

무동력 자동 수문 개발 Development of Self-controlled gate

*정 광 근 · 천 만 복(농업기반공사)
Chung, Kwang-Kun · Chun, Man-Bok

Abstract

Developed power off automatic stanch that keep floodgate upper stream water level changelessly for curtailment of operation by manpower and electricity lead-in equal early investment expense that manual system floodgate and electric motion floodgate have. Human strength does not need in floodgate operation as that power off automatic floodgate open and close floodgate automatically by buoyancy and also, another thing power does not need. Before establish floodgate, effect that get to waterway when behaves repair calculation of correct waterway and decide size of floodgate accordingly and establish floodgate must do examination analysis fussily. power off automatic floodgate night soil that get between countermeasure is the urgentest low-down in reply because can do mistake in operation by phenomenon and so on about water resources by different plate shape change through a model experiment examine closely need to .

I. 서론

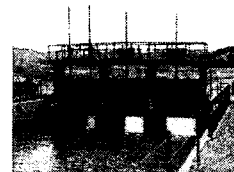
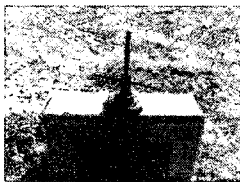
현재 농업기반공사에서 운영하는 수리시설물 가운데 인력에 의해 직접적으로 운영을 해야 하는 시설물로서 가장 보편적인 것이 수문이다. 수문은 수원공에서부터 말단 배수로까지 물을 유도하고 분기시키고 최종적으로는 하천으로 되돌려주는 역할을 수행하며 이 수문의 적절한 운영 및 관리가 물관리에 있어서 가장 중요한 사항이다. 이러한 역할을 하는 수문은 수동식과 전동식으로 대별할 수 있으며 수동식의 경우에는 권양장치를 인력에 의해 수문개폐를 하기 때문에 많은 힘을 필요로 하는 단점이 있다. 이에 반해 현재 우리 농촌의 고령화 및 일손부족현상과 국가예산문제등에 의해 수로감시원 1인이 담당하는 수혜면적이 약 180ha에 달하기 때문에 수동식 수문의 개폐를 인력으로 행하는 일이 대단히 곤란한 실정이다. 또한 전동식 수문의 경우에는 일반전기를 직접 인입해야 하기 때문에 초기에 많은 투자비를 요하며 이 또한 수문개폐를 전동에 의해 행하더라도 이를 조작하는 인력을 필요로 한다. 상기의 수동식과 전동식 수문의 문제를 동시에 해결하면서 수로 말단부의 용수부족을 해소하기 위해서 무인·무동력으로 수문의 개폐를 행하고 수문 상류의 수위를 일정하게 유지할 수 있는 형태의 수문개발이 대단히 시급하였다. 이에 따라 본 연구에서는 수문의 상류수위를 일정하게 유지하면서 부력에 의해 스스로 개폐작동을 하는 무동력 자동 수문의 개발 및 원리에 대해서 서술하고자 한다.

II. 무동력 자동 수문 개발

1. 기존 수문 현황

1) 수동식 수문

① 스펀들식 수문의 가장 큰 특징은 스펀들이라는 기어에 직접 수문개폐를 용이하게 할 수 있는 핸들을 달아서 핸들을 돌리는 동작에 의해 수문을 개폐하는 것이다. 기어에 직접 핸들을 달았기 때문에 핸들을 돌리는 힘이 직접 스펀들에 전달되고 이 스펀들의 상하운동에 따라 수문이 열리고 닫히는 구조이다. ② 재키식 수문은 손잡이를 누르면 그 힘이 유압식 재키에 전달되고 재키에서 체인기어를 움직여 그 힘을 기어에 전달하며 기어가 수문비를 상하로 움직이게 하는 작동메커니즘을 갖고 있다. 본 재키식 수문은 수동식 수문으로서는 큰 크기의 수문으로서는 사용할 수 있으며 또한 한 장소에 여러 대를 병렬로서 연결시켜 놓아도 한군데의 조작대에서 조작할 수 있다는 편리성을 갖고 있다.



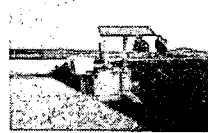
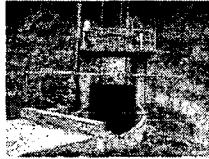
(a) 1차형태 스펀들식 수문 (b) 2차형태 스펀들식 수문
사진-1 스펀들식 수동수문

(c) 재키식 수문

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

2) 동력식 수문

① 일반전기사용 동력식 수문은 전기의 상에 따라 2가지로 나눈다. 그 2가지 형태가 단상(220N Volt)과 삼상(380 Volt)으로서 전기인입을 시키고 이를 계산된 모터의 용량에 따라 설치를 하여 사용한다. 단상과 삼상전기의 차이는 모터용량을 결정시키기 때문에 대형 수문의 경우는 삼상전기를 소형수문의 경우는 단상전기를 일반적으로 사용한다. ② 태양열 사용 동력식 수문은 태양열을 이용하여 전기를 발생시키고 그 전기를 충전기를 통하여 밧데리에 축전을 시키며 수문 작동시에는 밧데리의 전기를 이용하여 개폐를 하는 태양열 수문은 직류전기를 사용하기 때문에 구동장치를 DC모터를 사용한다.



(a) 일반전기 동력 수문 (b) 태양열 전동 수문
사진-2 일반전기사용 동력식 수문

2. 무동력 자동 수문 개발

1) 무동력 자동 수문의 작동원리

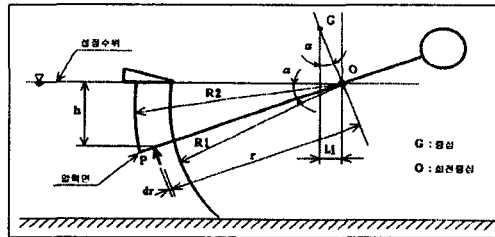


그림-1 무동력 자동 수문 작동 메커니즘

지금 압력면에 점 O 에서 거리 r 에 있는 미소면 dr 을 생각하여, 이 면에 작용하는 압력을 dp로 한다면 $dp = \rho \cdot b \cdot h \cdot dr$ 이 되며 여기서, $h = r \cdot \sin \alpha$ 따라서, $dp = \rho \cdot b \cdot r \cdot \sin \alpha \cdot dr$ 이 된다. 게이트의 개방모멘트(우회전) dM_o 는,

$$dM_o = r \cdot dp = \rho \cdot b \cdot r^2 \cdot \sin \alpha \cdot dr \text{ 이므로}$$

$$\sum M_o = \int_{R_1}^{R_2} \rho \cdot b \cdot r^2 \cdot \sin \alpha \cdot dr = \rho \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3} \quad (1)$$

다음으로 폐쇄 모멘트(좌회전) M_c 는,

$$M_c = L_1 \cdot W = OG \cdot \sin \alpha \cdot W \quad (2)$$

게이트가 균형을 유지하기 위해서는 $M_o = M_c$ 이므로

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

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

이상으로부터 식(3)은 게이트의 각도 α 에 무관함으로 게이트는 임의의 위치에서 균형을 유지한다. 여기서 각 기호가 의미하는 것은 다음과 같다. L_1 는 OG간의 수평거리, r 은 회전중심 O 에서 수중 압력면에의 수압 P 까지의 거리, W 는 수중압력면에 작용하는 수압, ρ 는 물의 비중 $1.0(tf/m^3)$, b 는 압력면의 폭(경간방향), h 는 압력면의 수심, α 는 수중 압력면의 각도이다. 위의 이론전개식에 의하면 따라서 유량이 증가하면 a. 게이트의 상류 수면이 상승하고 b. 게이트의 압력면에 작용하는 수압이 증가하며 c. 개방 모멘트가 커지

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

며 게이트가 상승한다. 또한 d. 게이트가 상승하면 수면과 압력면과의 거리 h 가 감소하여 정지하고 e. 게이트가 상승하기 때문에 방류량이 커지게 되며 f. 게이트의 각도 α 가 변해도 게이트는 균형을 유지한다. 유량이 감소하는 경우에는 상기 작동의 반대로 작동을 행한다. 또한 설정수위를 변경시킨 경우(설정수위≠게이트 회전축 중심레벨), 식(3)이 성립되지 않는다. 즉, 이론상 게이트는 임의의 위치에서 균형을 갖지 못하는 결과가 된다.

2) 무동력 자동 수문 설치에 따른 영향도 검토

기시공되어 있는 용수로에 무동력 수문을 설치하는 경우에는 무동력 수문을 설치함에 따라 수로의 수위증가에 대한 영향 및 집중강우시 수문설치에 따른 수문상류부의 월류여부를 검토하는 것이 타당하다. 따라서 무동력 자동 수문을 인상수문으로 취급하여 월류여부를 검토하기 위해서는 다음과 같은 이론전개식에 따라 계산을 행한다. 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,

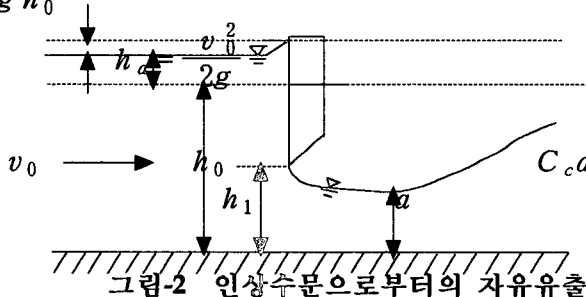
$$h_0 + \frac{v_0^2}{2g} = C_c a + \frac{v^2}{2g} \tag{4}$$

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

$$Q = B C_c a \sqrt{\frac{2g(h_0 - C_c a)}{1 - \left(\frac{C_c a}{h_0}\right)^2}} \tag{5}$$

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

$$Q = B C a \sqrt{2g h_0} \tag{3}$$



3) 형태별 수문 제원

무동력 자동 수문은 부양력을 얻기 쉽게 하기 위하여 문비 자체가 레디얼타입으로 되어 있으며 또한 정면에서 바라볼 때 사다리꼴 모양을 하고 있다. 이러한 모양은 부양력 형성이 빠르며 오물등이 수문비 사이에 끼어서 오작동을 하는 것을 방지하는 모양이기도 하다. 이러한 모양의 수문은 일반수문과 작동형태라든지 수리적인 현상이 다르기 때문에 수문의 크기별 종류에 따라 정확한 유지수심과 최대통과유량 및 수문 상하류의 수두차를 제시해야 하며 이에 따라 토목 설계자는 적절한 크기의 수문을 선택해서 수문을 설치하는 목적을 정확하게 수행하도록 해야 한다.

다음 표에 무동력 자동 수문의 크기와 그에 따른 수리제원을 제시한다.

4) 오물끼임현상 및 대책

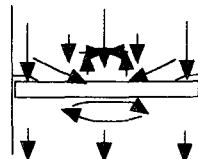
무동력 자동 수문의 작동에 있어서 가장 우려되는 사항은 수문비와 수로측벽 사이에 오물이 끼임으로서 수문이 작동되지 못하고 이에 따라 수문 상류부의 월류에 의해 논침수 등의 피해를 일으킬 수 있다. 따라서 오물의 수문유입을 원천적으로 방지할 수 있는 대책이 필요하다. 이러한 원천방지대책은 수문과 수문틀 사이에 오물유입방지 고무를 부착시켜 유량은 수문의 하단부를 통하여 통과시키고 오물은 수문 앞에 모이도록 하여 인력에 의해 치울 수 있도록 한다. 오물유입방지 고무는 부드럽고 내구성이 강하며 마찰력이 적은 PE 계통을 사용하였다.

3. 수문 개발 현황

현재까지 4대의 시작기를 제작하였다. 시작기별 제원은 다음과 같다.

표-1 무동력 자동 수문 수리제원표

크기	반경 (cm)	유지수심 (cm)	수문상폭 (cm)	수문저폭 (cm)	수문고 (cm)	상하류수두차 (cm)	최대유량 (m ³ /sec.)
D80	63	36	85	45	40	5.5	0.19
D90	63	40	95	50	45	6.2	0.25
D100	63	45	106	56	50	6.9	0.33
D110	63	50	118	63	56	7.8	0.43
D125	90	56	132	71	63	8.6	0.58
D140	90	63	150	80	71	9.7	0.77
D160	90	71	170	90	80	11.0	1.10
D180	125	80	190	100	90	12.0	1.50
D200	125	90	212	112	100	14.0	1.90
D220	125	100	236	125	112	16.0	2.40
D250	160	112	265	140	125	18.0	3.30
D280	160	125	300	160	140	19.0	4.30
D315	200	140	335	180	160	22.0	5.80
D355	200	160	375	200	180	25.0	8.00
D400	250	180	425	224	200	28.0	11.00
D450	250	200	475	250	224	32.0	15.00
D500	315	224	530	280	250	36.0	18.00
D560	315	250	600	315	280	39.0	24.00
D630	400	280	670	355	315	45.0	33.00
D710	400	315	750	400	355	50.0	44.00



(a) 수문 앞에 오물이 모여있는 모습 (b) 오물유입방지 고무 부착 및 수류상태

그림-3 오물끼임 및 대책
표-2 시작기 별 제원

기종명	크기	유지수심	수문곡률반경	비고
제1호	H0.6m×W0.6m	0.4m	0.63m	수문거치대 장착
제2호	H1.2m×W1.0m	0.8m	1.25m	"
제3호	H1.2m×W1.0m	0.8m	1.25m	오물유입방지 고무 부착
제4호	H3.2m×W2.3m	1.8m	4.20m	"

제1호는 지거에 설치한 것으로서 최초로 제작한 무동력 자동 수문이다. 오물대책은 아직 마련하지 못했으며 부식방지를 위해 아연 메탈라이징 처리를 한 것이 특징이다. 제2호와 제3호는 간선용수로에 설치한 것으로 분수문을 통해 지거로 들어가는 유량을 조절하기 위한 것이다. 무동력 수문을 설치함으로써 분수문 앞의 수위를 올리기 위해 높은 각락판과 같은 통수방해물질이 없어졌으며 분수문의 개도도 한번 조절을 한 후 그대로 운영을 하였기 때문에 인력에 의한 분수문 개도조정의 필요성이 없어졌다. 제4호는 지금까지 제작된 수문보다 2배정도 큰 수문으로서 오물유입방지 고무를 부착시켜 오물끼임현상에 의한 수로범람을 원천적으로 방지할 수 있게 하였다.

III. 결론

본고에서는 수동식 수문과 전동식 수문이 갖는 단점을 보완하면서 스스로 수문상류의 수위를 유지하는 무동력 자동 수문의 개발연구를 진행하는 동안에 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째는 무동력 자동 수문은 수문 상류의 수위를 일정하게 유지시켜 준과 동시에 집중강우시에는 오히려 통수장애물이 될 수 있으므로 설치수로의 계획최대유량 및 집중강우시를 상정한 수리계산을 행하여 수로범람에 의한 논침수등의 피해를 입지 않도록 사전에 검토를 해야하며 둘째로는 수문비에 오물끼임현상에 의하여 수위증가에 따른 피해를 방지하기 위하여 오물유입방지 대책을 반듯이 세워야 하며 이에 대한 대책의 효과를 실험적으로 증명할 필요가 있으며 셋째로는 무동력 자동 수문의 확대보급을 위하여 시스템적 운영에 따른 물관리 및 용수절약효과를 계량화시키는 작업이 필요하다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)