

저수지 사통수문 개발

- Development of Reservoir Flood Gate -

정광근*, 이광야, 김해도, 이종남

Chung, Kwang Kun*·Lee, Kwang Ya·Kim, Hea Do·Lee, Jong Nam

Abstract

It was convenient and the maintenance to do ease, to tilt the effort of one irrigation facility modernization by used to solar energy of reservoir flood gate and to reach and to lead in order to prepare one hand insufficiently it follows in leaving farming of the farming village and become older in age of the irrigation facility manager, it discussed one result.

The reservoir flood gate which currently is developed but as improving the circular floodgate rain it does not measure the flow which is accurate is supplied from the reservoir it could not.

1. 연구배경

현재 우리나라 전체적으로 사용·관리하고 있는 저수지는 17,882개소로서 농업용수, 생활용수, 공업용수, 환경유지용수등의 많은 부분을 공급하고 있다. 이러한 각종 용수를 공급하고 있는 전체 저수지 개소수 중 농업용수를 전담하여 공급하는 주수원공 및 보조수원공으로 사용하는 저수지는 전체 저수지의 98.7%인 17,644개소이다. 전국적으로 17,600여개소가 넘는 저수지에서 농업용수를 공급하고 있는데 이 저수지로부터 누수가 발생하여 용수손실을 일으키는 경우를 종종 볼 수 있다. 이 누수의 원인은 여러 가지를 상정할 수 있으나 가장 주된 원인으로 저수지 축조 년도가 오래되어 저수지로부터 용수를 공급하는 관문인 사통수문의 노후화 및 고장으로 인하여 발생하는 누수가 대단히 많은 실정이다. 또한 사통수문의 개폐도를 조정하기 위한 권양장치도 오래 전에 제작하여 설치한 것으로서 인력으로 사통수문의 개폐를 행하는 것은 대단히 곤란한 실정이다. 전체저수지의 축조년도를 살펴보면 축조한지 30여년이 훨씬 넘는 1972년 이전에 축조한 저수지가 15,856개소(이 중 주수원공 및 보조수원공은 15,649개소)로서 88.7%(87.5%)나 차지하고 있으며 최근 30여년 안에 축조한 저수지는 2,026개소(이 중 주수원공 및 보조수원공은 1,995개소)로서 11.3%(11.2%)에 불과하다. 이러한 저수지 사통수문으로부터의 누수는 저수지 제방 안으로 침투하여 제방결절을 일으켜 저수지 하류에 치명적 피해를 일으킬 수 있으며 겨울철등 강우가 적은 시기에 지속적 누수를 일으킴으로서 봄의 관개기에 용수부족을 일으킬 수 있는 커다란 요인으로 작용을 하고 있다. 아래의 표 2에서 나타낸 바와 같이 우리 농촌은 1970년에는 총인구대비 농촌인구의 비율이 44.7%

표 1. 축조연대별 전국 저수지 현황 (단위 : 개소)

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

※ 2002년도 농업생산기반 통계연보에서 발췌

에서 2001년에는 8.4%로 떨어졌다. 이뿐만이 아니라 이 중 실제로 농업에 종사할 수 있는 노동력을 갖춘 인력은 1970년도와 2001년도의 인구수 대비로서 3,216천명의 인구가 감소하였다. 이는 실제 생산을 위한 농업활동과 더불어 수리시설물의 유지와 관리를 행하기 위한 인력이 턱없이 부족하다는 것을 의미한다. 물론 벼농사의 경우에는 영농작업의 기계화가 많이 이루어져 인력소모를 많이 줄일 수 있으나 영농작업을 행하기 위한 사전절차인 용수공급을 위한 저수지 개방, 운영, 유지관리 및 수로감시, 수문조작, 수초제거, 오물처리등에 관해서는 아직까지 완전한 기계화가 되어 있지 못하며 이를 위한 인력소모가 대단히 많고 또한 많은 시간을 요하는 것은 주지의 사실이다. 상기 수리시설물의 운영 및 유지관리를 위한 인력의 대부분이 60세 이상을 넘긴 장노년층이며 특히 1990년대 이후 조합비를 포함한 유지관리비의 감축으로 인하여 수리감시원 1인당 관리면적이 83%나 증가하여 현재는 약 200ha가 넘는 수혜면적을 관리하고 있는 실정(농업기반공사)이다. 이러한 노년층이 광대한 면적을 관리하는데 있어서 수리시설물의 현대화 및 기계화가 이루어진다고 하더라도 관리상의 문제점은 많이 발생하리라고 예상되는데도 불구하고 현재 수혜면적 100ha 이상이 되는 저수지의 전동화는 10%도 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 현재의 저수지 사통수문과 같이 개폐에 많은 시간과 노력을 요하는 구조로는 효율적인 저수지 운영이 불가능한 실정이다. 따라서 개폐가 쉽도록 하는 구조로서 개발할 필요가 있으며 본고에서는 이러한 사통수문의 개량에 관하여 논하고자 한다

표 2. 농가인구 및 연령변화 추세 (단위 : 천명)

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

※ 2002년도 농업생산기반중장기계획에서 발췌

2. 사통수문 개량

1) 동력시스템(태양광 시스템)

가. Solar Unit 현황

① 태양열 전지판

태양열 전지판의 용량을 결정하기 위해서는 첫번째로 총부하 전류를 결정하고 암에처 아워(ah)에서의 시간 기준을 결정해야 한다. 이것은 PV시스템을 동작시키는 전압내에서 부하를 구성하는 다양한 장치의 전력을 분할하여 부하 전류를 결정시킨다. 예를 들면 3개의 전기장치 A, B, C로 구성(각각 60watt, 6watt, 12watt가 필요함)되는 12volt의 PV시스템은 장치 A와 B를 24시간 운용하고 장치 C는 8시간 운용을 한다고 할 때, 다음과 같이 계산할 수 있다.

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

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

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

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

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

로 계산한다.

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

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

$$2\text{단계에서 총부하} + \text{안전요소등등} = 168\text{Ah/day}$$

$$\text{설치장소(뉴욕시)의 위도} = 40.$$

$$\text{동 위도에서의 적정 예비시간} = 10\text{시간}$$

표 3. 위도별 적정 예비시간

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

* 방전정도 80% 가정

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

② 태양열 전지판의 크기(용량)결정 방법

우리나라에서의 태양열 전지판의 크기(용량)를 결정하기 위해서는 첫번째가 태양전지가 최대 출력을 낼 수 있는 일조시간은 1년 평균하여 1일 3시간으로 한다. 태양빛을 받을 수 있는 시간이 오전 9시부터 오후 5시까지 약8시간이라고 하더라도 장마철, 구름긴 날, 눈오는 날등을 전부 포함할 경우 1일 평균 3시간 정도가 된다. 또한 태양전지에서 얻어진 전력, 전압과 전류는 100% 배터리에 충전되지 않는다. 전순류에서의 전압강화와 충전기에서의 손실 및 배터리에서의 충전효율등을 계산하면 태양전지판에서 얻어진 전력의 50%만이 배터리에 저장된다. 예를 들어 배터리에 100watt가 저장되려면 태양전지판에서는 200watt가 발생되어야만 한다. 이러한 모든 손실 요소를 계산하면 태양전지판 판매자가 자신있다고 말하는 용량보다 훨씬 큰 전지판이 필요하게 된다. 작은 사이즈의 니카드전지를 충전할 때 100mA짜리는 100mA로 10시간 충전(100×10=1,000AH)하지 않고 반듯이 15~16시간 충전해야 된다고 알고 있다. 태양전지로 배터리를 충전할 때도 똑같은 원리가 적용된다. 한가지 더 부연하면 우리 나라는 1일 3시간씩 일조량에 따른 태양전지 발전이 가능하지만 1년 4계절 동안 7일 혹은 10일간 햇빛을 못 보는 기간이 생길 수 있다. 이로 인해서 태양전지판은 더 크게 설계해야 한다. 1일 3시간 정도 사용할 수 있게 설비되어야만 된다는 것이다.

③ 배터리 규격 검토

a) 구동용량의 검토

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

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

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

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

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

b) 배터리 충전용량의 검토

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

$$\text{모터 구동 암페어} \times 1\text{일 사용시간} = 12 \text{ A}/\text{hour} \times 18.86 \text{ min}/60 = 3.772 \text{ A}$$

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

나. 충전기

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

2) 사통수문

가. 저수지 사통수문 규격 결정

① 원형 수문비

본 설치대상지의 사통 물구멍은 0.2m로서 원형 수문비의 직경은 0.3m로 결정하였다. 재질은 스테인레스인 SUS 304를 채택하여 부식방지를 하였다. 또한 수문비의 구조를 롤러식으로 전환하여 수문의 개폐작동시 부드럽게 올라가거나 내려가도록 하였다. 이는 수문 작동시 모터에 부하를 주는 요인 중 수문비와 문틀의 마찰에 의한 부하를 줄이도록 하는 방법으로서 미끄럼마찰을 최대한으로 줄인 형태이며 또한 수문비와 문틀의 접촉면을 최대한으로 줄여서 수문 개폐시 부하를 최소화하였다.

② 유니버설 쏘인트

작동용 로드의 원활한 작동을 위하여 로드 및 로드를 연결하는 쏘인트가 중요하다. 이는 모터에서 나오는 힘을 전달하는 방법으로서 로드를 관절부를 만들어서 나누고 힘을 각각에 연결된 쏘인트를 통하여 전달을 함으로서 동력손실을 줄이고 원활한 수문작동을 하게 해준다. 본 로드의 샤프트부를 연결하는 쏘인트는 고리로서 샤프트를 연결하면서 회전운동을 직선운동으로 바꾸어주는 유니버설 쏘인트를 채용하였다.

③ 구동부

구동부는 0.2kw용 DC모터를 사용하였으며 모터회전에 의해서 나오는 힘을 감속하여 힘증폭을 시키는 감속기를 모터 후면에 배치하였고, 전자클러치를 사용하여 전동시와 수동시에 모터와 핸들을 분리시켜 필요이상의 동력소모를 막도록 하였고, 동력은 태양광을 80watt의 solar unit을 2기로서 충전기를 통하여 전력을 공급할 수 있도록 하였다. 축전지는 12V용 2개를 사용하고 사용수명이 긴 알카라인을 채택하였다. 전력공급회로는 수문 작동시 전력을 충전기로부터 직접 받고 모자라는 부분만 축전지에서 받도록 구성하였으며 축전지의 과충전에 의한 수명단축을 막기 위하여 full charge시에는 자연 방전이 되도록 회로구성을 하였다.

나. 저수지 사통수문 제작 및 설치

저수지 사통수문을 직경 $\varphi 200\text{mm}$ 의 기존 사통수문을 대체하는 것으로 설계하여 제작설치하였다. 이 저수지 사통수문의 구성은 동력발생부, 구동부를 포함하는 제어실과 작동용 로트, 수문을



- 조작실 -



- 제어반 -



- 구동부 -



- 유니버설 쏘인트 -



- 수문비 본체(수중) -



- 작동용 로트 -

사진 1. 설치된 저수지 사통수문(충남 백미저수지)

포함하는 작동부로 나누어서 설치를 하였다. 설치된 전경은 다음과 같다.

작동원리는 Solar Unit에서 발생된 전기를 제어반에 설치되어 있는 충전기를 통하여 밧데리에 충전이 된 후 모터 구동시에 밧데리와 Solar Unit에서 발생된 전기를 인입시켜 동력을 발생시키고 감속기에서 힘을 증폭시켜 스크류를 회전시켜 수문 개폐를 행한다. 여기서 수문개폐에 관해서는 리미트 센서(Limit sensor)가 부착되어 있어 과부하가 걸리거나 수문이 수문틀에서 이탈되는 것을 방지하도록 되어 있다. 모터는 직류전기로 작동할 수 있는 DC 모터를 사용하였으며 통전시 과부하에 의해 모터가 타는 것을 방지하기 위하여 마크네틱을 삽입하여 접점과 이탈시 기능을 하도록 하였다.

3. 고찰

본고에서는 저수지 사통수문의 태양광 전동식으로의 개량을 통하여 편리하고 유지관리가 용이토록 한 수리시설물 현대화의 노력을 기울였으며 이를 통하여 농촌의 이농에 따른 일손부족과 수리시설물 관리자의 고령화에 대비토록 한 결과를 논하였다. 그러나 현재 개발된 저수지 사통수문은 원형 수문비를 개량한 것으로서 저수지에서 공급되는 정확한 유량을 측정하지는 못하였다. 따라서 이후 모니터링을 통하여 개량된 태양광 전동식 사통수문의 편리성과 유지관리측면에서의 용이성, 그리고 운영에 대한 경제성등을 조사할 필요가 있다.

참고문헌

- 1) 日本 エバラ製作所編 : 로타리식除塵機パンフレット, 1983.
- 2) 日本 エバラ製作所編 : 油壓式除塵機パンフレット, 1967.
- 3) 한국 표준협회편 : 한국산업규격 KS D 3565(상수도용 도복장관), KS D 4311(수도용 원심력 덕타일주철관), KS F 4405(코어식 프리스트레스트 콘크리트관).
- 4) 대한토목학회편 : “제1부 설계편 제1편 공통편 제2장 하중”, 도로교 표준시방서, pp. 37~72, 1996
- 5) G. A. Leonards(1962) : “Chapter 11. Culvert and Conduits”, Foundation Engineering, McGRAW-HILL BOOK COMPANY INC., pp 965~999.
- 6) E. benjamin Wyile(1993) : “Fluids Transients in System”, Prentice-Hall, INC.,.
- 7) 한국도로공사, 구조물 보수·보강 매뉴얼, 1997.
- 8) 한국도로공사, 구조물 안전점검 및 진단 편람, 1997.
- 9) 시설안전기술공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 1996.
- 10) 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리, 1995.