

최 종
연구보고서

효율적인 물관리를 위한 수로의 수문개량에 관한 연구

Study on Improvement of Water Gate in
Canal for Efficient Water Management

농 업 기 관 사
농 업 기 반 공 사

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “효율적인 물관리를 위한 수로의 수문개량에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다

2003년 8월 일

주관연구기관명 : 농업기반공사 농어촌연구원

총괄연구책임자 : 여 운 식

세부연구책임자 : 천 만 복

협동연구기관명 : 농촌진흥청 농업기계화연구소

협동연구책임자 : 전 종 길

여 백

요 약 문

I. 제 목

효율적인 물관리를 위한 수로의 수문개량에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라는 21세기 물부족 국가로 분류되는 미래를 대비하여 용수원을 개발하거나 수원공 개발이 곤란하다면 용수를 절감할 수 있는 시설물 또는 시스템을 개발하여 이를 실천해야 할 상황에 직면해 있다. 특히 2001년도 현재 우리나라 용수의 총이용량 341억 m^3 /년 중 농업용수가 차지하는 양이 159억 m^3 /년으로서 약 47%를 차지하고 있으며 이것이 2020년이 되면 381억 m^3 /년의 총용수 이용량 중 농업용수가 162억 m^3 /년으로서 약 42%를 차지하는 것으로 예상된다. 이러한 농업용수의 점유율로 볼 때 현재 수원공 개발은 환경문제와 더불어 입지조건이 고갈이라는 문제로서 더 이상 개발은 곤란한 상태이므로 당연히 농업용수의 타용수로의 전용이 대두되는 것은 당연한 것이다. 따라서 앞으로는 국가 정책적으로 농업용수의 타용수 이용에 대한 면이 대두될 것이며 이를 위해 수리시설물의 현대화 및 용수절감형 수리시설물 개발이 중요한 과제로 떠오를 것이다.

그러나 현재 우리 농업을 지탱하고 있는 수리시설물의 현대화 상황을 살펴보면 1970년대 이후 우리나라 경제의 고도성장을 계기로 농업의 현대화를 이룩하기 위해 농업생산성 향상과 기계화를 목표로 경지정리 및 재경지정리등의 사업을 통해서 수리안전담이 2000년 현재 총담면적 1,149천ha 중 880천ha로서 약 76%에 이르나 이러한 수리담에 용수를 공급해 주는 수원공 및 수리시설물의 현황을 보면 저수지 17,913개소 중 준공 후 30년이 경과한 것은 15,898개소로서 89%를 차지하며 양배수장 또한 총 6,546개소 중 준공 후 30년이 경과한 것은 1,264개소로서 20%를 차지하고 있어 시설물이 대단히 노후화된 것을 알 수 있다. 또한 이러한 수원공에서 말단 포장으로 용수를 분배하고 공급하는 역할을 하는 수로를 살펴보면 우리나라의 총수로(용·배수로)길이 171,738km 중 구조물이 49,804km로서 약

29%를 차지하며 토공수로가 121,934km로서 약 71%를 차지하고 있다. 이 중 실제로 말단 포장에 용수를 공급해 주는 용수로에 한정하여 살펴보면 109,833km 중 구조물이 39,540km로서 36%를 차지하고 토공수로가 70,293km로서 약 64%를 차지하고 있다. 이러한 수로의 구조물 및 토공수로의 비율은 수로내의 물손실과 물관리라는 측면에서 대단히 중요하다고 볼 수 있다. 이러한 수원공 및 수로의 현대화의 현대화를 이룩하여도 물의 분배 및 공급기능을 가진 수문(gate)의 현대화가 이룩되지 않는 한 효율적이며 생력적인 물절감과 물관리는 이룩할 수 없다. 현재 수문의 종류는 수원공의 댐수문 및 저수지 사통수문을 비롯하여 물분기가 이루어지는 부분에 설치하는 제수문(Check Gate), 물을 한 단계 낮은 수로로 분기해 주는 분수문과 분수공, 수로 내의 물을 밖으로 유출시켜 주는 방수문 그리고 배수로 말단부에서 바다로 물을 유출시키는 배수관문등으로 이루어져 있으며 말단포장에서는 포장에 직접 용수를 공급해 주는 급수공과 포장담수위를 적정하게 유지시켜 주는 배수공으로 이루어져 있다. 이러한 수문은 현재 물관리의 효율화를 기하기 위해 농업기반공사에서 시행하고 있는 TC/TM(물관리자동화)사업에 의해서 전동화가 이루어져 가고 있으며 현재 준공 또는 설계중인 물관리자동화사업은 총 91개 지구의 230천ha에 이르고 있다. 그러나 물관리자동화사업은 수원공 및 간선급 위주로 시행하기 때문에 지선급 및 지거급에서의 수로내 유힬의 감시 및 제어로까지는 이어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 지선급 및 지거급의 수로내 유힬에 따른 물관리 즉 수문조작은 일일이 인력(수로감시원)에 의존할 수밖에 없는데, 현재 농촌의 인구는 우리나라 총인구 47,008천명(2001년 현재) 중 3,933천명으로서 약 8%이며 이 농촌인구 중 60세 이상의 고령인구가 1,423천명으로서 36%를 차지하고 있는 고령화 및 일손부족의 현상을 안고 있기 때문에 인력에 의한 물관리는 대단히 어려운 실정이다. 실제 수로감시원 1인당 관리면적이 200ha를 넘는다는 조사결과에서 보듯 세밀하고 용수를 절감하는 물관리는 곤란하다는 결론에 이른다.

따라서 상기에서 논한바와 같이 수리시설물의 노후화, 물관리자동화 사업의 한계성, 물관리인력의 부족을 해결하여 농업생산성 향상과 수리시설물 운영과 관리의 생력화를 이룩하기 위해서는 물관리에 가장 핵심이 되는 수문의 개선 또는 개량이 가장 시급한 실정이다. 현재 이러한 수문의 개선 또는 개량을 위해서는 두 가지 면을 확실하게 인식할 필요가 있다. 그 첫 번째가 수문 자체의 문제점으로서 현재의 수문은 경제성 추구하고 함께 수문산업의 낙후로 인하여 무거우면서도 부식에 약한 재질과 권양방식의 복잡함에 기인한 작동의 곤란성등이 있다. 이는 지나치리만큼 무거운 수문을 권양시키기 위해서 무리한 권양

방식을 채택하고 또한 이를 전동화시키기 위해서 대용량의 모터를 사용해야 하는 등 수문 전체적으로 대용량화 및 권양방식의 복잡화를 초래해 왔다. 따라서 수문의 작동이 원활하면서 인력의 소모를 최소화하며 가능하면 작동과 유지관리에 인력소모가 적은 상태로 더 나아가서는 없는 상태로 개발하는 것이 중요하다. 두 번째로는 수문을 설치하는 수로의 상황에 대한 파악으로서 현재 수로내에서 물공급을 하기 위하여 수원공에서 용수를 공급하는데 수로의 연장이 장대하고 구배가 적당하지 않은 수로시스템이 많이 존재하며, 설계용 수량을 제대로 공급하는 곳이 적기 때문에 수로말단부에 적기적량의 용수공급이 곤란한 지역이 많이 존재한다. 따라서 이를 극복하기 위해 수로내 수위유지를 위한 용수를 더 공급하게 되는데 이것이 필요이상의 용수를 사용하게 되는 원인이 된다. 따라서 이러한 추가적인 용수공급을 방지하고 이 제수문 운영과 관리를 위한 인력을 절감하기 위하여 수로가 분기되는 지점인 분수문이나 분수공의 하류에서 수위를 유지하는 제수문을 스스로 수로내 수위를 유지하고 그 외의 용수는 제수문 하류로 보내어서 하류지역의 용수공급에도 단절이 없이 하며 유지관리에 인력이 필요 없는 수문형태의 개발이 시급한 실정이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 수리시설물 현대화라는 측면에서 새로운 형태의 수문개발과 기존 수문의 개폐방식 개량을 통해 효율적인 물관리를 달성하기 위하여 다음과 같은 2개 분야의 연구개발을 계획, 시행하였다.

1) 무동력 자동 수문 개발

○ 무동력 자동수문 시제품 개발을 위한 자료조사

- 국내의 수로 수문의 현황 파악

수문의 종류, 재료, 구조적 특성, 관리현황에 대한 현장 및 자료 조사

- 외국에 있어서의 수로 수문의 현황 파악

무동력 수문 개발에 관한 연구개발이 활발한 프랑스, 일본등의 현황 및 실용화 자료조사 및 분석, 수문의 종류, 재료, 구조적 특성, 관리현황 조사

○ 무동력 자동수문 시제품 개발

- 무동력 수문의 재질 선정

- 설계사양 작성

- 설계사양에 의한 부품수급계획 작성
- 시제품 설계
- 시제품 제작(Type 1)
- 무동력 자동수문 시제품 현장시험
 - 내구성
 - 수밀성
 - 작동의 적정성 여부
 - 검토분석 및 대책
- 무동력 자동수문의 영향 분석
 - 수로별 유량별 배수위영향 검토
 - 수문 설치 위치에 따른 배수위 영향 검토
- 수로별 표준규격 선정
 - 간지선 용수로의 형태 및 규격 조사
 - 수로별 무동력 자동수문 표준 규격 결정
- 시제품 보완설계 및 현장 설치(2개소)
 - 문비형태 변형 : 사다리꼴→직사각형
 - 문비거치대 : 규모 최소화, 현장 시공의 편리성 고려
- 검정시험
 - 수밀성
 - 작동의 정밀성
- 무동력 자동수문 완제품 제작
 - 완제품 재질 및 설계사양 확정
 - 완제품 설계 및 제작
 - 실내 및 현장 시험
- 무동력 자동수문 설치 및 유지관리 방법 정립
 - 메뉴얼 작성
 - 무동력 자동수문 설치방법, 사용방법, 급수방법, 유지관리방법 설명
 - 설계방법 정립

2) 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

○ 분수문 재질 및 개폐장치 관련 기초조사 및 요인시험

- 기초자료조사

- 현재 사용되고 있는 분수문 및 개폐장치의 규격, 형상, 재질, 소요토크, 개폐방식 사용상의 문제점 파악

- 재질선정 요인시험

- 적정 재질 선정을 위한 소재의 특성 비교 시험(압축, 항절)과 소재의 실용성 검토(가격, 국내 생산 가능성, 부식성등)

○ 분수문 및 개폐장치 설계

- 개폐방식 설계

- 개폐조작부, 분수문의 기계역학적 특성 연구
- 분수문 개폐방식 : 슬라이드 게이트, 힌지 게이트등

- 형상 및 규격 설계

- 압축, 허용응력등 유한요소설계법에 의한 설계사양 작성

○ 분수문 제작 및 성능시험

- 분수문 제작

- 개폐방식 : 상하 개폐식
- 소 재 : 스텐레스, 폴리머 등

- 성능시험 : 개폐소요력, 개폐시간 등

- 현장 적용시험 : 수밀성 등

○ 소재 및 개폐방식 보완

- 시제품 보완 설계

- 시제품의 성능시험에 의한 문제점 보완 설계

- 시제품 보완 제작

- 보완 설계사양에 따라 시제품 보완제작

○ 보완 시제품 성능시험

- 보완 시제품 현장시험

- 수문의 수밀성, 개폐장치의 취급성, 경제성등

○ 분수문 및 개폐장치의 완제품 제작

- 완제품 설계
 - 문제점을 개량 보완하여 완제품의 설계
- 완제품 제작
 - 설계사양에 따라 작성된 설계도면에 의거하여 완제품 제작
- 분수문 개폐장치의 설계 및 관리방안 제시
 - 분수문 개폐장치의 설계 및 관리방안 제시
 - 수로의 크기에 따른 분수문의 크기 등의 적정 설계요령 제시
 - 분수문 개폐장치의 조작방법, 유지관리방법을 사용설명서로 제시

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1) 무동력 자동 수문 개발

본 연구에서는 수문작동에 있어서 외부동력의 도움을 받지 않고 인력에 의한 유지관리를 최소화하며 수문 상류의 수심을 항상 일정하게 유지하여 수문 상류에서 분기된 수로로부터 용수가 일정한 수압을 유지하여 원거리까지 용수가 도달할 수 있어야 하고 항상 인력에 의한 수문 감시를 하지 않기 위하여 수문비에 오물이 끼어 오작동을 하는 현상을 막아야 하며 집중강우시나 수로내 외수유입시 수문이 통수에 방해가 되어 수로범람에 따른 논침수등의 피해를 막을 수 있는 장치가 고안되어 있어야 한다라는 5가지 항목을 개발주요사항으로 정하여 개발에 착수하였다.

가) 개발된 무동력 자동 수문은 수문비에 붙어 있는 부력판과 수문비와 두 개의 밸런스 웨이트(Upstream and Downstream Balance Weight), 그리고 수로 내의 수위의 상관관계에 의하여 자동으로 수문이 개폐되도록 개발하였다.

나) 집중강우시와 같은 긴급한 재난이 발생하였을 때 수로내에 걸쳐있는 수문비는 수로내 통수의 방해물질로 작용하여 수문상류지역에서 범람을 초래하고 이러한 범람으로 논침수등의 재해를 초래하기 때문에 수로내 수위가 일정 이상으로 증가하였을 때에는 수로 내 통수방해가 되지 않도록 수문비가 수문 하류방향으로 완전히 넘어갈 수 있도록 하였다.

다) 무동력 자동 수문의 표준화를 위하여 수원공별 관계면적을 12개 형태로 나누어서 조사를 한 후 그 조사결과에 따라 50ha~500ha 사이의 수해면적을 갖는 수로를 8개

타입으로 나누어서 수로단면설계를 하고 이를 농업기반공사의 수문호형도와 비교검토하여 표준화를 시도하였다.

라) 수문비의 형태(사다리꼴)를 우리나라 농업용수로의 형태(직각단면형태)로 변환시키기 위하여 수로내 수문이 가로질러 있는 경우를 인상수문 유출과 자유유출로 나누어서 50ha~500ha 사이의 수해면적을 갖는 수로를 8개 타입으로 나눈 수로단면에 의해 계산을 한 결과 수문이 직각단면형태로서 수문비가 수로바닥에서부터 65%의 개도를 가진다면 전혀 통수에 문제가 없는 것을 밝혀내었다.

마) 최종적인 수문을 개발하기 위하여 시작기 4대와 실용화 제품 1대를 제작하여 농어촌 연구원 물관리시험포장과 온양지구, 그리고 담양지구에 설치하여 시험운동을 하였다. 수문의 크기는 수문비를 기준으로 폭 0.6m × 높이 0.6m 1대, 폭 1.0m × 높이 1.0m 3대, 폭 3.2m × 높이 2.4m 1대를 설계·제작하여 현장에 설치하였다.

바) 오물이 수로측벽과 수문비 사이에 끼어서 수문작동을 방해하여 수문작동이 불가능하게 되면 수로내 통수방해를 초래하여 수로범람을 야기시킨다. 이러한 오물끼임현상을 방지하기 위하여 수문비에 특수고무를 부착시켜 이 특수고무가 수로측벽에 붙어서 오물이 끼이는 현상을 방지하며 수문 전면에 모인 오물은 유속에 의해 수문비 하방을 통하여 수문하류방향으로 흘러나가거나 인력에 의하여 수거하도록 하였다.

사) 본 연구의 결과에 대해서는 실용신안을 출원하였고 등록과 동시에 산업체에 기술이전을 실시하여 수리시설물의 현대화에 기여토록 할 예정이다.

상기와 같은 연구결과를 도출한 무동력 자동 수문은 실제로 현장에 설치하여 그 효과를 입증하였기 때문에 연구개발과 동시에 실용화라는 커다란 숙제를 안게 되었다. 이러한 실용화를 위해서는 국가의 정책적 보조와 더불어 물관리 실무자와 수로설계자들에게 인식이 되도록 홍보를 하는 것이 중요하다.

2) 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

농업용 관개시설로 이용되는 용수로의 분수문 개폐장치가 부식, 고장, 취급 불편 등의 문제점이 있어 취급이 용이하고 내부식성을 갖춘 용수로 분수문 개폐장치를 개발하였으며 현장설치를 통하여 성능을 시험하였다.

가) 시작기의 개폐방식을 래크와 피니언에 의해 작동되는 랙앤피니언식과 개폐스크류축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하는 개량 스크류식, 리모콘에 의해

50m가 떨어진 곳에서도 제어가 가능한 리모콘제어식의 3종 시작분수문을 설계·제작하여 시험한 결과 개량 스크류식이 실용화에 가장 우수한 것으로 나타났다.

- 나) 랙앤피니언 방식은 개폐회전수와 개폐시간을 줄일 수 있어 취급이 용이하나 다소 구조가 복잡하고 가격이 고가인 것이 단점으로 나타났으며, 리모콘제어식은 사용하기에는 용이하나 농경지에서 배터리 또는 전기 사용의 불편성, 기후변동에 따른 고장 우려 등으로 실용화를 위해서는 더 보완되어야 할 것으로 판단되었다.
- 다) 개량 스크류식 시작기를 현장 성능시험을 실시한 결과, 평균 개폐토크는 $5\text{N}\cdot\text{m}$ 나타나 기존 분수문의 평균 토크 $14\text{N}\cdot\text{m}$ 에 비해 약 64% 개폐토크가 감소되었으며, 기후변동에 따른 소재의 변형, 부식은 나타나지 않았다.
- 라) 개폐시간은 기존 스크류식 분수문이 233sec, 기존 워기어식은 495초, 시작기인 개량 스크류식은 32sec로 기존 스크류식에 비해 7.3배, 워기어식에 비해서는 15.5배 개폐시간이 단축되는 것으로 나타났다.
- 마) 분수문 소재의 재질변형은 문비와 문틀사이의 틈새를 초기와 1년후 값을 틈새계이저로 측정하여 t검정을 실시한 결과 5% 유의수준에서 검정통계량 $t_0=1.151 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 으로 나타나 초기와 1년후 부재의 변형에는 차이가 없는 것으로 나타났다.
- 바) 누수량조사에서 기존 분수문의 경우 문비와 문틀 사이에 틈, 부식 등으로 분당 약 1.5ℓ의 물이 누수되었으나 개량된 분수문은 0.4ℓ로 약 74% 절감되는 것으로 나타났다.
- 사) 소재의 부식성에 있어서는 기존 분수문의 경우 설치 2개월후부터 개폐축이 녹스는 현상을 확연히 확인할 수 있었으나 시작기의 경우 설치 1년후에도 녹스는 현상은 나타나지 않았다.
- 아) 수로관리인(농민)들의 의견조사 결과, 시작기의 경우 기존 분수문에 비해 개폐시 힘이 적게 들고 개폐회전수가 적어 사용하기가 좋으며, 재질이 또한 녹슬지 않는 재질로 되어 있어 내구성이 증대될 것이라는 의견이 많았다.
- 자) 개발된 분수문 장치는 현장 성능시험을 통하여 보완을 추진하였으며, 산업체에 기술이전하여 영농현장에 보급할 계획이다.

SUMMERY

I . Subject

Study in Improvement of Water Gate in Canal for Efficient Water Management

II . Purpose and Necessity of Research

The situation that the facilities that the future that is classifying to a shortage of water nation for the 21st century is prepared for, and our country develops a water circle, or can reduce water if source of a river empty development is difficult or a system is developed, and must practice this is being faced. Because agriculture water occuppies about 42% in during Total Water Utilization Quantum of a 16,200,000,000m³ / year in as a 38,100,000,000m³ / year if currently agriculture water lets occupy during Total Water Utilization Quantum 34,100,000,000 m³ / year of our country water, and about 47% are being occupied in as a 15,900,000,000m³ / year, and this becomes 2020, 2001 in particular is expected. Currently the fact that an exclusive use of other irrigation canal of agriculture water comes naturally to the front as an environment problem and a problem called exhaustion of conditions of location as for source of a river empty development because development is difficult state any more is common sense at the time of ball with share of this agriculture water. Therefore, an aspect about other water use of agriculture water will come to the front with a national policy enemy in the future, and modernization of repair facilities and water reduction-type repair facilities development will float on an important assignment for this.

However, To composed construction is in several with very old one with 20% as 1,264 places to pass by one after completion of work for 6,546 places tp occupied pumping station with 89% as 15,898 places to pass by one after completion of work for

17,913 places to see reservoir with present conditions of to support dam, reservoir and constructions with water in paddy field in about 76% as in 1000 in 880 during in 1000 in present, total paddy area size 1,149 through a cultivated field proposition and paddy reform business with the aim of agriculture productivity improvement and mechanization 30 in 2000 in order to accomplish a modernization of agriculture with a gauge by high growth of our country economy in after 1970's if a modernization situation of repair facilities sustaining currently our agriculture is watched. If a canal playing water is distributed to end packing in too these source of a river balls, and to supply with is watched, a structure occupies about 29% as 49,804km for 171,738km long with a count of our country (a dragon / a drainageway), and Soil canal is occupying about 71% as 121,934km. If actually limits at the irrigation canal which supplies end packing with water, and is watched during this, a structure occupies 36% as 39,540km for 109,833km, and Soil canal is occupying about 64% as 70,293km. It is very important, and a structure of these canals and ratio of Soil canal can see canal underwear wet hand practical course Water management in the side. It is efficient, and labor reductional water reduction and Water management cannot be accomplished so long as a modernization of the water gate which these source of a river balls and a modernization of a modernization of a canal are accomplished, and had trouble distribution and a feeder royal mausoleum is not accomplished. Currently empty, suitable to maintenance is composed with water outlet with water inlet and paddy field water level To supply with water in paddy field with periods of run off in gate with in front of downstream of canal to sea with waterproofing door and drainage canal run off forth to ask in a canal fraction department of liberal arts fraction diverging to the canal which is low in one phase to ask the ritual food door (Check Gate), which a face-powder fluid banner installs in a consisting part including airborne dam gate and reservoir gate in several won a kind of a water gate. To use electricity will be performed by a TM/TC business enforcing efficiency of water management on realization in the Korea Agricultural Rural Infrastructure Corporation, and, as for these water gates, completion or on design TM/TC business is currently early in 91 total

globe 230. However, a branch line class and a watch of canal inside sulfur of diversion canal and To control are the misgovernment that cannot follow because TM/TC Business is enforced with on source of a river ball and a trunk class. Therefore, population a branch line class and water management along canal inside sulfur of diversion canal and water gate operation cannot but depend on manpower (a canal watch circle) one by one, but to be currently rural || in our country Total population 47,008 || a fate (2001 now). Because it is about 8%, and the globe that is advanced age more than the 60th is embracing aging occupying 36% as a fate and hand racial phenomenon in 1,423 during this agricultural village population as at 3,933 fate, water management is very hard misgovernment by manpower. It is detailed, and water management reducing water reaches a difficult conclusion in the actual canal watch circular investigation results that management area exceeded 200ha per the first impression.

Therefore, it is hurry to improvement of the water gate which the core becomes in water management most in order golden years anger of repair facilities, ceiling anger, shortage of water management labor of a TM/TC business are solved like in the above statement, and to accomplish labor saving of agriculture productivity improvement and repair facilities operation and management. It is necessary to recognize two aspects for an improvement of currently these water gates or enhancement certainly. Though it is heavy, as for the current water gate, a difficulty anger back of the operation that originated is with weak materials and method of lifting being complicated in corrosion because of the economy chase and the old of water gate industry as the first water gate own problem. The back water gate which must use a motor of a mass in use to electric harm the method of lifting that is forcible is adopted on the method of lifting, and to say the water gate that it is heavy to too throughout rising has caused mass anger and complication of the method of lifting generally. Therefore, it is important to develop with state not to be waste of manpower is minimized while operation of a water gate is smooth, and manpower waste goes forward to a little state more, and to stand by operation and maintenance

if it is possible. Water is supplied with in source of a river ball in order currently to do water supply in canal as a grasp about a situation of a canal to install a water gate in the second, but it exists to be difficult area of water supply to on time, to on quantum in downstream area of canal because of the to on time water supply as me with design water capacity a canal system lets older and is magnificent, and to be unsuitable a pitch of a canal. Therefore, is supplied with water for a canal inside guard maintenance more in order to overcome this, but is used water on necessary this || is the cause. Therefore, development of water gate shape is to hurry conditions that no need in maintenance and management without to cut off in to supply water of suppling downstream area with downstream water of check gate except to upkeep with a canal inside guard with the ritual food door which keeps a guard in a spot fraction door or the fraction airborne down stream throughout a canal being diverged in order this additional water supply is prevented, and to reduce manpower for this ritual food door operation and management in person.

III. Scope of Research

1) Self controlled water gate development

This study plans research and development of two following fields in order to achieve efficient water management through water gate development of a new form and opening and shutting method enhancement of the existing water gate in the side called repair facilities modernization, and it is performed

- Data investigation for self controlled water gate prototype development
 - A present situation grasp of a domestic canal water gate
A kind of a water gate, materials, a structural characteristic, the spot about the management present situation and data investigation
 - The present situation of a canal water gate is checked in a foreign country
France where research and development about self controlled water gate development is active, the present situation of a Japanese back and utility anger

data investigation and analysis, a kind of a water gate, materials, a structural characteristic, management present situation investigation

- self controlled water gate prototype development
 - Materials of a self controlled water gate are determined
 - Design refusal writing
 - Thing supply and demand plan writing to increase by design refusal
 - A prototype design
 - Prototype manufacture (Type 1)
- A self controlled water gate prototype field test
 - Durability
 - water resistance
 - Proper anger of operation
 - Examination analysis and measures
- Influence analysis of a self controlled water gate
 - An influence is examined on drainage by amount of flowing water by canal
 - A standard by influence examination canal is determined on drainage along a water gate installation position
 - A form for water to have stood in since It went and standard investigation
 - A self controlled water gate standard decision prototype supplementation design by canal and field installation (two places)
 - skin plate shape transformation:
- A trapezoid → rectangle
 - to construct skin plate: Scale Mimimization, convenience anger consideration of field construction
- A verification test
 - water resistance
 - An accuracy of operation
- self controlled water gate finished goods manufacture
 - Finished goods materials and design refusal decision

- Finished goods design and manufacture
 - An inside and a field test
 - self controlled water gate installation and maintenance way
 - Menu bruise writing
 - A nihility electric power automatic water gate installation way, a use way, a water supply way, a maintenance way explanation / design way
- 2) The existing fraction inquiry materials and opening and shutting method enhancement
- The existing fraction inquiry materials and opening and shutting method enhancement fraction door materials and opening and shutting device related basic investigation and factors test
 - Basic data investigation

Currently a used fraction door and a standard of an opening and shutting device, a form, materials, a disturbance torque, an opening and shutting method, a problem grasp on use
 - To choice material factors test

A characteristic comparative test of a material for proper materials choice (compression) and a utility anger examination of a material (a price, the domestic possibility of production, a corrosion anger back)
 - A fraction door and an opening and shutting device design
 - An opening and shutting method design

Opening and shutting operation wealth, fraction inquiry machine mechanics enemy characteristic study / a fraction door opening and shutting method:
 - A slide gate, a hinge gate back
 - A form and a standard design

Design refusal is written by compression, permission stress back limited element design law
 - Fraction door manufacture and a performance test

- Fraction door manufacture
 - An opening and shutting method : A up and down retractable materials, stainless, polymer
- A performance test: opening and shutting power, opening and shutting time
- A field adaptation test : water resistance
- A material and an opening and shutting method supplementation
 - A prototype supplementation design
 - A problem supplementation is designed by a performance test of a trial product
 - Prototype supplementation manufacture
 - A prototype supplementation is made according to supplementation design refusal
- A supplementation prototype performance test
 - A supplementation prototype field test
 - resistance of a water gate, treatment anger of an opening and shutting device, an economy back
- A fraction door and finished goods manufacture of an opening and shutting device
 - Finished goods design
 - Enhancement supplements a problem, and it is a design of finished goods
 - Finished goods manufacture
 - According to the blueprint aspect written according to design refusal, finished goods are made
- A design of a fraction door opening and shutting device and management plan presentation
 - A design of a fraction door opening and shutting device and fraction inquiry sizes along size of management plan presentation / a canal operation way of proper design trick presentation / fraction door opening and shutting device, a maintenance way are presented with a manual

IV. Results and Suggestion for Utilization

1) Self controlled water gate development

Water keeps the regular water pressure from the canal which help of external electric power is not received in water gate operation in this study, and maintenance is minimized by manpower, and always regular, the depth of water of water gate the upper stream is kept, and was diverged in water gate the upper stream, and water can reach by a long distance, and A device was with designed one, and It is always started in development with importance factors with contents in 5 in several with damage of inundation paddy field along inundation in a stoppage water flow with phenomenon with to miss device opration in waste of skin plate with monitoring by heavy rain and to come waste in canal several sentences to several sentences.

- a) Was developed so that a buoyancy printing and a water gate pasted up on developed self contolled water gate water gate rain would be rainy, and a water gate was opened and closed by balance weight (Upstream and Downstream Balance Weight), of a dog and correlation of a guard in a canal automatically.
- b) The several sentences that stretch among canals when an urgent disaster as a concentration precipitation city occurred are worked on with deterrent quality of vacant water flow in canal, and an overflowing is caused in a water gate high region, and inundation is performed in perfectly to go direction of downstream to nood than maintenance wter level in canal because of to summon in a disaster of inundation paddy field by these overflowing to skin plate several sentences.
- c) Eight canals which have paddy field area between in 50ha to 500 according to the he investigation results after 12 related area by source of a river ball is divided by a form for standardization of a Self controlled water gate, and checking are divided by type, and the canal cut end is designed, and it is tried with standardization form and compare to standard of the Korea Agricultural Rural Infrastructure Corporation with this:
- d) A canal inside water gate divides the case that is being crossed by impression water gate leakage and freedom leakage in order to let several questions convert a

rainy form (a trapezoid) into a form for our country agriculture water (a right angle cut end form)

As a result of having calculated by the canal cut end to have divided eight canals which have paddy field area between toward a 50ha to 500 by type, a water gate has never lighted up thing without a problem with water flow if water gate rain has open degree of 65% as a right angle cut end form from a canal floor.

- e) Four pilot product and utility anger product 1 were made in order to develop the last water gate, and was installed in Rural Research Institute water management pilot area and the Onyang earth and DamYang area, and a test was operated.

A design made one of them high in 3.2m×2.4m wide to three of them high in 0.6m×1.0m wide high one of them, 1.0m×0.6m wide with a basis, and large water gate rain of a water gate was installed in the spot.

- f) It lets disturb water flow in canal is caused if garbage gathers between a canal part wall and water gate rain, and water gate operation is obstructed, and water gate operation is made impossible, and a canal overflowing cause.

The phenomenon that a special encouragement is attached to water gate rain in order to prevent this garbage thing phenomena to be sandwiched in between, and this special encouragement is pasted up on a canal part wall, and garbage is inserted between is prevented, and certain person garbage streams through water gate by flow speed in the front of a water gate in water gate down stream direction, and It goes out, or it is to use in man power.

- g) Application held a utility model on the results of this study, and technology transfer is executed in industry at the same time, and To contribution is going to be done in a modernization of repair facilities with registration.

Because actually was installed in the spot, and the self controlled water gate which drew the above study results proved the effect, it was embraced large homework called utility anger with research and development at the same time.

It is important to publicize in order to become recognition in canal designers with national policy assistance and water management working-level official for this utility anger.

2) The existing fraction inquiry materials and opening and shutting method enhancement

Devices of diversion gate used at irrigation canal, as a irrigation structures of agriculture, have shown serious problems such as corrosion, defect, inconvenience of operation, etc. Accordingly, handy devices of diversion gate have been developed and then tested in the field.

The operating types of the prototype were a rack-and-pinion type, an improved screw type that only gate plate was moved up and down while the screw axis was unmoved, and a remote control type which can be controlled from 50m away using a remote control system. Those 3 types were developed, and the improved screw type was shown the best operation through the field tests.

The rack-and-pinion type shows easy handling and effectively decreases the operating time, however, the structure was complicated and the price was pretty high. The remote control type was also very handy, however, it shows some disadvantages when used in the field, such as difficulty of electric supply and weather concern.

The results of the field tests with the prototype of the improved screw type show that the opening torque was $5\text{N} \cdot \text{m}$, 64% decreased compared to $14\text{N} \cdot \text{m}$ of the existed diversion gates. Moreover, there were no any rust as well as physical changes with various weather condition.

While the operating times of the conventional screw and worm gear typed diversion gates were 233sec and 495sec, respectively, the operating time of the improved screw type was only 32sec, only 13.7% and 6.5%, respectively, of them.

Contents

Chap. 1 Outline of Research	29
Sec. 1 Backgrounds	29
Sec. 2 Necessity of Research	30
Sec. 3 Objectives and Scopes of Research	36
Sec. 4 Expected Effects and Application Plan	42
Sec. 5 Study Period and Research Personnel	45
Sec. 6 Summary and Conclusion	47
Chap. 2 Status of Technical Development at Home and Abroad	53
Sec. 1 General Status of Technical Development	53
Sec. 2 Development of Self-Controlled Water Gate	53
Sec. 3 The existing fraction inquiry materials and opening and shutting method enhancement	64
Chap 3. Works and Results of Research	69
Sec. 1 Development of Self-Controlled Water Gate	69
1. An operation principle	69
2. A design / structure calculation	71
3. A KARICO Type water gate	82
4. The largest pipe number ability examination of a canal along water gate installation	97
5. The thing phenomenon analysis that non-garbage is inserted between several sentences and measures	108

6. Use decision along a water gate function	130
7. The thing phenomenon analysis that non-garbage is inserted between several sentences and measures	136
8. Corrosion phenomenon and clothing (coating) of a water gate ..	146
9. Test Pilot Products development	154
Sec. 2 The existing fraction inquiry materials and opening and shutting method enhancement	181
1. Basic investigation for irrigation canal fraction door GaePeJangChi enhancement	181
2. Irrigation canal fraction door opening and shutting device design manufacture	191
3. A Pilot Products performance test	206
4. Method of Maintenance and Management for Diversion Gate ·	229
5. The results and consideration	231
Chap 4. Achievement of Objectives and Contributions	235
Sec. 1 Achievement of Each Objectives and its Contributions	235
Sec. 2 Achievement in Each Item of Evaluation Checklist	239
Chap. 5 Application Plan of Research Results	243
Sec. 1 Wide Use at Site by Mass-Manufacturing	243
Sec. 2 Use to Design and Construction	243
Sec. 3 Use for Further Technical Development	243
Chap. 6 References	247
Appendix	251

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	11
Contents	21
목 차	23
제1장 연구개발과제의 개요	29
제1절 연구개발의 배경	29
제2절 연구개발의 필요성	30
제3절 연구개발의 목표 및 내용	36
제4절 기대효과 및 활용방안	42
제5절 연구기간 및 참여연구원	45
제6절 요약 및 결론	47
제2장 국내외 기술개발 현황	53
제1절 기술개발의 개괄적 현황	53
제2절 무동력 자동수문 개발 현황	53

제3절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량	64
제3장 연구개발수행 내용 및 결과	69
제1절 무동력 자동 수문 개발	69
1. 작동원리	69
2. 설계·구조계산	71
3. KARICO Type 수문	82
4. 수문설치에 따른 수로의 최대통수능력 검토	97
5. 표준기종선정을 위한 수로 및 수문(gate) 조사 결과	108
6. 수문 기능에 따른 용도 결정	130
7. 수문비 오물끼임현상 분석 및 대책	136
8. 수문의 부식현상과 피복(coating)	146
9. 시험제작기 개발	154
제2절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량	181
1. 용수로 분수문 개폐장치 개량을 위한 기초조사	181
2. 용수로 분수문 개폐장치 설계·제작	191
3. 시작기 성능시험	206
4. 분수문 유지관리 방법	229
5. 결과 및 고찰	231
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	235
제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도	235
제2절 평가 착안점별 달성도	239

제5장 연구개발결과의 활용 계획	243
제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진	243
제2절 설계 및 시공에 직접 이용	243
제3절 향후 기술개발의 자료로 이용	243
제6장 참고문헌	247
부 록	251

여 백

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구의 배경

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구개발의 목표 및 내용

제4절 기대효과 및 활용방안

제5절 연구기간 및 참여연구원

제6절 요약 및 결론

여 백

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 배경

우리나라는 21세기 물부족 국가로 분류되는 미래를 대비하여 용수원을 개발하거나 수원공 개발이 곤란하다면 용수를 절감할 수 있는 시설물 또는 시스템을 개발하여 이를 실천해야 할 상황에 직면해 있다. 특히 2001년도 현재 우리나라 용수의 총이용량 341억 m^3 /년 중 농업용수가 차지하는 양이 159억 m^3 /년으로서 약 47%를 차지하고 있으며 이것이 2020년이 되면 381억 m^3 /년의 총용수 이용량 중 농업용수가 162억 m^3 /년으로서 약 42%를 차지하는 것으로 예상된다. 이러한 농업용수의 점유율로 볼 때 현재 수원공 개발은 환경문제와 더불어 입지조건의 고갈이라는 문제로서 더 이상 개발은 곤란한 상태이므로 당연히 농업용수의 타용수로의 전용이 대두되는 것은 당연한 것이다. 따라서 앞으로는 국가 정책적으로 농업용수의 타용수 이용에 대한 면이 대두될 것이며 이를 위해 수리시설물의 현대화 및 용수절감형 수리시설물 개발이 중요한 과제로 떠오를 것이다.

그러나 현재 우리 농업을 지탱하고 있는 수리시설물의 현대화 상황을 살펴보면 1970년대 이후 우리나라 경제의 고도성장을 계기로 농업의 현대화를 이룩하기 위해 농업생산성 향상과 기계화를 목표로 경지정리 및 개보수사업등을 통해서 수리안전담이 2000년 현재 총담면적 1,149천ha 중 880천ha로서 약 76%에 이르나 이러한 수리담에 용수를 공급해 주는 수원공 및 수리시설물의 현황을 보면 저수지 17,913개소 중 준공 후 30년이 경과한 것은 15,898개소로서 89%를 차지하며 양·배수장 또한 총 6,546개소 중 준공 후 30년이 경과한 것은 1,264개소로서 20%를 차지하고 있어 시설물이 대단히 노후화된 것을 알 수 있다. 또한 이러한 수원공에서 말단 포장으로 용수를 분배하고 공급하는 역할을 하는 수로를 살펴보면 우리나라의 총수로(용·배수로)길이 171,738km 중 구조물이 49,804km로서 약 29%를 차지하며 토공수로가 121,934km로서 약 71%를 차지하고 있다. 이 중 실제로 말단포장에 용수를 공급해 주는 용수로에 한정하여 살펴보면 109,833km 중 구조물이 39,540km로서 36%를 차지하고 토공수로가 70,293km로서 약 64%를 차지하고 있다. 이러한 수로의 구조물 및 토공수로의 비율은 수로내의 물손실과 물관리라는 측면에서 대단히 중요하다고 볼 수 있다. 이러한 수원공 및 수로의 현대화의 현대화를 이룩하여도 물의 분배 및 공급기능을 가진 수문(gate)의 현대화가 이룩되지 않는 한 효율적이며 생력적인 물절감과 물관리는 이룩할 수 없다. 현재 수문의 종류는 수원공의 댐수문 및 저수지 사통수문을 비롯하여 물분기가 이루어지는 부분에 설치하는 계수문(Check Gate), 물을 한 단계 낮은 수로로 분기

해 주는 분수문과 분수공, 수로 내의 물을 밖으로 유출시켜 주는 방수문 그리고 배수로 말단부에서 바다로 물을 유출시키는 배수관문등으로 이루어져 있으며 말단포장에서는 포장에 직접 용수를 공급해 주는 급수공과 포장담수위를 적정하게 유지시켜 주는 배수공으로 이루어져 있다. 이러한 수문은 현재 물관리의 효율화를 기하기 위해 농업기반공사에서 시행하고 있는 TC/TM(물관리자동화)사업에 의해서 전동화가 이루어져 가고 있으며 현재 준공 또는 설계중인 물관리자동화사업은 총 91개 지구의 230천ha에 이르고 있다. 그러나 물관리자동화사업은 수원공 및 간선급 위주로 시행하기 때문에 지선급 및 지거급에서의 수로내 유황의 감시 및 제어로까지는 이어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 지선급 및 지거급의 수로내 유황에 따른 물관리 즉 수문조작은 일일이 인력(수로감시원)에 의존할 수밖에 없는데, 현재 농촌의 인구는 우리나라 총인구 47,008천명(2001년 현재) 중 3,933천명으로서 약 8%이며 이 농촌인구 중 60세 이상의 고령인구가 1,423천명으로서 36%를 차지하고 있는 고령화 및 일손부족의 현상을 안고 있기 때문에 인력에 의한 물관리는 대단히 어려운 실정이다. 실제 수로감시원 1인당 관리면적이 200ha를 넘는다는 조사결과에서 보듯 세밀하고 용수를 절감하는 물관리는 곤란하다는 결론에 이른다.

따라서 상기에서 논한바와 같이 수리시설물의 노후화, 물관리자동화 사업의 한계성, 물관리인력의 부족을 해결하여 농업생산성 향상과 수리시설물 운영과 관리의 생력화를 이룩하기 위해서는 물관리에 가장 핵심이 되며 많은 비용과 인력을 소모하는 수문의 운영 및 유지관리에 대해 획기적인 방안수립이 시급한 실정이다.

제2절 연구개발의 필요성

현재 물관리에 있어서 가장 많은 노력과 경비를 발생시키는 수문의 운영 및 유지관리에 있어서는 다음의 두 가지 면을 확실하게 인식할 필요가 있다. 그 첫 번째가 수문 자체의 문제점으로서 현재의 수문은 경제성 추구하고 함께 수문 산업의 낙후로 인하여 무거우면서도 부식에 약한 재질과 권양방식의 복잡함에 기인한 작동의 곤란성등이 있다. 이는 지나치리만큼 무거운 수문을 권양시키기 위해서 무리한 권양방식을 채택하고 또한 이를 전동화시키기 위해서 대용량의 모터를 사용해야 하는 등 수문 전체적으로 대용량화 및 권양방식의 복잡화를 초래해 왔다. 따라서 수문의 작동이 원활하면서 인력의 소모를 최소화하며 가능하면 작동과 유지관리에 인력소모가 적은 상태로 더 나아가서는 없는 상태로 개발하는 것이 중요하다. 두 번째로는 수문을 설치하는 수로의 상황에 대한 파악으로서 현재 수로내

에서 물공급을 하기 위하여 수원공에서 용수를 공급하는데 수로의 연장이 장대하고 구배가 적당하지 않은 수로시스템이 많이 존재하며, 설계용수량을 제대로 공급하는 곳이 적기 때문에 수로말단부에 적기적량의 용수공급이 곤란한 지역이 많이 존재한다. 따라서 이를 극복하기 위해 수로내 수위유지를 위한 용수를 더 공급하게 되는데 이것이 필요이상의 용수를 사용하게 되는 원인이 된다. 따라서 이러한 추가적인 용수공급을 방지하고 이 제수문 운영과 관리를 위한 인력을 절감하기 위하여 수로가 분기되는 지점인 분수문이나 분수공의 하류에서 수위를 유지하는 제수문을 스스로 수로내 수위를 유지하고 그 외의 용수는 제수문 하류로 보내어서 하류지역의 용수공급에도 단절이 없이 하며 유지관리에도 인력이 필요 없는 수문형태의 개발이 필요하다.

1. 기술적 측면

가. 무동력 자동 수문 개발

- 물관리의 효율화 및 생력화를 위한 수문의 필요성

현재 물관리에 있어서 가장 많은 노력과 경비가 들어가는 부분이 수문의 운영 및 유지관리로서 이 부분의 해결 없이는 물관리의 효율화 및 생력화는 기대할 수 없다. 특히 기존의 수문은 첫 번째로 농업용이라는 특수성을 인정한 선에서 개발보급을 하였기에 재질이나 가공 그리고 작동법에 대해서도 아주 초보적인 단계의 구조를 갖고 있으며 이에 기인하여 작동과 유지관리가 어려웠다. 이는 강재라는 보편적인 재료를 사용하고 이의 부식을 방지하기 위하여 페인트, 에폭시등의 피복을 행하여 왔으나 이는 나지에서 운영시 2~3년 정도가 지나면 부식이 진행되어 반복하여 유지관리를 해야 하는 경비와 불편함을 수반하였으며 재질이 강재로서 수문 자체의 기능을 발휘하기 위한 중량으로는 적당치가 않아 수문 개폐를 하기 위하여 수동수문의 경우에는 한 사람이 삼십여분을 소모해야만 수문 개폐가 가능할 정도로 무거운 중량과 더불어 이를 개폐시키기 위한 권양장치가 필요이상으로 대형화되었다. 따라서 수문을 적기에 운영하여 적량의 용수를 공급한다는 것은 대단히 노력이 많이 들어가는 일로서 현재 우리 농촌의 현실상 고령자가 대부분인 물관리요원의 인력(man power)으로서는 운영이 곤란한 실정이다. 따라서 인력으로 운영하지 않고 수문 스스로가 운영된다면 이는 물관리의 효율화 및 생력화에 많은 기여를 할 것이며 또한 인력부족에 따른 물관리의 어려움을 해소할 수 있기 때문에 이러한 스스로 작

동하는 자동 수문의 개발이 시급하다.

- 수로의 구조적 결함을 보충할 수 있는 수문의 필요성

현재 우리 농업용수로는 경지정리와 재경지정리 그리고 개보수사업등에 의해 토공수로에서 관리가 좀 더 쉬운 구조물 수로로 바뀌어가고 있는 실정이다. 그러나 수원공에서 계획된 설계유량을 수로를 통해서 말단 포장까지 보내는 경우는 타용수전용, 목적외 용수사용, 재해방지차원에서 많지 않기 때문에 수로구배가 완만하거나 또는 수로의 연장이 긴 경우에는 말단포장에 원활한 급수가 대단히 곤란하다. 이는 취수관행에도 많은 영향을 받는 사항으로서 취수가 끝나면 물꼬를 닫아서 과잉취수를 방지하고 그 용수를 하류로 흘려보내는 상식적인 취수가 현재 농민들의 의식수준등의 문제로 대단히 곤란한 지역이 많다. 따라서 말단포장까지 용수를 공급하기 위해서 수로내 여분의 용수(수위유지용수)를 공급하고 이 여분의 용수에 의해 수위가 형성되어 그 수압에 의해 말단포장까지 용수를 공급하게 되지만 그 여분의 용수는 대부분이 유말공을 통해서 배수로로 흘러 들어간다. 이는 많은 양의 농업용수를 낭비하는 결과를 초래한다. 이를 해결하기 위해 수로가 분기되는 분수문 지점에 제수문을 설치하여 수위유지를 행하고 있으나 이는 상기에서 논한 바와 같이 수문의 재질 및 구조적 문제에 의해 그 작동에 대단히 곤란하여 오히려 농업인의 불만의 대상이 되곤 한다. 따라서 여분의 수위유지용수가 필요 없이 스스로 수로내의 수위 증감에 따라 수위유지를 하면서 개폐를 행하는 수문의 개발이 필요하다.

- 외부유입 동력이 필요 없는 수문의 필요성

현재 우리나라에 보급되어 있는 수문은 전동이든 수동이든 동력을 필요로 한다. 전동수문의 경우에는 수문개폐를 위하여 전기인입을 행하는데 이는 초기투자비용이 대단히 많이 소요된다. 따라서 사업예산에 막대한 부담을 갖게 되며 많은 지구에 대규모로 사업을 진행하는데 걸림돌이 되기도 한다. 또한 수동수문의 경우에는 상기에서 논한바와 같이 농촌사회의 고령화 및 일손부족 현상에 따라 그 운영 및 작동이 대단히 곤란하기 때문에 인력절감의 측면을 고려한 수문이 필요한 실정이다. 따라서 외부유입동력과 인력이 필요 없이 작동할 수 있는 자동수문의 개발이 시급한 실정이다.

나. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

현재 사용중인 분수문의 개폐방식은 스크류식과 워기어식이 주종을 이루고 있으며, 개폐축 구조가 나사산 구조로 되어 있어 문비 1m 정도 개방에 조작부의 핸들을 스크류식인 경우에는 약 150회, 워기어식은 약 500회 회전시켜야 하므로 취급이 매우 불편하고 개폐 소요 시간이 오래 걸리는 문제점이 있다. 또한, 분수문을 열고 닫을 때 중심축 역할을 하는 개폐축이 문틀상부로 1m 이상 돌출되어 있어 개폐핸들 삽입하기가 곤란하고, 개폐축 자체가 외부에 노출되어 있어 개폐축의 나사산이 비·바람에 부식되거나 외부인의 파손 원인이 되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 분수문 개폐축 구조와 개폐방식을 변경할 필요성이 있는데 개폐축 구조에 있어서는 현재 한줄 나사산 구조에서는 개폐축 나사산 피치간격을 크게 할 수 없으며, 만약 피치간격을 크게 하면 개폐축을 회전시키는 힘이 급격히 증가되어 실제 사용에는 곤란한 점이 있다. 개폐축 구조의 피치간격을 크게 하여도 개폐축을 돌리는 힘은 적게 되면서 빠르게 열리고 닫히도록 설계되어야 하고, 개폐방식에 있어서는 개폐축 자체가 상·하로 이동되는 방식은 취급곤란, 부식 등의 문제가 있으므로 개폐축은 제자리에서 회전하면서 물막이 역할을 하는 문비만 상·하로 이동하는 방식을 고려해 볼 필요성이 있다.

따라서, 본 연구에서는 분수문 개폐구조 및 개폐방식을 개량하여 요인분석실험(Parametric Study)을 통해 최적화하고, 현장실험을 통해 실용화하면 조기에 산업화가 가능할 것으로 판단된다.

2. 경제·산업적 측면

가. 무동력 자동 수문 개발

- 농업기술 경쟁력 확보를 위한 수문의 필요성

WTO 체제가 출범함에 따라 외국의 대량생산 농산물의 국내시장 개방압력이 거세어지고 이에 따라 궁극적으로는 우리 농산물과 외국 농산물이 국내외를 막론하고 경쟁을 하는 시대로 들어섰다. 이러한 체제 하에서 우리 농업이 살아남 길은 가격경쟁력을 갖추는 일이고 이 가격경쟁력을 갖추기 위해서는 농업생산 전반에 걸친 인프라의 현대화가 필수적이다. 특히 우리의 주식인 쌀의 경우에는 그 생산과정이 용수를 중심으로 하여 대단히 복잡하기 때문에 이 복잡한 시스템을 가능하면 단순화시키고 자동화시키며 사람의 손이 가지 않는 방향으로 작동을 하게끔 하는 것이 관

건이라고 생각된다. 따라서 이러한 일련의 물시스템을 만들기 위해서도 물을 도수하고 분기시키고 급수하며 취수를 행하는 수문을 단순화시키고 자동화시키며 일손이 덜어지는 방향으로 개발하는 것이 농업기술 경쟁력을 확보하여 무한경쟁체제 하에서 우리 농업을 지키는 길이기 때문에 이러한 수문의 개발이 필요하다.

- 농업용수 및 인력절감을 위한 수문의 필요성

현재 우리나라 용수의 약 50% 가까이를 차지하는 농업용수는 21세기 물부족국가라고 표현되는 우리나라에서는 대단히 커다란 의미를 지닌다. 환경문제등과 연결되어 댐이나 저수지등 수원공 개발이 대단히 곤란해진 지금, 목적외 용수로서 사용을 기대하고 있는 것은 농업용수뿐이라고 표현해도 과언이 아니며 국가의 정책 또한 농업용수의 절감에 의한 개발대체 수자원으로서 사용을 상정하는 방향으로 나아갈 것으로 예상된다. 이러한 상황 하에서 말단 포장에 용수를 공급하기 위해 수위유지를 위한 여분의 용수를 공급하는 현재의 물공급시스템으로는 장래의 국가 정책에 발맞추어 나아갈 수 없다. 따라서 수리시설물도 농업용수를 절감할 수 있는 형태로 나아가야 하며 이에 따라 수문도 스스로 농업용수를 절감할 수 있는 형태나 작동방법으로 나아가야 할 것이다.

- 농업관련 산업의 활성화를 위한 수문의 필요성

우리나라는 노동집약적인 농업생산을 하는 관계로 농업외 소득이 크지 않으며 그에 따라 도시와의 소득격차가 발생하고 있다. 따라서 농촌과 농업에 관계되는 산업을 현장 발굴·육성함으로써 농촌의 소득원을 개발하고 농업인의 농업외 소득에 기여하기 위해서라도 이러한 농업용 산업발굴을 위한 수문의 개발이 필요하다.

나. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

용수로 물관리를 위해 설치된 분수문은 대부분 철재로 제작되었으며, 부식으로 인한 작동 불능으로 적기의 물공급에 지장을 초래할 뿐만 아니라 누수로 인한 물손실이 야기되고 있는 실정이다. 그리고 부식으로 인한 농업 수리시설물의 노후화는 교체에 많은 비용을 투입시키게 하며, 분수문 개폐장치가 부식되지 않고 제 기능을 유지시키기 위해 많은 인력이 기름칠 등으로 시간과 노동력이 투입되고 있다.

또한, 기존 분수문의 경우, 분수문 자체를 콘크리트에 일체로 고정시키고, 문비 등 각종 부품이 용접되어 있어 부품 고장시 전체를 교체하여야 하는 번거로움이 있다.

따라서, 본 연구에서는 부식의 원인이 되고 있는 개폐장치의 재질을 녹이 슬지 않는 엔지니어링 플라스틱이나 스텐레스 등의 재질로 대체하고, 분수문 장치의 일부 부품이 파손되거나 손상되었을 때 교환이 용이하도록 분수문의 구조를 개량·보완하면 분수문 고장 및 시공수리비를 절감시킬 수 있으며, 효율적인 물관리에 의한 물 낭비를 줄일 수 있는 이점이 있다.

이외에도 효율적인 물관리에 의한 단위당 수량 증대 및 토지 이용도 제고를 통한 농작물 생산증대 효과를 들 수 있으며, 농업노동력을 절감에 의한 농업부문의 노동생산성을 향상시킬 수 있다. 물 사용비율이 가장 큰 농업용수를 효율적으로 관리함으로써 전체적인 물 수요 공급을 개선할 수 있으며 이에 따른 부수적인 효과로 타 산업분야에 필요한 생활, 농업용수를 충분히 확보할 수 있게 된다.

3. 사회·문화적 측면

가. 무동력 자동 수문 개발

- 농업인의 영농의식 고취

선진 외국과 비교하면 아직까지도 열악하기만 한 농업인의 농업현장에 있어서 용수 공급이라는 민원의 발생여지를 근본적으로 개선함으로써 농업인의 영농의식을 고취하기 위한 현대적인 수리시설물의 하나로서 수문의 개발이 필요하다.

- 농업인의 농촌생활에 대한 자부심 고양

농업현장의 현대화로 인하여 농작업이 용이해지고 이에 따라 젊은이들이 자신들의 고향인 농촌에서 농업에 대한 의식전환으로 농촌사회의 활성화를 고취시키고 이에 대하여 농촌생활에 대한 자부심이 고양되도록 수리시설물의 현대화를 위한 수문의 개발이 필요하다.

나. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

농촌인력의 부족은 이미 사회문제화 되고 있는데, 고령층, 부녀자들도 쉽게 사용할 수 있는 물관리 기계장치 개발로 농촌인력 부족에 따른 유지관리 및 물관리의 어려움을 완화할 수 있으며, 평시 지속적으로 소요되는 농지 물관리에 들어가는 시간을 절감하여 농민에게 보다 자유로운 시간을 제공하여 농외소득 창출에 기여할 수 있다. 용수절약 효과를 통해 급증하는 용수 수요에 대처함으로써 가뭄 대비에 실질적인 효과를 거둘 수 있을 뿐

만 아니라 효율적인 물관리 체계에 의한 농민들에게 신뢰감 조성 및 영농의식 고취에도 기여할 수 있을 것이다.

제3절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발목표와 내용

가. 연구개발의 목표

1) 무동력 자동 수문 개발

- 수문작동에 있어서 외부동력의 도움을 받지 않고
- 인력에 의한 유지관리를 최소화하며
- 수문 상류의 수심을 항상 일정하게 유지하여 수문 상류에서 분기된 수로로부터 용수가 일정한 수압을 유지하여 원거리까지 용수가 도달할 수 있어야 하며
- 집중 강우시나 수로내 외수유입시 수문이 통수에 방해가 되어 수로범람에 따른 논침수등의 피해를 막을 수 있는 장치가 구비된 수문 개발

2) 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

취급이 용이하고 내부식성을 갖춘 용수로 분수문 개폐장치 개발

나. 연구개발의 내용

1) 무동력 자동 수문 개발

- 무동력 자동수문 시제품 개발을 위한 자료조사
 - 국내의 수로 수문의 현황 파악
수문의 종류, 재료, 구조적 특성, 관리현황에 대한 현장 및 자료 조사
 - 외국에 있어서의 수로 수문의 현황 파악
무동력 수문 개발에 관한 연구개발이 활발한 프랑스, 일본등의 현황 및 실용화 자료조사 및 분석, 수문의 종류, 재료, 구조적 특성, 관리현황 조사
- 무동력 자동수문 시제품 개발
 - 무동력 수문의 재질 선정
 - 설계사양 작성
 - 설계사양에 의한 부품수급계획 작성

- 시제품 설계
- 시제품 제작(Type 1)
- 무동력 자동수문 시제품 현장시험
 - 내구성
 - 수밀성
 - 작동의 적정성 여부
 - 검토분석 및 대책
- 무동력 자동수문의 영향 분석
 - 수로별 유량별 배수위영향 검토
 - 수문 설치 위치에 따른 배수위 영향 검토
- 수로별 표준규격 선정
 - 간지선 용수로의 형태 및 규격 조사
 - 수로별 무동력 자동수문 표준 규격 결정
- 시제품 보완설계 및 현장 설치(2개소)
 - 문비형태 변형 : 사다리꼴→직사각형
 - 문비거치대 : 규모 최소화, 현장 시공의 편리성 고려
- 검정시험
 - 수밀성
 - 작동의 정밀성
- 무동력 자동수문 완제품 제작
 - 완제품 재질 및 설계사양 확정
 - 완제품 설계 및 제작
 - 실내 및 현장 시험
- 무동력 자동수문 설치 및 유지관리 방법 정립
 - 메뉴얼 작성
 - 무동력 자동수문 설치방법, 사용방법, 급수방법, 유지관리방법 설명
 - 설계방법 정립

2) 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

- 분수문 재질 및 개폐장치 관련 기초조사 및 요인시험
 - 기초자료조사
 - 현재 사용되고 있는 분수문 및 개폐장치의 규격, 형상, 재질, 소요토크, 개폐방식, 사용상의 문제점 파악
 - 재질선정 요인시험
 - 적정 재질 선정을 위한 소재의 특성 비교 시험(압축, 항절)과 소재의 실용성 검토(가격, 국내 생산 가능성, 부식성등)
- 분수문 및 개폐장치 설계
 - 개폐방식 설계
 - 개폐조작부, 분수문의 기계역학적 특성 연구
 - 분수문 개폐방식 : 슬라이드 게이트, 힌지 게이트등
 - 형상 및 규격 설계
 - 압축, 허용응력등 유한요소설계법에 의한 설계사양 작성
- 분수문 제작 및 성능시험
 - 분수문 제작
 - 개폐방식 : 상하 개폐식
 - 소 재 : 스텐레스, 폴리머 등
 - 성능시험 : 개폐소요력, 개폐시간 등
 - 현장 적용시험 : 수밀성 등
- 소재 및 개폐방식 보완
 - 시제품 보완 설계
 - 시제품의 성능시험에 의한 문제점 보완 설계
 - 시제품 보완 제작
 - 보완 설계사양에 따라 시제품 보완제작
- 보완 시제품 성능시험
 - 보완 시제품 현장시험
 - 수문의 수밀성, 개폐장치의 취급성, 경제성등
- 분수문 및 개폐장치의 완제품 제작
 - 완제품 설계

- 문제점을 개량 보완하여 완제품의 설계
- 완제품 제작
 - 설계사양에 따라 작성된 설계도면에 의거하여 완제품 제작
- 분수문 개폐장치의 설계 및 관리방안 제시
 - 분수문 개폐장치의 설계 및 관리방안 제시
 - 수로의 크기에 따른 분수문의 크기 등의 적정 설계요령 제시
 - 분수문 개폐장치의 조작방법, 유지관리방법을 사용설명서로 제시

2. 연차별 연구개발목표와 내용

가. 1차년도(2000. 8. ~ 2001. 8.)

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
- 무동력 자동 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무동력 자동수문 시제품 개발을 위한 자료조사 <ul style="list-style-type: none"> · 국내의 수로 수문의 현황 파악 수문의 종류, 재료, 구조적 특성, 관리현황에 대한 현장 및 자료 조사 · 외국에 있어서의 수로 수문의 현황 파악 무동력 수문 개발에 관한 연구개발이 활발한 프랑스, 일본등의 현황 및 실용화 자료조사 및 분석, 수문의 종류, 재료, 구조적 특성, 관리현황 조사 - 무동력 자동수문 시제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 무동력 수문의 재질 선정 · 설계사양 작성 · 설계사양에 의한 부품수급계획 작성 · 시제품 설계 · 시제품 제작(Type 1) - 무동력 자동수문 시제품 현장시험 <ul style="list-style-type: none"> · 내구성 · 수밀성 · 작동의 적정성 여부

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
- 무동력 자동 수문 개발	· 검토분석 및 대책
- 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량	<ul style="list-style-type: none"> - 분수문 재질 및 개폐장치 관련 기초조사 및 요인시험 <ul style="list-style-type: none"> · 기초자료조사 현재 사용되고 있는 분수문 및 개폐장치의 규격, 형상, 재질, 소요토크, 개폐방식, 사용상의 문제점 파악 · 재질선정 요인시험 적정 재질 선정을 위한 소재의 특성 비교 시험(압축, 항절)과 소재의 실용성 검토(가격, 국내 생산 가능성, 부식성등) - 분수문 및 개폐장치 설계 <ul style="list-style-type: none"> · 개폐방식 설계 개폐조작부, 분수문의 기계역학적 특성 연구 분수문 개폐방식 : 슬라이드 게이트, 힌지 게이트등 · 형상 및 규격 설계 압축, 허용응력등 유한요소설계법에 의한 설계사양작성

나. 2차년도(2001. 8. ~ 2002. 8.)

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
- 무동력 자동 수문 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무동력 자동수문의 영향 분석 <ul style="list-style-type: none"> · 수로별 유량별 배수위영향 검토 · 수문 설치 위치에 따른 배수위 영향 검토 - 수로별 표준규격 선정 <ul style="list-style-type: none"> · 간지선 용수로의 형태 및 규격 조사 · 수로별 무동력 자동수문 표준 규격 결정 - 시제품 보완설계 및 현장 설치(2개소) <ul style="list-style-type: none"> · 문비형태 변형 : 사다리꼴→직사각형 · 문비거치대 : 규모 최소화, 현장 시공의 편리성 고려

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
- 무동력 자동 수문 개발	- 검정시험 · 수밀성 · 작동의 정밀성
- 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량	- 분수문 제작 및 성능시험 · 분수문 제작 및 성능시험 · 분수문 제작 개폐방식 : 상하 개폐식 소 재 : 스텐레스, 폴리머 등 · 성능시험 : 개폐소요력, 개폐시간 등 · 현장 적용시험 : 수밀성 등

다. 3차년도(2002. 8. ~ 2003. 8.)

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
- 무동력 자동 수문 개발	- 무동력 자동수문 완제품 제작 · 완제품 재질 및 설계사양 확정 · 완제품 설계 및 제작 · 실내 및 현장 시험 - 무동력 자동수문 설치 및 유지관리 방법 정립 · 메뉴얼 작성 무동력 자동수문 설치방법, 사용방법, 급수방법, 유지관리방법 설명, 설계방법 정립
- 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량	- 소재 및 개폐방식 보완 · 소재 및 개폐방식 보완 시제품 보완 설계 : 시작품의 성능시험에 의한 문제점 보완 설계 · 시제품 보완 제작 보완 설계사양에 따라 시제품 보완제작

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> - 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량 	<ul style="list-style-type: none"> - 보완 시제품 성능시험 <ul style="list-style-type: none"> · 보완 시제품 현장시험 수문의 수밀성, 개폐장치의 취급성, 경제성등 - 분수문 및 개폐장치의 완제품 제작 <ul style="list-style-type: none"> · 완제품 설계 문제점을 개량 보완하여 완제품의 설계 · 완제품 제작 설계사양에 따라 작성된 설계도면에 의거 완제품 제작 - 분수문 개폐장치의 설계 및 관리방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> · 분수문 개폐장치의 설계 및 관리방안 제시 수로 및 분수문의 크기 등의 적정 설계요령 제시 · 분수문 개폐장치의 조작방법, 유지관리방법을 사용설명서로 제시

제4절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

가. 기술적 측면

- 무동력 자동수문 개발에 의한 수리시설물 정비 및물관리 기술 향상
무동력 자동수문을 개발 설치함으로써 수리시설물 및 물관리 기술의 현대화에 기여하며 무동력 자동수문의 개발 설치에 따라 농업용 수로 물관리의 무인 자동화 실현에 크게 기여할 것임.
- 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량에 따른 물관리기술의 획기적 향상
분수문 개폐장치의 녹방지에 의한 취급성 향상이 20%, 그리고 사용기간 연장이 30%가 향상될 것이며 우리나라 수리시설의 기술력 향상 및 국제경쟁력 강화에 크게 기여할 것임.

나. 경제산업적 측면

관련산업 활성화 효과

무동력 자동수문을 개발에 의해 농업관련 제조업의 기술개발 및 관련산업 활성화에 크게 기여할 것으로 판단됨.

에너지 사용량 절감 효과

최근에 수원공에 양수장으로 되어 있는 지구가 증가하고 있으나 수로내의 적정수위 관리에 의하여 적기적량의 물배분이 가능하게 되면 수원공의 양수기의 가동시간이 줄어들어 전기등 에너지의 사용량 절감효과가 기대됨.

부식으로 인한 농업수리시설물 노후화 교체 비용 절감 및 누수에 의한 물손실 방지 기존 수문의 교체시 또는 신규보급시에 따른 사업실시시에 노후화 교체 비용 절감 30%와 물 손실 절감 20% 기대됨.

유지관리 노동력 절감

수문의 개선에 따라 제 기능 발휘를 한다면 기존 철재시 녹방지분수문 개폐장치의 그리스유등을 2회/년 정도 도포하여야 하는 작업을 생략할 수 있으므로 유지관리 노동력을 20% 절감을 기대하고 있음.

농업시설물의 현대화에 의한 농산물 생산성 및 품질성 향상

수자원개발 대체 효과

용수로 내에 무동력 자동수문을 설치하게 되면 적기적량의 유량을 공급하고 사용하게 되기 때문에 농업용수 사용량 절감에 의하여 수자원개발 대체효과가 클 것으로 판단됨.

물관리 노동력 절감 효과

무동력 자동수문에 의하여 용수를 공급하게 되면 적기적량의 유량을 급수할 수 있게 되므로 대규모 지구를 적은 인원으로 관리할 수 있게 되고 물관리 노동력 절감 효과가 클 것으로 기대됨.

수입대체 효과

무동력 자동수문을 수입하지 않고 우리 기술에 의하여 개발하면 로얄티를 지불하지 않아도 되며 관련 제품을 수입하지 않아도 되기 때문에 수입대체 효과가 기대됨.

산·연 연대 기술개발 효과

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

- 농업생산기반시설의 현대화 효과
- 수로의 수리시설물에 대한 효율화, 생력화를 목표로 한 수리시설물의 개선을 위하여
- 무동력 자동수문의 개발은 수리시설물을 현대화시키는 효과가 기대됨.

2. 활용방안

가. 무동력 자동 수문 개발

- 기술의 기업체 이전으로 실용화가 가능
- 타수문 개발시 수문개량을 위한 개선 방향 및 사례제시
- 경지정리지구 수로설계시 제수문에 적용
- 노후화된 기존 제수문 교체시 및 신규 용수로 제수문 설치시 적용

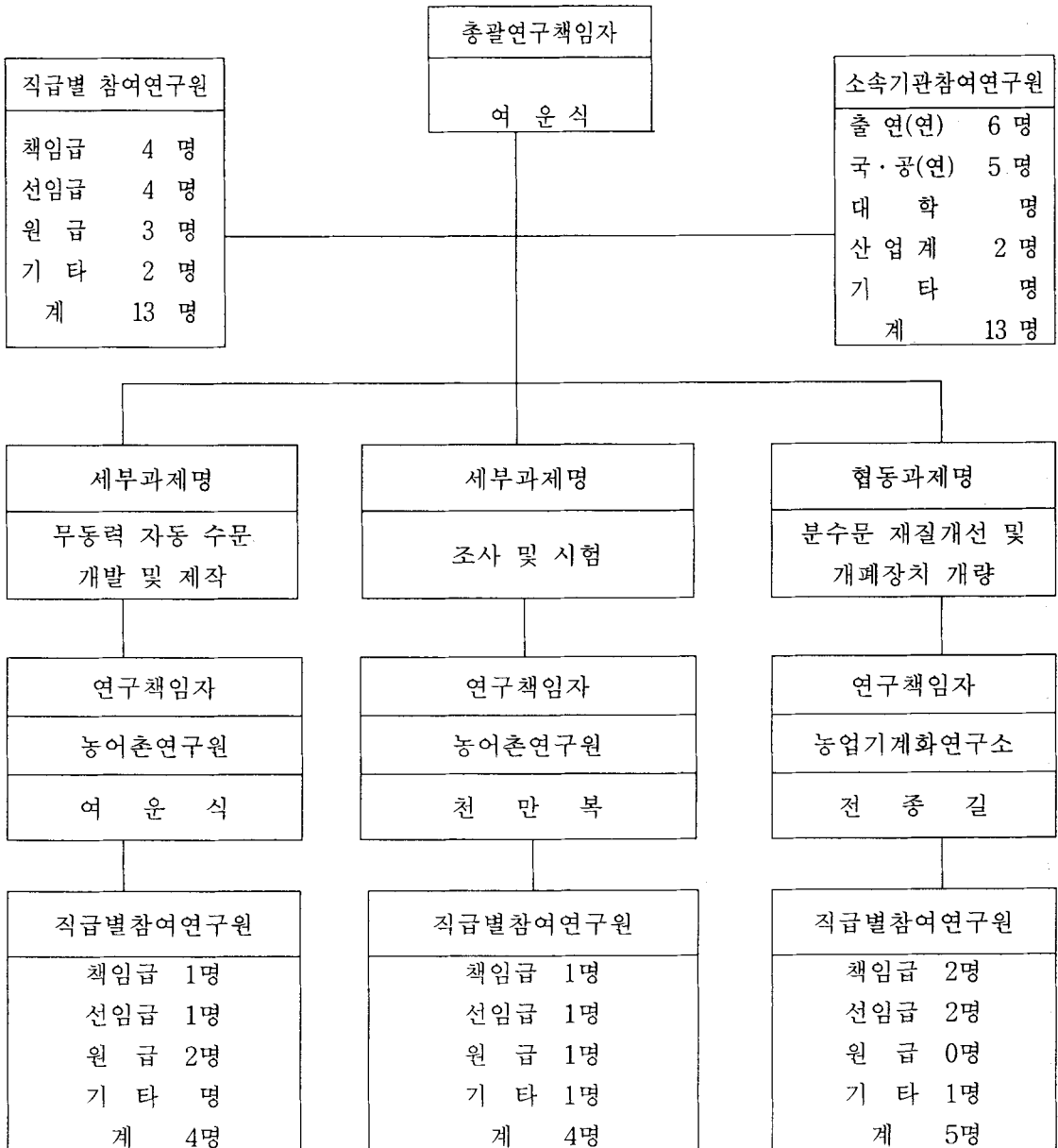
나. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

- 농업기반정비사업의 수리시설개보수사업에 활용
- 산업체에 기술이전하여 제품의 생산·보급
- 기타 수문의 개량을 위한 개선 방향 제시

제5절 연구기간 및 참여연구원

1. 연구기간 : 2000. 8. ~ 2003. 8.(3개년)

2. 연구원 조직



3. 연구책임자

구분	세부과제명	성명	소속기관	직위
총괄	무동력 자동수문 개발	여운식	농업기반공사	책임연구원
세부	자료조사 및 시험	천만복	농업기반공사	책임연구원
협동	용수로 분수문 및 개폐장치 개발	전종길	농업기계화연구소	연구사

4. 연구참여자

구분	세부과제명	성명	소속기관 (부서)	직위	연구참여 직 급	전공 및 학위				참여율 (%)
						학위	년도	전공	학교	
주관	자료조사 및 시험	정광근 *	농업기반 공사	계약3	선임급	박사	1998	농업토목	동경 농공대	10
주관	무동력 자동수문 개발	임창영 *	농업기반 공사	3급	선임급	박사	2000	농업수리	건국대	10
주관	자료조사 및 시험	곽영철 *	농업기반 공사	4급	연구원	석사	1998	농업구조	서울대	5
주관	자료조사 및 시험	정혜진 *	농업기반 공사	일용	보조원	고졸	2000	-	안산여자 정보고교	15
주관	무동력 자동수문 개발	박일영	신화기공	차장	연구원	학사	1985	전자공학	인천대	30
주관	무동력 자동수문 개발	김명진	신화기공	기사	연구원	학사	2002	기계정보	홍익대	30
협동	용수로 분수문 및 개폐장치 개발	윤진하	농업기계 화연구소	연구원	책임급	석사	1988	농기계	충북대	10

구분	세부과제명	성명	소속기관 (부서)	직위	연구참여 직 급	전공 및 학위				참여율 (%)
						학위	년도	전공	학교	
협동	용수로 분수문 및 개폐장치 개발	김경원	농업기계 화연구소	연구사	선임급	학사	1988	재료공학	울산대	10
협동	용수로 분수문 및 개폐장치 개발	이인복	농업기계 화연구소	연구사	선임급	박사	1998	농기계	오하이오 주립대	10
협동	용수로 분수문 및 개폐장치 개발	문희숙*	농업기계 화연구소	일용	보조원	-	-	-	-	47

제6절 요약 및 결론

1. 무동력 자동 수문 개발

본 연구에서는 수문작동에 있어서 외부동력의 도움을 받지 않고 인력에 의한 유지고나리를 최소화하며 수문 상류의 수심을 항상 일정하게 유지하여 수문 상류에서 분기된 수로로부터 용수가 일정한 수압을 유지하여 원거리까지 용수가 도달할 수 있어야 하고 항상 인력에 의한 수문 감시를 하지 않기 위하여 수문비에 오물이 끼어 오작동을 하는 현상을 막아야 하며 집중강우시나 수로내 외수유입시 수문이 통수에 방해가 되어 수로범람에 따른 논침수등의 피해를 막을 수 있는 장치가 고안되어 있어야 한다라는 5가지 항목을 개발 주요사항으로 정하여 개발에 착수하였다.

가) 개발된 무동력 자동 수문은 수문비에 붙어 있는 부력판과 수문비와 두 개의 밸런스 웨이트(Upstream and Downstream Balance Weight), 그리고 수로 내의 수위의 상관관계에 의하여 자동으로 수문이 개폐되도록 개발하였다.

나) 집중강우시와 같은 긴급한 재난이 발생하였을 때 수로내에 걸쳐있는 수문비는 수로내 통수의 방해물질로 작용하여 수문상류지역에서 범람을 초래하고 이러한 범람으로

논침수등의 재해를 초래하기 때문에 수로내 수위가 일정 이상으로 증가하였을 때에는 수로 내 통수방해가 되지 않도록 수문비가 수문 하류방향으로 완전히 넘어갈 수 있도록 하였다.

다) 무동력 자동 수문의 표준화를 위하여 수원공별 관계면적을 12개 형태로 나누어서 조사를 한 후 그 조사결과에 따라 50ha~500ha 사이의 수혜면적을 갖는 수로를 8개 타입으로 나누어서 수로단면설계를 하고 이를 농업기반공사의 수문호형도와 비교검토하여 표준화를 시도하였다.

라) 수문비의 형태(사다리꼴)를 우리나라 농업용수로의 형태(직각단면형태)로 변환시키기 위하여 수로내 수문이 가로질러 있는 경우를 인상수문 유출과 자유유출로 나누어서 50ha~500ha 사이의 수혜면적을 갖는 수로를 8개 타입으로 나눈 수로단면에 의해 계산을 한 결과 수문이 직각단면형태로서 수문비가 수로바닥에서부터 65%의 개도를 가진다면 전혀 통수에 문제가 없는 것을 밝혀내었다.

마) 최종적인 수문을 개발하기 위하여 시작기 4대와 실용화 제품 1대를 제작하여 농어촌 연구원 물관리시험포장과 온양지구, 그리고 담양지구에 설치하여 시험운영을 하였다. 수문의 크기는 수문비를 기준으로 폭 0.6m × 높이 0.6m 1대, 폭 1.0m × 높이 1.0m 3대, 폭 3.2m × 높이 2.4m 1대를 설계·제작하여 현장에 설치하였다.

바) 오물이 수로측벽과 수문비 사이에 끼어서 수문작동을 방해하여 수문작동이 불가능하게 되면 수로내 통수방해를 초래하여 수로범람을 야기시킨다. 이러한 오물끼임현상을 방지하기 위하여 수문비에 특수고무를 부착시켜 이 특수고무가 수로측벽에 붙어서 오물이 끼이는 현상을 방지하며 수문 전면에 모인 오물은 유속에 의해 수문비 하방을 통하여 수문하류방향으로 흘러나가거나 인력에 의하여 수거하도록 하였다.

사) 본 연구의 결과에 대해서는 실용신안을 출원하였고 등록과 동시에 산업체에 기술이전을 실시하여 수리시설물의 현대화에 기여토록 할 예정이다.

상기와 같은 연구결과를 도출한 무동력 자동 수문은 실제로 현장에 설치하여 그 효과를 입증하였기 때문에 연구개발과 동시에 실용화라는 커다란 숙제를 안게 되었다. 이러한 실용화를 위해서는 국가의 정책적 보조와 더불어 물관리 실무자와 수로설계자들에게 인식이 되도록 홍보를 하는 것이 중요하다.

2. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

농업용 관개시설로 이용되는 수리시설물중 용수로의 분수문 개폐장치가 부식, 고장, 취급 불편 등의 문제점이 있어 취급이 용이하고 내부식성을 갖춘 용수로 분수문 개폐장치의 시작기를 설계·제작하였으며 현장설치를 통하여 성능을 시험하였다.

1. 시작기의 개폐방식을 래크와 피니언에 의해 작동되는 랙앤피니언식과 개폐스크류축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하는 개량 스크류식, 리모콘에 의해 50m가 떨어진 곳에서도 제어가 가능한 리모콘제어식의 3종 시작분수문을 설계·제작하여 시험한 결과 개량 스크류식이 실용화에 가장 우수한 것으로 나타났다.
2. 랙앤피니언 방식은 개폐회전수와 개폐시간을 줄일 수 있어 취급이 용이하나 다소 구조가 복잡하고 가격이 고가인 것이 단점으로 나타났으며, 리모콘제어식은 사용하기에는 용이하나 농경지에서 배터리 또는 전기 사용의 불편성, 기후변동에 따른 고장우려 등으로 실용화를 위해서는 더 보완되어야 할 것으로 판단되었다.
3. 개량 스크류식 시작기를 동절기 및 하절기 현장 성능시험을 실시한 결과, 평택지역의 경우 시작기의 평균 개폐토크는 $4N \cdot m$, 안산이 $6N \cdot m$ 로 나타나 기존 분수문의 평균 토크 $14N \cdot m$ 에 비해 감소되었으며, 기후변동에 따른 소재의 변형, 부식은 나타나지 않았다.
4. 개폐회전수는 기존 스크류식 분수문은 80회, 기존 워기어식은 598회, 시작기인 개량 스크류식은 24회로 나타나 기존 워기어식에 비하여 약 25배 개폐회전수를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.
5. 개폐시간은 기존 스크류식 분수문이 233sec, 기존 워기어식은 495초, 시작기인 개량 스크류식은 32sec로 기존 스크류식에 비해 7.3배, 워기어식에 비해서는 15.5배 개폐시간이 단축되는 것으로 나타났다.
6. 분수문 소재의 재질변형은 문비와 문틀사이의 틈새를 초기와 1년후 값을 틈새게이지로 측정하여 t검정을 실시한 결과 5% 유의수준에서 검정통계량 $t_0=1.151 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 으로 나타나 초기와 1년후 부재의 변형에는 차이가 없는 것으로 나타났다.
7. 누수량조사에서 기존 분수문의 경우 문비와 문틀 사이에 틈, 부식 등으로 분당 약 1.5ℓ의 물이 누수되었으나 개량된 분수문은 0.4ℓ로 약 74% 절감되는 것으로 나타났다.
8. 소재의 부식성에 있어서는 기존 분수문의 경우 설치 2개월후부터 개폐축이 녹스는 현상을 확연히 확인할 수 있었으나 시작기의 경우 설치 1년후에도 녹스는 현상은 나타나지 않았다.

9. 수로관리인들의 의견조사 결과, 시작기의 경우 기존 분수문에 비해 개폐시 힘이 적게 들고 개폐회전수가 적어 사용하기가 좋으며, 재질이 또한 녹슬지 않는 재질로 되어 있어 내구성이 증대될 것이라는 의견이 많았으며, 분수문 조작시 사용되는 수동 개폐핸들을 지역별 또는 분수문 크기에 따라 조금씩 차이가 나 취급이 불편하므로 개폐핸들의 표준화 등에 대한 의견이 있었다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 기술개발의 개괄적 현황

제2절 무동력 자동 수문 개발

제3절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

여 백

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 기술개발의 개괄적 현황

동력을 사용하지 않고 부력의 원리를 이용하여 수로 또는 하천내에서 수문이나 보의 역할을 하는 것을 위주로 조사하여 그 결과를 수록하였다. 프랑스에서는 일찍부터 수로나 하천에서의 수위의 증감에 따라 자동으로 수문의 개폐가 이루어질 수 있는 수문을 개발하여 주로 통선에 필요한 수위를 확보하기 위하여 사용을 하거나 하천이나 담수호에서 바다로 나가는 유량을 조수간만의 차이를 이용하는 형태로 수문개폐에 사용을 하였다. 또한 일본에서는 이러한 프랑스의 무동력 수문(AMIL, AVIS, AVIO GATE)의 원리를 이용하는 한편 미세한 부력장치를 따로 개발하여 유지수심의 조정이 가능한 WATCHMAN GATE를 개발하고 이모작동 용수량에 차이가 나는 작물에 대한 동일수로의 용수공급에도 대응이 가능하도록 개발을 하였다.

우리나라에서는 선진외국과는 달리 수로내 수위를 무동력으로 유지하기 위해 수문의 개폐를 행할 수 있도록 한 예는 없었으며 다만 하천의 보를 무동력으로 작동이 가능하게 하여 수심을 유지시키고 유량을 저류할 수 있도록 한 개념의 자동보는 수년 전부터 일부 설계 및 제작회사에 의해 제작·보급되고 있는 실정이다.

제2절 무동력 자동수문 개발 현황

1. 국외

가. 프랑스(Neyrtec series)

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

이 중 대표적인 무동력 자동 수문인 AMIL GATE에 대해서 알아보면 수문용도는 수

문 상류의 수위를 일정하게 유지시켜주는 것으로서 프랑스에서는 통선시 수로의 수위를 유지시키는데 이용이 된다. 따라서 원리는 수로내 일정한 수위를 유지하기 위해서 일정 이상의 유량이 상류로부터 유입이 될 때에는 수문이 더 많은 무게추 되어 하류로 유량을 내보내고 수문 상류의 수위는 일정하게 유지시키는 그러한 역할을 하고 있다. 이러한 모든 작동을 수문비 앞에 달려있는 부력판과 수문 뒤쪽에 붙어있는 두 개의 Weight balance의 힘의 균형에 의해 작동시키고 있다.

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

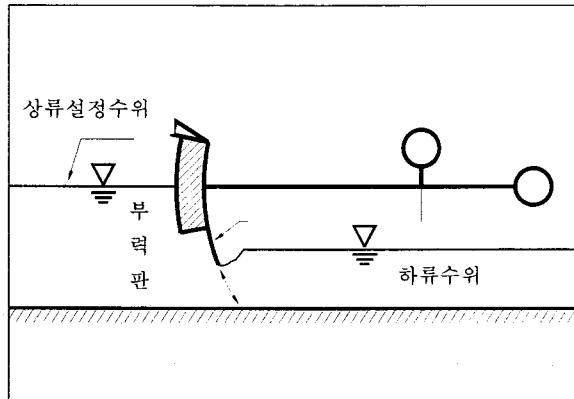


그림 2.1 AMIL GATE 작동원리도

AMIL GATE의 작동원리를 설명하면 다음과 같다.

상기의 그림 2.1에서 보는 바와 같이 대상수로내에서 설정수위가 정해지고 이 설정수위보다 수위가 올라가면 수문비 앞에 부착되어 있는 부력판에 부력이 발생하여 수문을 위로 들어올리는 양력이 발생하고 이때부터 수문이 개방되어 수문 상류로부터 유입되는 유

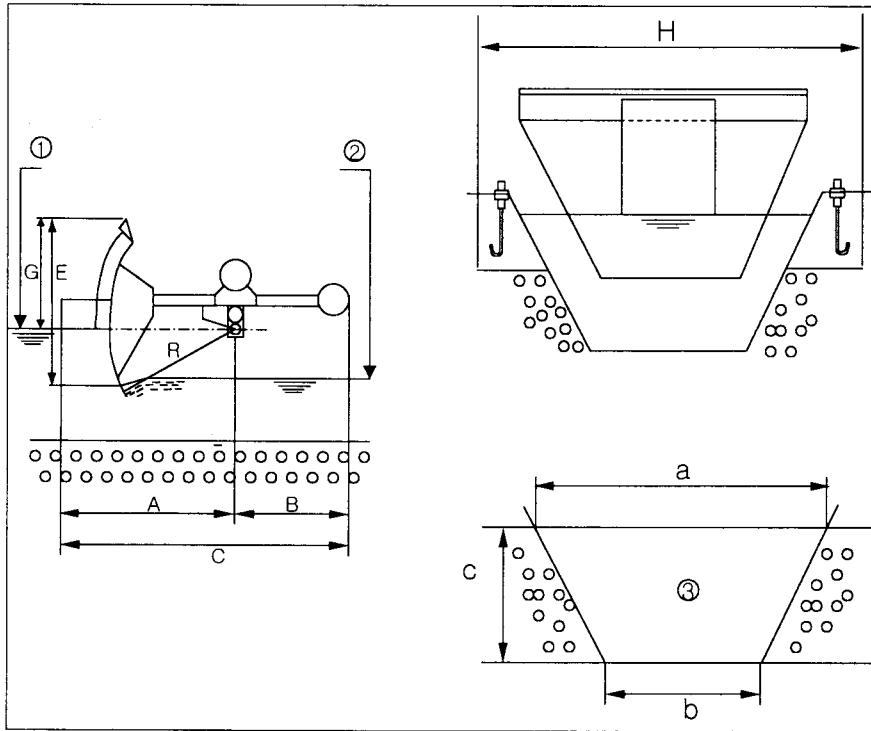


그림 2.2 AMIL GATE 사양표시도면

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

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

그러나 이 수문의 형태는 사다리꼴로서 유럽의 수로단면에 적합하도록 설계·제작되어 있다. 따라서 사각단면으로 되어 있는 우리나라의 농업용수로(용수로)에 적용시키기 위해서는 수문의 토목적 제원과 기계적 제원을 정확하게 파악할 필요가 있다. 이하에서는 수문의 종류와 그 수문을 적용시키는데 필요한 토목적 데이터를 제시한다.

표 2.1 AMIL GATE 제원

(단위 : cm)

AMIL		전체 치수 (문비 개방시)						문비 외형 치수		
D	R	A	B	C	E	G'	H	a	b	c
80	63	71	51	122	45	33	101	85	45	40
90	63	72	51	123	51	35	111	95	50	45
100	63	73	51	124	58	37	122	106	56	50
110	63	74	51	125	67	42	134	118	63	56
125	90	103	71	174	70	47	153	132	71	63
140	90	104	71	175	81	50	171	150	80	71
160	90	106	71	177	95	60	191	170	90	80
180	125	143	101	244	102	68	214	190	100	90
200	125	145	101	246	117	73	236	212	112	100
220	125	148	101	249	134	85	260	236	125	112
250	160	185	117	301	144	91	303	265	140	125
280	160	188	117	304	166	105	336	300	160	140
315	200	232	145	377	181	112	390	335	180	160
355	200	236	145	381	214	135	430	375	200	180
400	250	290	185	475	234	145	474	425	224	200
450	250	295	185	480	268	170	520	475	250	224
500	315	365	236	601	289	183	540	530	280	250
560	315	371	236	607	333	211	605	600	315	280
630	400	463	298	761	361	233	677	670	355	315
710	400	471	298	769	419	265	762	750	400	355
800	450	530	333	863	481	305	871	850	450	400

그림 2.2와 표 2.1에서 알 수 있는 바와 같이 AMIL GATE는 21가지 크기의 종류로 이루어져 있으며 수문비 곡률반경도 9가지로 나누어져 있다. 여기서 수문 상폭이 8m를 넘는 경우에는 2대를 병렬로 연결시켜 사용하도록 하고 있다. 또한 수문 2대를 병렬로 연결

시켜 사용하는 경우에는 수문과 수문사이의 연결부분(벽체)이 수로내의 통수장애물이 된다는 것을 염두에 두고 수문설치에 임해야 한다.

상기 표 2.2에서 제시한 AMIL GATE의 수리 제원에 대해서 논하면 가장 작은 D80 기종은 유지수심이 36cm로서 수문을 기준으로 상하류의 수위차가 5.5cm이고 이 수문이 통수할 수 있는 최대통수량은 0.19m³/s이다. 이 D80 기종을 기준으로 하여 D710 기종까지 20가지의 기종에 대해 이러한 유지수심, 상하류수두차, 최대통수유량등의 수리제원이 제시되었으며 수문을 설치하게 위하여 설계 및 제작을 하는 사람은 기존 수로에 설치할 때에는 이러한 수문이 갖는 수리제원을 고려하여 설치하려는 수로의 수리제원을 파악한 후에 수문을 설계해야 할 것이며 새로이 수로를 만드는 곳에 무동력 자동 수문을 설치하려고 계획할 때에는 수문이 갖는 수리제원을 고려하여 수로의 단면을 결정해야 한다.



사진 2.1 프랑스 MOEX 지방에 설치된 AMIL GATE의 모습

왼쪽의 그림 2.2는 프랑스의 MOEX 지방에 설치된 AMIL GATE의 모습이다. 수로가 두 군데로 갈라져 있어서 한군데에서는 선박의 통선을 위한 수문이 부착되어 있고 수로의 다른 한편에서는 AMIL GATE를 병렬로 연결시켜 수로의 수위를 유지하고 있다. 이 수문을 길이가 3m로서 수문의 상류부에 수문을 관측하고 관리할 수 있는 관리교가 있으며 더 앞쪽으로는 수문비의 측면등에 오물이 걸리는 것을 방지하기 위하여 부표식 스크린이 설

치되어 있다. 이 부표식 스크린은 수로에 45° 각도로 설치되어 있어서 오물이 한쪽 편으로 몰려서 이것을 인력이나 또는 관리용 보트를 이용하여 치운다. 이것은 무동력이라는 편리성에는 반듯이 이것을 운영하기 위해서는 인력의 유지관리가 필요하다는 것을 의미하며 이러한 원리를 이용하여 무동력 자동 수문을 만들어서 보급하기 위해서는 반듯이 알고 넘어가야 할 점이다.

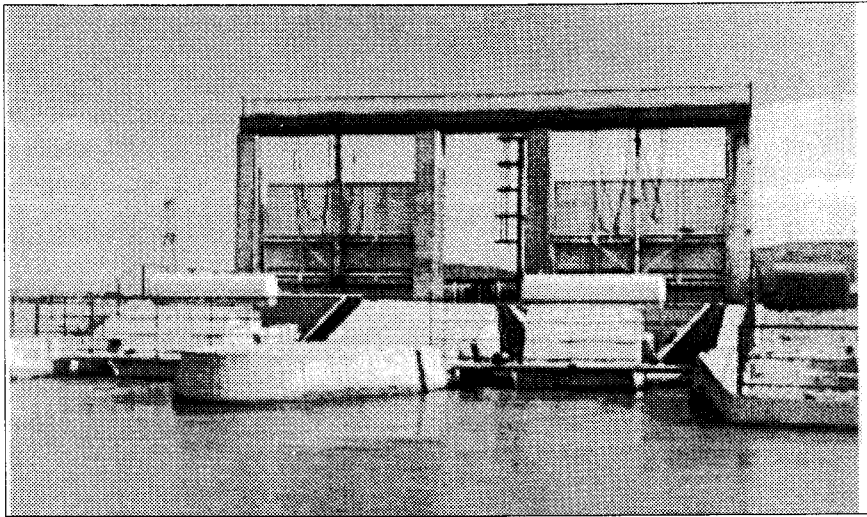


사진 2.2 이탈리아에 설치한 AVIS GATE

왼쪽 사진 2.2는 AMIL GATE의 원리를 반대로 이용하여 설계제작한 AVIS GATE로서 하천 최하류부의 말단 즉, 바다와 접한 부분의 배수갑문으로서 역할을 하게끔 설치한 수문이다. 이는 조수간만의 영향에 따라 바다의 수위가 높아지고 낮아짐에 따라서 수문이 평상시에 개방과 폐쇄를 반복하여 수로의 수위를 스스로 제어할 수 있게끔 만들어 놓은 수문이다. 이 수문은 AMIL GATE와 연동하여 사용을 하면 제수문과 분수문의 관계로서 역할을 지을 수 있다. 포장말단에서 급수에 의해 말단부 수로의 수위가 감소하면 수문이 열리고 이에 따라서 AMIL GATE에 의해 유지된 분수문 앞의 수위의 압력에 의해 물을 멀리 말단 포장까지 보낼 수 있는 장점이 있다.

상기에서 논한 두 가지 타입의 무동력 자동 수문은 우리의 농업용으로의 목적과는 별개로 개발한 수문이지만 우리 농업용 수리구조물의 특성상 제수문과 분수문의 역할을

담당하기에는 적합한 수문이다.

나. 일본

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



사진 2.3 일본의 AMIL GATE

사진 2.3에 나와 있는 AMIL GATE는 일본의 도네가와용수사업지구의 간선용수로에 설치된 것이다. 크기는 폭 7m의 수문 2대를 병렬로 연결시켜 설치한 것으로서 수문 상류에 분수문이 부착되어 있어 용수를 분기하고 있으며 수문 주위는 안전을 위해 펜스를 쳐 놓았다. 이상홍수시를 대비하기 위하여 수문을 수로 내에서 완전히 들어 올릴 수 있도록 잭(jacky)장치를 겸비하고 있으며 수문의 진동을 완화하기 위하여 양쪽 플레임(Flame)에는 쇼크 업 쇼바(shock up sober)를 장치하였다. 현재 이러한 제수문의 용도로 일본 전역에 약 300대 정도를 설치하고 있으며 이를 시스템적으로 운영하는 지역도 있다.

사진 2.4는 일본의 호우코쿠(豊國)사에서 개발한 WATCHMAN GATE를 설치한 전경이다. 본 수문은 부력을 발생하는 부력장치를 수문본체의 부력판에서 발생시키는 것이 아

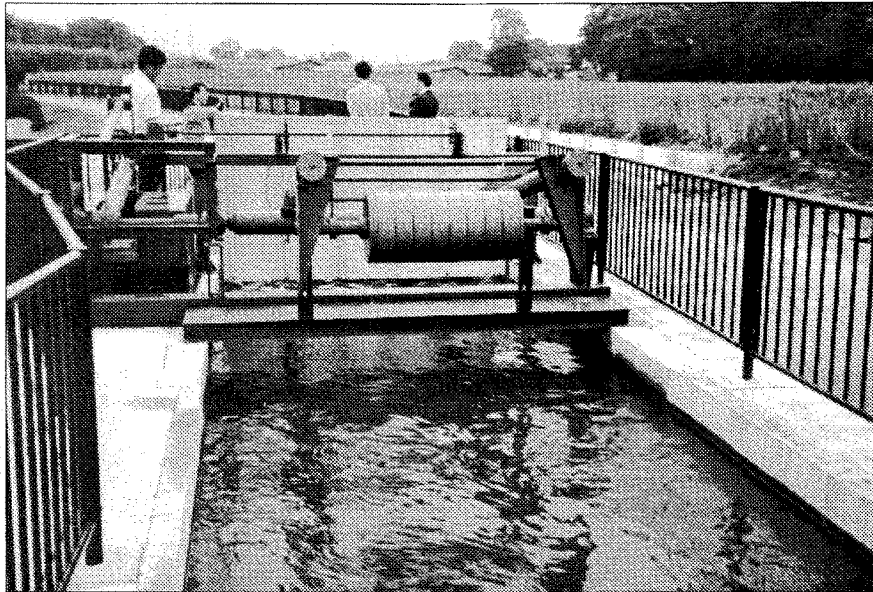


사진 2.4 일본의 WATCHMAN GATE

나라 수로 옆면에 따로이 부착시켜 그 안에서 부력을 발생시키도록 제작되어 있으며 부력 발생 민감도가 AMIL GATE에 비해 약 10배 정도 높다. 또한 AMIL GATE가 수문 앞의 유지수심을 최초 설계시 결정하여 변경하지 못하는 것에 반해 이 수문은 수문 뒤쪽에장착되어 있는 웨이트의 무게를 조정함으로써 어느 정도까지는 조정을 할 수 있는 것이 특징

이다. 이러한 수문의 용도는 이모작 특히 용수량에 차이가 나는 이모작의 경우에 용수공급을 조정할 수 있다는 것이 커다란 장점이다. 본 수문은 수원지에서 포장말단까지 폭넓게 사용할 수 있다. 이상과 같이 일본에서의 무동력 자동 수문 개발은 간선과 지선의 특징에 따라 개발을 하고 있으며 이의 적절한 시스템화를 도모함으로써 섬세한 물관리를 이룩하고 있다고 해도 과언이 아니다.

2. 국내

국내에서는 아직까지 농업용수로내에 무동력으로서 수문을 작동시키고 있는 예는 없으며 이러한 시도를 하천의 보를 대상으로 하는 것을 최근 몇 년간 수리시설 전문제작업체의 노력에 의해서 시도되고 있는 실정이다. 하천의 보는 물을 저류하는 기능을 하는 것으로서 실제로 하천에 설치되어 있는 보는 월류를 개념으로 해서 설계제작되어 있는 관계로 보 앞에 토사의 퇴적등에 의한 저류량 감소에는 스스로 대처할 능력이 없었다. 그러나 이러한 대처능력의 향상을 위하여 가동보의 개념으로서 전동보, 라바 댐(rubber dam)등의 유압을 이용한 가동식 보가 개발되어 퇴적토사의 유출 및 보 하류의 유량공급에 탄력성을 갖게 되었다. 그러나 이러한 모든 시설은 전기인입이라는 근본적인 동력공급의 문제를 갖고 있기 때문에 설치시 많은 초기투자비용을 소요하는 것이 필수적이었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 초기에 등장한 것이 박스형 모양을 한 여단이식 무동력 가동보로서 보의

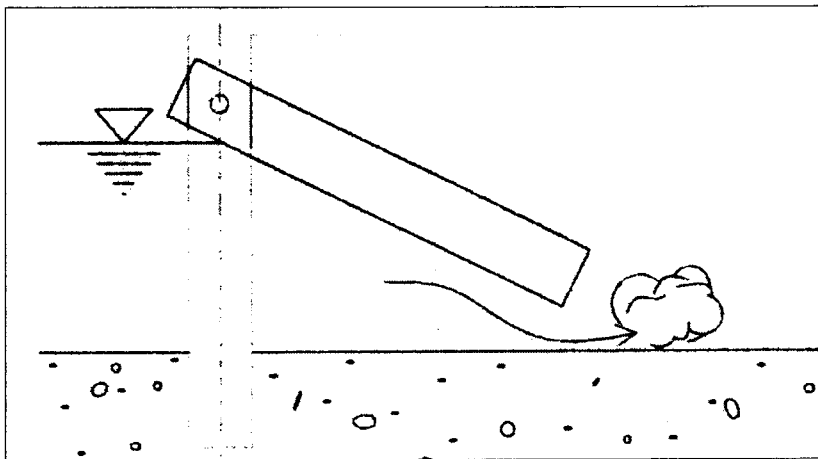


그림 2.3 박스형 경사타입 보

몸체가 부력판의 역할을 하여 보 상류의 수위가 일정 이상으로 증가하면 보가 밑에서 위로 열리기 시작하여 저류된 물을 하류로 보내는 구조로 되어 있다. 이 장치의 특징은 구조가 간단하면서 밑에서 위로 보가 올려지기 때문에 보 앞의 토사퇴적이 필요없기 때문에 저류량 확보를 위한 준설등이 필요없는 보라고 할 수 있다. 그러나 이 보는 보의 양측면에 오물이 끼일 시에는 시급히 응급처치를 하기가 곤란하며 오물유입방지를 위한 스크린 장치를 설치하기가 대단히 까다로운 것이 단점이라고 할 수 있다.

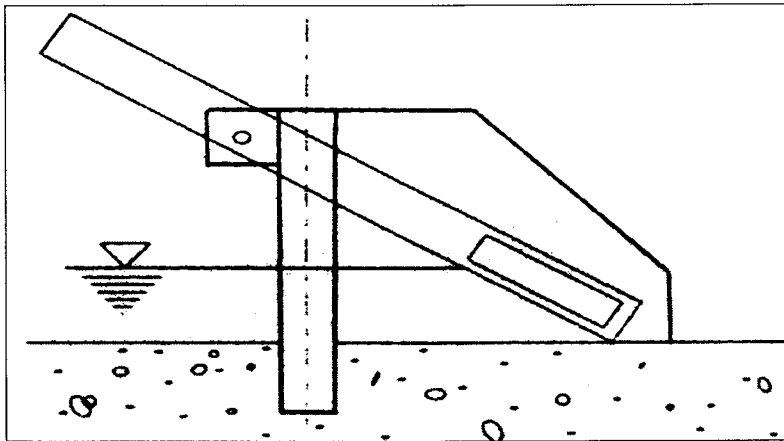


그림 2.4 시소원리형 경사타입 보

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

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

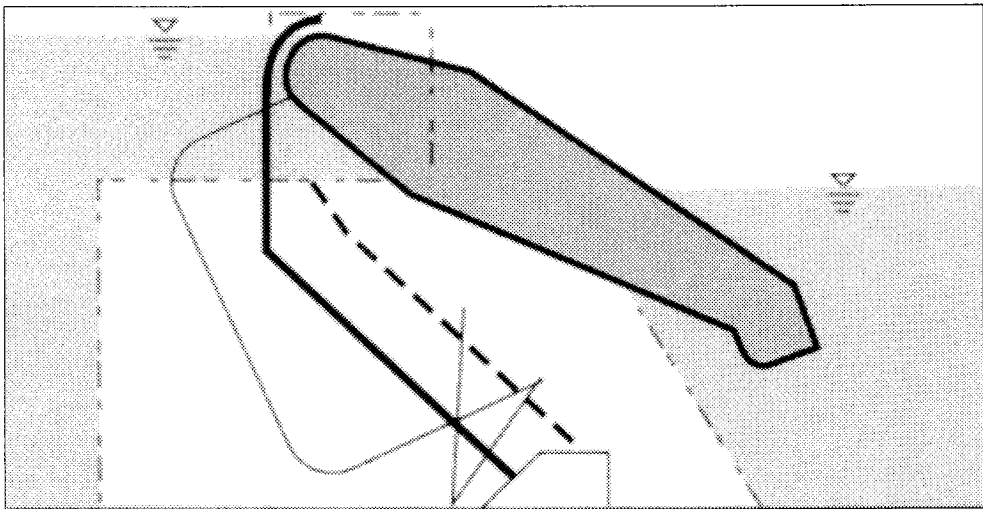


그림 2.5 유선형 타입 보

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

제3절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

1. 국내의 기술현황

농업기반공사는 표준화된 농업용 수동식 수문을 개발하여 개수로에 설치하여 왔으며 이러한 수동식 수문이 전국에 설치되어 있다. 일부 기업에서 자체적으로 수압을 이용한 다단 전도식 가동보, Rack형 일체식 분수문, 밸브식 등의 수문을 개발하였으나 일부는 구조상 개수로에 사용하기 어려운점 등으로 일부 지역에 국한되어 사용되고 있는 것이 현실이다.

분수문의 경우 개폐방식이 대부분 스크류식과 웜기어식으로 되어있으며, 일부 지역에서는 핀채크식 등이 설치된 곳도 있다. 이러한 분수문들이 현장에서 제대로 사용되지 못하는 가장 큰 원인이 소재의 부식에 의한 작동불능이라고 할 수 있다. 따라서 내구성, 경제성, 기술적 강도 등을 갖춘 적정 소재를 찾는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 그런 다음 개폐구조를 변경하여 취급이 용이하면서 제기능을 발휘할 수 있는 장치를 개발하여야 할 것이다.

현재의 수문은 대부분 수동형으로서 전동화가 되어 있지 않으며 물관리자동화시스템을 설계하거나 시공하는 지구에서는 기존 문비 형식에 전동화를 추가하고 있다. 농업기반공사에서는 물관리자동화시스템의 도입과 더불어 해남·성주지구 등 시범지구를 대상으로 원격 제어 자동 수문장치를 설치하여 시범운영중이다. 그러나 현재의 수문 형식에 전동화를 시도하는 경우 전동화 설비 및 원격제어설비 자체는 많은 개발이 이루어져 있으나 기존 수문의 문제점인 소재의 부식, 자체중량 등 인양하중이 커서 인양 전동기로서 삼상전원 전동기를 사용하여야 하는 등의 문제점이 있다. 대부분 수로 인근에는 삼상전원이 공급되고 있지 않으므로 전원 인입을 위해 많은 비용이 소요되어 평야부의 물관리 자동화 시설의 보급에 제한요인이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하여 설치비용을 절감하기 위해서는 비교적 규모가 적고 수요가 많은 분수문을 경량화하고 인양력이 적게 소요토록 문비를 개량함으로써 단상 전동기를 이용한 전동화가 가능하도록 개발이 요구되고 있다.

2. 국외의 기술현황

우리나라처럼 논관개를 실시하는 국가중 우리나라와 필지규모, 영농방식, 물관리 등에서 유사한 국가는 일본 등 아시아 일부 국가에 국한되어 있다. 일본의 경우 말단 지거의 관수로화가 많이 되어 있어 관수로형 자동 물꼬의 개발이 실용화되어 있으나 구조가 복잡하고 관수로형으로서 이물질이 많이 부유하는 개수로에서의 사용에는 한계가 있다. 일본에서 개

발되고 있는 개수로형 자동 물꼬도 우리나라에서 개발된 것과 유사한 문제점이 제기되고 있다. 농어촌연구원에서는 시험포장에 상기의 장치를 설치하여 시험운용한 결과 설치시 적정 표고의 유지문제, 작동상의 문제 등 현장에서의 적용에는 개선의 여지가 있는 것으로 나타났다. 일본 등의 국가에서 전동화한 수문은 우리나라와 유사한 현실이며, 프랑스 등 구미의 경우 수위차를 이용한 수문 등이 많으며 대규모 수문을 제외한 기타 수문의 경우 국가별 특성에 맞추어 개발 운영되고 있다. 우리나라와 같이 집약적인 벼 농사가 시행되는 일본의 경우 물관리 운용 프로그램이 많이 이용되고 있으나 우리나라의 기상 특성, 수원공의 특성, 급수 관리의 특성 등이 많이 다르므로 직접 적용하기는 어려움이 있다.

여 백

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 무동력 자동 수문 개발

제2절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

여 백

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

무동력 자동 수문을 개발하기 위하여 토목적인 측면과 기계구조적인 측면으로 나누어서 검토를 하였다. 특히 토목적인 측면에서의 검토는 본 수문의 설치시 기존 수로에 설치하는 것과 본 수문의 특성을 살려서 새롭게 수로구조 및 단면을 바꾸어서 설치하는 것을 대상으로 하였으며 이를 위하여 기존 수문에 부착할 때에는 수문 설치에 따라 수로에 미치는 영향을 검토하기 위하여 back water 계산을 행하고, 수로에 월류여부를 조사하기 위하여 인상수문의 자유 및 수중유출에 관하여 계산을 하고 검토를 하였다. 이러한 계산의 대상이 되는 수로에 대해서는 현재 우리나라에 가장 널리 분포되어 있는 수로의 단면적을 추출해 내기 위하여 농업기반공사의 수리시설물 데이터를 이용하여 저수지 및 양수장의 관개면적 분포와 더불어 이를 이용하여 실제로 수로 설계를 행하고 이때의 수로단면적과 설계유량을 계산하여 토목적인 검토에 사용하였다. 또한 수문이 수로와 수문 자체에 대한 영향을 파악하기 위한 수리시험에 있어서도 상기의 수로단면적과 설계유량을 기초로 수문의 크기를 정하여 시험에 임하였다. 기계구조적인 검토를 행하기 위해서는 수문의 무게중심을 위로 올렸을 때의 힘의 균형에 관하여 고찰을 하였으며 수문이 움직이는 메커니즘에 관하여 상세하게 고찰을 하였다. 개발을 위한 검토사항으로 총 14개 항목으로 나누었으며 이들 각각의 사항은 독립된 것이 아니라 서로 연계되어 데이터로서 활용을 하였다.

제1절 무동력 자동 수문 개발

1. 작동원리

그림 3.1에 나타낸 바와 같이 무동력 자동 수문의 작동원리는 수문의 수문비, 부력판, weight balance, 그리고 설정수위의 관계에 의해 설명할 수 있다. 우선 LI은 수문의 회전 중심(=수문의 중심축)과 upstream weight balance의 중심간의 수평거리, r은 수문의 회전 중심 O에서 수중 압력면의 수압 P까지의 거리이며, W는 수중압력면에 작용하는 수압, ρ 는 물의 비중, b는 압력면의 폭(경간방향), h는 압력면의 수심, α 는 수중 압력면의 각도를 나타낸다.

현재 압력면에 점O에서 거리 r에 있는 미소면 dr을 생각하고 이 면에 작용하는 압력을 dp라고 한다면,

$$dp = \rho \cdot b \cdot h \cdot dr \quad (3.1.1)$$

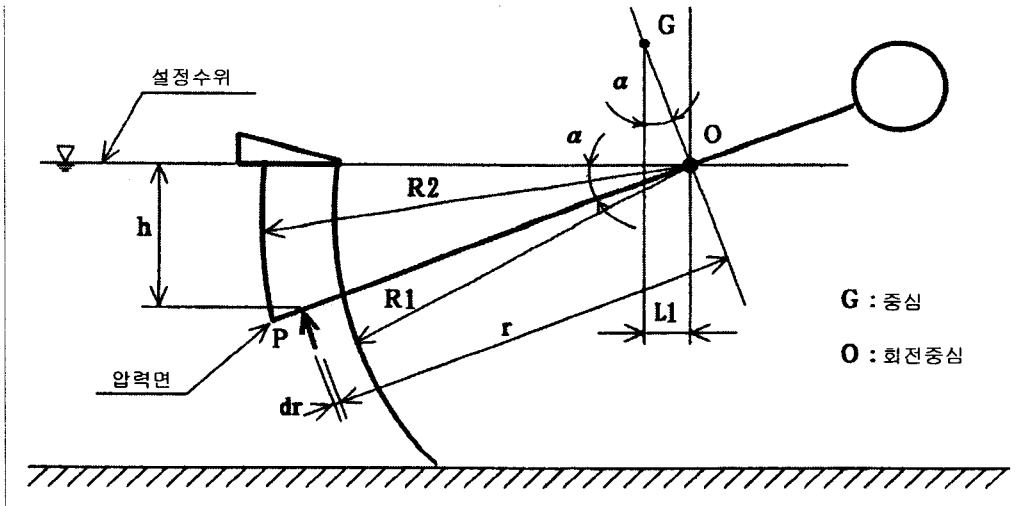


그림 3.1.1 무동력 자동 수문 작동원리

여기서 $h = r \cdot \sin \alpha$ (3.1.2)

따라서 $dp = \rho \cdot b \cdot r \cdot \sin \alpha \cdot dr$ (3.1.3)

수문비가 수로내 설정수위에 의해 개방되는 원리를 설명하면 우선 개방모멘트(우회전) dM_o 는

$$dM_o = r \cdot dp = \rho \cdot b \cdot r^2 \cdot \sin \alpha \cdot dr$$
 (3.1.4)

따라서 모멘트 전체에 대해 계산을 하기 위하여 식(3.4)를 적분하면

$$\sum M_o = \int_{R_1}^{R_2} \rho \cdot b \cdot r^2 \cdot \sin \alpha \cdot dr = \rho \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3}$$
 (3.1.5)

다음으로 수문이 개방되어 있는 상태에서 유량감소에 의해 수문이 폐쇄되기 시작하는 원리는 설명하면 폐쇄모멘트(좌회전) M_c 는,

$$M_c = L_1 \cdot W = OG \cdot \sin \alpha \cdot W$$
 (3.1.6)

여기서 수문이 균형을 유지하기 위해서는 $M_o = M_c$ 가 되어야 하므로

$$\rho \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3} = OG \cdot \sin \alpha \cdot W$$
 (3.1.7)

식(3.7)을 정리하면

$$\rho \cdot b \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3} = OG \cdot W \quad (3.1.8)$$

이상으로부터 식(3.8)은 수문비의 각도 α 에 관계가 없으므로 수문비는 임의의 위치에서 균형을 유지하게 된다. 따라서 유량이 증가하게 되면,

- ① 수문비의 상류수면이 상승
- ② 수문비의 압력면에 작용하는 수압이 증가
- ③ 개방모멘트가 증가하면서 수문비가 상승
- ④ 수문비가 상승하면 수면과 압력면과의 거리 h 가 감소하여 정지
- ⑤ 수문비가 상승하기 때문에 방류량이 증가
- ⑥ 수문비의 각도 α 가 변해도 수문은 균형을 유지

또한 수로내 유량이 감소하는 경우에는,

- ① 수문비의 상류수면이 하강
- ② 수문비의 압력면에 작용하는 수압이 감소
- ③ 폐쇄모멘트가 증가하여 수문비가 하강
- ④ 수문비가 하강하면 수면과 압력면과의 거리 h 가 증가하여 정지
- ⑤ 수문비가 하강하기 때문에 방류량이 감소
- ⑥ 수문비의 각도 α 가 변해도 수문은 균형을 유지

상기의 일련의 동작을 무동력으로 행하는 것으로 인하여 상류수위를 일정하게 유지하게 된다. 또한 설정수위를 변경시킨 경우(설정수위 ≠ 수문 회전축 중심레벨)에는 식(3.8)이 성립하질 않는다. 즉, 이론상 수문은 임의의 위치에서 균형을 갖지 못하는 결과가 된다.

2. 설계 · 구조계산

수문을 설계하기 위하여 우선 수문 각부분이 갖는 무게균형에 대한 검토를 할 필요가 있다. 이는 설정수위에 따른 부력계산과 함께 수문의 크기, 부력판의 크기, 두 개의 Weight balance 중량과 수문비와의 거리 그리고 Weight balance 안에 들어가는 철봉의 무게에 민감하게 반응하며 이에 따라 유지수심을 기준으로 수문의 개방모멘트와 폐쇄모멘트가 작용을 하게 된다.

우선 첫 번째로는 수문의 구조계산을 행하기 전에 수문을 설치할 수로에 대해서 수로구

조, 수로단면적, 설계유량, 수로경사, 수문이 유지해야할 수로내 수심등에 관한 기초적인 조사를 해야 하며 두 번째로는 수로 깊이에 따라 수문비와 힌지(=회전중심축)간의 R값을 결정해야 한다. 이는 수문비의 곡률반경이 된다. 세 번째는 수문이 완전히 열린 상태(완전개방상태 또는 수문이 수로바닥에 대해 수평이 된 상태)에서 수문비의 하류수위 및 통수유량에 의해 개도 높이를 결정해야 한다. 다섯 번째로는 수문비의 개도높이를 결정함에 따라 프레임(flame)의 보강 위치를 결정하고 여섯 번째로는 수문비 하류부의 프레임 길이를 결정한다. 여기서 수문비 하류부 프레임 길이는 수문비의 곡률반경의 약 80% 수준에서 결정하는 것이 바람직하다. 마지막으로 수문비 상류부의 높이 결정은 수로 크기에 따른 부력값보다 적게 설계하여 철봉(round bar)으로 upstream weight balance의 중량을 조절할 수 있는 높이 및 중량으로 구조계산을 해야 한다.

이하에 온양지역 상성저수지 용수간선을 대상으로 수문의 구조계산법을 소개한다.

가. 수문설치 대상 수로 제원 및 수문 규격 결정

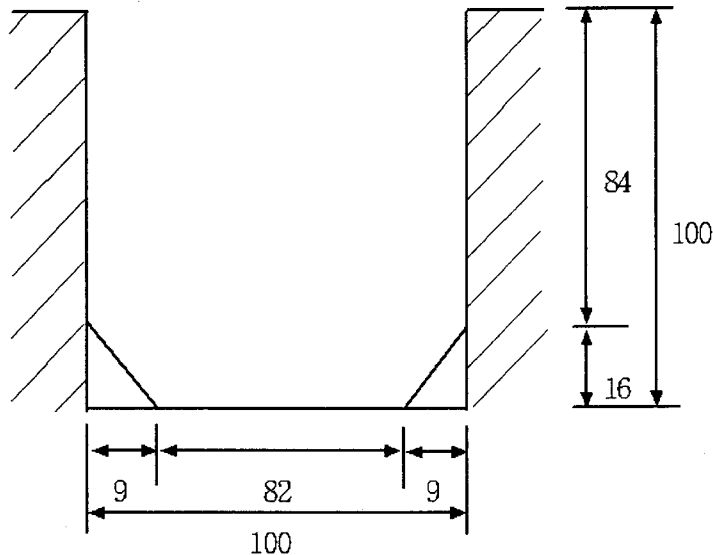


그림 3.1.2 대상수문 단면도

대상수로는 높이 1.0m, 너비 1.0m의 간선용수로로서 수로바닥 양측에 폭 9cm, 높이 16cm의 힌치가 시공되어 있다. 수로경사 $I=1/1,000$ 이고 조도계수 $n=0.016$, 단면적 $A=((1.0 \times 1.0) - (0.08 \times 0.16))=0.9872\text{m}^2$, 윤변 $R=A/P=(0.9872\text{m}^2/2.868\text{m})=0.344\text{m}$ 이다. 따라서 유속은

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$ 에서 구할 수 있으므로 위에서 계산한 각 변수를 대입하면 수로내 유속은 $v=0.97\text{m/s}$ 이며 최대유량은 $Q=AV=0.9872\text{m}^2 \times 0.97\text{m/s}=0.957\text{m}^3/\text{s}$ 이다. 이상에서 나온 단면적, 유속, 유량을 기초로 수문구조계산을 행한다. 여기서 기본적으로 수로내 현치에 대한 부분이 수로에 수문을 제작하여 설치를 할 때 많은 애로사항을 유발시킨다. 이 현치에 의해서 수문비의 상폭대비 저폭비율이 80%로 결정되어 진다. 따라서 수문비의 모양은 사다리꼴이 되며 수문의 회전중심은 유지수심인 0.8m에서 결정된다. 이 수로의 형태에 따라 수문비의 상폭이 1.0m, 저폭은 0.8m, 높이는 0.8m로 결정이 되며 지수를 위해서는 지수판을 설치해야 하는 것이 중요하다.

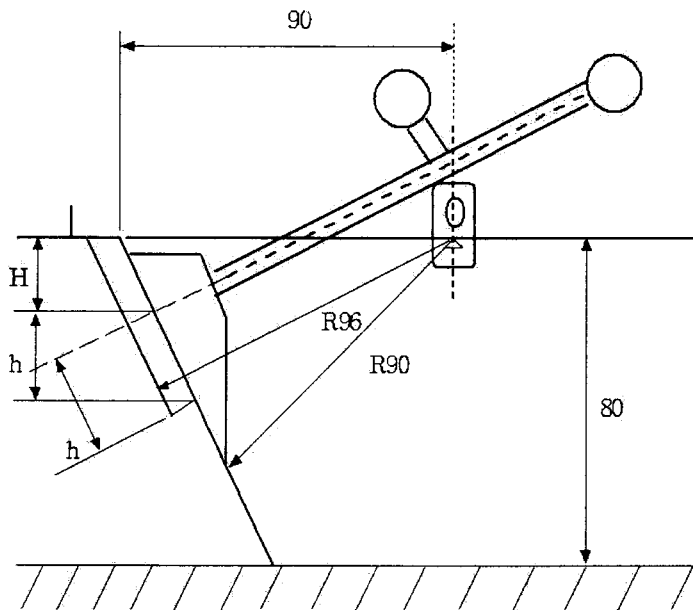


그림 3.1.3 대상수문 측면도

상기의 그림 3.3에서 나타낸 바와 같이 상기의 대상수로 제원에 의해서 개략적으로 수문을 설계할 하면 이와 같다. 여기서 회전중심에서 수문비까지의 수평거리는 0.9m로서 수문비의 곡률반경이 0.9m로 결정되어 진다. 즉 R90이 된다. 이는 유지수심보다 곡률반경이 더 커야 유지수심을 유지할 수 있는 크기가 형성된다는 것이다. 그리고 부력판은 두께가

0.06m로서 부력판의 곡률반경은 0.96m 즉, R96이 된다. 회전중심은 0.8m에 두어지며 수문비의 최대개도는 유지수심에서 Hm의 길이를 뺀 것이 최대개도가 된다. 또한 h는 개도 높이에 맞추어서 부력판과 같이 결정을 하면 된다. 다음으로는 수문비를 기준으로 하류부의 프레임의 길이를 결정하기 위해서 수문비가 완전히 폐쇄되었다고 가정하면 회전중심에서 downstream weight balance의 중심까지의 거리는 0.72m이고 힌지포인트에서 프레임의 중심까지의 길이는 0.12m로 할 수 있다. 여기서 downstream weight balance의 프레임 길이는 문비의 곡률반경의 80%의 수준에서 결정하는 것이 좋다는 것은 상기의 설계요령에서 제시하였다.

여기서 그림 3.2에서 3.4까지의 예에서 나타낸 바와 같이 우선 대상수로의 제원을 가나지고 정확한 수로단면과 유속, 통수유량을 확인한 후에 이에 따라 수문비의 높이, 폭, 수문비와 두 개의 weight balance간의 프레임 길이등을 우선적으로 결정할 필요가 있다. 상기의 제원을 가지고 수문을 상세히 나타내면 그림 3.5와 같다. 여기서 보면 제2압력면의 폭은 0.15m높이는 0.04m이고 힌지포인트에서 수문 상류부 웨이트 밸런스 중심까지의 높이와 수문 하류부 웨이트 밸런스 중심까지의 높이가 0.15m로서 같으며 부력판의 두께는 0.06m 이다. 또한 수문비의 전체 곡률반경에 대하여 계획수위와 이루는 각을 α 라 하고 힌지 포인트와 부력판의 하단과 이루는 각은 β 라고 하였다. 또한 최대개도에 결정을 미치는 H는 0.4m로서 이 수문의 최대개도는 $(0.8-0.4)m=0.4m$ 가 된다. 이는 수로 높이의 약 40%가 최대개도라는 것을 입증하는 것이기도 하다.

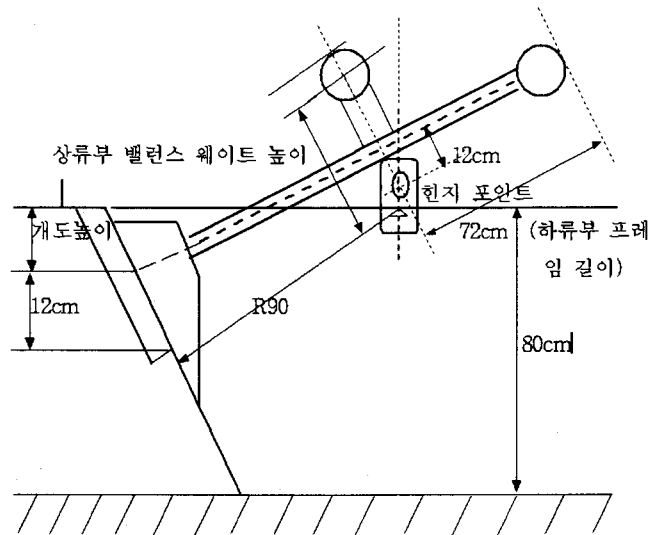


그림 3.14 프레임 길이 결정

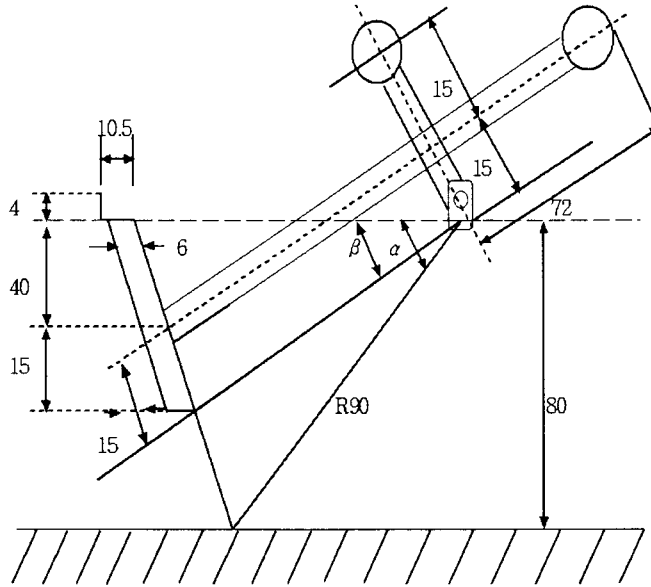


그림 3.1.5 수문 상세 도면

상기 그림 3.5에서 나타낸 수문비의 전체 곡면반경 R에 대하여 계획수위와 이루는 각 α 를 구하기 위하여 식을 세우면 $\sin \alpha = \frac{80}{90}$ 이므로 $\alpha = 62.73^\circ$ 가 된다. 마찬가지로 힌지중심점과 부력판 하단과 이루는 각 β 를 구하면 $\sin \beta = \frac{40}{90}$ 이므로 $\beta = 26.387^\circ$ 가 된다. 이어서 수문비는 원호의 한 단면이기 때문에 수문비의 길이를 계산하기 위해서 다음과 같이 계산을 하면 수문비(원호)의 길이 $l = 2\pi r \frac{62.73^\circ}{360^\circ} = 0.9856m$ 이다. 여기서 부력판의 길이를 계산을 하면 부력판(원호)의 길이 $l = 2\pi r \frac{26.387^\circ}{360^\circ} = 0.4421m$ 가 된다.

나. 수문 각 부분의 중량 검토

그림 3.6에 나타낸 바와 같이 수문 상폭이 1.0m, 수문 저폭이 0.82m, 수문 높이가 0.8m, 부력판의 폭이 0.6m, 철판두께는 3.2t이다. 철의 단위중량은 $7850 \times 10^{-6} kg/cm^3$ 이다. 또한 수문비의 길이가 0.9856m, 부력판의 길이가 0.4421m이다. 상기와 같은 제원을 기초로 문비중량을 계산하면 $98.56 \times \frac{(100+82)}{2} \times 0.32 \times 7850 \times 10^{-6} = 22.53kg$ 이 된다.

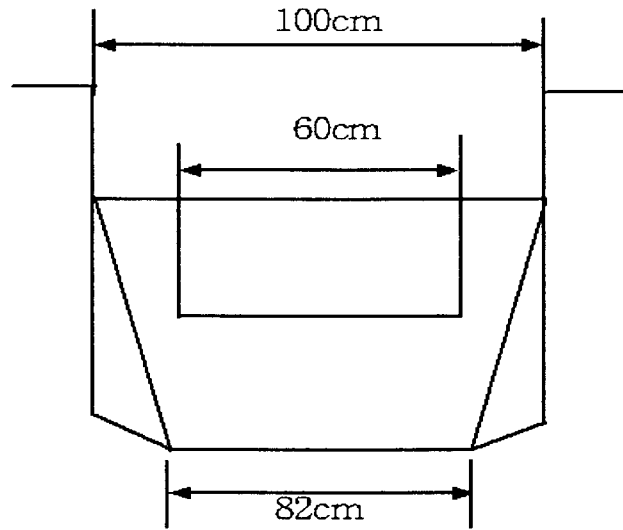
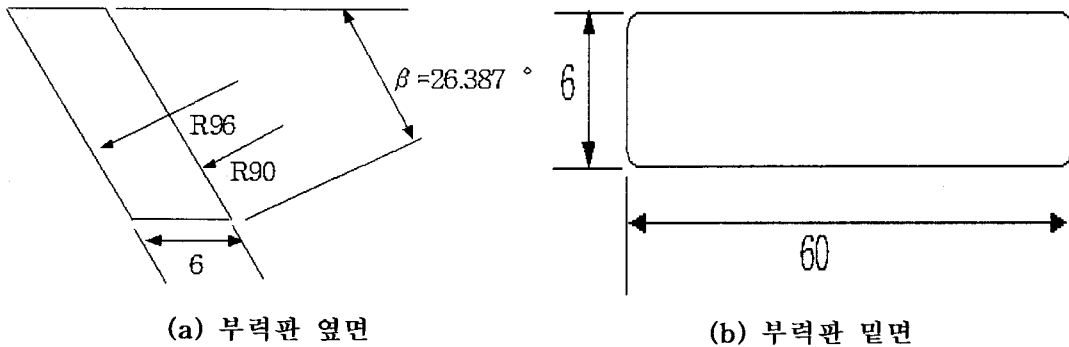


그림 3.16 수문비

다음으로는 부력판의 중량을 계산하기 위하여 부력판의 폭을 0.6m로 하였기 때문에 $44.21 \times 60 \times 0.32 \times 7850 \times 10^{-6} = 6.66 \text{ kg}$ 가 부력판 앞면의 무게가 된다.



(a) 부력판 옆면

(b) 부력판 밑면

그림 3.17 부력판

2개의 부력판 옆면 중량을 계산하면

$$(R96\text{면적} - R90\text{면적}) \times \frac{26.387^\circ}{360^\circ} \times 3.7t \times 7850 \times 10^{-6} \times 2EA = 1.291 \text{ kg}$$

부력판 하부의 중량을 계산하면

$0.6 \times 0.06 \times 3.2t \times 7850 \times 10^{-6} = 0.9043kg$ 이 된다.

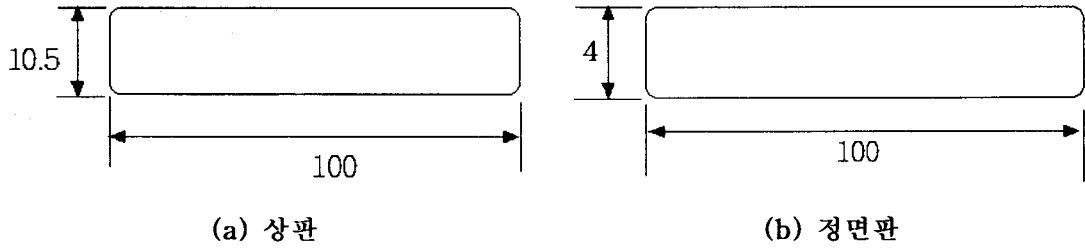


그림 3.1.8 제2 압력면

제2 압력면의 상판의 중량을 계산하면

$$0.105 \times 1.0 \times 3.2t \times 7850 \times 10^{-6} = 2.6376kg \text{ 이 되며}$$

제2 압력면의 정면판의 중량을 계산하면

$$0.04 \times 1.0 \times 3.2t \times 7850 \times 10^{-6} = 1.0048kg \text{ 이 된다.}$$

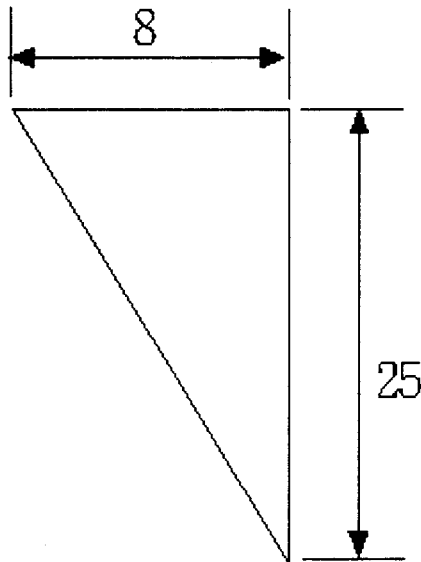


그림 3.1.9 문비고정 프레임

문비고정 프레임의 중량을 다음과 같이 계산을 하면

$$\frac{(8+25)}{2} \times 3.2t \times 7850 \times 10^{-6} \times 2EA = 0.5024kg \text{이 된다.}$$

여기에 부력판의 cover nuts의 중량을 계산하면 M12 nut의 중량이 모두 0.028kg이고 부력판 cover bolts의 중량이 0.051kg이다.

따라서 상기에서 계산한 수문비, 부력판, 제2압력면, 문비고정 프레임, cover nut와 bolt의 중량을 모두 합하면 수문비 부분의 중량은 총 35.6121kg이 된다. 이 수문비 중량이 나중에 계산되는 weight balance의 중량과 프레임의 중량 및 길이에 의해 철봉수를 계산하게 된다.

다. 프레임 및 weight balance의 중량 계산

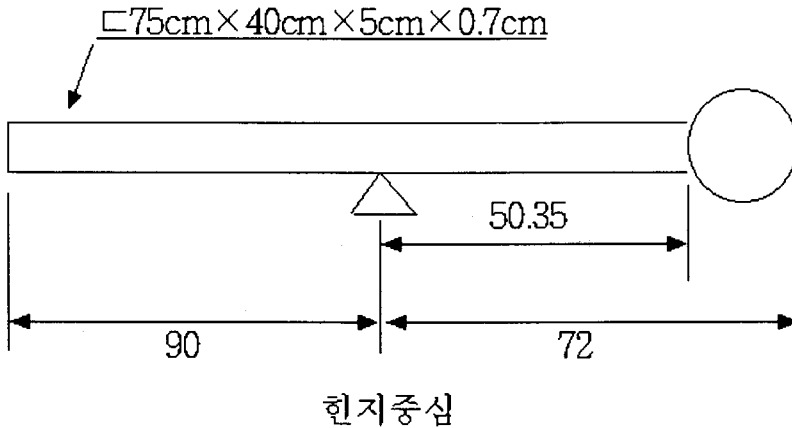


그림 3.1.10 프레임

프레임 중량 계산을 하기 위하여 보강 프레임의 재료를 channel $\square 0.75m \times 0.40m \times 0.05m \times 0.7t$ 로서 사용할 경우 단위중량은 6.29kg/m 이므로 계산을 하면 $6.92 \times 1.4035 \times 2EA = 19.4244kg$ 이다. 여기서 문비측에 작용하는 프레임의 중량은 $6.92 \times 0.9 \times 2EA = 12.456kg$ 이며 downstream weight balance측에 작용하는 중량은 $6.92 \times 0.5035 \times 2EA = 6.9684kg$ 이다. 이 프레임 중량 계산은 수문의 개방과 폐쇄를 결정짓는 것으로서 유지수심에 의해 지배되는 요소이다. 즉, 유지수심이 달라지면 프레임의 길이가 달라지고 이에 따라 개방과 폐쇄를 하기 위한 수문의 상류 및 하류 weight balance의 중량도 달라지게 된다.

다음으로 upstream 과 downstream weight balance의 중량결정에 대한 계산을 하면

다음과 같다. 우선 직경이 0.2m, 길이가 0.8m인 원통 철판과 cover bolt의 중량이 이 weight balance의 중량이 되므로 우선 pipe를 200A 배관용 강관을 사용할 때에는 $\phi 46.5 \times 5.85t$ 는 30.4kg/m이다. 따라서 길이에 따라 계산을 하면 pipe 중량은 $30.4kg/m \times 0.8m = 24.32kg$ 이다. pipe cover를 3.2t로 사용한다고 하면 $\frac{\pi \times 216.5^2}{4} \times 3.2t \times 7850 \times 10^{-9} = 0.9247kg \times 2EA = 1.8495kg$ 이 된다.

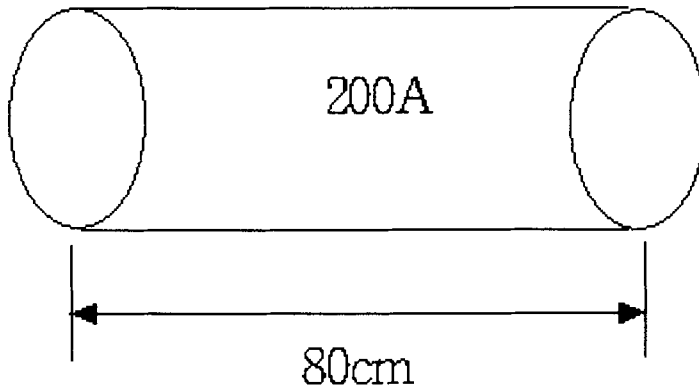
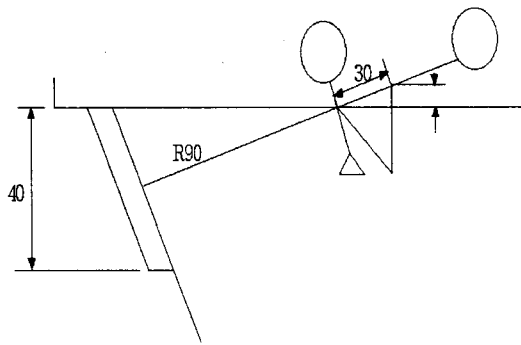


그림 3.1.11 weight balance

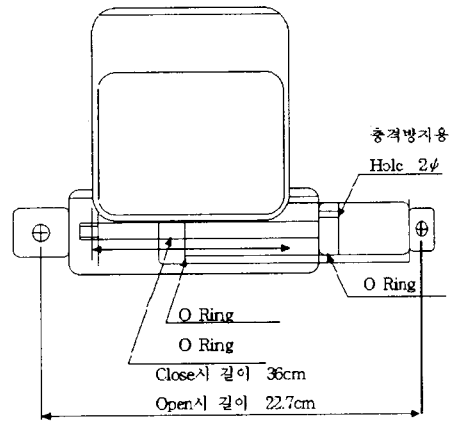
또한 cover bolt의 중량은 $0.0066kg \times 8EA = 0.0528kg$ 이 된다. 따라서 각각의 weight balance의 총중량은 26.2023kg이 된다. 우선 round bar를 설계하기 위하여 중량계산을 하면 weight balance가 0.8m이므로 $\phi 14 \times 0.78m$ 를 사용할 때 1EA당 중량은 $\frac{\pi \times 14^2}{4} \times 0.78 \times 7850 \times 10^{-6} = 0.9425kg$ 이 된다.

라. shock up sober 설계

수문 개폐높이를 0.4m(수로고의 40%에서 결정되는 것이 좋음.)로 설계하고 shock up sober를 upstream weight balance 측의 0.3m 지점에 설치한다면 sober의 스토르크(stroke)는 $90:40=30:x$ 이므로 여기서 $x=1200/90=0.133m$ 가 된다. 여기서 shock up sober의 stroke의 여유를 감안하여 0.18m로 하고 맥동방지용(충격흡수용)이기 때문에 sober의 내부 오일 구멍을 2ϕ 로 하였다.



(a) sober 결정 도면

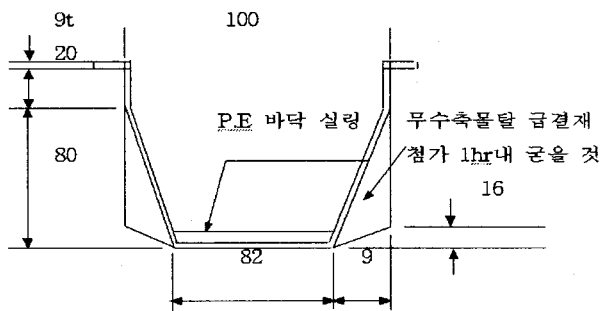


(b) sober 상세도면

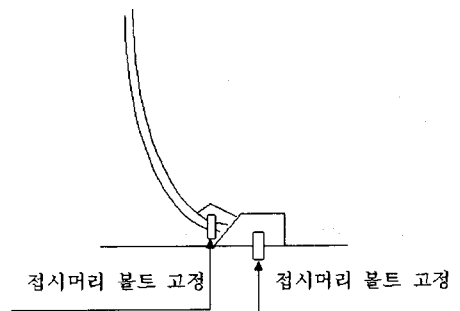
그림 3.1.12 shock up sober 설계도면

마. 문비거치대

본 문비거치대는 수문비와 수로측벽 사이에 설치되어 수문의 부력발생을 위한 유량의 저류 및 수문이 원활하게 작동을 할 수 있도록 하는 역할을 하고 있다. 특히 본 문비거치대는 유럽(사다리꼴)과 수로의 형태가 다른 우리나라의 농업용 수로(사각형)의 특성상 설계로 설계유량이 전부 통수되는 경우는 드물다고 할 수 있다. 이는 포장에 있어서 수로말



(a) 문비거치대



(b) 바닥 실링(sealing)

그림 3.1.13 문비거치대 및 바닥 실링

단부에 존재하는 포장은 기존의 농업수리권의 관행등에 따라 항상 물이 모자라는 곳이 많이 존재한다. 이를 적당한 수위(수심)로 유지시켜 용수를 멀리까지 높은 압력으로 보낸다는 그러한 의미가 있는 무동력 자동 수문의 역할에 있어서 용수가 누수가 되어 하류로 그냥 빠져나가 버리고 수문이 작동이 되지 않는다면 아무런 의미가 없어진다. 따라서 문비거치대는 이러한 의미에서 굉장히 중요한 역할을 하게 되는 것이다. 이 문비거치대는 실제로 시공에 있어서 수로가 설계대로 단면구성을 하고 직각을 유지한다면 설치하는데 아무런 문제가 없지만 현장의 상황은 반듯이 그렇지만은 않다. 따라서 미리 제작해 온 문비거치대를 수로에 부착시키는 시공상의 어려움이 많이 존재하기 때문에 이를 어떻게 개선하고 설치하기 쉽게 만드느냐가 결국은 무동력 자동 수문의 실용화에 귀결된다고 할 수 있다. 또한 수문이 원활한 작동을 하기 위하여 수문비 하단에서 오물등이 존재하여 작동이 되지 않는 경우도 있을 수 있으므로 수문비 하단에 실링을 설치하여 유속을 발생시키고 토사 및 오물의 퇴적을 방지할 수 있도록 해야 한다. 상기 그림 3.13에서 보는 바와 같이 수문비의 크기에 문비거치대는 결정된다. 문비거치대의 두께는 9t로서 수압과 수문을 지지하기 위해 두께를 여유있게 하였으며 수로 측벽과 문비거치대 사이의 빈 공간을 무수축 몰탈에 급결재를 첨가하여 시공 후 1시간 이내에 완전히 굳어서 문비거치대가 움직이지 않도록 해야 한다.

바. weight balance 내의 환봉수 결정

1) 수문이 자중에 의해 폐쇄될 때의 upstream weight balance의 환봉수 계산

본 계산은 수문이 작동을 하지 않을 때, 즉 수로 내에 통수량이 없을 때 항상 수문은 용수를 저류하기 위하여 수로 바닥에 내려와서 수로 내의 통수를 차단하기 위한 것이다. 이럴 때 수문이 스스로 내려와 있지 않으면 인력이나 동력을 이용하여 수문의 완전폐쇄를 항상 확인해야 하기 때문에 번거로움이 따른다. 따라서 수문비와 downstream weight balance의 중량 및 길이에 따라 수문비의 자중에 의해 수문비가 스스로 내려오도록 하기 위해서는 다른 모든 부분은 이미 중량이 결정되어 있기 때문에 미세한 중량결정을 하기 위하여 환봉수를 계산하는 것이다.

계산식은 다음과 같다.

[<수문비 총중량×회전중심에서 수문비 중심까지의 길이> + <upstream weight balance 측의 프레임 중량×(upstream weight balance 측의 프레임 길이/2)>]

$$= [\langle (\text{downstream weight balance의 중량} + (\text{환봉수량} \times \text{환봉 1개당 중량})) \times \text{회전중심축에서 downstream weight balance까지의 길이} \rangle + \langle \text{downstream weight balance 축의 프레임 중량} \times (\text{downstream weight balance 축의 프레임 길이}/2) \rangle] \quad (3.1.9)$$

2) 수문이 수문비 상류의 수위에 의해 개방될 때 downstream weight balance의 환봉수 계산

본 계산은 수문이 수로내 수위상승에 따라 수문비에 부착되어 있는 부력판에 부력이 발생되고 이에 따라 downstream weight balance와의 관계에 의해서 수문이 수로바닥에서 뜨는 현상을 밝혀낸 계산이다. 이때 downstream weight balance의 환봉수에 의해서 정밀한 상승수위를 계산할 수 있으며 현장의 사정에 따라 상승수심을 조정할 수 있다.

이러한 계산은 다음 식(3.10)에 의해서 계산을 행한다.

$$[(\text{수문비 중량} \times \text{수문비 중심에서 upstream weight balance의 중심까지의 거리}) + (\text{upstream weight balance축의 프레임 중량} \times \text{수문비 중심에서 upstream weight balance의 중심까지의 거리}/2)] = [(\text{weight balance pipe 중량} + \text{downstream weight balance 환봉중량}) \times \text{upstream weight balance에서 downstream weight balance까지의 수평거리}] + [\text{downstream weight balance축의 프레임 중량} \times \text{upstream weight balance에서 downstream weight balance까지의 수평거리}] \quad (3.1.10)$$

3. KARICO Type 수문

가. 기개발 무동력 자동 수문의 문제점

기개발 무동력 자동수문의 문제점은 크게 나열하면 다음과 같다.

- ① 집중강우나 이상홍수시 수로에 설치된 수문이 통수에 장애용수로는 설계시에 그 수로가 허용할 수 있는 최대통수량을 기초로 수로단면 결정을 한다. 따라서 최대통수량 이상의 용수가 유입이 되면 월류(over flow)를 일으키는 것은 자명한 일이다. 그러나 수로설계시 배수지선의 말단부가 용수간선에 연결되어 있는 경우 즉, 설계상 기본적인 사항으로는 배수횡단구조물을 설치하게 되어 있으나 현장에서의 부지선정 곤란등에 의해 부득이하게 용수간선등에 연결되어 있는 경우에는 용수로에 원래의 통수량에 더해 배수로부터의 유량유입에 따라 외수가 들어오는 경우가 있다. 이러한 경우에 또한 최근 들어서 다발하고 있는 지역적 게릴라성 폭우(집중강우)나 이상홍수에

따라 인근 유역의 우수도 용수로에 유입이 된다고 가정하면 수로가 갖는 통수능력을 넘어서는 일이 빈번하게 일어나는 것을 알 수 있다. 이에 따른 논침수등의 피해는 자명한 일이다. 여기서 무동력 자동 수문이 갖는 태생적 한계인 수로둑 위로의 수문 완전개방이 불가능하다는 것은 결국 외수등에 의해 수로에 많은 유량이 한꺼번에 들어올 때는 통수장애물이 된다는 것이고 이에 따라 월류피해를 막기 위해서는 인력에 의해 일일이 수문을 완전히 열어놓아야 한다는 어려움이 있다. 또한 무동력 자동 수문은 설계상 수로바닥으로부터 완전개방시 수로고의 40%정도밖에는 개방-수문은 중심축을 중심으로 힘을 받도록 설계되어 있으며 이 중심축의 높이가 유지수심이 되고 또한 이 유지수심에 따라 수문비의 높이와 부력판의 길이가 결정됨-이 되질 않는다. 따라서 나머지 60%는 통수장애물이 되며 이러한 점이 비상시에 통수장애물역할을 하게 된다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 비상시에 수문비를 수로둑 위로 완전히 개방시킬 수 있는 방법이 필요하며 이는 비상시 수로 및 논을 월류로부터 보호할 수 있는 최소한의 장치이기도 하다.

② 수문비에 오물끼임에 따른 작동 불능

무동력 자동 수문은 수문의 모양이 상폭 대비 저폭의 크기가 80%로서(원래는 60%) 사다리꼴로 되어 있다. 그 이유는 저폭이 상폭보다 작음으로서 최초에 유속에 의해 수문에 발생하는 양력이 빠르게 발생한다는 이점 때문이다. 그러나 이러한 상폭과 저폭의 크기가 다름으로 해서 유속이 빠르게 발생되는 지점에 오물이 몰리고 이에 따라서

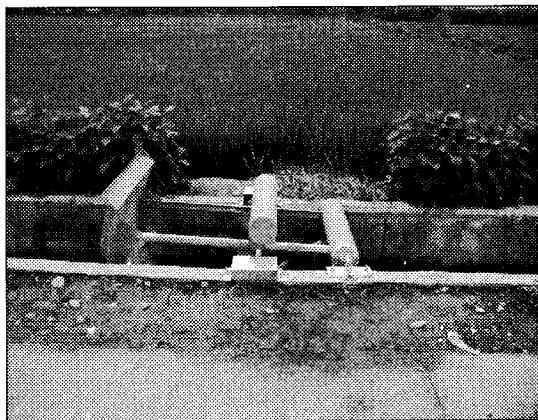


사진 3.1.1 기존수문(최대개방시)

그 오물이 수문비와 수로 측벽 사이에 끼임으로서 수문이 작동불가능하게 되는 경우가 있으며 실제로 시험설치한 현장에서 이러한 이유 때문에 수로가 월류할 한 예가 있다. 이에 대한 대책은 오물끼임현상 대책에서 자세히 다루기 때문에 생략을 하기로 하나 오물끼임현상에 따라 수문작동불량을 야기시키고 이에 따라서 월류에 의한 수로 범람 및 논침수등을 방지하는 것이 시급한 개량사항 중의 하나이다.

③ 지수문제

본 무동력 수문은 AMIL GATE가 상폭대비 저폭비율이 60%로서 사다리꼴을 하고 있는데 반해 상폭대비 저폭비율을 80%로 한 사다리꼴 모형을 하고 있다. 수문이 부력을 발생시키기 위해서는 수문상류에 유지수심까지 물이 가득어져야 한다. 그러나 우리 농업용 수로의 단면이 주로 사각형이기 때문에 수문 양측에 지수를 위한 지수판을 설치하여야 한다. 수문비는 부양력을 키우기 위해 곡률(radial)로서 되어 있기 때문에 양측 지수판과 완전히 밀착되기는 어렵다. 따라서 그 사이로 물이 누수가 되어 수문비 상류의 수심을 확보하기 위한 물의 저류가 어렵다. 또한 수문 설치를 하기 위한 공사에 있어서도 수로가 설계대로 완전하게 직각을 이루는 것이 현장사정상 곤란하기 때문에 미리 지수판을 만들어서 설치를 해도 완벽하게 수문과 맞추기가 어려울뿐만 아니라 수문의 지수판 끼임등이 발생하여 수문 개방이 어렵게 된다. 따라서



사진 3.1.2 수문비에 오물이 끼이는 모습

이러한 것을 해결하는 것이 수문의 설치 및 운용을 위해서도 대단히 중요한 일이다. 이를 위해 지수관을 수문 양측 끝단으로 하던 기존의 지수방법에서 수문비의 양측 앞면으로 지수를 하는 방법으로 전환을 하였다. 그러나 이러한 방법도 수문비의 모양이 곡률이기 때문에 완벽하게 밀착되지 않는다는 점이다. 따라서 부드러운 특수 고무제품등을 이용한 수문비 전면지수가 필요하다.

나. 개선방안

상기에서 열거한 3가지 문제점 중에서 무동력 자동 수문을 실용화하는데 있어서 가장 커다란 문제점은 바로 수문비의 수로내 통수장애에 따른 현장설치의 곤란이다. 이는 현장에서 물관리를 하는 사람들에게는 곧바로 통수장애에 의한 월류는 민원의 발생으로 이어지기 때문에 이러한 점을 염두에 두면 무동력 자동 수문을 설치하는 것에 대해 굉장히 주저를 하게 만드는 원인이 된다. 이는 수문비가 완전히 개방이 되어도 수로의 통수단면의 60%를 차단하기 때문에 설계유량 이상으로 수로에 물이 유입이 되면 그대로 월류를 일으키게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 수문비가 수로독위로 완전히 제껴질 수 있는 구조로 되어야 한다. 그러나 현재의 수문구조는 중심축을 중심으로 수문이 수로에

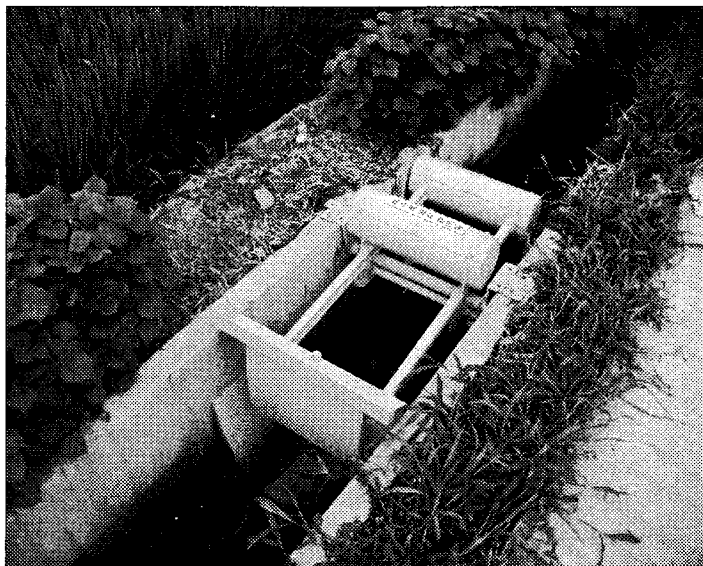


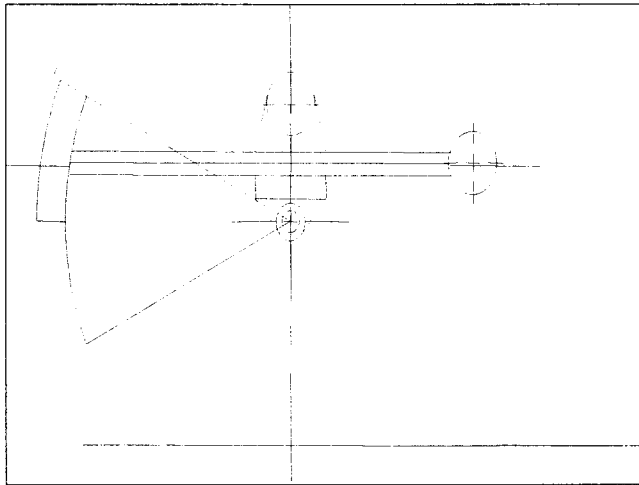
사진 3.1.3 지거설치 수문



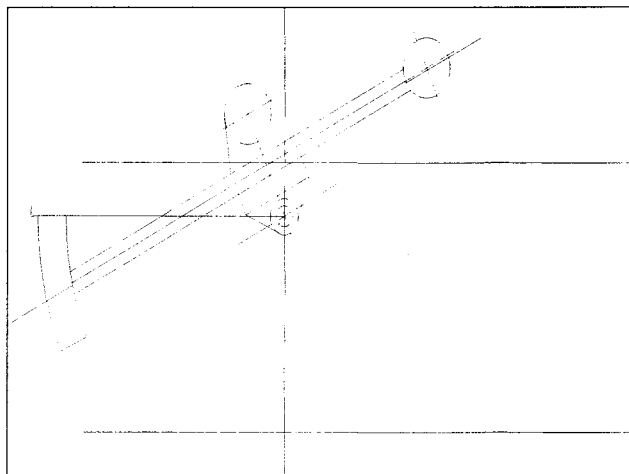
사진 3.1.4 간선설치 수문

완전히 수평으로 되면 그것을 완전개방이라고 하고 그 이상은 수문이 뒤로 제껴지지 않는다. 또한 뒤로 제껴진다고 하더라도 downstream weight balance가 수로내로 쳐져서 통수장애를 일으키게 된다. 이러한 점을 개선하기 위해서는 현재의 수문구조를 근본적으로 바꿔야 한다.

그림 3.1과 3.2는 기존에 개발된 무동력 자동 수문과 개량 무동력 자동 수문의 개략도면이다. 기존 무동력 자동 수문은 중심축을 중심으로 수문이 유지해야 할 유지수심과 수문비고, 부력판의 길이등이 일정하게 정해진다. 또한 수문의 중심이동이 완전히 하류로 가는 것을 막기 위하여 스템퍼를 장착한 관계로 수문이 완전히 개방되어도 수로바닥에서 약 수로고의 40% 정도밖에 올라가질 않는다. 따라서 나머지 60%의 길이가 수로의 통수장애가 된다. 그러나 개량 무동력 자동 수문은 수문 하류에 부착되어 있는 두 개의 weight balance를 중력 수직방향으로 올렸기 때문에 수문비의 맨 밑단이 수로 독위로 올라와도 수로 내에서 통수장애를 일으키는 것은 아무것도 없다. 이것은 전체적인 무게 중심을 위로 올린 결과이다. 그러나 수문비는 수로 독위로 완전히 올릴 수 있다고 해도 내려 올때는 무게 중심이 하류쪽으로 치우쳤기 때문에 스스로의 자중에 의해 내려오지는 못한다. 이러한 경우에는 나중에 인력에 의해서 수문을 내려놓아야만 한다.

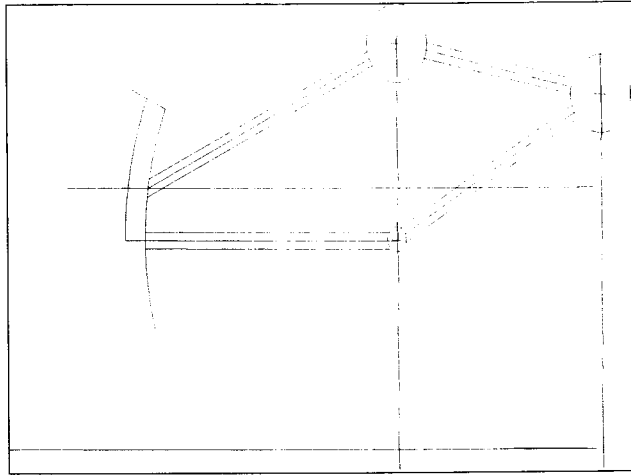


(a) 완전개방시

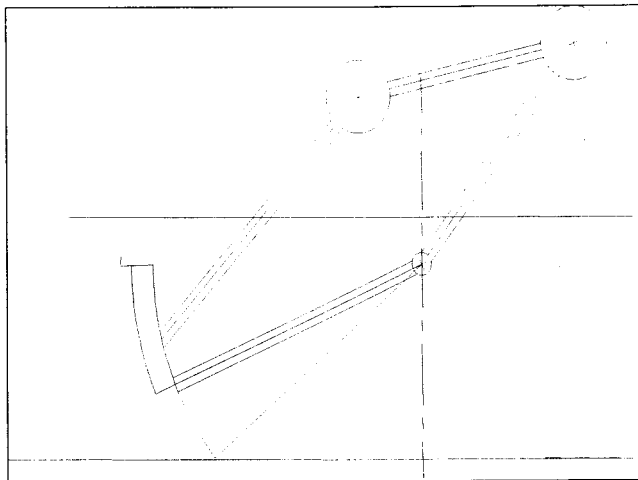


(b) 완전폐쇄시

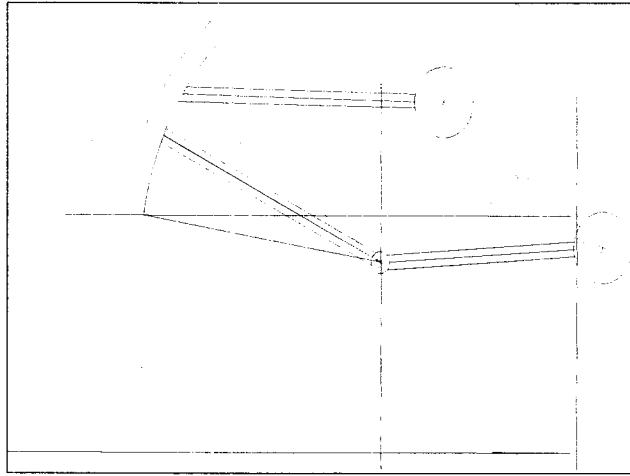
그림 3.1.14 기존수문



(a) 중간개방시



(b) 완전폐쇄시



(c) 완전개방시

그림 3.1.15 개광수문

다. 구조계산예

전술의 개선방안에 준하여 실제로 수문을 설계하기 위한 구조계산을 하면 이하와 같다. 예를 들면 우선 수로 높이 1.0m, 수로 폭 1.0m, 유지수심 0.8m, 상폭대비 저폭비율은 90%로 상정하여 수문구조에 대한 계산을 하면 다음과 같다.

첫 번째로 수문이 중심축을 기준으로 수로바닥에 수평으로 작동되고 있다고 상정하여 계산을 하면 수문의 곡률반경(수문비 중심에서 upstream weight balance의 중심까지의 거리) 1,250mm, upstream weight balance에서 downstream weight balance까지의 수평거리 1012.2mm, 두 번째로 수문이 완전히 닫혀있을 때를 상정하면 수문비 중심에서 수문 중심축과의 수평거리 1148.1mm, 중심축에서 downstream weight balance의 중심까지의 수평거리 712.1mm, upstream weight balance의 중심에서 중심축까지의 수평거리는 296.1mm이다. 이러한 제원 가지고 수문이 발생한 부력(유지수심 0.8m에서의 부력)에 의해 개방이 되고 개방 후 자중에 의해 수문이 닫히는 환봉수를 계산을 행하면 다음과 같다. 여기서 수문비의 두께는 수압을 고려하여 4.5t로 하였다.

① 수문비 중량 계산

우선 수로형상 및 문비의 길이를 결정하여 문비중량을 계산하면 수문비고 100cm, 상폭 100cm, 저폭 90cm이므로 순수한 수문비 중량은

$$100\text{cm} \times \frac{(100+90)\text{cm}}{2} \times 0.45\text{cm} \times 7,850 \times 10^{-6} \text{kg/cm}^3 = 33.56\text{kg}$$

부력판에 있어서 부력판 길이 80cm, 부력판 폭 54cm이므로 부력판 전면중량은

$$80\text{cm} \times 54\text{cm} \times 0.45\text{cm} \times 7,850 \times 10^{-6} \text{kg/cm}^3 = 15.26\text{kg}$$

부력판 두께 8cm이므로 부력판 밑판 중량은

$$54\text{cm} \times 8\text{cm} \times 0.45\text{cm} \times 7,850 \times 10^{-6} \text{kg/cm}^3 = 1.53\text{kg}$$

부력판 옆면(2개)의 중량은

$$80\text{cm} \times 8\text{cm} \times 0.45\text{cm} \times 7,850 \times 10^{-6} \text{kg/cm}^3 \times 2EA = 4.52\text{kg}$$

따라서 부력판의 총중량은 21.31kg

제2압력면에서 두께가 10.5cm이므로 제2압력면 계산을 하면

$$100\text{cm} \times 10.5\text{cm} \times 0.45\text{cm} \times 7,850 \times 10^{-6} \text{kg/cm}^3 = 3.71\text{kg}$$

따라서 수문비의 총중량은 (1)+(2)+(3)이 되므로 58.58kg 이다.

② upstream weight balance측의 프레임 중량 계산

upstream weight balance측의 두 개의 프레임 중 수문비와 중심축과 연결된 프레임

(W_{UF1})의 길이는 1,250cm이고 수문비와 upstream weight balance와 연결된 프레임의 길

이(W_{UF2})는 1,270cm이므로 양 프레임의 중량을 구하면

$$W_{UF1} = 1.25^M \times 2^{EA} \times 5.1\text{kg/m} = 12.75\text{kg}$$

$$W_{UF2} = 1.27^M \times 2^{EA} \times 5.1\text{kg/m} = 12.95\text{kg}$$

따라서 upstream weight balance와 연결된 프레임의 총중량은 25.7kg 이다.

③ downstream weight balance측의 프레임 중량 계산

downstream weight balance측의 두 개의 프레임 중 수문비와 중심축과 연결된 프레

임(W_{DF1})의 길이는 1,030cm이고 수문비와 downstream weight balance와 연결된 프레임

의 길이(W_{DF2})는 970cm이므로 양 프레임의 중량을 구하면

$$W_{DF1} = 1.03^M \times 2^{EA} \times 5.1\text{kg/m} = 10.51\text{kg}$$

$$W_{DF2} = 0.97^M \times 2^{EA} \times 5.1\text{kg/m} = 9.89\text{kg}$$

따라서 downstream weight balance와 연결된 프레임의 총중량은 20.4kg 이다.

④ weight balance pipe 중량 계산

weight balance pipe의 길이는 900cm이고 이 pipe는 30.4kg/m이므로 중량은

$$W_{WBP} = 0.9^M \times 30.4 \text{ kg/m} = 27.36 \text{ kg}$$

⑤ 유지수심에 따른 부력발생에 의해 수문비 개방에 따른 weight balance의 중량

수문이 완전히 폐쇄되었다고 가정한 후에 유지수심에 다다라서 수문이 막 열리기 시작하기 위한 힘의 균형을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \langle [(수문비 \text{ 중량} \times 수문비 \text{ 중심부터 수문 중심축과의 수평거리}) + ((weight \text{ balance} \\ & \text{ pipe 중량} + upstream \text{ weight balance 환봉중량}) \times upstream \text{ weight balance의 중심에서 중} \\ & \text{심축까지의 수평거리}) + (upstream \text{ weight balance축의 프레임 중량} \times 수문비 중심부터 수문} \\ & \text{중심축과의 수평거리}/2)] - \text{뜨는 힘} \times 수문비 중심에서 수문 중심축과의 수평거리] \rangle \\ = & \langle [(weight \text{ balance pipe 중량} + downstream \text{ weight balance 환봉중량}) \times 중심축에서 \\ & downstream \text{ weight balance의 중심까지의 수평거리}] + [downstream \text{ weight balance축의} \\ & \text{프레임 중량} \times 중심축에서 downstream \text{ weight balance의 중심까지의 수평거리}/2] \rangle \end{aligned}$$

여기서 뜨는 힘은 부력판의 체적을 물의 단위체적중량으로 환산하면 계산이 가능하므로 $80\text{cm} \times 54\text{cm} \times 8\text{cm} \times 1\text{g/cm}^3 = 34.56\text{kg}$ 이 된다.

따라서 상기의 식에 수치를 대입하여 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \langle [(58.58\text{kg} \times 1148.1\text{mm}) + ((27.36\text{kg} + x) \times 296.1\text{mm}) + (25.7\text{kg} \times 1148.1\text{mm}/2)] - 34.56\text{kg} \\ & \times 1148.1\text{mm}] \rangle = \langle [(27.36\text{kg} + y) \times 712.1\text{mm}] + [20.4\text{kg} \times 712.1\text{mm}/2] \rangle \end{aligned}$$

윗식을 정리하면

$$-x + 2.41y = 79.99$$

⑥ 수문비 자중에 의해 수문이 닫히는 weight balance의 중량

수문이 부력에 의해 완전히 열린 상태에서 수문의 자중으로 수문이 내려올 때의 힘의 균형을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & [(수문비 \text{ 중량} \times 수문비 중심에서 upstream \text{ weight balance의 중심까지의 거} \\ & \text{리}) + (upstream \text{ weight balance축의 프레임 중량} \times 수문비 중심에서 upstream \text{ weight} \\ & \text{balance의 중심까지의 거리}/2)] \\ = & [(weight \text{ balance pipe 중량} + downstream \text{ weight balance 환봉중량}) \times upstream \text{ weight} \\ & \text{balance에서 downstream \text{ weight balance까지의 수평거리}] + [downstream \text{ weight} \\ & \text{balance축의 프레임 중량} \times upstream \text{ weight balance에서 downstream \text{ weight balance까지} \\ & \text{의 수평거리}] \end{aligned}$$

따라서 상기의 식에 수치를 대입하면 다음과 같다.

$$[(58.58\text{kg} \times 1250\text{mm}) + (25.7\text{kg} \times 1250\text{mm}/2)] = \\ [(27.36+y)\text{kg} \times 1012.1\text{mm}] + [20.4\text{kg} \times 1012.1\text{mm}]$$

윗식을 정리하면 다음과 같다.

$$y=40.46\text{kg}$$

상기의 결과를 각각 대입시키면 다음과 같다.

$$x=17.52\text{kg}$$

따라서 x, y값을 각각 계산하면,

upstream weight balance측의 환봉무게 17.52kg

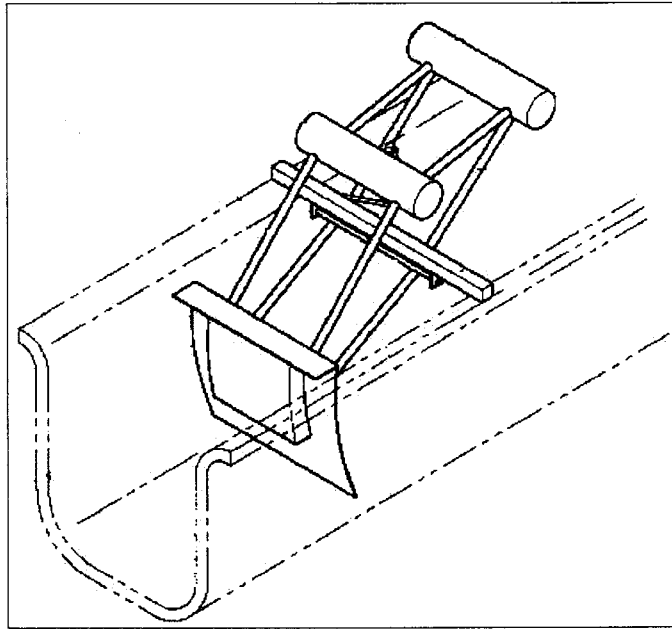
downstream weight balance측의 환봉무게 13.1kg 이다.

따라서 자중에 의해서 수문이 스스로 내려가는 균형을 맞추기 위해서는 upstream weight balance측에 17.52kg만큼의 환봉을 넣고, 수문이 부력에 의해 개방이 되도록 하기 위해서는 downstream weight balance측에 13.1kg만큼의 환봉을 넣어서 균형을 잡는다.

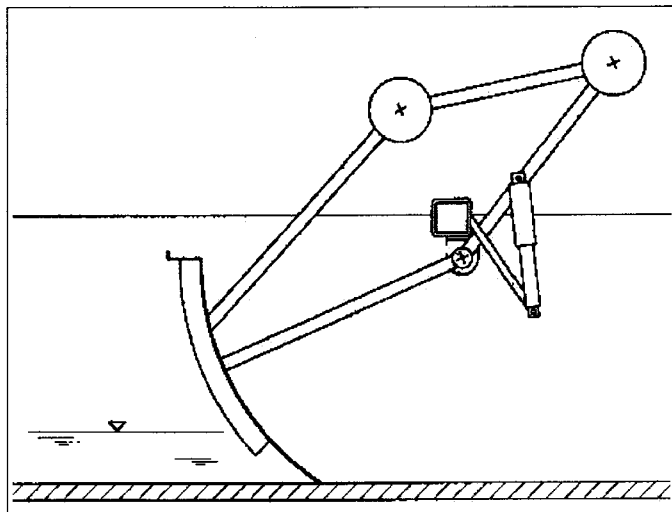
라. 설계

다항에서 계산을 한 결과로 설계를 하면 다음 그림 3.16 과 같다.

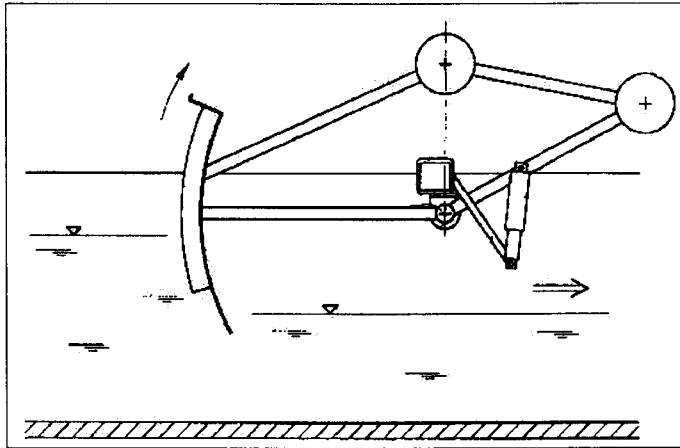
그림을 보고 설명을 하면 우선 기존의 수문은 작동형태가 수문이 완전히 내려와 있는 일반대기압상태에서 수로 내 수위가 증가함에 따라 수문비에 장착되어 있는 부력판에 부력이 발생하기 시작하고 설정수위에 수로수위가 다다르면 수문비에 양력이 발생되어 수문이 뜨기 시작한다. 수문 상류의 유량의 증감에 따라서 수문의 작동이 자동(自動)을 이루어지며 현지중심축을 중심으로 downstream weight balance의 중심축이 하류방향으로 넘어가질 않기 때문에 수문은 현지중심축과 downstream weight balance 중심축이 일직선인 상태에서 더 이상 하류방향으로 움직이지를 않는다. 따라서 수로 내 수위가 감소하면 언젠지 수문은 수로바닥으로 내려간다. 이러한 작동이 수로내 수위의 증감에 따라 시간적으로 연속성을 가지면서 움직인다. 그러나 집중강우가 일시에 수로 내로 몰려들어 설계유량 이상의 수량이 수로 내를 흐르게 되면 수문비가 오히려 유량통과방해를 하여 결국에는 수로범람을 초래한다. 따라서 그림 3.16에 나타낸 바와 같이 이러한 경우를 대비하여 일직선으로 놓여져 있는 현지중심축과 downstream weight balance 중심축이 수로내 수위의 증가에 따라 흐트러져서 downstream weight balance가 하류부측으로 기울어져 수문비가 수



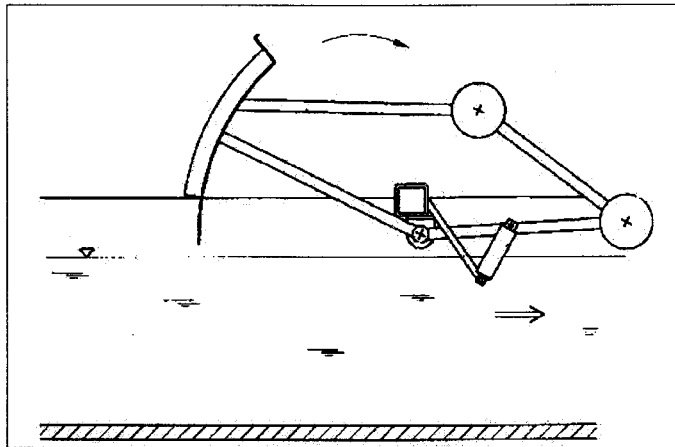
(a) KARICO TYPE 수문 전체 조립도



(b) 수문 완전폐쇄상태 모습



(c) 수문 중간개방상태 모습



(d) 수문 완전개방상태 모습

그림 3.1.16 KARICO TYPE 수문

로에서 완전히 수로둑 위로 올라올 수 있게 하였다.

이러한 설계는 수로관리에 있어서 수문의 통수방해에 의한 수로범람이라는 재해를 방지함과 동시에 운영상의 인력절감이라는 측면도 크게 고려한 설계이다. 단 수문비가 뒤로 완전히 젖혀지면 원상복귀는 스스로 힘들기 때문에 인력에 의해서 복귀를 시켜야 한다.

마. 설계안 검토

1) 수문비 형태

기존 수문의 수문비는 사다리꼴 형태로서 수문비 상부가 수문비 하부보다 넓은 모양을 하고 있다. 이는 첫 번째 부력발생이 빨리 신속하게 일어나게 하고 오물등이 빠른 유속에 의해 수문비 하류로 빠져나가게 하기 위함이다. 그러나 이러한 사다리꼴의 수문비 형태는 우리나라의 농업용 수로의 단면형태(사각형)에는 맞지를 않아서 시공하는데 대단히 곤란한 점을 수반한다. 즉 수문비 전면에 물을 모으기 위해서 수문비와 수로의 측벽에 지수판을 설치하여 지수를 행하는데 모든 수로단면이 일정하지는 않기 때문에 설치에 대단히 어려움을 겪었다. 따라서 이의 해결을 위하여 수문이 수로에 주는 영향 검토를 한 결과 수문비의 개도가 수로바닥에서부터 60% 이상이 되면 수문비의 모양이 직사각형을 형태를 가져도 수로범람의 위험이 없다는 것을 해명하였기에 수문비의 형태를 사각형으로 제작하였다. 또한 수문비의 형태가 사각형인 관계로 오물유입에 의한 작동불가능등의 염려가 사라졌으며 오물은 수문비 전면에 모여있어서 인력에 의해 수거하거나 수문비 밑으로 빠져서 하류방향으로 흘러나간다.

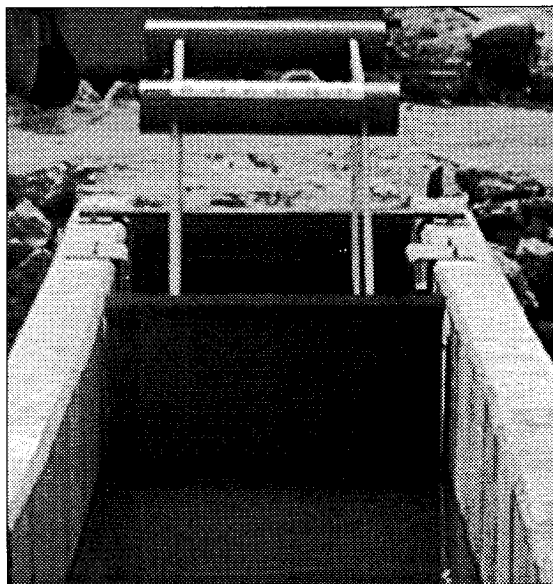


사진 3.1.5 변형수문의 수문비 형태

2) Balance Weight 구조 변형

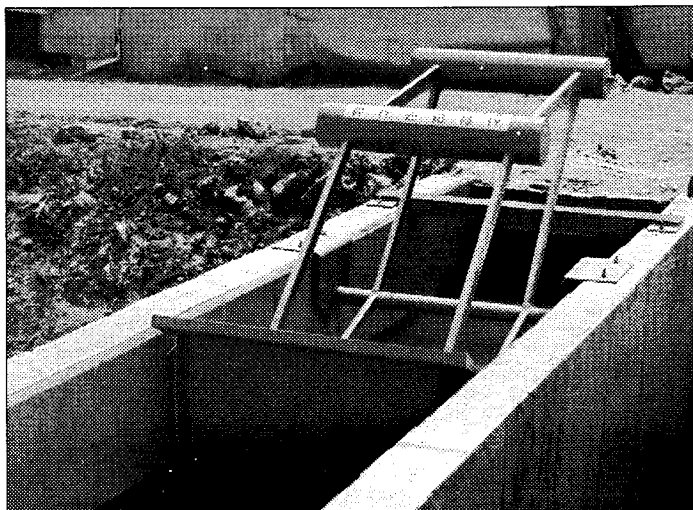


사진 3.1.6 Balance Weight 구조

기존 무동력 자동 수문의 가장 큰 문제점 중의 하나인 집중강우시 수로통수 방해라고 하는 문제점을 해결하기 위하여 Balance Weight 구조를 변형하였다. 기존 수문의 Balance Weight 구조는 수문을 완전히 개방하여도 수로높이의 45%까지 올라가는 구조였다. 이러한 구조는 수문의 개방과 수문의 폐쇄를 동시에 고려하였기 때문에 현지 중심축에서 upstream balance weight의 중심축이 하류방향으로 치우치지 못하게 한 까닭이다. 그러나 이러한 점은 오히려 수로내 비상상황을 생각하면 수로범람의 원인으로 작용할 수 있기 때문에 이의 근본적인 대책이 필요하였다. 따라서 집중강우에 수로내 수위가 수로둑까지 올라왔을 때에는 수문비가 완전히 수로둑 위로 올라오게 하기 위해서는 Balance Weight 구조를 기존의 구조에서 수평방향으로 최대한 끌어올릴 필요가 있다. 그러나 이 구조는 수문비가 최대개방 후 스스로 움직여서 최초의 완전폐쇄상태로의 복원이 불가능하다는 염려가 있다. 그러나 수로둑까지 유량을 수원공에서 흘러보내는 경우는 거의 없기 때문에 평시에 사용하는데 있어서 수문비 복원을 위한 인력소모는 거의 없다고 예상된다. 따라서 이상시 집중강우에 의해서 수로내 수위증가가 비정상적으로 증가할 때 수문비가 완전히 개방되어 수로내 통수를 방해하지 않고 이러한 현상이 끝나고 난 후에는 인력에 의해서 다시 복원시키는 그러한 형태로 설계·제작하였다.

4. 수문설치에 따른 수로의 최대통수능력 검토

기존 수로에 무동력 자동 수문을 설치할 때 가장 문제가 되는 것은 수로가 본래 가지고 있는 설계유량 및 최대통수유량이 유입되었을 때 설치되어 있는 무동력 자동 수문에 의해 통수단면의 축소 및 통수방해를 초래하여 무동력 자동 수문 상류부에서 월류(over flow)를 일으키고 이에 따라서 논침수에 따른 작물피해등을 일으킬 소지가 있다. 따라서 신규수로에 설치할 때에는 무동력 자동 수문의 수리적 특성을 감안하여 수로단면을 결정하면 되지만 기존에 설치되어 있는 수로에 무동력 자동 수문을 설치할 때에는 반듯이 수문설치에 따른 수로내 영향을 검토해야 한다. 이러한 영향을 검토하기 위한 일반적인 수리적 방법으로는 무동력 자동 수문의 작동특성에 기인하여 수로바닥에서부터 들어올려지는 형태의 작동방법을 상정한 인상수문 특성 검토 중 수문이 작동하여 유지수심을 안정되게 유지할 때까지의 유출을 자유유출로서 검토하고 유지수심이 안정되어 수문을 기준으로 상류부와 하류부의 수두차가 적어질 때에는 수중유출로서 해석을 하여 검토를 한다. 우선 수문이란 수로나 댐의 정부에 설치하여 유량이나 수위를 조절하는데 이용되며 인상수문(sluce gate)이나 태인터수문(tainter gate)등의 종류가 있다. 수문의 유량계수는 그 종류에 따라 다르고 수문 선단부의 형상에 따라서도 달라지며 그 유황은 오리피스와 닮은 점이 많다. 여기서 아래의 그림 3.17 과 그림 3.18는 인상수문으로 유출하는 흐름의 상황을 나타낸 것이며

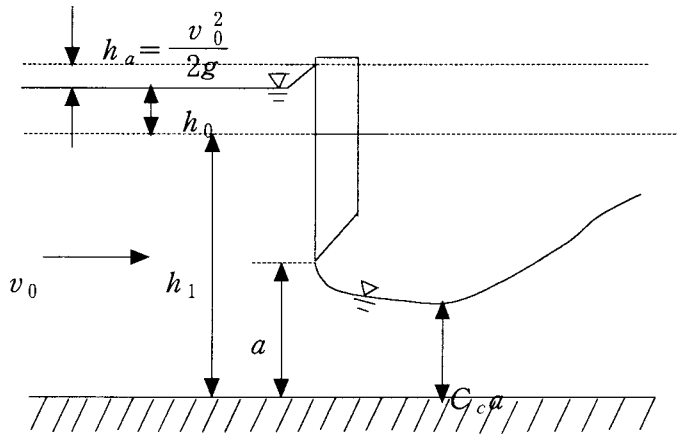


그림 3.1.17 인상수문의 자유유출

이 중 그림 3.17은 수문으로부터의 유출수맥이 사류상태를 축류하면서 자유유출(free flow)

하는 경우로 하류가 상류이면 도수에 의하여 하류수위에 이른다. 하류의 수위가 증가하면 도수점은 수문에 가까워지고 하류수심이 수문이 개방높이보다 커지면 유출수맥은 하류수면 밑으로 잠겨져서 그림 3.18과 같아진다. 이 상태를 수중유출(submerged outflow)이라고 한다.

인상수문의 해석에 있어서 사류수면은 수문 선단부를 떠나서 축류한 뒤 밀면의 마찰저항 때문에 수심은 증가해 가는데 이 수축단면의 수심을 $C_c a$ 라고 하면 (C_c 는 수축계수), Bernoulli의 식에 의해 수문 상류쪽의 수심과 유속을 h_0, v_0 , 수축단면의 유속을 v 라고 하면,

$$h_0 + \frac{v_0^2}{2g} = C_c a + \frac{v^2}{2g} \quad (3.1.11)$$

이 되며 $Q = B h_0 v_0 = B C_c a v$ 를 써서 v_0, v 를 위식에 대입하면

$$Q = B C_c a \sqrt{\frac{2g(h_0 - C_c a)}{1 - \left(\frac{C_c a}{h_0}\right)^2}} \quad (3.1.12)$$

가 된다. 수축계수 C_c 의 값은 $C_c = 0.61 \sim 0.64$ 정도이다. 위식에 유량계수 C 를 도입하면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Q = B C a \sqrt{2g h_0} \quad (3.1.13)$$

따라서, 식(3.13)을 변형하면

$$h_0 = \frac{Q^2}{2g B^2 C^2 a^2} \quad (3.1.14)$$

으로 계산을 행한다.

다음으로는 인상수문 유출 중 수중유출에 관하여 해석을 하는 수순에 대해 논하면 수중유출의 경우에는 유출수가 수축단면보다 하류에서 분류처럼 넓어지고 소용돌이도 형성되므로 에너지손실이 생긴다. 그림 3.18에서 나타낸 바와 같이 수축단면을 ①이라 할 때 유출수는 $C_c a$ 사이를 속도 v 로 흘러 윗층의 표면소용돌이 영역의 물은 근사적으로 정지하고 압력은 정수압분포를 따른다고 가정하면 그림 ①~① 구간에서 에너지손실은 적으므로 단위폭당의 유량을 $q = Q/B$ 라고 하면 Bernoulli의 식은 다음과 같다.

$$h_0 + \frac{q^2}{2g h_0^2} = h + \frac{q^2}{2g (C_c a^2)} \quad (3.1.15)$$

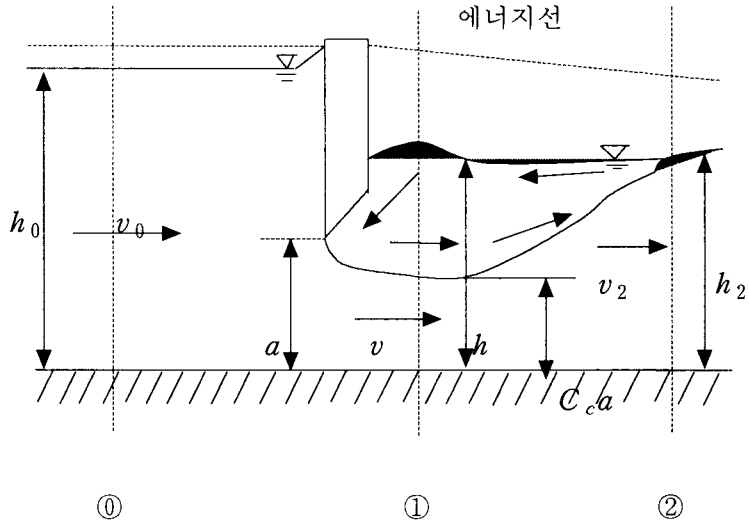


그림 3.1.18 인상수문의 수중유출

이 된다. 다음에 에너지손실이 뚜렷한 ①~② 구간에서는 위에서 말한 가정하에서 운동량 방정식

$$\rho q^2 \left(\frac{1}{h_2} - \frac{1}{C_c a} \right) = \frac{1}{2} \rho q (h^2 - h_2^2) \quad (3.1.16)$$

식(3.15)와 식(3.16)에 $q = C_a \sqrt{2g h_0}$ 을 대입하고 식(3.15)를 $C_c a$ 로 식(3.16)을 $(C_c a)^2$ 로 나누어 무차원형으로 고치면 두 식은 각각 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \frac{h_0}{C_c a} + \left(\frac{C}{C_c} \right) \cdot \frac{C_c a}{h_0} &= \frac{h}{C_c a} + \left(\frac{C}{C_c} \right)^2 \left(\frac{h_0}{C_c a} \right)^2 \\ \left(\frac{C}{C_c} \right)^2 \frac{h_0}{C_c a} \left(\frac{C_c a}{h_2} - 1 \right) &= \frac{1}{4} \left\{ \left(\frac{h}{C_c a} \right)^2 - \left(\frac{h_2}{C_c a} \right)^2 \right\} \end{aligned} \quad (3.1.17)$$

위의 두 식에서 $\frac{h}{C_c a}$ 를 소거하면 $\frac{C}{C_c}$ 는 $\frac{h_0}{C_c a}$ 와 $\frac{h_2}{C_c a}$ 와의 함수로 구할 수 있다. Henry가 $C_c = 0.606$ 이라 하고 계산한 결과(점선)와 시험결과(실선)를 그림 3.19에 나타내었는데 이론과 실험이 잘 일치하고 있다. 다음으로는 상기의 식에 의하여 수로내 무동력 자동 수문 설치시 수로의 통수능력을 알아보기 위하여 실제의 대표수로를 선정하고

이에 따라 수문 규격을 결정하여 인상수문의 유출을 계산한다.

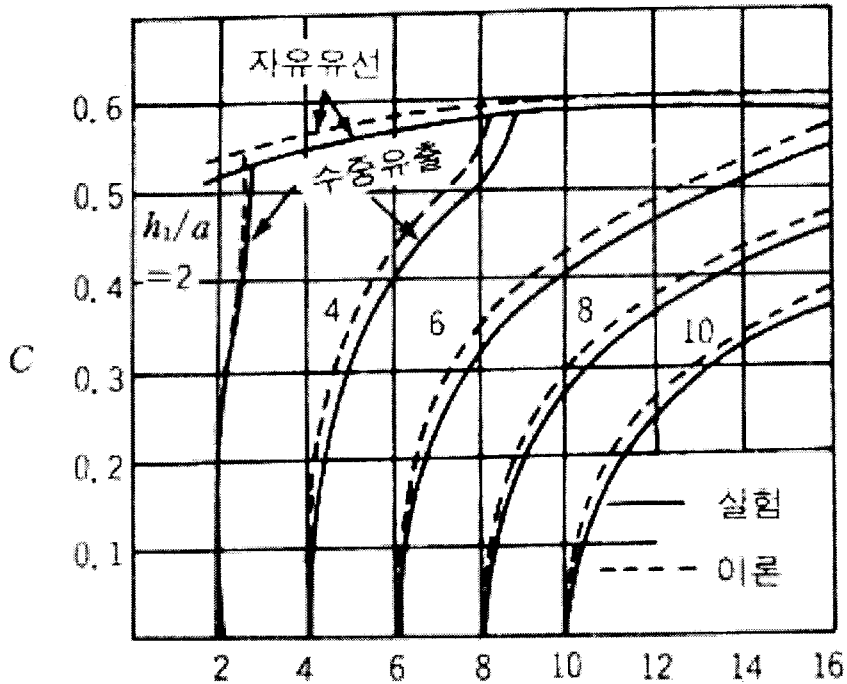


그림 3.1.19 수문으로부터의 유출계수

무동력 자동 수문의 수로내 설치에 따른 수로의 통수능력을 검토하기 위하여 수로 내 설치하는 수문의 규격과 무동력 자동 수문의 최대개도를 결정해야만 수로가 통수할 수 있는 유량계산이 가능해진다. 따라서 우선 3.1.5절에서 다루게 될 8개 타입의 수해면적별 수로규격을 사용하며 이를 우선 수문이 최대개방될 때 수로바닥에서 40% 올라오는 경우와 65%(개량형) 올라오는 경우를 상정하며 각각에 대해 수문의 상폭대비 저폭의 너비가 통수 단면에 대해 60%, 90%, 100%를 상정하여 계산을 행한다. 여기서 상폭대비 저폭의 너비를 60%로 한 이유는 프랑스의 AMIL GATE의 형태를 그대로 재현하여 계산을 하는 것으로서 이는 AMIL GATE의 특성을 동시에 검증한다는 의미도 있으며 상폭대비 저폭의 너비를 90%로 계산을 하는 의미는 실제로 본 무동력 자동 수문을 현장에 설치하여 운영할 때 표준적인 상폭대비 저폭의 너비로서 상정을 하고 있기 때문이다. 여기서 상폭대비 저폭너

비를 60%와 90%로 계산한 경우에 지수를 위한 수로측면 지수관도 수문면적에 포함을 시켜 통수방해요인으로 상정하여 계산을 행한다. 또한 상폭대비 저폭의 너비를 100%로 상정하여 계산하는 것은 일반적인 제수문(flap gate도 포함)을 상정하여 수로에 미치는 영향을 검토하기 위함이다.

다음 표 3.1은 8개 타입에 대해 각 수해면적별로 수문비 개도상태를 수로높이 기준으로 40%와 65%를 상정하고 또한 각각의 개도상태를 수문비의 상폭대비 저폭의 길이를 60%, 90%, 100%로 구분하여 수로단면설계에 의해 계산된 설계유량과 설계수위를 기초로 하여 총수위와 수로높이에서 총수위를 빼서 수로잔고를 계산한 결과이다. 여기서의 계산에는 수로가 본래 갖고 있는 최대통수량 즉, 최대통수능력에 대해서는 검토를 제외하였다. 그 이유는 수로내 아무런 장애물이 없는 상태에서 그 수로가 최대로 통수할 수 있는 유량이 최대통수유량이기 때문에 수문을 설치하였다는 가정하에 최대통수능력을 계산하는 것은 아무런 의미가 없다고 사료되기 때문이다. 따라서 본 계산에서는 설계유량을 기초로 수리단면계산과 함께 수문을 설계하여 수리계산을 행하였다.

표 3.1에서 알 수 있듯이 인상수문 유출에 관한 계산식을 이용하여 나타난 결과는 우선 각 타입별로 50ha에서 500ha까지 8개로 구분하여 각각의 계산된 수로규격에 대해 설계유량에 따른 설계수위를 기초로 계산을 행하였다. 설계수위를 보면 우선 수해면적 50ha에서는 타입 8의 0.35m를 제외하고는 나머지 7개 타입에서 0.34m를 기준으로 하고 있다. 또한 수해면적 100ha에 대해서는 타입 3, 타입 5, 타입 7, 타입 8이 0.40m를 설계수위로 계산된 반면 나머지 4개 타입은 0.39m를 나타내고 있다. 수해면적 150ha에서도 타입 3, 타입 5, 타입 7이 0.46m를 기록하고 타입 8은 0.48m, 나머지 4개 타입은 0.44m~0.45m를 나타내고 있다. 그리고 수해면적 200ha에서도 타입 3, 타입 5, 타입 7가 0.52m를 기록하고 타입 8은 0.54m, 나머지 4개 타입은 0.50m~0.51m를 나타내고 있다. 이상과 같이 타입별로 설계수위에 대해서 작게는 0.01m에서 크게는 0.04m까지의 차이를 보이고 있으며 타입내에서는 타입 8이 가장 높은 설계수위를 보이고 있다.

표 3.1.1 각 타입별 수해 면적당 통수능력검토계산 수리 제원

		구 분	50ha	100ha	150ha	200ha	250ha	300ha	400ha	500ha	
T Y P E 1	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)	0.156	0.158	0.330	0.440	0.550	0.660	0.881	1.101	
		설계수위(m)	0.341	0.393	0.449	0.506	0.548	0.580	0.668	0.737	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.509	0.508	0.698	0.818	0.904	0.964	1.131	1.248
			수로잔고 (m)	-0.009	0.092	-0.048	-0.118	-0.154	-0.164	-0.231	-0.248
		상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.515	0.512	0.707	0.829	0.917	0.978	1.148	1.267
			수로잔고 (m)	-0.015	0.088	-0.057	-0.129	-0.167	-0.178	-0.248	-0.267
	상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.536	0.525	0.738	0.869	0.962	1.027	1.207	1.332	
		수로잔고 (m)	-0.036	0.075	-0.088	-0.169	-0.212	-0.227	-0.307	-0.332	
	개 도 율 65%	설계유량(m ³ /sec.)	0.156	0.158	0.330	0.440	0.550	0.660	0.881	1.101	
		설계수위(m)	0.341	0.393	0.449	0.506	0.548	0.580	0.668	0.737	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.416	0.450	0.560	0.644	0.705	0.750	0.871	0.962
			수로잔고 (m)	0.084	0.150	0.090	0.056	0.045	0.050	0.029	0.038
상폭대비 저폭 (90%)		총수위 (m)	0.420	0.479	0.566	0.651	0.713	0.759	0.882	0.974	
		수로잔고 (m)	0.080	0.122	0.084	0.049	0.037	0.041	0.018	0.026	
상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.435	0.494	0.587	0.678	0.744	0.792	0.922	1.018		
	수로잔고 (m)	0.066	0.107	0.063	0.022	0.006	0.008	-0.022	-0.018		
T Y P E 2	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)	0.156	0.224	0.336	0.448	0.559	0.671	0.895	1.101	
		설계수위(m)	0.344	0.394	0.454	0.512	0.555	0.587	0.676	0.746	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.512	0.582	0.710	0.833	0.922	0.983	1.154	1.258
			수로잔고 (m)	-0.012	0.018	-0.060	-0.133	-0.171	-0.183	-0.254	-0.258
		상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.518	0.588	0.720	0.845	0.935	0.998	1.171	1.277
			수로잔고 (m)	-0.018	0.012	-0.070	-0.145	-0.185	-0.198	-0.271	-0.277

구 분			50ha	100ha	150ha	200ha	250ha	300ha	400ha	500ha	
TY P E 2	개 도 율 40%	상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.539	0.612	0.752	0.886	0.982	1.048	1.232	1.341
			수로잔고 (m)	-0.039	-0.012	-0.102	-0.186	-0.232	-0.248	-0.332	-0.341
	개 도 율 65%	설계유량(m ³ /sec.)		0.156	0.224	0.336	0.448	0.559	0.671	0.895	1.101
		설계수위(m)		0.344	0.394	0.454	0.512	0.555	0.587	0.676	0.746
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.420	0.479	0.568	0.654	0.716	0.762	0.885	0.971
			수로잔고 (m)	0.081	0.121	0.082	0.046	0.034	0.039	0.015	0.029
		상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.423	0.483	0.574	0.661	0.725	0.771	0.896	0.983
			수로잔고 (m)	0.077	0.117	0.076	0.039	0.025	0.029	0.004	0.017
		상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.438	0.499	0.596	0.689	0.757	0.805	0.938	1.027
			수로잔고 (m)	0.062	0.101	0.054	0.011	-0.007	-0.005	-0.038	-0.028
TY P E 3	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)		0.160	0.231	0.347	0.463	0.578	0.694	0.925	1.157
		설계수위(m)		0.347	0.404	0.465	0.525	0.569	0.602	0.693	0.740
	상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.522	0.603	0.737	0.867	0.959	1.023	1.201	1.268	
		수로잔고 (m)	-0.022	-0.003	-0.087	-0.167	-0.209	-0.223	-0.301	-0.268	
	상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.528	0.611	0.747	0.879	0.974	1.039	1.220	1.288	
		수로잔고 (m)	-0.028	-0.011	-0.097	-0.179	-0.224	-0.239	-0.319	-0.288	
	상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.550	0.635	0.782	0.923	1.023	1.092	1.285	1.355	
		수로잔고 (m)	-0.050	-0.035	-0.132	-0.223	-0.273	-0.292	-0.385	-0.355	
	개 도 율 65%	설계유량(m ³ /sec.)		0.160	0.231	0.347	0.463	0.578	0.694	0.925	1.157
		설계수위(m)		0.347	0.404	0.465	0.525	0.569	0.602	0.693	0.740
상폭대비 저폭 (100%)		총수위 (m)	0.425	0.494	0.586	0.675	0.739	0.786	0.914	0.972	
		수로잔고 (m)	0.075	0.106	0.064	0.025	0.011	0.014	-0.014	0.028	

		구 분		50ha	100ha	150ha	200ha	250ha	300ha	400ha	500ha		
TY P E 3	개 도 율 65%	상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.429	0.498	0.592	0.683	0.749	0.796	0.926	0.985		
			수로잔고 (m)	0.071	0.102	0.058	0.017	0.002	0.004	-0.026	0.016		
		상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.444	0.515	0.615	0.712	0.782	0.833	0.970	1.030		
			수로잔고 (m)	0.056	0.085	0.035	-0.012	-0.032	-0.033	-0.070	-0.030		
TY P E 4	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)		0.159	0.225	0.338	0.451	0.563	0.676	0.902	1.127		
		설계수위(m)		0.345	0.396	0.457	0.515	0.558	0.590	0.680	0.750		
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.518	0.586	0.717	0.841	0.930	0.991	1.164	1.284		
			수로잔고 (m)	-0.018	0.014	-0.067	-0.141	-0.180	-0.191	-0.264	-0.284		
		상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.524	0.593	0.726	0.853	0.944	1.006	1.182	1.304		
			수로잔고 (m)	-0.024	0.007	-0.076	-0.153	-0.194	-0.206	-0.282	-0.304		
		상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.546	0.616	0.759	0.894	0.991	1.057	1.243	1.372		
			수로잔고 (m)	-0.046	-0.016	-0.109	-0.194	-0.241	-0.257	-0.343	-0.372		
		TY P E 4	개 도 율 65%	설계유량(m ³ /sec.)		0.159	0.225	0.338	0.451	0.563	0.676	0.902	1.127
				설계수위(m)		0.345	0.396	0.457	0.515	0.558	0.590	0.680	0.750
상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)			0.422	0.482	0.573	0.658	0.721	0.767	0.892	0.984		
	수로잔고 (m)			0.078	0.118	0.077	0.042	0.029	0.034	0.008	0.016		
상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)			0.426	0.486	0.579	0.666	0.730	0.776	0.903	0.997		
	수로잔고 (m)			0.074	0.114	0.071	0.034	0.020	0.024	-0.003	0.004		
상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)			0.441	0.503	0.601	0.694	0.762	0.811	0.945	1.043		
	수로잔고 (m)			0.059	0.098	0.049	0.006	-0.012	-0.011	-0.045	-0.043		
TY P E 5	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)		0.159	0.229	0.344	0.458	0.573	0.688	0.917	1.146		
		설계수위(m)		0.345	0.401	0.462	0.521	0.565	0.598	0.689	0.735		
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.518	0.597	0.730	0.857	0.948	1.012	1.188	1.254		

		구 분		50ha	100ha	150ha	200ha	250ha	300ha	400ha	500ha
TY P E 5	개 도 율 40%	상폭대비 저폭 (100%)	수로잔고 (m)	-0.018	0.003	-0.080	-0.157	-0.198	-0.212	-0.288	-0.254
			총수위 (m)	0.524	0.604	0.740	0.869	0.963	1.028	1.207	1.274
		상폭대비 저폭 (90%)	수로잔고 (m)	-0.024	-0.004	-0.090	-0.169	-0.213	-0.228	-0.307	-0.274
			총수위 (m)	0.545	0.628	0.773	0.912	1.011	1.080	1.271	1.339
		상폭대비 저폭 (60%)	수로잔고 (m)	-0.045	-0.028	-0.123	-0.212	-0.261	-0.280	-0.371	-0.339
			설계유량(m ³ /sec.)	0.159	0.229	0.344	0.458	0.573	0.688	0.917	1.146
	개 도 율 65%	상폭대비 저폭 (100%)	설계수위(m)	0.345	0.401	0.462	0.521	0.565	0.598	0.689	0.735
			총수위 (m)	0.422	0.489	0.581	0.668	0.733	0.780	0.907	0.964
		상폭대비 저폭 (90%)	수로잔고 (m)	0.078	0.111	0.069	0.032	0.017	0.021	-0.007	0.036
			총수위 (m)	0.426	0.494	0.587	0.676	0.742	0.789	0.919	0.976
		상폭대비 저폭 (60%)	수로잔고 (m)	0.074	0.106	0.063	0.024	0.008	0.011	-0.019	0.024
			총수위 (m)	0.441	0.511	0.610	0.705	0.775	0.825	0.962	1.021
TY P E 6	개 도 율 40%	상폭대비 저폭 (100%)	수로잔고 (m)	0.059	0.089	0.040	-0.005	-0.025	-0.025	-0.062	-0.021
			설계유량(m ³ /sec.)	0.157	0.225	0.337	0.450	0.562	0.674	0.899	1.124
		상폭대비 저폭 (90%)	설계수위(m)	0.342	0.395	0.456	0.514	0.557	0.589	0.679	0.749
			총수위 (m)	0.510	0.584	0.714	0.838	0.927	0.988	1.161	1.281
		상폭대비 저폭 (60%)	수로잔고 (m)	-0.010	0.016	-0.064	-0.138	-0.177	-0.188	-0.261	-0.281
			총수위 (m)	0.517	0.591	0.724	0.850	0.941	1.003	1.179	1.300
	개 도 율 65%	상폭대비 저폭 (100%)	수로잔고 (m)	-0.017	0.009	-0.074	-0.150	-0.191	-0.203	-0.279	-0.300
			총수위 (m)	0.538	0.614	0.756	0.891	0.987	1.054	1.240	1.368
		상폭대비 저폭 (90%)	수로잔고 (m)	-0.038	-0.014	-0.106	-0.191	-0.237	-0.254	-0.340	-0.368
			총수위 (m)	0.538	0.614	0.756	0.891	0.987	1.054	1.240	1.368
		상폭대비 저폭 (60%)	수로잔고 (m)	-0.038	-0.014	-0.106	-0.191	-0.237	-0.254	-0.340	-0.368
			총수위 (m)	0.538	0.614	0.756	0.891	0.987	1.054	1.240	1.368

		구 분		50ha	100ha	150ha	200ha	250ha	300ha	400ha	500ha	
TY P E 6	개 도 율 65%	설계유량(m ³ /sec.)		0.157	0.225	0.337	0.450	0.562	0.674	0.899	1.124	
		설계수위(m)		0.342	0.395	0.456	0.514	0.557	0.589	0.679	0.749	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.418	0.481	0.571	0.657	0.719	0.765	0.890	0.982	
			수로잔고 (m)	0.082	0.119	0.079	0.043	0.031	0.035	0.010	0.018	
		상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.422	0.485	0.577	0.664	0.728	0.774	0.901	0.994	
			수로잔고 (m)	0.079	0.115	0.073	0.036	0.022	0.026	0.000	0.006	
	상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.436	0.501	0.599	0.692	0.760	0.809	0.943	1.041		
		수로잔고 (m)	0.064	0.099	0.051	0.008	-0.010	-0.009	-0.043	-0.040		
	TY P E 7	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)		0.160	0.232	0.347	0.463	0.579	0.695	0.926	0.741
			설계수위(m)		0.347	0.404	0.466	0.525	0.569	0.602	0.694	0.741
			상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.522	0.604	0.739	0.867	0.960	1.024	1.203	1.270
				수로잔고 (m)	-0.022	-0.004	-0.087	-0.167	-0.210	-0.224	-0.303	-0.270
상폭대비 저폭 (90%)			총수위 (m)	0.528	0.611	0.749	0.880	0.974	1.040	1.222	1.290	
			수로잔고 (m)	-0.028	-0.011	-0.099	-0.180	-0.224	-0.240	-0.322	-0.290	
상폭대비 저폭 (60%)		총수위 (m)	0.550	0.636	0.783	0.923	1.024	1.093	1.287	1.357		
		수로잔고 (m)	-0.050	-0.036	-0.133	-0.223	-0.274	-0.293	-0.387	-0.357		
개 도 율 65%		설계유량(m ³ /sec.)		0.160	0.232	0.347	0.463	0.579	0.695	0.926	0.741	
		설계수위(m)		0.347	0.404	0.466	0.525	0.569	0.602	0.694	0.741	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.425	0.494	0.587	0.675	0.740	0.787	0.915	0.974	
			수로잔고 (m)	0.075	0.106	0.063	0.025	0.010	0.013	-0.015	0.026	
	상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.429	0.499	0.593	0.683	0.749	0.794	0.927	0.986		
		수로잔고 (m)	0.071	0.105	0.057	0.017	0.001	0.004	-0.027	0.014		
상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.444	0.515	0.617	0.713	0.783	0.833	0.972	1.032			
	수로잔고 (m)	0.056	0.085	0.033	-0.013	-0.033	-0.033	-0.072	-0.032			

구 분		50ha	100ha	150ha	200ha	250ha	300ha	400ha	500ha		
T Y P E 8	개 도 율 40%	설계유량(m ³ /sec.)	0.164	0.241	0.362	0.482	0.603	0.723	0.964	1.205	
		설계수위(m)	0.354	0.416	0.480	0.541	0.586	0.621	0.691	0.764	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.538	0.631	0.774	0.910	1.007	1.076	1.206	1.334
			수로잔고 (m)	-0.038	-0.031	-0.124	-0.210	-0.257	-0.276	-0.306	-0.334
		상폭대비 저폭 (90%)	총수위 (m)	0.545	0.639	0.785	0.924	1.023	1.093	1.225	1.356
			수로잔고 (m)	-0.045	-0.039	-0.135	-0.224	-0.273	-0.293	-0.325	-0.356
	상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.568	0.666	0.822	0.971	1.077	1.151	1.290	1.428	
		수로잔고 (m)	-0.068	-0.066	-0.172	-0.271	-0.327	-0.351	-0.390	-0.428	
	개 도 율 65%	설계유량(m ³ /sec.)	0.164	0.241	0.362	0.482	0.603	0.723	0.964	1.205	
		설계수위(m)	0.354	0.416	0.480	0.541	0.586	0.621	0.691	0.764	
		상폭대비 저폭 (100%)	총수위 (m)	0.436	0.512	0.609	0.701	0.769	0.819	0.915	1.013
			수로잔고 (m)	0.064	0.088	0.041	-0.001	-0.019	-0.019	-0.015	-0.013
상폭대비 저폭 (90%)		총수위 (m)	0.440	0.517	0.616	0.710	0.779	0.829	0.927	1.026	
		수로잔고 (m)	0.060	0.083	0.034	-0.010	-0.029	-0.029	-0.027	-0.026	
상폭대비 저폭 (60%)	총수위 (m)	0.456	0.535	0.641	0.742	0.815	0.869	0.972	1.076		
	수로잔고 (m)	0.044	0.065	0.009	-0.042	-0.065	-0.069	-0.072	-0.076		

5. 표준기중선정을 위한 수로 및 수문(gate) 조사 결과

가. 수원공별 수해면적에 따른 분류

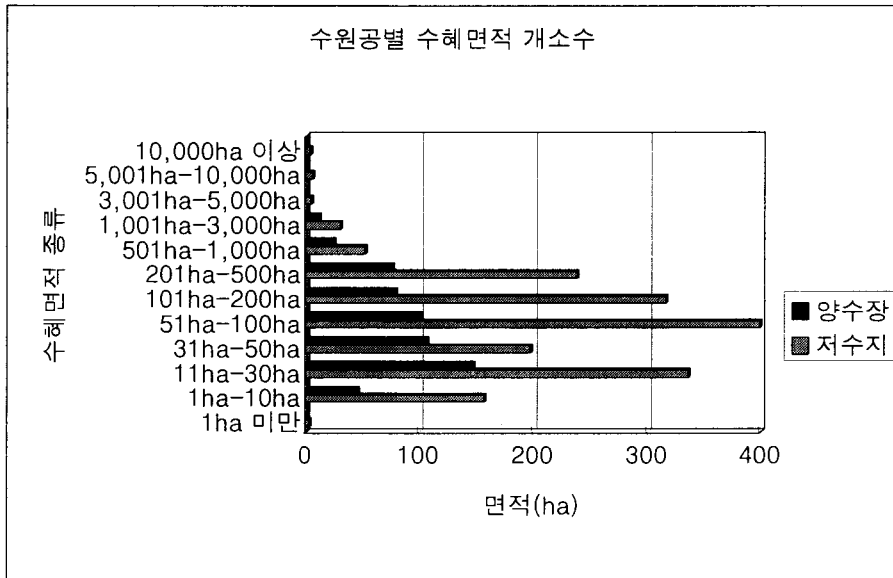
무동력 자동 수문의 표준기중을 선정하기 위한 방법으로서 각 포장마다의 특성에 의해 수로의 단면형태가 다르기 때문에 일률적인 표준화를 시도하기가 대단히 어렵다. 따라서 이러한 표준화를 시도하기 위하여 다음 두 가지 방법을 사용하였다. 첫 번째는 수해면적을 대상으로 양수장 지구와 저수지 지구로 나누어서 가장 많이 분포되어 있는 수해면적을 추출해 내고 이를 8개 타입으로 나누어서 기상자료를 사용하여 단위용수량을 계산하고 이를 기초로 실제로 수로설계를 위한 단면결정 및 설계유량 계산을 행하였다. 두 번째로는 농업기반공사의 수로 호형도와 비교를 하는 작업을 통하여 본 첫 번째 계산에 의해 산정된 수로의 크기가 적정한지를 비교 검토하였다. 이는 수문의 실용화를 위해서는 표준화가 가장 중요하며 표준화를 하기 위해서는 가장 널리 분포되어 있는 수로를 대상으로 우선할 필요가 있다는 것을 말한다. 다음에 우선 수원공별(저수지 및 양수장) 수해면적조사에 대한 데이터를 제시한 표 3.2과 그래프 3.1을 분석해 보면 우선 수해면적을 12개로 나누

표 3.1.2 수원공별 수해면적 현황

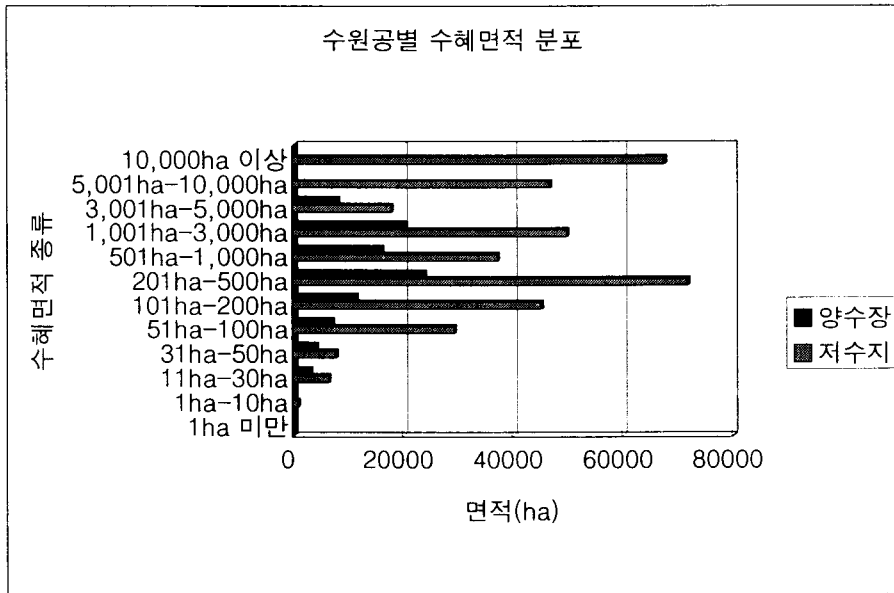
구 분	저수지		양수장	
	개소수	면 적 (ha)	개소수	면 적 (ha)
1ha 미만	3	2.0	0	0.0
1~10ha	157	898.2	46	334.7
11~30ha	336	6,433.6	147	3,067.2
31~50ha	197	7,739.9	106	4,083.4
51~100ha	399	29,148.9	101	7,119.2
101~200ha	316	45,085.8	79	11,429.3
201~500ha	238	71,617.5	76	23,629.4
501~1,000ha	52	37,076.9	25	15,942.0
1,001~3,000ha	31	49,796.1	12	20,259.5
3,001~5,000ha	5	17,742.7	2	8,071.6
5,001~0,000ha	6	46,608.9	0	0.0
10,000ha 이상	4	67,526.8	0	0.0
계	1,744	379,677.3	594	93,936.3

※ 2001년도 통계연보(농업기반공사)

어서 그 안에 집중되어 있는 개소수를 데이터로 사용하였다. 구분은 저수지지구와 양수장 지구로 나누어서 하였다. 우선 표와 그래프를 보면 두 수원공이 모두 11ha에서 500ha까지의 사이에 가장 많은 분포를 보이고 있다. 저수지 지구는 총 개소수 1,744개소 중에 1,486개소로서 전체의 약 85.2%를 차지하고 있고 양수장 지구는 총 개소수 594개소 중에 509개소로서 전체의 약 85.7%를 차지하고 있다. 저수지 지구와 양수장 지구를 합치면 총 2,338개소이며 이 두 타입을 합친 것 중에서 11ha에서 500ha까지의 개소수는 1,995개소로서 85.3%를 차지하고 있다. 이러한 데이터는 우선 우리나라에 존재하고 있는 농지의 규모가 개략적으로 11ha에서 500ha 사이에 많이 존재함으로 이 수혜면적에 관개를 하는 농업용 용수 간·지선의 크기도 지역별 특성에 따라 다르지만 그래도 어느 정도의 표준적인 크기 안에서 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 무동력 자동 수문의 표준기종을 선정할 때에도 이러한 우리나라의 수혜면적 종류별 개소수에 따라 산출된 대표면적에 의해 각 지역별 기상자료와 단위용수량을 갖고 수로단면을 설계하고 이를 분석·검토해야 한다.

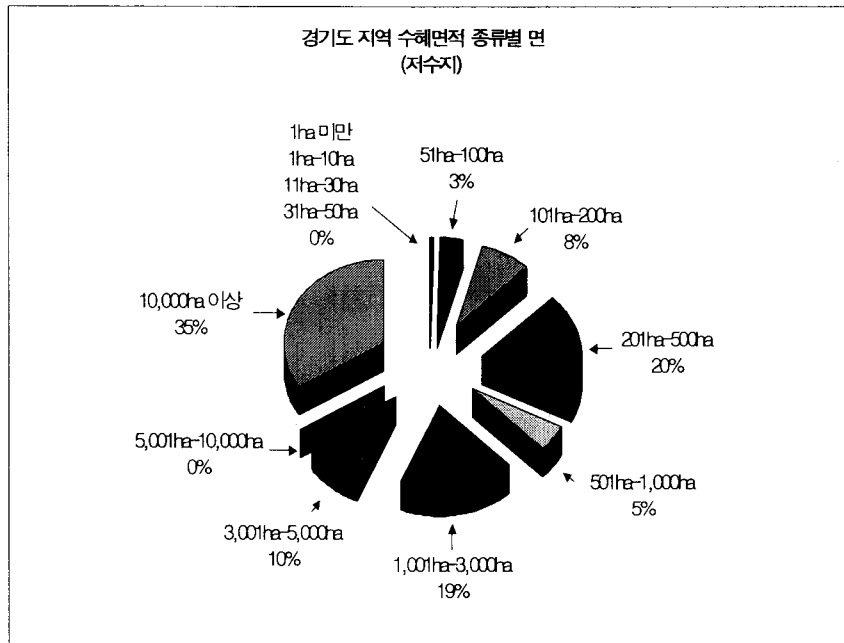


그래프 3.1.1 수원공별 수혜면적 개소수

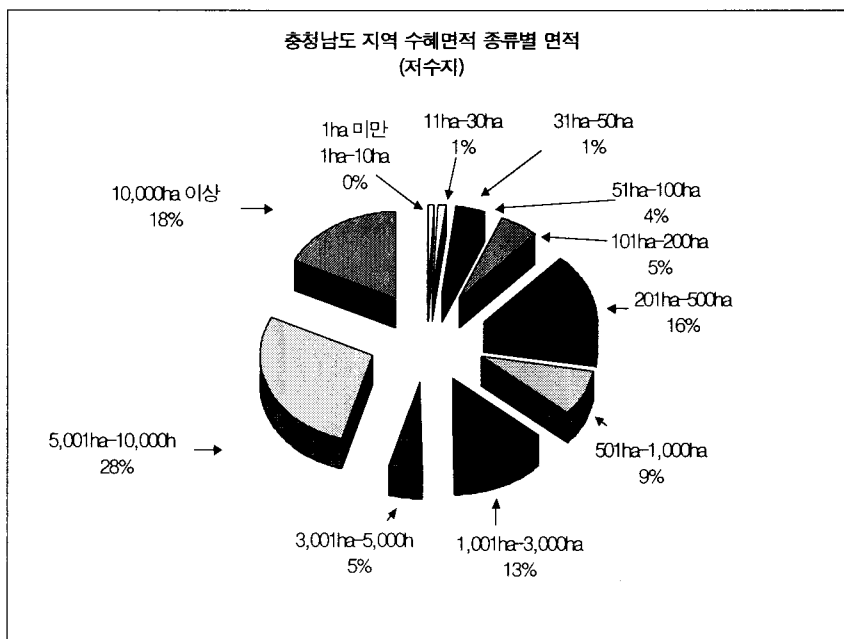


그래프 3.1.2 수원공별 수혜면적

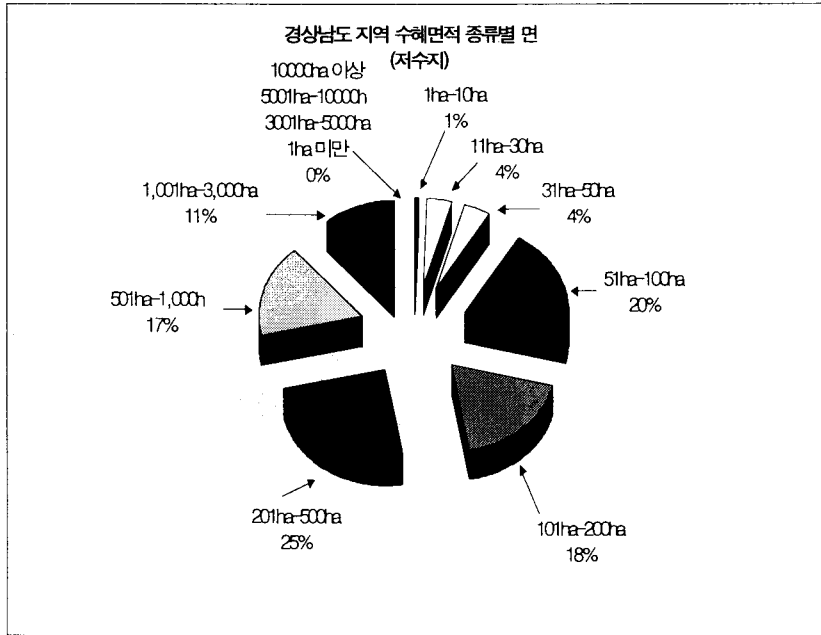
그래프 3.2에서는 우선 수혜면적이 10,000ha 이상의 대상은 저수지 지구에서 4개 지구에 불과하였지만 면적상으로는 67,526.8ha를 차지하여 전체 수혜면적의 17.8%를 차지하고 있다. 여기서 11ha에서 500ha까지가 전체 수혜면적 중 저수지 지구에서 차지하는 비율이 160,025.7ha로서 42.1%이고 양수장 지구에서 차지하는 비율은 49,328.5ha로서 52.5%이며 저수지와 양수장 지구를 다 합친 비율은 209,354.2ha로서 44.2%를 차지한다. 이는 11ha에서 500ha 사이의 수혜면적 단위가 가장 많은 비율을 차지한다는 것을 의미하며 또한 보통 무동력 자동 수문을 설치할 때는 수로 상류부 보다는 용수를 상류에서 어느 정도 사용한 후에 설계유량보다 적은 유량이 송수되어 오는 것을 상정하여 중·하류에 설치하는 경우가 많기 때문에, 다시 말하면 11ha에서 500ha 사이의 수혜면적으로 계산을 하였지만 20ha에서 1,000ha 사이의 수혜면적을 가진 용수로의 수로단면에 적용할 수 있다는 것을 의미한다고 할 수 있다.



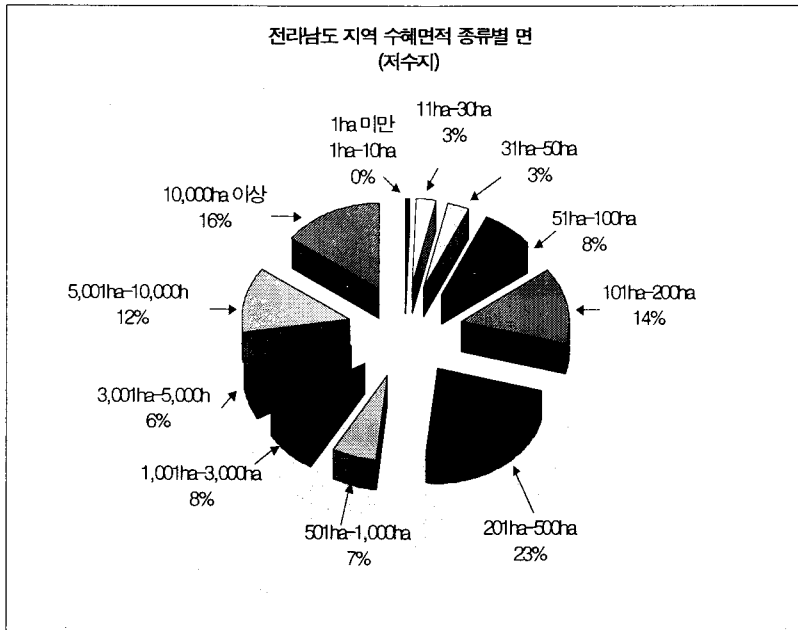
(a) 수해면적종류별 면적(TYPE1)



(b) 수해면적종류별 면적(TYPE 3)



(c) 수해면적종류별 면적(TYPE5)



(d) 수해면적종류별 면적(TYPE7)

그래프 3.1.3 수해면적종류별 면적(저수지 지구)

표 3.1.3 각 도별 수해면적 개소수 및 면적 상황

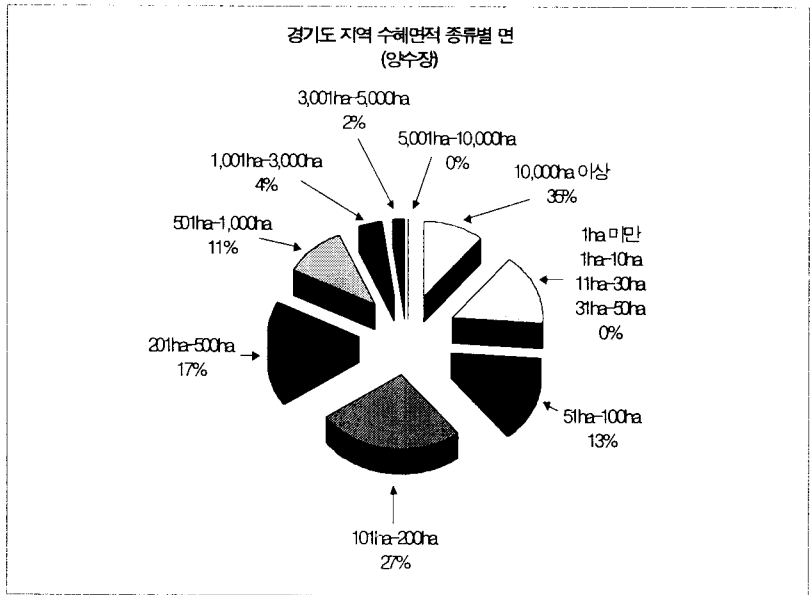
(단위 : ha)

지역		1 미만	1- 10	11- 30	31- 50	51- 100	101- 200	201- 500	501- 1,000	1,001- 3,000	3,001- 5,000	5,001- 10,000	10,000 이상	
TYPE 1	저수지	개소	0	3	4	4	17	20	25	3	4	1	0	1
	면적 (ha)	0.0	11.1	66.9	167.6	1,270.9	3,094.1	7,285.6	1,894.9	6,800.5	3,573.0	0.0	12,394.0	
TYPE 1	양수장	개소	0	0	5	7	6	12	8	5	2	1	0	0
	면적 (ha)	0.0	0.0	118.7	256.7	402.6	1,737.6	2,364.3	2,874.3	3,292.5	4,684.4	0.0	0.0	
TYPE 2	저수지	개소	1	2	3	6	15	14	18	1	1	0	0	0
	면적 (ha)	0.6	15.6	54.6	205.7	1,064.6	2,041.5	5,088.0	798.5	1,323.4	0.0	0.0	0.0	
TYPE 2	양수장	개소	0	0	4	4	3	3	1	0	0	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	0.0	79.4	158.1	173.7	461.9	280.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TYPE 3	저수지	개소	0	4	27	17	40	26	38	9	6	1	3	1
	면적 (ha)	0.0	23.6	558.2	665.2	2,953.8	3,666.6	11,024.3	5,948.5	8,945.4	3,341.7	18,732.2	12,177.4	
TYPE 3	양수장	개소	0	10	17	15	8	7	16	1	2	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	77.6	344.6	584.3	508.7	1,119.3	5,172.7	505.8	4,092.3	0.0	0.0	0.0	
TYPE 4	저수지	개소	0	1	5	8	40	37	11	4	4	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	3.0	88.7	303.9	3,068.2	5,447.0	4,169.3	3,481.2	6,837.1	0.0	0.0	0.0	
TYPE 4	양수장	개소	0	0	17	12	15	10	1	2	0	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	0.0	345.8	435.6	1,089.1	1,378.7	207.0	1,220.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TYPE 5	저수지	개소	0	35	60	33	86	42	26	7	2	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	197.3	1,143.8	1,343.3	6,233.9	5,694.8	7,436.7	5,331.0	3,476.2	0.0	0.0	0.0	
TYPE 5	양수장	개소	0	7	21	21	23	15	13	4	1	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	56.8	467.5	797.3	1,724.1	2,229.6	4,304.9	2,667.0	1,007.0	0.0	0.0	0.0	
TYPE 6	저수지	개소	2	24	52	29	54	54	31	7	7	1	0	0
	면적 (ha)	1.4	128.9	1,006.1	1,119.2	4,069.3	7,803.8	8,806.7	4,996.5	8,742.2	3,111.0	0.0	0.0	
TYPE 6	양수장	개소	0	17	54	22	19	16	16	5	3	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	111.5	1,150.3	867.9	1,335.6	2,198.5	4,711.0	2,860.7	5,681.2	0.0	0.0	0.0	
TYPE 7	저수지	개소	0	61	131	64	84	79	57	7	3	1	1	1
	면적 (ha)	0.0	365.3	2,472.9	2,507.2	5,954.3	10,941.0	17,131.3	5,036.1	6,469.6	4,488.9	9,462.8	11,443.7	
TYPE 7	양수장	개소	0	8	18	17	16	7	9	2	3	1	0	0
	면적 (ha)	0.0	59.8	330.2	694.1	1,136.3	1,061.2	2,769.6	1,294.3	5,043.8	3,387.2	0.0	0.0	
TYPE 8	저수지	개소	0	21	49	32	48	32	22	12	2	1	2	1
	면적 (ha)	0.0	118.2	919.9	1,271.8	3,423.7	4,767.6	7,667.4	8,078.3	4,608.1	3,228.1	18,413.9	31,511.7	
TYPE 8	양수장	개소	0	0	1	3	4	2	3	2	0	0	0	0
	면적 (ha)	0.0	0.0	22.2	103.3	244.9	277.8	779.2	1,482.5	0.0	0.0	0.0	0.0	

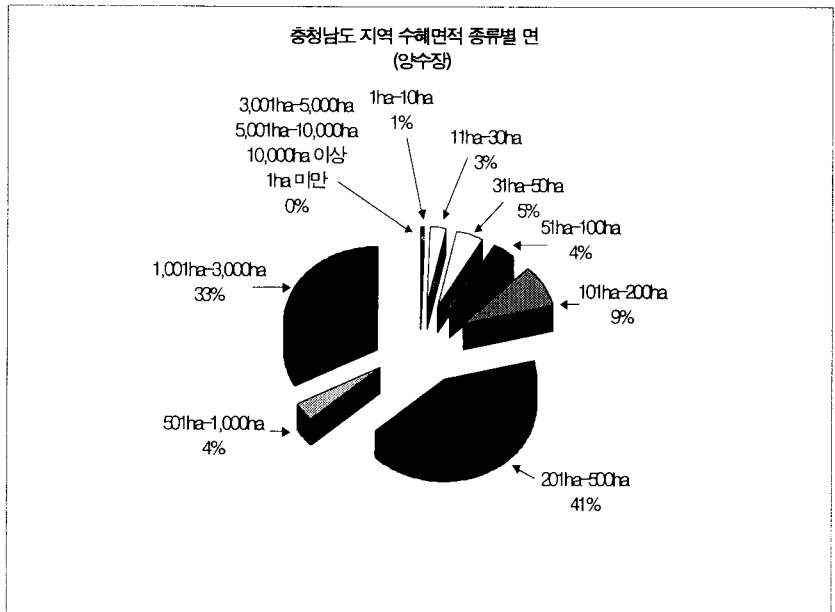
※ 2001년도 통계연보(농업기반공사)

다음으로 우리나라를 전체 8개 타입으로 나누어 각 타입별 수해면적 개소수와 면적을 조사하였다. 이는 지역적으로 수로단면 크기가 다르고 수로단면설계시 지역적 지형 및 기상특성도 고려하기 때문이다. 그래프 3.3은 대표적으로 TYPE1, TYPE3, TYPE5, TYPE7만을 수록하였다. 여기서 보면 저수지 지구 중 11ha에서 500ha까지의 수해면적을 갖는 면적을 보면 TYPE1은 전체면적이 4,879.9ha로서 32%를 차지하고 또한 TYPE3에서는 7,729.6ha로서 27%를 차지하고 있으며, TYPE5은 5,991.4ha로서 51%를 차지하고 있고 TYPE7은 9,523.4ha로서 71%를 차지하고 있다. 이러한 것은 대규모 평야부, 특히 간척지가 많은 곳에 11ha에서 500ha까지의 수해면적을 갖는 규모의 농지는 많지 않고 대부분 500ha 이상으로 대규모 농지를 조성해 놓았으며 이에 따라 수로의 단면도 커진다. 그러나 중산간 지역등에는 소규모 농지조성이 많기 때문에 500ha 이하의 농지가 많으며 이러한 농지에 관개를 하기 위한 용수로의 크기는 당연히 대규모 평야부 보다는 작을 수밖에 없다. 또한 저수지 지구의 특성상 지역 상류에 먼한 저수지는 산간부로부터 내려오는 경우가 많기 때문에 주로 중규모지구가 많이 존재함으로 11ha에서 500ha 사이의 수해면적에 관개를 하는 경우가 많다. 상기의 데이터로부터 알 수 있듯이 산간부가 많은 TYPE7의 경우에는 11ha에서 500ha 사이의 수해면적에 대한 면적비율이 높으며 대규모 농지조성이라든지 아니면 간척지가 발달되어 있는 TYPE3의 경우에는 그 비율이 대단히 낮게 나타난 것을 알 수 있다.

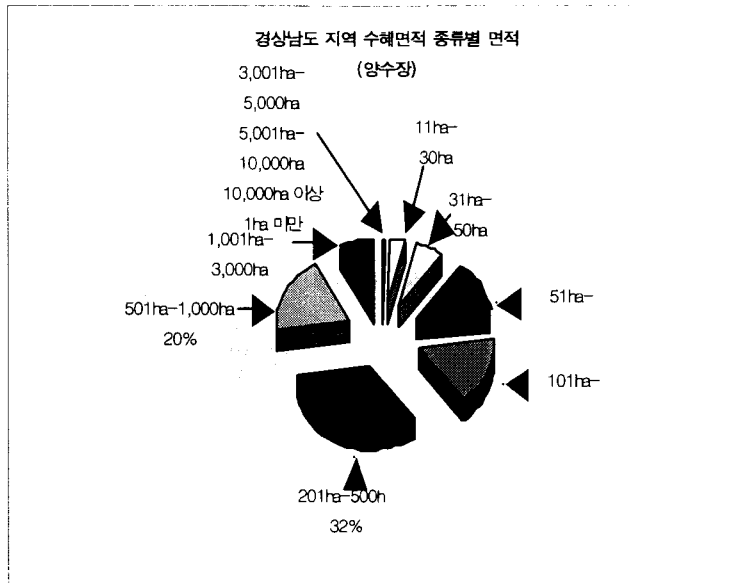
다음으로 양수장지구의 수해면적별 분포를 보면 11ha~500ha 사이의 면적이 TYPE1에서 전체면적 15,731.1ha 중 57%를 차지하고 TYPE3에서 전체면적 12,405.3ha 중 62%를 차지하며 TYPE5에서 전체면적 15,776.5ha 중 38%를 차지하고 TYPE7에서 전체면적 13,254.2ha 중 72%를 차지하는 것으로 나타났다. 이 결과는 그래프 3.1.3의 저수지 지구의 수해면적별 분포보다는 그 비율이 더 높게 나타났다. 결국 양수장 지구는 하천이나 담수호 등에서 용수를 양수하여 관개를 하는 지역적 특성을 감안하더라도 지역별 분포의 차이는 있으나 대부분이 500ha 이하의 관개면적을 대상으로 하고 있음을 알 수 있다. 따라서 수로의 크기도 대부분 500ha 이하의 관개면적에 송수를 하는 단면의 크기를 갖고 있음을 알 수 있고 이는 바꾸어서 말하면 무동력 자동 수문을 용수량이 부족해지는 간선 또는 지선 용수로의 중하류 이후에 설치를 한다고 하면 1,000ha의 관개면적을 가진 용수로에도 설치를 할 수 있다고 생각되어 진다. 따라서 이를 1,000ha의 수해면적에 대한 수로단면을 상정하여 비율을 다시 검토하면 11ha~1,000ha 사이의 수해면적의 분포는 TYPE1가 68%를 차



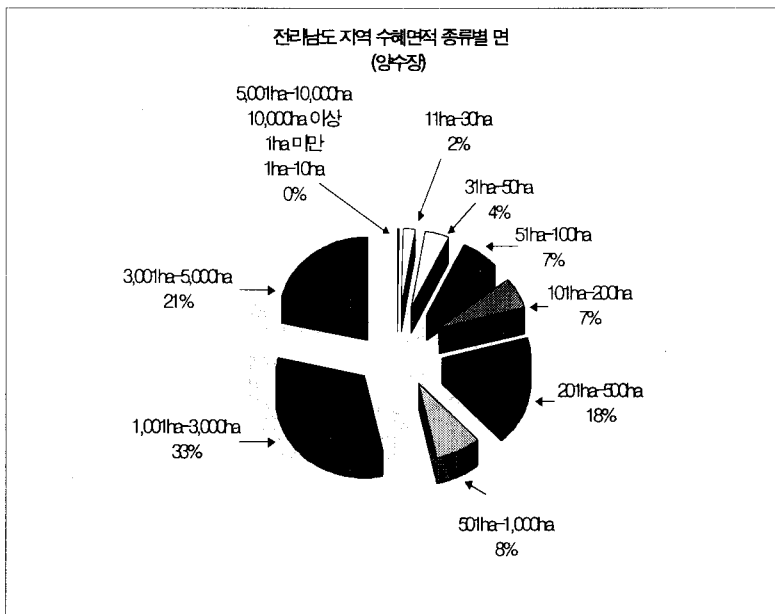
(a) 수해면적종류별 면적(TYPE1)



(b) 수해면적종류별 면적(TYPE3)



(c) 수해면적종류별 면적(TYPE5)



(d) 수해면적종류별 면적(TYPE7)

그래프 3.1.4 수해면적종류별 면적(양수장 지구)

지하고 TYPE3가 66%를 차지하며 TYPE5가 46%를 차지하고 TYPE7가 92%를 차지하는 것을 알 수 있다. 이는 지역별 지형상태를 감안하여 검토하면 우선 TYPE7는 대규모 농지 조성지구가 적다는 것을 나타내며 이러한 지역은 주로 수로의 경사가 급한 곳이 많다고 할 수 있다. 또한 TYPE5의 경우에는 대규모 평야부가 많이 존재하는 지역으로서 수로의 구배가 완만한 곳이 많다는 것을 알 수 있다.

나. 대표수로 선정에 의한 분석

다음은 가항의 결과를 기초로 수해면적별 수로단면의 크기를 결정하기 위하여 계획기 준년도의 최대용수시기에 단위면적에 대한 단위시간당 소요되는 계획용수량으로서 용수로 설계의 기준이 되는 설계용수량인 단위용수량을 계산하기 위하여 각 타입별로 대표적인 곳을 추출하여 이 지역의 기상대의 관측자료를 이용, 단위용수량을 계산하고 이를 토대로 수로단면설계를 행하였다.

이양재배 단위용수량(설계용수량)을 산정하기 위한 계산방법은 다음과 같다.

생육기별 최대용수량 산정을 위해 우선 씨래 용수량(Q_1)을 계산한다.

$$Q_1 = \frac{D_p}{8640 \times (1 - \frac{P}{100})} \quad (3.1.18)$$

여기서 D_p 는 이양용수심으로서 통상 140mm를 적용하며 P는 수로손실률로서 구조물은 10%, 토공은 10%~20%를 상정한다.

다음으로는 이양기의 관리용수량(Q_2) 산정으로서 다음식에 의해 계산을 한다.

$$Q_2 = \frac{E_t + P_t}{8640 \times (1 - \frac{P}{100})} \quad (3.1.19)$$

여기서 E_t 는 이양 및 물관리시기의 1일간의 증발산량(mm)이며 P_t 는 이양 및 물관리시기의 1일간 삼투량(mm)을 말한다.

다음으로는 이양기 최대 용수량(Q_3)을 계산하면 다음과 같다.

$$Q_3 = \frac{(n-1)/n \times (E_t + P_t) + D_p/n}{8640 \times (1 - \frac{P}{100})} \quad (3.1.20)$$

여기서 n은 이양일수이다. 주로 중부지방은 15일이며 남부지방은 20일 정도 책정한다.

다음은 본답기 최대 관리용수량(Q_4)의 계산으로서 다음 식을 이용한다.

$$Q_4 = \frac{E_{pt} + P_p}{8640 \times d \times \left(1 - \frac{P}{100}\right)} \quad (3.1.21)$$

여기서 E_{pt} 는 본답기 10일간의 최대 증발산량(mm)을 말하며 P_p 는 본답기 10일간의 삼투량(mm)을 말하고 d 는 본답기 관개기간을 말한다.

상기 식(3.18)~식(3.21)까지의 계산식을 이용하여 수해면적별 설계용수량을 산정하기 위하여 수해면적(관개면적 또는 물리면적을 의미)을 4단계로 나누어서 다음과 같은 식을 이용하여 계산을 한다.

첫 번째로는 수해면적이 5ha 이하 일때의 설계용수량 Q 는

$$Q = A_p \times Q_1 \quad (3.1.22)$$

여기서 A_p 는 관개면적이며 Q_1 은 씨래 용수량이다.

두 번째로 수해면적이 5ha에서 50ha 미만 일때의 설계용수량 Q 는

$$Q = 5.0ha \times Q_1 + (A_p - 5.0ha) \times Q_2 \quad (3.1.23)$$

여기서 Q_2 는 이양기의 관리용수량을 의미한다.

세 번째로 수해면적이 50ha에서 100ha 미만 일때의 설계용수량 Q 는

$$Q = (q_2 - q_1)/50ha \times (A_p - 50ha) + q_1 \quad (3.1.24)$$

여기서 q_2 와 q_1 은 다음 식으로 계산을 한다.

$$q_2 = 100ha \times Q_3 \quad (3.1.25)$$

$$q_1 = (5ha \times Q_1) + (45ha \times Q_2) \quad (3.1.26)$$

여기서 Q_3 는 이양기 최대용수량을 의미한다.

네 번째로는 수해면적이 100ha 이상 일때의 설계용수량 Q 는

$$Q = A_p \times Q_3 \quad (3.1.27)$$

따라서 수해면적이 100ha 이상일 경우에는 수해면적에 이양기 최대용수량을 곱한 값으로 설계용수량을 계산한다.

상기의 식(3.18)~식(3.27)까지를 이용하여 각각의 지역별 수해면적별(물리면적별) 설계용수량을 계산한 결과를 다음 표에 제시한다.

표 3.1.4 수해면적별 설계용수량(타입별)

(단위 : m³/sec.)

구분	TYPE1	TYPE2	TYPE3	TYPE4	TYPE5	TYPE6	TYPE7	TYPE8
50ha	0.15643	0.15816	0.15891	0.15973	0.15664	0.15873	0.16433	0.15982
100ha	0.20577	0.22377	0.22537	0.23131	0.22479	0.22920	0.24101	0.23149
150ha	0.33018	0.33566	0.33805	0.34696	0.33718	0.34380	0.36152	0.34724
200ha	0.44024	0.44754	0.45073	0.46261	0.44957	0.45839	0.48202	0.46299
250ha	0.55029	0.55943	0.56342	0.57826	0.56197	0.57299	0.60253	0.57874
300ha	0.66035	0.67131	0.67610	0.69392	0.67436	0.68759	0.72303	0.69448
400ha	0.88047	0.89508	0.90147	0.92522	0.89915	0.91679	0.96404	0.92598
500ha	1.10059	1.11885	1.12683	1.15653	1.12393	1.14598	1.20505	1.15747

※ 농업기반공사 제공 HOMWRS P/G에 의한 계산 결과

표 3.4에 의한 계산결과는 우선 지역을 각 대표기상대별로 나누어서 8개 타입으로 분할하였고 이를 50ha에서 500ha까지 8개 지배면적으로 분할하여 설계용수량을 계산하였다. 우선 각 타입별로 보면 설계용수량에 커다란 차이는 없으나 TYPE8가 동일 지배면적상 가장 큰 설계용수량을 나타내고 있으며 경기도와 TYPE6가 동일 지배면적상 가장 작은 설계용수량을 나타내고 있다. 따라서 수로의 표준단면 결정시 안전설계(safety design)를 고려한다면 TYPE8의 설계용수량으로 하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 설계용수량의 분포를 보면 우선 50ha 이하에서는 0.156m³/s 에서 0.164m³/s를 나타내고 있어서 약 0.008m³/s의 차이를 나타내고 있으며 51ha~100ha 이하에서는 0.205m³/s에서 0.241m³/s로서 0.036m³/s의 차이를 나타내고 있다. 또한 101ha~150ha 이하에서는 0.33m³/s에서 0.361m³/s로서 0.031m³/s의 차이를 나타내고 있고 151ha~200ha 이하에서는 0.44m³/s에서 0.482m³/s로서 0.042m³/s의 차이를 나타내고 있다. 그리고 201ha~250ha 이하에서는 0.55m³/s에서 0.602m³/s로서 0.048m³/s의 차이가 있으며 251ha~300ha 이하에서는 0.66m³/s에서 0.723m³/s로서 0.057m³/s의 차이를 보이고 있고 301ha~400ha 이하에서는 0.88m³/s에서 0.964m³/s로서 0.076m³/s의 차이를 나타내고 있으며 401ha~500ha 이하에서는 1.101m³/s에서 1.205m³/s로서 0.104m³/s의 차이를 나타내고 있다. 특히 수해면적이 커지면 커질수록 지역별 단위용수량의 차이는

커지며 이에 따라 동일 수해면적이라고 할지라도 수로단면의 크기는 차이가 난다. 따라서 표준기종을 선택하기 위해서는 우선 동일 수해면적에 대비하여 단면크기가 큰 것을 기준으로 선정하는 것이 좋다고 생각된다.

다음으로는 상기 표 3.4의 결과인 수해면적별 설계용수량을 기초로 수로의 단면결정을 하기 위해서는 다음과 같은 계산 수순을 행한다. 수로단면 계산을 하기 위한 기초적 자료로 설계유량 산정시에 수로손실율은 15%로 정하였고 토양침투량은 5mm, 최대담수심은 80mm, 최소담수심은 20mm, 용수로의 구배는 일률적으로 1/1,200로 하였다.

우선 용수로 단면설계를 하기 위해 수리상 유리한 단면을 결정하는데 여기서 수로경사 I, 단면적 A, 조도계수 n이 주어졌을 때 유량 Q를 최대로 흐르게 할 수 있는 단면을 수리학적으로 유리한 단면(best hydraulic section)이라고 한다. 여기서 수리학적으로 유리한 단면은 주어진 단면적으로 최대의 유량이 흐르는 단면형이므로 등류의 기본방정식인

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

에서 알 수 있는 바와 같이 수리평균심 R을 최대로 하든지 윤변 S를

최소로 하면 된다. 또 R을 최대로 하면 주어진 수로경사 I와 조도계수 n을 갖는 수로에서 최소단면적으로 일정한 유량의 물을 흐르게 할 수 있다. 이와 같은 단면의 이론적인 모양은 원형단면이지만 원형단면의 시공이 어렵기 때문에 일반적으로 구형단면이 많이 사용된다. 왼쪽의 그림 3.14에서 수로의 수심은 h, 수로 폭을 b라고 하면 통수하는 단면적은

$$A = bh$$

로 나타낼 수 있고 윤변 S는 통수되는 단면의 길이이므로 $S = b + 2h = 2h + \frac{A}{h}$ 로

나타낼 수 있다. 수리평균심은 통수단면적을 윤변으로 나누는 것에 의해 구할 수 있으므로

$$R = \frac{A}{S} = \frac{bh}{b + 2h}$$

에 의해 구할 수 있다. 또 통수유량 $Q = AC\sqrt{RI} = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$ 에서

$$\frac{\partial Q}{\partial h} = 2 - \frac{A}{h^2} = 0$$

가

된다. 여기서 $-A + 2h = 0$ 가 되므로 $bh + 2h^2 = 0$ 로 바꾸어 쓸 수 있다. 따라서 $b = 2h$ 이다.

즉 수로 폭은 수로의 수심에 2배가 되면 최적수로단면이 된다는 것이다. 위의 결과를 기초

$$R = \frac{2h^2}{2h + 2h}$$

로 수리평균심을 구하면 $R = \frac{h}{2}$ 가 된다. 결국 수

리평균심 R이 수심의 반이 되었을 때 수리학적으로 유리한 단면이라고 할 수 있다.

상기의 결과를 토대로 하여 용수로 단면의 수리계산을 행하는 수순을 나타내면

$$b = \left(\frac{R^{\frac{2}{3}} + I^{\frac{1}{2}}}{2nQ} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.1.28)$$

상기 식(3.28)에 의하여 수로 폭 b 를 구하며 이때 수로 폭은 5cm 간격으로 계산치보다 크게 상정하여 정한다. 이 때의 수로 수심 h 는 시산법에 의해 정한다. 이 때 수로 폭과 수로 수심이 정해지면 그 다음에는 수로의 통수단면적과 윤변 P , 그리고 평균수리심 R 을 계산하여 이를 토대로

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.1.29)$$

$$Q = AV \quad (3.1.30)$$

를 이용하여 유속을 계산하고 유량을 계산하여 설계유량과 비교 검토를 해서 유량이 같아질 때까지 반복 계산을 한다.

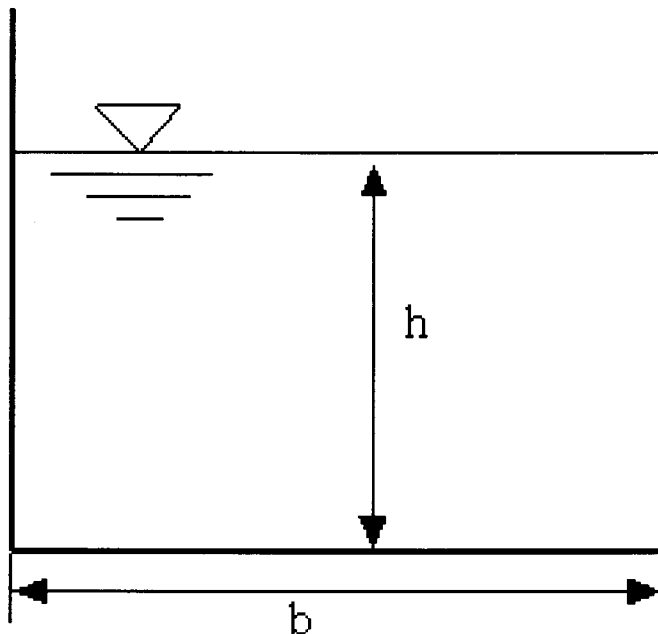


그림 3.1.20 구형단면 수로

또한 수로는 설계유량을 수로의 만수위로 정하는 경우에는 수문이나 수로의 굴곡부에

서 마찰에 의해 파고가 일고 이에 따라 수로 독 위로 물이 넘치는 월류 현상이 일어날 수 있다. 그러므로 반듯이 수로를 설계할 때에는 월류를 감안하여 여유고(F_b)를 상정하여야 한다. 따라서 상기의 식에서 정한 수로 폭과 수로 수심에 이하에 제시하는 여유고를 더하면 수로의 최적단면을 결정할 수 있다.

$$F_b = 0.07h + \frac{v^2}{2g} + 0.1 \quad (3.1.31)$$

따라서 여유고를 수로 수심에 더한 값에 5cm 간격으로 높이를 정한 것이 수로 높이이다. 여기서 수로의 월류유량을 판단하기 위하여 수로 높이에서 약 5cm 정도 낮은 높이를 가정하여 유속과 유량을 계산하면 최대통수시 유속과 유량계산을 할 수 있다. 즉 설계수로 는 최대통수시 유속에 의한 유량 이상을 통수시킬 수는 없다는 결론을 얻게 된다.

상기 식 (3.28)에서 부터 식(3.31)을 이용하여 계산한 결과를 아래 표 3.5에 나타내었다. 이 표를 보면 알 수 있듯이 50ha 미만의 수혜면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 0.75m×0.5m로서 지역별로 동일하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량은 0.226m³/s로서 설계유량의 138%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있으며 51ha~100ha 이하의 수혜면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 0.85m×0.6m로서 지역별로 차이가 있으나 가장 큰 값을 취하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 0.347m³/s로서 설계유량의 144%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있다. 또한 101ha~150ha 이하의 수혜면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 1.0m×0.65m로서 지역별로 동일하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 0.486m³/s로서 설계유량의 135%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있으며 151ha~200ha 이하의 수혜면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 1.1m×0.75m로서 지역별로 차이가 있으나 가장 큰 값을 취하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 0.676m³/s로서 설계유량의 140%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있다. 다음으로는 201ha~250ha 이하의 수혜면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 1.2m×0.8m로서 지역별로 차이가 있으나 가장 큰 값을 취하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 0.833m³/s로서 설계유량의 138%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있으며 251ha~300ha 이하의 수혜면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 1.3m×0.85m로서 지역별로 차이가 있으나 가장 큰 값을 취하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 1.01m³/s로서 설계유량의 140%

표 3.15 수해면적별 월류량 및 수로단면(타입별)

구분		TYPE1	TYPE2	TYPE3	TYPE4	TYPE5	TYPE6	TYPE7	TYPE8
50 ha	최대유량 (m ³ /sec)	0.226	0.226	0.226	0.226	0.226	0.226	0.226	0.226
	수로단면 (W×H)m	0.75×0.5	0.75×0.5	0.75×0.5	0.75×0.5	0.75×0.5	0.75×0.5	0.75×0.5	0.75×0.5
100 ha	최대유량 (m ³ /sec)	0.319	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347
	수로단면 (W×H)m	0.8×0.6	0.85×0.6	0.85×0.6	0.85×0.6	0.85×0.6	0.85×0.6	0.85×0.6	0.85×0.6
150 ha	최대유량 (m ³ /sec)	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486
	수로단면 (W×H)m	1.0×0.65	1.0×0.65	1.0×0.65	1.0×0.65	1.0×0.65	1.0×0.65	1.0×0.65	1.0×0.65
200 ha	최대유량 (m ³ /sec)	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.676	0.614
	수로단면 (W×H)m	1.1×0.7	1.1×0.7	1.1×0.7	1.1×0.7	1.1×0.7	1.1×0.7	1.1×0.75	1.1×0.7
250 ha	최대유량 (m ³ /sec)	0.761	0.761	0.761	0.833	0.761	0.761	0.833	0.761
	수로단면 (W×H)m	1.2×0.75	1.2×0.75	1.2×0.75	1.2×0.8	1.2×0.75	1.2×0.75	1.2×0.8	1.2×0.75
300 ha	최대유량 (m ³ /sec)	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	1.01	0.929
	수로단면 (W×H)m	1.3×0.8	1.3×0.8	1.3×0.8	1.3×0.8	1.3×0.8	1.3×0.8	1.3×0.85	1.3×0.8
400 ha	최대유량 (m ³ /sec)	1.210	1.210	1.21	1.21	1.21	1.21	1.269	1.21
	수로단면 (W×H)m	1.4×0.9	1.4×0.9	1.4×0.9	1.4×0.9	1.4×0.9	1.4×0.9	1.45×0.9	1.4×0.9
500 ha	최대유량 (m ³ /sec)	1.536	1.536	1.536	1.607	1.536	1.607	1.607	1.607
	수로단면 (W×H)m	1.5×1.0	1.5×1.0	1.5×1.0	1.55×1.0	1.5×1.0	1.55×1.0	1.55×1.0	1.55×1.0

※ 농업기반공사 제공 수로단면설계 P/G에 의한 계산

(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있다. 또한 301ha~400ha 이하의 수해면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 1.4m×0.95m로서 지역별로 차이가 있으나 가장 큰 값을 취하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 1.269m³/s로서 설계유량의 132%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있으며 401ha~500ha 이하의 수해면적을 가진 용수로의 설계단면은 수로 폭과 수로 높이가 1.55m×1.0m로서 지역별로 차이가 있으나 가장 큰 값을 취하며 수로가 통수할 수 있는 최대통수량도 1.607m³/s로서 설계유량의 133%(지역별 중 최대설계유량 기준)까지를 수로가 통수할 수 있다.

이상과 같이 50ha~500ha 사이의 수해면적을 8개 타입으로 나누어서 수로의 단면적을 계산한 결과 무동력 자동 수문이 가장 많이 쓰이는 규격으로서는 폭이 0.75m~1.55m이고 높이가 0.50m~1.00m 사이의 수문이 가장 널리 쓰이는 것으로 나타났다. 따라서 무동력 자동 수문의 규격도 상기의 수로 폭과 높이 사이에서 결정되며 이러한 규격이 앞으로 무동력 자동 수문을 실용화하는데 있어서 가장 널리쓰이는 표준적 규격이 될 것으로 판단된다.

다. 농업기반공사 수로 및 수문 호형도에 기초한 분석

다음으로는 나항에서 기술한 수해면적별 조사에 의한 수로단면크기 결정에 더해서 농업기반공사가 현재 설계하고 현장에 설치하기 위하여 작성해 놓은 수로호형도와의 비교·검토를 한다.

표 3.1.6 전국 구조물 용수로 현황(시·군+농업기반공사)
(단위 : km)

구 분	간 선	지 선	지 거
시·군관할	3,612	5,735	6,718
농업기반공사관할	8,858	8,718	8,312
총 계	12,470	14,453	15,030

※2002년도 농업생산기반정비사업통계연보(농업기반공사)

표 3.6에서 알 수 있듯이 현재 우리나라의 수로구조물 중 용수로만을 한정해서 보면

간선급 용수로 구조물은 총 12,470km이며 이 중 시·군관할이 3,612km로서 28.9%를 차지하고 농업기반공사 관할이 8,858km로서 71.1%를 차지하고 있으며 지선급 용수로 구조물 총 14,453km 중 시·군관할이 5,735km로서 39.7%를 차지하고 농업기반공사 관할이 8,718km로서 60.3%를 차지하고 있다. 또한 지거급 용수로 구조물 15,030km 중 시·군관할이 6,718km로서 44.7%를 차지하고 농업기반공사 관할이 8,312km로서 55.3%를 차지하고 있다. 이 표의 결과로부터 알 수 있듯이 전체 구조물 용수로의 55%~70% 이상을 차지하고 있는 농업기반공사형 수로에 본 무동력 자동 수문의 표준을 맞추는 것은 이후 시·군관할 구조물 용수로에 적용시 상당히 규격화된 수문을 제공할 수 있다는 측면과 수리시설물의 관리를 위한 규격화에도 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

다음으로는 농업기반공사 수리시설물 호형도를 두 가지 측면에서 검토해 보면 첫째로는 용수로 구조물의 크기에 대해 검토를 하고 두 번째로는 현재 수로에 적용하고 있는 수문 호형도에 관하여 검토를 행한다. 이는 기존의 수로에 무동력 자동 수문 적용시 수로의 특성을 미리 검토하여 수문 설치에 따른 영향을 검토할 수 있는 기본적인 검토수순을 행하기 위한 것이며 두 번째는 실제로 설계자가 수로에 무동력 자동 수문을 설계할 때 기본적인 설계자료를 제시함에 있어서 농업기반공사의 설계수순에 따라 수문설계를 하기 위함이다.

우선 첫 번째의 농업기반공사 구조물 용수로 호형도를 대상으로 검토해 보면 수로의 크기를 TYPE 1 ~ TYPE 20까지로 총 20개로 구분을 해 놓았다. 단면은 높이에 대해서는 구분을 해 놓았으나 수로너비에 관해서는 설계용수량을 기초로 한 수리계산에 의해 추출되는 너비를 사용하게끔 되어있다. 호형도의 특징은 높이를 0.1m 간격으로 하고 있으며 0.5m ~ 2.4m 까지의 규모를 수용하고 있다. 현재 본 무동력 자동 수문의 역할이 수로 내의 수위를 유지하는데 있기 때문에 기능적으로 보면 제수문의 역할을 하게 된다. 따라서 제수문 또는 방수문의 경우에는 주로 용수 간선급 및 지선급에 설치하는 경우가 많기 때문에 규모적으로도 비교적 분수문에 비해서 큰 것이 특징이다. 상기의 수해면적별 수로단면크기에서 나타난 결과에서 알 수 있듯이 0.5m ~ 1.0m 사이에서 가장 많이 분포되어 있고 규격도 대부분 0.05m 간격으로 구분되어 있기 때문에 농업기반공사 호형도를 기준으로 검토를 해도 수문 규격에 크게 벗어나지 않는 것을 알 수 있다. 호형도의 규모별 종류로서 보면 TYPE 1 ~ TYPE 6 안에서 분포되어 있고 수로너비에 관해서는 0.75m ~ 1.55m로서 수리계산에 의해 계산된 너비를 책정하면 된다. 수로너비를 호형도에서 규격화시키지

표 3.1.7 구조물 용수로 호형(농업기반공사 호형)

종 류	수로높이 (m)	현치 (가로×세로)	비고
TYPE 1	0.5	0.10m×0.10m	-
TYPE 2	0.6	0.10m×0.10m	-
TYPE 3	0.7	0.10m×0.10m	-
TYPE 4	0.8	0.15m×0.15m	-
TYPE 5	0.9	0.15m×0.15m	-
TYPE 6	1.0	0.15m×0.15m	-
TYPE 7	1.1	0.15m×0.15m	-
TYPE 8	1.2	0.15m×0.15m	-
TYPE 9	1.3	0.15m×0.15m	-
TYPE 10	1.4	0.15m×0.15m	-
TYPE 11	1.5	0.15m×0.15m	-
TYPE 12	1.6	0.15m×0.15m	-
TYPE 13	1.7	0.15m×0.15m	-
TYPE 14	1.8	0.15m×0.15m	-
TYPE 15	1.9	0.15m×0.15m	-
TYPE 16	2.0	0.15m×0.15m	-
TYPE 17	2.1	0.15m×0.15m	-
TYPE 18	2.2	0.15m×0.15m	-
TYPE 19	2.3	0.15m×0.15m	-
TYPE 20	2.4	0.15m×0.15m	-

※ 농업기반공사 구조물 용수로 호형도에 의거

않은 이유는 신규경지정리 후 수해면적 내의 작물 또는 수해면적 변화에 따른 수로의 재설계시에 있어서 수로용지매수등의 어려움에 따라 주로 수로 폭을 넓히는 것보다는 수로

의 높이를 높이는 것으로서 설계용수량을 늘리기 때문에 수로너비에 관해서는 탄력적으로 설계할 수 있도록 하기 위함이다.

두 번째로는 실제로 농업기반공사에서 수로에 설치할 수문을 설계할 때 참조하는 농업기반공사 수문 호형도에 따라 조사를 해 보면 다음과 같다. 본 호형도의 검토에 있어서 본래는 수문비의 토목부분과의 접합 및 권양기의 작동을 위해 수로고 및 수로 폭보다 크게 만들어야 하며 또한 크게 규격이 책정되어 있으나 무동력 자동 수문의 특성상 통수단면 내에 수문을 설치하기 때문에 본 조사를 위한 검토에서도 수문의 통수단면만을 고려하여 검토를 하였다. 그 결과를 아래 표 3.8에 수록하였다.

표 3.8의 수문 호형도에서 알 수 있듯이 수문(제수문 및 방수문)의 종류를 13개로 나누고 이를 설계수심에 따라서 다시 7개~11개로 나누어서 구분을 하였다. 여기서 수문의 높이는 0.9m~2.0m까지로 구분을 하였고 수문 폭은 0.9m~1.5m 까지로 하였다. 본 무동력 자동 수문이 가장 널리 쓰이는 규모로서 수문 높이가 0.5m~1.0m, 수문너비가 0.75m~1.55m 이기 때문에 본 수문 호형도(제수문 및 방수문)와는 약간의 차이- 제수문과 방수문은 주로 용수간선에 설치하기 때문에 일반적으로 수문의 규격이 큰 것이 특징임.-를 보이고 있다. 따라서 분수문의 호형도에서도 규격에 맞는 것을 찾는다면 농업기반공사의 수문 호형도에 맞추어서 설계를 행할 수 있다.

라. 표준기종 선정

상기의 나와 다항에 의거하여 향후 실용화를 전제로 한 수문의 표준기종을 설정하기 위해 우선 수혜면적별로 검토한 결과와 농업기반공사에서 정한 수로 및 수문의 호형에 따른 결과를 기초로 해서 도표로 정리하면 다음과 같다.

마. 제수문설치 지구조사 검토 및 소요량 조사

제수문은 간선이나 지선수로가 분기되는 지점에서 수문 상류의 수로수위를 일정하게 높이거나 유지시켜 수로로부터 공급되는 용수를 안정적으로 목적하는 곳까지 운반할 수 있도록 도와주는 역할을 하는 수문이다. 따라서 주로 간선급 및 지선급 용수로에 설치하는 것이 통례이며 수문의 규모도 일반 분수문과는 크기에서 차이가 있다. 또한 대부분 물관리를 하는데 있어서 제수문의 작동시 수위에 따라 분수문의 문비개도를 결정시켜 놓고 운영을 하는 곳이 많다. 이는 제수문의 역할이 물관리에 있어서 대단히 중요하다는 것

을 의미하며 제수문의 작동 및 운영이 물관리의 중추라고 할 수 있다는 것을 의미한다. 여기서 본 무동력 자동 수문은 인력의 도움없이 스스로 수문개폐를 조정(self controlled)하기 때문에 현재 보급되어 있는 수동식 제수문을 무동력 자동 수문으로 대체를 한다면 대단히

표 3.1.8 수문(제수문 및 방수문) 호형도에 의한 특성

구 분	통수단면 (폭×높이)	문비인양하중 (kg/cm ²)	설계수심 (m)
S- 9-1 ~ S- 9-11	0.9m×0.9m	575~1,517	0.8m~3.5m
S-10-1 ~ S-10-11	1.0m×1.0m	670~1,920	1.0m~3.5m
S-11-1 ~ S-11- 9	1.2m×1.0m	500~1,660	1.2m~2.9m
S-12-1 ~ S-12- 9	1.2m×1.2m	652~1,960	1.2m~3.0m
S-13-1 ~ S-13- 9	1.2m×1.4m	822~2,270	1.4m~3.1m
S-14-1 ~ S-14- 8	1.2m×1.6m	1,024~2,530	1.6m~2.6m
S-15-1 ~ S-15- 8	1.2m×1.8m	1,246~2,940	1.8m~3.0m
S-16-1 ~ S-16- 9	1.5m×1.0m	620~2,060	1.0m~2.9m
S-17-1 ~ S-17- 9	1.5m×1.2m	807~2,440	1.2m~3.0m
S-18-1 ~ S-18- 9	1.5m×1.4m	1,019~2,530	1.4m~3.1m
S-19-1 ~ S-19- 8	1.5m×1.6m	1,255~3,200	1.6m~2.9m
S-20-1 ~ S-20- 8	1.5m×1.8m	1,517~3,620	1.8m~3.0m
S-21-1 ~ S-21- 7	1.5m×2.0m	1,831~4,030	2.0m~2.8m

많은 부분에서 인력절감이 이루어질 것으로 판단되고 이에 따라 현재까지 이루어진 용수 공급형태-수로말단부까지 원활한 용수공급을 하기 위하여 수문 상류의 수압유지를 위한 추가용수공급을 해 온 형태-를 변화시켜 용수절감에도 기여할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 두 가지의 목적을 달성하기 위하여, 개발한 무동력 자동 수문의 향후 소요량을 예측하는 것은 이 개발수문문의 실용화에 있어서 대단히 중요한 요소이다. 이러한 무동력 자동

수문의 향후 소요량을 예상하기 위해서는 우선 농업기반공사의 지사를 대상으로 한 제수문 설치현황을 토대로 예측을 하는 것이 지금 현 시점에서 수문소요량을 예상할 수 있는 유일한 방법이다. 따라서 무동력 자동 수문의 설치기준을 용수로 구조물의 간선급 및 지선급에 한정시키고 이를 토대로 기존의 제수문 설치현황을 조사하면 다음과 같다.

표 3.10 에서 알 수 있듯이 농업기반공사 당진지사의 구조물 용수로는 간선급 연장이 191km이고 간선에 설치한 제수문이 88대로서 간선 용수로 2.17km 당 1대의 제수문이

표 3.19 무동력 자동 수문 호형규격

구 분	수문규격 (폭×높이)	설계수위 (m)
TYPE 1	0.7m×0.5m	0.41~0.50
TYPE 2	0.8m×0.6m	0.51~0.60
TYPE 3	0.9m×0.7m	0.61~0.70
TYPE 4	1.0m×0.8m	0.71~0.80
TYPE 5	1.1m×0.9m	0.81~0.90
TYPE 6	1.2m×1.0m	0.91~1.00
TYPE 7	1.3m×1.1m	1.01~1.10
TYPE 8	1.4m×1.2m	1.11~1.20
TYPE 9	1.5m×1.3m	1.21~1.30
TYPE 10	1.6m×1.4m	1.31~1.40
TYPE 11	1.7m×1.5m	1.41~1.50
TYPE 12	1.8m×1.6m	1.51~1.60
TYPE 13	1.9m×1.7m	1.61~1.70
TYPE 14	2.0m×1.8m	1.71~1.80
TYPE 15	2.1m×1.9m	1.81~1.90
TYPE 16	2.2m×2.0m	1.91~2.00
TYPE 17	2.3m×2.1m	2.01~2.10
TYPE 18	2.4m×2.2m	2.11~2.20
TYPE 19	2.5m×2.3m	2.21~2.30

표 3.1.10 농업기반공사 당진지사 수로 및 제수문 설치 현황

내 용	구조물 용수로	
	간 선	지 선
수로연장(km)	191	157
제수문(대)	88	364
규격 (높이×너비)	1.5m×1.2m	0.9m×0.7m

설치되어 있으며 지선급은 연장이 157km이고 설치한 제수문이 364대로서 지선 용수로 0.43km당 1대의 제수문을 설치하고 있다. 현재 무동력 자동 수문은 그 기능상 수로 상류부에서 용수를 사용하고 수로 중하류부에는 용수량이 적게 유입되어 수로 말단부에 용수공급이 어려운 점을 해결하기 위해 설치한다는 전제조건을 고려하면 무동력 자동 수문을 수로의 중하류부에서 설치한다고 가정하면 당진지사에서 필요한 무동력 자동 수문의 소요량은 간선급에서 44대이고 이는 간선 용수로 4.34km당 1대꼴로 설치한다는 계산이며 지선급 용수로에서는 182대로서 0.86km당 1대꼴로 설치해야 한다는 계산이 성립된다. 이를 농업기반공사 관할 전체 구조물 용수로의 간선과 지선급에 적용을 하기 위해 표 3.6 전국 구조물 용수로 현황에서 유추를 해보면 간선급 용수로가 8,858km로서 당진지사의 예를 적용하여 계산하면 총 2,041대의 무동력 자동 수문이 필요하며 지선급 용수로는 8,718km로서 10,137대의 무동력 자동 수문이 필요하다는 계산이 나온다. 이를 농업기반공사 관할 용수조에 더해 시·군관할까지로 확대하면 간선급 용수로가 12,470km로서 2,873대가 필요하고 지선급 용수로는 14,453km로서 16,805대의 무동력 자동 수문이 필요하다는 계산이 성립된다. 그러나 무동력 자동 수문의 특성상 통수량이 적은 곳, 시공상의 문제로 수로의 구배가 설계대로 되어있지를 않아서 통수가 곤란한 지역등에 설치를 하면 많은 효과가 있다고 판단됨으로 실제로는 상기 계산상의 소요량과는 차이를 보일 것으로 생각된다.

6. 수문 기능에 따른 용도 결정

농업용 수문을 농업용수를 최초로 공급받는 곳에서부터 최종적으로 다 사용하고 남

은 물을 바다로 보내는 곳까지를 상정하여 각 기능별로 구분하여 나누면 최상류로부터 취수탑(저수지), 취수문(하천), 제수문, 분수문, 방수문, 배수갑문등으로 나눌 수 있으며, 더 작게는 논의 각 필지에 물을 직접 공급하는 급수물꼬와 필지내 사용후의 물을 배수로로 보내는 배수물꼬도 일종의 수문에 해당되기는 하나 여기서는 순수하게 수로내에서만 작동하는 수문을 그 대상으로 하기 때문에 제외하기로 한다.

가. 수문의 기능별 특성

1) 취수탑 및 취수문

댐이나 저수지, 또는 하천에서 농업용수를 취수하기 위한 최초의 제어를 행하는 수문을 취수탑 또는 취수문이라고 한다. 이는 농업용수를 확보하기 위하여 물을 저장해 둔 댐 또는 저수지나 하천으로부터 용수를 취수하기 위하여 수문을 개폐하는 행위를 하게 되며 이러한 개폐행위는 작동상태에 따라 인력 또는 전동으로 한다. 보통 이러한 종류의 수문은 수압을 많이 받기 때문에 수문의 크기가 크거나 아니면 수문의 형태가 수압을 가장 적게 받을 수 있도록 하는 레디얼(방사)형 수문이 많은 것이 특징이다. 또한 작동도 주로 수문의 개폐에 많은 힘을 필요로 하기 때문에 전동식 수문이 대부분을 차지하고 있으며, 경우에 따라서는 홍수조절용으로서 부력식 자동 수문을 설치하여 저수지의 수위를 일정하게 유지시키는 수문도 있다.



사진 3.1.7 취수탑과 취수문

나. 제수문

제수문은 Check gate라고도 하며 주로 수로가 분기되는 지점에 설치되는 수문이다. 제수문의 설치목적은 간선수로나 지선수로에서 흐르는 용수를 분기지점에서 분기시킬때 적정량을 일정한 수위하에서 보낼 수 있도록 물을 막는 역할을 수행하도록 하는 것이다. 본 제수문의 조작은 농사를 짓는 시기에 집중적으로 행하여지며 현재 큰 간선수로의 경우에는 전동식 수문이 설치되는 상황이고 작은 지선급 수로에서는 수동식 수문이 널리 사용되고 있다. 제수문의 역할이 제수문 전방의 수위를 일정하게 유지시켜주는 것이기 때문에 현재 농업기반공사에서는 수위만을 스스로 일정하게 유지시켜 주는 무동력 자동 제수문의 개발을 행하고 있다. 이는 제수문 앞의 수위를 일정하게 유지시켜 주면서 분수문을 통하여 일정한 양의 용수를 상시 공급가능하게 하고 일정 수위 이상의 용수가 공급될 때에는 하류로 보내어 그 물을 제수문 하류에서 공급받을 수 있는 형태의 수문이다. 또한 일본에서는 Watchman gate라는 새로운 형태의 무인 무동력 자동 수문을 개발하여 실용화를 하고 있다. Watchman gate는 농업기반공사에서 개발하고 있는 무동력 자동 제수문과는 다르게 부력장치가 따로 설치되어 있어 설정수위를 부력장치가 감지하게 되면 개폐동작을 행하게 하는 구조로서 제작되어 있으며 본 수문의 커다란 특징 중에 하나는 수문의 개폐정도를 마음대로 조절할 수 있도록 무게추(Counter Weight)가 달려있는 것이다.

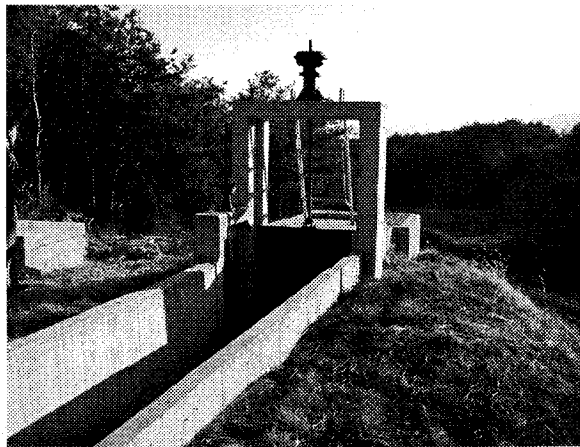


사진 3.1.8 제수문

다. 분수문

분수문은 통상 제수문 앞에서 분기되는 지점에 설치되는 수문으로서 간선이나 지선에서 용수를 취수하여 지선이나 지거로 물을 보내는 역할을 담당한다. 각종 수로의 크기상 제수문보다는 작은 것이 특징이며 제수문과 연동하여 운영을 한다. 보통 분수문은 수동식 수문이 많고 이를 제어감시인원이 용수사용시기에 수문의 개도를 적정히 정하여 운영하고 있다. 그러나 이 분수문의 경우 용수사용시기에 용수에 대한 농민의 불만으로 인하여 수문의 파괴한다든지 또는 수문개폐를 행하는 스펀들을 망가트려 놓는다든지 하는 일이 발생하곤 하는 수문이다. 또한 가장 빈번하게 개폐동작을 해야함으로서 운영 및 유지관리에 가장 많은 시간과 노력을 요하는 수문이기도 하다. 따라서 본 과제의 원격제어가 저비용으로 가능한 자동수문 개발의 목적이 바로 분수문의 개발을 뜻하며 가장 빈번하게 사용되고 유지관리에 가장 많은 노력이 필요한 분수문을 저비용으로 제작설치하여 관리운영하며 이를 진동화시켜 원격지에서도 감시·조작을 행할 수 있도록 하는 것이 개발의 방향이다.



사진 3.1.9 분수문

라. 방수문

수문의 역할 중 물을 외부로 보내는 대표적인 수문이다. 수로 내의 송수량이 월류

를 초래할 정도로 많을 때나 또는 집중강우와 같이 일시에 많은 물이 내려올 때 방수문 하류에서 초과유량에 따른 수로범람, 논 침수, 수리시설물 파괴와 같은 피해를 방지하기 위하여 물을 배수로나 하천으로 방류시키는 역할을 주로 행한다. 이는 비상시에 대비한 시설로서의 의미가 가장 크며 수문의 조작도 그리 빈번하지 않기 때문에 운영과 유지관리를 위한 노력이 다른 종류의 수문보다는 크게 들어가지 않는 수문이라고 할 수 있다. 수로 및 설정 방류량의 다소에 따라 수문의 크기가 달라지기 때문에 수동식과 전동식이 경우에 따라 병행하여 사용되고 있는 실정이며 이의 무인에 의한 관리와 무동력에 의한 개폐동작은 본 수문의 성격상 아직까지는 실현되고 있지는 않은 실정이다.

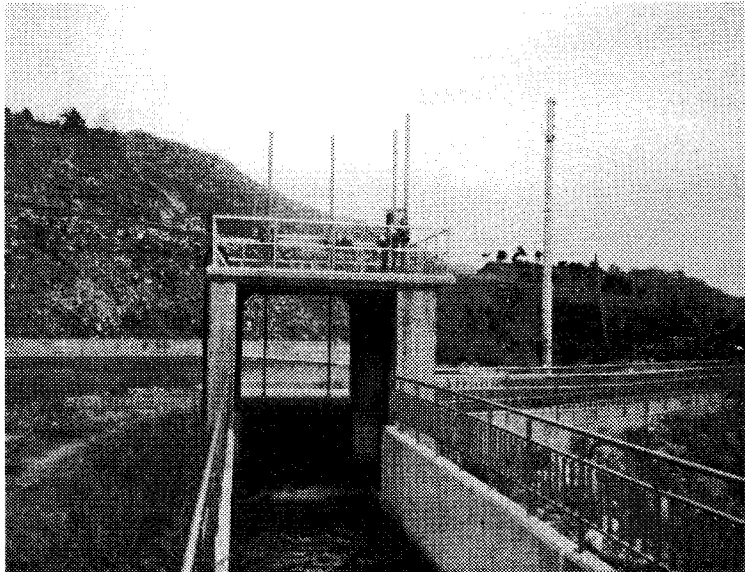


사진 3.1.10 방수문

마. 배수갑문

배수갑문은 농업용 수문 중 가장 말단에 위치한 것으로서 설치목적은 최종적으로 사용하고 남은 물을 바다로 방류하는데 있다. 설치목적의 성격상 수문의 크기가 장대하며 전동식이 대부분을 차지하고 있는 것도 하나의 커다란 특징이다. 프랑스의 경우에는 바다의 조수간만을 이용하여 무인 무동력에 의한 배수를 행하는 수문(AVIO or

AVIS gate)을 개발하여 사용하고 외국에도 판매를 하고 있는 실정이다. 본 배수갑문은 설치장소의 특성상 염분에 의한 부식이 많이 발생되기 때문에 재질의 선정과 부식방지를 위한 도장방법이 가장 중요하고 따라서 다양한 최신제작공법이 구사되기도 하는 수문이다.

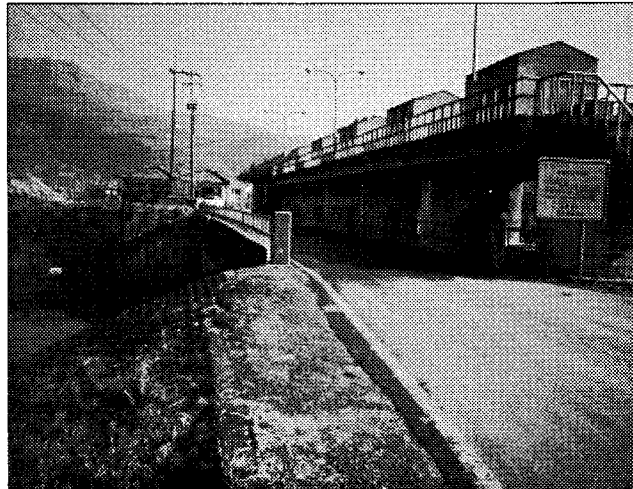


사진 3.1.11 배수갑문

나. 무동력 자동 수문의 용도 검토

1) 기능성에 의한 용도 검토

- ① 무동력 자동 수문은 기본적으로 수문 전방의 수위를 일정하게 유지시키는 것이 그 기능의 가장 중요한 점이다. 유럽에서는 도시와 도시 또는 도시 내의 물자수송을 위하여 역사적으로 오랜 기간 수로가 발달되어 왔고 통선을 위한 수문의 발달이 많이 진전되어 있다. 특히 무동력 자동 수문을 개발하여 사용하고 있는 프랑스의 경우에는 수로 내에서 통선을 위한 수위유지에 무동력 자동 수문을 적용하여 사용하고 있다. 우선 항상 수로 내에 일정한 수위를 유지함으로써 통선용 수문조작에 의한 수위증가나 감소의 시간을 단축시키고 수문 상류의 수위를 일정하게 유지함으로써 유량의 저류효과 및 홍수시 방재역할을 담당하도록 하고 있으며 또한 이탈리아의 경우에는 수문의 하류방향의 수위를 일정하게 유지시켜 주는 역할

을 하는 무동력 자동 수문을 배수갑문용으로 쓰는 경우도 있다.

- ② 우리나라의 경우에는 통선용 수로는 거의 없기 때문에 대부분 농업용 수로에서 사용을 하리라 예상되고 있다. 현재 우리나라 수로의 문제점을 확인해 보면 구배가 크고 연장이 장대하며 수원공에서 설계유량을 정확하게 다 보내는 경우가 많지 않다는 특징 하에 운영되는 경우가 많다. 따라서 수로와 수로가 분기되는 지점에서의 수위가 유량을 통수시키는데 대단히 큰 역할을 하게 되며 따라서 제수문이 설치되어 있는 경우가 많다. 이러한 제수문은 수동 또는 전동으로 운영되는데 수동인 경우에는 관리인이 목측으로 수위를 확인하고 조작을 행하며 전동인 경우에는 수위감지장치등이 구비되어 있어 원격 또는 현장에서 조작운영을 하고 있다. 그러나 이러한 수동 또는 전동 수문 경우에는 운영 및 관리인력이 소요되고 수문 운영을 위한 동력 및 장비설치의 비용이 많이 드는 단점이 있다. 따라서 이러한 무동력 자동 수문의 경우에는 인력과 감시제어장비가 필요없이 수위를 일정하게 유지시키며 그 외의 유량은 하류로 보내서 송수를 행하고 유량이 모자랄 때는 수문이 닫혀 있어서 유량을 저류시키기 때문에 분수문 하류의 제수문 역할로서 제 기능을 할 수 있다고 판단된다.

2) 작동성에 의한 용도 검토

본 무동력 자동 수문은 수로 내 수위와 수문비의 중량과 Balance Weight의 중량 및 수문비까지의 거리에 의해서 무동력 자동으로 개폐를 하는 것으로서 항상 빈번히 수문비가 움직이는 특성을 갖고 있으며 유량에 대한 응답성이 대단히 빠르다는 것을 알 수 있다. 이러한 수문은 수문 상류의 유황에 대단히 민감하며 수문 하류지역에 미치는 영향도 대단히 빠르다. 따라서 작동성에 의한 용도를 검토를 해보면 수로의 분기지점에 설치하는 것이 작동성에 기인하는 특성을 가장 잘 살릴 수 있기 때문에 제수문의 역할이 가장 적당하며 지거의 말단부인 유말공에 설치하여 지거수위를 유지함으로써 급수공으로부터 포장에 급수가 원활하게 될 수 있도록 하는데도 그 사용용도를 넓힐 수 있다.

7. 수문비 오물끼임현상 분석 및 대책

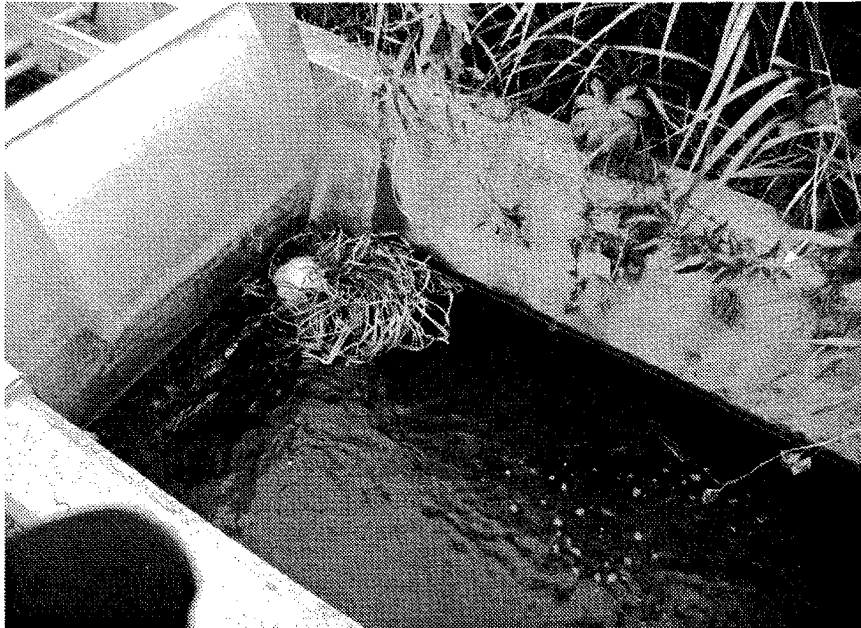
시험제작기 제1호부터 제3호까지 개발된 무동력 자동 수문은 프랑스 AMIL TYPE의 형태를 빌려온 것으로서 수문의 작동에 가장 이상적인 모양(수문비의 사다리꼴 모양과 레이

얼 형태)을 갖추고 있다. 이는 수문에 부력이 발생하였을 때 수문비를 들어 올려주는 부양력의 발생을 조속히 일으키며 일단 부력이 발생하여 수문이 들어올러지면 그 영향을 최대한 전달할 수 있도록 한 최선의 설계이다. 그러나 이러한 모양은 농업기반공사가 관할하는 농업용 수로의 모형에는 맞지를 않는다. 주로 사각형의 모양을 하고 있는 농업용 수로에 기계발 무동력 자동 수문을 설치하면 수문의 부력발생을 위한 수로의 수위까지 물을 저장하는데 어려움이 있으며-수문비의 양측면과 수로 측벽과의 사이에 틈새가 많이 벌여져 지수가 불가능하고 이에 따라 유량(설계유량)이 모자라게 통수되는 지역에서는 부력수위까지 물을 저장하는데 어려움이 큼- 이 틈새사이로 지푸라기나 기타 오물이 유속발생에 따라 빨려들어가서 수로 측벽과 수문비사이에 끼이면 수문비의 작동을 방해하여 결국에는 수문비가 통수장애물이 되어 수로범람등의 원인을 제공할 수 있다. 이러한 문제는 궁극적으로는 수문비의 모양을 어떠한 형식으로 변화시키든간에 항상 내재되어 있는 문제이며 수문비와 측벽사이에서 문제를 해결한다는 것은 불가능하다. 따라서 이하에서는 이러한 오물끼임현상을 분석하고 이에 대한 근본적인 대책에 관하여 논하기로 한다.

가. 수문비 오물끼임현상 분석

무동력 자동 수문은 인력의 도움 없이 수문의 개폐동작을 행하기 때문에 인력의 절감이 가장 큰 특징이며 장점으로 되어 있다. 그러나 인력에 의한 작동을 하지 않기 때문에 불시에 생겨나는 작동방해요인에 대해서는 취약할 수밖에 없는 것이 커다란 단점이기도 하다. 따라서 불시에 생겨나는 작동방해요인 즉, 수문의 작동불능상태를 야기하는 요인으로서 가장 큰 것은 수문비와 수로측벽 사이에 오물이 끼임으로서 개폐동작이 불가능하게 되어 결국에는 수문 상류의 수로범람을 초래하는 것이다. 이러한 오물끼임현상은 여러 가지 요인이 있으나 가장 큰 초래요인으로서 유속의 발생에 따른 오물의 수로측벽으로의 쓸림현상에 있으며 이러한 수로측벽으로의 오물쓸림현상에 따라 결국에는 수문작동불능상태를 불러일으키는 것이다. 이러한 현상을 염두에 두고 오물끼임현상에 대해 분석을 행하면 우선적으로 무동력 자동 수문을 운영하는데 있어서 가장 중요한 사항은 오작동에 의한 수로범람에 의한 피해이며 수문이 완전히 개방(수로고의 40%가 일반적)될 때에는 유량이 수문을 통하여 하류로 흘러가지만 수문이 완전히 개방되지 않고 극히 일부분만 개방되면 상류로부터 내려오는 유량이 수문 앞에서 축적되어 결국은 수문 상류부 수로에서 월류가 일어나게 된다. 이러한 월류는 논침수 및 수리시설물 파손등으로 연결되어 막대한 피해를

일으키는 원인이 된다. 이러한 피해를 일으키는 오작동의 주된 요인으로서 수문 측면에 오물이 끼이는 현상이다. 수문이 개방되면서 개방된 부위로 유속이 빠르게 형성되고 그 유속을 따라서 오물이 틈새로 빠져나간다. 이때 커다란 오물의 경우에는 빠져나가질 못하고 수문 앞에 떠 있고, 이 오물이 통수방해물이 되어서 다른 오물을 수문 앞에서 축적시키는 현상을 일으킨다. 이러한 현상이 반복되다가 수문 측면에 끼이면 수문이 전혀 작동을 하지 못하고 이에 따라 흘러들어오는 유량이 축적되어 수로범람이 일어나게 된다. 오물끼임현상의 메커니즘을 설명해 보면 수문측면에 끼이면 수문이 전혀 작동을 하지 못하고 이에 따라 흘러들어오는 유량이 축적되어 수로범람이 일어나게 된다. 오물끼임현상의 메커니즘을 설명해 보면 수문이 완전히 폐쇄되어 있을 때는 수문 앞에 수로의 정해진 수위에 다다를 때까지 물이 차오르다가 일정수 위에 다달아서 부력발생에 의해 수문이 열리기 시작하면 수문비의 하단 및 양측면에 틈이 생기며 그 틈 사이로 물이 빠져나가기 시작한다. 따라서 물이 빠져나가는 틈 사이로 유속이 발생하며 이에 따라 물 위에 떠 있는 오물이 이 유속에 따라 틈 사이로 몰려나간다. 일부는 틈 사이로 나아가서 수문의 하류로 흘러나가기도



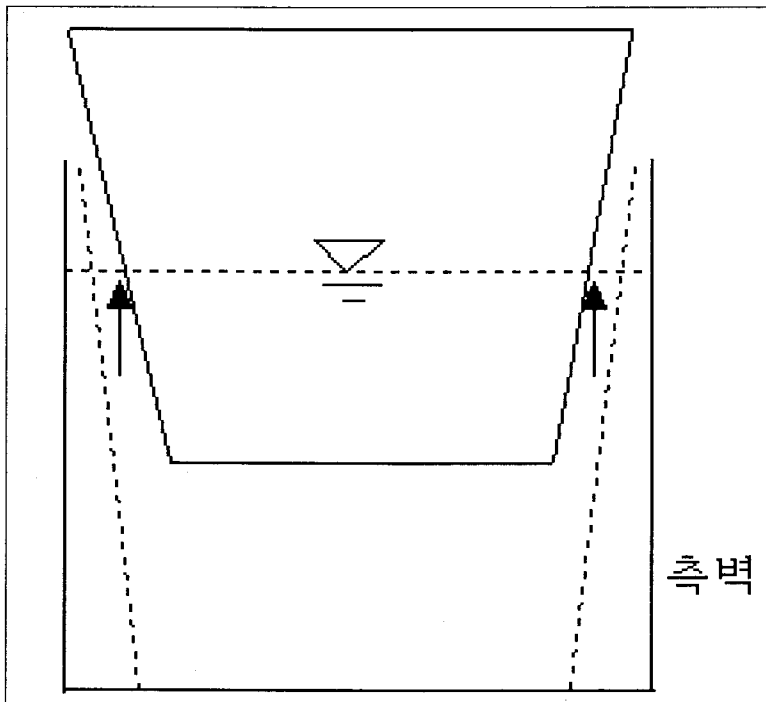
(a) 수문앞에 오물이 축적된 모습



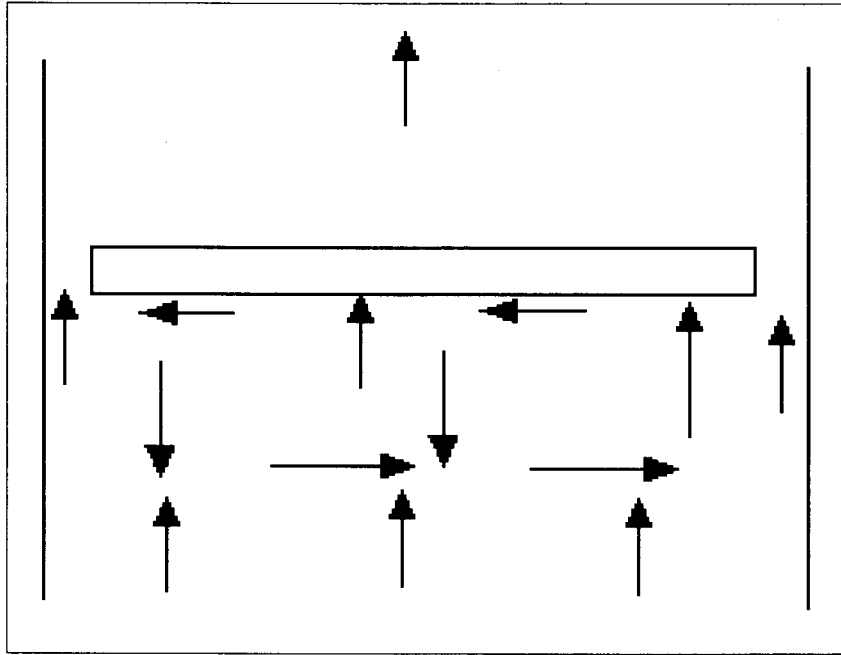
(b) 수문뒤에 오물이 축적된 모습
 사진 3.1.12 오물이 축적된 모습

하지만 일부는 틈사이에 끼어서 다른 오물의 통행을 방해한다. 이러한 현상이 장시간 반복이 되면 수문비와 측벽사이에 오물이 축적되어 수문비가 작동을 못하게 된다. 또 일부의 오물 특히 무거운 오물등은 수문 앞에 모여 있다가 수문비에 유수가 부딪히고 부딪힌 유수가 수문 하단부로 내려가면서 오물등을 끌어당겨 수문비 하단으로부터 오물이 통과되어 수문 하류쪽으로 흘러나가게 하는 경우도 있다. 이러한 모든 경우에 수문 하류로 흘러간 오물은 일단 수문 하류에서 수류가 빙빙도는 현상 때문에 일정시간 모여 있다가 다른 수류에 의해 완전히 수문 하류로 흘러 나간다. 경우에 따라서는 수로 옆의 토지에서 자라나는 풀등이 오물과 엉켜서 오물을 집적시키고 수문의 작동을 방해하는 경우도 많다. 이러한 경우에는 인력에 의한 오물처리를 해야한다. 그러나 반대로 생각하면 수문 하단부 및 측면에서 빠른 유속이 발생하기 때문에 오히려 작은 오물이 빠져나가는데는 유리한 조건이 될 수도 있다. 그러나 오물의 종류 및 크기가 워낙 다양하기 때문에 이들을 모두 제거하거나 아니면 중간에서 처리할 수 있도록 고안하는 것은 원천적으로 불가능하다. 아래 그림 3.21

에서 알 수 있듯이 수문비를 기준으로 상하류로 나누어서 유속 및 와류발생을 검토해 보면 유속은 수문 상류에서 전체적으로 발생을 하나 그 속도는 수문비 측면과 수문비 하단부에서 빨라지며 수문비를 상하류를 중심으로 해서 수문비의 중앙부에서 와류가 발생됨을 알 수 있다. 이러한 현상은 각 지점에서 발생하는 수류와 유속의 차이에 의해서 유속감소가 진행되고 이에 따라 각기 다른 유속에 의해 수류가 제자리에서 빙빙도는 현상이 발생하는 것이다. 이러한 현상에 의해 떠 밀려 내려온 오물이 하류로 진행하지 않고 모여있는 현상이 생기고 이에 따라 오물이 더더욱 집적되어 통수방해 및 수문비 작동방해 요인으로 작용을 하기도 한다. 이러한 현상은 유속증가에 따라 일정 시간 지속되다가 없어지지만 지속되는 시간동안에 통수방해 및 작동불가능하게 하여 수로범람등의 요인이 된다. 이러한 현상을 근본적으로 막기는 불가능하나 수문비와 수로측벽 사이에 오물이 끼이는 현상은 수문비의 지수부 구조개선에 의해 어느 정도 방지할 수는 있다. 이러한 방법을 소개하면 다음과 같다.



(a) 오물축적 위치



(b) 유속발생

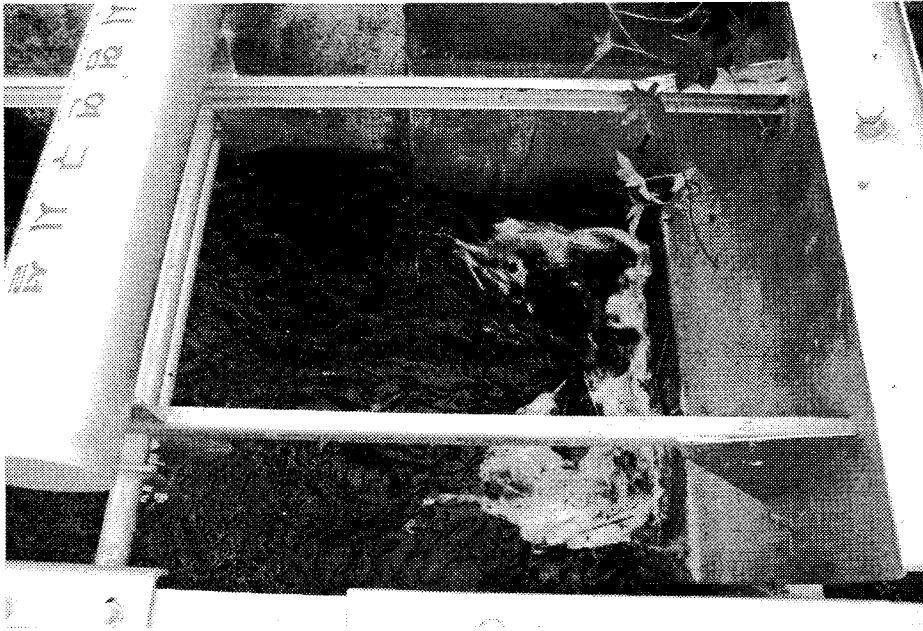
그림 3.1.21 오물끼임현상

우선 왼쪽의 그림 3.21과 사진 3.12를 보면 알 수 있듯이 수문비의 상류부분(용수가 유입되는 방향)에서 수문비와 수로 측벽사이에 오물유입방지판을 부착하여 오물이 틈사이로 유입되는 것을 근본적으로 차단한다. 여기서 무동력 자동 수문은 부력에 의해 수문개폐작동을 행하기 때문에 지수를 위한 마찰력(Friction)이 세면 셀수록 작동에 커다란 방해가 된다. 따라서 아주 부드러우면서도 자기형상을 보존할 수 있는 재질이 필요하다. 이 오물유입방지판은 자연스럽게 수문비에 부착을 시켜 수로측벽에 닿아서 수문개폐를 할 수 있도록 한 것이다. 물론 수문비 뒤쪽에도 원형 고무지수판이나 삼각형 지수판을 부착하여 2차 지수가 가능하도록 하였다. 이 결과 수문비와 수로측벽 사이의 틈새로부터의 오물유입과 끼임현상을 없앴다. 그러나 오물유입방지판은 용수가 유입되는 상황하에서는 지속적으로 움직이기 때문에 소재의 마모가 대단히 크다. 따라서 오물유입방지판은 어디까지나 소모품으로서 그 역할을 기대하기 어려울때에는 갈아끼는 것이 필요하다. 이 오물유입방지판에 대해서는 수문비와의 부착은 볼트로서 10cm 간격으로 연결시키고(volting) 수로측벽에 닿는 부분은 최소한 3cm 이상으로 하여야 한다. 이는 소재의 마모와 외부적인 충격에 의하여 오물유입

방지판이 파손되어도 소기의 목적을 달성할 수 있도록 하기 위함이다. 이러한 대책을 세워서 무동력 자동 수문을 운영해 본 결과 수면하로 가라앉은 오물은 수문비의 하단부를 통해서 수문비 하류로 흘러나가지만 수면 위로 떠있는 오물은 흘러나가지 못하고 그대로 수문비의 상류에 남아서 수류가 빙빙도는 현상에 의해 수문비 중앙에 그대로 돌면서 떠있는 상태가 된다. 이러한 오물은 결국에는 인력에 의해 처리를 하는 수 밖에 없다. 그렇다면 궁극적으로는 무동력 자동 수문의 상류부에 오물유입을 차단하는 시설(스크린 또는 체진시설)을 설치하여야 원활한 수문 작동을 기대할 수 있을 것이다. 왼쪽 그림 3.24는 프랑스의 Moex지방에 설치되어 있는 AMIL GATE 앞에 설치되어 있는 스크린에 대한 그림이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 부표식의 스크린에 약 45° 각도로서 수로측면에 장착되어 있어 자연스럽게 떠 내려온 오물이 수로 한 측면에 모이도록 하였으며 이는 보트나 아니면 인력에 의해서 처리하도록 되어 있다. 물론 스크린 밑으로 가라앉은 오물에 대해서는 그 기능을 다 할 수 없지만 이러한 오물들은 마찬가지로 무동력 자동 수문의 하단부가 열려 있기 때문에 자연스럽게 수문의 하류로 흘러나간다. 무동력 자동 수문의 하단



(a) 오물이 떠있는 모습



(b) 오물이 빠진 모습

사진 3.1.13 오물이 빠지는 모습

부가 열려있기 때문에 자연스럽게 수문의 하류로 흘러나간다. 무동력 자동 수문의 수문비 자체에 오물유입방지판을 설치함과 동시에 대부분의 오물을 제거할 수 있는 스크린등의 설치는 무동력 자동 수문을 설치하여 운영하는데 있어서 대단히 중요한 사항이라고 사료된다.

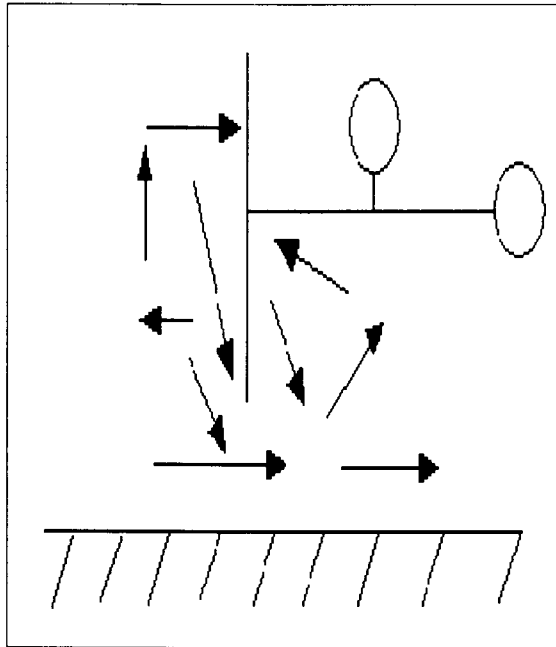


그림 3.1.22 측면유속발생

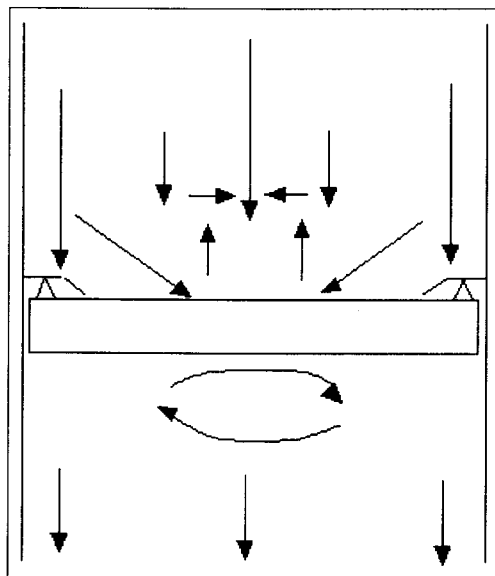


그림 3.1.23 오물유입 방지대책

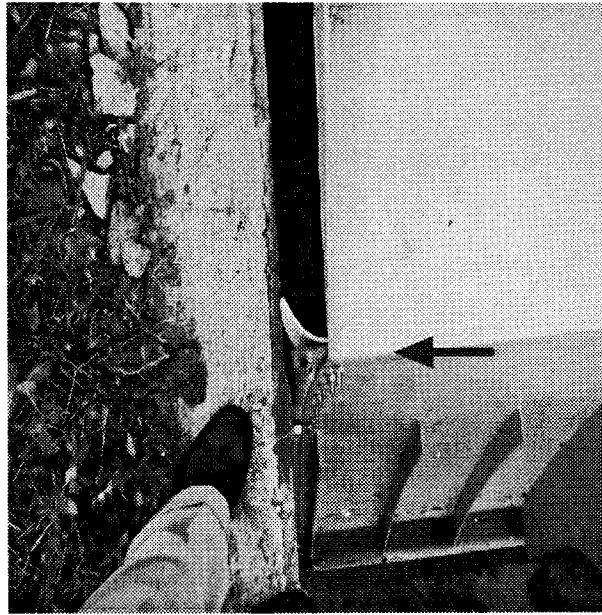


사진 3.1.14 오물유입방지대책

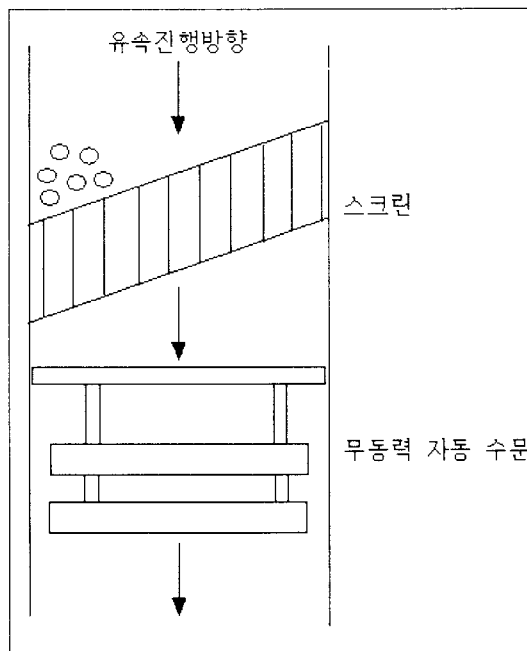


그림 3.1.24 스크린(프랑스)

8. 수문의 부식현상과 피복(coating)

농업용 수로 및 댐, 배수갑문 등에 설치되어 있는 수문은 용수를 배분, 저장, 방류하는 기능을 하는 것으로서 물관리에 있어서 가장 중요한 역할을 담당한다. 그러나 이러한 중요한 역할을 하는 수문이 마모나 부식현상에 의해 본래 갖고 있던 내구수명을 다 채우지 못하고 작동할 수 없게 된다면 그 손해는 경제적인 것뿐만이 아니라 실제적으로 농업활동에 커다란 영향을 미친다. 이러한 수문의 내구수명을 연장시키기 위한 방법으로서 부식현상을 정확히 알고 이를 방지할 수 있는 운영방법을 택하며 또한 근본적으로 부식이 일어나지 않도록 하기 위하여 가장 효과적인 피복방법을 찾는 것도 중요한 사항이다.

가. 수문의 부식현상

농업용 수로 및 댐, 배수갑문 등에 설치되어 있는 수문 운용에 있어서 수문 운용을 방해하는 요인으로서 수문 모재의 마모 및 부식이 있다. 마모는 수문이 작동함으로써 수문의 모재 및 피복부위가 닳는 현상으로서 만약에 피복부위가 닳는다면 이 부위를 통해서 부식작용이 일어날 수 있으나 현재 보급되어 있는 수문의 대부분은 작동시 수문 프레임과 마찰을 일으키는 지수부는 철강이 아닌 다른 재질, 즉 고무나 폴리에틸렌 등으로 되어 있는 경우가 많아서 직접 부식현상을 초래하는 경우는 거의 없다. 다음으로는 직접 부식현상에 의해 수문의 모재(철강)가 부셔지는 경우로서 부식현상에 대해 수문을 제작하고 운영하는 자는 기본적인 지식을 갖고 있어야 수문의 내구수명을 연장시킬 수 있다. 부식현상이란 금속이 어떤 환경에 존재하면 그 환경 중에 존재하는 물질과의 사이에서 일어나는 화학적 또는 전기 화학적인 반응에 의해 손상되는 것이다. 부식현상에 의해 손상되는 금속재료가 환경성분과 화학반응을 일으키기 위해서는 금속결합의 가전자(價電子)를 제거해야 한다. 이 반응을 통해서 금속이 산화되어 그 특성 일부 또는 전부를 상실한다. 금속은 다음의 두 가지 반응을 한다 즉,

① 양극(ANODE)반응으로서 금속이 이온화되는 반응(산화반응)

② 음극(CATHODE)반응으로서 전자를 수용하는 반응(환원반응)

이 있으며 이 두 가지 반응은 각각 독립적으로 이루어지는 것이 아니라 반드시 상호 유기적으로 반응한다. 여기서 금속의 전위는 그 금속이 놓인 환경이 변화하여도 다른 값을 나타낸다. 예를 들면, 같은 철이라도 콘크리트 속에 있으면 높은 전위를 나타내고 점토 속에 있으면 낮은 전위를 나타낸다. 전위에 영향을 주는 주요 요인으로는

- ① 액체의 종류가 다를 때
- ② 액체의 농도가 다를 때
- ③ 온도가 다를 때
- ④ 산소량이 다를 때 등이다.

이러한 것을 참조로 하여 부식의 기구를 조사해 보면 다음 3가지 요소가 함께 될 때 부식이 시작된다는 것이 알려져 있다.

- ① 전해질 존재 (토양, 단수, 해수)
- ② 전위차 존재 (음극 - 양극)
- ③ 양극 - 음극을 연결하는 도선 존재 등이다.

그러므로 부식을 정지 또는 방지시키려면 위 3가지 중 어느 하나를 제거하면 된다. 부식을 방지하기 위한 방법으로는 전기방식과 도장방식이 있으나 도장방식은 다음에 기술하기 때문에 상식적인 전기방식을 설명하면 전기방식(Electro-chemical Protection)은 양극방식(Anodic Protection)과 음극방식(Cathodic Protection)으로 분류되며 Anodic Protection은 금속을 수동태로 유지하는 방법이고 일반 금속에 적용할 경우 경비가 많이 소요되고 어떤 범위를 넘어서면 도리어 부식이 조장되고, 효과적으로 적용할 수 있는 금속과 전해액이 제한되어 있는 등의 이유로 적용되는 예가 극히 적다. 반면 Cathodic Protection은 자연 상태에서의 습식이 일어나고 있는 곳에는 경제적으로 적용할 수 있을 뿐만 아니라 그 효과가 확실함으로 많이 사용된다. 따라서 전기방식이라 하면 Cathodic Protection을 지칭하는 경향이 있다. 배류법도 전기 방식의 일종이다. 이 Cathodic Protection은 희생양극식(Sacrificial Anode Method)과 외부 전원식(Impressed Current Method)으로 구분된다. 희생 양극식(Sacrificial Anode Method)은 방식 대상체 (배관, 탱크, 강관파일등)의 전위보다 더 낮은 전위를 갖고 있는 금속(양극이라 함)을 대상물과 연결하면 두 금속 사이의 전위차에 의해 전류가 흐르게 되는데 이 전류가 방식 전류이며 희생 양극법에는 전원 공급이 불필요하며, 사용 양극으로는 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 알루미늄(Al)등이 있다. 또한 외부 전원식(Impressed Current Method)은 직류 전원의 (+) 단자에 양극을 연결하고,(-) 단자에 방식대상 금속 (음극)을 연결하여 강제적으로 양극에서 음극으로 방식 전류를 전해질을 통해서 공급하는 방식이다. 외부 전원식 양극에는 H.S.C.I(HIGH SILICON CAST IRON), Graphite, Anodeflex, Pt-Ti, Pb-Ag, 귀금속 산화(MMO) 양극 등이 있다. 전기방식의 효과 및 경제성은

- ① 도장이 불가능한 환경이나 피 방식체의 미세한 부분에 이르기까지 방식 전류가 유입되므로 피 방식체의 전면에 대해서 완벽한 효과를 얻을 수 있고
- ② 구조물, 공장 설비, 기기 등의 신설, 기설을 막론하고 전기 방식법을 시행함으로써 즉시 부식이 정지되어 피방식체를 완전 방식된 상태로 유지시키며
- ③ 도장, 도금 등을 시행한 피 방식체가 부식이 상당히 진행되었을 때 전기방식법을 시행하면 즉시 부식이 정지되며 방식의 상승 효과를 얻을 수 있다.

나. 수문의 피복(coating)

농업용 수로에 용수배분을 위해 설치한 수문의 재질 및 도장의 특징을 살펴보면 1년 중 농사시기에는 물 속에 수문이 잠겨 있고 농사시기 이외에는 대기에 그대로 노출되는 특징을 갖고 있으며 이는 우리나라와 같이 4계절의 온도변화가 뚜렷한 경우에 있어서 여름의 높은 온도와 겨울의 낮은 온도에 대한 반복노출과 나지에 설치되어 있기 이유로 태양광에 오랫동안 노출되어 있기 때문에 수문의 도장부분이 모재와 떨어짐 현상에 일어나고 이러한 현상은 주재료인 철강의 산화작용에 초래하여 수문이 부식이 된다. 수문의 부식에 대한 특징은 한 지점에서 도장이 모재와 떨어짐 현상을 초래하여 철강이 그대로 대기 중에 노출되고 이에 습기가 닿아서 부식작용을 일으키고 이 부식은 점점 옆으로 퍼져가서 급기야는 수문 전체에 내부적으로 부식을 일으키게 된다. 부식현상이 진행되면 이러한 수문의 부식을 방지하기 위하여 피복(coating)을 시켜놓은 도장의 상태가 수문의 내구수명을 결정짓는 중요한 요인이다. 현재까지의 수문에 대한 도장을 살펴보면 일반 수문의 경우에는 방수 페인트나 Epoxy와 같은 가장 기초적인 도장을 하거나 아니면 아연 Galvanizing등을 이용하여 수문 표면에 대한 도장을 행하고 있다. 또한 바닷가에 설치하는 배수갑문의 경우에는 염분에 강한 중방식 도장을 사용하는 경우도 있으나 이는 극히 제한적인 도장방법이다. 여기서 방수 페인트는 열에 대해 대단히 약하기 때문에 피복을 시킨 후 1년 정도가 지나면 모재(수문비 재료)와 피복과의 사이에서 떨어짐 현상이 일어나 피복에 벗겨지고 그곳에서부터 산화(부식)가 시작되어 수문 전체로 전달되고 이에 따라 부식에 의한 수문의 파손이 시작된다. 이는 Epoxy도장에 있어서도 마찬가지 현상을 발견할 수 있으며 특히 부식에 강하다는 아연 Galvanizing에 대해서도 조사를 해보면 우선 초산에 모재(수문, 철강)를 넣어서 산화된 찌꺼기 등을 제거하고 그 후에 700℃를 용융된 아연에 모재를 넣어서 얇은 막을 입혀 꺼내고 이를 식힌 후에 도장을 완성시키는 방법이지만 이것도 상기의 폐

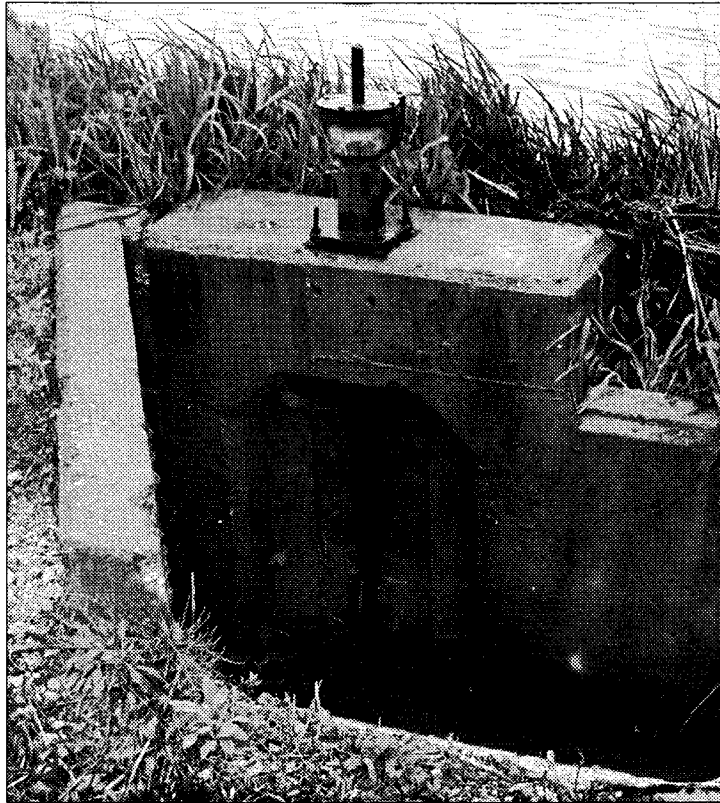


사진 3.1.15 부식이 진행되어 손상된 수문

인트나 Epoxy도장과의 마찬가지로 열에 대해 약하다. 특히 외부로부터의 강한 충격 등이 가해지고 그 때의 기온상태가 차가우면 아연과 모재(철강)의 떨어짐 현상을 가속되어 쉽게 부식을 발생시킬 수도 있다. 이는 수문 설치 후 유지관리비용을 생각하면 효율성과 경제성이 대단히 떨어지는 도장방식으로서 한 번 설치하면 내구수명이 다 할 때까지 재도장의 필요가 없는 방식의 채택이 농업용 수문에도 적용되어야 한다는 당위성을 갖게 한다. 따라서 본 연구에서 개발되는 수문은 최소한 10년 이상 재도장의 필요성이 없이 견딜 수 있는 방식으로 수문을 피복시키는 방법을 추구한다. 현재 무동력 자동 수문에 적용한 피복방법의 경우 약 6개월의 관개시기(대략 4월~9월)시기 중에는 물 속에 잠겨있으면서 작동을 해야 하는 이유로 오랜 기간 사용을 하기 위해서는 산화방지(부식방지)의 방법이 중요하다. 통상 수문의 도장은 페인트 도장, 에폭시 도장, 아연 도금 등을 사용해 온 것이 지금까지의

표 3.1.11 메탈라이징과 페인트 공법의 비교

환경	메탈라이징 공법	페인트 공법 (징크프라이마)
내열성	890℃ 이상의 내열성을 갖추고 있음 (주택공사에서는 온수보일러의 경우 메탈라이징을 의무로 규정).	수분함유 80℃ 이상의 열에는 내구성 이 떨어지고 균열과 접착성이 약화됨.
전기부식	아연과 알루미늄은 희생금속이기 때 문에 자신을 소모시킴으로서 전기부 식을 막아줌.	전기부식에 대한 내식성이 없으므로 한 군데가 벗겨지면 집중적으로 전기 부식이 일어남.
부분적인 손상이 있을 때	아연과 알루미늄은 희생금속이기 때 문에 전자적인 흐름으로 한 곳에 벗 겨짐이 일어날 때에는 그곳을 스스 로 메꾸어 줌.	페인트는 한 군데가 벗겨지면 그곳을 중심으로 집중적인 부식이 일어나면 전자의 전이에 따라 전체적으로 철과 도장면 사이에 퍼지면서 부풀음 현상 이 일어남.
아황산가스와 염화가스 에 대한 내식성	메탈라이징 공법은 순수 비철금속이 기 때문에 아황산가스 및 염수에 대 한 내식성이 뛰어남	도장공법은 아황산가스 및 염수에 대 한 내식성이 떨어짐.
철표면과의 접착성	아연과 알루미늄은 비철금속이기 때 문에 철의 수축 팽창에 관계없이 강 력한 접착력을 지니고 있음	페인트는 수지이기 때문에 한번 건조 하고 나면 철판이 수축 팽창하거나 진동이 일어날 때 크랙이 발생되어 부식이 일어남.
국제공인기관 의 내식에 대한 규격	미국 A.W.S의 19년간 현장 실험에 의한 규격	국제공인기관의 내식에 대한 공인 규 격은 없고 단지 페인트 생산업체의 규격만 존재
경제성	초기투자는 고가이나 장기적인 보수 없이 사용 가능함. 본래 30년의 수명이 보장되나 20년 간 유지에 10년에 한번씩 재시공을 한다고 가정하면 1㎡당 120,490원의 경비가 듦.	초기투자는 저렴하나 보수작업에 고 가의 비용이 듦. 20년간 유지한다고 가정시 3년에 한 번은 재시공해야함으로 1㎡당 277,438 원의 경비가 듦.

통레이지만 상기 도장방법의 경우, 시간이 지난 다음 재도장을 해야 하는 등 유지관리에 많은 신경을 써야만 한다. 따라서 무동력 자동 수문의 경우, 농업용 수문에 메탈라이징 공법 적용이라는 시도를 하여 수문의 부식방지에 노력하며 유지관리상에도 경제성(페인트공법 비교 약 2.3배)을 도모하였다.

또한 상기의 표 3.11에서는 다루지 않았지만 부식에 강한 재질로서 스테인리스와의 비교도 검토를 해야하는 사항이다. 스테인리스는 1821년 프랑스 BIRTHIER 고크롬강 연구시작을 필두로 1962년 Inco사 저탄소 마르텐사이트계인 마르에이징강 발표에까지 오랜 기간에 걸쳐 연구 개발한 금속이다. 스테인리스강이란 어원을 보면 '스테인(Stain 녹)+리스(Less 적다)+강(Steel 鋼)'의 합성어로 녹이 적게 스는 철의 뜻을 갖고 있다. 스테인리스강은 녹을 적게 또는 안 슬게 하기 위해 다량의 크롬(통상 12% Cr 이상)을 포함한 내식성을 목적으로 제조되는 강을 말한다. 결국 강한 내식성을 그 특징으로 하고 있으나, 그 대부분의 성분은 다른 강재와 같은 철이다. 그 내식성은 주로 표면에 존재하는 피막의 보호작용에 의한 것이며, 이 피막은 치밀하고도 극히 얇기 때문에 육안으로 식별되지 않으나 여러 가지 방법에 의하여 이와 같은 것이 존재하며 그리고 강력히 지금과 결부되어 있음이 증명되고 있다. 피막의 세세한 조직이나 구조에 대하여는 지금까지도 불명한 점이 있으나 지금까지의 이론으로는 크롬이 산화물로서 중요한 성분이 되어 있음은 일치된 견해이다. 이 피막은 크롬산화물이 주체로 되어있어 산화성의 분위기에서는 특히 내식성이 강하고 피막이 파괴되어도 스테인리스중의 크롬 주위로부터의 산소와 결합하여 피막을 재생하여 내식성을 유지한다. 이 작용은 그다지 강한 산화성 환경이 아니더라도 예컨대 대기중의 상온에서도 극히 약한 산화성 분위기에서도 진행된다. 따라서 피막의 재생, 또는 회복이 자연적으로 진행되는 것은 스테인리스의 최대 특징인 내식성이 원인이다. 초산이나 농황산과 같이 아주 강한 산화력을 갖는 물질에 대하여서는 한층 내식성을 갖는 것은 물론이다. 이와는 반대로 환원성의 분위기에서는 막의 파괴나 재생이 저지되어 비교적 간단히 부식이 일어난다. 염산이나 묽은황산에 스테인리스가 약한 것은 이 때문이다. 통상 부식을 일으키지 않는 분위기에서도 표면에 이물질이 부착하거나 또는 금속지금 내에 두개 이상의 다른 종류의 결정이 섞여 있을 경우 "녹"이나 부식이 일어날 수 있다. 이는 국부전지의 형상 피막의 파괴, 피막의 재생에 필요한 산화반응에 방해 등으로 생각되어진다. 표면에 부착한 오염이나 철분으로 녹이 발생하든지 탄화가 많은 스테인리스 즉, 일반적으로 탄화량이 많은 스테인리스의 내식성이 떨어지는 것은 이 때문이다. 스테인리스는 항상 표면을 청결히 하

면 장기적 광택을 유지할 수 있으며 물론 고급 강종 일수록 대기 중에서의 내식성이 강해지는 경향이 있으므로, 상용조건, 사용장소에 따라 잘 선택할 필요가 있다. 특히 스테인리스 강재의 취급상의 주의사항으로서는 기본적으로 "스테인리스는 왜 녹슬지 않는가"를 이해하고 취급하면 스테인리스는 반영구적으로 녹스는 일없이 그 특색을 충분히 발휘할 수 있다. 그러나 취급방법에 따라서 녹슬 경우가 있으므로 일상 취급상의 주의사항을 간단히 기술한다.

- ① 녹이 발생하기 쉬운 장소로서는 일상적으로 취급중 녹이나 부식이 발생할 우려가 있는 경우를 예시하면 다음과 같다. 온기가 많은 경우나 아황산가스나 염분이 있는 분위기, 먼지나 철분등이 날아와서 스테인리스의 표면에 쌓이는 경우 국부전지가 생기어 금이 갈 수도 있다. 또한 표면에 흠이 생기면 재료를 보호하고 있는 치밀한 얽은 산화막이 파괴되어 어느 정도의 자기회복작용은 있으나 내식성이 저하하는 경우가 있으며 가공 중 가열할 경우 직접 불에 대는 것을 피하고 필요이상 가열하지 아니하도록 주의가 필요하다. 이는 국부적 가열에 의하여 산화정도가 균일하지 못하게 되며 또 과열에 의한 내식성의 저하가 발생하기 때문이다. 납땜을 할 경우 후락스를 완전히 제거하지 않는 경우나 걸레질을 매일 할 경우 걸레 그 자체가 불결할 경우가 있다.
- ② 일상의 손질에 있어서는 위의 여러 가지 경우를 고려하여 일상적인 손질이 필요하며 환경에 주의하고 표면은 항상 청결하게 유지해야 한다. 특히 프레스가공, 절단, 연마 등의 가공에서는 이종금속이나 먼지 등이 붙기 쉬우므로 가공 후 재료는 표면을 청결히 유지해야 할 필요가 있다. 따라서 더러웠을 경우에는 물로 씻고 잘 건조하여 놓고 더러움이 쉽게 떨어지지 않을 경우에는 부드러운 스펀지나 나일론 솔로 제거하는 것이 좋으며 샌드페이퍼나 시판되는 연마분은 흠을 내기 쉬우므로 삼가 하는 것이 좋다.
- ③ 만약 녹이 생겼을 경우에는 가볍게 녹이 쓴 것을 중성세제로 비벼 떨어버리고 심한 것은 15%정도의 초산(황산, 염산은 사용하지 말 것)으로 세척 할 수 있다. 어느 경우나 스테인리스로 만든 검블더미로 씻어내면 제일 좋으나 형질 또는 스펀지로 사용해도 좋다. 또 녹을 제거한 후에는 그대로 방치하지 말고 반드시 물로 씻어내고 건조하여 놓는 것이 중요하다. 이상의 경우는 취급상태가 불량하고 여러 가지 부식될 수 있는 조건이 중첩된 경우를 말한 것으로 스테인리스는 표면을 치밀한

산화막으로 보호되어 있어 실제로는 철, 동, 은 및 그의 표면 처리된 금속과 비교하여도 훨씬 내식성이 우수하므로 취급도 용이하다.

상기에서 논한바와 같이 스테인리스도 조건이 맞으면 부식현상이 일어나기 때문에 완벽하게 부식을 방지할 수는 없다. 다만 일반 철강재와는 다르게 부식현상이 적게 일어난다는 특징과 함께 일반 철강재와 같은 내구성과 가공성을 갖고 있다는 점에서 현재까지 부식방지용 재질대용으로서 널리 쓰여왔다. 다음 표에는 스테인리스 강대에 나타나는 부식의 종류 및 그 특징을 소개한다.

아래 표 3.12에서 기술한 바와 같이 스테인리스도 부식현상이 일어날 수 있다는 것을 알 수 있으며 이와 같은 점과 더불어 일반철강재보다 약 5배나 비싼 재료비 또한 수문의 제작에 경제적 부담으로 작용하는 것이 사실이다. 따라서 본 무동력 자동 수문의 경우에는 외국에서의 실용화경험과 실증자료를 기초로 해서 염수와 담수의 특징에 따라 수문의 도장을 아연과 구리를 적절히 조합하여 Metalizing 처리로서 하였고 Metalizing 처리를 한 후 표면에 다시 투명 코팅을 하여 모재를 보호할 수 있도록 하였다.

표 3.1.12 스테인리스 강대에 나타나는 부식 종류 및 특징

습 식	전면부식	전면이 거의 균일하게 침식됨	
	국부부식	입계부식	오스테나이트강의 입계탄화물이 석출될때
		공식	할로젠 이온이 존재하든지 표면에 이물이 부착하였을 때
		응용부식깨짐	인장응력이 걸려있으며 특정의 부식환경에 놓일 때
		극간부식	박킹의 이음매, 이물이 부착했을 때의 극간이 존재할 때
		이물금속과의 접촉부식	다른 금속과 접촉하여 사용할 때
		부식피로	부식환경에 있으며 반복하여 응용을 받을 때
		에로 존	유동하는 액체에 접할 때
건 식	고온산화	고온의 대기에 닿았을 경우	
	고온가스	고온의 가스에 닿았을 경우	

9. 시험제작기 개발

무동력 자동 수문은 총 3개년간의 연구기간에 있어서 4조의 시작기와 1조의 실용화제품으로 나눌 수 있다. 연구개발 제1차년도에는 작은 규모의 수문을 설계·제작하여 현장에 설치하였고 2차년도에는 간선급에 설치할 수 있는 크기의 수문을 설계·제작하였으며 제3차년도에는 KARICO TYPE의 수문을 개발하였다. 또한 실용화를 위해서 현재까지 설계·제작하지 못한 대형규모의 수문을 설계·제작하였다. 아래의 절에서는 이러한 시험제작기의 개발 및 특징에 대해서 기술한다.

가. 제1차 시험제작기(경북 성주)

1) 설치현장 조건

최초로 무동력 자동 수문을 설치한 성주지구는 성주호에서 내려오는 농업용수를 이용하여 관개를 하는 지역이다. 성주호의 물은 농업용수외에 생활용수, 홍수조절, 관광개발과 소수력 발전등에 이용되고 있다. 본 무동력 자동 수문이 설치된 지역은 성주호에서 빠져나온 가천간선은 수혜면적 약 600ha에 농업용수를 공급하고 있으며 그 중 무동력 자동 수문을 설치한 곳은 가천간선의 최하류지역에 위치하고 있으며 성주지구의 가장 큰 농업적인 특징인 참외재배를 위한 비닐하우스보다 논농사를 위주로 하는 지역을 대상으로 농업용수를 공급하고 있다. 무동력 자동 수문을 설치한 현장은 경북 성주군 남은리에 있는 가천간선 관개구역 내 용수지선으로부터 분기되어 있는 용수지거를 기준으로 약 145m 정도 하류지역에 설치를 하였다. 이 지역은 무동력 자동 수문을 기준으로 약 200m 뒤쪽은 유말공으로서 배수로로 물이 유입되는 조건을 갖추고 있다. 무동력 자동 수문의 상류에는 자동물꼬 - 논에 담수위에 따라 부력의 원리를 이용하여 물을 공급하는 급수물꼬 - 가 4조 설치되어 운영중에 있으며 이러한 물꼬에 용수를 원활히 공급하기 위하여 무동력 자동 수문을 설치한다. 따라서 총 5ha의 논에 농업용수를 공급하는데 쓰이게 된다. 여기서 현재의 문제점으로는 급수공의 높이가 수로바닥에서부터 0.12m 위부터 존재하고 급수공의 직경이 0.2m로서 최소한 수로 내 수위가 0.32m 이상은 존재해야만 원활한 급수가 가능해진다. 지금까지는 약 0.2m 정도의 수위를 유지하여 왔기 때문에 논에 용수공급이 원활하지 못하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 무동력 자동 수문의 유지수위를 0.4m로 설정하여 원활한 용수공급이 가능토록 하였다. 설치수로의 단면은 W0.6m×H0.6m의 정사각형 수로로서 수로바닥에 현치가 L0.05m×H0.05m로서 존재한다. 따라서 수문비의 형태도 이러한

수로의 형태를 재현하여 시공시 수로의 측벽 및 바닥을 파내서 기존 수로를 변형시키는 일이 없도록 기존 수로의 단면형태에 맞추어서 설계·제작을 한다. 또한 수문의 형태가 사다리꼴이기 때문에 수로 측벽과의 사이에 공간이 생기며 이러한 공간은 무동력 자동 수문이 부력을 발생시키기 위해 수로 수위가 설정수위에 다다를 때까지 수문 상류에 물을 가두어놓는 역할을 방해한다. 즉, 수문이 원하는 설정수위를 유지하기 위한 유량이 빈 공간으로 다 빠져나가기 때문에 수문이 제 역할을 할 수 없다. 따라서 수문비와의 틈새를 1mm로 유지할 수 있도록 수문비의 모양과 같은 형태로 만든 지수판(수문비 거치대)을 설치하고 이 지수판은 수로의 양쪽에 앵커로서 처리하며 빈 공간에는 무수축 몰탈을 주입함으로서 지수판이 움직이지 않고 고정될 수 있도록 한다. 또한 수문이 갑작스런 외부의 충격이나 집중강우에 따른 외수 유입으로 예상치 못한 거동을 보임으로서 수문 전체에 미치는 충격을 완화하기 위하여 Shock up sober(충격완화장치)를 장착시킨다. 이 충격완화장치는 수문이 스스로의 안전을 지키기 위한 유일한 장치이기도 하다.

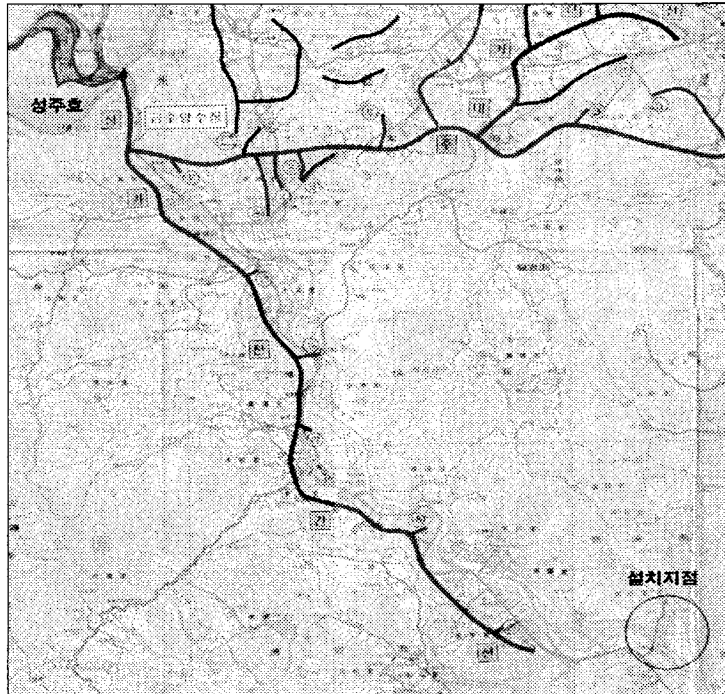


그림 3.1.25 성주호 가천간선 구역도

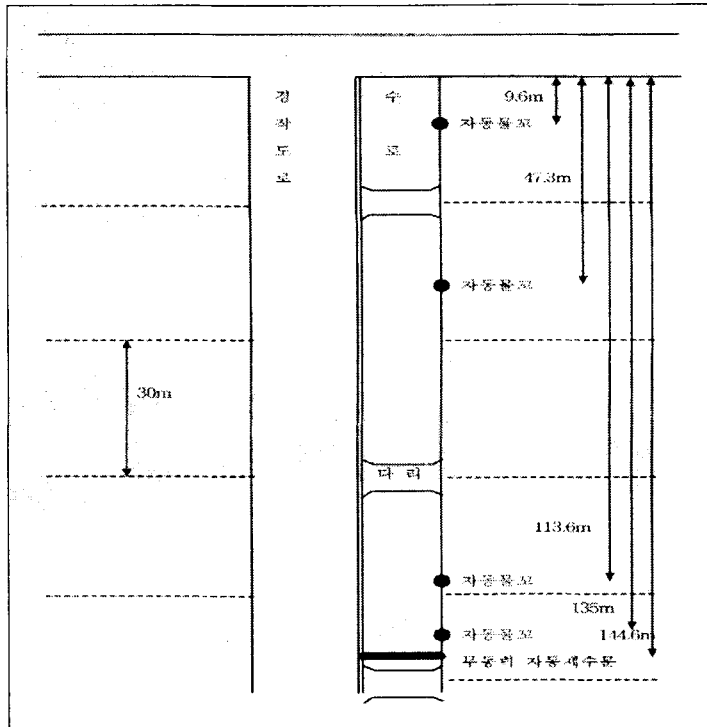


그림 3.1.26 수문설치지점 도면

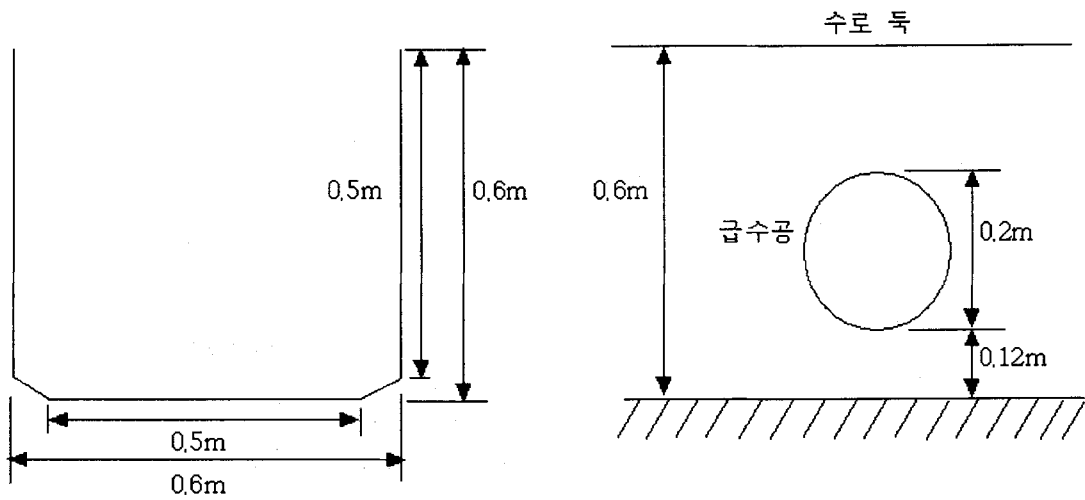
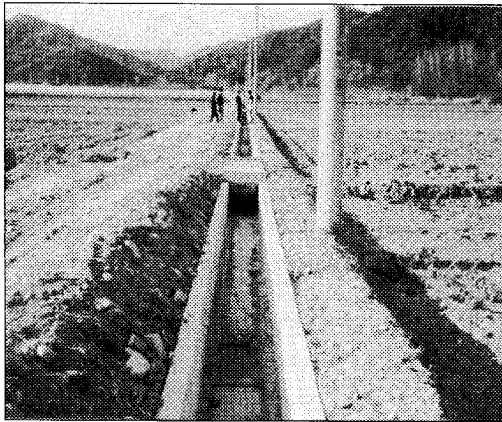


그림 3.1.27 설치수로 단면



(a) 수문설치 수로 전경



(b) 수로내 급수공

사진 3.1.16 무동력 자동 수문 설치지역

2) 설계 및 제작

시작기를 설계하기 위한 설계사양을 제시하면 다음과 같다.

본 제1차 시작기는 크게 나누어서 수문비(Skin Plate)와 부력판(Buoyancy Room), 프레임(Frame), 2개의 밸런스 웨이트(Balance Weight), 쇼크 업 쇼버(Shock up sober)등 총 5개 부분으로 구성되어 있다. 이들은 수문의 현지중심축을 기준으로 하여 진후에 배치되고, 각 부분의 중량과 현지중심축까지의 거리에 따른 모멘트 계산에 따라 최종적으로는 상류측 밸런스 웨이트(Up Stream Balance Weight)와 하류측 밸런스 웨이트(Down Stream Balance Weight)에 들어가는 환봉수를 가지고 균형을 잡게 된다.

본 무동력 자동 수문의 경우에는 유지수심(설정수심)이 0.4m인데 반해 수로의 높이는 0.6m이고 수문이 완전히 수평(최대개방상태)인 경우에 수문비는 수로바닥에서부터 0.27m 위에 있으므로 최대개방을 하여도 수로전체 높이에서 약 45% 정도밖에 열리지를 못한다. 이는 집중강우시나 외수유입이 급작스레 일어날 때에는 통수방해를 일으켜 오히려 수문 상류의 수로에 있어서 월류를 초래하는 한 요인이 될 수 있으며 이는 월류에 의한 수로 범람 및 눈침수의 커다란 요인으로 작용할 수 있다. 이하에 수문의 각 부분에 대한 설명을 나타내면

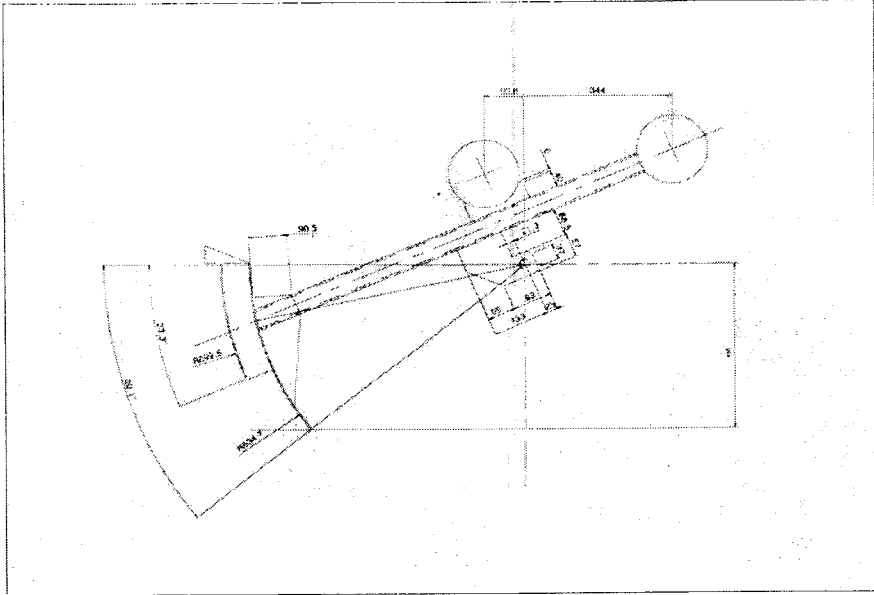
① 수문비

수문비는 수로의 높이가 0.6m로서 이 수로 안에서 설정수심을 유지하면서 작동을 하

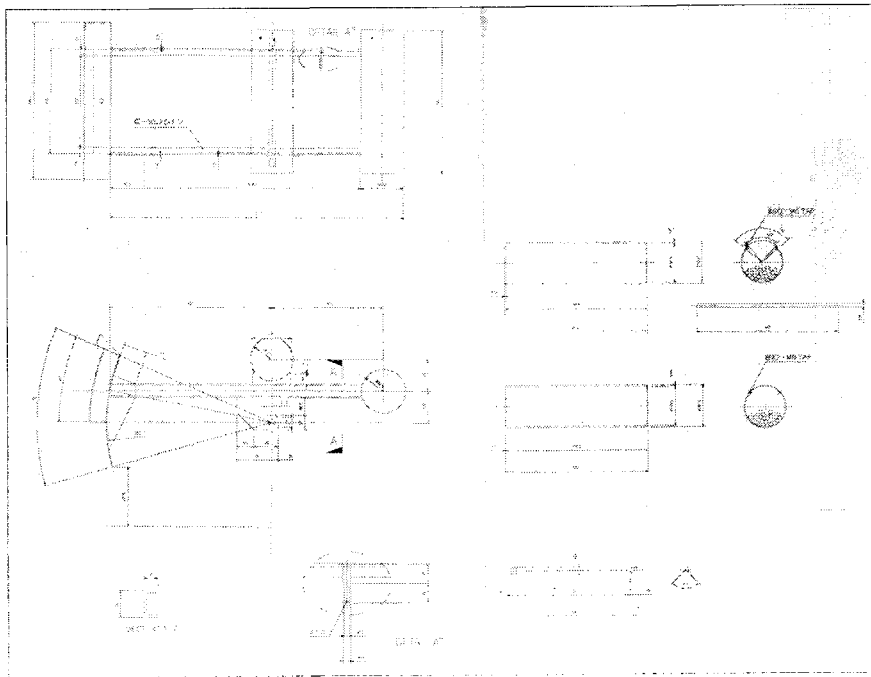
표 3.1.13 제1차 시작기 설계 사양

항 목	사 양	비 고
문비 크기	폭 588mm × 높이 445mm	R63의 레디얼 타입
문틀 크기	폭 598mm × 높이 600mm	
사용동력	없음	부력에 의해 개폐
계획수위	400mm	
수문개폐형식	수로바닥으로부터 열림	유속에 의한 퇴사방지
외부도장사양	아연 메탈라이징	
가이드 형식	хин지중심 무간섭	
실링	높이 18mm의 폴리에틸렌	
완성품 형태	조립식	
수로부착형태	앵커처리	
문비보호거치대	폭 590mm × 높이 600mm	수로와의 부착은 무수축 몰탈 처리를 행하여 누수를 방지
균형환봉	지름 6 ϕ , 길이 30cm	

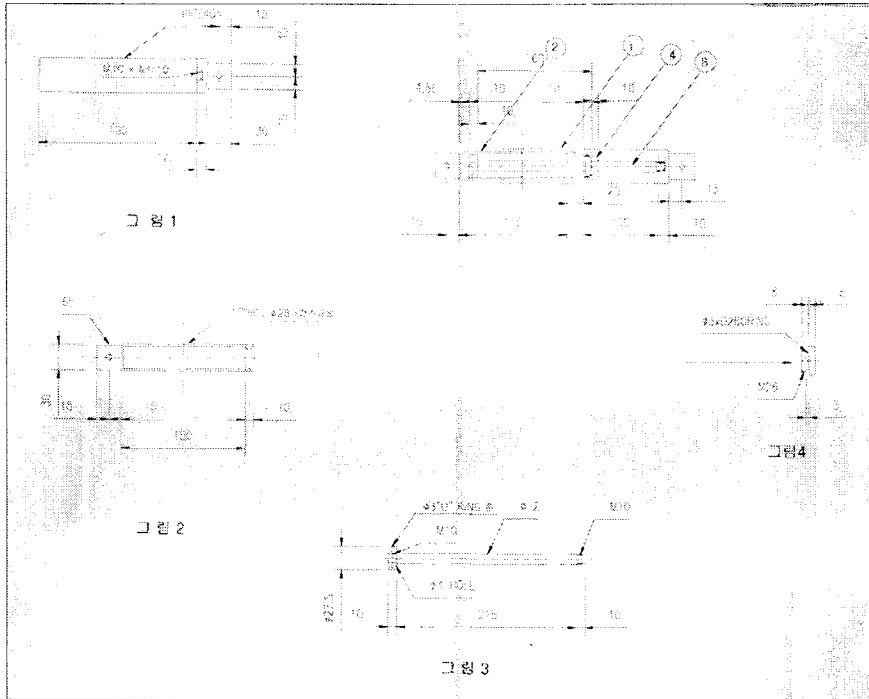
※ 본 제1차 시작기는 프랑스의 AMIL GATE를 그대로 재현한 것으로서 우리나라의 용수로에 적용한 첫 사례이며 프랑스형 무동력 자동 수문의 적용성을 검토한 것이다.



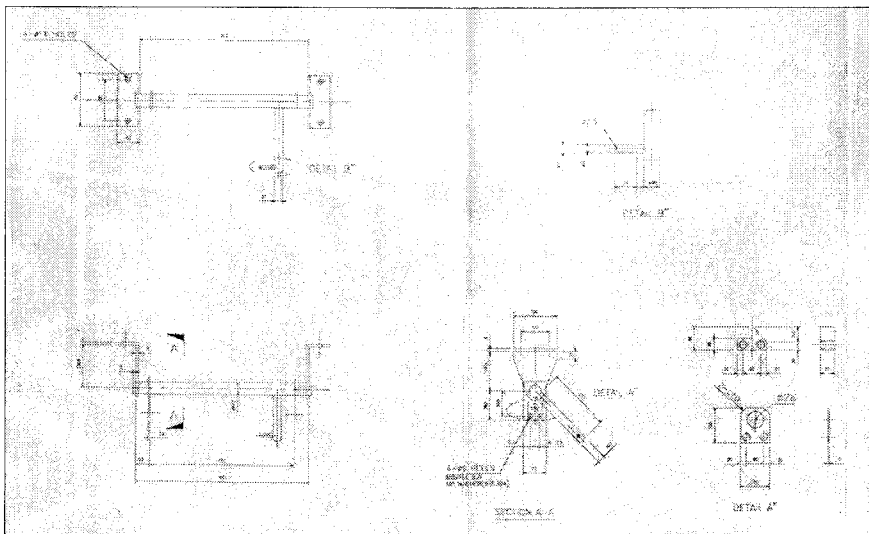
(a) 전체 조립도



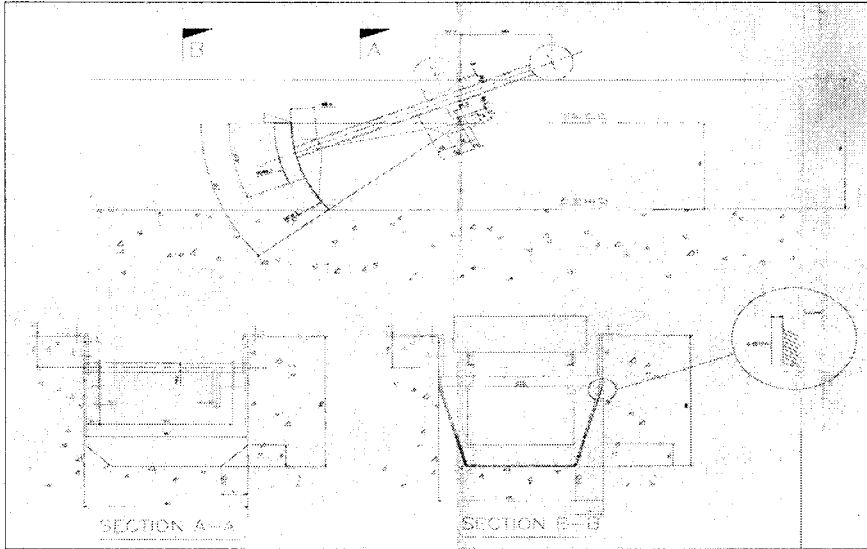
(b) 밸런스 웨이트



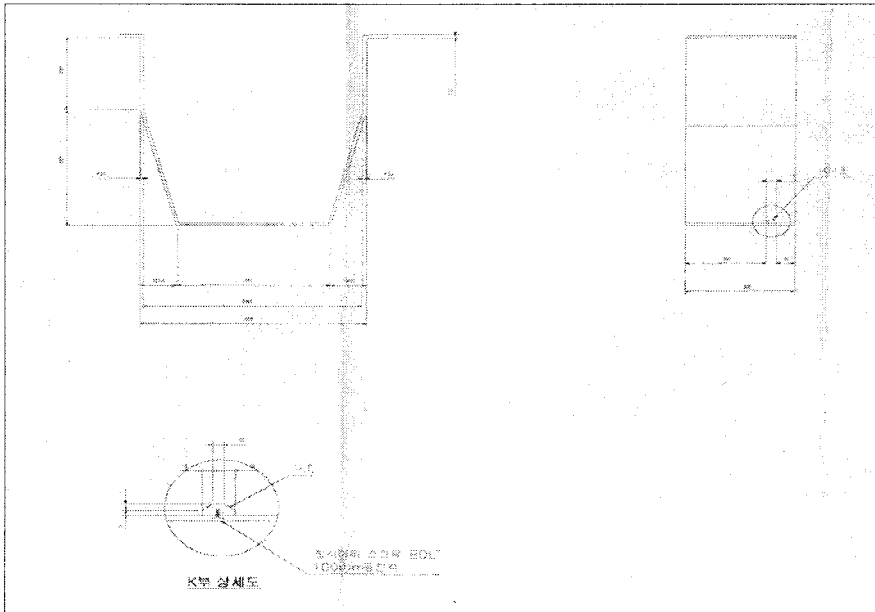
(c) 쇼크 업 쇼바



(d) 프레임부



(e) 측면도 및 앵커



(f) 수로보호거치대

그림 3.1.28 제1차 시작기 설계도면

기 위하여 수문비의 높이는 설정수심까지로 하였다. 여기서 수문비는 레디얼 형태로서 R63(직경 0.63m의 원판을 일부분 잘라낸 형태)이다. 여기서 수문비의 형태를 레디얼로서 한 것은 수위에 따른 수압이 수문비의 어느 부분에 있더라도 그 힘은 힌지를 중심으로 하는 수문의 중앙에 걸릴 수 있도록 하기 위함이며, 이에 따라서 원하는 수심에 수문이 부력을 발생시켜 뜰 수 있도록 하기 위함이다. 또한 수문비를 정면에서 보았을 때 상폭대비 저폭의 길이가 약 65% 정도로서 이 또한 부양력의 조기발생을 유도하기 위한 고안이었다. 수문의 재질은 강재이며 두께는 3t이고 부식방지를 위하여 아연 메탈라이징(Zinc Metalizing) 처리를 하였다.

② 부력판

부력판은 수문비가 설정수위에서 뜰 수 있도록 부력을 발생시키는 부분으로서 부력판 안에는 빈 공간이다. 부력판의 크기가 설정수위를 정하는데 중요한 역할을 하게 되며 길이는 수로높이의 약 40% 정도에서 결정되는 것이 보통이다. 본 무동력 자동 수문에 있어서는 부력을 발생시키는 곳이 2군데 존재하는데 그 한군데가 부력판이며 또 한군데는 수문비 최상부에 있는 제2 압력면이다. 따라서 부력판에서 어떠한 작동곤란 상황이 발생하여 수문비가 뜨질 못하면 제2 압력면에 부력이 발생되어 수문이 뜨게 되는 역할을 하게 된다. 부력판의 위쪽에는 에어를 빼내는 밸브가 달려있어서 용접시 발생하는 유독가스(부식발생의 원인이 될 수 있음)를 배출한다.

③ 플레임

플레임은 수문을 구성하는 뼈대로서 수문비와 밸런스 웨이트 그리고 힌지를 연결시켜 주는 역할을 한다. ㄷ형 강재를 사용하며 두께는 7t이며 수문비와 밸런스 웨이트를 연결시키기 위해 볼트로서 조립한다. 부식방지를 위해 아연 메탈라이징 처리를 하였다.

④ 밸런스 웨이트

밸런스 웨이트는 2개로서 수문비가 자연대기압 상태에서 수로바닥으로 내려갈 수 있도록 조정하기 위한 하류 밸런스 웨이트(downstream balance weight)와 수문이 미세하게 뜰 수 있도록 하기 위하여 철봉으로 조정을 할 수 있는 상류 밸런스 웨이트(upstream balance weight)가 있다. 이 두 밸런스 웨이트는 수문비와의 거리 및 철봉의 수등의 중량

의 관계에 따라서 미묘하게 균형을 이루면서 수문의 개폐작동을 이루도록 한다.

⑤ 쇼크 업 쇼바

쇼크 업 쇼바는 수문이 끊임없이 움직일 때 작동진동에 의한 수문 본체의 충격을 완화시켜주기 위해서 장착을 해 놓은 것이다. 유압쇼바로서 일정한 점도를 갖고 있는 오일이 들어가서 쇼바 안에 있는 작은 구멍을 통하여 오일이 왕복함으로써 충격을 완화시키는 역할을 한다.

⑥ 수문고정장치

수문고정장치는 수문을 사용하지 않아서 완전히 열어 놓을 때나 일정한 개도로서 개방을 시킬 필요가 있을 때 사용하는 것으로서 수문비 후면 힌지 밑면에 장착시켜 사용하지 않을 때는 고정시켜 놓는다.



사진 3.1.17 무동력 자동 수문 설치 모습

나. 제2, 3차 시험제작기(충남 온양)

1) 설치현장 조건

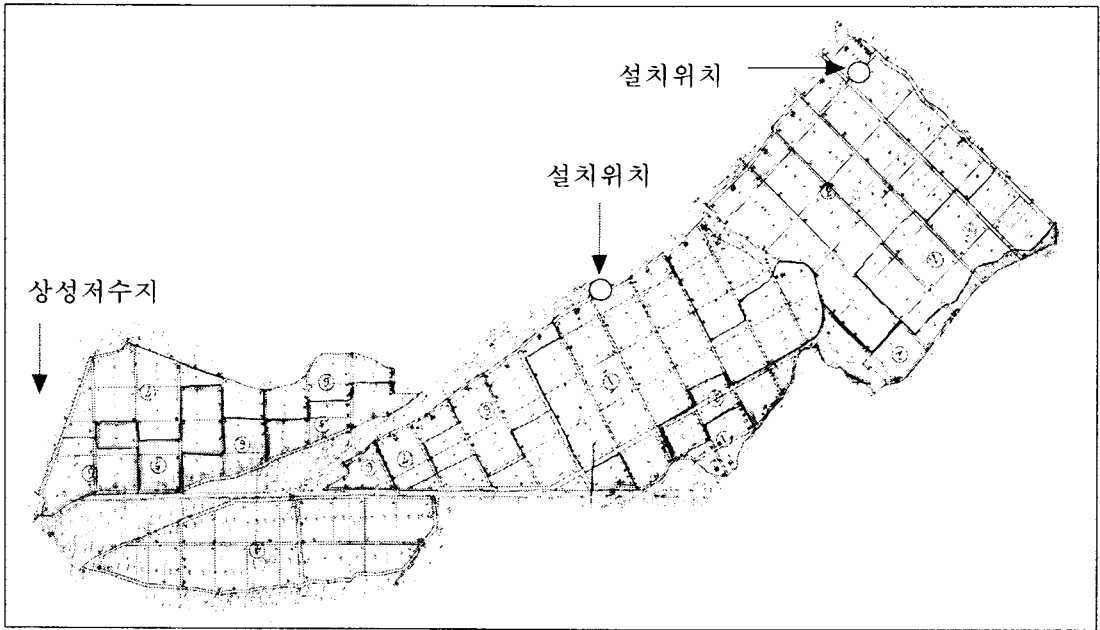


그림 3.1.29 제2, 3차 시험제작기 설치구역도

제2, 3차 시험제작기는 충청남도 온양지구의 상성저수지 관개구역내 제1호 간선에 설치하였다. 본 상성저수지는 1958년에 축조된 저수지로서 만수면적은 35ha이며 저수량이 1,183ha/m이고 단위저수량은 365.87mm이며 단위용수량은 513.46m³/sec/ha이다. 지구내 물리면적은 114ha이며 지구의 물리면적도 233.1ha로서 총 347.1ha에 이른다. 무동력 자동 수문을 설치한 제1호 간선은 수로단면이 W1.0m×H1.0m로서 소요유량은 0.251m³/sec이고 수로구배는 지점에 따라서 다르지만 1/500 ~ 1/1,300으로 설계를 하였다. 본 무동력 자동 수문을 설치한 지역은 지점에 따라서는 수로구배가 대단히 커서 유속이 빨라지고 이에 따라 수로 내 수위가 낮아져서 분수문을 통해 용수를 공급하는데 대단히 어려움을 겪고 있는 지역이다. 이러한 어려움 때문에 일부 구간 - 분수문의 하류부 - 에서는 각각판, 시멘트 포대, 비닐포대, 흙, 거석등을 이용하여 제수를 하고 이를 이용하여 분수문을 통해 용수를 공급하는 지역이 대부분이다. 이러한 현상 때문에 수로내에서는 항상 통수방해물질이 가득 차있어 집중강우시 외수에 의한 수로범람의 위험성을 항상 내포하고 있었으며 이러한 급수의 어려움 때문에 수문의 파손등 수리시설물에 대한 파손행위가 곳곳에서 발견되는등

영농에 곤란함이 있었다. 그리고 물관리를 하는 수로감시원의 1인당 담당면적이 200ha를 넘기 때문에 제수문을 많이 설치하여 이러한 용수공급의 문제점을 해결한다고 하더라도 일일이 인력에 의한 수문의 개폐를 실시하는 것도 현실적으로는 대단히 어려움이 따른다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 인력의 도움없이 스스로 작동을 하면서도 분수문의 수위를 취수에 용이한 수위까지 유지시켜주는 수리시설물의 등장을 대단히 고대했던 지역이라고 할 수 있다. 수문의 설치지점은 상성저수지로부터 약 1.2km 하류지역으로서 수문설치 수로는 정사각형이며 수로바닥에 현치가 L0.1m×H0.1m 존재하고 있다. 무동력 자동 수문을 설치하는 곳은 수문 상류의 분수문으로부터 약 37m 정도 떨어진 곳으로서 경작

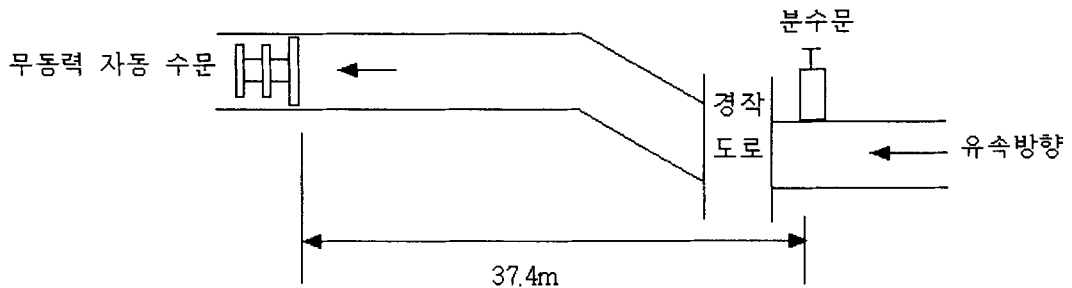


그림 3.1.30 무동력 자동 수문 설치 위치

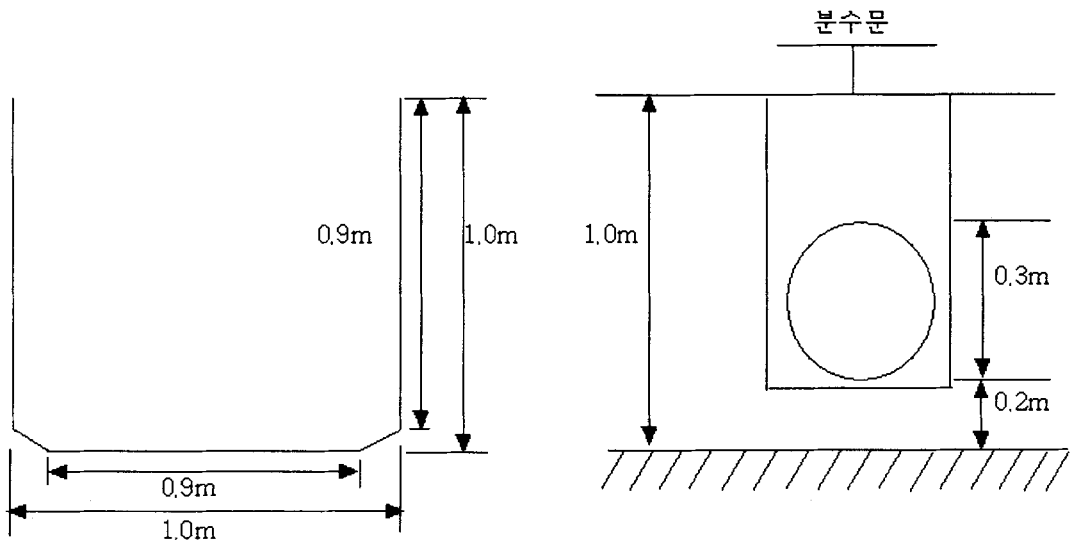


그림 3.1.31 무동력 자동 수문 설치 수로 단면

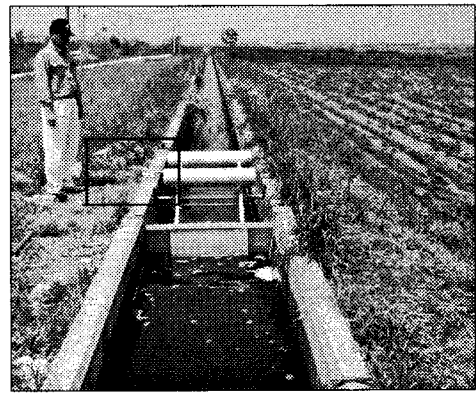
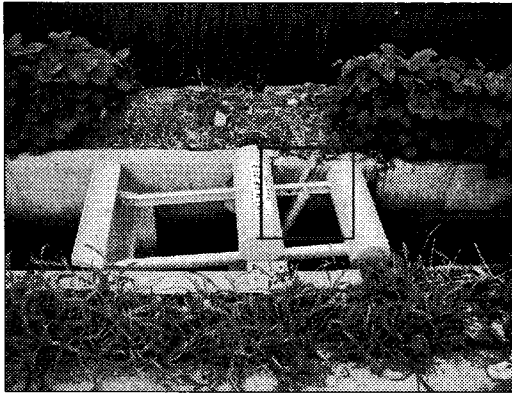
도로 밑의 수로는 구배가 대단히 급하다. 따라서 수위가 대단히 낮고 물살도 쉼 것이 특징이다. 이러한 수로 내 특징을 감안하여 유속의 영향을 덜 받으면서 일정수위를 유지하게 하기 위하여 분수문으로부터 수로너비의 35배가 넘는 위치에 무동력 자동 수문을 배치하는 것으로 하였으며 이곳은 비교적 유량이 풍부한 곳으로서 수문에 의한 지수 - 하류 방류량 -를 심각히 고려하지 않아도 되는 지역이기 때문에 비교적 수문 설치가 용이한 지역이기도 하다. 또한 수문은 수로구조물에 앵커를 치고 볼트를 이용하여 부착시키는 것으로 하였기 때문에 설치하기 위해서 사전에 수로의 측면 및 바닥을 다이아몬드 글라인드로 평평하게 할 필요가 있다. 또한 수문 지수부와의 지수를 위한 측면 지수관은 수문의 형태로 제작되었기 때문에 수로 측벽과의 사이에는 지수를 위한 장치가 필요하다. 따라서 수로측벽과 만나는 곳에는 철판의 용접하여 부착시키고 철판과 수로측벽과의 사이에는 무수축 몰탈을 채워서 수밀성을 확보하도록 하였다. 이 무수축 몰탈은 시공하여 굳어지는 시간이 약 1시간 정도로서 굳은 후의 강도도 시멘트보다 더 강하다. 따라서 수문을 설치하는 시기가 관개기 중이나 관개를 위한 사전 통수시기등과 맞물려있으면 수문 상류부의 유량유입 부분에 각각판등을 설치하여 유량의 유입을 막고 조속히 무수축 몰탈을 집어넣어야 한다.

2) 설계 및 제작

본 제2, 3차 시험제작기는 최초로 용수간선에 적용한 것으로서 분수문을 통하여 용수를 공급하는데 그 목적을 두고 있다. 수로의 조건이나 유량 그리고 수문비의 크기에 있어서도 커졌기 때문에 수문의 재질과 안전성에 중점을 두고 설계제작을 하였다. 그 특징에 대해 설명하면 다음과 같다.

① 수문고정장치 변형

제1차 시제품에서 장착시킨 수문고정장치는 수문의 측면에서 수문비를 고정시키는 타입으로서 수로에 수위가 증가하면 수면하에 잠기는 형태이다. 이는 오물등이 수문비 하류로 통과를 하다가 수문고정장치에 걸리면 수문고정장치가 제 역할을 하지 못하는 경우도 발생시킬 수 있다. 따라서 제2차시제품에서는 수문고정장치를 수로 독위로 올려서 Downstream Weight Balance의 측면과 수로 독에 각각 수문고정장치를 장착하여 이것을 연결시킴으로서 수문을 사용치 않을 경우에 고정시킬 수 있도록 하였다. 이러한 형태는 수로 내에 이러한 장치를 둠으로서 생기는 통수장애등을 방지하기 위한 조치이기도 하다.



(a) 제1차 시제품의 수문고정장치

(b) 제2,3차 시제품의 수문고정장치

사진 3.1.18 수문고정장치 모습

표 3.1.14 제2, 3차 시험 제작기 설계 사양

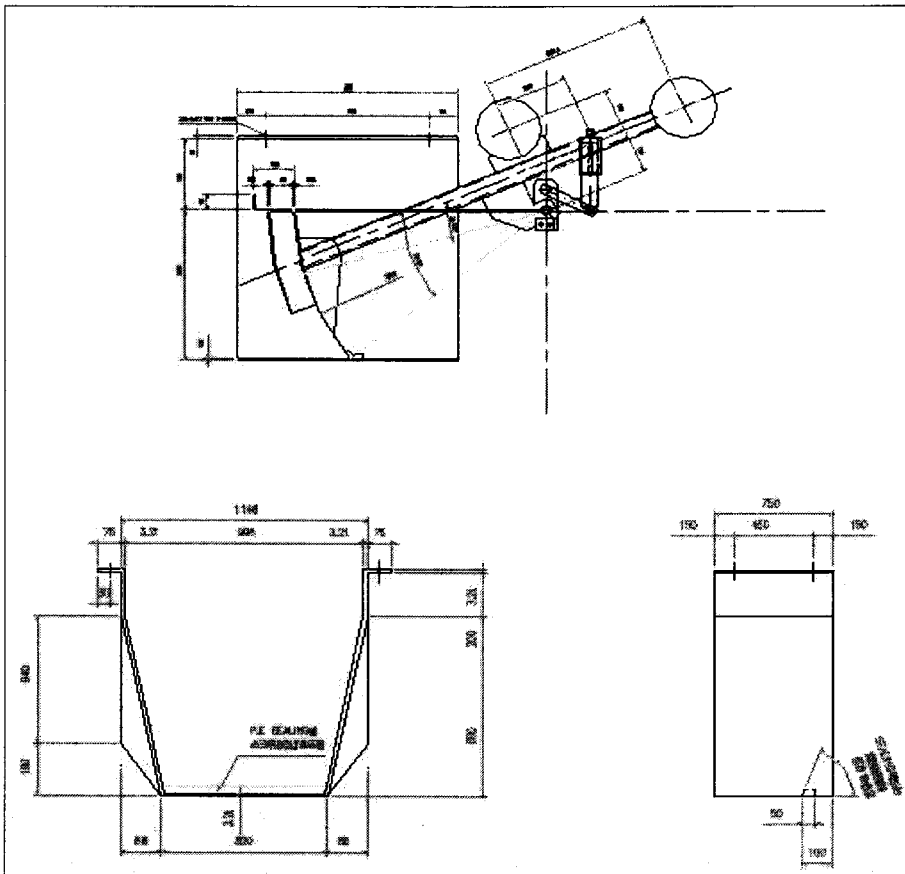
항 목	사 양	비 고
문비 크기	폭 990mm × 높이 824mm	R63의 레디얼 타입
문틀 크기	폭 996mm × 높이 1,000mm	
사용동력	없음	부력에 의해 개폐
계획수위	800mm	
수문개폐형식	수로바닥으로부터 열림	유속에 의한 퇴사방지
외부도장사양	아연 메탈라이징	
가이드 형식	현지중심 무간섭	
실링	높이 30mm의 폴리에틸렌	
완성품 형태	조립식	
수로부착형태	앵커처리	
문비보호거치대	폭 998mm × 높이 1,000mm	수로와의 부착은 무수축 몰탈 처리를 행하여 누수를 방지
균형환봉	지름 6Φ, 길이 30cm	

※ 본 제2차 시험제작기는 최초로 용수간선의 제수문으로서 제작한 것으로 약 20m 전방에 분수문이 있어서 용수를 공급하는 위치에 설치하였다.

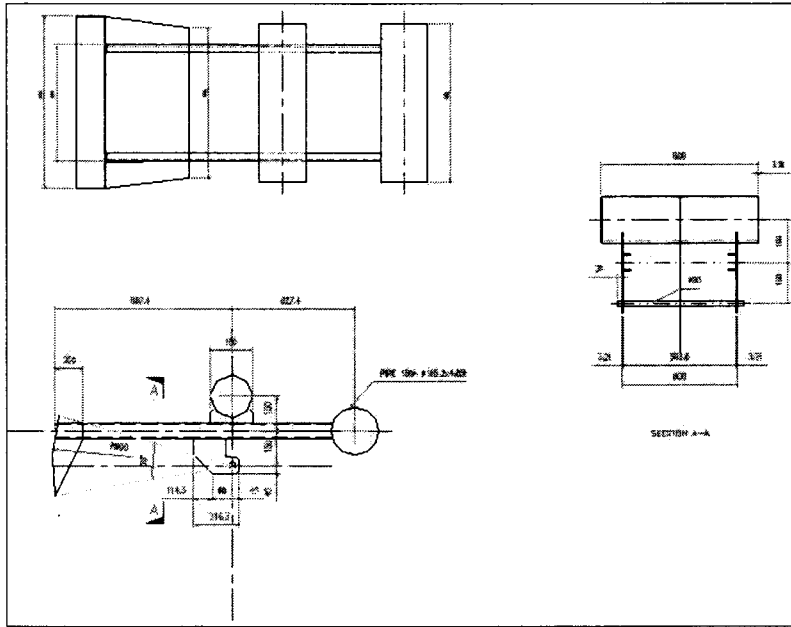
② 수문비 변형

제1차 시제품의 경우에 수문비의 형태는 사다리꼴로서 수문비 상폭 대비 저폭의 비율이 60%였다. 이러한 경우 수문의 작동성은 양호하나 지수를 위해서는 대단한 노력을 기울여 수문거치대를 만들어야 하는 불편이 따른다. 따라서 수문비의 상폭대비 저폭비율을 85%까지 넓혀서 수문거치대의 경사를 최대한 없애고 수문의 지수를 행하도록 하였다.

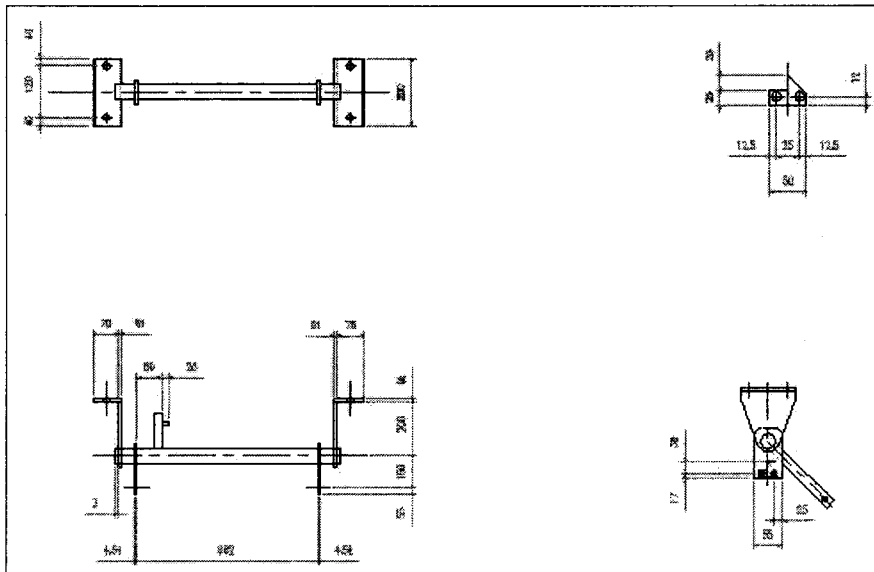
제1차 시제품과는 상기의 두 가지 점이 크게 다르게 설계를 행하였다. 다음 표 3.14에서 알 수 있듯이 제2차 시제품의 사양은 수로의 크기가 폭 1m×높이1m이기 때문에 유지수심을 0.8m로 설정하여 수문비 크기를 정하였으며 바닥에 토사의 퇴적등을 방지하기 위하여 삼각형 실링을 부착시켰고 지수를 위해 수문거치대를 부착시켰다.



(a) 수문전체 조립도 및 수문비



(b) 힌지 및 밸런스 웨이트



(c) 프레임 및 쇼바

그림 3.1.31 제2차 시제품 도면

3) 설치에 따른 현장실험

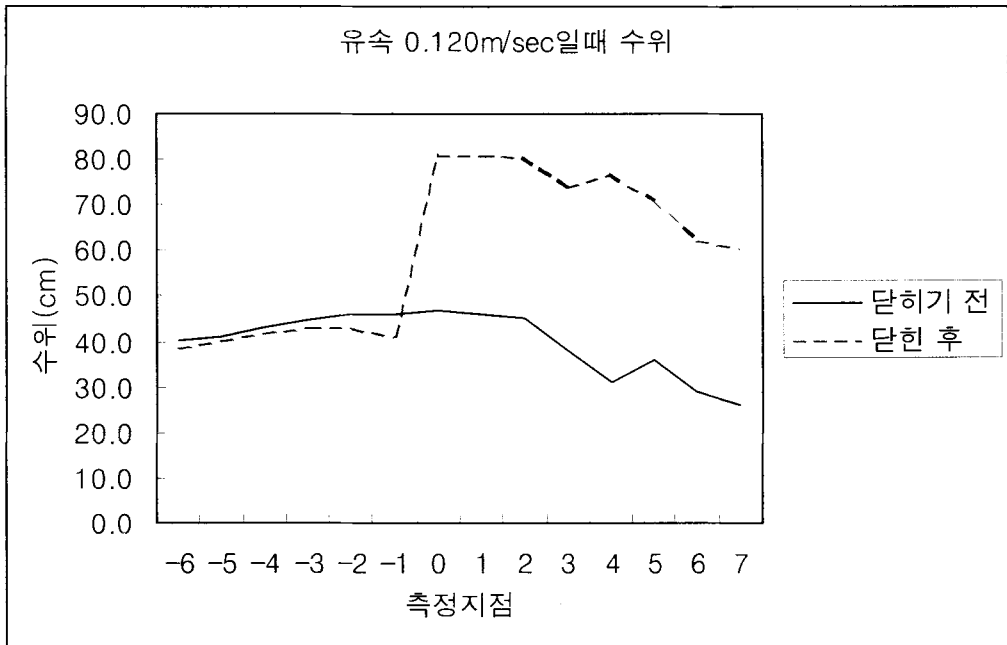
제2, 3차 시제품을 설치하여 현장에서 유속과 수위를 조사하였다. 우선 수문비에서 0.3m 앞의 지점을 측정지점 0으로 설정하여 수문비 하류방향으로 6개 지점, 상류방향으로 7개 지점으로 나누어서 수위를 측정하였다. 그 결과를 표 3.15와 그래프 3.5에 나타내었다.

그 결과를 분석해보면 수문비를 중심으로 상하류의 수두차를 보면 유속이 0.12m/sec의 경우, 평상시에는 차이가 없지만 수문을 작동시키면 0.4m 정도의 수두차가 생기며, 유속이 0.123m/sec의 경우, 평상시는 역시 차이가 없으며 수문을 작동시키면 0.41m이다. 또한 유속이 0.132m/sec의 경우, 평상시에는 0.01m의 수두차가 있으며 수문작동시에는 0.41m의 수두차를 보인다. 유속이 0.136m/sec의 경우 평상시는 0.01m의 수두차를 보이고 수문작

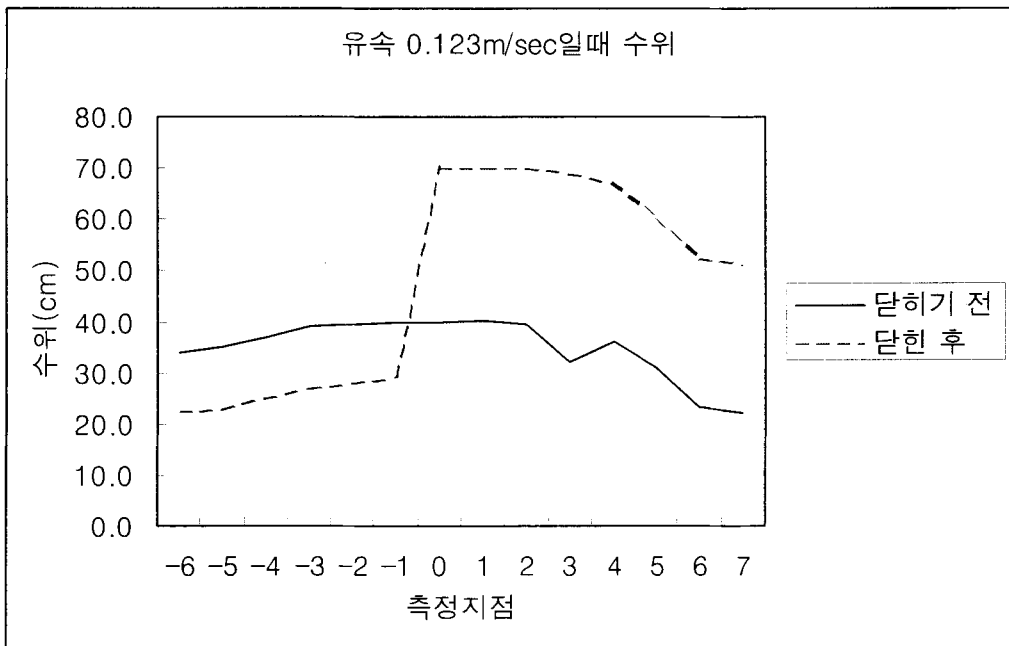
표 3.1.15 유속별 수위

(단위 : cm)

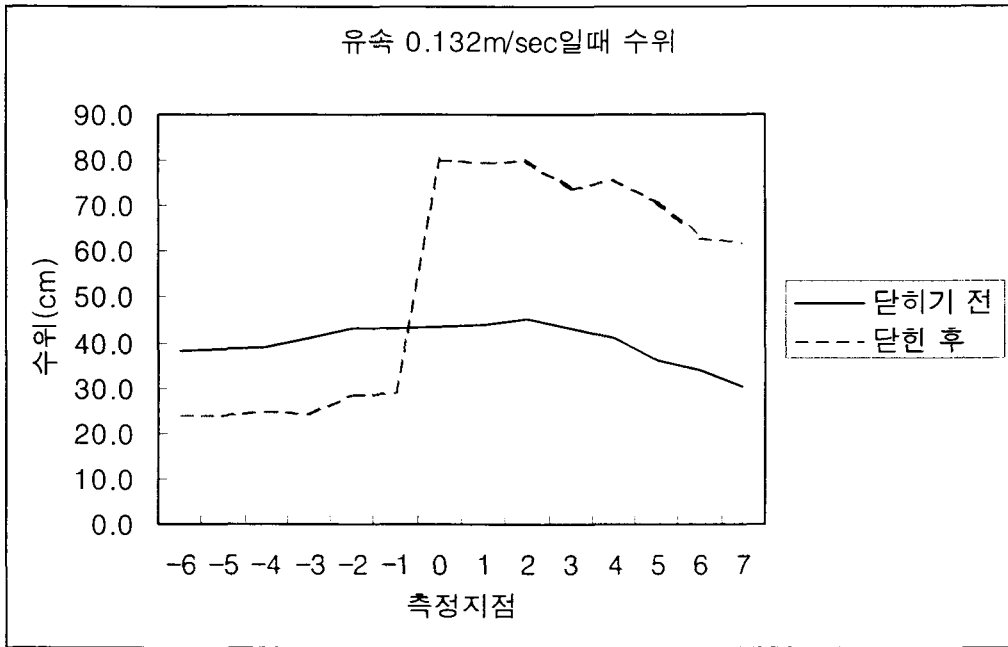
측정 지점	유속 (0.120m/sec)		유속 (0.123m/sec)		유속 (0.132m/sec)		유속 (0.136m/sec)		유속 (0.140m/sec)	
	정상시	폐쇄시	정상시	폐쇄시	정상시	폐쇄시	정상시	폐쇄시	정상시	폐쇄시
-6	40.0	38.5	34.0	22.5	38.0	24.0	38.0	24.0	40.0	38.0
-5	41.0	40.0	35.0	23.0	38.5	24.0	38.5	24.0	41.0	39.0
-4	43.0	42.0	37.0	25.0	39.0	25.0	39.0	25.0	44.0	40.0
-3	45.0	43.0	39.0	27.0	41.0	24.5	41.0	24.5	45.0	42.0
-2	46.0	43.0	39.5	28.0	43.0	28.5	43.0	28.5	46.0	44.0
-1	46.0	41.0	40.0	29.0	43.0	29.0	43.0	29.0	45.0	44.0
0	47.0	81.0	40.0	70.0	43.5	80.0	43.5	80.0	44.0	80.0
1	46.0	81.0	40.0	70.0	44.0	79.7	44.0	79.5	46.0	80.0
2	45.0	80.5	39.5	70.0	45.0	80.0	45.0	80.0	45.0	80.5
3	38.0	74.0	32.0	69.0	43.0	74.0	43.0	74.0	40.0	80.0
4	31.0	76.5	36.0	67.0	41.0	76.0	41.0	76.0	39.0	77.0
5	36.1	71.1	31.1	60.1	36.1	71.1	36.1	71.1	37.1	72.1
6	29.2	62.2	23.2	52.2	34.2	63.2	34.2	63.2	27.2	64.2
7	26.2	60.7	22.2	51.2	30.2	61.7	30.2	61.7	30.2	62.2



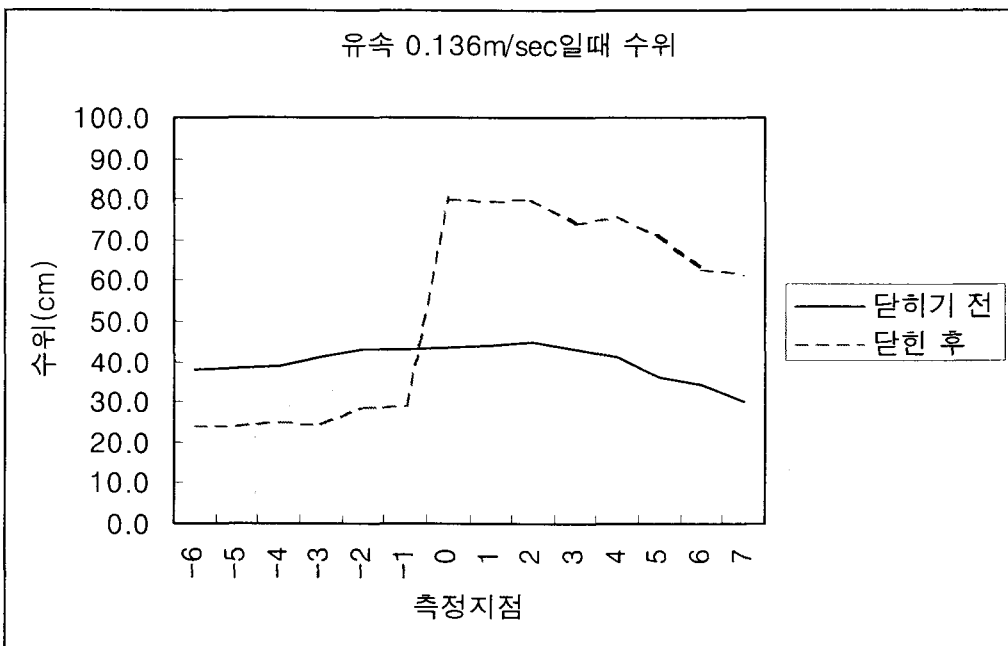
(a) CASE 1



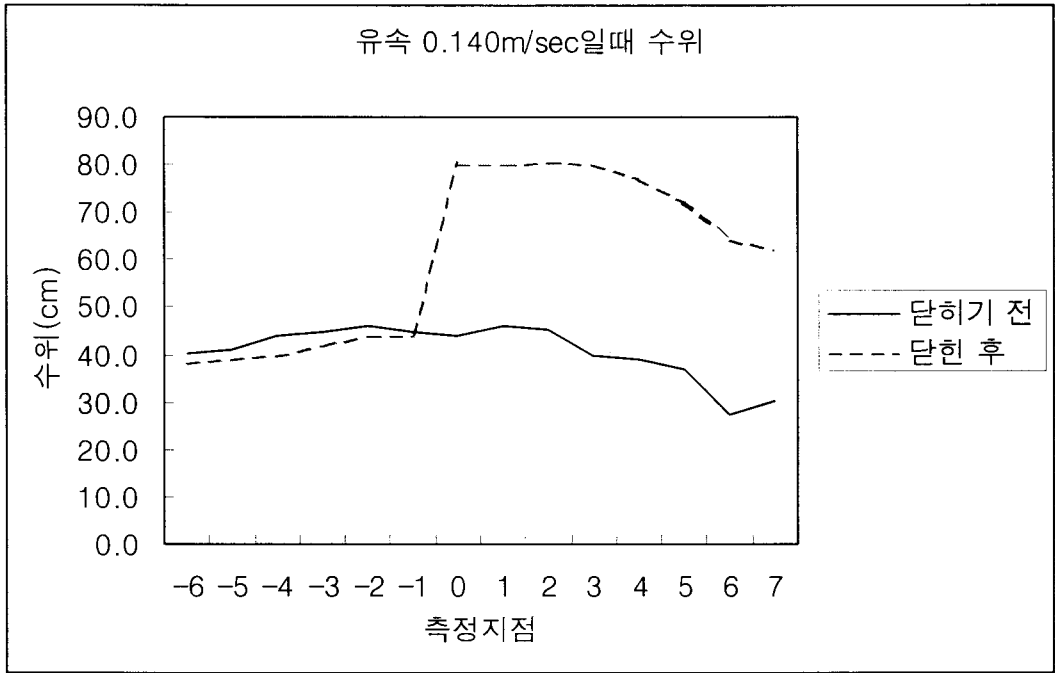
(b) CASE 2



(c) CASE 3



(d) CASE 4



(e) CASE 5

그래프 3.1.5 유속별 수위

동시에는 0.41m의 수두차를 보인다. 유속이 0.14m/sec의 경우 정상시에는 0.01m의 수두차를 보이고 수문작동시에는 0.36m의 수두차를 보인다. 이 결과로서 보면 유량이 적으면 적을수록 수문비의 작동에 의해 수문하류로 내보내지는 유량이 적어서 수문비를 기준으로 상하류간의 수두차가 많이 난다. 그러나 수로내를 흐르는 유량이 크면 클수록 수문비의 개도가 커지기 때문에 수문비에서 흘러나가는 유량이 많기 때문에 수문비를 중심으로 상하류간의 수두차는 적어진다. 이는 그래프 3.5의 (a)에서 (e)까지의 그래프를 검토하여도 알 수가 있다. 또한 여기서 측정지점 2와 4 사이의 수위의 변화가 심한 이유는 측정지점 2와 4사이의 수로구배가 너무 급하기 때문에 측정지점 3에서의 수위가 유속이 빨라 낮아지는 경향을 보이고 있다. 또한 측정지점 -1에서 -3 사이에 수위의 변화가 급격한 이유는 측정지점 0에서 -1을 빠져나온 유량이 와류현상을 일으키며 이 유량이 측정지점 -3에 다다르면 안정화가 되어 다시 정상상태를 이루게 된다. 이러한 이유로 측정지점 -3 이후에는 완만한 경사의 수위를 보이게 된다.

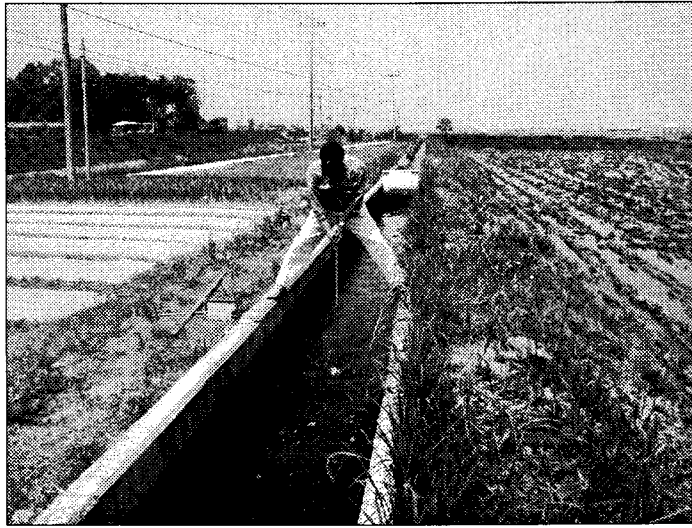


사진 3.1.19 수문설치 후 현장시험

4) 수문설치에 따른 수로영향 조사

일반 농업용 수로에 무동력 자동 수문을 설치하여 수문 상류의 수위증가(원활한 용수 공급)에 대한 수로내 검토가 필요하다. 이 검토를 위하여 제2 시제품을 모델로 하여 유량별 배수위를 계산하였다. 이러한 배수위의 검토를 위한 계산수준을 나타내면 다음과 같다.

수로상에 설치되는 수문은 수로내 흐름의 단면을 축소시키게 되어 상하류의 흐름상태에 영향을 미치게 된다. 다음 그림 3.32에서 나타낸 바와 같이 경사가 대단히 완만한 수로내에 등류가 흐르고 있으며 흐름구간의 어떤 단면에 수문이 위치하고 있다고 가정하면 만약 흐름이 사류라고 하면 수문은 수류를 하류로 분산시키고 와류를 발생시키는 역할은 하나 상류로는 아무런 영향을 미치지 않을 것이다. 그러나 대부분의 농업용수로에서처럼 흐름이 상류이면 수문단면에서의 단면축소로 인하여 그림 3.32에서처럼 상류방향으로는 M1형의 배수곡선을 그리게 되고 수문을 유량이 통과하면서 흐름이 가속되어 수심이 저하하게 되며 하류부에서는 흐름의 단면이 회복되어 수심도 약간 증가하나 와류손실등으로 완전한 회복은 되지 않는다. 수문에 의한 배수영향으로 인하여 수문 상류의 수면은 상당한 구간까지 상승하게 되어 수문 상류에 존재하는 분수문을 통해 말단포장으로의 용수공급이 원활하게 이루어지게 할 수 있다. 따라서 본 수로내 수위의 상승고와 유량사이의 관계는 실질적인 면에서 대단히 중요하다고 할 수 있다.

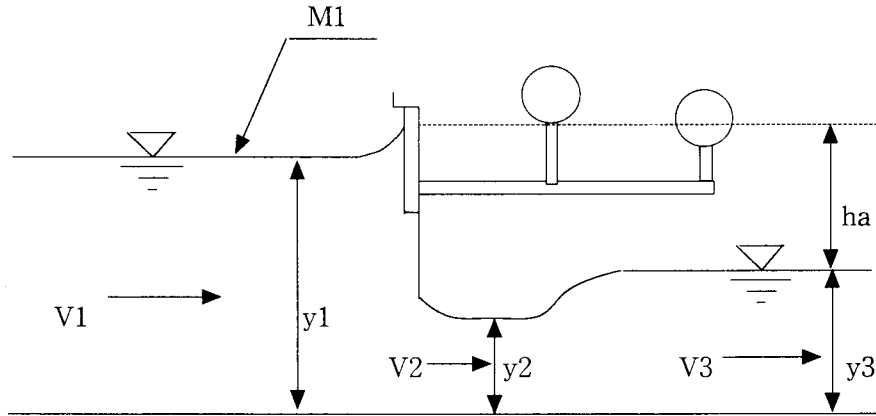


그림 3.1.32 무동력 수문 설치시 수로내 배수위 형성도

그림 3.32에서 수로의 경사 $S_0 \approx 0$ 라 가정하고 수문의 상류단면(수로폭 ; b_1), 수문하 단면(수로폭 : b_2), 수문하류단면(수로폭 ; b_3)을 각각 단면 1, 2, 3이라 하고 Bernoulli 방정식을 세우면 다음과 같다.

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_{L1-2} = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + h_{L1-2} + h_{L2-3} \quad (3.1.32)$$

여기서 h_{L1-2} 및 h_{L2-3} 은 각각 단면 1에서 2 및 2에서 3의 단면축소, 확대 및 와류로 인한 손실수두이다. 식 (3.32)에서 $h_{L2-3} = (V_2^2 - V_3^2)/2g$ 로 통상 가정할 수 있으므로 $y_2 \approx y_3$ 라고 할수 있고 따라서 수면상승고 h_a 는

$$h_a = y_1 - y_2 = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + h_{L1-2} \quad (3.1.33)$$

식(3.33)에 $V_2 = Q/b_2 y_3$ (여기서 b_2 는 수문단면에서의 순수로폭)를 대입하고 Q에 관하여 풀면

$$Q = b_2 y_3 \sqrt{2g(h_a - h_{L1-2}) + V_1^2} \quad (3.1.34)$$

여기서 단면 1에서 2사이의 손실수두 h_{L1-2} 를 정확하게 고려할 수 없으므로 경험적인 유량계수 C_b 를 도입하여 식(3.34)를 다시 쓰면

$$Q = C_b b_2 y_3 \sqrt{2g h_a + V_1^2} \quad (3.1.35)$$

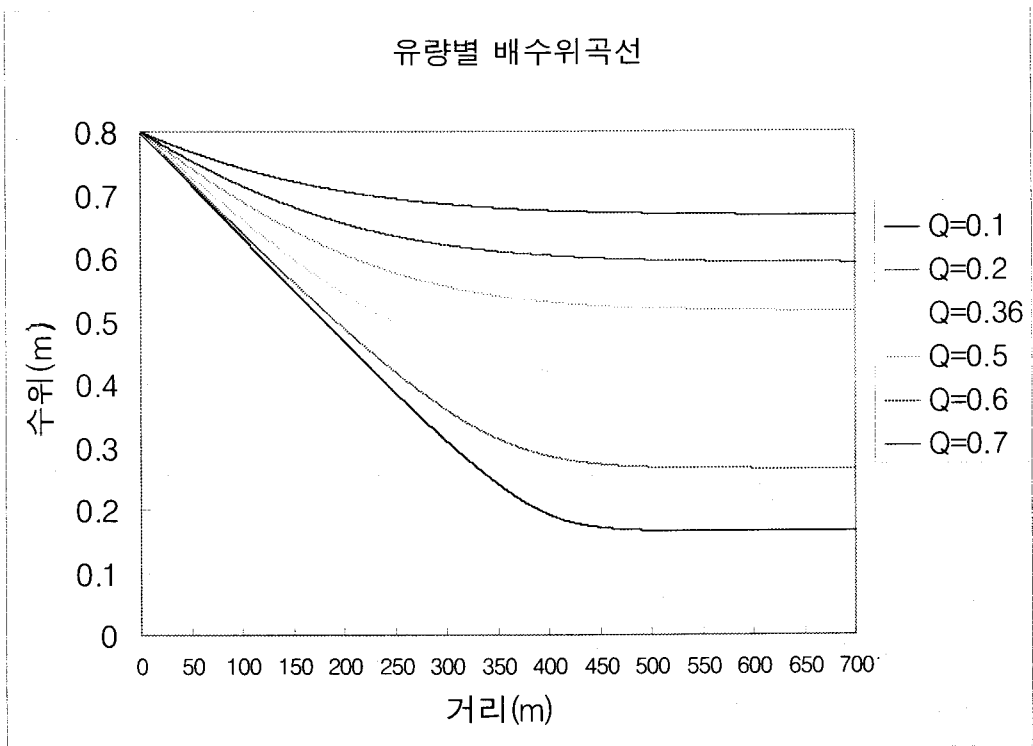
식(3.35)는 d' Aubuisson 공식으로 알려져 있으며 C_b 값은 대략 0.90~1.05의 값을 가지는 것으로 알려져 있다. 유량 Q가 주어지면 수문 하류부의 등류수심 y_3 를 계산할 수 있고 또한

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{b_1 y_1} = \frac{Q}{b_1 (y_3 + h_a)} \quad (3.136)$$

이므로 식(3.36)을 식(3.35)에 대입한 후 시행착오법에 의해 수면상승고 h_a 를 계산한다.

다음 그래프 3.6에 유량별 계산결과를 나타내었다.

그래프를 살펴보면 유량이 적으면 적을수록 최종적으로 안정되는 수위가 낮아지면 반대로 유량이 많으면 안정되는 수위가 높아진다. 또한 분수공의 높이를 0.5m로 상정했을 때 수로(폭 1.0m×높이 1.0m)내에서 무동력 자동 수문을 설치하여 분수공을 통해 송수를 원활히 할 수 있는 유량은 0.36ton/sec이다. 이 경우 최소한 1.5km까지는 분수공을 통해서



그래프 3.1.6' 유량별 배수위곡선

용수를 원활하게 공급할 수 있다. 또한 유량이 가장 적은 경우에도 수문 설치에 따른 수로의 수위증가는 수문으로부터 약 400m까지는 영향을 미친다. 따라서 본 수문은 가장 급수가 어려운 분수공의 하류에 설치하여 수위증가의 효과를 얻도록 하는 것이 가장 중요하다.

다. 제4차 시작기

1) 설치현장 조건

제4차 시작기는 온양지구 공세리지점에 설치를 하는 것으로서 사양을 정하였다. 우선 수로의 유량공급은 양수장에서 행하며 이 양수장에서 보낸 유량을 공세리와 신성리로 보낸다. 이 중간에 중앙배수로가 있고 이 중앙배수로 위를 용수로가 통과하는데 바로 그 지점에 무동력 자동 수문을 설치한다. 무동력 자동 수문의 2m 상류지점에는 방수문이 설치되어 있어서 유량이 급격하게 증가한다든지 무동력 자동 수문이 오작동을 하여 수문개폐가 이루어지지 않아 수로에 정체되어 있는 유량이 증가하여 수로범람에 따른 논침수등이 염려될 때에는 방수문을 개방하여 유량을 배수로로 보낸다.



그림 3.1.33 제4차 시작기 설치 장소

수로는 높이가 1.0m, 폭이 1.0m로서 바닥에 헨치가 0.2m×0.2m가 존재하고 있다. 본

수로를 보면 무동력 자동수문을 중심으로 하여 상류지역에는 약 100m 간격으로 양측으로 분수문이 장치되어 용수를 공급하고 있으며 자동수문 상류지역에 제수문은 존재하고 있지 않다. 또한 자동수문의 상류부에 방수문이 존재하고 있어서 긴급시 유량을 배수로로 흘러보낼 수 있도록 되어 있어서 수문 운영에 따른 안전성을 향상시켰다. 또한 본 수문은 설치함으로써 약 100ha 정도의 논에다가 원활한 용수공급이 가능케 되었다.

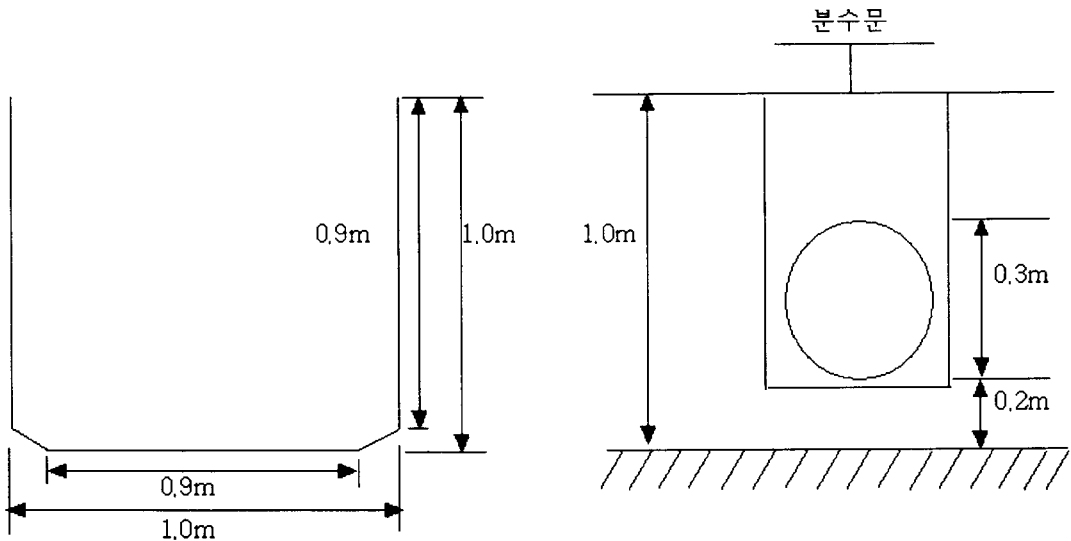


그림 3.1.34 제4차 시작기 설치 수로 단면

2) 설계 및 제작

본 제4차 시험제작기는 수로내에 수문비가 완전개방시에는 내려가 있지 않도록 설계하고 제작하여 설치한 최초의 변형 수문이다. 그 특징에 대해 설명하면 다음과 같다.

- 밸런스 웨이트의 위치 변형

수로내 유량이 급격히 증가하여 설정수위보다 수로수위가 높아졌을 경우 기존의 무동력 자동 수문은 수문비가 수로 높이의 약 60%를 가로막아 통수방해를 하였다 이러한 결과 항상 수로범람에 따른 논침수의 위험이 염려되는 그러한 구조였으나 이에 대한 심각성을 고려하여 밸런스 웨이트를 중력방향으로 최대한 끌어올려 힌지중심과 상류 밸런스웨이트의 중심이 일치되어 운영이 되었던 기존의 방식을 뛰어넘어 상류밸런스 웨이트의 중심이 힌지중심보다 하류방향으로 치우칠 수 있도록 구조변경을 행하여 수

로내 수위가 일정범위를 넘으면 수문이 완전히 뒤로 제껴져서 수문비가 수로둑 밖으로 올라올 수 있도록 하였다. 그러나 수문이 원위치가 되려면 인력에 도움을 받아야 하며 긴급시나 비상시에는 인력에 의한 유지관리를 어떤 시설물이라도 반듯이 해야 하기 때문에 수문의 원위치는 이러한 인력에 의한 유지관리시 행하도록 하였다.



사진 3.1.20 변형 무동력 자동 수문

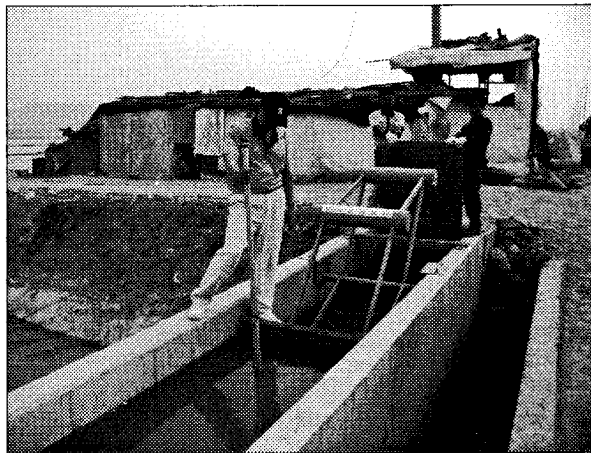


사진 3.1.21 변형 무동력 자동 수문 작동 시험 모습

표 3.1.15 제4차 시험 제작기 설계 사양

항 목	사 양	비 고
문비 크기	폭 990mm × 높이 824mm	R63의 레디얼 타입
문틀 크기	폭 996mm × 높이 1,000mm	
사용동력	없음	부력에 의해 개폐
계획수위	500mm	
수문개폐형식	수로바닥으로부터 열림	유속에 의한 퇴사방지
외부도장사양	아연 메탈라이징	
가이드 형식	힌지중심 무간섭	
실링	높이 30mm의 폴리에틸렌	
완성품 형태	조립식	
수로부착형태	앵커처리	
균형환봉	지름 6Φ, 길이 30cm	

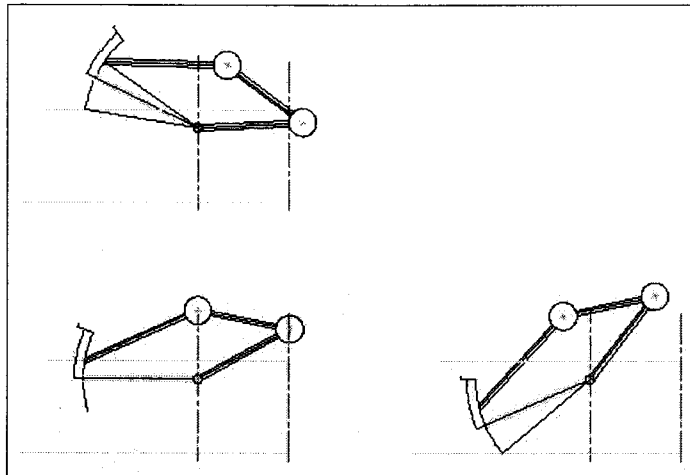


그림 3.1.35 제4차 시제품 도면

제2절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

1. 용수로 분수문 개폐장치 개량을 위한 기초조사

가. 재료 및 방법

1) 실태조사 방법

용수로 분수문 현황 및 문제점 등을 파악하기 위하여 지역, 분수문 형태, 개폐방식 등을 고려하여 조사 표본대상을 선정하였으며, 조사내용 중 분수문의 종류, 규격, 재질 및 개폐방식 등은 현지에서 실측 조사하였고, 분수문의 관리실태, 설치비, 사용상 문제점 등은 농업기반공사내 시·군 물관리 지소의 수로 관리인들을 대상으로 면접조사 하였다.

조사시기는 2000년 8월부터 2003년 7월까지 기간중 출장 필요에 따라 실시하였으며, 조사장소는 경기도 강화군 등 33개소를 대상으로 분수문의 종류, 규격, 재질, 개폐소요력, 문제점 등을 조사하였다.

2) 소재특성 조사방법

분수문에 적합한 소재를 선정하기 위하여 재료의 비중, 인장강도, 가격 등을 중심으로 공인된 시험성적, 물가자료 등을 종합하여 소재특성 조사를 하였으며, 적용 가능 소재에 대하여는 만능재료시험기(PYMV-30TC)에 의한 소재 강도시험을 실시하였다.



그림 3.2.1 인장력 시험



그림 3.2.2 굽힘력 시험

나. 결과 및 고찰

1) 분수문 실태조사

분수문은 용수로의 물을 소정의 지구로 그 필요량에 따라 조정·배분하기 위하여 설치

제2절 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

1. 용수로 분수문 개폐장치 개량을 위한 기초조사

가. 재료 및 방법

1) 실태조사 방법

용수로 분수문 현황 및 문제점 등을 파악하기 위하여 지역, 분수문 형태, 개폐방식 등을 고려하여 조사 표본대상을 선정하였으며, 조사내용 중 분수문의 종류, 규격, 재질 및 개폐방식 등은 현지에서 실측 조사하였고, 분수문의 관리실태, 설치비, 사용상 문제점 등은 농업기반공사내 시·군 물관리 지소의 수로 관리인들을 대상으로 면접조사 하였다.

조사시기는 2000년 8월부터 2003년 7월까지 기간중 출장 필요에 따라 실시하였으며, 조사장소는 경기도 강화군 등 33개소를 대상으로 분수문의 종류, 규격, 재질, 개폐소요력, 문제점 등을 조사하였다.

2) 소재특성 조사방법

분수문에 적합한 소재를 선정하기 위하여 재료의 비중, 인장강도, 가격 등을 중심으로 공인된 시험성적, 물가자료 등을 종합하여 소재특성 조사를 하였으며, 적용 가능 소재에 대하여는 만능재료시험기(PYMV-30TC)에 의한 소재 강도시험을 실시하였다.



그림 3.2.1 인장력 시험

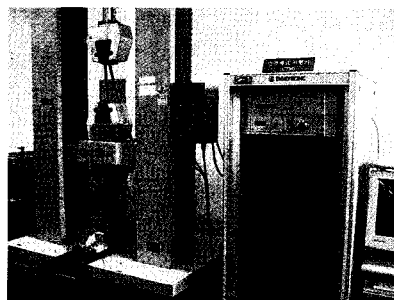


그림 3.2.2 굽힘력 시험

나. 결과 및 고찰

1) 분수문 실태조사

분수문은 용수로의 물을 소정의 지구로 그 필요량에 따라 조정·배분하기 위하여 설치

되는 수리시설물로서 그 이용실태 및 문제점은 다음과 같이 조사되었다.

가) 용수로의 종류

용수로에는 수원에서 전관개 면적에 소요되는 수량을 직접 또는 조절지를 통해서 간선시점까지 공급하는 기능을 갖는 도수로, 도수로로부터 분기되는 수로로서 주로 지선 용수로에 용수를 공급하는 기능을 갖는 간선 용수로, 간선 용수로에서 분기되는 수로로서 주로 간선 용수로로부터 유입되는 용수를 용수지거에 공급하는 기능을 갖는 지선 용수로, 간선용수로에서 직접 분기되거나 지선 용수로에서 분기되는 수로로서 용수를 직접 경지에 공급하는 기능을 갖는 지거 용수호가 있는데, 분수문은 주로 지선 용수로나 지거 용수로에 설치된다.

그림 3.3.3에서 보는 바와 같이 분수문이 설치되는 용수로의 폭은 주로 50~80cm가 가장 많았다.



그림 3.2.3 관개용 수로

나) 분수문의 종류

아래 그림에서 보는 바와 같이 분수문은 개폐되는 기어의 종류에 따라 개폐축이 스크류 형태로 되어 개폐핸들에 의해 상·하로 개폐되는 스크류식과 워기어에 의해 문비가 상·하로 개폐되는 워기어식, 재크의 왕복운동에 의해 문비와 연결된 편이 상·하 운동하

되는 수리시설물로서 그 이용실태 및 문제점은 다음과 같이 조사되었다.

가) 용수로의 종류

용수로에는 수원에서 전관개 면적에 소요되는 수량을 직접 또는 조절지를 통해서 간선시점까지 공급하는 기능을 갖는 도수로, 도수로로부터 분기되는 수로로서 주로 지선 용수로에 용수를 공급하는 기능을 갖는 간선 용수로, 간선 용수로에서 분기되는 수로로서 주로 간선 용수로로부터 유입되는 용수를 용수지거에 공급하는 기능을 갖는 지선 용수로, 간선용수로에서 직접 분기되거나 지선 용수로에서 분기되는 수로로서 용수를 직접 경지에 공급하는 기능을 갖는 지거 용수로가 있는데, 분수문은 주로 지선 용수로나 지거 용수로에 설치된다.

그림 3.3.3에서 보는 바와 같이 분수문이 설치되는 용수로의 폭은 주로 50~80cm가 가장 많았다.

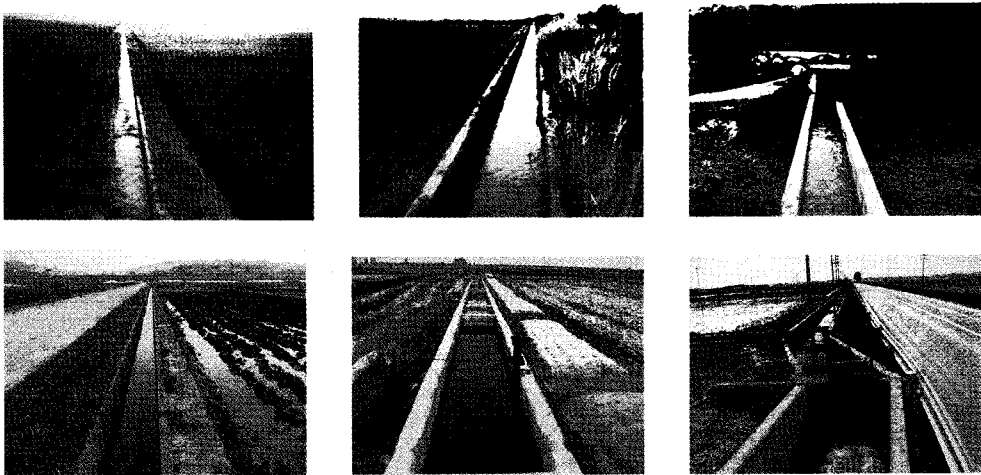


그림 3.2.3 관개용 수로

나) 분수문의 종류

아래 그림에서 보는 바와 같이 분수문은 개폐되는 기어의 종류에 따라 개폐축이 스크류 형태로 되어 개폐핸들에 의해 상·하로 개폐되는 스크류식과 웜기어에 의해 문비가 상·하로 개폐되는 웜기어식, 재크의 왕복운동에 의해 문비와 연결된 핀이 상·하 운동하

면서 개폐되는 편재크식 등으로 분류할 수 있는데, 영농현장에서는 주로 스크류식과 웬기어식이 보편적으로 사용되고 있었다.



그림 3.2.4 스크류식 분수문



그림 3.2.5 웬기어식 분수문



그림 3.2.6 편재크식 분수문



그림 3.2.7 베벨기어형 분수문

그림 3.2.8 기타

다) 분수문의 규격

분수문 규격은 표 3.2.1에서 보는 바와 같이 문비의 크기는 50~180cm, 두께 5~10mm,

면서 개폐되는 편재크식 등으로 분류할 수 있는데, 영농현장에서는 주로 스크류식과 웬기어식이 보편적으로 사용되고 있었다.



그림 3.2.4 스크류식 분수문

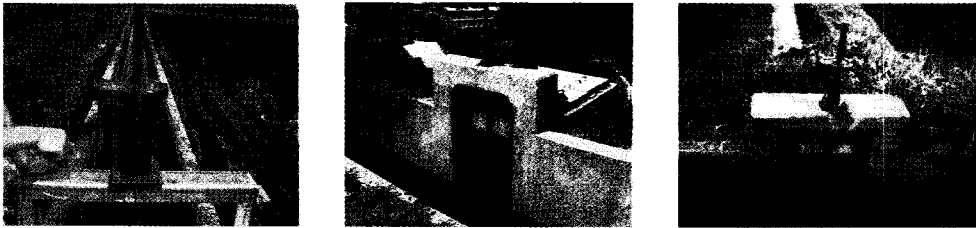


그림 3.2.5 웬기어식 분수문



그림 3.2.6 편재크식 분수문



그림 3.2.7 베벨기어형 분수문

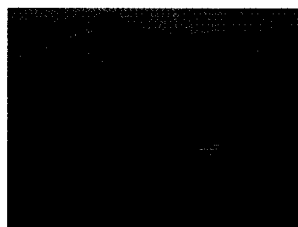


그림 3.2.8 기타

다) 분수문의 규격

분수문 규격은 표 3.2.1에서 보는 바와 같이 문비의 크기는 50~180cm, 두께 5~10mm,

개폐거리는 70~230cm로 나타났으며, 편재크식이 스크류식과 워기어식에 비해 약간 큰 것으로 나타났다.

표 3.2.1 분수문 종류별 규격

구 분	문 비			개폐장치	
	가로 (cm)	세로 (cm)	두께 (mm)	개폐거리 (cm)	직경 (cm)
스크류식	50 ~180	50 ~150	5 ~10	70 ~200	2.5 ~3.2
워기어식	50 ~150	50 ~120	5 ~8	80 ~150	2.5 ~3.2
편재크식	110 ~180	90 ~120	8	120 ~230	6 ~8

라) 재질 및 개폐토크

분수문의 재질은 대부분 일반 철재로 설치되어 있었으며, 일부 설치가 오래된 것 중에는 목재로 되어 있는 것도 있었다. 실제 분수문 개폐시 개폐 소요력은 표 3.2.2에서와 같이 스크류식이 4~9.5kgf, 워기어식이 8~39kgf, 편재크식이 5~7kgf로 나타났으며, 워기어식의 소요력이 크게 나타난 것은 부식이 주된 원인이었다.

표 3.2.2 분수문 종류별 개폐토크

구 분	재 질	개폐토크		
		소요력(kgf)	스핀들의 반경(m)	토크(kgf·m)
스크류식	철 재	4~9.5	0.2	0.8~1.9
워기어식	철 재	8~39	0.4	3.2~15.6
편 재크식	철 재	5~7	0.7	3.5~4.9

마) 계절별 관리실태

○ 봄 : 농번기 시작전 분수문 고장점검 및 수리하는 시기로 물관리가 본격적으로

시작되는 시기(2~4월).

- 여름 : 벼농사의 안정적 물관리를 위해 수로관리인들이 거의 매일 수리시설물(분수문 등)을 점검, 관리하는 계절로 장마시에는 물의 범람, 침수방지를 위해 비상근무 시기가 되기도 함(5~8월).
- 가을 : 권양기축(개폐축)에는 그리스유 또는 기름칠을 하고, 문비 등에는 페인트 칠을 하며, 고장 및 훼손된 부위는 수리하여 겨울철 보관을 위해 준비하는 시기(9~10월).

바) 분수문의 문제점 및 수로관리인들의 의견

용수로의 효율적 물관리를 위해 설치되고 있는 분수문은 대부분 철재로 제작 설치되어, 녹 발생 등의 부식으로 인하여 내구수명이 단축될 뿐만 아니라 작동이 안되는 등으로 적기 적시의 물관리에 지장을 초래하는 것으로 나타났다.

또한, 분수문 개폐장치의 부식으로 인한 분수문의 노후화 및 고장으로 교체시에는 많은 비용이 소요되며, 분수문 개폐장치가 제 기능을 발휘하도록 유지 관리하는데에도 많은 인력이 투입되고 있었다.

특히, 철재로 된 거양기 축이 나사산 구조로 되어 있어 통상 개폐 조작부의 핸들을 문비 50cm 개방에 스크류식인 경우에는 약 80회, 워기어식은 약 250회 회전시켜야 하므로 취급이 매우 불편하며 개폐에 많은 시간이 소요되는 것으로 나타났다.

그외 문비와 문틀사이로 누수되는 현상과 문비와 문틀사이에 잔가지, 비닐 등 이물질이 끼이는 것, 저수지 하부 지역의 농민들이 물을 공급받기 위하여 상부에 있는 분수문의 개폐축을 파손시키는 행위, 권양기 축과 문비의 중심선 불일치, 문틀이 좁게 설치되어 작동이 되지 않는 시공상의 문제점, 분수문 고정시키기 위해 타설되는 콘크리트는 설치비용 증가시키는 원인이 되고 있다.

현장에서 조사하고, 수로 관리인들의 의견을 종합한 것을 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

- 스크류식과 워기어식 분수문 모두 권양기축(개폐축)의 부식으로 개폐에 소요되는 힘이 크며, 내구수명을 단축시키는 원인이 되고 있어 내부식성 소재의 분수문 개량

이 요구됨.

- 스크류축의 나사산 피치간격이 평균 3~4mm, 개폐축 직경은 28~34mm로 나사산 구조의 피치간격이 좁아 개폐시간이 오래 걸리며, 개폐축 나사산이 부식되었을 때 개폐에 많은 힘이 듦.
- 특히, 워기어식 분수문의 경우 작동시 개폐핸들의 개폐회전수가 많아 취급이 매우 불편한 것으로 나타남.
- 분수문 작동시 개폐시간이 오래 걸리고 개폐핸들을 수백회 회전시켜야 하므로 대부분 고령자인 수로관리인들에게는 취급에 어려움을 느끼고 있음.
- 스크류식 분수문은 개폐핸들을 돌리는 부분에 흙, 모래 등 이물질이 들어가서 개폐핸들을 사용하기 전에 철사 등으로 이물질을 제거후 작업을 해야 하므로 불편함.
 - 고무 등에 의한 개폐핸들 삽입부에 덮개를 설치할 필요가 있음.
- 인위적 파손, 강우 등에 따른 부식 방지, 안전 등을 위하여 분수문 개폐축을 감싸는 덮개가 필요함.
- 분수문 파손방지를 위해 분수문 보호망 필요.
- 문비와 문틀사이의 틈새로 누수되는 물이 많아 누수를 줄일 수 있는 문비와 문틀구조 설계가 요망됨.
- 문비와 문틀간의 간격으로 문비의 흔들림, 물샘 현상 등이 나타남.
- 개폐축과 문비 이음새의 고장, 개폐축 휨 현상 등이 나타났음.
- 문비와 문틀사이 이물질 끼임.
- 분수문 통수 물구멍이 작아 야기되는 문제점
 - 각종 이물질(잔가지 등) 걸림의 원인이 됨.
 - 홍수시 도로 범람의 원인이 됨.
 - 포장에 물 공급시 소요되는 시간이 오래 걸림.
 - 보통 통수구멍의 직경은 30~50cm 정도인데, 수로관리인들의 의견은 통수구멍의 직경이 60~80cm는 되어야 물의 소통이 원활히 이루어질 것으로 봄.
- 수로폭에 따른 적정 설계기준이 없어 철공소 등에서 임의로 제작하는 경우가 있음.

- 수로의 폭에 따른 적정 분수문 설계 기준 제시가 요구됨.
- 분수문 문비의 무게가 과다하므로 경량화 요망.
- 방수문, 제수문의 경우 대부분 전동기로 작동되는데 문비 아래에 돌, 나무가지 등 이물질이 끼임시 센서에 의한 전동기 작동이 멈출수 있도록 설계 요망.
- 핸들 하나로 모든 분수문을 작동할 수 있도록 핸들의 규격화가 요망됨.



<스크류식>



<웜기어식>



<웜기어식>

그림 3.2.9 분수문 소재의 부식

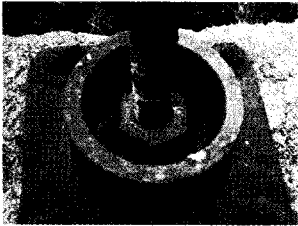


그림 3.2.10 문비 부식

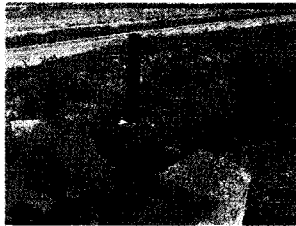


그림 3.2.11 개폐 스크류축의 인위적 파손

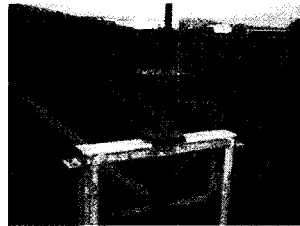
- 수로의 폭에 따른 적정 분수문 설계 기준 제시가 요구됨.
- 분수문 문비의 무게가 과다하므로 경량화 요망.
- 방수문, 제수문의 경우 대부분 전동기로 작동되는데 문비 아래에 돌, 나무가지 등 이물질이 끼임시 센서에 의한 전동기 작동이 멈출수 있도록 설계 요망.
- 핸들 하나로 모든 분수문을 작동할 수 있도록 핸들의 규격화가 요망됨.



<스크류식>



<웜기어식>



<웜기어식>

그림 3.2.9 분수문 소재의 부식

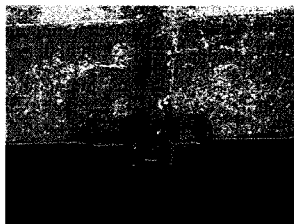
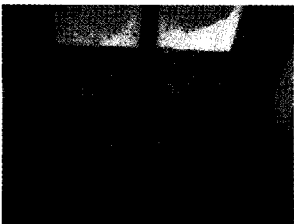


그림 3.2.10 문비 부식



그림 3.2.11 개폐 스크류축의 인위적 파손



그림 3.212 개폐축 고정부 이탈



그림 3.213 문비아래 이물질 끼임현상



<개폐핸들 삼입부 물고임>

<개폐핸들 삼입부에 이물질 들어감>

그림 3.214 개폐핸들 삼입부의 이물질 충전

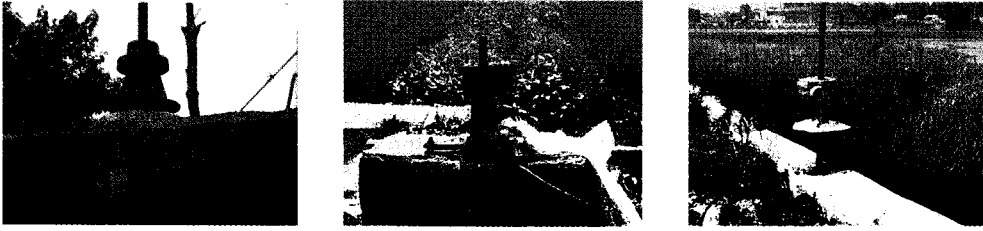


그림 3.212 개폐축 고정부 이탈



그림 3.213 문비아래 이물질 끼임현상



<개폐헨들 삼입부 물고임>

<개폐헨들 삼입부에 이물질 들어감>

그림 3.214 개폐헨들 삼입부의 이물질 충전

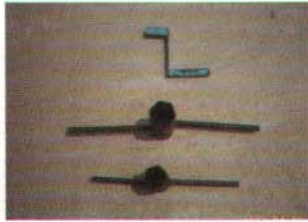


그림 3.2.15 다양한 개폐핸들



그림 3.2.16 규격이 다른 개폐핸들



<고무판 부착>



<롤러 삽입>



<철판으로 된 문틀>

그림 3.2.17 여러 가지 문비와 문틀 구조



그림 3.2.18 분수문 고정을 위한 과대한 콘크리트 구조물 설치(설치비 증가요인)

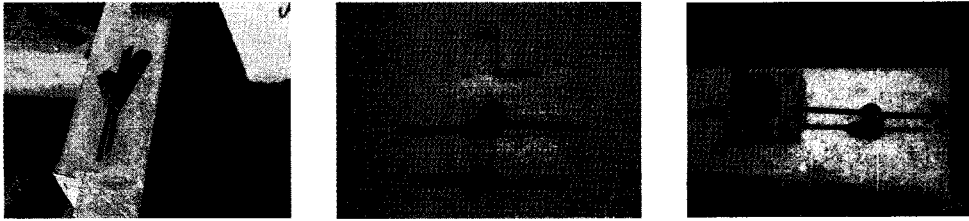


그림 3.2.15 다양한 개폐핸들



그림 3.2.16 규격이 다른 개폐핸들



<고무판 부착>

<롤러 삽입>

<철판으로 된 문틀>

그림 3.2.17 여러 가지 문비와 문틀 구조



그림 3.2.18 분수문 고정을 위한 과대한 콘크리트 구조물 설치(설치비 증가요인)

2) 소재특성 조사

분수문에 적합한 소재를 선정하기 위하여 재료의 비중, 인장강도, 가격 등을 중심으로 소재특성을 조사하였으며, 분수문 개폐장치의 가장 큰 문제점 중의 하나인 부식성 등을 고려하여 내식성이 강한 재질인 MC 나일론 등 엔지니어링 플라스틱(Engineering plastics) 제품과 내식성과 고강도를 가진 스텐레스 등을 소재로 선정하였다.

MC 나일론은 Engineering plastics의 일종으로 비중이 철의 약 7분의 1정도로 가벼우면서 낮은 마찰계수와 뛰어난 내마모성, 기계적 강도 등으로 각종 기어, 선반, 토목, 건설분야 등에 광범위하게 사용되고 있다.

가장 널리 사용되는 스텐레스 강으로 내식성, 내열성, 저온 강도를 지닌 STS 304의 경우 항복강도가 2100kg/cm²이상, 인장강도가 5300kg/cm²이상으로 기계적 강도가 우수한 것으로 나타났지만 가격이 다소 비싼 편이다.

적정 분수문 소재를 위한 소재특성 조사결과 표 3.2.3과 같이 나타났으며, 분수문 개폐장치의 가장 큰 문제점 중의 하나인 부식으로 인한 작동 곤란, 내구수명 단축, 교체비용이 과다한 점 등을 고려하여 내식성이 강한 재질인 MC 나일론 등 엔지니어링 플라스틱 제품과, 내식성과 고강도를 가진 스텐레스 등을 조합하여 시험장치를 구성할 계획이다.

표 3.2.3 소재특성 조사

구 분	비중	인장강도 (kg/cm ²)	가열변형 온도(°C)	부식성	가격(천원) (□1×1m, 5t)
철재강판	7.85	4,100	-	강함	16~22
알루미늄	2.68	1500~5400	400~600	매우 약함	38~48
스텐레스	7.95	5,000~6,000	-	매우 약함	60~80
FRP	1.6	600~1,200	117	없음	20~25
MC 나일론	1.15	700~900	160	없음	40~65
PVC	1.40	600	110	없음	28~32
폴리아세탈 수지(POM)	1.42	620	110	없음	60~70
폴리카보 네이트(PC)	1.20	700	135	없음	140~160
테프론 (PTFE)	2.40	175	60~80	없음	270~290
GUR	0.96	420	110~130	없음	250~270

2. 용수로 분수문 개폐장치 설계·제작

기존 분수문의 재질 및 취급상 문제점 등을 고려하여 설계 형식은 초기 랙앤피니언식으로 설계·제작하여 문제점을 조사하였으며, 그후 실용성 측면을 고려하여 개량 스크류식 분수문으로 개량하였다. 설계시 분수문의 수압, 개폐시 회전력 등을 계산하여 안전하고 취급이 용이하도록 하였으며, 기존 분수문의 문제점인 소재의 부식, 개폐토크 과다, 긴 개폐시간 등의 문제점을 해결하는데 중점을 두었다.

가. 랙앤피니언 분수문

1) 구조 및 작동원리

기존 분수문의 개폐축 구조가 대부분 나사산 구조로 되어 있어 피치 간격이 좁고 쉽게 부식되는 점을 감안하여 문비의 개폐폭을 크게 하기 위하여 개폐핸들에 의해 작동되는 랙앤피니언 방식으로 설계하였다.

분수문의 구조는 그림 3.2.20에서 보는 바와 같이 분수문의 기본 프레임인 문틀 및 문비, 문비의 상하 이동시 안내 역할을 하는 가이드, 문비를 상하 이동시켜 물의 흐름을 제어하는 개폐장치 등으로 구성되어 있다.

분수문의 작동원리는 개폐핸들을 돌려 피니언 축을 회전시키면 피니언이 돌게되고, 피니언은 랙기어와 피니언기어로 맞물려 랙을 상·하로 이동시키게 되는 데, 문비와 일체로 조합되어 있는 랙의 상·하 움직임은 곧 문비를 상·하로 이동시켜 개폐되도록 되어 있다.

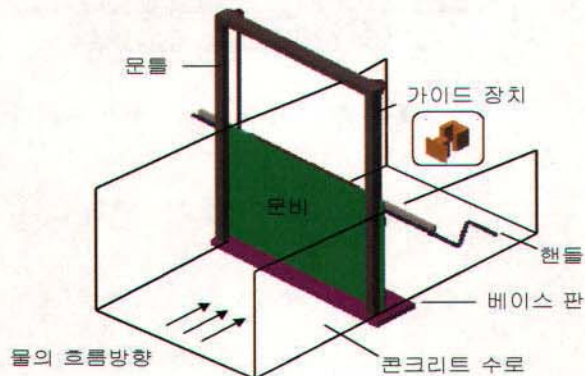


그림 3.2.19 분수문 개폐장치의 사시도

2. 용수로 분수문 개폐장치 설계·제작

기존 분수문의 재질 및 취급상 문제점 등을 고려하여 설계 형식은 초기 랙앤피니언식으로 설계·제작하여 문제점을 조사하였으며, 그후 실용성 측면을 고려하여 개량 스크류식 분수문으로 개량하였다. 설계시 분수문의 수압, 개폐시 회전력 등을 계산하여 안전하고 취급이 용이하도록 하였으며, 기존 분수문의 문제점인 소재의 부식, 개폐토크 과다, 긴 개폐시간 등의 문제점을 해결하는데 중점을 두었다.

가. 랙앤피니언 분수문

1) 구조 및 작동원리

기존 분수문의 개폐축 구조가 대부분 나사산 구조로 되어 있어 피치 간격이 좁고 쉽게 부식되는 점을 감안하여 문비의 개폐폭을 크게 하기 위하여 개폐핸들에 의해 작동되는 랙앤피니언 방식으로 설계하였다.

분수문의 구조는 그림 3.2.20에서 보는 바와 같이 분수문의 기본 프레임인 문틀 및 문비, 문비의 상하 이동시 안내 역할을 하는 가이드, 문비를 상하 이동시켜 물의 흐름을 제어하는 개폐장치 등으로 구성되어 있다.

분수문의 작동원리는 개폐핸들을 돌려 피니언 축을 회전시키면 피니언이 돌게되고, 피니언은 랙기어와 피니언기어로 맞물려 랙을 상·하로 이동시키게 되는 데, 문비와 일체로 조합되어 있는 랙의 상·하 움직임은 곧 문비를 상·하로 이동시켜 개폐되도록 되어 있다.

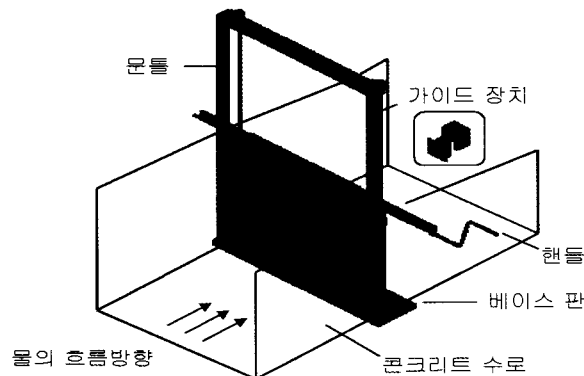


그림 3.2.19 분수문 개폐장치의 사시도

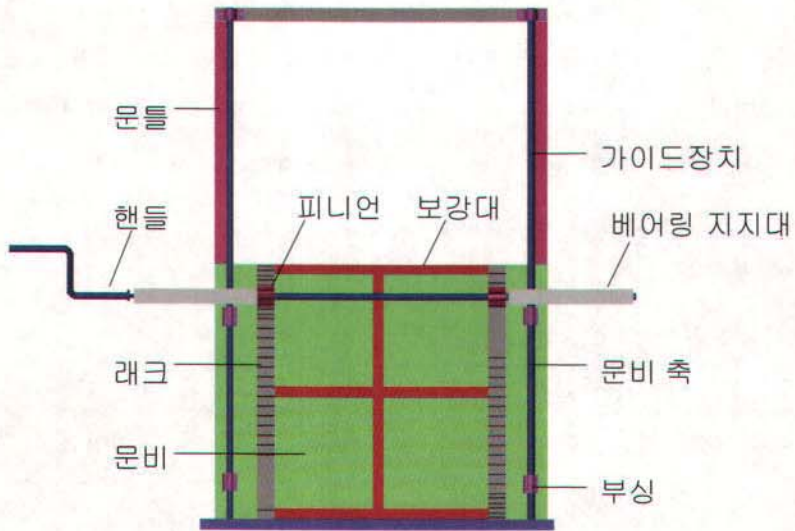


그림 3.2.20 배면도

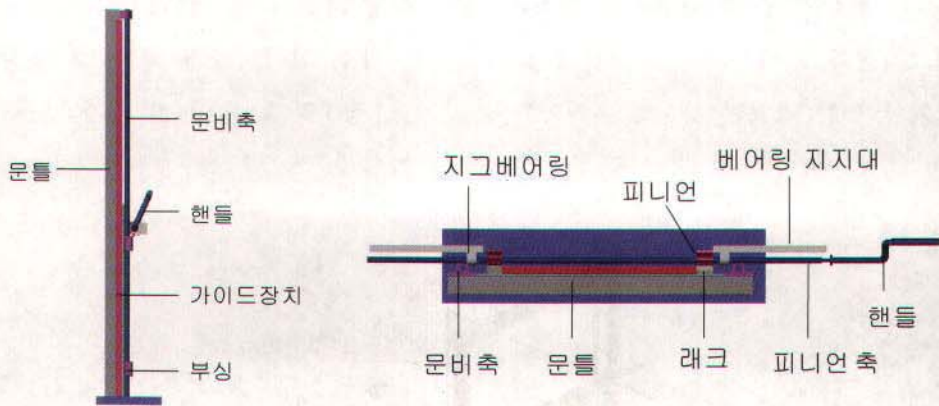


그림 3.2.21 측면도

그림 3.2.22 평면도

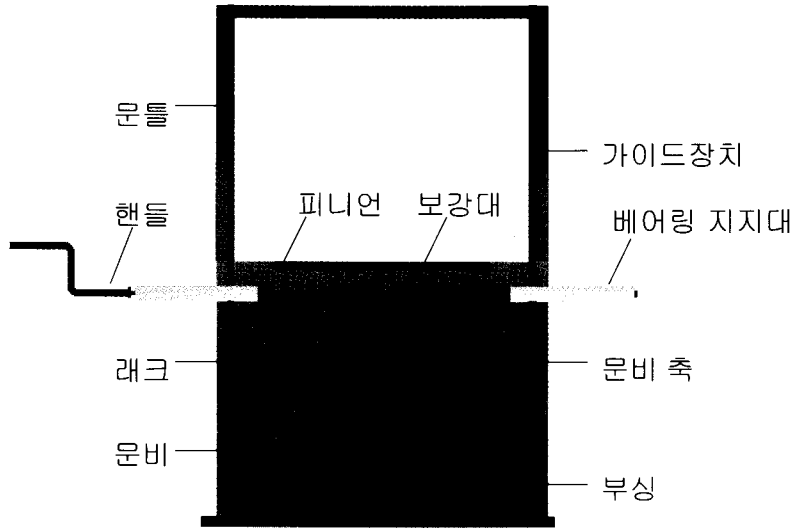


그림 3.2.20 배면도

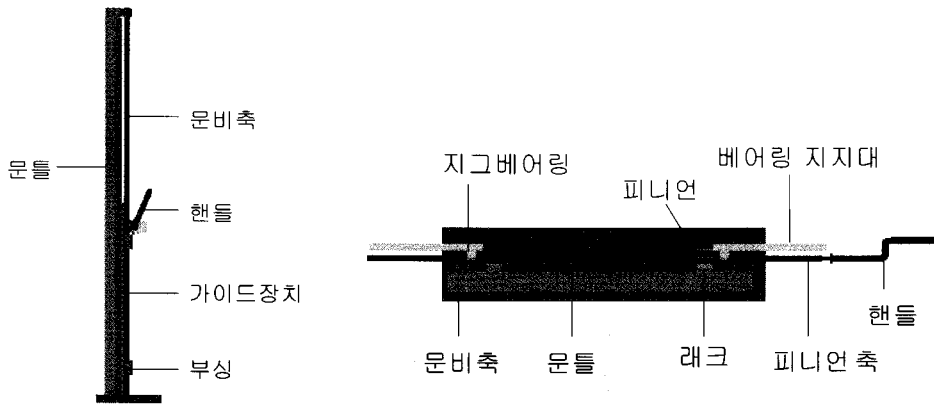


그림 3.2.21 측면도

그림 3.2.22 평면도

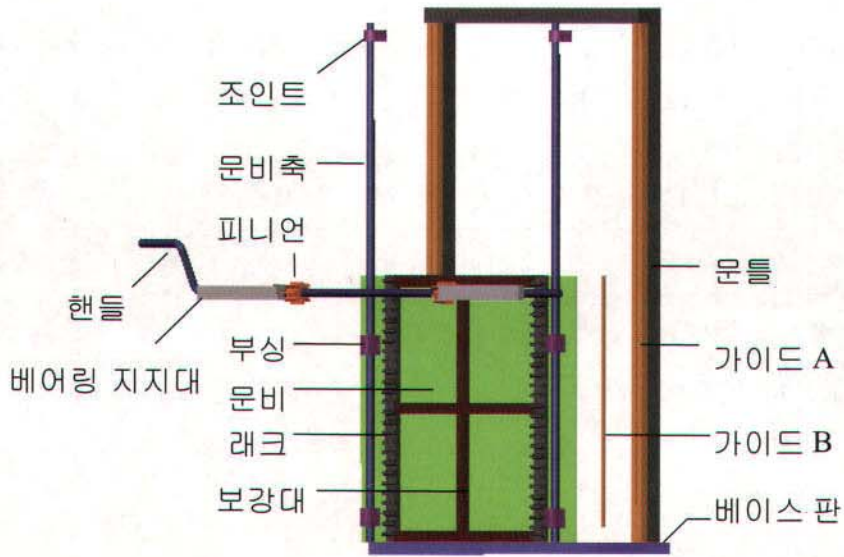


그림 3.2.23 분수문 개폐장치 해체도



그림 3.2.24 제작 래크엔피니언식 분수문

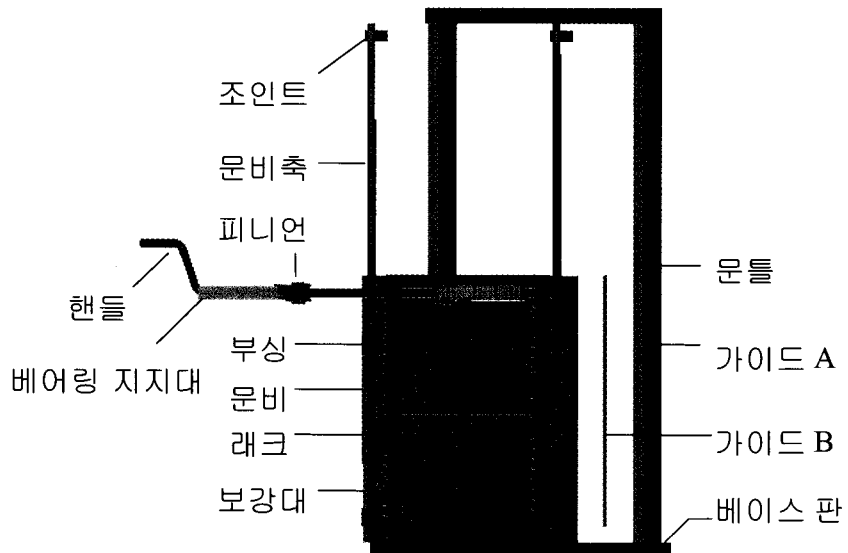


그림 3.2.23 분수문 개폐장치 해체도

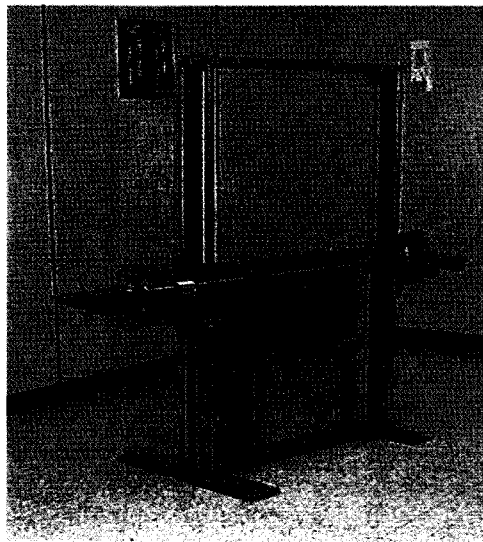


그림 3.2.24 제작 액엔피니언식 분수문

2) 제원

랙엔피니언 방식의 시작분수문의 제원은 문틀 및 가이드 장치부와 문비부, 개폐장치부로 나누어지며, 제원은 아래 표 3.2.4~6과 같다.

표 3.2.4 문틀 및 가이드 장치의 제원

구분	문틀(mm)		가이드 凹(mm)			가이드 凸(mm)		
	문틀상	문틀좌(우)	폭	두께	길이	폭	두께	길이
규격	□40×40 ×800(L)	□40×40 ×1500(L)	40	20	1500	10	10	80
소재	AL 프로파일		MC 나일론					

표 3.2.5 문비부의 제원

구분	문비(mm)			보강대(mm)		문비축(mm)		
	가로	세로	두께	폭	두께	직경	길이	부싱직경
규격	800	1,500	5	50	20	20	1,500	20
소재	알루미늄			스텐레스		스텐레스+알루미늄		

표 3.2.6 개폐장치 제원

구분	피니언(mm)			랙크(mm)			핸들(mm)	
	직경	폭	모듈	폭	두께	길이	회전반경	축직경
규격	60	50	2.5	50	50	800	100	20
소재	엔지니어링 플라스틱 (Engineering Plastic)			엔지니어링 플라스틱 (Engineering Plastic)			스텐레스	

3) 시작기의 특징

시작기의 특징은 개폐 조작시 핸들 회전수를 줄이기 위해 래크와 피니언에 의해 개폐 되도록 설계되었으며, 문비의 상·하 이동시 문비와 문틀사이에 요철(凹凸)로 된 안내홈을 두어 문비의 상·하 이동시 안내 역할과 수밀성을 유지하도록 하였으며, 바닥면에서 10cm 정도는 가이드에 요철(凹凸)부를 두지 않아 모래 등 이물질이 요철부에 끼지 않도록 하였다.

기존 스크류식이나 워기어식 분수문의 경우, 작동시 개폐핸들 회전수가 많았으나 래크와 피니언에 의한 개폐방식은 개폐핸들 회전수를 대폭 감소시킨 것이 특징이다.

분수문의 소재는 부식성을 고려하여 내식성이 우수하고 고강도의 기계적 성질을 갖춘 스테레스와 낮은 마찰계수, 내마모성, 기계적 강도가 뛰어난 엔지니어링 플라스틱 (Engineering Plastic) 제품중 MC 나일론을 소재로 이용하였다.

나. 개량 스크류식(Screw type) 분수문

1) 구조분석 및 설계

가) 분수문 구조해석

① 문비의 수압(F_{GX}) 및 최대응력(σ)

$$F_{GX} = \frac{\gamma}{2} (y_1^2 - y_2^2) + 2\gamma b y_1 y_2 \left(\frac{y_2 - y_1}{y_1 + y_2} \right)$$

b : 수문 폭(1m)

γ : 문의 단위중량 (9800N/m³)

y_1 : 수문상부 수심(1m), y_2 : 수문하부 수심(0)

⇒ 문비의 수압(F_{GX}) = 4900N/m²

② 문비의 소재 허용응력(σ)

$$\sigma = M/Z = 6M/(12bh^2)$$

여기서, $M=661.5Nm$, $Z=0.027 \times 10^{-9}m^3$ 이므로

∴ $\sigma=2.45 \times 10^{12}N/m^2$ 따라서 문비의 안전율은 5.8배로 나타났다.

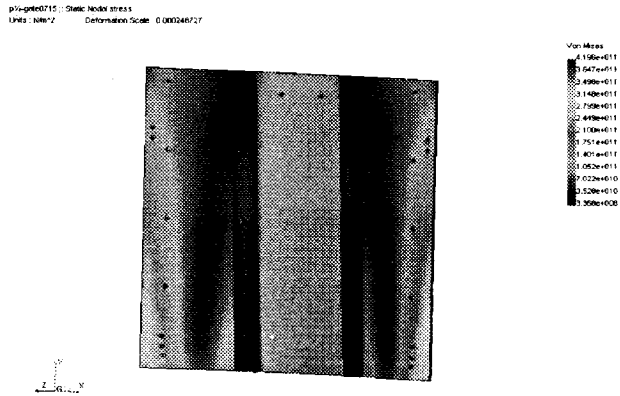


그림 3.2.25 문비 구조해석의 응력도

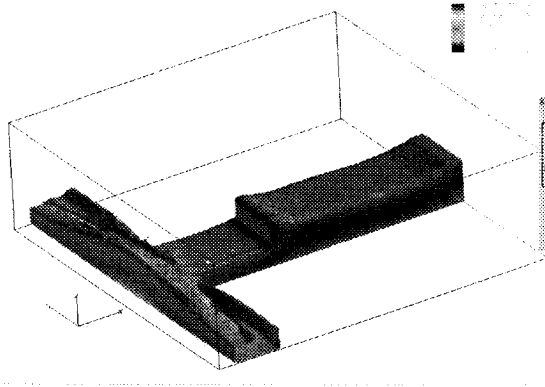


그림 3.2.26 분수문의 수압에 따른 응력분석

▷ 문비의 수압에 따른 최대응력(σ) = $4.196 \times 10^{11} \text{N/m}^2$

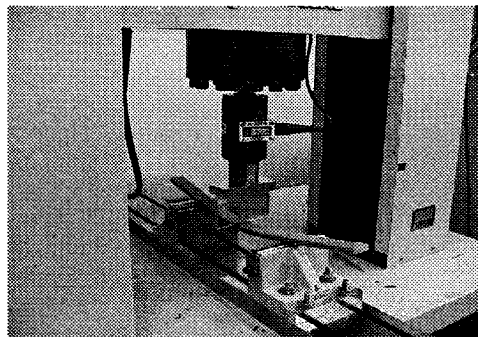


그림 3.2.27 굽힘시험

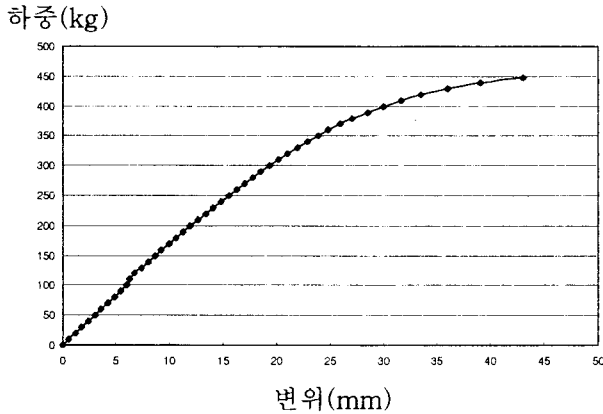


그림 3.2.28 문비재료의 굽힘하중 그래프

③ 스크류축의 피치 설계

스크류축 회전력 (P)를 구하는 식은 그림 3.2.29와 같이 사각나사가 축방향으로 W 의 힘을 받고 있다고 하자. 사각나사의 유효지름을 d_2 , 피치를 p 라고 했을 때, 이 하중을 들어올리기 위한 토크와 하중을 내리는데 필요한 토크는 다음과 같다.

그림 3.2.30~31에서 보는 바와 같이 나선각을 θ 로 하고 유효지름의 접선 방향에 가해지는 회전력을 P 라고 하면 W 를 들어 올리기 위한 P 는 사면 방향과 법선 방향의 힘의 평형으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P \cos \theta = W \sin \theta + \mu F_n$$

$$F_n = P \sin \theta + W \cos \theta$$

$$P = \frac{\mu \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} W$$

여기서 마찰계수 μ 는 마찰각 ρ 로 나타낼 수 있으므로

$$\mu = \tan \rho$$

가 되고,

$$P = \frac{\tan \rho \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \tan \rho \sin \theta} W = \frac{\tan \rho + \tan \theta}{1 - \tan \rho \tan \theta} W = W \tan(\rho + \theta)$$

만일 $\tan \theta = \frac{p}{\pi d_2}$ 를 대입하면,

$$P = W \frac{p + \mu \pi d_2}{\pi d_2 - \mu p} \text{ 가 된다.}$$

하중을 내릴 때에는 그림 3.2.31에서,

$$F_n = -P \sin \theta + W \cos \theta$$

$$\mu F_n - P \cos \theta - W \sin \theta = 0$$

가 되고,

$$P = W \frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\mu \sin \theta + \cos \theta} = W \tan(\rho - \theta)$$

가 된다.

여기서 만일 $\rho > \theta$ 이면 P 는 양의 수로서 나사를 내리는 데 필요한 힘을 나타내게 되며, $\rho < \theta$ 이면 P 는 음의 수로서 너트는 스스로 풀리게 된다. 따라서 나사가 스스로 풀리지 않고 자립하려면 $\rho > \theta$ 이어야 한다.

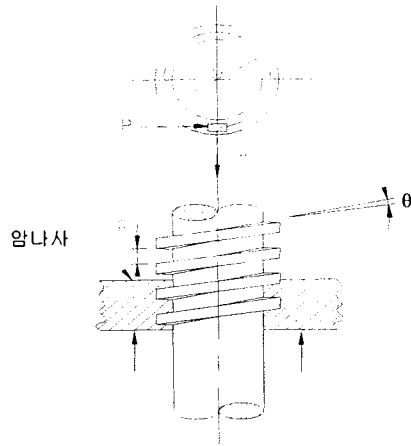


그림 3.2.29 개폐축의 구조

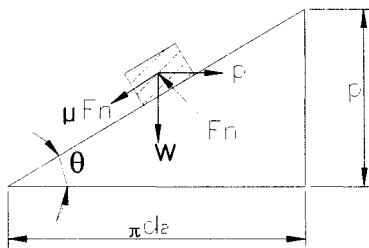


그림 3.2.30 힘의 평형(I)

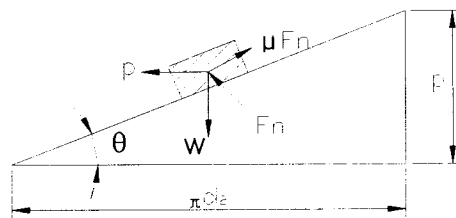


그림 3.2.31 힘의 평형(II)

○ 개폐축 스크류 피치 설계 예

하중을 들어 올릴 때 스크류축의 회전력(P)은

$$P = \frac{\tan \rho \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \tan \rho \sin \theta} W = \frac{\tan \rho + \tan \theta}{1 - \tan \rho \tan \theta} = W \tan(\rho + \theta) \text{ 되므로,}$$

P : 회전력

W : 축방향의 힘

θ : 나선각

d_2 : 사각나사의 유효지름

ρ : 마찰각

p : 사각나사의 피치

μ : 마찰계수

여기서 $\tan \theta = \frac{p}{\pi d_2}$ 로 산정될 수 있으므로

$$P = W \frac{p + \mu \pi d_2}{\pi d_2 - \mu p} \text{ 가 된다.}$$

개폐 스크류축 사각나사의 피치 간격은 개폐 스크류축의 회전력(P)을 기존 70N 정도인 것을 20N을 목표치로 하고, 스크류축의 직경은 기존 28~34mm인 것을 40mm로 하면, 나사의 유효지름은 $d_2=30\text{mm}$ 가 되며, 마찰계수 $\mu=0.15$, 문비의 무게에 의한 축방향의 힘 $W = 50\text{N}$ 으로 가정할 때, 스크류축 사각나사의 피치 간격은 약 22mm가 됨을 알 수 있다.

2) 구조 및 작동원리

분수문의 구조는 그림 3.2.32~34에서 보는 바와 같이 분수문의 기본 프레임인 문틀 및 문비, 문비의 상·하 이동시 안내 역할을 하는 가이드 홈, 나사산 구조의 개폐축, 물의 누수를 위한 조임장치 등으로 구성되어 있다.

분수문의 작동원리는 문틀상부의 핸들을 돌리면 나사산 구조로 된 개폐축이 회전함에 따라 문비와 일체로 조합되어 있는 개폐축 하단의 너트케이스가 상·하로 이동하면서 문비를 개폐하도록 되어 있다.

또한, 수동 개폐핸들에 의해 분수문이 작동되지 않고 원거리에서 작동이 가능하도록 그림 3.2.37~38과 같이 리모콘제어용 시작분수문을 설계·제작하였다. 시작기의 구성은 컨트롤 박스, 개폐모터(DC 12V), 리미트 스위치, 밀폐형 칼슘배터리(AL40L), 문틀, 문비, 개폐축, 조임장치 등으로 구성된다.

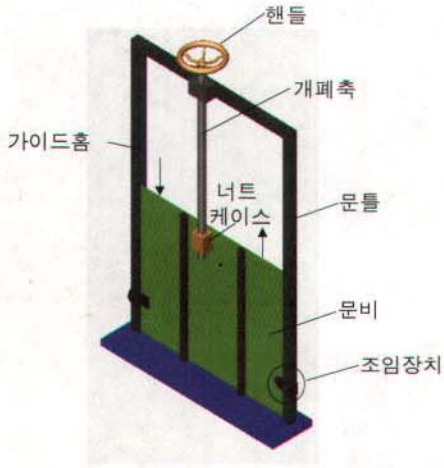


그림 3.2.32 개량 스크류식 분수문 구조



그림 3.2.33 시작기 초기 시제품

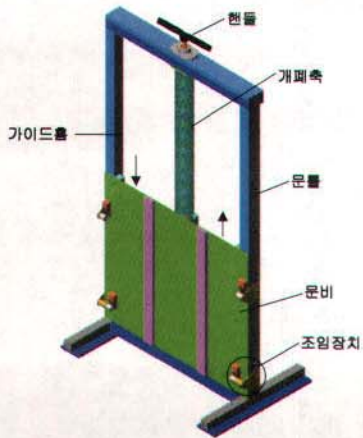


그림 3.2.34 개량보완된 분수문 구조



그림 3.2.35 개량보완된 시작기 사진(1차)

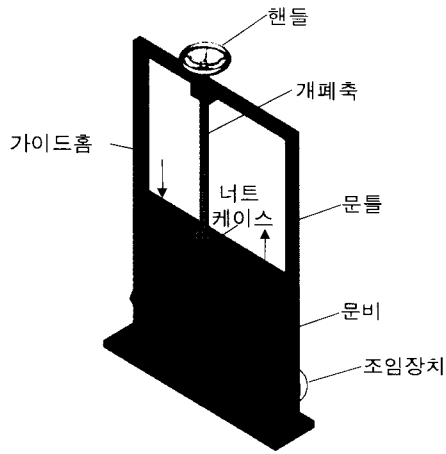


그림 3.2.32 개량 스크류식 분수문 구조

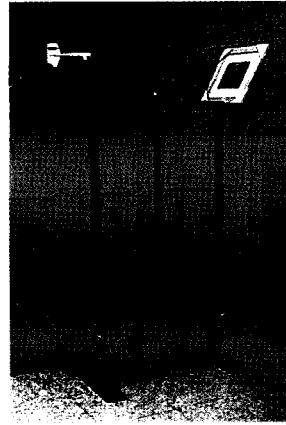


그림 3.2.33 시작기 초기 시제품

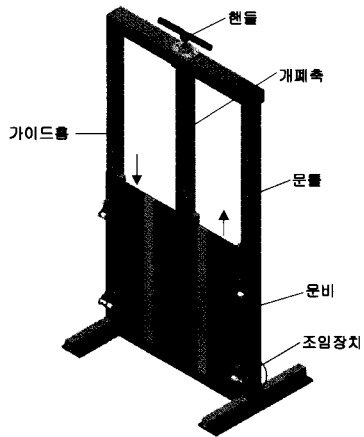


그림 3.2.34 개량보완된 분수문 구조

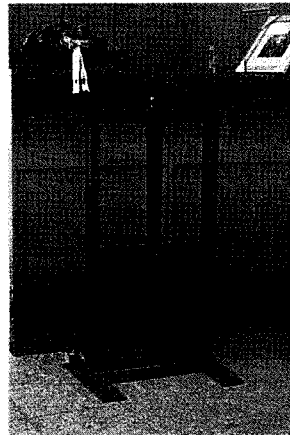


그림 3.2.35 개량보완된 시작기 사진(1차)



그림 3.2.36 개량보완된 시작기와 개폐핸들 사진(2차)

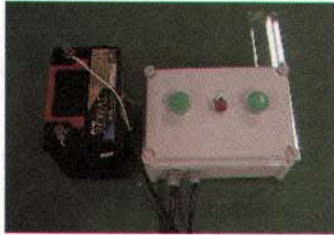


그림 3.2.37 컨트롤박스



그림 3.2.38 리모콘제어식 시작기

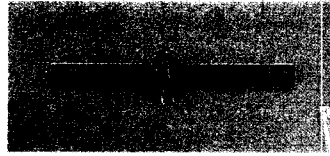
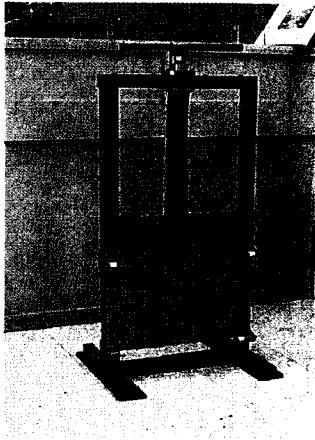


그림 3.2.36 개량보완된 시작기와 개폐핸들 사진(2차)

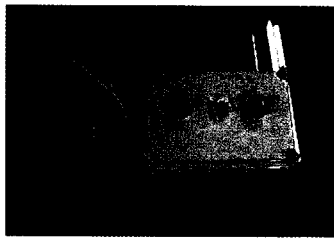
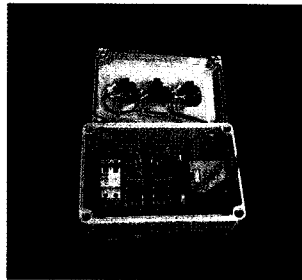


그림 3.2.37 컨트롤박스

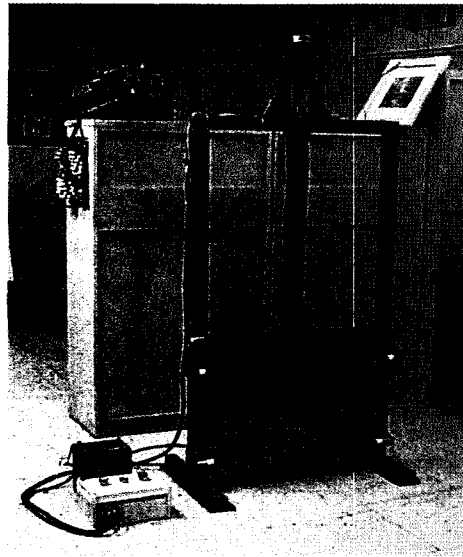


그림 3.2.38 리모콘제어식 시작기

리모콘제어식 시작기는 소형 리모콘으로 제어거리가 50m까지 가능하고, 개폐모터는 DC12V, 32A로 용량이 384W 정도가 되도록 설계·제작하였다. 관계 전문가(대학교수, 연구원, 수로관리인)을 초청하여 시연해 본 결과 분수문 개폐 측면에서는 매우 유용하다고 판단되나, 현장의 열악한 환경(과습, 고온, 빗물 등)에 의한 장치의 고장 우려, 가격 상승 등의 문제가 있는 것으로 판단되어 더 이상 추진하지 않고 수동형 개량 스크류식 분수문에 연구를 집중하였다.

그림 3.2.39는 개량 스크류식 분수문 시작기의 전체 해체도로서 분수문 장치의 일부 부품이 파손되거나 손상되었을 때 교환이 용이하도록 분수문 전체가 조립·해체될 수 있도록 설계·제작되었다.

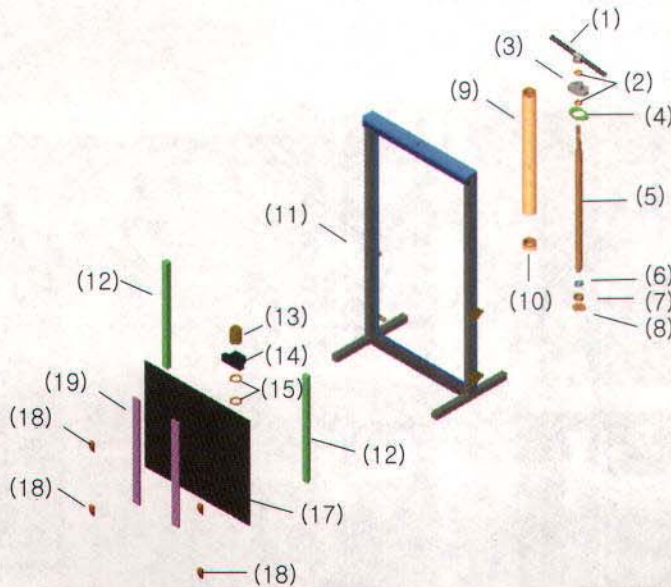


그림 3.2.39 시작기의 해체도

- | | | | |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|
| (1) 개폐핸들 | (6) 하부 베어링 | (11) 문틀 | (17) 문비 |
| (2) 상부 베어링 | (7) 베어링 케이스 | (12) 가이드판 | (18) 쇄기판 |
| (3) 베어링 지지장치(상) | (8) 베어링 덮개 | (13) 개폐축 너트 | (19) 문비 보강대 |
| (4) 베어링 지지장치(하) | (9) 개폐축 덮개(상) | (14) 너트 케이스 | (20) 조임장치 |
| (5) 개폐축 | (10) 개폐축 덮개(하) | (15) 와셔 | (22) 롤러 |

리모콘제어식 시작기는 소형 리모콘으로 제어거리가 50m까지 가능하고, 개폐모터는 DC12V, 32A로 용량이 384W 정도가 되도록 설계·제작하였다. 관계 전문가(대학교수, 연구원, 수로관리인)을 초청하여 시연해 본 결과 분수문 개폐 측면에서는 매우 유용하다고 판단되나, 현장의 열악한 환경(과습, 고온, 빗물 등)에 의한 장치의 고장 우려, 가격 상승 등의 문제가 있는 것으로 판단되어 더 이상 추진하지 않고 수동형 개량 스크류식 분수문에 연구를 집중하였다.

그림 3.2.39는 개량 스크류식 분수문 시작기의 전체 해체도로서 분수문 장치의 일부 부품이 파손되거나 손상되었을 때 교환이 용이하도록 분수문 전체가 조립·해체될 수 있도록 설계·제작되었다.

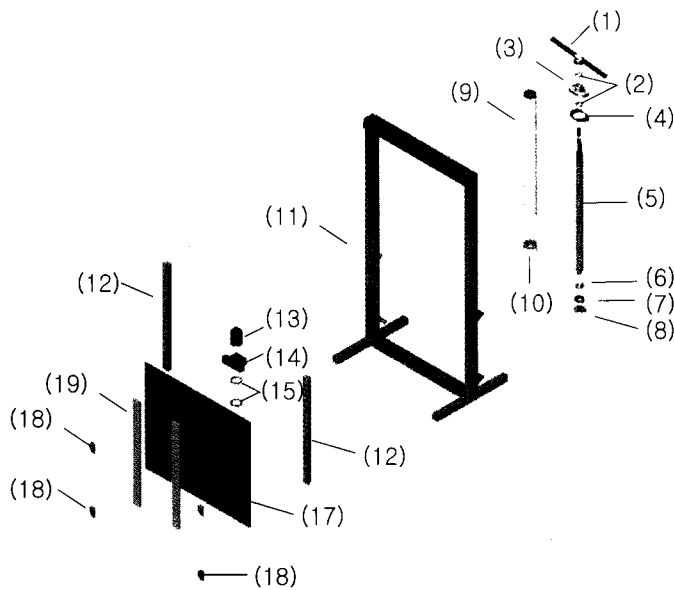


그림 3.2.39 시작기의 해체도

- | | | | |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|
| (1) 개폐핸들 | (6) 하부 베어링 | (11) 문틀 | (17) 문비 |
| (2) 상부 베어링 | (7) 베어링 케이스 | (12) 가이드판 | (18) 쇄기판 |
| (3) 베어링 지지장치(상) | (8) 베어링 덮개 | (13) 개폐축 너트 | (19) 문비 보강대 |
| (4) 베어링 지지장치(하) | (9) 개폐축 덮개(상) | (14) 너트 케이스 | (20) 조임장치 |
| (5) 개폐축 | (10) 개폐축 덮개(하) | (15) 와셔 | (22) 롤러 |

3) 제원

개량 스크류식 시작기의 제원은 문비, 보강대, 개폐축, 문틀, 핸들, 조임장치 등으로 구성되는데 구체적인 제원은 아래 표 3.2.7~8과 같다.

표 3.2.7 제원 I (문비폭 800mm인 경우)

구분	문비(mm)			보강대(mm)		개폐축(mm)		
	가로	세로	두께	폭	두께	직경	길이	피치
규격	800	800	5	40	10	41	1,000	21
소재	스텐레스			MC 나일론		스텐레스		

구분	문틀크기(mm)			핸들(mm)		조임장치(mm)		
	폭	높이	두께	폭	축직경	폭	높이	두께
규격	800	1,500	□60×60	400	25	50	70	20
소재	MC나일론 및 스텐레스			플라스틱 및 스텐		MC나일론 및 스텐레스		

표 3.2.8 제원 II (문비폭 600mm인 경우)

구분	문비(mm)			보강대(mm)		개폐축(mm)		
	가로	세로	두께	폭	두께	직경	길이	피치
규격	600	600	5	40	10	41	1,000	21
소재	스텐레스			MC 나일론		스텐레스		

구분	문틀크기(mm)			스핀들(mm)		조임장치(mm)		
	폭	높이	두께	길이	직경	폭	높이	두께
규격	600	1,350	□60×60	450	25	50	70	20
소재	MC나일론 및 스텐레스			플라스틱 및 스텐		MC나일론 및 스텐레스		

4) 시작기의 특징

개량 분수문은 작동시 개폐스크류축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하는 방식을 적용함으로써 기존 분수문의 개폐축 자체가 상·하로 이동되는 방식에 비해 안전성과 내구성이 증대되도록 고안하였다.

- 스크류축 이동방향 : 상·하 이동식 → 제자리 회전식

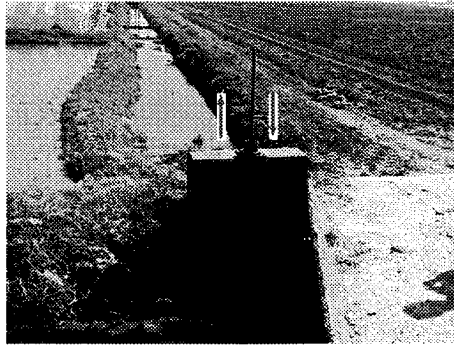


그림 3.2.40 기존 분수문

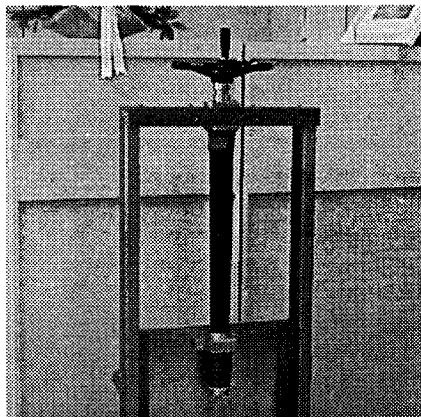


그림 3.2.41 개량 분수문

또한, 문비와 문틀사이로 물이 누수되는 것을 막기 위하여 조임장치를 문비에 부착하여 문비를 닫을 때 썸기판이 롤러사이로 들어가게 함으로써 자동적으로 문비가 문틀에 밀착되게 설계하였다.

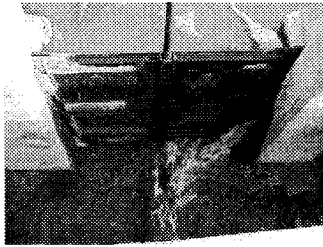


그림 3.2.42 누수현상(기존)

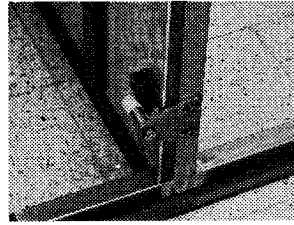


그림 3.2.43 자동 조임장치 부착

개폐 스크류축의 구조를 이중 나선형 구조로 하여 개폐에 소요되는 힘은 적게 하고 회전당 개폐 이동거리가 커지도록 설계된 것도 특징이다.

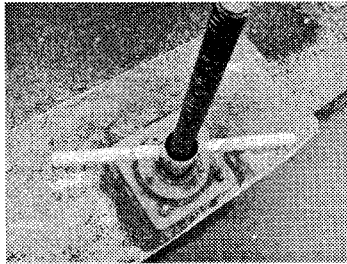


그림 3.2.44 한줄 나선형 구조(기존)

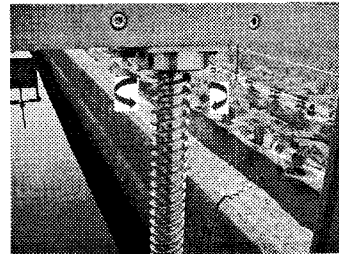


그림 3.2.45 이중 나선형 구조(시작기)

기존 분수문의 경우 소재가 철재로 되어 있어 부식으로 인한 고장이 잦았으나 본 고안 장치는 부식되지 않는 플라스틱, 스텐레스 소재를 사용하였다.

- 재질 : 철재(탄소강) → MC 나일론, 스텐레스 등 내부식 재질

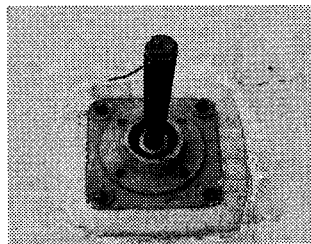


그림 3.2.46 부식에 의한 작동불능(기존)

⇒

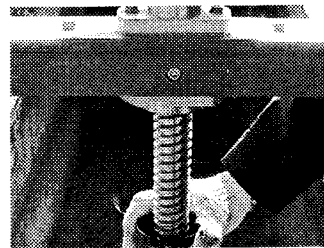
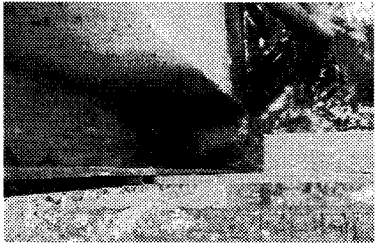


그림 3.2.47 내부식성 재질(개량)

또한, 기존 분수문의 경우 콘크리트 고정, 문비 용접 등에 의한 부품 고장시 전체를 교체하여야 하는 번거로움이 있었으나 본 고안은 전 부품이 분해·조립이 가능하도록 되어 있어 부품 고장시 교환이 용이하도록 설계되었다.

- 문비 안내 가이드 : 철재(탄소강) → MC 나일론



⇒

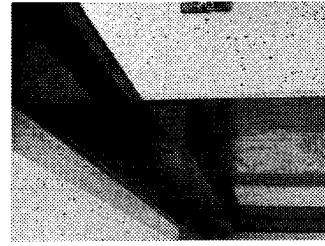


그림 3.2.48 부식에 의한 마찰력 과다(기존)

그림 3.2.49 마찰력 감소(개량)

3. 시작기 성능시험

가. 랙앤피니언 방식(Rack and Pinion Type)

1) 시험방법

랙앤피니언 방식의 시작기를 수동 개폐핸들을 이용하여 문비를 50cm 개폐할 때 소요되는 토크와 개폐회전수 등을 조사하였다.

소요력 측정은 디지털 견인력계(Digital Dynamometer, Japan Tekei社 1269모델)를 이용하였으며, 개폐시간은 초시계(HS-30W)를 사용하였다.

2) 시험결과

랙앤피니언 방식의 분수문 시제품을 제작하여 요인 성능시험을 통하여 개폐토크, 개폐회전수, 개폐시간, 문체점 등을 조사하였다.

개폐토크는 랙앤피니언식이 8~10N·m로 기존 분수문의 7~24N·m에 비해 개폐토크가 감소되는 것으로 나타났으며, 분수문 문비의 개방높이를 50cm로 할 때, 개폐회전수와 개폐시간은 각각 랙앤피니언 방식이 5회, 5sec로 나타났으며, 기존 스크류식 분수문은 장소와 규격에 따라 70~90회, 개폐시간은 119~153sec로 기존 분수문에 비해 시제품이 상당히 개폐회전수와 개폐시간을 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

다만, 랙앤피니언 방식은 취급이 용이하나 다소 구조가 복잡하고 가격이 고가인 것이

단점으로 나타나 실용성 측면에서 더 보완하여야 할 것으로 판단되었다.

표 3.2.9 성능시험

구 분	개폐거리 (cm)	개폐토크 (N·m)	개폐회전수 (회)	개폐시간 (sec)
스크류식 분수문 (기존 분수문)	50	7~24(16)	70~90	119~153
랙앤피니언식 분수문 (시작분수문)	50	8~10(9)	5	5

※ 개폐 토크는 개폐축 중심에서 핸들길이를 20cm로 하였을 때의 값임.

나. 개량 스크류식(Improvement Screw Type)

1) 요인시험

가) 시험방법

내부식성 소재를 이용하여 개량 스크류식 시작기를 설계·제작하여 실내에서 수동 개폐핸들을 이용하여 문비를 50cm 개폐할 때 소요되는 토크와 개폐회전수 등을 조사하였다.

소요력 측정은 디지털 견인력계(Digital Dynamometer, Japan Tekei社 1269모델)를 이용하였다.

나) 시험결과

개폐토크의 경우, 현장시험에서는 표 3.2.10과 같이 기존 스크류식 분수문이 7~24N·m으로 나타났으며, 시작기의 랙앤피니언식이 8~10N·m, 개량 스크류식이 3~4N·m로 기존 분수문에 비해 개폐토크는 상당히 적게 나타났다.

개폐회전수의 경우, 기존 스크류식 분수문은 스크류축의 직경에 따라 차이가 있으나 대략 70~90회로 나타났으며, 시작기의 랙앤피니언식이 5회, 개량 스크류식이 24회로 나타났다.

개폐시간은 기존 스크류식 분수문이 약 119~153sec로 나타났으며, 시작기의 랙앤피니언식이 5sec, 개량스크류식이 24sec로 나타났다.

표 3.2.10 시작기의 개폐성능(실내)

구 분	개폐거리 (cm)	개폐토크 (N·m)	개폐회전수 (회)	개폐시간 (sec)
스크류식 분수문 (기존 분수문)	50	7~24(16)	70~90	119~153
랙앤피니언식 (시작기)	50	8~10(9)	5	5
개량 스크류식 (시작기)	50	3~4	24	24

※ 개폐 토크는 개폐축 중심에서 핸들길이를 20cm로 하였을 때의 값임.

2) 하절기 현장 성능시험(1차)

가) 시험방법

하절기 현장 성능시험의 경우 경기도 안산, 평택지역의 농업용 지선수로에 시작분수문을 설치하여 2002년 6월 27일부터 9월 30일까지 약 3개월 동안 현장 성능시험을 실시하였다. 이때 분수문 문비의 저수위는 50cm로 하고, 문비 50cm 개방시 토크, 개폐회전수, 수밀성 등을 조사하였다. 소요력 측정은 디지털 견인력계(Digital Dynamometer, Japan Tekei社 1269모델)를, 개폐시간은 초시계(HS-30W)를 이용하였다.

나) 시험결과

포장성능 시험결과 평균 개폐토크는 표 11에서 보는 바와 같이 기존 스크류식 분수문이 16N·m, 시작기인 개량 스크류식은 5N·m로 기존 분수문에 비해 약 69% 개폐 토크가 감소되는 것으로 나타났다.

개폐회전수의 경우, 기존 스크류식 분수문은 스크류축의 직경에 따라 다소 차이가 있으나 대략 70~90회로 나타났으며, 시작기인 개량 스크류식은 24회로 나타났다. 개폐에 소요되는 시간은 기존 스크류식 분수문이 약 119~153sec로 나타났으며, 시작기인 개량 스크류식은 21~24sec로 기존 분수문에 비해 개폐시간이 상당히 단축되는 것으로 나타났다.

하절기 현장 성능시험에서 수압에 따른 문비의 안전성은 기존 분수문이나 시작분수문 모두 소재의 변형현상은 없었으며, 문비의 수밀성은 조임장치 등이 부착되어

있어 기존 분수문에 비하여 시작기가 양호한 것으로 나타났다.

표 3.2.11 시작분수문의 포장성능시험(평택, 안산)

구 분	개폐거리 (cm)	개폐토크 (N·m)	개폐회전수 (회)	개폐시간 (sec)	수밀성	문비 안전성
스크류식 분수문 (기존 분수문)	50	7~24(16)	70~90	119~153	불량	양호
개량스크류식 분수문 (시작분수문)	50	3~7(5)	24	21~24	양호	양호

※ 개폐 토크는 개폐축 중심에서 핸들길이를 20cm로 하였을 때의 값임.

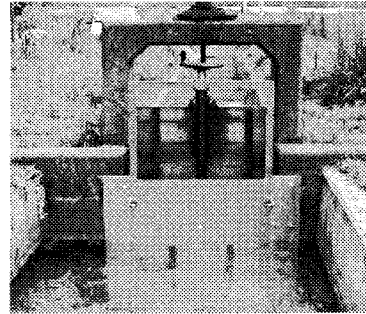
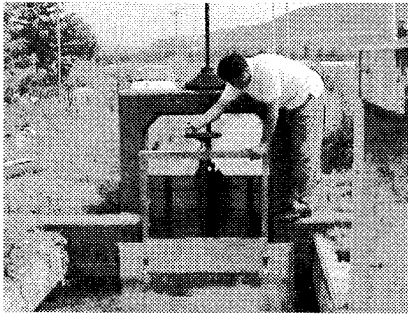


그림 3.2.50 성능시험(안산)

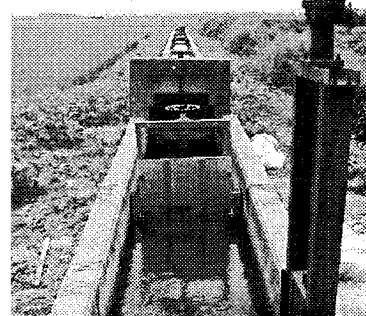
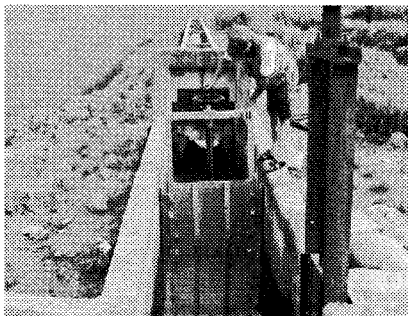


그림 3.2.51 성능시험(평택)

3) 시작기 보완제작

시작기를 설계·제작하여 경기도 안산, 평택지역의 농업용 지선수로에 설치하여 현장 성능시험을 실시한 결과 취급성, 부식성은 기존에 비해 매우 개선되었으나 일부 보완할 사

항이 나타났는데, 그 내용은 다음과 같다.

개폐축 덮개의 나선형 판스프링이 시간이 경과함에 따라 부식으로 작동이 원활하지 않는 문제점과 개폐축 상·하단의 지지 구름베어링이 녹스는 현상이 나타났다.

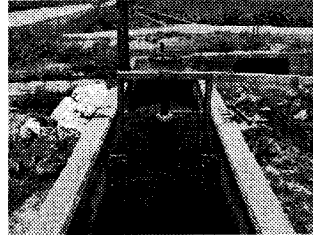
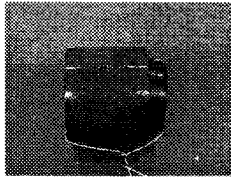


그림 3.2.52 개폐축 덮개(부식) 그림 3.2.53 현장 성능시험장면

이러한 문제점을 개선하기 위하여 개폐축 상·하단의 지지 구름베어링은 기존 철재 볼베어링에서 강도가 강한 엔지니어링플라스틱 볼베어링으로 교환하였다.(그림 3.2.54~55 참고). 그리고 도금된 철재 판스프링 개폐축 덮개를 온실 등 농업용 온풍난방기 덕트로 사용되고 있으며, 비료적 내구수명 긴 PVC 천덕트로 교체하였다.

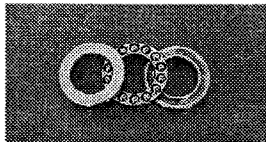


그림 3.2.54 초기 구름베어링(철재) 그림 3.2.55 개량된 구름베어링(플라스틱)

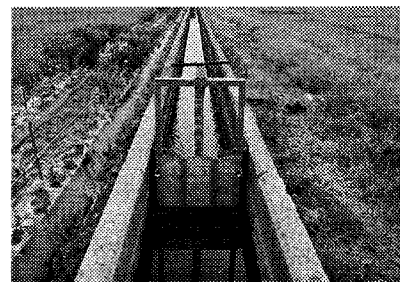
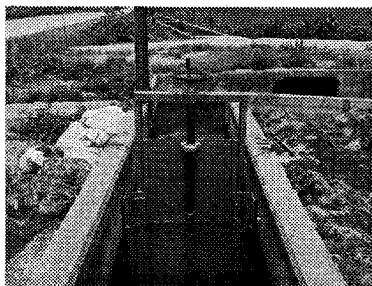


그림 3.2.56 개폐축 덮개(철재)

그림 3.2.57 개폐축 덮개(PVC)

4) 동절기 현장 성능시험

가) 시험방법

겨울철 현장 성능시험은 경기도 안산, 평택지역의 농업용 지선수로에 시작기를 설치하여 2002년 11월 25일부터 이듬해 2월 28일까지 약 3개월 동안 포장성능시험을 실시하였다. 성능시험 특히 추위와 눈·비에 대한 재질의 변형 여부, 개폐동작의 원활성, 소재의 부식부위, 각종 부품의 온도변화에 대한 조임상태의 풀림정도 등을 점검하였다.

2002년 7월부터 2003년 2월까지 평택 및 안산지역의 기상현황은 최고온도는 35.4℃, 최저온도는 -19.5℃였으며, 습도는 60~85%, 강수량은 약 900mm, 폭설이 2회 정도 내린 상태였다.

성능시험시 소요력 측정은 디지털 견인력계(Digital Dynamometer, Japan Tekei社 1269모델)를, 개폐시간은 초시계(HS-30W)를, 재질의 변형측정은 틸새 게이지를 이용하였다.

나) 시험결과

평택지역 수로폭 80cm에 설치된 시작기의 경우 표 3.2.12에서와 같이 평균 개폐토크는 4N·m로 나타났는데, 수로폭 1m에 설치된 안산의 경우 6N·m로 나타나다. 이때 개폐 핸들의 반경은 개폐축 중심에서 20cm 길이로 하였을 때의 값이며, 개폐회전수는 각각 24회, 개폐시간은 약 30초로 나타났다.

분수문 소재의 부식현상은 없었으며, 재질변형 정도를 알아보기 위하여 문비와 문틀사이의 틸새를 초기와 6개월후 값을 측정하여 t검정을 실시한 결과 5% 유의수준에서 부재의 변형은 없는 것으로 나타났다.

개폐동작 또한 원활하였으나 너트케이스 조립위치가 위쪽으로 다소 치우친 점이 있어 5~10cm 정도 하부로 내리고, 두께를 현재 35mm에서 약 50mm로 크게 하는 것이 더 안전할 것으로 판단되어 보완 제작하였다.

표 3.2.12 겨울철 현장 성능시험

구 분	개폐거리(cm)	개폐토크(N·m)	개폐회전수(회)	개폐시간(초)
평 택	50	2.8~5.2(4)	24	28
안 산	50	5.4~7.5(6)	24	32

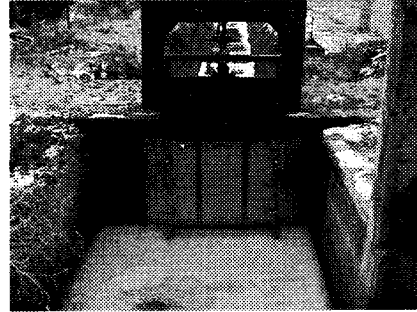
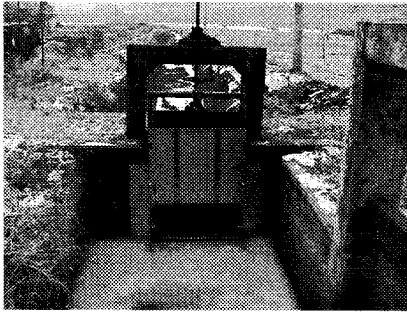


그림 3.2.58 겨울철 포장성능시험(안산)

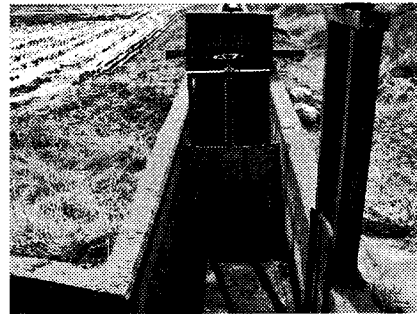
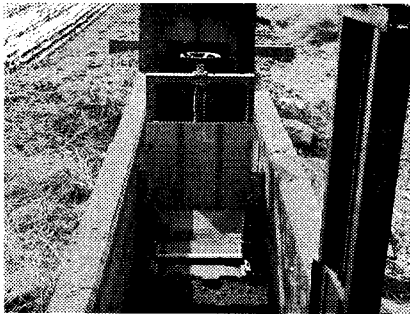


그림 3.2.59 겨울철 포장성능시험(평택)



그림 3.2.60 기존 분수문(부식)

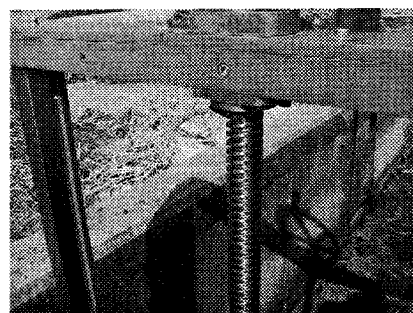


그림 3.2.61 시작기(설치 8개월 후)

5) 하절기 현장 성능시험(2차)

동절기 성능시험시 문제점을 보완제작한 후 규격이 같은 개량 스크류식 분수문 1세트와 기존 형식인 스크류식과 워기어식 분수문 각 1세트씩 총 3대를 제작하여 천안지역 용수 지선수로에 설치하여 현장 성능시험을 실시하였다.

시작기의 규격은 800(B)×1500(H)mm으로 하였으며, 소재는 스텐레스(문비, 개폐축), MC 나일론(문틀) 등 내부식성 재질로 제작하였다.

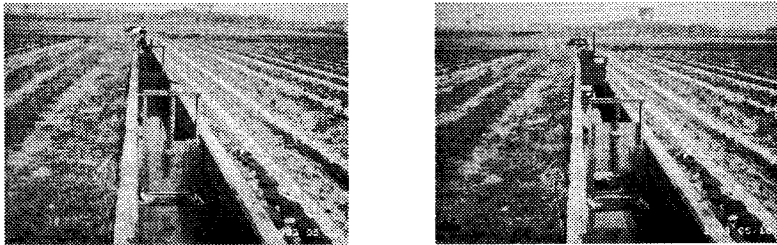


그림 3.2.62 하절기 현장 성능시험을 위한 분수문 제작(2차)

가) 시험방법

2차 하절기 현장 성능시험은 경기도 안산, 평택, 천안지역의 농업용 지선수로에 시작기를 설치하여 2003년 5월 10일부터 7월 15일까지 약 2개월간 실시하였다. 시험내용은 개폐토크, 개폐회전수, 개폐시간, 소재변형, 누수량, 소재 부식성을 조사하였다.

성능시험시 소요력 측정은 디지털 건인력계(Digital Dynamometer, Japan Tekei社 1269모델)를 이용하였으며, 개폐토크는 문비에 저수되는 물의 높이를 50cm로 하고 문비 50cm 개방시 소요되는 개폐토크를 계산하였다. 물의 누수량은 비닐포대로 누수되는 물을 받아 비이커로 측정하였으며, 재질의 변형측정은 틸새 게이지를 이용하였다.

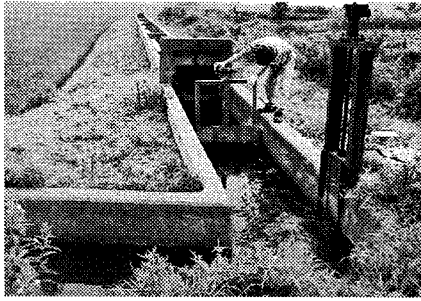


스크류식(기존방식)

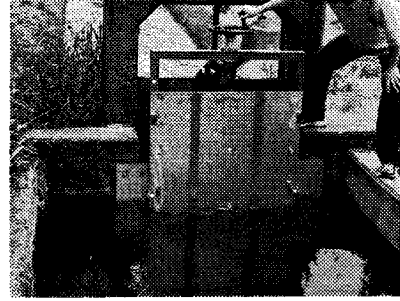
워기어식(기존방식)

개량 스크류식(시작기)

그림 3.2.63 분수문 현장 성능시험(천안)



평택지역



안산지역

그림 64. 분수문 성능시험

나) 시험결과

① 개폐토크

현장 포장성능시험에서 시작기와 기존 분수문 2종(스크류식과 워기어식)을 제작하여 같은 날에 천안지역의 농업지선수로에 설치하여 약 2개월 후에 개폐토크를 시험한 결과, 개폐토크는 표 3.2.13에서 보는 바와 같이 기존 분수문의 스크류식은 평균 $8.3N \cdot m$, 워기어식이 $7.3N \cdot m$, 시작기인 개량 스크류식 분수문은 $4N \cdot m$ 로 나타났다.

기존 분수문의 개폐토크가 큰 주요원인은 개폐축의 녹발생에 따른 축의 나사산이 잘 돌아가지 않는데 기인하였다. 시작기인 경우 녹이 발생되지 않음으로 인하여 설치시나 2개월 후나 개폐토크가 같음을 확인할 수 있었다.

표 3.2.13 설치 2개월 후 개폐토크 시험결과(천안)

구 분	기존 분수문($N \cdot m$)		시작기($N \cdot m$)
	스크류식	워기어식	
1회	8~10(9)	7~8(8)	3~5(4)
2회	7~9(8)	6~8(7)	3~5(4)
3회	7~9(8)	6~8(7)	3~5(4)
평 균	8.3(2.1)*	7.3(1.8)*	4(1.0)*

※ 개폐축 중심에서 핸들길이 20cm로 하고 3회 반복시험

(*) : 시작기의 값을 1로 하였을 때에 대한 배수값

같은 분수문을 3개월 후에 개폐토크를 시험한 결과, 기존 분수문의 스크류식은 평균 11N·m, 워기어식이 10.5N·m, 시작기인 개량 스크류식 분수문은 4N·m로 나타나 기존 분수문의 경우, 설치 2개월 후에 측정된 값보다 약 3N·m 정도 개폐토크가 높게 나타났다. 이는 하절기 비·바람에 의한 부식이 더 진행되어 개폐토크가 상승되는 것으로 판단되었다.

그리고 표 3.2.15에서 보는 바와 같이 천안지역 뿐만 아니라 평택, 안산지역을 포함한 개폐토크 시험결과는 기존 분수문의 스크류식이 평균 16N·m, 워기어식이 12N·m, 시작기인 개량 스크류식 분수문은 5N·m로 나타나 개폐토크가 기존에 비해 상당히 감소되는 것으로 나타났다.

기존 분수문의 개폐토크가 큰 주요원인은 개폐축의 녹발생에 따른 축의 나사산이 잘 돌아가지 않는데 기인하였다. 시작기인 경우 녹이 발생되지 않음으로 인하여 설치시나 약 3개월후나 개폐토크가 같음을 확인할 수 있었다. 수로관리인들에 의하면, 기존 분수문의 경우 설치 초기에는 작동이 잘되나 시일이 지남에 따라 분수문 소재가 녹슴으로 인해 성인들도 작동하기가 쉽지 않다고 얘기하고 있다. 실제, 설치 1년후 분수문을 대상으로 조사한 결과 그리유 등 주기적으로 발라 관리한 분수문은 취급하는데 큰 문제는 없었으나 관리가 소홀한 곳에서는 대부분 작동이 곤란하였다.

표 3.2.14 설치 3개월 후 개폐토크 시험결과(천안)

구 분	기존 분수문(N·m)		시작기(N·m)
	스크류식	워기어식	
1회	11~13(12)	10~12(11)	3~5(4)
2회	9~13(11)	9~12(10.5)	3~5(4)
3회	8~12(10)	9~11(10)	3~5(4)
평 균	11(2.8)	10.5(2.6)	4(1.0)

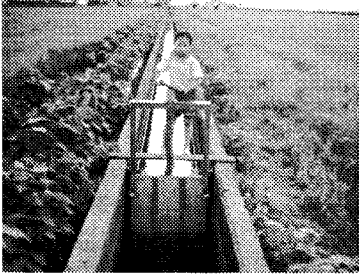
※ 개폐축 중심에서 핸들길이 20cm로 하고 3회 반복시험

표 3.2.15 3개 지역 종합 개폐토크 시험결과(안산, 평택, 천안)

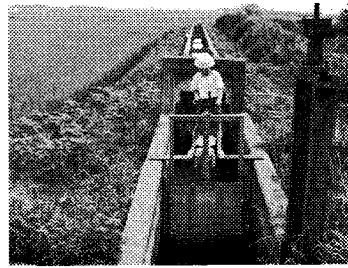
구 분	기존 분수문(N·m)		시작기(N·m)
	스크류식	웜기어식	
개폐토크(N·m)	7~24(16)	6~16(12)	3~7(5)
비 고	3.2	2.4	1.0

※ 개폐축 중심에서 핸들길이 20cm시

기존 분수문의 경우, 성인들도 분수문 작동시 개폐핸들을 작동하기가 용이하지 않았으나 아래 그림에서 보는 바와 같이 개량 분수문인 시작기는 초등학교 1학년 여학생도 작동 가능한 것으로 나타났다. 이는 시간이 경과할 수록 기존 분수문은 부식에 의해 작동이 곤란해지나 개량 분수문인 시작기는 부식되지 않으므로 인해 기존 분수문과의 개폐토크 차이는 점점 커질 것으로 생각된다.



<천안지역>



<평택지역>

그림 65. 초등학교 1학년 여학생이 시작기를 작동하는 장면

② 개폐핸들의 회전수 조사

분수문 작동시 소요되는 개폐핸들의 개폐회전수는 지역과 분수문의 규격에 따라 차이가 나므로, 시험을 위하여 같은 수로폭에 똑같은 규격의 분수문을 제작·설치하여 시험 결과, 표 3.2.16과 같이 기존 스크류식 분수문은 80회, 기존 웜기어식은 598회, 시작기인 개량 스크류식은 24회로 나타나 기존 분수문에 비해 적게는 3배, 많게는 약 25배 개폐회전수를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 3.2.16 개폐회전수 조사결과

구 분	기존 분수문		시작기
	스크류식	웜기어식	
개폐거리(cm)	50	50	50
회전수 I(회)	80	598	24
회전수 II(회)	80	598	24
회전수 III(회)	80	598	24
비 고	3.3	25	1

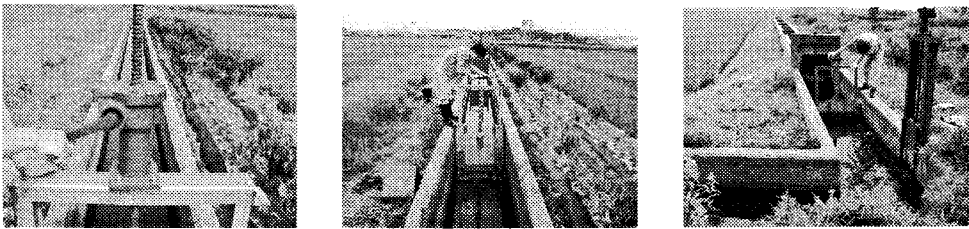


그림 3.2.66 개폐회전수 조사(천안, 평택)

③ 개폐시간 조사

개폐시간은 작동시키는 사람과 분수문의 크기에 따라 차이가 있으므로 동일인이 같은 규격의 분수문을 대상으로 기존 분수문과 시작기를 비교 실험한 결과, 평균 개폐시간은 기존 스크류식 분수문이 233sec, 기존 웜기어식이 495초, 시작기인 개량 스크류식은 32sec로 기존 스크류식에 비해 7.3배, 웜기어식에 비해서는 15.5배 개폐시간이 단축되는 것으로 나타났다.

표 3.2.17 개폐시간 조사결과(천안)

구 분	기존 분수문		시작기
	스크류식	웜기어식	
개폐거리(cm)	50	50	50
시간 I(초)	245	515	33
시간 II(초)	234	469	30
시간 III(초)	220	501	32
평 균	233(7.3)	495(15.5)	32(1)

④ 소재변형 조사

(1) 천안지역

온도 등 기후변동에 따른 소재의 변형 정도를 알아보기 위하여 설치 3개월 된 천안지역의 틈새변형을 조사한 결과, 표 3.2.18~19에서 보는 바와 같이 문비와 문틀사이의 틈새를 초기와 3개월 후 값을 틈새계이기로 측정하여 t검정으로 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다. 문비와 문틀 틈새값중 좌측면을 기준으로 분석하면,

(가) 좌측의 평균값과 제곱합(표 19참조)

(a) 초기의 평균값(x) = $2.00/3=0.6667$

(b) 3개월후 평균값(y) = $2.20/3=0.7333$

(c) 초기 제곱합(SSx) = $1.34-(2.00^2/3)=0.0067$

(d) 3개월후 제곱합(SSy) = $1.62-(2.20^2/3)=0.0067$

(나) 좌측의 합동분산추정치(Sp^2) =

$(SSx+SSy)/n1+n2-2=(0.0067+0.0067)/(6-2)=0.0033$

(다) 좌측의 표준오차($Sx-y$)= $\sqrt{2Sp^2/n} = \sqrt{2 \times .0033^2/3}=0.0471$

(라) 좌측의 통계량(t) = $(|x-y|)/Sx-y = (0.6667-0.7333)/0.0471=1.414$

따라서, 표 3.2.20에서 보는 바와 같이 초기와 3개월 후 부재의 변형에 대한 검정결과 5% 유의수준내에서 검정통계량 $t=1.414 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 등으로 나타나 귀무가설을 기각할 수 없으며, 초기와 3개월 후 부재의 변형간에는 차이가 없다고 볼 수 있다. 실제 작동시 분수문에 소리가 난다든지, 문비가 조여 개폐핸들이 잘 안돌아 가는 현상은 나타나지 않았다.

표 3.2.18 문비와 문틀 틈새값(천안)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
1회	0.8	0.5	0.8	0.5	0.7	0.4
2회	0.7	0.5	0.8	0.6	0.7	0.5
3회	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5
평 균	0.7	0.5	0.8	0.5	0.7	0.5

표 3.2.19 경과시간에 따른 틈새변화량 조사(천안)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
초기	0.7	0.4	0.7	0.5	0.6	0.5
2개월 후	0.7	0.5	0.8	0.6	0.6	0.6
3개월 후	0.7	0.5	0.8	0.5	0.7	0.5

표 3.2.20 t검정 결과값(천안)

구 분	t값		t 분포표 (0.05/2, 4) 5% 유의수준 값	비 고
	좌측	우측		
초기와 2개월후 데이터	0.500	2.121	2.776	5% 유의수준내 에 있어 부재의 변형이 없다고 볼수 있다.
초기와 3개월후 데이터	1.414	1.000	2.776	

또한, 문비 가이드판과 문틀사이의 틈새에 대하여도 t검정을 통한 부재의 변형여부를 조사한 결과 아래와 같이 나타났다.

(가) 좌측의 평균값과 제곱합(표 22참조)

(a) 초기의 평균값(x) = 1.4/3=0.4667

(b) 3개월후 평균값(y) = 1.5/3=0.5000

(c) 초기 제곱합(SSx) = 0.70-(1.4²/3)=0.0467

(d) 3개월후 제곱합(SSy) = 0.77-(1.5²/3)=0.0200

(나) 좌측의 합동분산추정치(Sp²) =

(SSx+SSy)/n1+n2-2=(0.0467+0.0200)/(6-2)=0.0167

(다) 평균간 좌측의 표준오차(Sx-y)= $\sqrt{2Sp^2/n} = \sqrt{2 \times 0.0167^2/3}=0.1054$

(라) 좌측의 검정통계량(t) = (|x-y|)/Sx-y = (0.4667-0.5000)/0.1054=0.3162

따라서, 표 3.2.23에서 보는바와 같이 5% 유의수준내에서는 검정통계량 t=0.316<

$t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 등으로 나타나 초기와 3개월 후 부재의 변형은 없다고 볼 수 있다.

표 3.2.21 문비 가이판과 문틀 틈새값(천안)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
1회	0.6	1.1	0.5	0.8	0.3	0.4
2회	0.6	1.0	0.5	0.8	0.4	0.5
3회	0.6	1.0	0.5	0.8	0.4	0.5
평 균	0.6	1.0	0.5	0.8	0.4	0.5

표 3.2.22 경과시간에 따른 틈새변화량 조사(천안)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
초기	0.5	1.0	0.6	0.8	0.3	0.4
2개월 후	0.6	1.1	0.5	0.8	0.4	0.5
3개월 후	0.6	1.0	0.5	0.8	0.4	0.5

표 3.2.23 t검정 결과값(천안)

구 분	t값		t 분포표 (0.05/2, 4) 5% 유의수준 값	비 고
	좌측	우측		
초기와 2개월후 데이터	0.316	0.270	2.776	5% 유의수준내에 있어 부재의 변형 이 없다고 볼수 있다.
초기치와 3개월후 데이터	0.316	0.146	2.776	

(2) 안산지역

안산지역에 설치된 시작기를 대상으로 문비와 문틀사이의 틈새, 문비 가이드판과 문틀 틈새를 틈새계이기로 측정하고 초기치와 비교하여 t검정을 실시하였다.

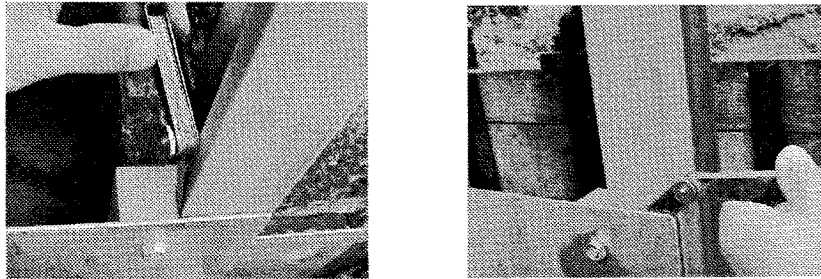


그림 3.2.67 재질의 변형조사를 위한 틈새간격조사

표 3.2.24 문비와 문틀 틈새값(안산)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
1회	0.7	0.2	0.8	0.4	0.7	0.2
2회	0.7	0.2	0.7	0.3	0.7	0.2
3회	0.6	0.2	0.8	0.4	0.7	0.1
평 균	0.7	0.2	0.8	0.4	0.7	0.2

표 3.2.25 경과시간에 따른 틈새변화량 조사(안산)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
초기	0.6	0.18	0.8	0.33	0.6	0.15
2개월 후	0.7	0.18	0.7	0.35	0.7	0.15
6개월 후	0.6	0.17	0.7	0.33	0.6	0.14
1년 후	0.7	0.20	0.8	0.35	0.7	0.15

부재의 변형여부를 체크하기 위하여 문비와 문틀사이의 틈새를 측정하여 초기치와 1년 후의 값을 t검정을 통하여 분석하였다.

표 3.2.25에서 보는 바와 같이 시작기 초기와 1년 후의 분수문 좌측면의 문비와 문틀간의 틈새간격 변화를 t검정을 통해 분석한 내용은 다음과 같다.

(가) 좌측의 평균값과 제곱합(표 25참조)

(a) 초기의 평균값(x) = $2.00/3=0.6667$

(b) 1년후 평균값(y) = $2.20/3=0.7333$

(c) 초기 제곱합(SSx) = $1.36-(2.00^2/3)=0.0267$

(d) 1년후 제곱합(SSy) = $1.62-(2.20^2/3)=0.0067$

(나) 좌측의 합동분산추정치(Sp^2) =

$(SSx+SSy)/(n1+n2-2)=(0.0267+0.7333)/(6-2)=0.0083$

(다) 평균치간의 좌측의 표준오차(S_{x-y})= $\sqrt{2Sp^2/n} = \sqrt{2 \times 0.0083^2/3}=0.0745$

(라) 좌측의 검정통계량(t) = $(|x-y|)/S_{x-y} = (0.6667-0.7333)/0.0745=0.894$

따라서, 표 3.2.26에서 보는 바와 같이 5% 유의수준내에서는 검정통계량 $t=0.894 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 등으로 나타나 초기와 1년후에도 부재의 변형은 없다고 볼 수 있다.

표 3.2.26 t검정 결과값(안산)

구 분	t값		t 분포표 (0.05/2, 4) 5% 유의수준 값	비 고
	좌측	우측		
초기와 2개월후 데이터	0.500	0.080	2.776	5% 유의수준내에 있어 부재의 변형 이 없다고 볼수 있다.
초기와 6개월후 데이터	0.447	0.082	2.776	
초기와 1년후 데이터	0.894	0.078	2.776	

표 3.2.27 문비 가이판과 문틀 틈새값(안산)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
1회	0.6	0.9	0.5	0.8	0.4	0.5
2회	0.5	0.9	0.5	0.8	0.3	0.6
3회	0.5	1.1	0.5	0.7	0.4	0.5
평 균	0.5	1.0	0.5	0.8	0.4	0.5

표 3.2.28 경과시간에 따른 틈새변화량 조사(안산)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
초기	0.6	0.9	0.5	0.8	0.4	0.4
2개월 후	0.5	0.9	0.5	0.8	0.4	0.4
6개월 후	0.4	0.8	0.5	0.7	0.4	0.4
1년 후	0.5	1.0	0.5	0.8	0.4	0.5

표 3.2.28에서 시작기 설치 초기와 1년 후의 분수문 좌측면의 문비와 문틀간의 틈새간격 변화를 t검정을 통해 분석한 결과 다음과 같이 나타났다.

(가) 좌측의 평균값과 제곱합

(a) 초기의 평균값(x) = 1.5/3=0.5000

(b) 1년후 평균값(y) = 1.4/3=0.4667

(c) 초기 제곱합(SSx) = 0.77-(1.50²/3)=0.0200

(d) 1년후 제곱합(SSy) = 0.66-(1.40²/3)=0.0067

(나) 좌측의 합동분산추정치(Sp²) =

$$(SSx+SSy)/n1+n2-2=(0.0200+0.0067)/(6-2)=0.0067$$

(다) 평균치간의 좌측의 표준오차(Sx-y)= $\sqrt{2Sp^2/n} = \sqrt{2 \times 0.0067^2/3}=0.0667$

(라) 좌측의 검정통계량(t) = $(|x-y|)/S_{x-y} = (0.5000-0.4667)/0.0667=0.5000$

따라서, 표 3.2.29에서 보는바와 같이 5% 유의수준내에서 검정통계량 $t=0.500 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 등으로 나타나 초기와 1년후 부재의 변형에는 차이가 없다고 할 수 있다.

표 3.2.29 t검정 결과값(안산)

구 분	t값		t 분포표 (0.05/2, 4) 5% 유의수준 값	비 고
	좌측	우측		
초기와 2개월후 데이터	0.500	0.000	2.776	5% 유의수준내에 있어 부재의 변형 이 없다고 볼수 있다.
초기와 6개월후 데이터	1.000	0.343	2.776	
초기와 1년후 데이터	0.500	0.316	2.776	

(3) 평택지역

평택지역의 경우, 문비와 문틀사이의 틈새는 표 3.2.30~31에서 보는 바와 같이 초기와 1년후 값을 틈새계이치로 측정하여 t검정을 실시하였다.

그 결과, 표 3.2.32와 같이 5% 유의수준에서 검정통계량 $t=0.756 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 으로 모두 5% 유의수준내로 나타나 초기와 1년후 부재의 변형에는 차이가 없는 것으로 나타났으며, 개폐동작 또한 원활하였다.

분수문 좌측면의 문비와 문틀사이의 틈새에 대한 t검정 계산내용은 다음과 같다.

(가) 좌측의 평균값과 제곱합(표 31참조)

(a) 초기의 평균값(x) = $1.80/3=0.6000$

(b) 1년후 평균값(y) = $2.00/3=0.6667$

(c) 초기 제곱합(SSx) = $1.10-(1.80^2/3)=0.0200$

(d) 1년후 제곱합(SSy) = $1.36-(2.00^2/3)=0.0267$

(나) 좌측의 합동분산추정치(Sp^2) =

$(SSx+SSy)/n1+n2-2=(0.020+0.0267)/(6-2)=0.0117$

(다) 좌측의 표준오차(S_{x-y}) = $\sqrt{2Sp^2/n} = \sqrt{2 \times 0.0117^2/3}=0.0882$

(라) 좌측의 검정통계량(t) = $(|x-y|)/S_{x-y} = (0.600-0.6667)/0.0882=0.7559$

따라서, 표 32에서 보는 바와 같이 5% 유의수준내에서는 검정통계량 $t=0.756 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 등으로 나타나 초기와 1년후 부재의 변형은 없다고 볼 수 있다.

표 3.2.30 문비와 문틀 틈새값(평택)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
1회	0.7	1.0	0.5	0.7	0.6	0.9
2회	0.8	1.0	0.6	0.7	0.6	1.0
3회	0.8	1.1	0.6	0.7	0.6	0.9
평 균	0.8	1.0	0.6	0.7	0.6	0.9

표 3.2.31 경과시간에 따른 틈새변화량 조사(평택)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
초기	0.7	1.0	0.6	0.6	0.5	0.9
2개월 후	0.7	1.1	0.6	0.7	0.6	0.9
6개월 후	0.7	1.0	0.5	0.7	0.6	0.9
1년 후	0.8	1.0	0.6	0.7	0.6	0.9

표 3.2.32 t검정 결과값(평택)

구 분	t값		t 분포표 (0.05/2, 4) 5% 유의수준 값	비 고
	좌측	우측		
초기치와 2개월후	0.500	0.400	2.776	5% 유의수준내에 있어 부재의 변형 이 없다고 볼수 있다.
초기치와 6개월후	0.000	0.224	2.776	
초기치와 1년후	0.756	0.102	2.776	

같은 방법으로 문비 가이드판과 문틀사이의 좌측면에 대하여 분수문 설치 초기와 1년 후의 틈새 변화정도를 조사하여 t검정을 통하여 분석하여 보았다.

(가) 좌측의 평균값과 제곱합(표 3.2.34참조)

(a) 초기의 평균값(x) = 8.00/3=2.6667

(b) 1년후 평균값(y) = 8.20/3=2.7333

(c) 초기 제곱합(SSx) = 22.02-(8.00²/3)=0.6867

(d) 1년후 제곱합(SSy) = 23.24-(8.20²/3)=0.8267

(나) 좌측의 합동분산추정치(Sp²) =

(SSx+SSy)/n1+n2-2=(0.6867+0.8267)/(6-2)=0.3783

(다) 좌측의 표준오차(Sx-y)= $\sqrt{2Sp^2/n} = \sqrt{2 \times 0.3783^2/3}=0.5022$

(라) 좌측의 검정통계량(t) = (x-y)/Sx-y = (2.6667-2.7333)/0.5022=0.1327

따라서, t검정에 있어서 5% 유의수준내에서는 검정통계량 t=0.133 < t_(0.05/2,4)=2.776으로 나타나 초기와 1년후에도 부재의 변형은 없다고 볼 수 있다.

표 3.2.33 문비 가이드판과 문틀 틈새(평택)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
1회	3.2	0.2	1.9	0.4	3.1	0.3
2회	3.1	0.2	2.0	0.4	3.1	0.3
3회	3.2	0.2	2.0	0.4	2.8	0.3
평 균	3.2	0.2	2.0	0.4	3.0	0.3

표 3.2.34 경과시간에 따른 틈새변화량 조사(평택)

구 분	상부틈새(mm)		중부틈새(mm)		하부틈새(mm)	
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측
초기	3.1	0.2	2.0	0.3	2.9	0.2
2개월 후	3.3	0.2	2.0	0.3	2.9	0.3
6개월 후	3.2	0.2	1.9	0.3	2.8	0.2
1년 후	3.2	0.2	2.0	0.4	3.0	0.3

표 3.2.35 t검정 결과값(평택)

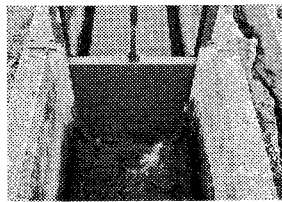
구 분	t값		t 분포표 (0.05/2, 4) 5% 유의수준 값	비 고
	좌측	우측		
초기와 2개월후 데이터	0.130	0.707	2.776	5% 유의수준내에 있어 부재의 변형 이 없다고 볼수 있다.
초기와 6개월후 데이터	0.065	0.000	2.776	
초기와 1년후 데이터	0.133	1.000	2.776	

⑤ 누수량 조사

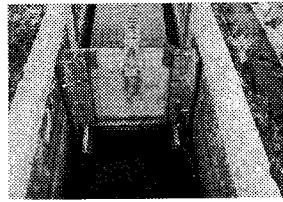
기존 분수문의 경우 문비와 문틀 사이에 틈, 부식 등으로 분당 약 1.5ℓ의 물이 누수되었으나 개량된 분수문은 0.4ℓ로 기존에 비해 약 73% 누수량을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 이는 한 달 기준으로 약 50톤 가량의 물이 누수되는 것을 막을 수 있는 것으로 판단되었다. 시작기의 경우 수밀성을 유지하기 위한 조임장치 부착, 문비와 문틀부의凹凸 구조에 의한 수밀성 유지 등에 의하여 누수량을 감소되는 것으로 판단되었다.



<측정 비이커>

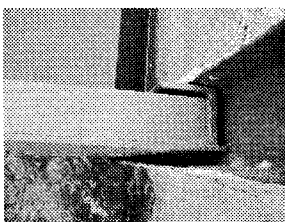


<기존 분수문>

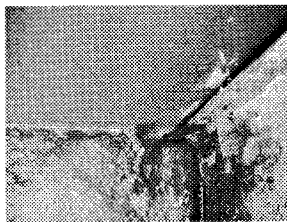


<시작기>

그림 3.2.68 누수량 조사



<기존 분수문>



<시작기>

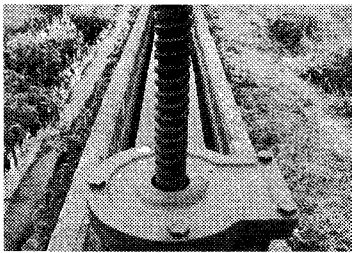
그림 3.2.69 문비와 문틀 구조(천안지역)

표 3.2.36 누수량 조사(천안)

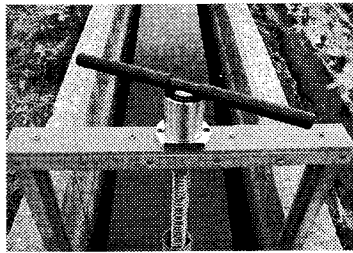
구 분	기존 분수문		시작기
	스크류식	웜기어식	
누수량 I (ℓ/min)	1.4	1.9	0.4
누수량 II (ℓ/min)	1.4	1.6	0.4
누수량 III (ℓ/min)	1.5	1.4	0.3
평 균	1.4(3.5)	1.6(4.0)	0.4(1)

⑥ 소재 부식성 조사

기존 분수문의 경우 설치 2개월 후부터 개폐축이 녹스는 현상을 확인할 수 있었으나, 시작기의 경우 소재의 부식현상은 나타나지 않았다.



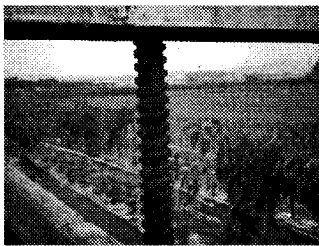
<기존방식 분수문>



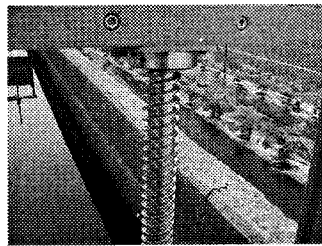
<시작기>

그림 3.2.70 부식성 조사(설치 2개월 후)

설치 3개월 후부터는 기존 분수문의 경우 개폐축이 녹스는 현상을 확연히 확인할 수 있었으나, 그림 3.2.71에서 보는바와 같이 시작기의 경우 녹스는 현상은 나타나지 않았다.



<기존방식 분수문>



<시작기>

그림 3.2.71 소재부식성 조사(설치 3개월 후)

6) 수로관리인(농민)들의 의견조사

실용성있는 제품개발을 위하여 분수문 주 사용자인 농업기반공사 산하 물관리지소의 수로관리인들과 농민 30여명을 대상으로 2002년 7~11월, 2003년 7~8월 기간중에 시작기의 사용편리성, 개폐안전성, 실용성, 보급성, 개량 보완할 사항에 대하여 설문조사를 실시하였다. 그 결과 사용편리성에 있어서는 '좋다'가 91%(29명), '보통이다'가 9%(3명)로 나타났고, 개폐안전성은 '작동이 원활하다'가 81%(26명), '보통이다'가 19%(6명)으로 나타났다. 실용성 측면에서는 '실용성이 있다'가 87.5%(28명), '기존의 것과 차이가 없거나 잘 모르겠다'가 12.5%(6명)로 나타났다. 보급성 측면에서는 '보급성이 있다'가 78%(25명)로 나타나 상당히 긍정적인 반응을 보였다.

따라서, 개량 스크류식의 경우 기존 분수문에 비해 개폐시 힘이 적게 들고 개폐회전수가 적어 취급이 용이하며, 또한 재질이 내부식성 재질로 되어 있어 내구성이 증대될 것으로 생각하는 사람들이 많았다.

시작기의 개량 보완할 사항으로는 시작기를 아무나 사용할 수 없도록 잠금장치 기능이 부착되었으면 좋겠다는 것과 분수문 작동시 사용되는 수동 개폐핸들의 규격을 지역별, 분수문 크기별로 차이가 나 취급이 불편하므로 표준화하였으면 좋겠다는 의견이 있었다.

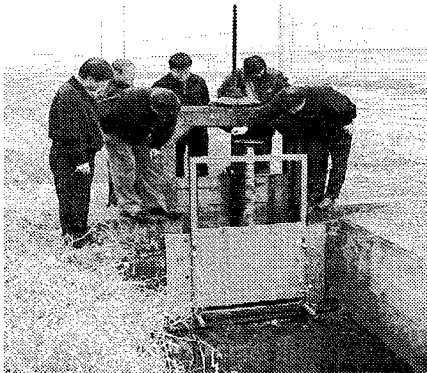


그림 3.2.72 수로관리인 의견조사(안산) 그림 3.2.73 수로관리인 의견조사(평택)

4. 분수문 유지관리방법

가. 분수문 작동 요령

- ① 분수문에 잔가지, 비닐 등 이물질이 걸려 있는지 점검한다.
- ② 개폐핸들(스핀들)을 문틀상부 삼입부에 삼입시킨다.
- ③ 분수문 개폐방향을 정하여 서서히 회전시켜 원하는 위치로 문비가 개방되었을 때는 정지시킨다. 이때 분수문 문비의 개방한계를 초과하여 무리하게 열지 않도록 한다.
- ④ 분수문 문비를 닫을 때는 문비아래 잔가지, 돌 등 이물질이 걸려있는지 확인한 후 개폐핸들을 돌려 닫도록 한다.
- ⑤ 개폐핸들을 분수문에 꽂아둔채 방치하지 않도록 한다.

나. 분수문 유지관리 요령

- ① 분수문이 설치되어 있는 용수로에는 각종 이물질이 떠 내려오므로 주기적으로 청소하여 분수문 작동에 지장을 주지 않도록 한다.
- ② 만약 분수문이 잔가지, 돌 등에 걸려있는 상태에서 무리한 힘을 가하여 변형 또는 파손시에는 누수의 원인이 되므로 분수문을 분해하여 파손된 부위만을 교환하도록 한다.
- ③ 분수문 분해·조립시에는 육각렌치, 스패너 또는 몽키, 소형 망치 등의 공구를 준비하여 분해·조립 순서에 맞게 사용하여야 한다.
- ④ 분수문 틈새로 누수시에는 먼저 누수의 원인을 찾아야 하며, 일반적으로 바닥면, 측면에 부착한 고무 스펀지가 오래되어 생기는 경우가 많으므로 고무 스펀지를 교환한 후 실리콘으로 접착시키도록 한다.
- ⑤ 고무 스펀지, 개폐축 덮개 등은 내구년한이 짧은 소비성 재질이므로 적어도 2~3년에 한번씩 교환하는 것이 좋다.
- ⑥ 농번기가 시작되는 이른 봄에는 분수문 작동전에 파손여부, 볼트 풀림상태 등을 점검한 후 사용토록 하며, 이때 플라스틱 구름베어링 부위에는 오일유를 약간 친 다음 사용하는 것이 좋다.
- ⑦ 분수문을 많이 사용하는 여름철에는 각종 부유물질 등이 문비와 문틀사이에 끼여 있을 수 있으므로 작동시 주의를 요한다.
- ⑧ 가을철에는 개폐핸들 삼입부에 흙, 모래 등 이물질이 들어가지 않도록 캡을 씌우고,

개폐 스크류축 덮개가 손상되었을 때는 교환하여 겨울철에 스크류축으로 먼지, 빗물 등이 들어가지 않도록 한다. 또한, 개폐축 상·하단 부위의 플라스틱 베어링 부위와 개폐 스크류축에는 그리스유 또는 오일을 발라 두어 겨울철 장기보관에 대비토록 한다.

- ⑨ 겨울철에는 문비가 물속에 들어가 얼어붙지 않도록 어느 정도 개방시켜 두는 것이 좋다.

5. 결과 및 고찰

농업용 관개시설로 이용되는 수리시설물중 용수로의 분수문 개폐장치가 부식, 고장, 취급 불편 등의 문제점이 있어 취급이 용이하고 내부식성을 갖춘 시작기를 설계·제작하였으며, 현장에서 시험한 결과 다음과 같이 나타났다.

가. 시작기의 개폐방식을 래크와 피니언에 의해 작동되는 랙앤피니언식과 개폐스크류축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하는 개량 스크류식, 리모콘에 의해 50m가 떨어진 곳에서도 제어가 가능한 리모콘제어식의 3종 시작기를 설계·제작하여 시험한 결과 개량 스크류식이 실용적인 측면에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

나. 랙앤피니언 방식은 개폐회전수와 개폐시간을 줄일 수 있어 취급이 용이하나 다소 구조가 복잡하고 가격이 고가인 것이 단점으로 나타났으며, 리모콘제어식은 사용하기에는 용이하나 농경지에서 밧데리 또는 전기 사용의 불편성, 기후변동에 따른 고장 우려 등으로 실용화를 위해서는 더 보완되어야 할 것으로 판단되었다.

다. 개량 스크류식 시작기를 동절기 및 하절기 현장 성능시험을 실시한 결과, 시작기의 평균 개폐토크는 $5\text{N}\cdot\text{m}$ 로 나타나 기존 스크류식 분수문의 $16\text{N}\cdot\text{m}$, 기존 워기어식 분수문 $12\text{N}\cdot\text{m}$ 에 비해 64~69% 감소되었으며, 기후변동에 따른 소재의 변형, 부식현상은 나타나지 않았다.

라. 개폐회전수는 천안지역에 설치된 동일 규격의 분수문을 대상으로 하였을 때, 문비 50cm 개방시 기존 스크류식 분수문은 80회, 기존 워기어식은 598회, 시작기인 개량 스크

류식은 24회로 나타나 기존 워기어식에 비하여 약 25배 개폐회전수를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

마. 개폐시간은 기존 스크류식 분수문이 233sec, 기존 워기어식은 495초, 시작기인 개량 스크류식은 32sec로 기존 스크류식에 비해 7.3배, 워기어식에 비해서는 15.5배 개폐시간이 단축되는 것으로 나타났다.

바. 분수문 소재의 변형 정도를 알아보기 위하여 문비와 문틀사이의 틈새를 초기와 1년후 값을 틈새계이저로 측정하여 t검정을 실시한 결과 5% 유의수준에서 검정통계량 최고치가 $t_0=1.000 < t_{(0.05/2,4)}=2.776$ 으로 나타나 초기와 1년후 부재의 변형에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

사. 누수량조사에서 기존 분수문의 경우 문비와 문틀 사이에 틈 등으로 분당 약 1.5ℓ의 물이 누수되었으나, 개량된 분수문은 0.4ℓ로 나타나 기존 분수문에 비해 약 73% 누수되는 물을 막을 수 있는 것으로 나타났다.

아. 소재 부식성조사에서는 기존 분수문의 경우 설치 3개월 후부터 개폐축이 녹스는 현상을 확연히 확인할 수 있었으나 시작기의 경우 설치 1년후에도 녹스는 현상은 발생되지 않았다.

자. 수로관리인들의 의견조사 결과, 시작기의 경우 '사용 편리성', '개폐안정성', '실용성', '보급성' 측면에서 매우 긍정적인 반응을 보였으며, 요망사항으로는 분수문 조작시 사용되는 수동 개폐핸들이 지역별 또는 분수문 규격에 따라 매우 다양하여 취급이 불편하므로 개폐핸들이 하나로 표준화되었으면 좋겠다는 의견이 있었다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

제2절 평가 착안점별 달성도

여 백

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 목표별 목표달성도 및 기여도

1. 무동력 자동수문 개발

가. 연구개발목표

수문작동에 있어서 외부동력의 도움을 받지 않고, 인력에 의한 유지관리를 최소화하며 수문 상류의 수심을 항상 일정하게 유지하여 수문 상류에서 분기된 수로로부터 용수가 일정한 수압을 유지하여 원거리까지 용수가 도달할 수 있어야 하고, 집중 강우시나 수로내 외수유입시 수문이 통수에 방해가 되어 수로범람에 따른 논침수등의 피해를 막을 수 있는 장치가 구비된 수문을 개발한다.

나. 연구개발 목표달성도

본 연구는 효율적인 물관리를 위한 수로의 수문개량에 관한 연구의 일환으로 농업용 수로내의 수문의 효율화를 위한 무동력 자동 수문개발을 목적으로 진행하였다.

무동력 자동 수문의 이론적인 고찰뿐만이 아니라 그간의 기술개발 실적과 경험을 토대로 시작품의 제작 및 현장 적용시험등에 역점을 두어 특히 온양지구에 집중적으로 시작품을 배치하여 운영하였으며 이 운영의 결과에 따라 무동력 자동 수문의 장단점을 분석하고 문제점을 도출함으로써 실용성있는 제품개발에 주력하였다.

개발된 무동력 자동 수문은 수문상류의 설정수위의 증감에 따라 수문이 자동적으로 열림과 닫힘을 반복할 수 있도록 하였으며 농업기반공사 농어촌연구원에서 제반 기초작동 시험을 거친 후 온양지구에 시스템적으로 설치하여 현장적용성 시험을 완료하였다.

무동력 자동 수문의 개발로 수로감시원이 수문개폐의 운영을 직접하지 않아도 일정수위에 다다르면 수문이 작동하여 원활한 급수를 하며 상류로부터 여분의 유량이 유하하면 수문의 개방된 부분으로부터 하류로 흘러나가서 하류지역의 농민들이 취수를 원활히 할 수 있도록 개발되었다. 이는 수로를 통해서 용수공급을 하기 위해 수압유지용수를 보내어 그만큼의 용수를 손실시키는 것을 방지하며 무동력으로 작동하기 때문에 인력에 의한 수문조작노력이나 전동에 의한 수문운영시 소요되는 전력료 및 초기투자비용에 대한 부담을 덜 수 있었다. 이러한 장점을 가짐으로서 수로말단부의 농민에게는 적기에 적량의 용수를 원활하게 공급하게 될 수 있었고, 용수를 절감함으로써 대체수원공개발등의 노력절감에 일

조를 하였으며 인력에 의한 운영 대신에 무동력 자동 수문이 스스로 작동하기에 인력절감 및 예산절감에도 기여를 하였다.

다. 관련분야 기여

무동력 자동 수문의 개발을 통해 수문조작에 대한 노동력 절감 및 용수절감에 기여하고 제품의 홍보 및 기술발표를 통하여 관련분야의 발전을 유도하였으며 시범설치를 통하여 개발제품의 확대보급에 노력하였으며 또한 개발기술의 특허관련신청에 의하여 기술보호를 하고 있다.

1) 인력절감

본 무동력 자동 수문의 이용으로서 나타나는 가장 큰 효과로서는 용수절약과 인력절감으로서 평시 수로내 수위유지를 위하여 여분으로 보내는 약 15% 정도의 용수공급량이 절감될 것으로 판단된다. 또한 인력에 의해 운영 및 유지관리를 해왔던 기존의 제수문을 무동력 자동화시킴으로서 수리감시원의 제수문 조작에 따른 인력과 예산을 감소시킬 수 있다. 이는 현재 행하고 있는 물관리 자동화사업의 보조적인 수단으로서 전동수문이 설치되기 어려운 입지조건에 있는 곳에 무동력 자동 수문을 설치 운영함으로써 동력형과 무동력형을 적절하게 조합하여 사용할 수 있도록 하였고 이를 바탕으로 지선급 이하의 용수공급형태의 효율화를 기할 수 있도록 하였다.

2) 사용편의 제공

우선 인력에 의한 운영이나 유지관리가 필요 없기 때문에 사용성에 있어서는 굉장히 편리해 졌다. 또한 조작시간이 필요없기 때문에 여유시간을 제공할 수 있게 되었으며 어떠한 기구를 사용한다든지 하는 불편함이 없어졌다.

3) 개발제품의 실용신안 출원

개발된 무동력 자동 수문에 대하여 2003년 7월에 실용신안을 출원하였으며 등록이 허여되면 이를 산업체 기술이전을 실시하여 기술료 획득과 더불어 무동력 자동 수문의 실용화에 기여할 것이다.

- 실용신안출원일 : 2003년7월9일

- 출원번호 : 제2003-22059호
- 명칭 : 무동력 자동수문

4) 홍보를 위한 논문발표 및 전문지 게재

2002년도 한국농공학회 학술대회에 무동력 자동 수문 개발이라는 제목으로 연구발표를 행하였으며 2003년7월에 농어촌과 환경이라는 전문지에 좀 더 자세한 내용을 소개하는 논문을 발표하였다.

5) 실용화를 위한 노력

현재 실용화를 위하여 표준도면을 개발중이며 이에 따라 제작 및 설치단가를 책정중이고 각종 전문지나 학술지에 논문 또는 신기술정보로서 소개를 하여 실용화에 적극 노력할 예정이다.

2. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

가. 연구개발 목표

분수문 개폐축 구조와 개폐방식을 개량하고, 분수문의 소재를 녹슬지 않는 재질로 하여 오래 사용할 수 있고 취급이 용이한 용수로 분수문 개폐장치를 개발한다.

나. 연구개발 목표달성도

본 연구는 농업용 관개시설로 이용되는 수리시설물중 용수로 분수문 개폐장치가 부식, 고장, 취급불편 등의 문제가 있어 취급이 용이하고 오래 사용할 수 있는 분수문 개폐장치를 개발하는데 역점을 두었다.

분수문에 대한 실태조사뿐만 아니라 이론적 연구와 경험을 토대로 여러 형태의 시작기를 제작한 후 요인시험, 현장 성능시험을 실시하여 실용성있는 제품의 개발에 주력하였다.

개발된 시작기중 가장 우수한 것으로 판단되는 개량 스크류식 분수문은 작동시 개폐 스크류축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하는 방식을 적용함으로써 기존 분수문에 비해 안전성과 내구성이 증대되도록 하였으며, 문비와 문틀사이로 물이 새는 것을 없애기 위해 문비에 조임장치를 부착하여 문비가 닫혀질 때 자동으로 문틀에 밀착되게 설

계·제작되었다.

또한, 개폐 스크류축의 구조를 이중 나선형 구조로 하여 개폐에 소요되는 힘은 적게 하고, 회전당 개폐 이동거리가 커지도록 설계하여 그동안 분수문 관리인들이 가장 힘들어 하던 개폐소요력과 회전수 문제를 해결할 수 있게 하였다.

개발된 분수문을 농업기반공사 평택지사, 안성지사, 수화·홍안지사의 용수지선 수로에 각각 설치하여 현장 적용성 시험을 완료하였다. 그리고 분수문을 늘 사용하는 수로관리들과 농민들을 대상으로 현장 연시를 통한 그들의 의견을 청취한 후 시작기를 개량·보완하여 실용성있는 제품개발에 노력하였다.

다. 관련분야 기여

용수로 분수문 개폐장치 개발을 통하여 용수절감, 물관리시 노력절감 및 장치의 내구성 증대에 기여하고, 제품의 홍보 및 기술발표를 통하여 관련 분야의 발전을 유도하고, 산업체에 기술이전을 통하여 개발제품의 확대보급에 기여코자 한다.

1) 농민(수로관리인) 사용편의 제공

구 분	기존 분수문	개량 분수문
개폐시간 절약	기존 분수문(스크류식, 워기어식 포함)의 경우 대당 평균 개폐시간이 약 360초로 김.	개폐시간이 약 32초로 매우 짧아 사용하기가 편리함.
개폐노력 절감	개폐토크가 평균 14N·m로 성인들도 조작하기가 쉽지 않음. 문비 50cm 개방시 개폐회전수가 스크류식은 약 80회, 워기어식은 약 600회로 많음.	개폐토크는 약 5N·m로 고령자, 부녀자도 사용가능. 문비 50cm 개방시 개폐회전수가 24회로 크게 감소됨.
유지관리 노력절감	녹스는 것을 방지하기 위하여 기름칠을 하거나 고장수리 등에 많은 노력이 들어감.	녹이 슬지 않는 소재로 되어 있어 유지관리 노력절감 및 내구성 증대를 기할 수 있음.
기 타	부품고장시 일체로 되어 있어 부품교체가 쉽지 않음.	전체 부품이 분해·조립 가능하게 되어 있어 파손, 고장시 교체가 쉬움.

개발된 분수문 개폐장치가 널리 보급되면 농업용수의 절약은 물론 농민의 물관리에 대한 노력절감을 도모하는 등 농민 편의에 크게 기여할 것으로 여겨진다.

2) 개발제품의 산업재산권 출원

개발된 분수문 개폐장치에 대하여 농촌진흥청 심의를 거쳐 실용신안으로 출원중에 있으며, 조만간 산업체에 기술이전하여 현장에 보급할 계획이다.

- 실용신안 출원 명칭 : 용수로 분수문 개량 스크류식 개폐장치

- 출원일 : 2003년 8월 14일

- 출원내용

- 분수문 개폐축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하면서 분수문이 개폐 되도록 한 구조
- 분수문 개폐축의 구조를 이중 나선형 사각 나선 구조로 설계하여 개폐에 소요되는 힘은 적게 하면서 개폐 이동거리가 크도록 설계한 구조
- 분수문 문비가 아래쪽 바닥 부근에 접근하게 되면 자동으로 문틀과 밀착되게 한 조임장치의 구조

제2절 평가 착안점별 달성도

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

○ 연구목표의 달성여부(30점)

연구의 목표로서 설정한 수로내 수위의 증가에 따른 수문작동에 관해서 부력에 의해 수문이 개폐될 수 있도록 개발하였으며 수차례에 걸친 시작기 제작과 더불어 현장적용시험을 거쳐 수로내에 통수를 방해하지 않는 무동력 자동 수문의 개발에 이르렀다. 이에 따라 본 연구가 목표로 하는 수로내 수위를 일정하게 유지할 수 있는 수문의 개발을 이루하였으며 이에 대한 수리학적, 이론적 배경도 모두 해명함으로써 추후 무동력 자동 수문을 현장배치할 때 고려할 토목적 조건에 대해서도 모두 해명을 하여 좀 더 안전하고 효율성 있는 수문을 배치할 수 있도록 하였다.(제3장 제1절 1, 4, 5, 8 참조)

○ 설계기술의 적정성(20점)

본 무동력 자동 수문의 설계는 우선 수문에 대한 수압의 작용메커니즘을 해명하는 것을 기초로 하여 실제 수압이 작용시 수문이 작동하는 메커니즘에 대한 계산을 하고 그 이후에 수문비와 플레임에 대한 구조계산을 기초로 하여 설계를 행하게 된다. 이는 민감한 부력에도 강하게 작용을 하는 무동력 자동 수문의 특성을 비추어볼 때 대단히 중요한 문제이며 이에 대한 설계방법을 적용하여 몇차례의 제작과 현장설치에 따른 적용성 시험에서 검증을 하였다.(제3장 제1절2, 3 참조)

○ 무동력 자동수문의 활용성(20점)

무동력 자동 수문은 그 기능과 특성으로부터 알 수 있듯이 수로내 수위를 일정하게 유지하는 역할을 하는 것으로서 농업용 수로내의 제수문으로서 가장 그 역할이 기대가 된다. 또한 분수문과 연계하여 분수문 이하의 수로에 유황에 따라 제수문이 작동할 수 있게끔 한다면 그 활용성은 대단히 높을 것으로 사료된다.(제3장 제1절 6 참조)

○ 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량의 실용성(30점)

기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량에 있어서 분수문 개폐축이 제자리에서 회전하고 문비만 상·하로 이동하면서 분수문이 개폐되도록 한 구조로서 하였으며 분수문 개폐축의 구조를 이중 나선형 사각 나선 구조로 설계하여 개폐에 소요되는 힘은 적게 하면서 개폐 이동거리가 크도록 설계한 구조로 개량을 하였다. 또한 분수문 문비가 아래쪽 바닥 부근에 접근하게 되면 자동으로 문틀과 밀착되게 한 조임장치의 구조를 함으로서 기존의 수동식 수문보다 대단히 손쉽게 그리고 내구성이 강하게 함으로서 한번 설치에 오랫동안 사용할 수 있는 실용성을 갖추고 있다.(제3장 제2절 참조)

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

제2절 설계 및 시공에 직접 이용

제3절 향후 기술개발의 자료로 이용

여 백

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 상품화에 의한 현장 보급 추진

1. 무동력 자동 수문의 보급

- 실용신안 등록이 완료된 후 기술의 기업이전으로 제품화가 가능하도록 유도하여 확대 보급되도록 추진
- 대량 보급이 시작되기 이전에는 기업의 상품화가 지연될 것으로 사료됨으로 기업의 상품화 이전까지는 시범사업을 할 수 있도록 추진하여 소규모 생산에 의한 보급이 추진될 수 있도록 추진

2. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

○ 용수로 분수문 개폐장치 보급

- 산업재산권 등록이 완료되면, 현재 하천의 부유물질을 걸러내는 제진기 생산업체인 (주)신화기공에서 본 개발제품의 기술을 이전 받아 생산, 보급하기를 열망하고 있어 조만간 기술 이전하여 현장에 보급코자 한다.

제2절 설계 및 시공에 직접 이용

1. 무동력 자동 수문 설계 반영

- 경지정리사업지구와 개보수사업지구의 설계에 반영되도록 추진 함.
- 작성된 설계법을 활용토록 함.

2. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

○ 개량 스크류식 분수문의 설계 반영 추진

- 지역특화사업중 소규모 농업기반정비사업의 시·군 수리시설개보수 지원사업에 활용 할 수 있도록 추진함

제3절 향후 기술개발의 자료로 이용

1. 무동력 자동 수문

무동력 자동 수문을 이용한 새로운 형태의 용수공급체계에 연결하여 수원공에서부터 말단 포장까지의 용수공급체계를 현대화시키는 정책적 자료로서 이용

2. 기존 분수문의 재질 및 개폐방식 개량

○ 개량 분수문의 개발로 향후 후속 개발의 바탕 마련

- 장기적 관점에서 물관리의 완전자동화를 위해서는 수원공에서 평야부의 간지선 용수로까지는 물관리자동화시스템에 의한 Upstream Control 방식이, 포장에서 지거 용수로까지의 관리는 Downstream Control 방식이 적용되어지므로 Downstream Control 방식의 필수적인 요소인 분수문의 개발로 향후 용수지거 분수문의 자동화 등 후속 연구의 기틀을 마련함.
- 리모콘제어식 분수문 개폐장치 기술은 향후 각종 소형 수문의 생력화 및 태양열을 이용한 자동개폐장치 실용화에 기초 기술을 제공

제6장 참고문헌

여 백

제6장 참고문헌

1. 한국표준협회 편 : 한국산업규격 KS D 3565(상수도용 도복장관), KS D 4311(수도용원심력 덕타일주철관) KS F 4405(코어식 프리스트레스트 콘크리트관)
2. 대한토목학회 편(1996) : “제1부 설계편 제1편 공통현 제2장 하중”, 도로교표준시방서, pp.37~72
3. G. A. Leonards(1962) : “Chapter 11. Culvert and Conduits” , Foundation Engineering, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC., pp.965~999
4. E. Benjamin Wyile(1993) : “Fluid Transients in Systems” ,Prectice-Hall, INC.
5. 한국도로공사, 구조물 보수·보강 매뉴얼, 1997
6. 한국도로공사, 구조물 안전점검 및 진단 편람, 1997
7. 시설안전기술공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 1996
8. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조물의 진단, 보강 및 유지관리, 1995
9. 농림부, 「농가경제통계」, 각년도.
10. 농림부·농어촌진흥공사, 「농업생산기반정비사업통계연보」, 각년도.
11. 농림부·농어촌진흥공사, 「농업기계의 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 연구」, 1993
12. 농림부·농지개발조합연합회, 「경지정리 사후평가 및 효율적인 추진방안에 관한 연구」, 1997.
13. 농림사업평가위원회·한국농촌경제연구원, 「농림사업 평가」, 1997.

14. 임재환, 「농업투자분석론 : 이론과 실제」, 선진문화사, 1997.
15. 한국개발연구원, 「농어촌 투융자 효율성 제고 방안」, 1996.
16. 한국농촌경제연구원, 「농림사업 2단계 중간평가」, 1997.
17. 한국산업은행, 「기술도입의 효과분석」, 1991.
18. 農林水産省構造改善局計劃部, 「解説 土地改良の經濟效果」, 大成出版社, 1997.
19. 玉城哲・旗手勳・今村奈良臣 編, 「水利の社會構造」, 東京大學出版會, 1984.
20. 한국플라스틱기술정보센터. 플라스틱 사이언스. 2000. 2-5월호
21. 향문사. 1992. 농업수리학. pp. 45~73.
22. 허영수. 1998. 폴리에스테르수지. 대광서림.
23. Ray K. Linsley and Joseph B. Franini. 1979. Water-Resources Engineering. Mc Graw-Hill Kogakusha. LTD.
24. Walski, T.M. Analysis of water distribution systems. Van Nostrand reinhold. New York. 1984.
25. 권순국 외4. 1998. 신고 수리구조공학. 향문사.
26. 류희정 외5 공역. 2002. 수리학. 東和技術.
27. 손병진 외1. 1998. 유체역학. 동명사.
28. 윤재섭. 1992. 수리·수자원공학에 대한 유한요소법의 적용. 농공기술. 제2권 1호. pp. 102~112.

29. 임영춘 외1. 1975. 수로구조물 수리설계. 한국농공학회.
30. 정재천 외3. 2001. 종합 기계설계. 청문각.
31. 丸山利輔 외6. 灌溉排水. 養賢堂. 1988.
32. 緒形博之 외4. 農業水利學. 文永堂. 1978
33. Beasley, D. B., L. F. Huggins, and E. J. Monke, 1980. ANSWERS-A Model for Watershed Planning, Transaction of the ASAE, 23(4), pp. 938~944

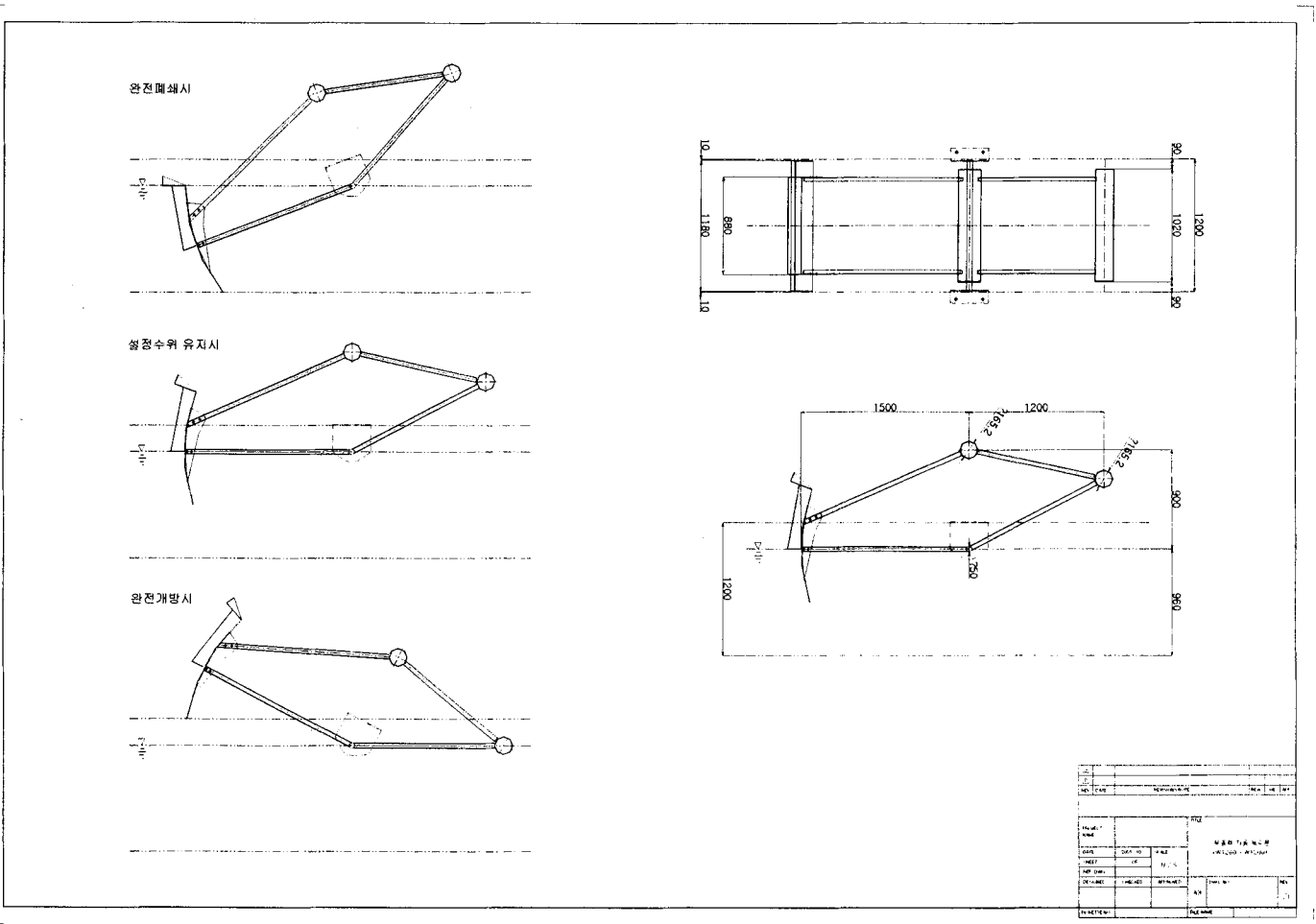
여 백

부 록

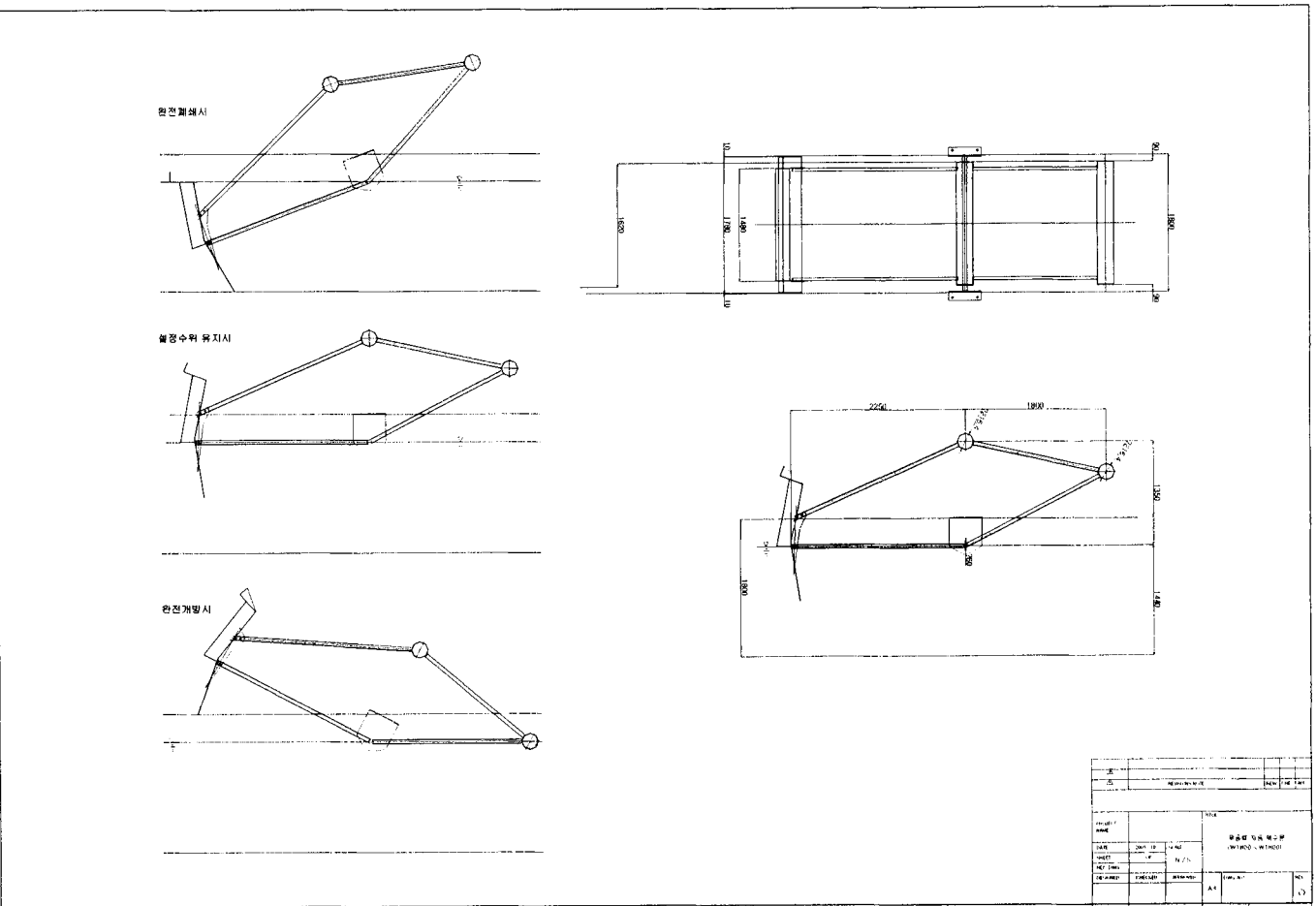
- 부표 1. 무동력 자동 수문 설계도
- 부표 2. 개량수문 부품 및 설계도

여 백

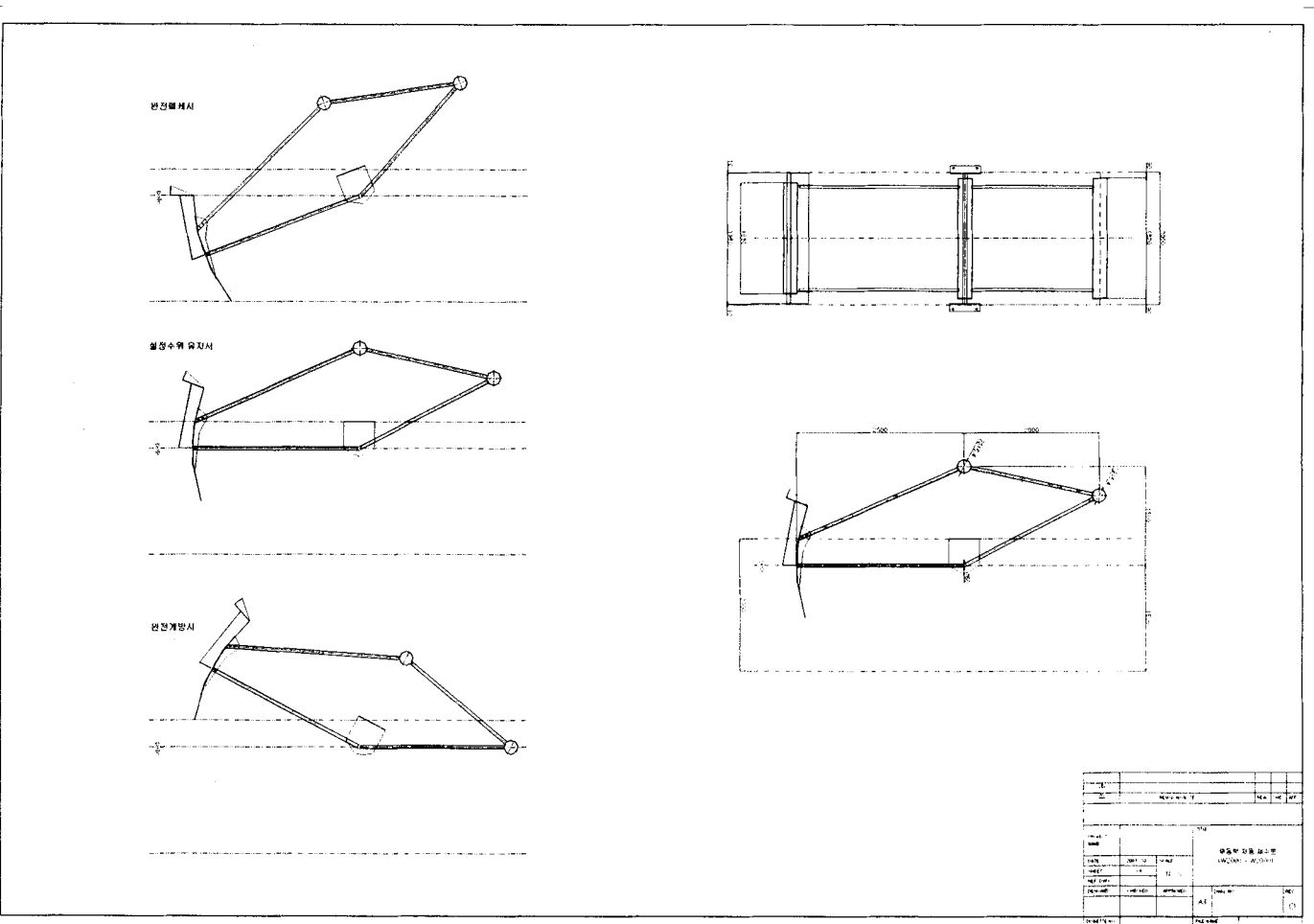
(4) H1.2m × W1.2m(유기수집 : 1.0m)



(7) H1.8m × W1.8m(유지수심 : 1.6m)

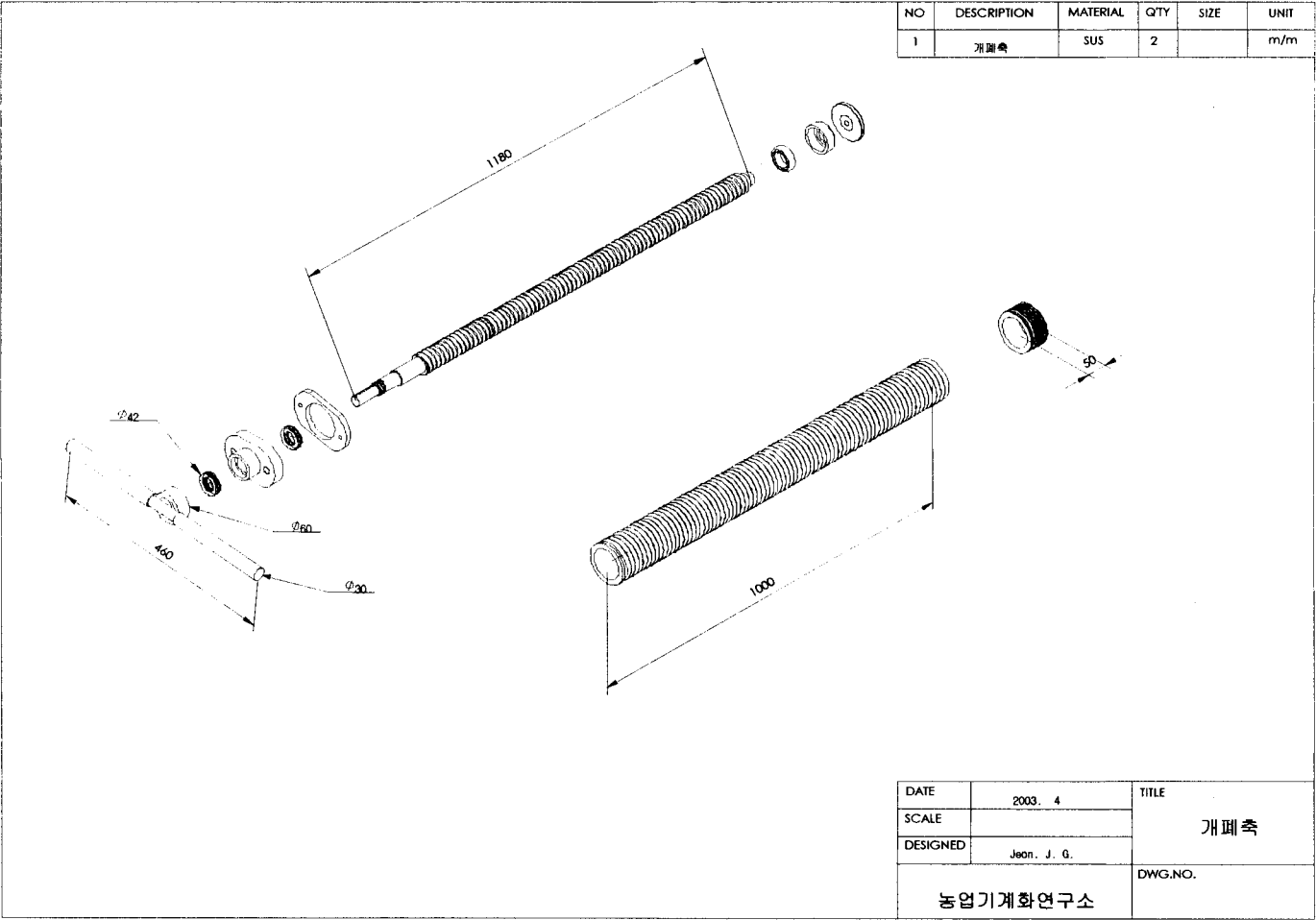


(8) H2.0m × W2.0m(유기수집 : 1.8m)

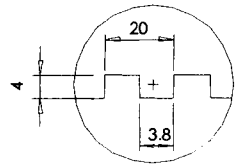


제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처
제출일	제출처	제출인	제출처

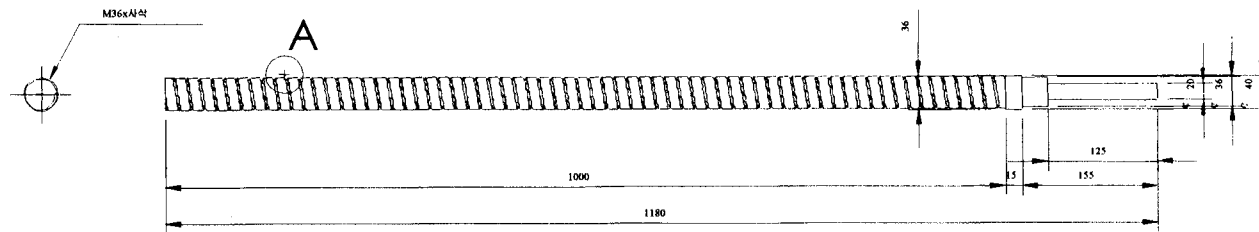
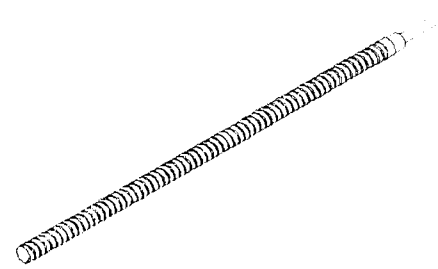
부표 2. 개량수문 부품 및 설계도



NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	제동스프링	SUS	1		m/m



scale(1:2) A



DATE	03. 4.	TITLE 제동스프링
SCALE	1/2	
DESIGNED	Jeon, J. G.	
농업기계화연구소		DWG NO.

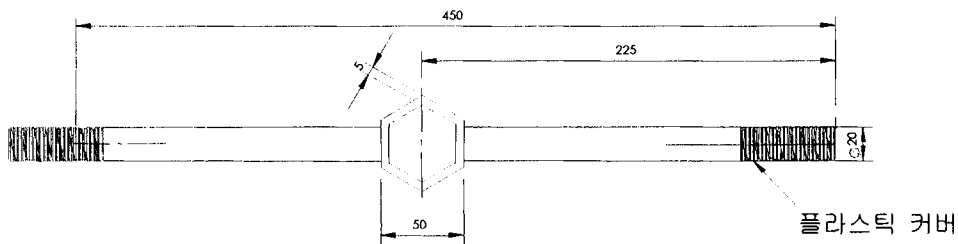
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	개폐 핸들	스테인레스	1		m/m



배면도



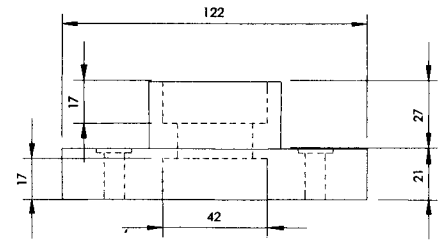
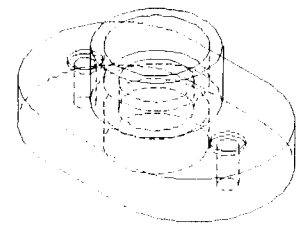
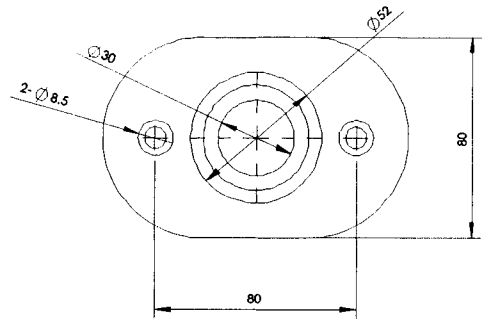
우측면도



평면도

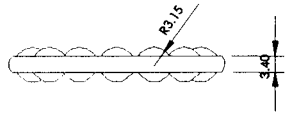
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE		개폐 핸들
DESIGNED	Jeon, J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
I	축지지대	SUS	4		m/m

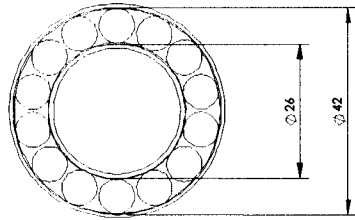


DATE	2003. 4.	TITLE
SCALE		축지지대
DESIGNED	Jeon, J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

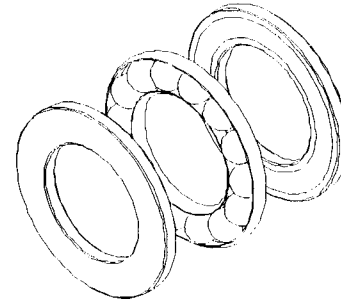
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	구름베어링	Eng. Plastics	10		m/m



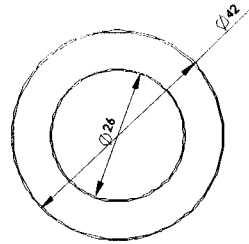
배면도



포면도



사시도



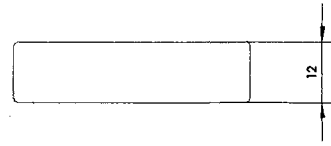
포면도



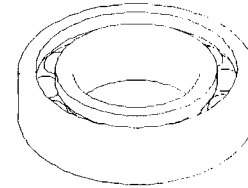
우측면도

DATE	2003. 4.	TITLE
SCALE		플라스틱 구름베어링 (B타입)
DESIGNED	Jeon. J. G	
농업기계화연구소		DWG.NO.

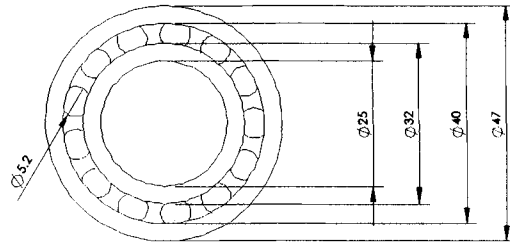
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	구름베어링	Eng. Plastics	10		m/m



배면도



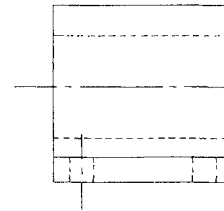
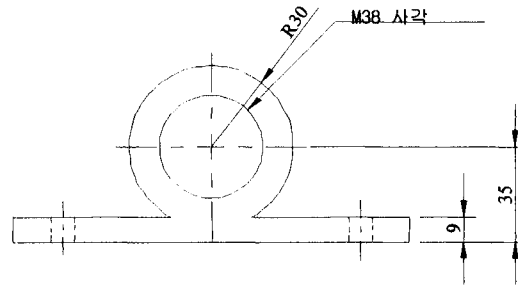
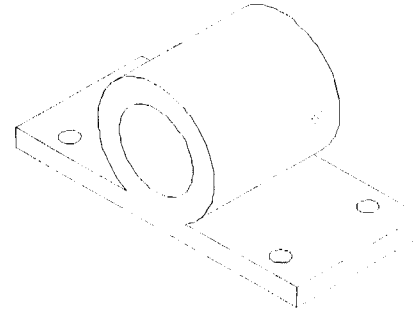
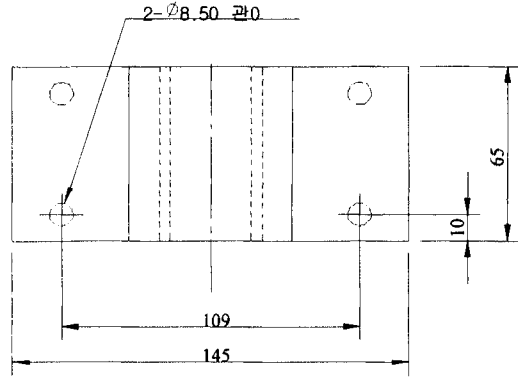
사시도



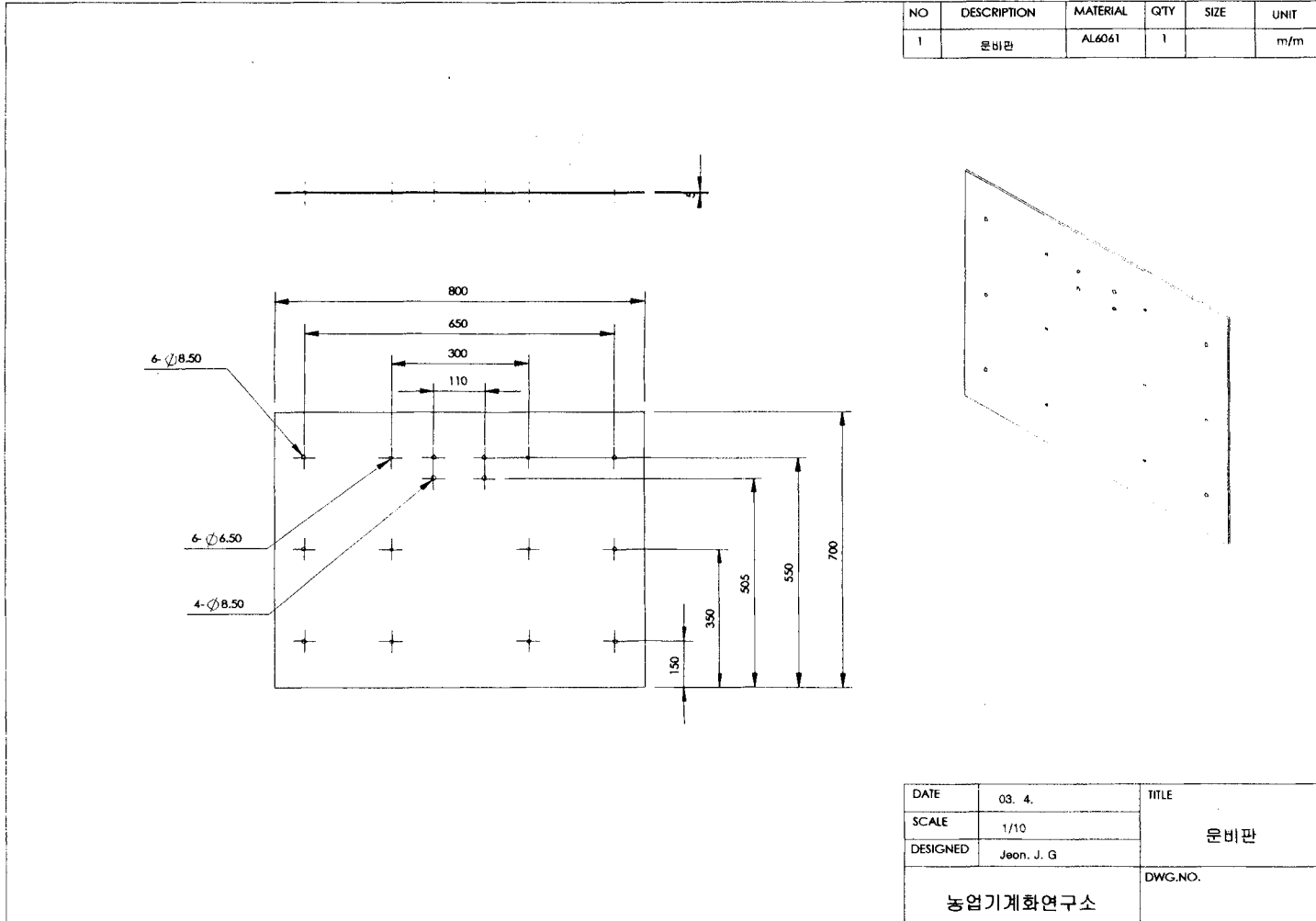
앞면도

DATE	2003. 4.	TITLE
SCALE		플라스틱 구름베어링 (A타입)
DESIGNED	Jeon. J. G	
농업기계화연구소		DWG.NO.

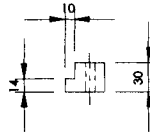
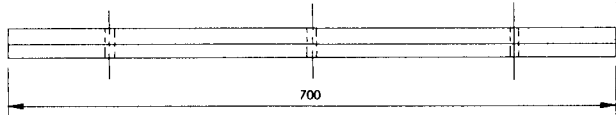
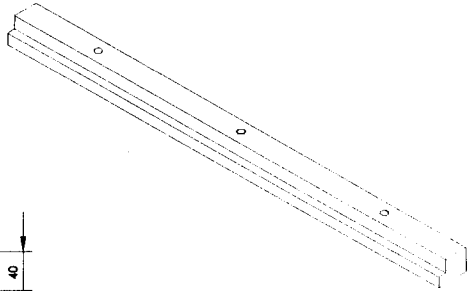
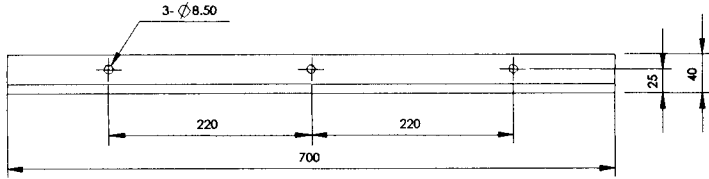
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	개폐축 너트	SUS	2		m/m



DATE	2003. 4.	TITLE 개폐축 너트
SCALE		
DESIGNED	Jeon. J. G	
농업기계화연구소		DWG.NO.

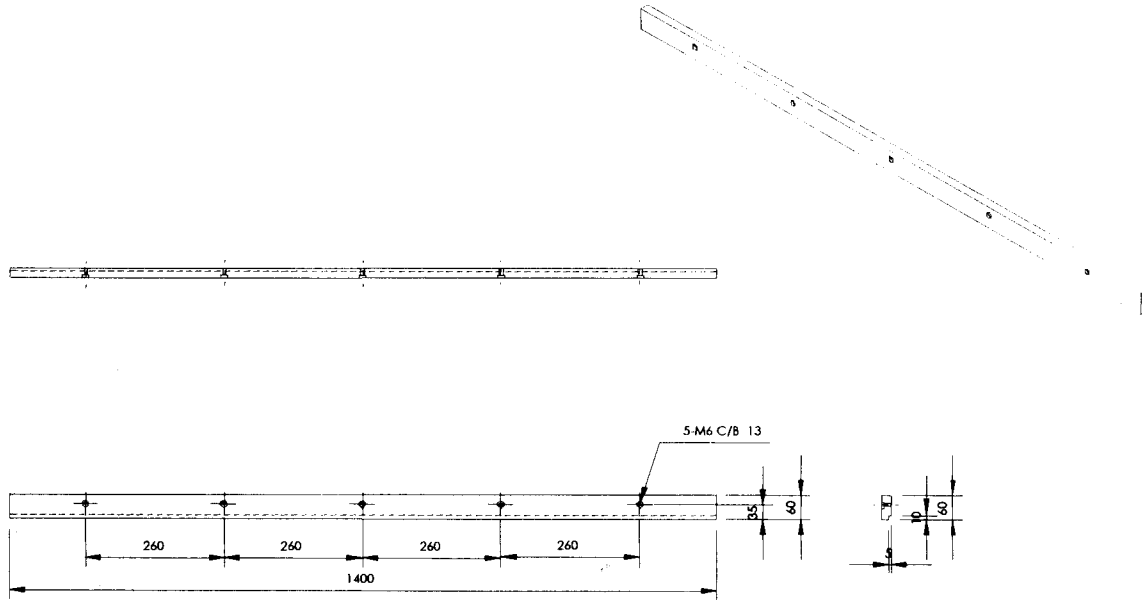


NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	가이드판	MCL나미론	2		m/m



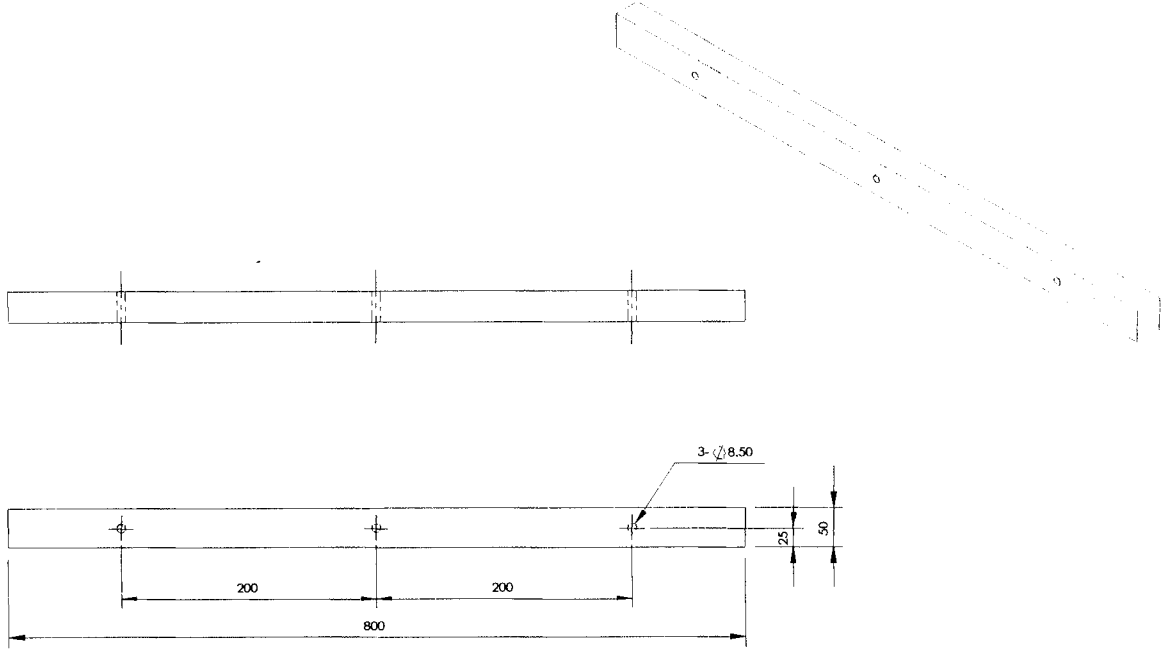
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/5	가이드판
DESIGNED	Jeon. J. G	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	문물좌, 우가이드판	MCL아이본	2		m/m



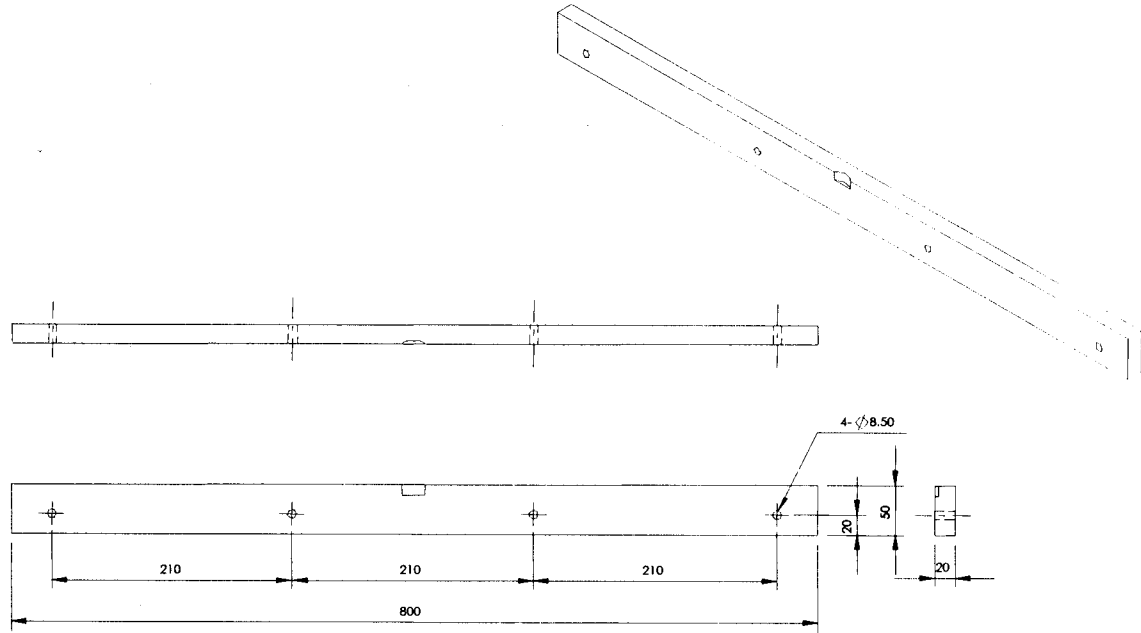
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/10	문물좌, 우가이드판
DESIGNED	Jeon. J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	문틀하부덮개판	MCL나이트론	1		m/m



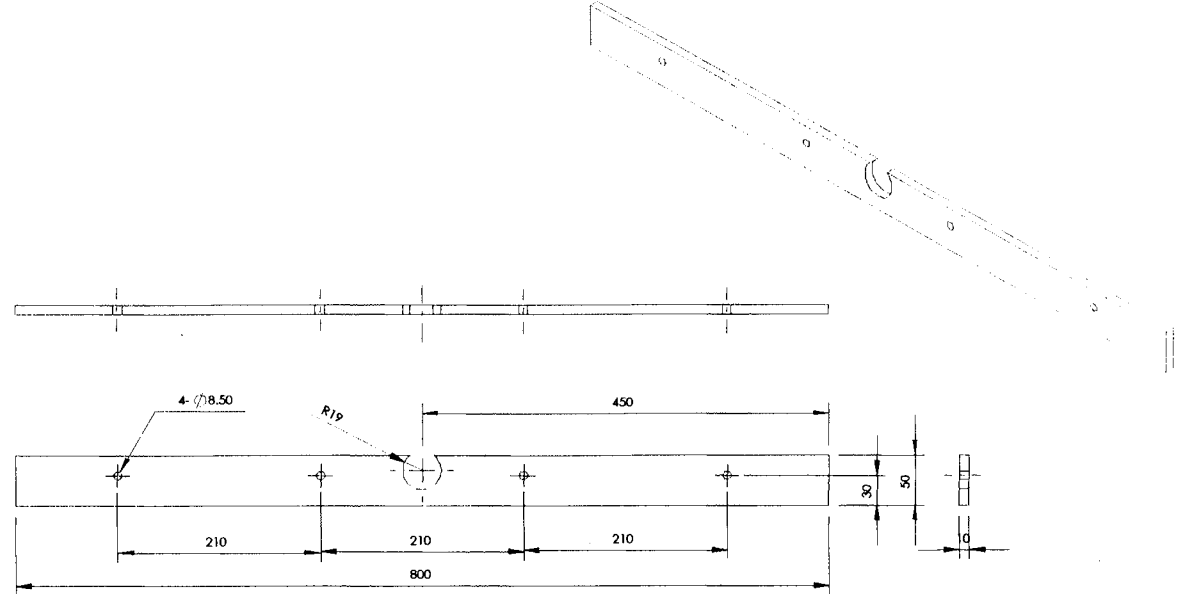
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/5	문틀하부덮개판
DESIGNED	Jeon, J. G.	
주요사항		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	운동상부앞덮개판	MCL이론	1		m/m



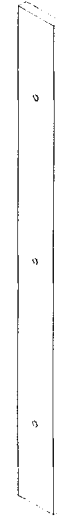
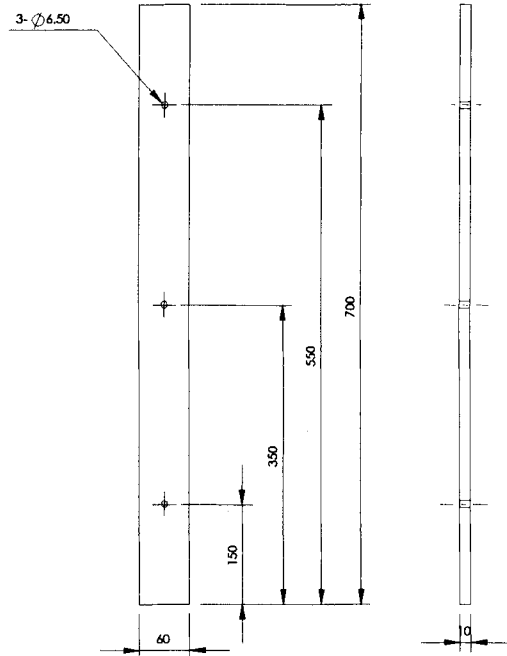
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/5	운동상부앞덮개판
DESIGNED	Jeon, J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	운동상부덮개판	MCL이론	1		m/m



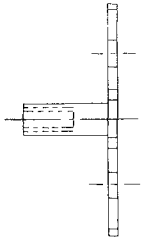
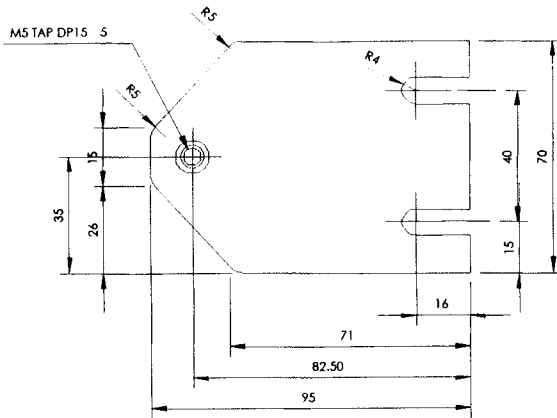
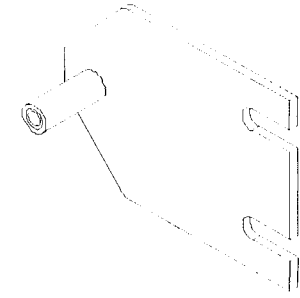
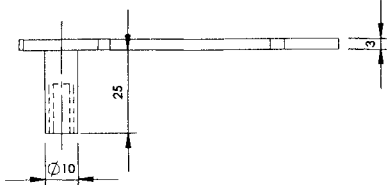
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/5	운동상부덮개판
DESIGNED	Jeon. J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	문비보강판	MCL1이론	2		m/m



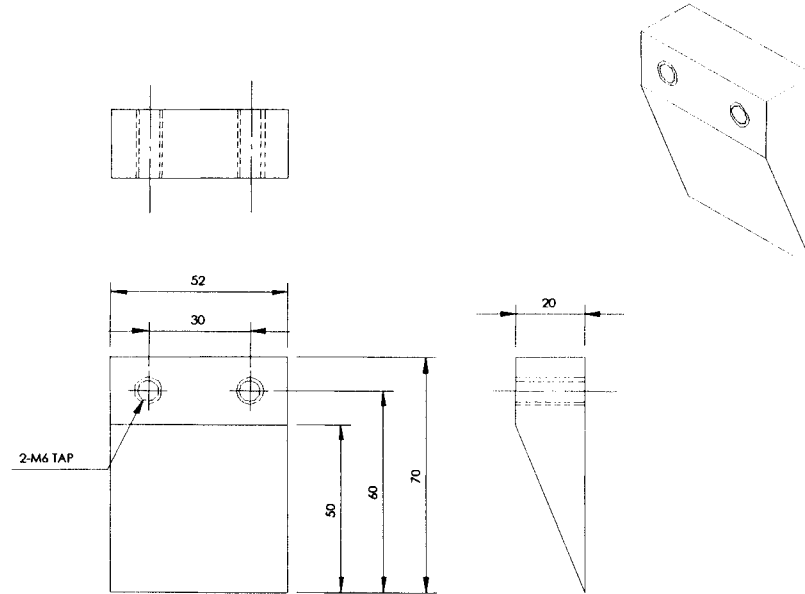
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/5	문비보강판
DESIGNED	Jeon. J. G.	
해업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	REMARK
1	조임장치고정셀	SUS	2		



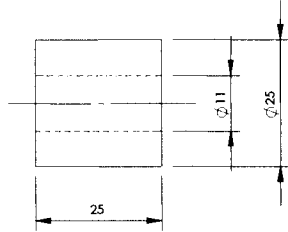
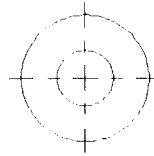
DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/2	조임장치고정셀
DESIGNED	Jeon, J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	조임장치뺨기	MCL1이른	4		m/m



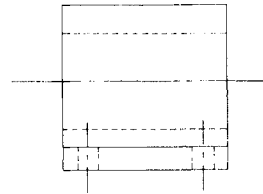
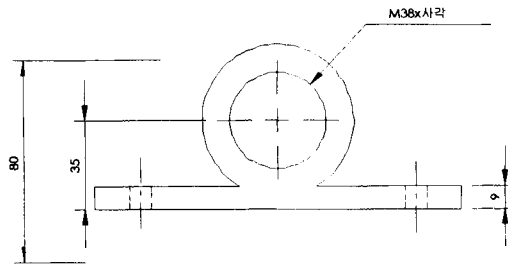
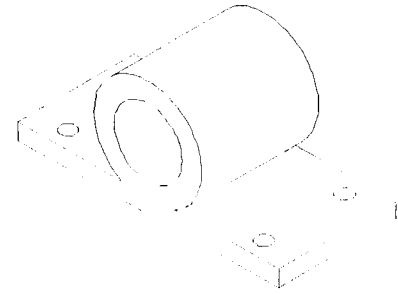
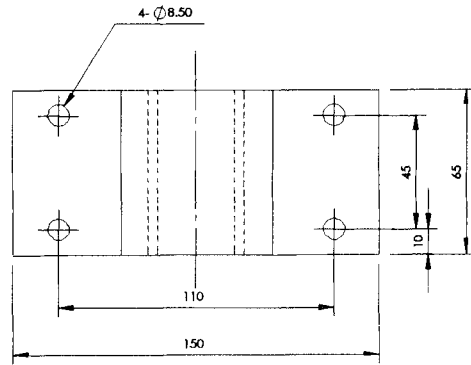
DATE	03. 4.	TITLE 조임장치뺨기
SCALE	1/2	
DESIGNED	Jean. J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	조임장치로라	MCL이론	4		m/m



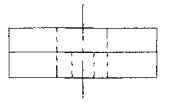
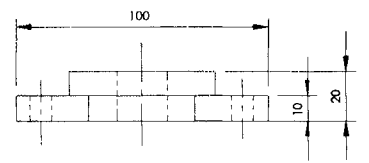
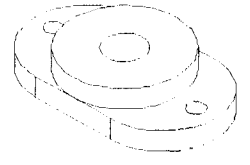
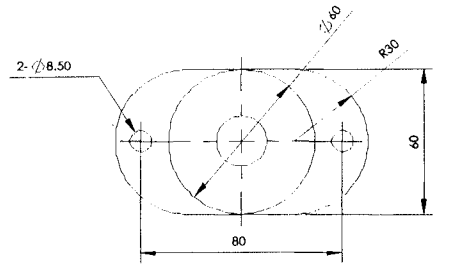
DATE	03. 4.	TITLE 조임장치로라
SCALE	1/2	
DESIGNED	Jeon, J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	스크류너트	인칭동	2		m/m

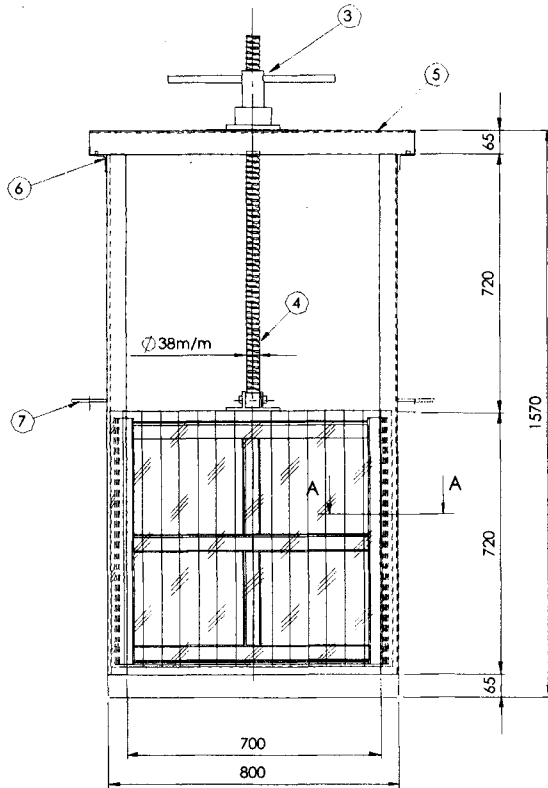
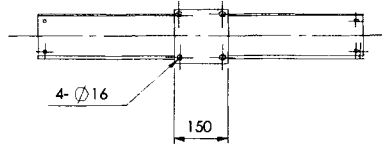


DATE	03. 4.	TITLE 스크류너트
SCALE	1/2	
DESIGNED	Jeon. J. G.	
농업기계화연구소		DWG.NO.

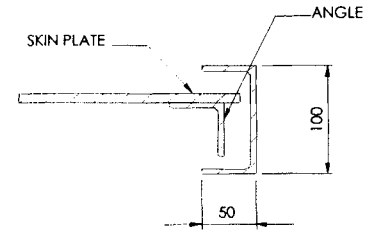
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	UNIT
1	상부개폐고정축	SUS	1		m/m



DATE	03. 4.	TITLE
SCALE	1/2	상부개폐고정축
DESIGNED	Jeon. J. G.	DWG.NO.
농업기계화연구소		



NO.	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY	SIZE	WT.(kg)		REMARK
					UNIT	TOTAL	
1	SKIN PLATE	SS400		6T			
2	CHANNEL	SS400		100X50X5T			
3	관형기			구형			
4	SPINDLE	SS400		D 38			
5	CHANNEL	SS400		125X65X6T			
6	ANGLE	SS400		50X50X5T			
7	PLATE	SS400		100X100X9T			



SECTION A-A

DATE	2003. 4.	TITLE
SCALE		Screw type gate
DESIGNED	Sae-Won Co.	
NAMRI		DWG. NO.

