제진기의 형식을 따라 설치각도를 75.로 설정하여 설치하는 것을 기본으로 한다.

가. 제진기 처리 능력 검토

제진기의 설계를 위하여 동력의 크기를 결정하기 위해서는 적재용량과 이에 따른 인양량 그리고 처리중량을 결정시킬 필요가 있다. 따라서 그림 3.4.1에서 보는 바와 같이 적재단면의 가정형상을 상정해 놓고 레이크의 크기를 결정시켜서 계산을 한다.

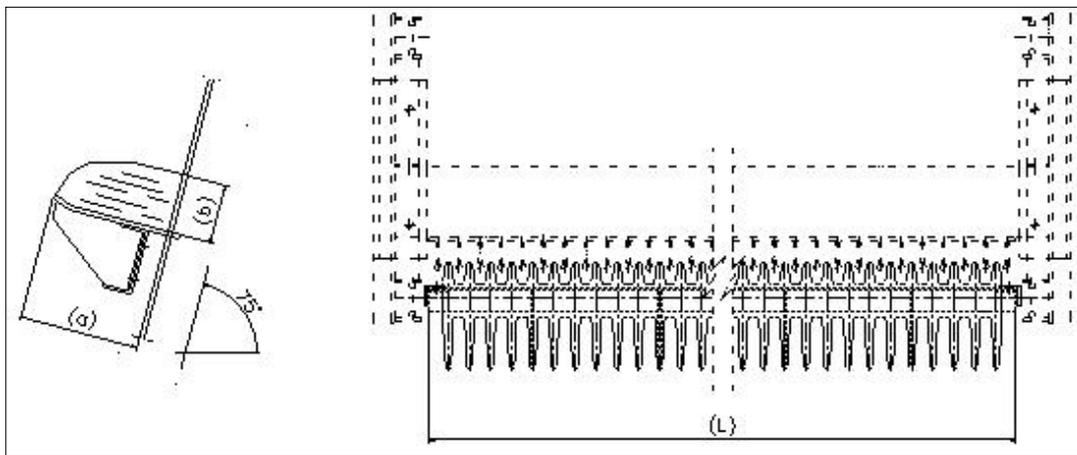


그림 3.4.1 적재단면 가정 형상

우선 레이크에 적재할 수 있는 오물의 양을 알기 위하여 적재용량을 계산하면 다음과 같은 식을 사용한다.

$$v = (a \times b) / 2 \times L = 0.145 (m^2) \quad (3.4.1)$$

여기서,  $v$  : 적재용량 ( $m^2$ )

$a$  : 레이크 길이 (m)

$b$  : 레이크 높이 (m)

$L$  : 레이크 폭 (m)

또한, 제진기 자체의 인양성능을 결정짓는 인양능력을 계산하기 위하여 아래와 같은 식을 사용한다.

$$Q_1 = (V/P) \times v \times ng \times 60 = 7.150 (m^3/hr) \quad (3.4.2)$$

여기서,  $Q_1$  : 대당 인양량 ( $m^3/hr$ )

$V$  : 레이크의 회전속도 = 8.00 (m/min.)

$P$  : 레이크 피치 = 3.650 (m)

$v$  : 적재용량 ( $m^2$ )

$ng$  : 적재율 = 0.600이다.

식(3.4.2)에 있어서 레이크의 회전속도는 오물처리속도를 나타내는 것으로서 일반 전동식 제진기의 경우에는 모터용량과 관계가 있으며, 수차회전식 무동력 자동 제진기의 경우에는 유속에 종속되는 항목이다. 또한 적재율은 레이크를 사변형의 상자로 상정하여 구하는 것으로서 통상 0.7을 기준으로 하나 여기서는 수로 내 다양한 종류의 오물을 상정하여 그 율을 더 낮게 적용시켜 safety design(안전설계)을 하였다.

다음으로 제진기가 처리 할 수 있는 중량을 계산하기 위하여 아래와 같은 식을 사용하였다. 여기서 제진기가 처리할 수 있는 중량이란 시간당 처리능력을 말하며 인양성능보다 안전설계를 위해 계수를 조정하였다.

$$Q_t = Q_1 \times \eta = 5.720 (m^3/hr) \quad (3.4.3)$$

여기서,  $Q_t$  : 대당 처리 중량 ( $m^3/hr$ )

$\eta$  : 협잡물 걸보기 비중 = 0.80이다.

#### 나. 제진기 동력 검토

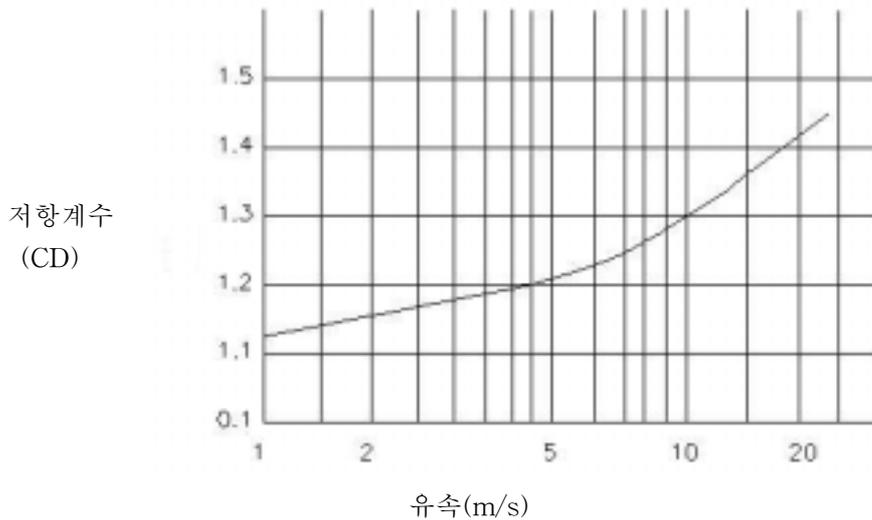
##### 1) 저항검토

일정한 수로규격에 일정한 유속으로 움직이는 제진기의 동력을 계산하기 위하여 오물과 레이크와의 관계 및 동력크기 계산을 행한다. 이 계산은 일반적으로 전동식 제진기에 적용하는 계산법으로서 이를 유속으로 환산하여 계산을 행하는 법을 제시하였다. 본 동력

계산은 수차의 크기를 결정하는데 가장 중요한 계산법이며 오물을 처리하는 레이크의 수 및 크기를 결정하는데 사용된다.

우선 일정한 유속 하에 제진기 스크린과 레이크에 오물이 걸리면 유속에 의한 힘으로 오물이 제진기에 협잡되어 레이크를 끌어올리는데 많은 동력이 소요된다. 이 힘을 계산함으로써 제진기를 작동하는 동력계산이 가능하다. 여기서 가설계에 의해서 계산되어진 제원을 나타내면 레이크 중량  $W_1=40.59(kgf)$ , 단위길이당 운행부 중량  $W_2=4.20(kgf/m)$ , 레이크의 속도  $V=5.0(m/min.)$ , 협잡물과 스크린과의 마찰계수  $f_1=0.4$ , 체인(chain)과 레일(rail)의 마찰계수  $f_2=0.3$  이다. 따라서 우선 물흐름에서 협잡물이 스크린에 달라붙으려는 힘을 계산하기 위해서는 다음과 같은 식을 사용한다.

$$R = CD \times w / 2g \times v^2 \times s = 0.126 (m^3) \quad (3.4.4)$$



그래프 3.4.1 유속과 협잡물 저항계수

협잡물 저항계수는 그래프 3.4.1에서 구한다.

여기서,  $R$  : 물흐름에서 협잡물이 스크린에 달라붙으려는 힘 ( $kgf$ )

$CD$  : 저항계수(=1.18)

$v$  : 유속(=1.0 m/s)

$w$  : 물의 단위체적중량(1.0 ton/m<sup>3</sup>)

$s$  : 처리물의 면적 ( $S = B \times D = 2.1 \text{ m}^2$ )

$B$  : 수로폭(=1.4m)

$D$  : 협잡물 포착 깊이(수로높이, =1.5m)이다.

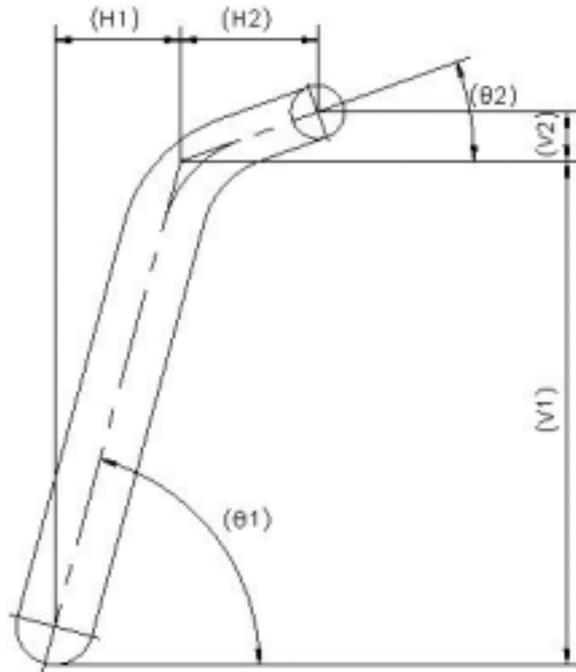


그림 3.4.2 제진기 측면 구조도

그림 3.4.2의 제진기 측면 구조도에 의해 제진기 하부경사각도( $\theta_1$ )는 오물 인양능력에 많은 영향을 미치며, 또한 설치장소가 구조물인가 토공인가에 따라서도 많은 영향을 받는다. 여기서는 일반적으로 양·배수장 제진기 설치각도인 60°보다 설치공간의 확보가 어려

운 농업용 수로의 구조적, 기능적인 특징을 고려하여 75°로 설정하였다. 따라서 제진기를 수로에 설치함으로써 알 수 있는 각부의 제원을 아래에 나타내면 다음과 같다.

$\theta_1$  : 제진기 하부경사 각도 (=75.0°)

$\theta_2$  : 제진기 상부경사 각도 (=20.0°)

$\theta_3$  :  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 에 의한 합력 산출각

$$\theta_3 = (\theta_1 - \theta_2) / 2 = 27.5^\circ$$

$V_1$  : 하부 수직거리 (=3.244m)

$V_2$  : 상부 수직거리 (=0.486m)

$H_1$  : 하부 수평거리 (=0.695m)

$H_2$  : 상부 수평거리 (=1.335m)

$\eta_1$  : 감속기(Reducer) 효율 (=0.80)

$\eta_2$  : 체인(Chain) 효율 (=0.81)

$\eta_3$  : 체인 스프로킷(Chain Sprocket) 효율 (=0.9025)

$\eta$  : 기계 총효율

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0.584$$

$\zeta$  : 보정계수 (=1.3)이다.

## 2) 레이크 하중 저항에 의한 동력 검토

레이크 하중에 의한 동력을 검토하기 위해서는 체인의 장력을 우선 계산하고, 레이크의 회전속도를 감안하는 계산법을 아래에 기술한다.

우선 체인장력  $T_1$ 을 계산하면,

$$T_1 = W_1 \times (\sin \theta_1 + \sin \theta_2) = 53.089(kgf) \quad (3.4.5)$$

또한 레이크의 회전속도  $V = 5.0m/min$ .이며 레이크 하중에 의한 동력을 다음 식에 의해서 계산하면,

$$L_1 = T_1 \times V / 6120 = 0.043kw \quad (3.4.6)$$

3) 처리물과 스크린(screen)의 마찰 저항에 의한 동력 검토

스크린에 걸린 오물과 스크린과의 마찰에 따른 저항동력을 검토하기 위해서 스크린 전체에 대한 마찰저항력을 계산하면 다음과 같다.

$$T_2 = f_1 \times [R \times \sin \theta_1 \times (1 + 2 \times \sin \theta_3 \times f_2) + W_1 \times \cos \theta_2] = 77.427(kgf) \quad (3.4.7)$$

여기서,  $T_2$  : 총오물에 대한 스크린과의 마찰저항력 (kgf)

$f_1$  : 협잡물과 스크린과의 마찰계수 (=0.4)

$f_2$  : 체인(chain)과 레일(rail)의 마찰계수 (=0.3)

$R$  : 물흐름에서 협잡물이 스크린에 달라 붙으려는 힘 (kgf)

$W_1$  : 레이크 중량 (=40.59 kgf)

$\theta_1$  : 제진기 하부경사 각도 (=75.0°)

$\theta_2$  : 제진기 상부경사 각도 (=20.0°)

$\theta_3$  :  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 에 의한 합력 산출각

$$\theta_3 = (\theta_1 - \theta_2) / 2 = 27.5^\circ$$

상기의 식 (3.4.7)에 의해서 처리물과 스크린의 마찰에 의한 동력을 계산하면,

$$L_2 = T_2 \times V / 6120 = 0.063kw \quad (3.4.8)$$

4) 운행부 자중 저항에 의한 동력 검토

다음은 운행부 자중에 의한 저항에 의해 발생하는 동력을 검토해야 한다. 이는 순수하게 제진기의 구조적인 검토와 함께 이에 부속되어 있는 레이크에 의한 저항을 검토하여 계산하는 동력검토로서, 운행부 자중 저항력은 다음 식에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned} T_3 &= 2 \times f_2 \times W_2 [ H_1 + H_2 + V_1 + V_2 + ( H_1 + V_1 + V_2 ) \times 2 \times \sin \theta_3 \times f_2 ] \\ &= 17.604(kgf) \end{aligned} \quad (3.4.9)$$

따라서 운행부 자중 저항에 의한 동력은 다음과 같다.

$$L_3 = T_3 \times V / 6120 = 0.014kw \quad (3.4.10)$$

5) 전소요동력 검토

제진기 본체가 오물을 협잡하여 레이크를 회전시키는 총동력을 구하기 위해서는 상기의 식(3.4.6), 식(3.4.8), 식(3.4.10)에 의해서 구한 각 동력의 합으로 나타낸다.

$$LH = L_1 + L_2 + L_3 = 0.120(kw) \quad (3.4.11)$$

여기서,  $LH$  : 전소요동력 (kw)이다.

다. 자동제진기 강도 검토

자동제진기의 내구성을 결정하는 강도를 검토하기 위해서, 전소요동력에 대한 동력을 전동기로 계산하여 나타내면 다음과 같다.

$$LK = \zeta \times LH / \eta = 0.267(kw) < Lp = 1.5kw \quad (3.4.12)$$

여기서,  $LK$  : 전동기 출력 (kw)이다.

식 (3.4.12)에서 알 수 있듯이 전소요동력은 전동기 출력보다 5배 이하로서 여유 및 모터손실을 고려해도 충분한 모터출력으로 판단할 수 있다. 이러한 모터출력의 분당 회전비는 시중에 나와 있는 모터의 사양을 고려하면 1,730rpm으로 조사되었다.

1) 레이크의 운전 속도

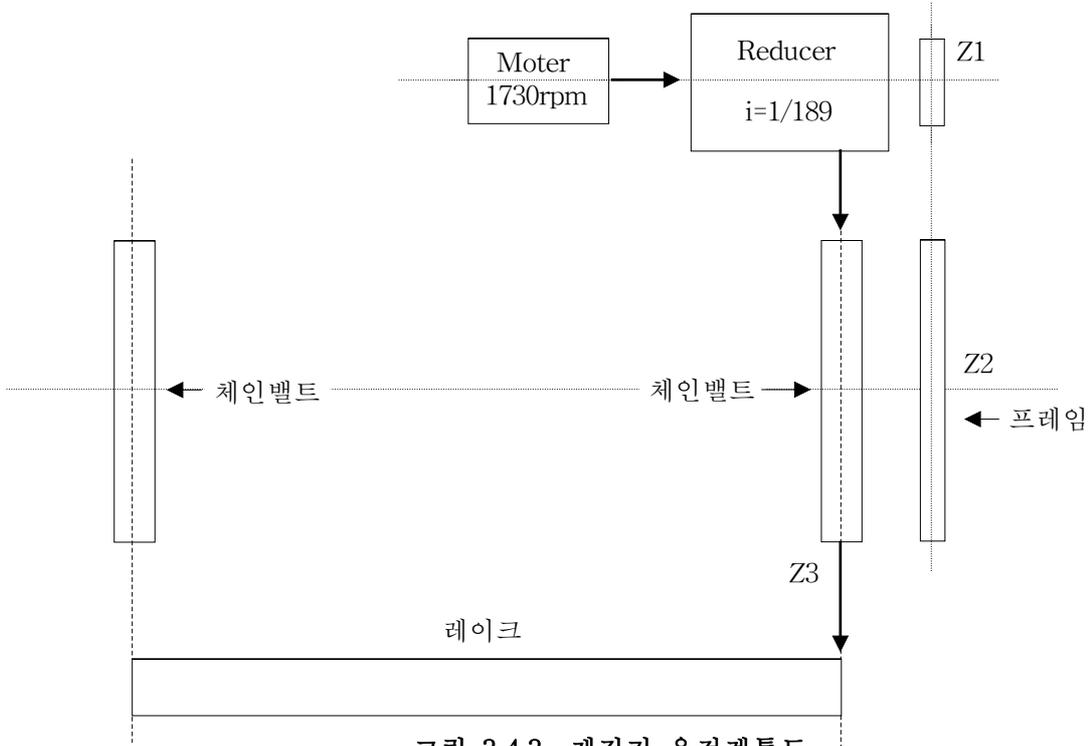


그림 3.4.3 제진기 운전계통도

그림 3.4.3에서 보는 바와 같이 제진기의 운전계통은 모터와 감속기를 통해서 나온 동력이 체인벨트를 거쳐서 레이크를 돌린다. 이와 같은 운전계통을 거치는 제진기의 작동효율과 성능을 판단하기 위해서 가장 중요한 것은 레이크의 운전속도이다. 이는 동력과도 깊은 관계가 있으며 이 레이크 운전속도에 의해서 레이크의 개수 및 모터의 규격이 정해진다. 레이크의 운전속도는 다음과 같은 식에 의해 계산한다.

$$v = N_1 \times N_2 \times N_3 \times N_4 \times P = 4.271 (\text{m/min.}) \quad (3.4.13)$$

여기서,  $v$  : 레이크의 운전속도 (m/min.)

$N_1$  : 모터의 분당 회전수 (=1,730 rpm)

$N_2$  : 감속기의 감속비 (=1/189)

$N_3$  : 구동부 체인 스프로켓 감속비 (=21/54)

$N_4$  : 레이크 체인 잇수 (=8 EA)

$P$  : 레이크 체인 피치 (=150mm)이다.

## 2) 구동부 체인

### 가) 구동부 체인의 강도

구동부의 체인은 동력을 제진기 본체에 전달하여 주는 것으로서 체인의 재질 및 구조가 동력전달효율을 결정한다. 또한 계속 반복되는 회전작동을 전달하기 위하여 끊임없이 반복 운동을 해야함으로 체인 자체에 오는 피로도는 다른 구성품보다 크다고 할 수 있다. 구동부의 체인을 강도를 계산하기 위해서는 다음 식을 이용한다.

$$F = 974 \times L_p / n \times \eta \times 1 / R = 1223.1 (\text{kgf}) \quad (3.4.14)$$

여기서,  $F$  : 구동부 체인의 강도 (kgf)

$L_p$  : 모터 용량 (=1.5kw)

$n$  : 레이크 스프로켓 샤프트 분당 회전수 (=3.559 rpm)

$n = N_1 \times N_2 \times N_3$

$\eta$  : 기계효율 (=0.584)

$R$  : 체인 휠(chain wheel) 반경 (=0.196m)이다.

### 나) 구동부 체인 선정

구동부의 체인은 상기에서 기술한 바와 같이 가장 피로도가 오기 쉬운 부품으로서 재질과 구성부품의 선정이 중요하다. 본 무동력 자동 제진기의 구동부 체인의 경우에는 스테

인레스 재질(STS 304)의 표준형 로울러 체인(Standard Rpller Chain)을 채용하며(체인번호 : RS-120-1열), 본 체인의 파단하중은 12800(kgf/m<sup>2</sup>)이다.

다) 체인의 안전율 검토

체인의 안전율이란 실험에 의하여 검증되어진 파단하중에 대해 체인이 갖고 있는 강도에 대한 비를 나타내는 것으로서, 일정한 가력(加力)하에서도 체인이 끊어지지 않고 작동을 할 수 있는 능력을 말한다. 안전율에 대한 계산식은 다음과 같다.

$$S = \text{파단강도} / \text{체인강도} = 10.46 \quad (3.4.15)$$

3) 레이크 체인

가) 레이크 체인의 강도

레이크 체인은 구동부로부터 전달되어진 동력을 받아서 체인이 돌아가면서 직접 레이크를 돌리는 기능을 담당한다. 이 레이크 체인은 구동부 체인에 비해 그 크기가 더 크며 롤러형태의 미끄럼마찰이 적은 형식을 취하는 것이 일반적이다. 레이크 체인의 강도를 계산하기 위하여 다음 식을 이용한다.

$$T_L = (6120 \times L_p \times \eta / v - T_3) \times \alpha + T_3 / 2 = 937.0 (\text{kgf} / \text{cm}^2) \quad (3.4.16)$$

여기서,  $T_L$  : 레이크 체인의 강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$L_p$  : 모터용량 (=1.5kw)

$\eta$  : 기계효율 (=0.584)

$v$  : 체인운전속도 (=4.271 m/min.)

$\alpha$  : 체인의 좌우 부합비(3/4) (=0.750)

$T_3$  : 운행부 자중에 의한 장력 (=17.604 kgf)이다.

나) 레이크 체인의 선정

상기에서 기술한 바와 같이 레이크 체인은 레이크를 직접 작동시키는 기능을 담당하기 때문에 구동부 체인보다 크고 견고하다. 스테인레스 재질(STS 304)의 F-로울러형 체인 ("F" Roller Type Chain)을 채용하며(RF 05150-F), 체인의 평균파단강도는 11000(kgf)이다. 또한 체인의 피치는 150(mm)로서 체인이 상부 또는 하부의 곡면을 주행할 때에는 체인의 롤러에 의한 구부러짐에 주의를 해야 한다. 물론 체인 스프로킷이 부착되어 있어 자연스럽게 구부러지는 것이 특징이지만 피치가 크다는 것은 그만큼 장력에 대해서는 강

하지만 작동 중 문제 발생의 여지가 있다는 것을 의미한다.

다) 레이크 체인의 안전율 검토

체인 안전율이란 실험에 의하여 검증되어진 파단하중에 대해 체인이 갖고 있는 강도에 대한 비를 나타내는 것으로서 일정한 가력(加力)하에서도 체인이 끊어지지 않고 작동을 할 수 있는 능력을 말한다. 안전율에 대한 계산식은 다음과 같다.

$$S = \text{파단강도} / \text{체인강도} = 11.74 \quad (3.4.15)$$

4) 구동축 검토

구동축은 동력발생부로부터 발생된 동력이 체인을 통하여 제진기의 레이크 체인을 작동시키기 위하여 연결되는 부분으로서, 구동축의 직경이 회전효율에 영향을 미친다. 이 구동축 크기의 결정은 다음 식에 의해서 구한다.

$$d = k \times \sqrt[3]{1.36 \times L_p / n} = 6.645(\text{cm}) < 60.0(\text{cm}) \quad (3.4.16)$$

식(3.4.16)에 의해서 구해진 구동축의 직경이 6.645(cm)로서 구동축 회전한계직경인 60.0(cm)보다 작으므로 구동축의 회전효율에는 영향을 미치지 않는다.

여기서,  $d$  : 구동축 크기 (cm)

$k$  : 계수(SM45C) (=8.0)

$L_p$  : 모터용량 (=1.5kw)

$n$  : 레이크 스프로킷 샤프트 회전수 (=3.559 rpm)이다.

라. 메인 스크린(Main Screen) 강도 검토

1) 하중

가) 스크린(Screen) 하중

스크린은 제진기 본체를 구성하는 주요부품 중의 하나이며 상류로부터 유입되는 오물을 차단하고 하류로 보내지 않는 역할을 하고, 레이크의 갈퀴에 의해서 오물을 걷어 낼 수 있도록 하는 기능을 담당한다. 구조는 가로빔을 상부와 하부에서 연결하고 그 틈새로 레이크가 지나갈 수 있도록 되어 있다. 스크린의 하중을 계산하면 다음과 같다.

$$W_1 = P \times l_2 \times 10^{-4} = 121.0(\text{kgf/cm}) \quad (3.4.17)$$

여기서,  $W_1$  : 스크린 하중 (kgf/cm)

$P$  : 설계하중 (=1000kgf/m<sup>2</sup>)

$l_2$  : 스크린의 폭 (=1210 cm)이다.

나) 서포트 빔(Support Beam)의 하중

서포트 빔은 스크린을 지지해 주고 제진기 본체의 강도를 유지해 주는 역할을 담당한다. 철재로 구성되며 스크린 상하부에 연결되어 있다. 서포트 빔의 하중은 다음 식에 의해서 구한다.

$$W_2 = P \times l_1 \times 10^{-4} = 12.0(\text{kgf/cm}) \quad (3.4.18)$$

여기서,  $W_2$  : 서포트 빔 하중 (kgf/cm)

$l_1$  : 서포트 빔의 간격 (=120.0 cm)이다.

다) 자중에 의한 스크린의 하중

자중에 의한 스크린의 하중계산은 다음 식으로 계산한다.

$$W_3 = (G_1 \times N) \times \cos \theta_1 / l_1 = 0.19(\text{kgf/cm}) \quad (3.4.19)$$

여기서,  $W_3$  : 자중에 의한 스크린 하중 (kgf/cm)

$G_1$  : 바 스크린(Bar Screen) 1개의 자중 (=7.06 kgf)

$N$  : 바 스크린의 개수 (=13개)

$\theta_1$  : 스크린 경사각 (=75°)

$l_1$  : 서포트 빔의 간격 (=120.0 cm)이다.

라) 자중에 의한 서포트 빔의 하중

자중에 의한 서포트 빔의 하중계산은 다음 식으로 한다.

$$W_4 = (G_1 \times N / l_2 + G_2 / l_2) \times \cos \theta_1 = 0.02(\text{kgf/cm}) \quad (3.4.20)$$

여기서,  $W_4$  : 자중에 의한 서포트 빔의 하중 (kgf/cm)

$l_2$  : 서포트 빔 1개의 자중 (=42.84kgf)이다.

2) 메인 스크린의 단면

가) 단면의 도심

그림 3.4.4에서 보는 바와 같이 단면의 도심을 구하기 위하여 다음과 같은 식을 사용한다.

$$y = [(t \times h_1 \times h_1 / 2) + (\pi \times (d/2)^2 \times h_3)] / [(t \times h_1) + (\pi \times (d/2)^2)] \\ = 3.93(\text{cm}) \quad (3.4.21)$$

여기서,  $y$  : 스크린 단면 도심 (cm)

- $h_1$  : 스크린 빔 높이 (=6.5cm)
- $h_2$  : 스크린 전체 높이 (=7.7cm)
- $h_3$  : 스크린 빔 및 봉 반경 높이 (=7.1cm)
- $t$  : 스크린 빔 두께 (=0.8cm)
- $\Phi d$  : 스크린 빔 봉 직경 (=1.2cm)이다.

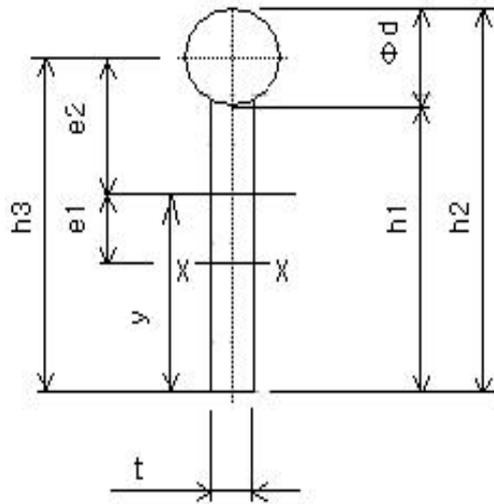


그림 3.4.4 스크린 단면도

나) 단면 2차 모멘트(Moment)

단면 2차 모멘트를 계산하기 위하여 우선 그림 3.4.4에 나타난  $e_1$  과  $e_2$ 를 계산하면 다음과 같다.

$$e_1 = y - h_1/2 = 0.68(cm) \quad (3.4.22)$$

$$e_2 = h_3 - y = 3.17(cm) \quad (3.4.23)$$

따라서 단면 2차 모멘트를 구하는 식은 다음과 같다.

$$I_X = I_G + A \times e^2$$

$$= (t \times h_1^3 / 12 + t \times h_1 \times e_1^2) + (\pi \times d^4 / 64 + \pi \times d^2 \times e_2^2) = 41.02 (cm^4) \quad (3.4.24)$$

여기서,  $I_X$  : 단면 2차 모멘트 ( $cm^4$ )

$I_G$  : 수평축(x축)에 관한 단면 2차 모멘트 ( $cm^4$ )

$A$  : 스크린 빔 및 봉의 단면적 ( $cm^2$ )이다.

다) 단면계수

단면계수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$Z_X = I_X / y = 10.43 (cm^3) \quad (3.4.25)$$

3) 굽힘응력

제진기 스크린의 변형에 대한 응력을 계산하기 위하여 굽힘응력을 계산한다. 제진기는 스프로킷에 연결되어 체인이 돌아가는 형태로서, 제진기의 형태를 고정시키는 역할까지를 하고 있는 스크린이 외부의 영향으로 휘거나 변형이 오면 일정한 궤도를 따라 작동하는 체인이 돌지를 못해서 과부하가 체인에 걸리고, 이에 따라 동력부에 과도한 힘이 역으로 작용하여 고장이 나는 원인이 된다. 따라서 스크린의 굽힘응력을 계산하는 것이 제진기 구조의 효율성을 위하여 중요한 사항이다. 굽힘응력을 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\sigma_1 = ((W_1 + W_3) \times l_1^2) / (8 \times Z_X \times N) = 1606.6 (kgf/cm^2) \quad (3.4.26)$$

여기서,  $\sigma_1$  : 굽힘응력 ( $kgf/cm^2$ )

$W_1$  : 스크린 하중 (=121.0  $kgf/cm$ )

$W_3$  : 자중에 의한 스크린 하중 (=0.19  $kgf/cm$ )

$l_1$  : 서포트 빔의 간격 (=120.0  $cm$ )

$Z_X$  : 단면계수 (=10.43  $cm^3$ )

$N$  : 바 스크린의 개수 (=13개)이다.

4) 처짐(Deflection)

스크린 바가 나지에 노출되어 있는 채로 온도의 변화를 받으면서 변형이 되는 원인 중의 하나가 처짐현상에 있다. 이 처짐현상을 미리 계산함으로써 스크린 변형에 따른 안전설계를 할 수 있다. 스크린 바의 처짐에 대한 계산은 다음과 같다.

$$\delta = ((W_1 + W_3) \times l_1^4) / (192 \times E \times I_X \times N) = 0.116 (cm) \quad (3.4.27)$$

여기서,  $\delta$  : 처짐 (cm)

$E$  : 탄성계수 ( $= 2.1 \times 10^6$ )이다.

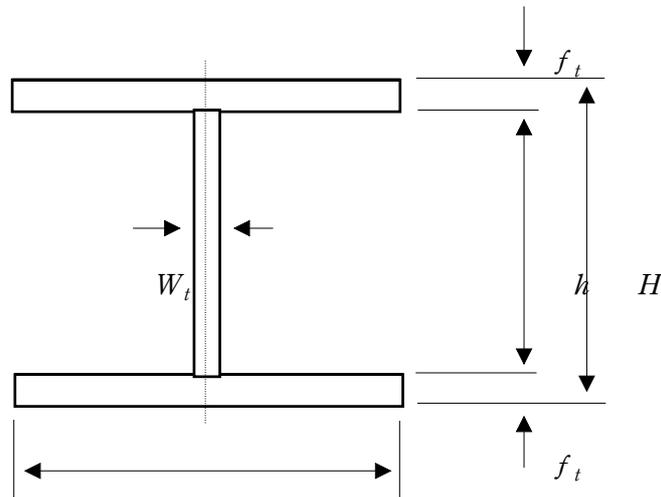
또한 서포트 빔 간격에 대한 처짐율은 다음과 같다.

$$\epsilon = \delta / l_1 = 1/1034.4 < 1/800.0 \quad (3.4.28)$$

따라서 처짐율이 식(3.4.28)과 같으므로 충분히 안정된다.

마. 서포트 빔(Support Beam)의 강도

서포트 빔은 스크린과 제진기 본체를 지지하는 것으로서 이 빔의 강도에 따라 제진기의 내구연한이 많은 영향을 받게 된다. 따라서 일정한 간격과 두께를 유지해야 하며 재질에 따라서도 많은 차이가 있다. 다음 그림 3.4.5에서 알 수 있듯이 서포트 빔은 I 형강의 모양을 하고 있으며 구조상으로는 가장 안정된 구조를 채용하였다.



B  
그림 3.4.5 서포트 빔 구조도

1) 단면 2차 모멘트

서포트 빔의 단면 2차 모멘트를 구하기 위해서는 다음과 같은 식을 이용한다.

$$I_X = (B \times H^3 - h^3 \times (B - W_t)) / 12 = 2584.59 (cm^4) \quad (3.4.29)$$

여기서,  $I_X$  : 단면 2차 모멘트 ( $cm^4$ )  
 $B$  : I형강 폭 (=15.0 cm)  
 $H$  : I형강 외측 높이 (=19.4 cm)  
 $h$  : I형강 내측 높이 (=17.6 cm)  
 $W_t$  : I형강 빔 두께 (=0.6 cm)  
 $f_t$  : I형강 두께 (=0.9 cm)이다.

2) 단면계수

단면계수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$Z_X = (B \times H^3 - h^3 \times (B - W_t)) / (6 \times H) = 266.45 (cm^3) \quad (3.4.30)$$

3) 굽힘응력

서포트 빔의 굽힘응력은 제진기의 변형에 가장 큰 영향을 미치는 항으로서, 이 굽힘응력의 크기에 따라서 재료의 두께를 결정하게 된다. 서포트 빔의 굽힘응력에 관한 식은 다음을 이용한다.

$$\sigma = ((W_2 + W_4) \times l_2^2 / (8 \times Z_X)) = 690.77 (kgf/cm^2) \quad (3.4.31)$$

여기서,  $\sigma$  : 굽힘응력 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$W_2$  : 서포트 빔(Support Beam)의 하중 (=12.0 kgf/cm)

$W_4$  : 자중에 의한 서포트 빔의 하중 (=0.02 kgf/cm)

$l_2$  : 서포트 빔의 지지 거리 (=350.0 cm)이다.

4) 처짐

서포트 빔은 나지에 노출되어 있는 채로 온도의 변화를 받으면서 변형이 되는 원인 중의 하나가 처짐현상에 있다. 이 처짐현상을 미리 계산함으로써 스크린 변형에 따른 안전설계를 할 수 있다. 서포트 빔의 처짐에 대한 계산은 다음과 같다.

$$\delta = ((W_2 + W_4) \times l_2^4 / (192 \times E \times I_X)) = 0.173 (cm) \quad (3.4.32)$$

또한 서포트 빔 간격에 대한 처짐율은 다음과 같다.

$$\epsilon = \delta / l_2 = 1/2023.1 < 1/800.0 \quad (3.4.33)$$

따라서 처짐율이 식(3.4.33)과 같으므로 충분히 안정된다.

바. 계산에 의한 제진기 사양

상기의 가에서 마까지의 계산결과에 의해서 나온 제진기의 사양은 표 3.4.1과 같다. 이 계산에서 주의할 점은 우선 제진기의 가설계를 위해서는 수로의 크기 및 유속이 결정되어야 하며, 이에 따라서 제진기 본체 및 레이크의 크기와 수량, 수차로부터 얻을 수 있는 동력과 수차크기가 결정된다. 보통 수차에 의해서 동력을 얻고 이 동력을 이용하여 오물을 제거할 수 있는 크기의 동력은 다음 장에서 실험에 의한 설명을 논할 때 다시 한번 기술하지만 최소한 0.15m/s 이상의 유속이 필요하다. 이때 레이크에 적재되어 있는 오물의 양은 약 30kg/Rake · 1EA 로서 유속이 그 이하로 떨어지면 오물을 효율적으로 제거하기가

표 3.4.1 구조계산에 의한 무동력 자동 제진기 사양

구 분	제 원
제진기 형식	- 전면인양, 배면하강 레이크 순환식
제진기 설치 수로 크기	- 폭 1.4 m × 높이 1.5 m
유효부폭	- 63.0 mm - 스크린 피치(Screen Pitch) : 75.0 mm
인양능력	- 116.0 kg/Cycle/Rake 1EA
레이크 수량	- 4 EA
레이크 폭	- 300 mm
레이크 길이	- 1,210 mm
인양속도	- 5.0 m/min. (about)
레이크 피치	- 3,650 mm
감속기	- 1/189
처짐	- 1/800
설계 수위차	- 0.2 m
설치 각도	- 75.0°

어렵다. 또한 이러한 무동력 자동 제진기의 경우에는 수로 내 유속뿐만이 아니라 오물의 종류 및 양에 따라서도 대단히 민감하게 반응을 하기 때문에 이를 잘 감안하여 구조설계 시 안전 값을 최대한 삽입하여 계산하는 것이 중요하다.

## 5. 제작 및 설치

시작품의 개발에 앞서 설치하는 대상 수로는 농어촌연구원 물관리자동화(TM/TC)시험포장의 용수로로 결정을 하였다.

그 이유는 두 가지로서 첫 번째는 상기 4항에 의한 구조설계계산에 의해 설계를 하였어도 완전히 검증된 제품이 아니며 실제 현장에 설치하여 작동이 불가능한 경우에는 수로 범람에 의한 논침수등의 피해를 발생시킬 수 있기 때문에, 수로의 수혜면적이 아주 적은 농어촌연구원 물관리자동화(TM/TC)시험포장의 용수로가 적정하다는 결론을 내렸고, 두 번째로는 상시 모니터링에 의해 고장부위를 검토하기 위함이었다.

농어촌연구원의 물관리자동화시험포장은 용수원의 역할을 하는 저수조, 중간수조, 침사지, 폭0.8m×높이0.6m×길이40m 크기의 용수로와 태양광 전동 제수문, 일반전동제수문, 무동력 자동 제수문 각 1조, 전동분수문 2조로 구성되어 있으며 각종 수리시설물의 성능시험을 하는 곳이다.

그림 3.5.1에서 나타낸 바와 같이 제작도면을 용수로의 크기에 맞추어서 작성하였다. 본 제작도면에는 제진기 부품 총조립도, 상부구동축, 레이크, 레이크 핑거, 메인 스크린, 전위 스크린, 프레임, 오투기형 전도게이트, 웨이트형 전도게이트, 수차, 감속기, 수차 및 전도게이트 거치대, 제진기 거치수로등을 나타내었다.

여기서 수차 및 전도게이트의 경우에는 수로에 직접 부착을 시키면 회전시 회전축과 수로와의 마찰에 의해 제 성능을 발휘하기 어렵기 때문에, 거치대를 만들어서 그 안에 각각 수차와 전도게이트를 부착하여 수로에 설치하는 것으로 하였다. 또한 제진기도 용수로가 플룸 조립식 수로로서 상폭과 저폭의 크기가 다른 특징이 있다. 따라서 일정한 레이크 폭을 가져야 하는 제진기의 특성상, 플룸 수로와는 맞지 않는다. 따라서 직사각형 모양의 강재 수로를 제작하여 그 안에 제진기를 부착시키고 기존 용수로에 연결시키는 방법을 사용하였다.

설계는 수로의 크기에 의해 구조계산을 행하고 이에 따라 제진기의 크기를 결정하여 하였다. 설계시 기계성능을 최대화하는 방법을 택하기 위하여 안전설계(safety design)를 하였으며, 본 제진기가 수로에서 발휘할 수 있는 성능보다는 크게 설계하였지만 과다설계를 방지하기 위하여 허용계수를 기존의 배수장 설치 제진기에 준하여 적용을 하였다.

또한, 본 제진기의 설계와 제작·설치에 관해서는 참여기업과 공동으로 시행을 하였으며 제진기 개발에 따른 일련의 작업을 공동으로 함으로서 기술개발의 노하우를 공유할 수 있었다.













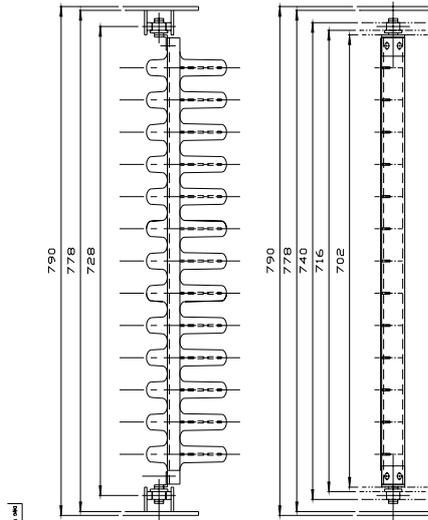
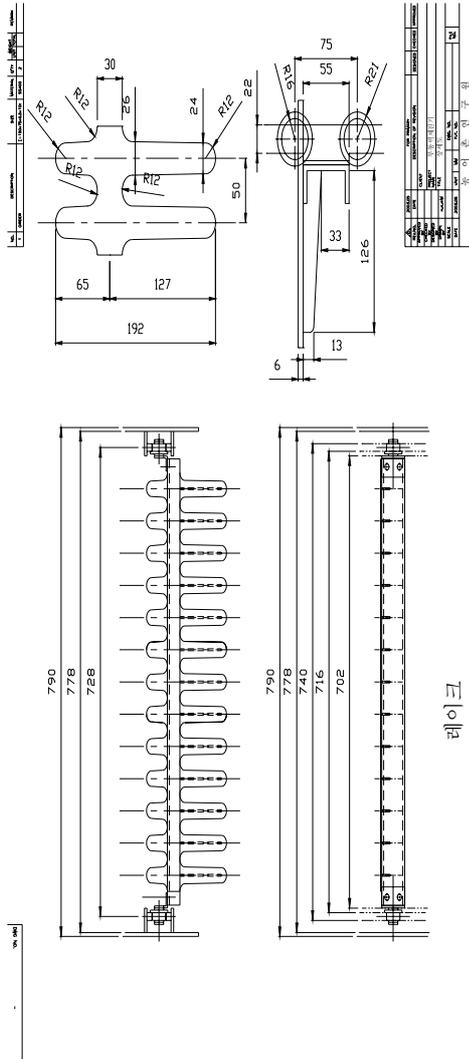


그림 2







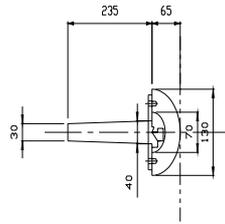






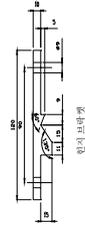
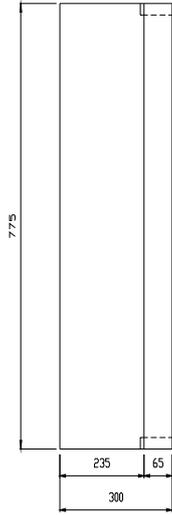


제 1 차	설계	김민준
제 2 차	검토	김민준
제 3 차	승인	김민준
제 4 차	확인	김민준
제 5 차	발주	김민준



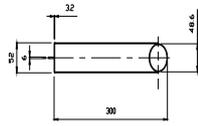
제 1 차	설계	김민준
제 2 차	검토	김민준
제 3 차	승인	김민준
제 4 차	확인	김민준
제 5 차	발주	김민준

제 1 차	설계	김민준
제 2 차	검토	김민준
제 3 차	승인	김민준
제 4 차	확인	김민준
제 5 차	발주	김민준



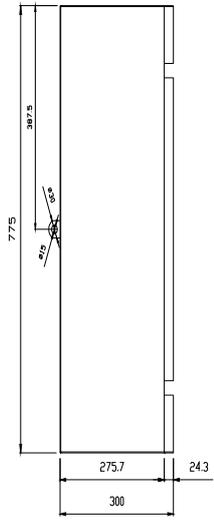


№	ИЗМЕНЕНИЯ	№	ДАТА	ПОЯСНЕНИЯ
1				



№	ИЗМЕНЕНИЯ	№	ДАТА	ПОЯСНЕНИЯ
1				

№	ИЗМЕНЕНИЯ	№	ДАТА	ПОЯСНЕНИЯ
1				



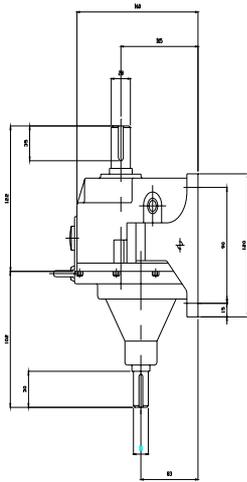






№	1
Имя	Иванов И.И.
Фамилия	Иванов
Группа	Механика
Дата	15.10.2023
Стр.	1

№	1
Имя	Иванов И.И.
Фамилия	Иванов
Группа	Механика
Дата	15.10.2023
Стр.	1



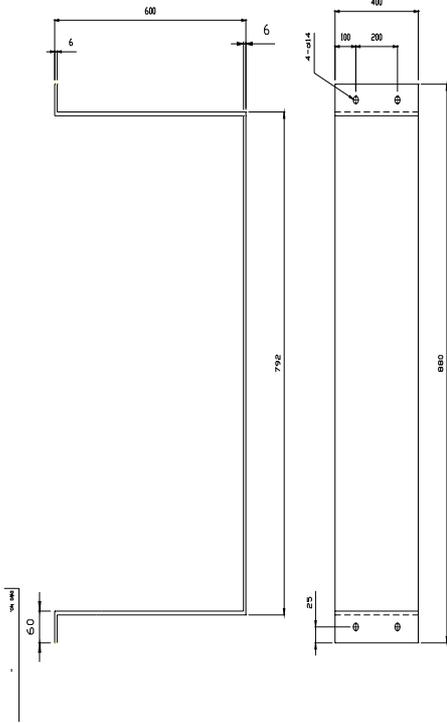
№	1
Имя	Иванов И.И.
Фамилия	Иванов
Группа	Механика
Дата	15.10.2023
Стр.	1



№	ИЗМЕНЕНИЯ	№	ДАТА	ПОДПИСЬ



№	ИЗМЕНЕНИЯ	№	ДАТА	ПОДПИСЬ







가. 무동력 자동 제진기 제작

상기의 그림 3.5.1의 무동력 자동 제진기 제작 도면에 의한 사양은 표 3.5.1과 같다.

표 3.5.1 물관리자동화시험포장 설치 무동력 자동 제진기 사양

항 목	규 격
수차	- 직경300mm×폭659mm
전도게이트	- 오뚜기형 : 폭775mm×높이300mm - 웨이트형 : 폭775mm×높이300mm
감속기	- 감속비 1/20
체인	- 폭0.19m×길이0.7m
레이크	- 폭0.19m×길이0.7m
메인스크린	- 폭778mm×높이800mm
전위스크린	- 폭778mm×높이266mm
Sprocket	- 직경150mm×두께15mm
오물수거대	- 폭400mm×길이900mm

1) 수차(Windmill)

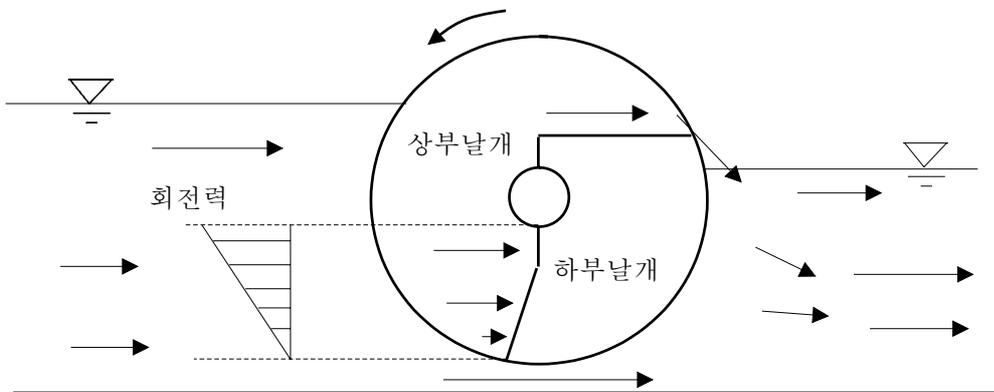


그림 3.5.2 수차회전 메커니즘

수차는 수로 내 유량의 속도에 의해서 회전을 하며, 이 회전력이 체인을 따라 감속기로 전해지고, 이 감속기와 제진기 본체에 연결된 체인에 의하여 직접 레이크를 돌리게 되어 오물을 수거하는 메커니즘 중에서 동력을 발생시키는 역할을 하는 무동력 자동 제진기의 핵심역할을 한다.

그림 3.5.2에서 보는 바와 같이 보통, 회전은 초기에 수차가 움직일 때에 관성력(=움직이지 않으려고 하는 초기관성력)에 의해 초기저항을 받게 되며, 관성제한점(Limit Point)을 지나면 수차가 회전하기 시작하며, 일단 회전을 하여 탄력을 받게 되면 원심력(=회전하는 힘으로서 바깥쪽이 무거울수록 원심력은 커진다.)에 의한 플라이 휠 효과(Fly Wheel Effect)에 의하여 더더욱 빠른 회전을 얻는다. 이러한 현상은 계산에 의한 유속에 따른 수차회전수(rpm)보다 더 많은 회전수를 갖게 할 수 있으며, 이에 따라 제진기 레이크의 분당 회전수(cycle/min.)가 많아진다. 그러나 이러한 수차에도 단점이 있어서, 그 하나는 수로 바닥에 수차를 장착시키면 수차하류의 수위가 올라가는 경우에는, 본 수차의 형태가 유속에 의하여 회전을 얻는 형태이기 때문에, 수차의 상부 및 하부 유속이 비슷하게 되면 수차가 돌지 않는다. 따라서 항상 유속을 얻을 수 있는 수위가 수차하부에 있어야 하는 단점이 있다. 두 번째는 오물에 대한 약점으로서 만약 전위스크린을 넘어 오물이 수차로 진행하고, 이에 따라 수차하부에 오물이 끼이면 수차는 작동을 하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이에 대한 대책이 필요하다. 세 번째로는 만약 일시적으로 수차하류의 수위가 급히 상승하여 백 워터(Back Water)가 형성되면, 순간적으로 수차에 걸리는 유속이 부압의 작용에 의하여 역회전을 하게 되며, 따라서 레이크가 제진기 상부방향이 아니라 하부 방향으로 작동을 하여 걷어낸 오물을 다시 수로로 내 버리는 경우도 발생할 수 있다.

여기서 원활한 수차 회전을 발생시키기 위하여 본 연구에서는 수차의 날개에 약간의 변형을 시도하였다. 그 이유는 수로 내 종적 유속분포가 위로 올라갈수록 유속이 크기 때문에, 수심이 수차 직정보다 더 큰 경우에는 수차가 돌지 않거나 역회전을 하는 경우가 있다. 따라서 수차 날개를 고정시키지 않고 위치에 따라서 움직일 수 있도록 하여, 수차날개가 바닥에 가 있는 경우에는 물을 막는 역할을 하게 하며, 수차날개가 상부에 가 있는 경우에는 뒤로 제껴져서 물이 그대로 하류 방향으로 통과되게끔 하였다. 이러한 구조에 의해서 하부 날개는 물의 유속에 의한 힘을 수차 날개의 면적만큼 받게 하고, 상부 날개는 유속에 의한 힘을 받지 못하게 하여, 수차가 회전되도록 하는 메커니즘을 형성시켰다. 이러한 메커니즘은 물 속에서 회전을 하는데 최적의 조건이라 할 수 있다.

그림 3.5.2와 같은 메커니즘으로 수차를 시계반대방향으로 회전을 시켜 회전력을 얻는 것으로서 수차의 회전력은 다음과 같다.

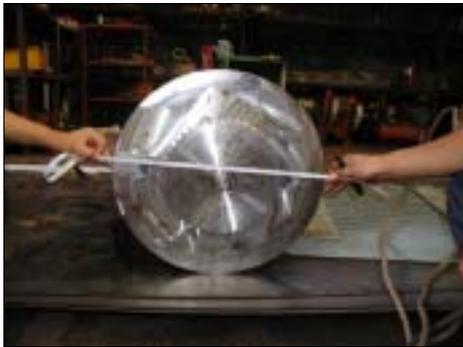
$$F_w = M_w \times v_c \quad (3.5.1)$$

여기서,  $F_w$  : 수차의 회전력 (m<sup>3</sup>/s)

$M_w$  : 회전날개판의 면적 (m<sup>2</sup>)

$v_c$  : 수로내 유속 (m/s)이다.

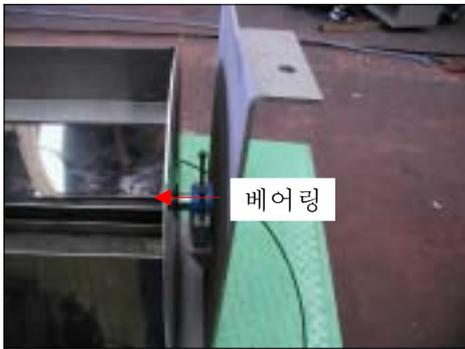
식(3.5.1)에 의해 알 수 있듯이 수차의 회전력을 높이려면 수차의 회전날개의 단면적을 증가시키든지 아니면 유속이 빠른 곳에 설치를 하면 레이크의 오물수거능력을 향상시킬



(a) 수차직경



(b) 거치대에 부착시킨 수차



(c) 수차 및 거치대 연결부



(d) 수차를 설치한 모습

사진 3.5.1 수차제작 및 설치 모습

수 있다. 수로 내에서의 유속증가를 위해서는 각락판이 설치되어 있는 곳과 같은 장소에 설치하면 큰 회전동력을 얻을 수 있다. 또한 사진 3.5.1에서 보는 바와 같이 수차와 수차거치대에는 베어링을 사용하여 연결을 하였으며, 이때 베어링은 스테인레스와 PE로 된 연결판으로 되어 있어서 특히 물 속에서의 작동이 원활한 것이 특징이다. 또한 그림 3.5.3에서 보는 바와 같이 수차의 회전축과 수차거치대의 연결부 안은 볼베어링으로 되어 있어서, 수차 회전시 마찰력을 최대한으로 줄인 것이 그 특징이다. 특히 베어링축에 들어 있는 볼베어링은 STS304 계열로서, 축 사이의 녹에 의해 회전이 곤란하게 되는 것을 방지할 수 있도록 되어 있다.

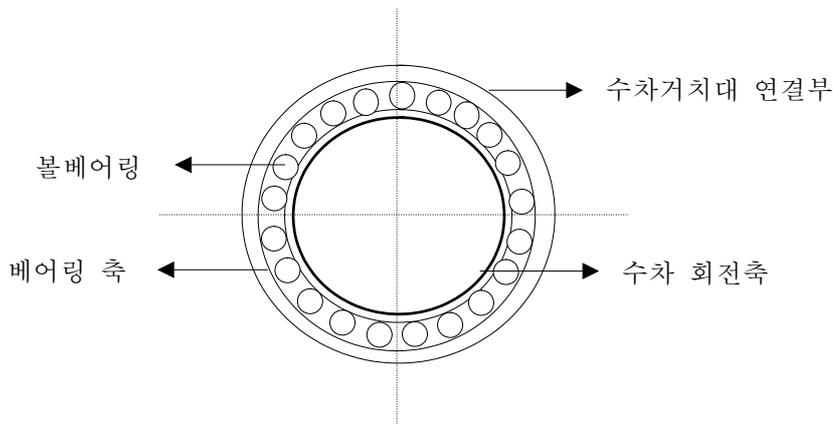
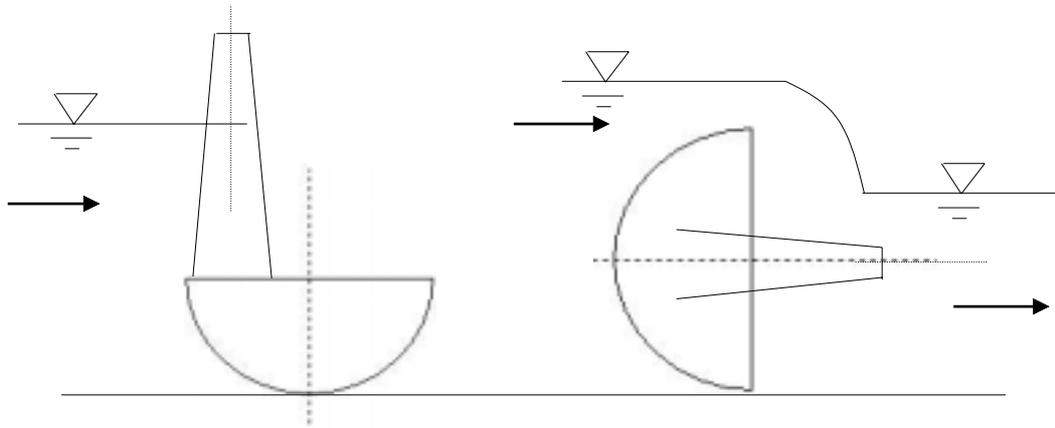


그림 3.5.3 수차 회전축 및 수차거치대 연결부 구조

## 2) 전도게이트(Gate)

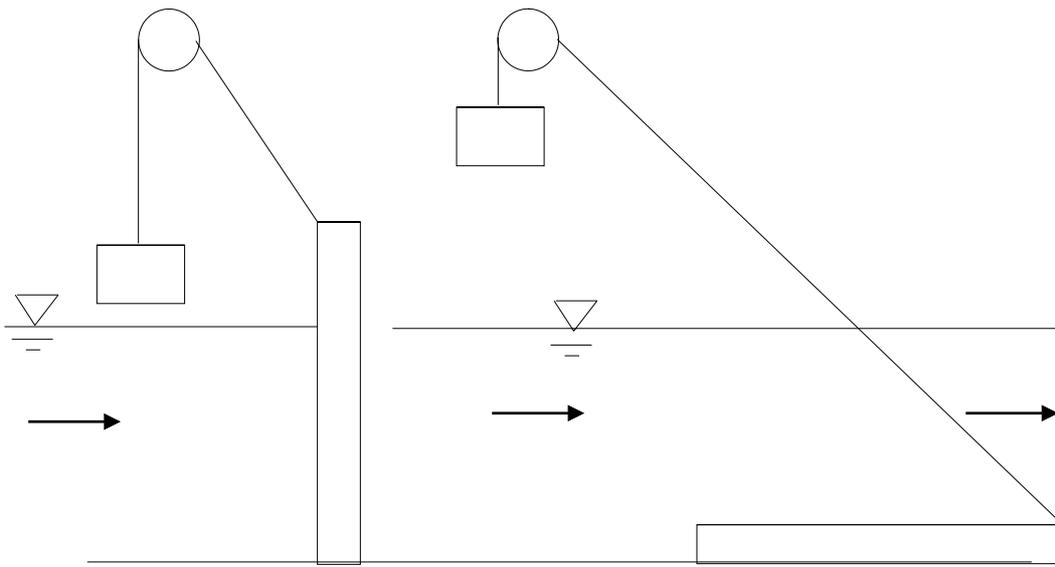
전도게이트는 수로내의 유황상황이 좋지 않을 때, 특히 배수로와 같은 지역에서는 유량의 차이가 심하기 때문에 갈수기와 홍수기의 유량은 커다란 차이를 보인다. 따라서 수로내에 유량이 거의 없다고 판단되는 경우에 제진기 앞에서 전도게이트를 설치하여 유량을 확보하고 게이트가 전도수심에 도달하여 전도되면, 일시에 유량이 게이트 하류 방향으로 나아가며, 그 때에 발생하는 유속으로 수차를 돌리게 하는 장치이다. 여기서 게이트는 2가지 형식으로 개발을 하였는데 그림 3.5.4와 3.5.5에서 보는 바와 같이 첫 번째가 오투기형 전도 게이트로서 무게 중심이 수문비 하방의 받침대에 걸려 있어서 일정한 힘을 가하면 게이트가 누워 있지만 그 힘이 임계점(Critical Point)에 도달하면 다시 올라오려는 힘을 가지



(a) 유량확보시 작동도

(b) 유량방출시 작동도

그림 3.5.4 오투기형 전도게이트의 작동도



(a) 유량확보시 작동도

(b) 유량방출시 작동도

그림 3.5.5 웨이트형 전도게이트의 작동도

고 있다. 이 게이트의 장점은 전도수심을 수시로 설정하지 않아도 최초의 전도수심 설정시 계획된 설계에 의하여 제작을 하면, 항상 수로 내 수심이 전도수심에 도달하면 게이트가 전도된다. 이 게이트의 또 다른 사용법은 특히 저수지의 유량확보를 위해 제방을 손상하는 경우 많은 토목비용이 소요되지만, 오투기형 전도 게이트를 설치하면 일정상승수위까지는 저수지에 물을 저장하다가 그 수심이 넘어서면 게이트가 전도되어 저수지의 유량을 감소시키게 하는 자연스런 물관리가 가능할 것이다. 두 번째는 웨이트형 전도게이트로서 수로 내 유속에 의한 힘과 게이트의 자중을 천칭형 저울에 쓰이는 무게추 및 와이어의 길이를 이용하여 균형을 맞추는 것으로서 전도수심을 현장의 여건에 맞게 자유로이 변경시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 전도게이트와 무게추 사이가 와이어(Weir)로 연결되어 있기 때문에 외부로부터의 간섭이 있으면 작동하지 않을 위험성도 내재되어 있다. 사진 3.5.2는 오투기형과 웨이트형 전도게이트가 제작된 모습이다.



(a) 오투기형 전도게이트



(b) 웨이트형 전도게이트

사진 3.5.2 전도게이트 종류

### 3) 감속기(Reducer)

감속기는 전달동력을 증폭시키는 장치로서, 기본적인 기능은 수차로부터 발생된 회전력을 수차와 감속기를 연결하는 체인으로부터 받아서, 힘을 증폭시켜 감속기와 제진기 본체 스프로킷(Sprocket)에 연결된 체인에 전달시켜서, 직접 레이크를 작동시키는 역할을 한다. 감속기의 경우에는 주로 모터에 연결되어 모터의 작은 회전비에서 나온 힘을 큰 회전비로

전환시키고(경우에 따라서는 동력전달을 작게 하는 기능도 수행하여 큰 회전비에서 나온 동력을 작은 회전비에 연결하여 힘을 축소시키기도 한다.) 그 힘을 전달하는 것으로서, 회전비에 따라 증폭의 비가 결정된다. 이는 모터의 회전축에서 나온 회전력을 그대로 제진기에 전달할 경우 무리한 힘전달에 의해서 메커니즘 자체가 망가질 수도 있으며, 아주 센 유속으로 수차를 회전시켜 큰 회전력을 발생시키지 않으면 레이크를 작동할 수 없다는 것을 의미하기도 한다. 본래 감속기는 일반 전동구동용 모터의 회전비를 증폭시키는 역할로서 개발된 것으로서, 그 종류는 기어식, 클랙식, 공압식등으로 이루어져 있다. 이 중 일반적으로 사용되는 것은 기어식으로서 피치의 개수가 서로 다른 두 개의 기어를 맞물려서 회전비의 변화를 줌으로서 구동성능을 결정짓는 가장 중요한 요인이다.

사진 3.5.3에서 보는 바와 같이 본 무동력 자동 제진기에 사용된 감속기는 감속비가 1/189로 힘증폭에 주안점을 둔 감속기로서, 재질은 기어가 STS 304이다. 특히 기어의 맞물림에 관해서는 치차형의 양단기어가 서로 맞물려 있는 형태로, 기어 내부의 사이에는 윤활유가 들어가 있어 작동시 회전운동을 도와주는 역할도 하고 있다.



사진 3.5.3 무동력 자동 제진기용 감속기

#### 4) 동력전달용 체인(Chain)

동력발생용 수차로부터 나온 동력을 감속기에서 증폭을 시켜 제진기의 레이크로 전달하여 작동시키는 과정에 세 가지의 체인이 사용되며 그림 3.56에서 보는 바와 같은 구성을

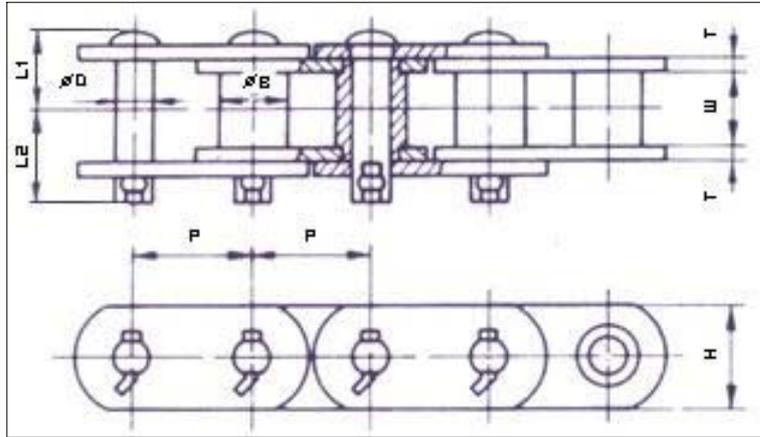


그림 3.5.6 체인 구성도

표 3.5.2 체인의 물리적 특성

번호	평균 파단강도 (kgf)	보 증 파단강도 (kgf)	피치 P (mm)	부쉬경 B (mm)	내폭 W (mm)	링 크 플레이트		핀			중 량 (kg/m)
						T (mm)	H (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	
KS120	11,000	10,100	38.10	22.23	25.4	5	33.0	12.70	27.5	31.5	6.8
KS140	14,000	13,000	44.45	24.40	25.4	6	38.0	14.45	29.5	37.0	9.5
KS160	18,500	17,000	50.80	25.58	31.7	6	44.0	15.78	34.5	40.5	10.9
KS200	31,500	29,000	63.50	39.69	38.1	9	54.0	22.10	45.5	50.5	20.7
KS240	40,000	37,000	76.20	47.62	47.6	10	63.5	25.27	53.5	57.5	27.8



사진 3.5.4 동력전달용 체인

하고 있다. 사진 3.5.4에서 보는 바와 같이 그 종류의 첫 번째는 수차와 감속기를 연결하는 체인이고, 또 하나는 감속기와 레이크 구동축과 연결된 체인이며, 마지막으로 구동용 스프로킷축에 연결되어 레이크를 직접 움직이는 체인이다. 보통 체인은 콘베이어용과 수처리용으로 나누어서 개발되어 있으며, 본 제진기에 사용되는 체인은 녹방지 수처리용 체인이다. 본 체인은 큰 핀을 채용하여 내마모성을 높여 주었고, 물리적 특성은 표 3.5.2에 나타난 바와 같이 부품은 13크롬(Cr)계 스테인레스강을 처리하여 내식성과 높은 강도를 지니도록 하였다.

#### 5) 레이크(Rake)

전달된 동력이 구동축을 작동시키면 축과 축에 연결된 체인이 움직이면서 레이크를 움직이게 한다. 이에 따라 레이크는 전면상승 배면하강으로 스크린에 걸린 오물을 제거하는 역할을 한다. 레이크의 종류는 하방에서 상방으로 끌어올리면서 오물을 제거하는 유압식의 갈퀴모양 레이크와 그림 3.5.7에서 보는 바와 같이 스크린에 걸린 오물을 하방에서 상방으로 운반하면서 오물을 제거하는 로타리식의 평면갈퀴모양의 레이크가 있다. 이 두 가지 레이크는 각각 사용방법에 따라 모양을 달리하고 있으나 동일한 기능을 수행하고 있다. 또한 제진기의 오물처리효율은 레이크의 크기에 좌우되나, 레이크의 크기는 제진기의 동력용량에 의해 결정되므로 무한정 크기는 제작할 수 없다. 따라서 제진기의 처리효율을 높이기

위해서는 레이크의 크기보다는 레이크의 수를 늘려서 처리효율을 높이는 방법을 택하고 있다. 본 제진기에도 4조의 레이크를 부착시켜서 5분 동안에 4조의 레이크가 1회전을 하는 것을 상정하여 오물처리효율을 정하였다. 레이크는 본체와 갈퀴로 나누어서 구성되어 있으며 본체의 총길이는 0.7m이고 갈퀴의 폭은 0.19m로서 제작되었다. 레이크 재질은 STS304로서 부식에 강한 재질을 사용하였으며, 본체와는 구동용 체인으로 연결되어 있다. 특히 레이크에서의 문제점 중 하나는 오물이 스크린 사이에 끼어서 작동이 불가능할 때 무리한 동력사용으로 권양을 하면 종종 레이크의 갈퀴가 부러지는 경우가 발생한다. 이를 방지하기 위해서 레이크의 양 끝단에 강력 스프링을 부착하여 일정한 힘 이상으로 레이크에 부하가 걸릴 때에는 자동적으로 레이크가 하방으로 젖혀져서 레이크가 부러지는 것을 사전에 방지할 수도 있다.

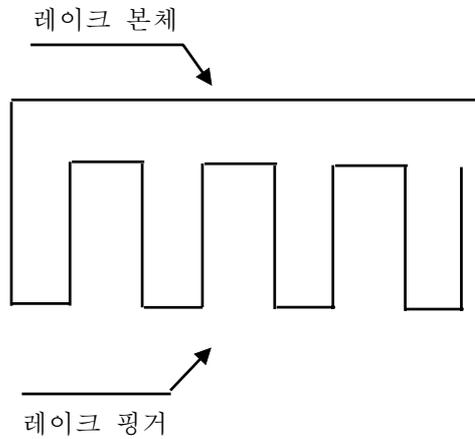


그림 3.5.7 레이크 구조

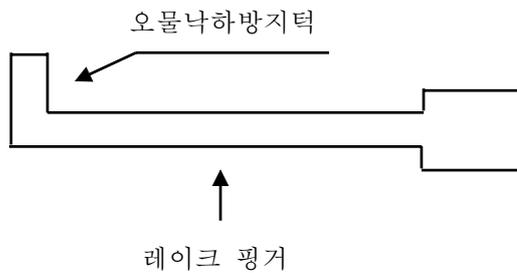


그림 3.5.8 레이크 핑거의 오물낙하방지 턱

또한 오물처리능력을 향상시키는 방법으로서, 레이크 핑거 끝단의 구조를 변경시키는 방법이 있다. 오물중 원형, 특히 농약병, 빈병등과 같은 것은 잘못하면 레이크 권양시 다시 수로나 하천 내로 떨어지는 경우가 발생하여 제진기 스크린 앞에 오물이 집적되는 현상을 초래하기도 한다. 이에 따라서 그림 3.5.8과 같이 레이크 핑거의 끝단을 약간 높여서 오물이 수로나 하천으로 떨어지는 것을 방지할 수 있다.

사진 3.5.5에서 보는 바와 같이 레이크는 상부가 원형으로 생긴 스크린을 통과해서 오물을 끌어올리기 때문에 레이크 피치와 피치 사이의 간격조정이 중요하다. 이를 위해 레이크 피치 및 레이크 깊이를 스크린에 맞추어서 규격을 결정해야 한다. 이때 고려해야 할 점은 어느 정도 크기의 오물까지를 수거할 것인가를 판단하여 스크린의 부폭과 레이크의 피치를 정하는 것이 중요하다.



(a) 레이크 전면



(b) 레이크 측면

사진 3.5.5 레이크

#### 6) 메인 스크린(Main Screen)

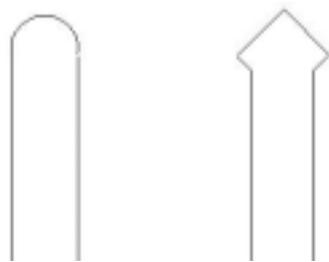
스크린은 수로나 하천의 물을 제진기 하류방향으로 흘려보내면서 오물을 접근시켜 제거시키는 부분으로서, 수동식이든 전동식이든 그 형태는 동일하다. 다만 제진기의 오물처리효율을 높이기 위하여 스크린에 약간의 구조적인 변경을 시도하였다. 보통 오물이 스크린망의 격자보다 클 때에는 별 문제가 없지만 수압이 크며 또한 오물이 스크린 망의 격자에 걸릴 경우에는 레이크로 오물을 견어올리는데 많은 노력이 소요된다. 따라서 사진 3.5.6에서 보는 바와 같이 일반적인 I형 구조의 스크린은 오물이 스크린 망에 끼는 경우가 많기



사진 3.5.6 메인 스크린

때문에 이를 구조적으로 변경시킬 필요가 있다. 그러나 스크린 자체는 탈부착식으로 구조를 변경시키는 것이 불가능하기 때문에, 그림 3.5.9에서 보는 바와 같이 스크린의 최상단의 구조를 둥글게 O형 타입으로 가공을 하여 중간이상으로 오물이 유입되지 않도록 원천적으로 방지를 하였다. 이에 따라 오물이 끼이는 현상이 줄어들었으며 처리효율도 향상되었다. 또 하나의 방법은 마름모꼴로 스크린의 최상단을 가공하는 방법으로서 유속의 유입방향에 따라서 마름모꼴로 스크린 최상단을 변경시키면 유속을 방해하지도 않으면서 O형 타입과 같은 오물끼임현상도 방지할 수 있다.

다만 프레임화 되어 있는 스크린의 재료가공은 곤란하기 때문에 마름모꼴 봉이나 원형 봉을 용접하여 제작을 한다. 용접 1mm가 1ton의 무게를 지탱할 수 있기 때문에 중간 중간에 점용접을 하거나 미세하게 선용접을 하여 마감처리를 하는 방법도 있다. 그러나 이러한 용접작업은 많은 인력을 소요하므로 제작상의 효율성이 떨어지기 때문에 주물에 의해 제작된 완성가공품을 사용한다면 인력의 소모를 최소한으로 하여 제작을 할 수 있다.



(a) O형 타입      (b) 마름모꼴 타입

그림 3.5.9 스크린 최상단 모양

7) 전위스크린(Front Screen)

전위스크린의 역할은 제진기 메인 스크린의 밑으로 빠져나가는 오물을 차단하기 위한 것이다. 제진기의 구조적 특성상 레이크의 길이만큼 메인 스크린이 수로나 하천바닥으로부터 떠 있기 때문에, 이에 대한 대책의 일환으로서 전위스크린을 만들었다. 구조적으로는 메인 스크린을 중간에 자른 형태를 취하고 있으며, 높이는 메인 스크린의 최하단까지를 높이로 하여 제작·설치하였다. 전위스크린의 위치는 그림 3.5.10에 나타내었다.

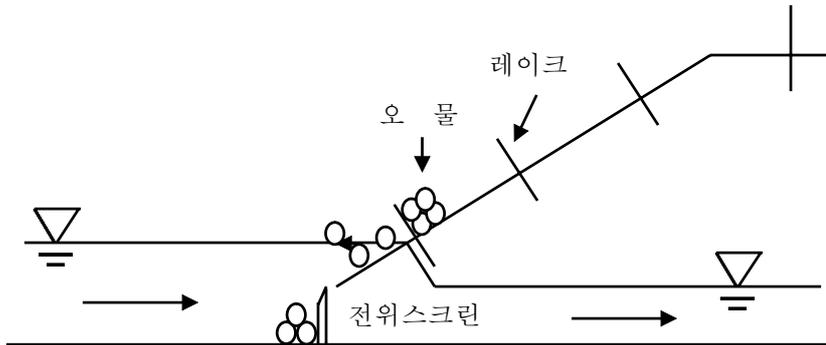


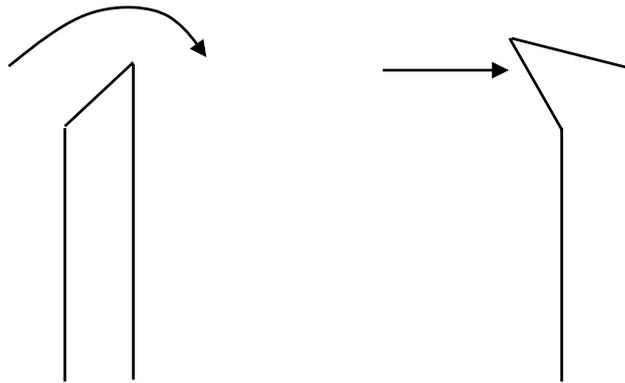
그림 3.5.10 전위스크린 위치



사진 3.5.7 전위스크린

그러나 상기의 구조적인 특성을 살려서 제진기 하방으로부터 유출되는 오물을 차단하여 수거한다고 해도, 사진 3.5.7에서 보는 바와 같이 실제로는 전위스크린과 제진기 메인스크린 사이의 공간(레이크가 지나가는 부분만큼의 공간)이 있기 때문에, 그 사이로 수류가 형성되어 오물이 전위스크린을 넘어서 제진기 본체 메인 스크린의 하방으로부터 유출되는 현상도 발생한다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 전위스크린의 높이를 높이거나 전위스크린을 일정한 경사도를 이루게 해서 눕혀서 메인 스크린과의 공간을 좁히는 방안도 강구할 수 있으나, 원천적으로 완전하게 오물을 차단할 수는 없다. 따라서 전위스크린의 높이만큼의 수위에서의 완전한 오물차단을 위해서 전위스크린의 최상부의 구조를 변경시킬 필요가 있으며, 이에 대한 구조변경예는 그림 3.5.11에 예시를 하였다.

종래의 제진기에는 전위스크린이 없었으며, 전위스크린 설치 제진기의 출현은 지금으로부터 약 20여년 전부터이다. 필요에 의해 만들어진 전위스크린에도 스크린 설치에 따른 토사퇴적으로 인하여 수로나 하천의 수위가 상승하거나 이 퇴적된 토사를 제거하는데 많은 인력이 소요된다. 따라서 전위스크린의 구조 또한 미세한 토사는 하류방향으로 유출시킬 수 있는 구조를 택하는 것이 제진기의 유지관리 측면에서 효율적이라고 판단된다.



(a) 종래 전위스크린 최상단 모양 (b) 변형 전위스크린 최상단 모양

그림 3.5.11 전위스크린 최상단 모양

8) 구동 스프로켓(Operating Sprocket)

구동스프로켓은 제진기 본체 프레임의 레일에 달려 있으며, 레이크와 연결된 체인을 걸어서 직접 동력을 전달하여 레이크를 움직이게 하는 역할을 한다. 상하좌우에 모두 4조가 설치되어 있으며, 구동스프로켓의 구동용이성이 체진레이크의 회전성능을 좌우한다고 말할 수 있다. 그림 3.5.12에서 보는 바와 같이 스프로켓은 다양한 표준 스프로켓을 축경가공만으로 사용할 수 있어야 하며, 4형식, 2재질, 6~12 $\frac{1}{2}$  잇수, 치선 경화도 가능하다. 또한 재질도 STS304 계열을 채택함으로써 높은 강도를 유지하고 있으며, 내마모성은 탄소강을 이용하여 높여야 한다. 또한 치부는 정밀용접, 로울러 틈새가 작은 신치형을 채용하여, 이 물림이 정확한 체인 스프로켓의 마모가 작고 역전도 가능하게 하였다. 또 K어태치먼트 사용시 취부물과 치선단을 간섭하지 말아야 하며, 치선단 물림부에는 고주파 열처리에 의한 경화처리로 내마모성을 높였다.

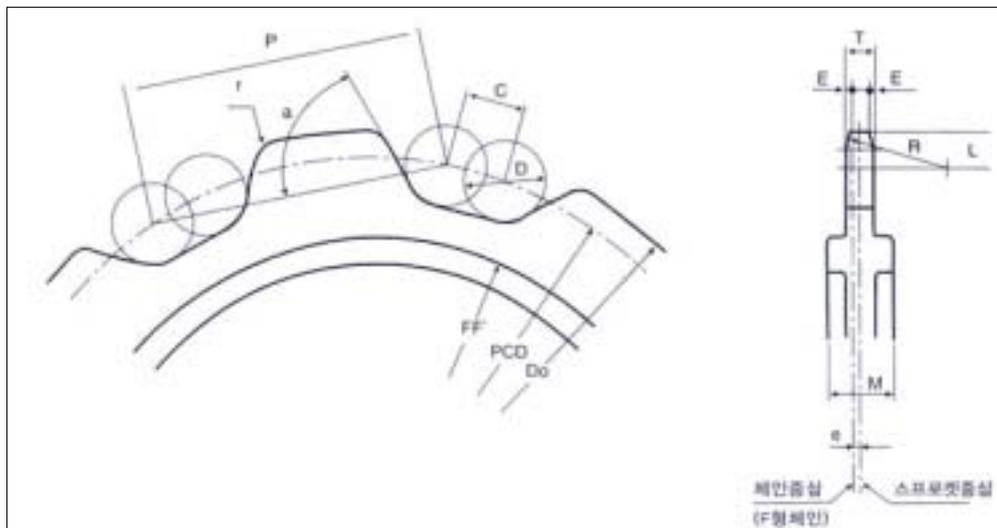


그림 3.5.12 스프로켓 구성도

스프로켓의 각 치수를 결정하기 위해서 그림 3.5.12를 예로 설명을 하면 다음과 같다.

$$PCD = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{N}} \quad (3.5.1)$$

여기서, PCD : 피치원경(mm),

P : 체인피치(mm),

N : 잇수이다.

스프로켓 외경은 플레이트 높이를 기준으로 하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$D_o = PCD + 0.7Dr \quad (Dr > H) \quad (3.5.2)$$

$$D_o = PCD + Dr \quad (Dr < H) \quad (3.5.3)$$

여기서,  $D_o$  : 스프로켓 외경(mm),

$Dr$  : 로울러 외경(mm),

$H$  : 플레이트 높이(mm)이다.

스프로켓의 기본경은 플레이트 높이를 기준으로 하여 다음과 같은 방식으로 계산한다.

$$D = Dr + 3 \quad (Dr \leq 50mm) \quad (3.5.4)$$

$$D = Dr + 4 \quad (Dr < H) \quad (3.5.5)$$

$$D = Dr + 5 \quad (Dr > 100mm) \quad (3.5.6)$$

여기서,  $D$  : 기본경(mm)이다.

또한 피치곡경  $r$ 은 다음과 같은 식으로 계산한다.

$$r = \frac{D_o - PCD}{2} \quad (r \geq 10mm) \quad (3.5.7)$$

피치 안쪽의 양원의 중심거리  $C$ 는 다음 식으로 계산한다.

$$C = P - 2D \quad (\text{단, } C \text{는 최소 } 3mm) \quad (3.5.8)$$

그 외에  $f$  : 플랜지경(mm),

$W$  : 체인내폭(mm),

$W'$  : 로울러의 플랜지를 제외한 폭(mm),

$t$  : 플레이트 두께(mm)이다.

또한 잇수와 감김각은 체인의 초소 맞물림 잇수는 3매 이상이 필요하므로 구성 스프로켓의 초소감김각은 다음과 같다.

$$\text{이중 물림 스프로켓 : } 7\frac{1}{2}, 12\frac{1}{2}$$

즉, 체인의 스프로켓 이가 하나 건너서 물리는 형식으로 스프로켓의 마모가 반감되며 작용치수의 두 배수가 분할치수이다. 또한 스프로켓의 곡경률을 나타내는 치형각  $a$ 의 잇

수에 대한 값은 표 3.5.3과 같으며 제작되어 설치된 스프로킷은 사진 3.5.8에 나타내었다.

표 3.5.3 잇수에 대한 치형각 ( $a$ )

잇수(개)	$a(^{\circ})$	잇수(개)	$a(^{\circ})$
6	79.3	19	68.8
7	77.1	20	68.6
8	75.5	21	68.4
9	74.2	22	68.2
10	73.2	23	68.0
11	72.9	24	67.8
12	71.7	25	67.7
13	71.1	26	67.5
14	70.3	27	67.4
15	70.1	28	67.3
16	69.8	29	67.2
17	69.4	30	67.1
18	69.1		



사진 3.5.8 구동용 스프로킷과 설치 모습

### 9) 오물수거대

오물수거대는 레이크가 끌고 올라 온 오물을 제진기 본체 최말단부에서 180° 회전을 하면서 자연 낙하시킬 때에 이를 받아서 수로나 하천의 외부로 배출하는 기능을 담당한다. 일반 전동식의 유압식이나 로타리식 제진기의 경우에는 콘베이어가 부착되어 있어서, 오물이 레이크에 의해 운반되어 오면 콘베이어가 운반되어 온 오물을 운반하여 최종적으로 적치장이나 트럭에 옮겨 실어서 처리를 하게 된다. 그러나 무동력 자동 제진기의 경우에는 오물 운반동력을 얻기가 힘들기 때문에, 일정한 경사각을 갖고 있는 판을 만들어서, 제진기 본체의 최끝단에 설치하여 오물을 처리하는 방식을 택하였다.



사진 3.5.9 오물수거대

#### 나. 무동력 자동 제진기 설치 및 작동시험

##### 1) 무동력 자동 제진기 설치

무동력 자동 제진기를 상기와 같이 설계·제작하여 농어촌연구원 물관리자동화시험포장 내 수로에 설치하였다. 기존 수로에 맞추어서 제작을 하기보다, 본 제진기는 실험용이기 때문에 언제든지 철거가 가능하도록 강제수로를 만들어서 기존의 수로를 들어내고 그 안에다 강제수로와 제진기를 조립하여 설치를 하였다.

본체 프레임은 폭 0.95m × 높이 1.6m × 길이 2.1m의 크기이며 여기에 각종 부품들을 사전에 모두 조립한 후 설치시에는 강제수로에 볼트로써 연결만 하는 방법을 사용하였다.

이러한 시공은 향후 실용화를 위한 설치공사의 면에서도 효율성을 미리 택하여 본 좋은 사례라고 할 수 있다.



(a) 수차설치



(b) 동력전달용 체인 연결



(c) 설치전면

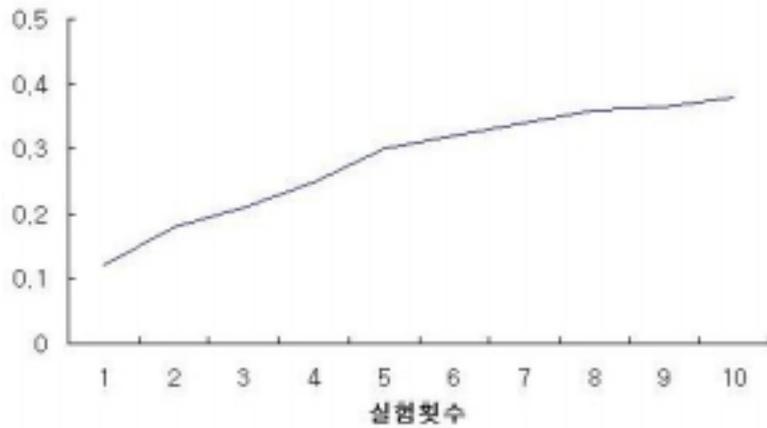


(d) 설치후면

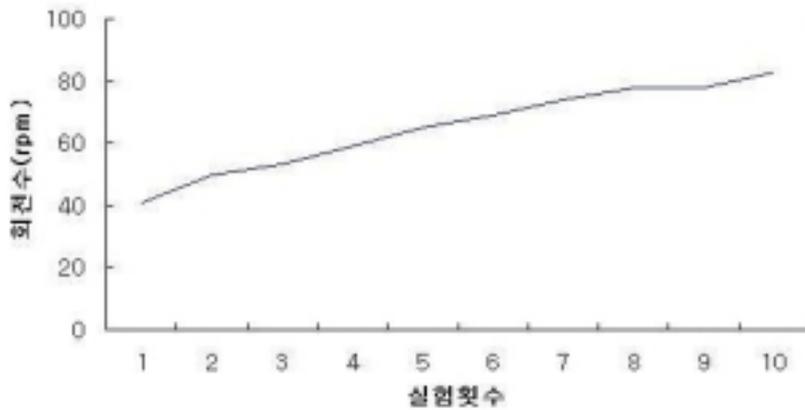
사진 3.5.10 무동력 자동 제진기 설치공사 모습

2) 작동성능시험

시작품 설치 후 작동여부에 관하여 성능시험을 행하였다. 성능시험조건은 저수조의 밸브개도를 조절하면서, 유속을 변화시켜 유속변화에 따른 수차의 회전수와 레이크 작동상황 등을 체크하였다.



(a) 수로내 유속변화



(b) 유속변화에 따른 수차회전수

그래프 3.5.1 수로 내 수차성능시험

표 3.5.4 수로 내 유속과 수차회전수(시험포장)

실험회수	유속 (m/s)	회전수 (rpm)
1	0.12	41
2	0.18	50
3	0.21	53
4	0.25	59
5	0.30	65
6	0.32	69
7	0.34	74
8	0.36	78
9	0.37	78
10	0.38	83

그래프 3.5.1과 표 3.5.4에서 알 수 있듯이 시험포장의 유속은 0.1m/s ~ 0.4m/s으로서 그 이상의 유속은 시험포장의 펌프성과 수로의 구조상 불가능하였다. 유속은 3점법으로 측정하여 결과를 도출하였으며 수차의 회전수는 초시계를 사용하여 분당 회전수를 목측으로 측정하였다. 측정결과 수로 내 유속이 커지면 커질수록 회전수도 이에 따라 커지는 것을 확인하였다. 회전수가 커짐에 따라서 레이크의 이동속도도 빨라졌으며 레이크 1회전에 걸리는 시간이 1분 20초 가량 걸렸다. 그러나 원심력이 관성에 의해서 나타나는 플라이 휠 효과(Fly Wheel Effect)는 수차회전시간이 짧았기 때문에 관측하지는 못하였다.

또한 수차의 직경이 0.3m로서 수로의 수위가 올라감에 따라서 수차를 기준으로 상류 수압은 시계방향의 운동을, 하류수압은 시계반대방향(부압)으로 작용을 하여 수차가 돌지 않는 현상이 발견되었다. 이는 수로내의 수위가 수차의 직경을 넘었을 때에는 수차가 자기 성능을 발휘하지 못한다는 것을 의미한다. 따라서 수차의 직경을 크게 하든지, 수차를 수로 내 수위가 수차의 반경 높이쯤에 오도록 설치한다면 해결할 수 있다. 그러나 현장에서의 물관리나 배수로의 유황상황을 고려한다면 수차의 높이를 자유로이 그 상황에 맞추어



(a) 제진기 상류 수위 측정



(b) 수차회전



(c) 제진기 상류 유속 측정



(d) 수차회전수 체크

사진 3.5.11 무동력 자동 제진기 작동성능시험 전경

서 조절을 하는 것은 불가능하기 때문에 물 속에서도 회전하는 수차의 개발이 필요함을 알았다.

또한 수로의 하류방향이 구조물에 의해서 유량통과가 어려운 경우 백 워터(Back Water)현상이 발생하여 유속이 대단히 느려지고 오히려 수차의 하류방향에서 오는 백 워터의 영향으로 수차가 반대로 도는 현상이 발생하였으며 이러한 현상에 의해서 제진기의 레이크가 상방에서 하방으로 움직이는 역작동도 발생이 되었다.

현재 설치되어 있는 수차는 수로 내 유속에 의해서 수차의 날개가 상부와 하부의 유속 분포의 차에 의해서 회전을 하도록 하였으나 상기와 같은 문제점이 발생함에 따라 물 속

에서도 회전할 수 있는 수차의 모형을 고안할 필요가 생겼다. 이러한 물 속에서도 회전을 할 수 있는 수차의 모형으로서는 수차가 설치되어 있을 때 상부는 완전히 닫혀 있어서 수압을 수차날개의 단면적에 다 받아서 시계방향으로 수차를 돌게 하는 힘을 발생시키고, 하부는 완전히 열리게 하여 물이 그냥 통과되도록 한다면 수차날개 하부는 아무런 저항을 발생시키지 않을 것이다. 그렇다면 물 속에서도 수차날개의 상부와 하부가 물에 의해 움직이려고 하는 힘이 다르기 때문에 수차는 회전을 할 것으로 판단된다.

## 6. 수리실험

### 가. 실험의 목적

상기의 제진기 설치에 따른 수차성능시험에서 나타난 결과에 따라, 물 속에서도 회전을 하여 제진기 본체의 레이크를 작동시킬 수 있는 수차를 개발하기 위한 수리시험을 행하였다. 본 수차수리시험은 물 속에 잠긴 수차가 유속의 변화에 따라 회전작동을 수행하는지를 검토하고, 수차의 회전토크(kgf-cm)를 측정하여 제진기 설계시의 오물집적하중을 극복하고 오물을 수거할 수 있는지를 검토하기 위해서 행하였으며, 본 실험은 물 속에 수차를 잠기어 놓고 하는 실험이므로 수차에 의한 수로 내 수위의 변화 항목은 측정하지는 않았으나, 급격한 수위변화에 대해 수차가 받는 영향을 검토하기 위하여 눈금자를 설치해 놓고 수위의 변화는 목측으로 하였다.

### 나. 수리실험의 전제조건

#### 1) 수로의 조건

수차수리실험을 위한 수로는 농어촌연구원 수리시험장에 있는 가동상 수로를 이용하였다. 수로는 바닥이 철재로서 양벽면은 플라스틱으로 제작되어 수로 내 유황상황을 눈으로 확인할 수 있다. 또한 수로구배(경사도)를 바꾸어서 유속을 변화시킬 수 있도록 하는 유압장치도 마련되어 있다.

수로는 높이 0.9m, 폭 0.6m, 길이 30.1m이며 물을 보내는 펌프는 3대로서 총 0.2m<sup>3</sup>sec.의 용량을 갖추었다. 그림 3.6.1에서 보는 바와 같이 수차는 수로 최상류로부터 15.7m 떨어진 곳에 설치하였으며, 수차를 기준으로 상류에 3.7m 떨어져서 유속을 안정시키기 위한 망을 설치하였고, 하류에도 3.23m 떨어진 곳에 망을 설치하였다. 또한 수위의 급격한 변화를 알기 위하여 수차를 기준으로 총 7개를 설치하였으며, 한계수심을 유지시켜 주는 수문은

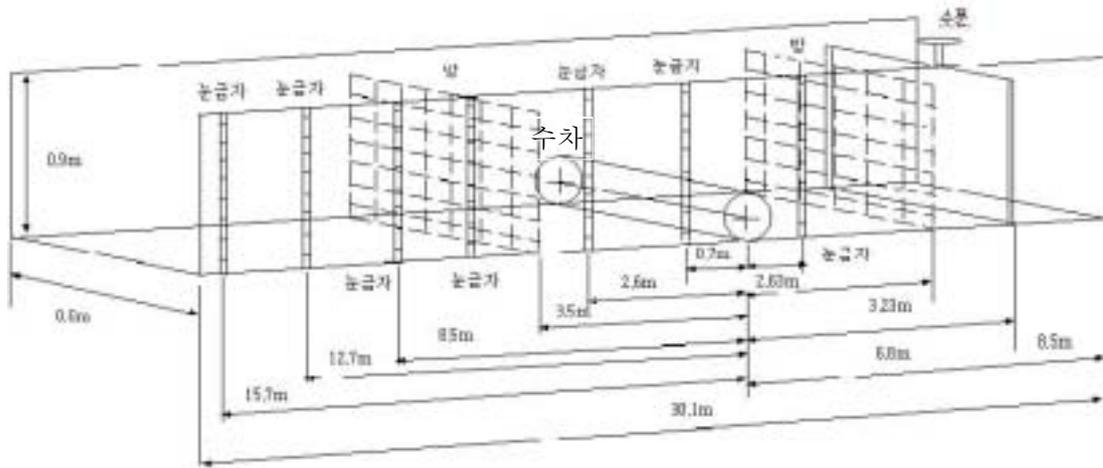


그림 3.6.1 가동상수로 및 측정시설 배치도

수차하류로 8.5m 떨어진 위치에 설치되어 있다. 여기서, 유속을 재는 위치는 수차상류 망으로부터 하류방향으로 1m 떨어진 곳으로서, 수차에 대한 유속간섭을 피하기 위해 수로 폭 0.6m의 3배가 넘는 위치인 수차로부터 2.5m 떨어진 곳에서 유속을 측정하였다. 사진 3.6.1은 가동상수로의 전경이다.



(a) 가동상수로



(b) 수로내 수차 및 망 설치 모습

사진 3.6.1 수차수리실험 장소

2) 수위안정을 위한 수문 작동 조건 설정

수차하류의 수위변화에 대해 수차가 영향을 받지 않도록 하기 위해, 가동상 수로 하류측의 수문을 개폐시킨다. 수문은 수동식으로서 수문개도를 목측으로 하면서 조정할 수 있다. 따라서 수문을 웨어 대신에 사용할 예정임으로 한계수심을 광정웨어식으로 구하면,

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (3.6.1)$$

여기서,  $y_c$  : 한계수심,

$q$  : 단위폭당 유량,

$g$  : 중력가속도 이다.

본 가동상 수로의 최대유량공급량이 0.2m<sup>3</sup>/s이다.

상기 식 (3.6.1)에서 구한 한계수심  $y_c=0.3\text{m}$ 이므로 수문 물막이 높이를 0.3m로 유지시킨다.

3) 실험대상 수차

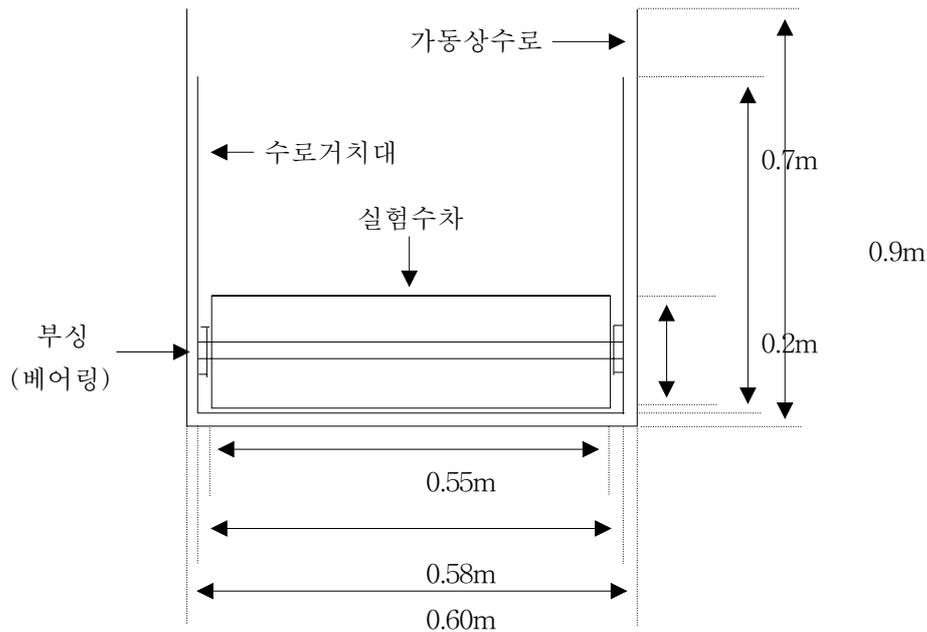


그림 3.6.2 실험수차 및 거치대

그림 3.6.2와 같이 실험대상이 되는 수차는 수차날개의 상부가 닫히고 하부가 열리는 형태의 수차로서, 수차직경이 0.2m, 길이가 0.55m이며, 수차날개가 6조, 재질은 스테인레스이다. 수차외경부분에 날개 뒷판을 대어서 용접하고, 날개 뒷판이 열렸다 닫혔다하면서 수압을 받도록 하는 구조로 되어 있다. 또한 수차날개에 토오크 게이지로 회전토크를 측정할 수 있도록 구멍을 내어 게이지 선단과 연결할 수 있도록 하였다. 수차부착은 수차거치대를 만들어서 거치대의 베어링 축으로 수차축이 들어가는 형태로서 만들었으며, 수차 회전시 마찰저항에 의한 회전역부하를 감소시켰고, 특히 수차의 위치를 변화시킬 수 있도록 거치대 안에 수차걸이를 만들었으며 재질은 강재로 하였다. 수차거치대와 수차축을 연결하는 베어링(부싱)은 직경이 0.03m로서, 안쪽에 볼베어링이 부착되어 있고 재질은 폴리에틸렌으로 하였다.

#### 다. 실험 방법

##### 1) 준비실험

수차회전력 검토를 위한 저수조에서의 공급유량을 확인하기 위하여 밸브개도별 공급유량을 측정하기 위한 시험이다. 측정대상은 프로펠러 유속계를 사용하여 유속을 측정하며, 유속측정방법은 수로내에 수차와 망을 제거한 후 밸브개도별로 유량공급 후 수위가 일정해지면 수차설치장소로부터 2.5m 상류지역에서 측정한다.

##### 2) 본실험

수차회전력을 측정하기 위한 실험으로서 수차 및 망을 설치하여 유속별 수차의 회전토크를 측정한다. 측정대상은 준비실험과 같은 장소에서의 유속과 수차 회전토크이며, 밸브개도별로 유량공급 후 수위가 일정해지면 수차설치장소에서 2.5m 떨어진 곳에서 유속을 측정하고, 측지토크게이지를 수차의 날개판에 걸어서 회전토크를 측정한다.

##### 3) 실험인원

수차수리실험에 필요한 인원은 유량공급조절을 위한 밸브조절 1인, 수로내 수위 목측과 데이터 정리 1인, 수로내 유속측정 1인등 3인이 필요하여 본 연구의 연구자 3명이 참가하여 행하였다.

라. 수차수리실험 결과 분석



(a) 실험전 수차모습



(b) 수차 후면 모습



(c) 수차와 상하류 수위

사진 3.6.2 수차수리실험 광경

사진 3.6.2에서 보는 바와 같이 수차의 수리실험을 하기 위해서 수차로부터 6.8m 떨어진 곳에 설치한 하류수위조절용 수문을 광정웨어식으로 구한 한계수심에 맞추기 위하여 수차하류수위를 0.3m로 유지토록 조절을 하였고, 수로내의 난류에 의해 수차작동이 영향을 받지 않고 안정된 상태에서 실험이 이루어지도록 하기 위하여 수차로부터 3.5m 떨어진 상류지역에 망을 설치하였으며, 마찬가지로 수차하류수위에 의해 수차작동이 영향을 받지 않도록 하기 위해 3.23m 떨어진 하류지역에 망을 설치하였다. 또한 수로 내 유량이 흐를 때에 수차가 밀려서 실험이 곤란한 경우를 방지하기 위하여, 수로 거치대와 수로 독을 렌치로 연결하여 수로 거치대가 뒤로 밀려나지 않도록 하였다. 또한 수차회전토크를 측정하기 위한 토크 게이지는 길이 20cm로서 앞에 수차의 날개부와 연결할 수 있는 갈고리가 부착되어 있고, 토크 게이지의 측정범위는 0kgf~30kgf이다.

유속에 대한 회전토크를 구하는 식은 다음과 같다.

$$T_r = W \times v_c \quad (3.6.2)$$

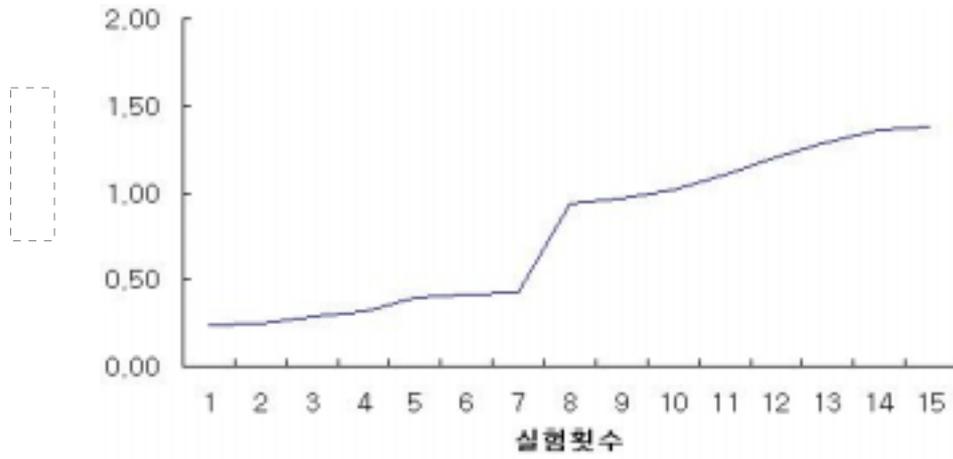
여기서,  $T_r$  : 수차의 회전토크

$W$  : 수차의 중량

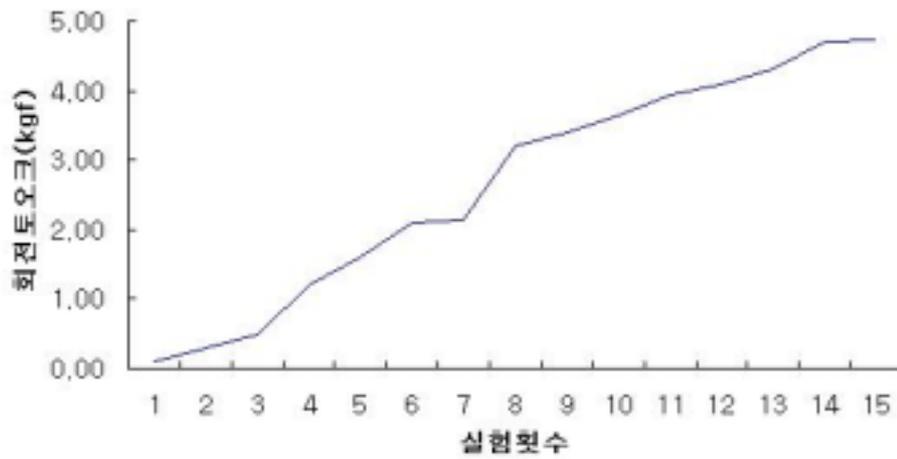
$v_c$  : 수로 내 평균유속이다.

상기의 식 (3.6.2)로 계산할 수 있는 유속에 대한 수차 회전토크 측정은 총 15회에 걸쳐서 하였다. 그래프 3.6.1과 표 3.6.1에서 보는 바와 같이 유속은 밸브를 완전히 닫은 후 3회전하였을 때 0.24m/s로서 이 때 수차에 걸리는 회전토크는 0.1kgf였다. 본 가동상수로에서는 0.1m/s의 유속까지 측정을 하였으나 이 유속에서 수차는 회전을 하려고 하는 임계점에는 도달하였지만 회전을 하지 않았기 때문에 회전토크는 발생하였으리라 판단되었으나 너무 작은 값이었기 때문에 회전토크의 측정은 불가능하였다.

유속에 관해서는 0.24m/s~1.38m/s까지 변화를 시켰으며, 이 중 실험횟수 7과 8은 약 0.52m/s의 유속차이가 발생하였다. 이는 밸브의 개도를 일시에 6회전을 하여 나온 결과로서 전체적인 유속의 변화에는 영향을 미치지 않는 결과이다. 유속이 증가함에 따라서 회전토크도 비례적으로 커지는 결과를 보이고 있으나, 회전관성력에 의한 플라이 휠 효과는 그리 크지 않은 것으로 나타났다. 그 이유는 플라이 휠 효과를 발휘하기 위해서는 수차의 가장 외경부분의 무게가 다른 부분에 비해서 무거워야 하는데, 본 수차의 경우에는 끝부분을 약간 둥글게만 하여서 용접을 하였고, 수차 회전중심축의 경우 강재파이프로 제작



(a) 실험유속



(b) 수차회전토크

그래프 3.6.1 수로유속 및 수차회전토크

표 3.6.1 수로내 유속과 수차회전토크

실험회수	유속 (m/s)	회전토크 (kgf-cm)
1	0.24	0.10
2	0.25	0.30
3	0.29	0.50
4	0.32	1.20
5	0.39	1.60
6	0.41	2.10
7	0.42	2.15
8	0.94	3.20
9	0.97	3.40
10	1.01	3.65
11	1.10	3.95
12	1.20	4.10
13	1.29	4.30
14	1.36	4.70
15	1.38	4.73

되어 있기 때문에 오히려 원의 중심부분이 무겁기 때문에 플라이 휠 효과는 두드러지게 나타나질 않았다.

회전토오크에 관하여 분석을 하면 유속이 0.1m/s 이하일 때에는 전혀 없기 때문에 감속기를 통해서 전달할 동력을 발생시킬 수 없으며, 한번에 최고 30kg까지의 오물적재능력을 상정하였을 때 제진기 구조계산에 의한 결과로 검토를 하면 0.15m/s 이상의 유속이 존재해야만 오물수거를 위한 정상적인 레이크 작동이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

물론 유속이 빠르면 빠를수록 오물적재량보다는 오물처리속도가 향상되는 것을 알 수 있으며, 이에 대한 수차의 회전속도도 유속에 비례해서 커지는 것을 알 수 있다. 다만 하류수위가 한계수심에 이르러서 백 워터가 생긴 경우, 이 현상의 영향을 받아 수차가 역회전하는 현상도 발견되었다.

본 수차수리실험에 의해 밝혀진 결과를 정리하면 다음과 같다.

- ① 수차는 수로 내 유속이 증가함에 따라 회전속도가 증가하며, 이를 힘으로 표시하는 지표인 회전토오크가 커진다. 따라서 오물을 효율적으로 처리하려고 하면 유속이 빠른 곳에 수차를 설치하는 것이 가장 이상적이나, 현장 사정상 그렇지 못할 경우에는 낙차공과 같이 인위적으로 수위를 낮추어서 유속을 증가시키는 구조물 하류지역이나 구배가 있는 수로에 설치하면 오물제거에 가장 큰 효과를 볼 수 있다.
- ② 수차 자체적으로 회전토오크를 증가시킬 수 있는 한가지 방법으로서 플라이 휠 효과(Fly Wheel Effect)를 발생시키려면, 수차외경을 무거운 재질로 하며 수차의 중심인 회전축을 가벼운 재질로 하여 수차회전시 관성력에 의한 회전토오크를 증가시켜 오물수거의 효율성을 높인다.
- ③ 수로 내에서 대단히 느린 유속으로 수차를 작동시킬 때 수차하류지역에 제수문이나 구부러진 벽이 있는 경우에 백 워터(Back Water)의 영향으로 수차가 반대로 역회전을 하며 레이크를 상방에서 하방으로 움직이게 하는 현상이 발생되기 때문에, 이러한 역회전을 막기 위해서 수차의 동력을 증폭시켜주는 감속기에 역회전방지 잭키(Jacky)를 부착시켜 수거한 오물을 다시 수로로 낙하시키는 현상을 방지해야 한다.
- ④ 현장에 수차를 부착시키는 경우 수로 벽에 앵커볼트로서 부착을 시켜 작동을 시키면 미세한 오물등에 의해 수차회전이 불가능해지는 경우가 발생할 수 있기 때문에, 반듯이 수차거치대를 먼저 수로 벽에 부착시키고 거치대에 수차를 끼워 넣음으로서 오물등에 의한 작동불능을 방지해야 한다.
- ⑤ 본 수차는 유속이 0.15m/s 이상이 되어야만 레이크 적재기준중량인 30kg의 오물을 제거할 수 있다. 따라서 토목적 특성에 기인하는 요인이지만 유속이 최소한 0.15m/s

이상이 되는 곳에 수차를 설치해야 하며 만약에 유속이 0.15m/s 이하인 지역에 수로용 제진기를 설치하려 한다면 레이크 회전동력의 대체가 필수적이다.

## 7. 태양광 전동 제진기 개발

상기의 수차수리실험의 결과로부터 알 수 있듯이 수로 내 유속으로 레이크 작동동력을 얻는 제진시스템은 수로 내 유속이 최소한 0.15m/s 이상은 확보되어야 한다는 전제조건이 있다. 그러나 농업용수로 중 지선이나 지거 또는 수로말단부와 같은 경우에는 유속도 대단히 느리고 유량도 적기 때문에 무동력 자동 제진기를 설치하여 운영한다는 것은 대단히 어렵다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 당초 연구계획에는 없는 수로용 무동력 자동 제진기에 전동화 개념을 삽입하여 제진기 메커니즘과 본체는 그대로 사용하면서 전동모터와 감속기를 이용하여 제진기를 작동시키는 메커니즘을 개발하였다. 특히 전기인입이 어려운 지역에 본 수로용 전동 제진기를 설치하는 경우 초기전기인입비용이 과다하게 발생되므로 동력을 친환경적 크린 에너지인 태양광을 이용하는 방법을 개발하였다. 본 태양광 시스템의 개발로 유속이 빠른 지역에는 무동력 자동 제진기를 그리고 유속이 느린 지역에는 수로용 전동제진기 및 태양광 전동제진기를 설치할 수 있어 수혜자입장에서 보면 선택의 폭이 훨씬 더 커졌다고 할 수 있다.

### 가. 수로용 제진기의 전동화 성능시험



(a) 연속작동시험



(b) 오물수거모습

### 사진 3.7.1 수로용 제진기의 전동화 시험 모습

본 수로용 제진기의 전동화를 위한 성능시험을 위해 사진 3.7.1에서 보는 바와 같이 제진기 본체에 0.4kw 용량, 회전비 1,350rpm의 전동모터에 1/800의 전동모터용 감속기를 부착시키고, 동력은 자동차용 Ca배터리 12V 2조를 사용하여 끊임없이 레이크를 작동시키는 연속동작시험을 하였다. 계산상으로는 4시간 연속동작이 가능하지만 동력전달, 레이크 회전시 스프로킷과의 마찰, 오물의 적재량등에 의해 3시간 35분의 연속동작성능을 보였다.

보통 1회전 사용시간을 5분으로 상정하고 30분마다 한번씩 작동을 한다면 21시간 30분 동안 제진기를 작동시킬 수 있는 용량이다. 본 Ca배터리를 120watt의 태양광 전열판 2개로 충전을 한다고 가정하면, 4시간이면 완전충전(Full Charge)이 된다. 그러나 요즘 충전기는 흐린 날에도 전기를 발생시킬 수 있으므로, 주전원은 태양광 집열판으로부터 받고 부족한분만 밧데리에서 보충하도록 충전회로를 구성한다면 계산상의 밧데리 용량보다 더 많이 사용할 수 있다고 판단된다.

따라서 본 수로용 제진기는 구조상 전동모터와 전력을 이용하여 제진작동을 효율적으로 할 수 있다는 것이 증명되었으며, 본격적인 전동화를 위해 과부하시 작동멈춤기능, 모터회전비 제어를 통한 작동제어 센서 부착, 작동시간의 제어를 위한 타이머설치, 제어반등의 개발이 필요하다.

#### 나. 태양광 전동 시스템 개발

농어촌연구원 설치 제진기를 대상으로 구조계산을 한 결과를 인용하여 전력사용량 계산을 하면 본 제진기를 작동시키기 위한 태양광 전동 시스템의 사양은 다음과 같다.

본 태양광 전동 시스템의 작동 메커니즘은 그림 3.7.1에서 보는 바와 같이 태양으로부터 Solar Cell로 집광에 의한 집열을 하여, 이를 전기에너지로 전환시키고 전달을 하게 되는데, 이때 완전히 충전이 되어 있는 상태에서 충전을 시도하면 밧데리 수명이 단축되기 때문에 불필요시에는 방전을 시키고, 필요시에는 제어반 내에 있는 충전기로부터 전기에너지로 전환시켜 밧데리에 충전을 시킨다. 이때 제진기를 작동시키면 Solar Cell에서 발생된 전기에너지를 모터구동에서 직접 사용하게 되고, 모터구동에 부족한 용량만 밧데리로부터 보급을 받는다. 이 시스템은 제한적으로 축적되어 있는 전기에너지를 효율적으로 사용하기 위해 고안된 것이다. 특히 태양광 전동 시스템은 디지털방식의 전기신호에 따라 움직이기

때문에 아날로그방식보다는 외부 환경에 민감한 것이 특징이다. 따라서 충전기, 센서의 방한·방열코팅이 필수적이다.

표 3.7.1 태양광 전동 시스템 사양

항 목	규 격	수 량	재 료	비 고
Solar Cell	120watt W1,320m×H1.131m	2EA	열강화유리	방탄
DC Motor	0.4kw	1EA	-	방수
Reducer	1/800	1EA	스테인레스	-
Charger	방열·방한 코팅	1EA	-	-
Control Sensor	1500rpm sensing	2EA	-	회전감응식
Timer	-	1EA	-	-
Control Box	W0.4m×H0.5m	1조	스테인레스	-

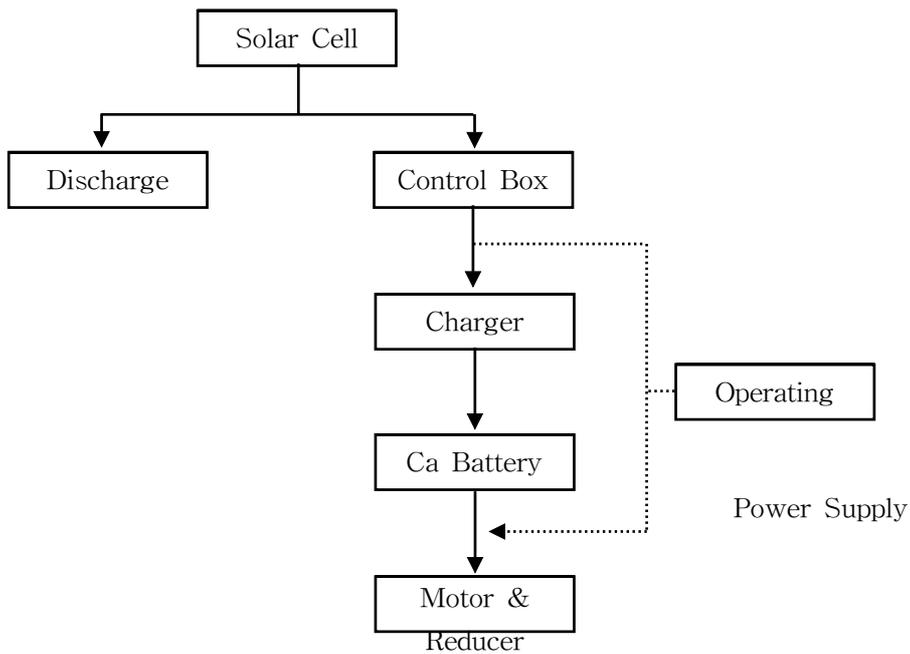
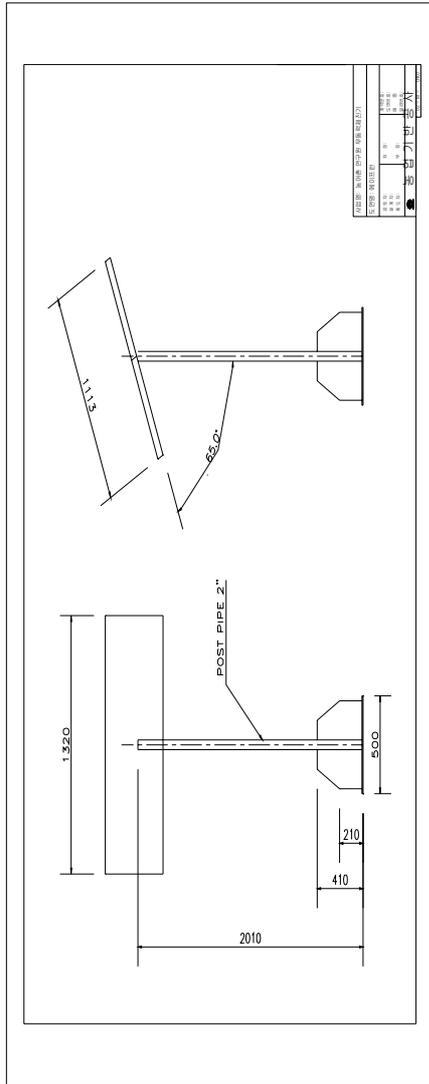
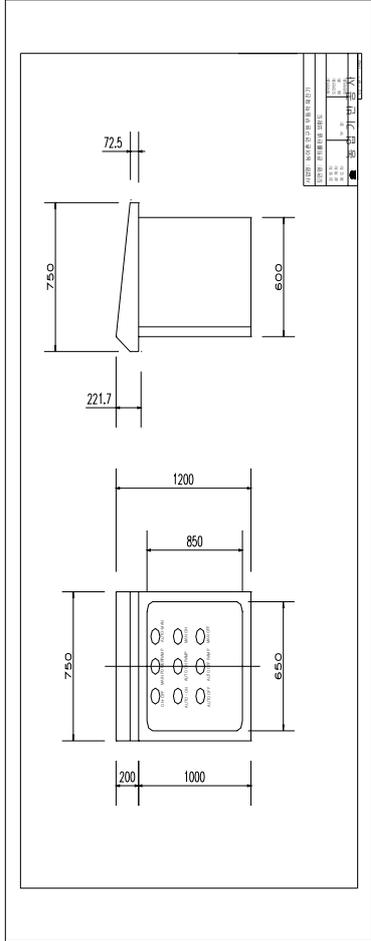


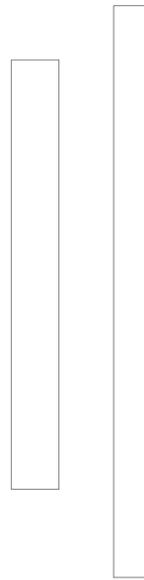
그림 3.7.1 태양광 전동 시스템 동력전달 메커니즘



(a) Solar cell and post









#### 다. 태양광 전동 시스템 제작 및 설치

수로 내 유속이 0.15m/s 이하의 경우, 유속을 대체할 수 있는 동력원으로서 태양광을 사용한 전동 제진 시스템을 개발하여 제작·설치하였다. 태양광 시스템을 제작·설치하는데 있어서, 기존에 개발한 무동력 자동 제진기의 본체를 그대로 이용하여 전동장치 및 동력부만 부착시켰다. 이것은 제진기 본체의 구조는 기존과 같으면서 동력발생 및 구동부만 전환을 시킨 경우이기 때문에, 별도의 제진기 본체 제작이 필요 없다고 판단되어 시행을 하였다.

개발한 태양광 시스템의 구성은 태양광을 집열하는 Solar Cell, 집전을 하는 배터리(Ca battery), 배터리에 충전을 시키는 충전기(charger), 제진기 작동을 제어하는 PLC, 무인작동시 작동시간을 제어하는 타이머(timer), 비상시 신호를 감지해서 알려주는 경광등, 이러한 부품을 하나로 모아서 조작할 수 있는 제어판(control box), 구동모터(D.C motor)등으로 이루어져 있다.

이하에 각 구성품에 대한 설명을 한다.

##### 1) 태양광 시스템 제작

##### 가) 태양광 집열판(Solar cell)



사진 3.7.2 제진기 부착 Solar cell

사진 3.7.2에서 보는 바와 같은 태양열 전지판의 용량을 결정하기 위해서는, 첫번째로 충부하 전류를 결정하고 암에처 아워(ah)에서의 시간 기준을 결정해야 한다. 이것은 PV시

시스템을 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.

- 장치 A :  $60\text{watt}/12\text{volt}=24\text{시간동안 } 5\text{암페어} = 120\text{Ah}$
- 장치 B :  $6\text{watt}/12\text{volt}=24\text{시간동안 } 0.5\text{암페어} = 12\text{Ah}$
- 장치 C :  $12\text{watt}/12\text{volt}=8\text{시간동안 } 1\text{암페어} = 8\text{Ah}$ , 총 140Ah

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

- AC 소비량 =  $175\text{watt}\times 6\text{시간} = 1050\text{wh}$
- DC 소비량 =  $1050\text{wh}/0.85(\text{인버터 효율}) = 1235 \text{ wh}$
- 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 더해주어야 하며, 적절한 안전요소가 더해져야 한다. 따라서 위 1단계에서 결정된 Ah부하는 손실과 안전요소를 고려하여 1.20을 곱해준다 예를 들면,

- 총부하 + 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.

다섯 번째로는 총 태양배열전류 필요량을 결정해야 한다. 총 태양배열전류 필요량은 총 부하+손실+안전요소(2단계에서 계산)로 나누고 3단계에서 계산한 적정 일광시간으로 다시 한번 나누면 된다. 예를 들면,

- 총부하+안전요인등 = 168Ah
- 뉴욕의 ESH = 2.5시간
- 충전류필요량 = 168/2.5 = 67암페어

여섯 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 부하잔류를 제공한다. 즉,  $67/335 = 20\text{MSX60}$ 모듈이다.

일곱 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 3.7.2 위도별 적정 예비시간**

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

\* 방전정도 80% 가정

배터리 Ah용량은 (총부하+안전요소)를 곱하고 적정 예비시간을 나눔으로서 계산할 수 있다. 표 3.7.2에서 보는 바와 같은 값을 적용하여 계산 예를 들면,

- 2단계에서 총부하+안전요소등등 = 168Ah/day
- 설치장소(뉴욕시)의 위도 = 40.
- 동 위도에서의 적정 예비시간 = 10시간
- 배터리 용량 10일 =  $168 \times 10 = 1680\text{Ah}$

여기서 주의해야 할 점은, 위 용량은 10일간의 예비기간 동안 전원을 공급하는 배터리

에 따라서 달라진다. 배터리 데이터 시트에서 일부 배터리는 이 확장된 비율이 아니라 8~10시간의 명목 방전율을 갖는다. 만약 배터리의 등급분류 기술이 고려된다면 적절한 확장 비율이 결정될 것이다. 실제로 적용해 보면 8시간을 방전율 0.77로 나누면 즉, 8시간 방전에서  $1294Ah/0.77 = 10$ 시간에서 1680Ah가 된다.

아래 표 3.7.3는 현재 시판되어 실용화가 되어 있는 태양열 전지판의 종류 및 그에 따른 사양을 제시해놓은 표이다.

표 3.7.3 태양광 전지판의 종류

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

또한 우리나라에서의 태양열 전지판의 크기(용량)를 결정하기 위해서는, 첫 번째가 태양전지가 최대로 출력을 낼 수 있는 일조시간은 1년 평균하여 1일 3시간으로 한다. 태양 빛을 받을 수 있는 시간이 오전 9시부터 오후 5시까지 약8시간이라고 하더라도 장마철, 구름 낀 날, 눈오는 날등을 전부 포함할 경우 1일 평균 3시간 정도가 된다. 또한 태양전지에서 얻어진 전력, 전압과 전류는 100% 배터리에 충전되지 않는다. 전손류에서의 전압강화와 충전기에서의 손실 및 배터리에서의 충전효율등을 계산하면, 태양전지판에서 얻어진 전력의 50%만이 배터리에 저장된다. 예를 들어 배터리에 100watt가 저장되려면 태양전지판에서는 200watt가 발생되어야만 한다. 이러한 모든 손실 요소를 계산하면 태양전지판 판매자가 자신 있다고 말하는 용량보다 훨씬 큰 전지판이 필요하게 된다. 작은 사이즈의 니카드 전지를 충전할 때 1000mA짜리는 100mA로 10시간 충전( $100 \times 10 = 1,000AH$ )하지 않고 반듯

이 15~16시간 충전해야 된다고 알고 있다. 태양전지로 배터리를 충전할 때도 똑같은 원리가 적용된다. 한가지 더 부연하면 우리나라는 1일 3시간씩 일조량에 따른 태양전지 발전이 가능하지만 1년 4계절 동안 7일 혹은 10일간 햇빛을 못 보는 기간이 생길 수 있다. 이로 인해서 태양전지판은 더 크게 설계해야 한다. 1일 3시간 정도 사용할 수 있게 설비되어야만 된다는 것이다.

#### 나) 배터리(battery)

사진 3.7.3에서 보는 바와 같이, 배터리의 용량검토를 위해 본 수문을 개폐하는 조건을 상정하여 계산을 해 보면 DC 24 volt × 200 Watt 모터의 구동 암페어는 12 A/hour 로서 제진기를 구동한다는 전제 하에 검토한다면 1일 모터작동시간은 다음 식으로 계산할 수 있으며,

$$\cdot (\text{레이크 회전스트로크/레이크 이동속도}) \times \text{왕복구동} \times 1\text{일 구동횟수}$$

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

$$\cdot (\text{배터리 용량/모터의 구동암페어}) / 1\text{일 구동시간}$$

배터리 충전용량의 검토는 제진기의 1일 사용 충전력량은 계산은,

$$\cdot \text{모터 구동 암페어} \times 1\text{일 사용시간}$$

로 할 수 있다.



사진 3.7.3 내장 배터리

#### 다) 충전기(charger)

태양전지로 배터리를 충전하는 경우, 태양전지판과 배터리의 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 병렬제어용 충전기가 사용된다. 병렬제어형 충전회로의 특징은 부품수가 적으며 충전회로 자체의 전력소모도 미미하고, 소형으로 제작이 가능한 것이 특징이다. 따라서 병렬제어형 충전회로의 특징을 살펴보면 부품이 몇 개 되지 않고 간단하며, 723IC는 시중에 많이 있어 구입이 간편하며, 제어용 MOSFET도 일반적으로 구하기 쉽고 저렴하다. 또한 충전회로의 동작이 확실한 아날로그 특성의 제어방식으로서 충전회로에서 잡음발생의 염려가 없으며, 태양전지의 전압이 비가 오거나 구름, 안개, 눈, 야간등에 낮아져도 배터리에서 태양전지 쪽으로의 방전은 되지 않고, 부품의 수치를 바꾸는 것으로 12volt, 24volt 중 어느 쪽이라도 사용이 가능하다. 사진 3.7.4에서 나타낸 충전기가 본 제진기에 적용한 충전기로서 첫 번째 경우로 제작된 것이다.



사진 3.7.4 충전기

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 발전회로에 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 방식 동작을 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 발전방지 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.

상기 중 가장 효율이 높은 첫 번째 타입으로 충전기를 개발하여 부착시켰다.

#### 라) 타이머(timer)

본 타이머의 기능은 무인작동시, 예를 들면 장마시거나 집중호우와 같이 사람이 직접 제진기에 가서 오물제거작업을 위한 작동이 불가능할 경우에 대비하여, 1일을 몇 시간의 간격으로 몇 분 동안 작동과 멈춤을 할 수 있도록 하는 장치이다. 현재 이러한 장치는 시중에 몇 가지의 형태로 나와 있으나 본 시스템에서는 시계형식을 띤 타이머를 채택하였다. 본 타입의 타이머는 기어식으로 되어 있는 회전판을 조정하여 작동개시시간과 작동시간을 설정하도록 되어 있다.

## 2) 태양광 시스템 설치

기존의 무동력 자동 제진기의 본체에 태양광 시스템을 접목시킨 태양광 전동 제진기를 농어촌연구원 물관리시험포장 내 수로에 설치하였다.



(a) 태양광 전동 제진기 정면 모습



(b) 태양광 전동 제진기 측면 모습

사진 3.7.5 태양광 전동 제진기 설치 모습

본 태양광 전동 제진기를 제작·설치한 후, 작동성과 이상유무를 판정한 결과, 정상적으로 작동됨을 확인하였다. 분당 레이크가 2회전을 함으로 4조의 레이크가 총 8회전을 하면서 오물을 제거하며 모터 축과 감속기가 일체가 되어 있는 구조의 모터에 레이크 회전 축을 연결시켰기 때문에 1차적 힘전달에 의해 오물권양능력도 대단히 향상된 것을 확인하였다.

## 제2절 결과 및 고찰

방재시설로서 사용되고 있는 수리시설물 중 농업용 수로에 적합한 제진기를 개발하기 위하여 수로 내 유속을 이용하여 작동하는 무동력 자동 제진기를 개발하고, 이에 따른 구성품으로서 전도게이트, 수차, 감속기, 레이크, 메인 스크린, 전위스크린, 체인, 스프로킷, 오물운반대등에 대해 구조계산 및 설계·제작을 하여 농어촌연구원 물관리시험포장에 설치하였으며 이 제진기에 대한 현장성능시험 및 수차에 대한 수리실험을 행하였고, 실험에 의한 보완대책으로서 대체동력을 사용하는 태양광 전동 시스템을 개발하였다. 그 결과는 다

음과 같다.

가. 제진기의 레이크를 작동시켜 오물을 수거하는 메커니즘 형성에 가장 중요한 동력발생 원인 수차는 우리나라 농업용수로의 물관리 특성을 이용하기 위하여 물 속에서도 회전이 가능하도록 설계·제작하였다. 수차가 물 속에서 회전운동을 하기 위하여 수차외경 부분에 수차날개 덧판을 용접하여 수차상부는 덧판이 닫혀서 유속을 단면적에 다 받게 하고, 수차하부는 덧판이 들려서 물이 통과하도록 하여 수차의 상부와 하부에 생기는 유속에 의한 힘의 차를 이용하여 시계방향으로 수차가 돌아가면서 동력을 발생시키도록 하였다. 현재 물 속에서 회전운동을 시키는 방법 중에 가장 효율적인 방법으로서 단지 제진기뿐만이 아니라 다른 수리시설물의 대체동력으로서도 그 효용가치가 있을 것으로 판단된다.

나. 수차의 수리실험결과, 수로 내 유속이 0.15m/s 이하의 경우에는 레이크에 집적된 오물 30kg을 수거하기가 곤란하다는 것을 규명하였고, 이에 따라 농업용 수로중 구배가 커서 수로 내 유속이 빠르거나 낙차공과 같이 유속을 증가시킬 수 있는 수리시설물 하류에 설치를 하면 오물제거에 매우 효율적인 동력을 얻을 수 있다는 것을 알았다. 따라서 수로의 구분을 유속을 하여 무동력 자동 제진기 설치 조건을 도출하였으며, 유속이 0.15m/s 이하의 수로에서는 대체동력으로서 태양광을 사용한 전동시스템에 의하여 수로용 제진기를 작동시키는 방법을 제안하였다. 본 제안은 다양한 현장조건에 알맞은 제진기를 선택할 수 있는 폭을 넓혔다고 판단된다.

다. 수차의 회전력을 증가시키기 위해 플라이 휠 효과를 높일 수 있는 방법을 제시하였다. 일반적으로 수차는 중심축을 강재파이프로 하고 날개부분은 가벼운 재질로 하지만 여기서는 오물을 수거하는 수차의 회전토크를 높이기 위하여 수차외경에는 무거운 재질을 사용하고, 수차중심축은 가벼운 재질의 파이프를 사용하여 같은 유속 하에서도 더 큰 회전토크를 얻을 수 있는 방법을 제시하였다.

라. 배수로와 같이 유량이 적게 존재하는 수로를 상정하여 유량을 가두어서 일정한 수압을 형성시킨 후 일시에 흘러보내어 수차를 돌게 하는 전도 게이트를 개발하였다. 전도 게

이트 중 오투기형은 밑받침대와 수문과의 균형관계를 계산식으로 규명하여 형성시키고 싶은 수압에 따라 그 크기를 결정짓게 하였으며 특히 저수지의 저수용량을 확장시키고자 할 때 저수지 여수토의 승상보다는 이러한 오투기형 전도게이트를 설치하면 일정한 정도의 저수량을 확보할 수 있으며 홍수시에는 자동적으로 게이트가 전도되어 저수지가 월류되는 현상을 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 본 오투기형 전도게이트는 제진기의 수차를 돌리기 위한 수압형성용 게이트로서 개발을 하였으나 그 용도를 저수지 게이트로까지 확장시킬 수 있었던 좋은 연구사례라고 생각된다.

마. 제진기의 메인 스크린과 레이크에 약간의 구조변화를 주어서 오물수거능력을 향상시켰다. 메인 스크린은 최상부를 원형으로 하였고 레이크는 최끝단을 약간 턱이 지게 하여 다양한 오물에 대해 수거능력을 향상시켰으며 특히 오물이 끼거나 해서 레이크가 작동이 되질 않는 것을 방지하기 위해 레이크 양끝단에 스프링을 이용하여 일시적으로 레이크 자체가 밑으로 구부러졌다가 다시 회복되는 방법을 제안하였다. 이는 레이크가 과부하에 의해 손상을 입는 현상을 방지해 줄 것으로 판단되며 특히 일반 배수장용 제진기에도 적용을 한다면 그 효과는 배가 될 것으로 생각된다.

바. 일반적으로 동력을 증폭시켜 주는 역할을 하는 감속기는 내장형 기어로서 모터 축과 작동축이 맞물려서 작동을 하게 되는 메커니즘을 갖고 있으나 이러한 형태의 감속기는 직접 축으로부터 힘을 받기 때문에 기어에 무리를 주기 쉽다. 따라서 본 연구에서는 2중기어를 사용하여 외부로부터 받는 힘도 체인에 의해 기어로서 받고 힘증폭을 시키는 것도 기어로서 하게 하는 메커니즘을 사용함으로써 감속기에 직접적인 무리를 주지 않고도 효율이 높은 힘증폭을 가능하게 하였다.

사. 무동력 자동 제진기의 제작을 위해 전도게이트 중 오투기형과 천칭형의 구조계산법을 도출하였으며 무동력 자동 제진기 본체의 부품별 무게와 이에 따른 구조계산을 확립하여 제시하였다. 또한 이러한 결과를 내기 위한 이론과 배경에 대해 자세히 설명을 곁들였기 때문에 어느 정도의 기계공학적 지식이 있는 사람이라면 본 구조계산법에 의해 무동력 자동 제진기를 설계할 수 있을 것으로 판단된다.

아. 본 무동력 자동 제진기에 대한 메커니즘은 특허출원을 하여 특허등록을 받았다. 이로 인하여 실용화를 위한 기술보호가 가능하게 되었으며 산업체에 기술을 이전하여 수리 시설물 개발 업체들의 기술력 확보에 일조를 하였다.

## 제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

제2절 평가 착안점별 달성도



## 제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

#### 1. 연구개발 목표

본 무동력 자동 제진기 연구개발의 목표는 농업용 수로 내에 설치, 운용, 관리의 용이성에 중점을 두어서 제진기를 작동시키는 동력은 수로내 유속을 이용하며, 그 외 오물을 수거하는 방법에 관해서는 기존 제진기의 메커니즘을 반영하며 동력전달의 효율성을 위하여 힘증폭을 위한 감속기, 동력전달용 체인, 스프로킷, 수압형성 전도게이트등을 개발하는 것이며 개발된 제진기의 실용화에 의해 매년 집중강우와 홍수로부터 논침수, 가옥침수, 수로 파손등의 재해를 미연에 방지하여 농촌사회의 건강한 미래와 우리 농업의 경쟁력 향상에 이바지하는 것을 목표로 한다.

따라서 본 연구에서는 상기의 목표를 달성하기 위하여 수로내 및 수로에 연결된 양·배수장에 있어서 오물제거의 무동력 자동화를 달성하고, 제진기 및 제진을 위한 장치의 운영 및 유지관리시스템 개선하며, 내부식성 및 작동, 오물수거가 용이한 무동력 자동 제진장치 개발하고, 개발한 무동력 자동 제진기의 실용화 확대 보급을 위한 도면을 제시하며, 무동력 자동 제진기의 제작 및 설치를 위한 매뉴얼을 개발하였다.

#### 2. 연구개발 목표달성도

본 연구는 농업용 수로의 범람에 의해 논침수, 가옥침수, 수로 파손 등의 피해를 방지하기 위한 재해방지차원의 농업용 수로 내 적용 가능한 무동력 자동 제진기 개발에 관한 연구로서 구조 계산, 설계, 제작, 설치와 성능검토 및 보완을 목적으로 수행하였다.

특히 무동력 자동 제진기의 이론적인 고찰뿐만이 아니라 그간의 기술개발 실적과 경험을 토대로 시작품의 제작 및 설치 적용시험과 수리시험을 거쳐, 그 결과에 의해 무동력 자동 제진기의 특징을 분석하고 문제점을 도출하여 대책에 관한 보완을 마련함으로써 실용성있는 제품개발에 주력하였다.

개발된 무동력 자동 수문은 수로내의 유속에 의해 제진기 본체의 하류에 있는 수차가 회전을 함으로서 얻어 진 동력을 체인을 통하여 감속기에 보내고, 감속기에서 제진기 본체의 레이크가 움직일 수 있도록 힘을 증폭시켜 체인을 통하여 스프로킷에 전달하여 레이크가 작동하면 메인 스크린에 걸린 오물을 제진기 본체 하방에서 상방으로 걷어 올려 수로

밖으로 배출시키는 시스템으로서 개발을 하였으며 이 시스템을 농업기반공사 농어촌연구원의 물관리시험포장 내 수로 및 수리시험장의 가동상수로를 이용하여 현장성능시험 및 수리시험을 완료하였으며 그 결과에 따라 수로내 유속별 설치 가능한 제진기의 종류를 제시하였다.

무동력 자동 제진기의 개발로 홍수시나 집중강우시에 수로감시원이 수동식 스크린에 걸린 오물을 제거하기 위해 위험을 무릅쓰고 현장으로 가지 않아도 스스로 작동을 하여 오물을 걷어 내어 수로의 범람을 방지할 수 있다. 이는 첫 번째로는 수로내 오물을 인력에 의하지 않고 자동으로 걷어냄으로서 인력을 절감하는 효과를 얻을 수 있고 두 번째로는 수로내 유량의 유속을 동력으로 이용함으로써 제진기 운영시 소요되는 전력료 및 초기전기인입에 대한 투자비용에 대한 부담을 덜 수 있다. 이러한 특징을 가짐으로서 농민에게는 수로범람에 따른 논침수등 재해방지에 대한 안심감을 줄 수 있으며 농업용수의 효율적인 사용에 대한 신뢰감이 높아짐에 따라서 농업의 생산성 향상에도 도움을 줄 수 있고 특히 수로감시원이나 농민에 의한 오물제거를 무동력 자동 제진기가 스스로 함으로서 인력과 예산절감에도 크게 기여를 할 것이다.

### 3. 관련분야 기여

무동력 자동 제진기의 개발을 통해 제진기 작동에 대한 인력절감 및 운영비용 절감에 기여하고 제품의 홍보 및 기술발표를 통하여 수리시설물 관련분야의 발전을 유도하였으며 농업기반공사 농어촌연구원의 물관리시험포장에 시범설치를 하여 개발제품의 확대보급에 노력하였으며, 또한 개발기술의 특허신청 및 등록에 의하여 기술보호를 하고 있으며 장래에 본 기술의 산업체 이전을 통하여 실용화에 노력할 것이다.

#### 가. 비용절감

무동력 자동 제진기를 이용함으로써 나타날 수 있는 가장 큰 효과는 일반 제진기 운영을 위한 초기전기인입에 대한 투자비용과 운영관리를 위한 인력절감이다. 일반적으로 제진기를 운영하려면 구동부의 작동을 위한 동력관련 설비에 막대한 비용이 소요된다. 특히 전기인입비는 40백만원/km 로서 막대한 예산이 없으면 불가능하며 이러한 시설을 운영하고 관리하는데에도 전담 운영요원이 필요하다. 그러나 무동력 자동 제진기는 수로내 유량의 유속을 동력원으로 사용하기 때문에 전기가 전혀 필요 없으며, 또한 운영에 대해서도 유속

만 존재한다면 스스로 작동하여 오물을 수거하기 때문에 운영 인력도 필요 없어서 비용면에서 대단히 효율적인 장치이다.

#### 나. 사용편의 제공

기존의 제진기를 운영하는데 필요한 기기조작이나 비상시 조치사항등 전동화된 제진기의 특성에 기인하는 복잡한 기능등이 본 무동력 자동 제진기에는 필요 없다. 따라서 사용하는데 있어서 사람의 손이 전혀 가질 않기 때문에 대단히 편리하며 유지보수에 대해서도 전자부품과 같은 복잡하고 전문적인 지식이 없어도 간단하게 할 수 있어서 사용상의 편의를 제공하고 있다.

#### 다. 개발제품의 특허 등록

개발된 무동력 자동 제진기에 대해 2004년3월에 특허출원을 하였으며 등록이 허여되면 이를 산업체 기술이전을 실시하여 기술료 획득과 더불어 무동력 자동 제진기의 실용화에 기여할 것이다.

- 특허출원일 : 2004년3월16일
- 출원 번호 : 제2004-22059호
- 명 칭 : 수로용 무동력 자동 제진기
- 특허권자 : 농업기반공사, 태웅산업

#### 라. 홍보를 위한 논문발표 및 전문지 게재

2003년도 수자원학회 학술대회에 무동력 자동 제진기 개발이라는 제목으로 연구발표를 하였으며 2004년도 11월에 한국농공학회 학술대회에서도 수로용 소형 무동력 자동 제진기 개발이라는 제목으로 연구발표를 할 예정이다. 또한 2005년도1월에는 농어촌과 환경이라는 전문지에 좀 더 자세한 내용의 논문을 소개할 예정이다.

#### 마. 실용화를 위한 노력

현재 실용화를 위하여 농업기반공사 표준호형에 맞추어서 제작도면을 작성 중이며 설계내역에 의해 단가를 추출해낼 예정이며 각종 전문지나 학술지에 논문 또는 신기술정보로서 소개를 하여 실용화에 적극 노력할 예정이다.

## 제2절 평가 착안점별 달성도

당초 연구계획서에서 제시하였던 최종평가의 착안점별로 연구결과와 목표 달성도를 점검하면 다음과 같다.

### ○ 연구목표 달성 여부(20점)

연구목표로서 설정한 수로내 및 수로에 연결된 양배수장에 있어서 오물제거의 무동력 자동화 달성은 수로내 유속을 동력으로 이용하는 메커니즘을 완성하여 오물제거를 인력과 전력의 힘을 빌리지 않고 할 수 있도록 하였으며, 제진을 위한 장치의 운영 및 유지관리시스템 개선은 무동력 작동 및 오물수거의 무인화에 의해 달성되었고, 강재를 재료로서 사용하였지만 부식방지를 위해 메탈라이징 처리를 하여 내부식성을 향상시켰고, 실용화를 위해 제작표준도면을 작성하였으며 제진기 제작 및 설치에 관한 지침을 만들어서 제시를 하였다. 또한 제진기의 성능시험 및 수차의 수리시험을 통하여 본 무동력 자동 제진기의 설치기준을 제시하여 효율적으로 제진기를 보급할 수 있는 기준을 제시하였다.(제3장 1절 1, 5, 6 참조)

### ○ 설계기술의 적정성(20점)

무동력 자동 제진기 설계는 제진기의 수로내 유속에 의한 작동메커니즘을 해명하는 것을 기초로 하여 오투기형 전도게이트와 웨이트형 전도게이트의 수압형성 및 전도원리를 해명하고, 수차의 회전원리 및 발생동력 계산을 하며 그 외 감속기, 체인, 레이크, 메인 스크린, 전위스크린, 스프로킷등에 대한 구조계산과 더불어 설계를 한다. 이러한 설계기법은 기존의 전동제진기의 설계기법과는 그 방법이 다르며 수로 내 유속을 동력원으로 이용한다는 개념의 특성상 각 부분의 정밀한 구조계산법의 확립은 대단히 중요하며 이러한 이론을 성능시험과 수리시험을 통하여 검증을 하였다. 또한 유속에 대한 설치기준을 확립함에 따라 수로용 제진기로서 전동화 및 대체동력인 태양광 전동 시스템의 이론과 설계기법도 확립하였다.(제3장 1절 2, 3, 4, 7 참조)

### ○ 무동력 자동 제진기의 활용성(20점)

무동력 자동 제진기는 그 기능과 특성으로부터 알 수 있듯이 수로내 유속을 이용하여 수로내에 잠재해 있던 오물을 수거하는 방식으로 개발을 하였다. 일반적으로 농업용 수

로에는 제진기를 설치한 예는 별로 없고 수동식 스크린과 같은 것을 사용해 왔는데 많은 인력과 비용이 소요되었으며 우기에는 위험성까지 내재되어 있었다. 그러나 무동력 자동 제진기의 개발로 인하여 실용화가 된다면 상기의 문제점을 일시에 해결할 수 있으므로 활용성은 대단히 높다고 판단된다.(제3장 1절 5, 제2절 참조)

○ 도면 및 매뉴얼의 적정성(20점)

무동력 자동 제진기의 제작을 위해 제작도면을 작성하였으며 제진기 제작 및 설치에 관하여 시방을 만들었다. 이 시방을 매뉴얼로서 사용을 하면 제진기 제작시 유의사항을 참조하여 올바른 제작 가능해지며 설치운영시 생길 수 있는 문제에 대하여 적절히 대응할 수 있다고 판단된다.(제3장 1절 5 참조)

○ 산업재산권 유무(20점)

국내 독자 기술로 개발한 무동력 자동 제진기의 기술보호를 위해 특허신청을 하였고 특허가 등록이 되면 산업체와 기술이전협약을 맺어서 실용화에 노력을 할 것이며 기술 이전에 따른 기술료 징수를 할 것이다.(제3장 2절 참조)



## 제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

제2절 설계 및 시공에 직접 이용

제3절 향후 기술개발의 자료로 이용



## 제5장 연구개발결과의 활용계획

### 제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

산업재산권(특허)의 등록이 완료되면 본 연구에 참여한 참여기업인 태웅산업에서 본 개발제품의 기술을 이전 받아 생산, 보급하기를 열망하고 있어 조만간 기술 이전을 하여 현장에 보급하는 실용화에 노력할 예정이며, 대량 보급이 이루어지기 이전에는 기업의 상품화가 지연될 것으로 판단됨으로 기업의 상품화 이전까지는 시범사업을 할 수 있도록 추진하여 소규모 생산에 의한 보급이 이루어질 수 있도록 추진할 예정이다.

### 제2절 설계 및 시공에 직접 이용

본 무동력 자동 제진기는 농업용 수리시설 중 재해방지용의 성격이 강하기 때문에 경지정리사업지구와 개보수사업지구의 설계에 반영되도록 추진할 것이며, 지자체에 대해서는 재해방지사설로서 소규모 농업기반정비사업이 시·군 수리시설개보수 지원사업에 활용될 수 있도록 추진할 예정이다.

### 제3절 향후 기술개발의 자료로 이용

무동력 자동 제진기를 이용한 새로운 형태의 재해방지 기법을 소개하고 이의 현장실용화를 통하여 농림정책에 재해방지라는 개념을 확립시키는 자료로서 이용을 하며, 각종 수리시설의 개발에 있어서 설계 및 제작에 대한 기초기술을 제공할 것이다.



## 제6장 참고문헌



## 제6장 참고문헌

- 1) 日本 エバラ製作所編：ローター式除塵機パンフレット, 1983.
- 2) 日本 エバラ製作所編：油壓式除塵機パンフレット, 1967.
- 3) 한국 표준협회편：한국산업규격 KS D 3565(상수도용 도복장관), KS D 4311(수도용 원심력 덕타일주철관), KS F 4405(코어식 프리스트레스트 콘크리트관).
- 4) 대한토목학회편："제1부 설계편 제1편 공통편 제2장 하중", 도로교 표준시방서, pp. 37~72, 1996
- 5) G. A. Leonards(1962)："Chapter 11. Culvert and Conduits", Foundation Engineering, McGRAW-HILL BOOK COMPANY INC., pp 965~999.
- 6) E. benjamin Wyile(1993)："Fluids Transients in System", Prentice-Hall, INC.,
- 7) 한국도로공사, 구조물 보수·보강 매뉴얼, 1997.
- 8) 한국도로공사, 구조물 안전점검 및 진단 편람, 1997.
- 9) 시설안전기술공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 1996.
- 10) 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리, 1995.
- 11) 농림부, 농가경제통계, 각년도.
- 12) 농림부·농업기반공사, 농업생산기반정비사업통계연보, 각년도.
- 13) 농림부·농어촌진흥공사, 농업기계의 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 연구, 1993.
- 14) 농림부·농지개량조합연합회, 경지정리 사후평가 및 효율적인 추진방안에 관한 연구, 1997.
- 15) 농림사업평가위원회·한국농촌경제연구원, 농림사업 평가, 1997.
- 16) 임재환, 농업투자분석론：이론과 실제, 선진문화사, 1997.
- 17) 한국개발연구원, 농어촌 투융자 효율성 제고방안, 1996.
- 18) 한국농촌경제연구원, 농림사업 2단계 중간평가, 1997.
- 19) 한국산업은행, 기술도입의 효과분석, 1991.
- 20) 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.
- 21) 玉城哲, 旗手熏, 今村奈良臣 編, 水利の社会構造, 東京大學出版會, 1984.
- 22) 鋼構造物計劃設計技術指針(水門扉編), 農林水産省構造改善局建設部設計課, 2002.
- 23) 水門鐵管技術基準(水門扉編), 社團法人 水門鐵管協會, 2001.

- 24) 水門鐵管技術基準(水壓鐵管・鐵鋼構造物・鎔接・接合編), 社團法人 水門鐵管協會, 2001.
- 25) 水門扉設計參考例, 社團法人 水門鐵管協會, 2001.

# 부 록



## 1. 무동력 자동 제진기 제작 및 설치 시방

- 1) 제작업체는 발주처의 설계대로 제작하여 지정된 장소에 발주처의 입회 하에 시험운전을 실시하여야 한다.
- 2) 전도게이트는 강재수로의 규격과 형태에 맞춰 제작하고 게이트의 재질은 일반 강재를 가공하여 힌지로 결합하는 구조로 한다.
- 3) 전도게이트의 형상은 작은 수압에도 민감하게 반응하여야 하므로 게이트과 받침대와의 결합이 완벽하도록 정밀하게 제작하여야 한다.
- 4) 전도게이트와 받침대 사이의 힌지결합시 이물질에 의해 작동이 방해되는 것을 막기 위하여 힌지 중심부의 마찰면을 최대한 매끄럽게 제작하여야 한다.
- 5) 전도게이트의 부식방지를 위한 표면 도장은 아연 메탈라이징으로 처리한다.
- 6) 수밀성 확보를 위한 지수부는 게이트 측면의 수로와 접하는 부분을 최대한 밀착시켜 수로와 연결하여 측면누수를 최대한 방지하도록 제작하여야 한다.
- 7) 전도게이트는 강재수로의 규격과 형태에 맞춰 제작하고 게이트의 재질은 일반 강재를 가공하여 힌지로 결합하는 구조로 한다.
- 8) 전도게이트의 형상은 작은 수압에도 민감하게 반응하여야 하므로 게이트과 수로와의 결합이 완벽하도록 정밀하게 제작하여야 한다.
- 9) 전도게이트와 수로 사이의 결합시 이물질에 의해 작동이 방해되는 것을 막기 위하여 힌지 중심부의 마찰면을 최대한 매끄럽게 제작하여야 한다.
- 10) 수밀성 확보를 위한 지수부는 게이트 측면의 수로와 접하는 부분을 최대한 밀착시켜 수로와 연결하여 측면누수를 최대한 방지하도록 제작하여야 한다.
- 11) 수차의 물받이는 스테인레스를 사용하여 제작하여야 하며 물흐름에 의해 잘 회전될 수 있는 형태로 제작되어야 한다.
- 12) 수차의 동력을 제진기 본체에 전달하는 동력전달 체인은 스테인레스로 제작되어야 하며 역회전에 의해 감속기에 감기지 않도록 스톱퍼 장치가 구비되어야 한다.
- 13) 수차의 샤프트는 구동 장치에서 동력을 전달하고 굽힘 모멘트 및 트러스트에 견딜 수 있도록 충분한 치수로 제작한다.
- 14) 감속기는 물 속에서 오랫동안 잠겨있어도 부식이 되지 않도록 스테인레스로 제작되어야 하며 이물질이 들어가서 기어에 영향을 미치지 않도록 커버를 부착시켜야 한다.
- 15) 제진기를 불의의 사태나 과부하로부터 보호할 수 있도록 감속기에 SHEAR PIN을 부

착시킨다.

- 16) 전도게이트와 수차 그리고 감속기의 결합은 용접에 의해 비틀림 현상등이 일어나지 않도록 완전히 볼트로서 결합될 수 있도록 한다.
- 17) 전도게이트 및 수차를 장착하는 수로는 압연강재로서 만들고 기존 수로와의 연결은 완만하게 하며 몰탈로서 누수를 방지시킨다.
- 18) 수로, 전도게이트, 수차에 관해서는 부식방지를 위하여 표면도장을 아연 메탈라이징으로 처리한다.
- 19) 제진기는 강재수로의 규격과 형태에 맞춰 제작하고 재질은 일반 강재와 스테인레스를 가공하여 볼트로 결합하는 구조로 한다.
- 20) 제진기는 작은 동력에도 무리 없이 작동하여야 하므로 레이크 연결 체인이 잘 돌아가도록 최대한 매끄럽게 연결시켜야 한다.
- 21) 제진기 작동시 수로바닥의 침전물에 의한 오작동을 막기 위하여 전위스크린을 설치하며 레이크가 바닥에 닿지 않도록 설치하여야 한다.
- 22) 수차의 동력을 제진기 본체에 전달하여 레이크를 돌리는 동력전달 체인은 스테인레스로 제작되어야 하며 역회전에 의해 감속기에 감기지 않도록 스톱퍼 장치가 구비되어야 한다.
- 23) 제진기의 샤프트는 구동 장치에서 동력을 전달하고 굽힘 모멘트 및 트러스트에 견딜 수 있도록 충분한 치수로 제작한다.
- 24) 제진기가 레이크의 작동에 의해 오물을 수거한 후 이 오물을 제진기 밖으로 배출할 수 있도록 오물배출관이 구비되어 있어야 한다.
- 25) 제진기의 체인을 돌리는 스프로킷은 작동시 외부충격에 의해 변형이 되지 않도록 충분한 두께를 가져야 하며 회전작동시 부식등에 의해 오작동이 생기지 않도록 스테인레스로 제작되어야 한다.
- 26) 수차의 고장에 의해 제진기 작동이 불가능한 경우를 상정하여 수동으로 제진기를 작동시킬 수 있는 장치가 구비되어야 한다.
- 27) 제진기는 전체적으로 볼트와 용접으로 결합되기 때문에 외부충격에 의한 변형이 생기지 않도록 충분한 두께로 용접을 하고 스테인레스 볼트로서 결합을 해야 한다.
- 28) 제진기의 강재부분에 관해서는 부식방지를 위하여 표면도장을 아연 메탈라이징으로 처리한다.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.