



재해대비 농업용저수지 취수시설로서 사이폰의 현장적용성에 관한 실험적 연구

Experiment Study on Field Applicability of Siphon as a Intake Facility of Agricultural Reservoir for Disaster Prevention

양영진* · 이태호* · 오수훈*[†]

Yang, Young Jin · Lee, Tae Ho · Oh, Sue Hoon

Abstract

Most of the intake facilities of small agricultural reservoirs are conduits and they are regarded as serious defects due to the structural weakness that penetrates the body of the dam, and countermeasures are needed. This study suggests the application method of siphon type water intake facility by hydraulic model test and physical scale model test of siphon type water intake facility which has high safety and easy maintenance. Experimental results show that sufficient flow rate can be secured for the purpose of intaking water according to the differential head between the reservoir and the discharge part, and the flow rate can be controlled by the valve. The negative pressure was -31.5 kPa, and vibration and noise did not occur during the operation of the siphon. The maximum flow velocity in the discharge outlet was 1.11 m/s which meets the criterion for irrigation canals. Therefore, scour risk would be very low. As a result of the inflow distribution experiment, even if the inflow part is separated by only about 0.8 m, the flow velocity is remarkably decreased, so that the clogging by debris would not appear. When the pump was operated only once for the first time and the inside of the siphon was filled with water, continuous operation was possible by only valve operation. The results of this study are expected to be used for the design guidelines of the water intake facilities and improve safety and maintenance convenience of agricultural reservoirs.

Keywords: Agricultural reservoir; conduit; hydraulic model; intake facility; physical scale model; siphon

1. 서 론

필댐의 취수시설 선정시 취수탑과 취수터널은 댐 높이 30 m 이상인 경우, 사통과 복통은 댐 높이 30 m 이하의 경우에 적용되지만, 구조적 안정성을 위해 취수탑과 취수터널을 우선으로 고려해야 한다 (MFAFF, 2002). 그러나 경제성과 시공성 등의 이유로 대부분 복통이 설치되고 있으며, 복통은 현재 국내 농업용저수지 취수시설의 97 %를 차지한다.

복통은 구조적 취약성과 노후화로 인해 제체 안전관리의 중대한 결함으로 지목되고 있다. 복통은 취수된 용수를 저수지 하류부의 용수로에 도수하는 시설로서 제당방향과 직각방향으로 제체를 관통하여 저수지 사수위보다 낮은 곳에 설치됨으로써 제체에 따른 토압을 받게 되며, 커튼그라우팅이 부실할 경우에는 양압력이 작용한다. 또한 복통의 경계면에서는 제체의 성토재료인 토사와 서로 이질적인 재료인 콘크리트가 접하게 됨으로써 유로가 형성될 수 있는 취약점이 있다.

국내 전체 복통의 평균 내경은 400 mm로 매우 작아 정밀 안전진단을 통한 노후도의 파악과 보수·보강 등 선제적 재해대비가 어렵다. 복통의 노후화와 결함으로 인한 저수지의 피해양상은 제체의 손상 또는 붕괴로 나타나며, 댐이 붕괴될 때는 제체의 피해뿐만 아니라 하류지역의 인명과 재산의 심각한 피해가 발생한다 (Chang et al., 1997).

정부에서는 노후, 파손 또는 기능이 저하된 수리시설 및 방조제시설을 보수·보강하여 재해를 예방하고, 농업인의 영농편의 제공을 위해 개보수 사업을 지속적으로 추진하고 있다. 농업용저수지의 복통 개보수는 RPR, 강관압입추진, SGT브리스공법 등 총 26종의 공법으로 다양하게 시행이 되고 있다. 단일공법으로는 강관압입공법이 30 %를 차지하고 있으며, 복합관제작공법류는 32 %를 차지하고 있다. 그러나 기존의 복통 개보수 공법들은 이질재료간 접촉부 다짐불량 등 근본적인 결함으로 인해 정밀시공이 어려워 개보수 이후에도 저수지를 운용함에 따라 파이핑 등의 문제가 재발할 가능성이 높다.

복통의 취약점을 개선하기 위한 대체공법으로 본 연구에서는 제체 안전성에 유리한 사이폰을 제시하고자 하며, 실내 수리모형실험 및 현장 시공실험을 통해 사이폰의 재해대비 농업용저수지 취수시설로서의 현장 적용가능성을 평가하였다. 농업용저수지 중 사이폰의 관수로내 허용부압 한계 (-0.1

* Korea Rural Community Corporation, Rural Research Institute

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-400-1705 Fax: +82-2-400-1794

E-mail: shoh@ekr.or.kr

Received: December 20, 2017

Revised: January 29, 2018

Accepted: January 30, 2018

MPa 이하)에 따라 대체공법의 적용이 가능한 댐 높이가 10 m 이하이고, 총저수용량 10만 m³ 이하인 저수지는 14,036개소로서 전체 저수지의 81 %이다. 보통 개보수공사에 합리적인 대체 취수시설로서 사이폰을 적용한다면 개착에 의한 기존 보수보강공법과 비교해 경제성은 물론 재해대비 안전성도 확보할 수 있을 것이다 (Alabama NRCS, 2009).

사이폰의 현장적용성에 대해서는 본 연구의 대상인 원형관 보다는 주로 사각형관을 위주로 연구가 이루어져 왔다 (Gramatky, 1928; Ghafourian, 2012; and Tadayon, 2013). 사이폰의 성능평가는 관경과 수두차에 따른 유량과 유량계수의 측정에 관한 연구를 중심으로 수행되어 왔으며, Bos (1989)는 관개용 사이폰의 수두와 관경에 따른 방류량 방정식을 제안하였고, USBR (2001)과 Edward (2011)는 발관개를 위한 용수공급과 유량측정을 목적으로 소규모 사이폰의 관경에 따른 각 수두별 공급유량을 제시하였다. Joshua (2014)는 모형실험을 통해 공기조절 밸브가 있는 소규모 사이폰의 관경과 손실수두에 따른 방류량을 회귀식으로 제시하였고, 이를 이용하여 소규모 저류지 물넘이로서 사이폰의 적용 방안을 검토하였다.

사이폰의 현장적용에 관한 선행 연구에도 불구하고 사이폰을 보통의 대체시설로서 시공하고 운용하기 위해서는 몇 가지 문제점이 있다. 초기 작동시 펌프이용이 필요하므로 불편하며, 사이폰 작동시 진동과 충격이 발생하여 제체 안전성에 악영향을 미칠 수 있으며, 공동현상이 발생하여 소음과 관로의 손상을 야기할 수 있다. 또한 부유물 등에 의한 유입부 폐색이 발생할 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 실내 수리모형 실험과 현장 시공실험을 통한 사이폰의 작동여부, 유속, 유량, 관내 압력변화 등의 측정결과에 근거하여 실제적인 문제점 발생여부를 파악하고, 현장적용을 위한 대책방안을 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 사이폰 대체공법에 의한 저수지 방류원리

유체가 높은 곳에서 낮은 곳으로 관수로를 통해 이동할 때 관수로의 일부가 에너지선 (Energy line)보다 높은 경우 이를 사이폰 (Siphon)이라 한다. 사이폰에서 에너지선보다 위에 위치하는 관수로 내 압력은 대기압보다 낮은 부압이 발생하며, 대기압과 부압과의 차압을 이용하여 낮은 곳의 유체를 끌어올려 관수로를 통과하여 흐르게 할 수 있다 (KRIFD, 1994).

사이폰 대체공법의 기본원리는 진공으로 흡입력에 의해 방류를 유도하는 것이다. 작동기전은 양수펌프 가동을 통하여 저수지 토출부 관로에서 부터 물을 채우면서 관로내의 공

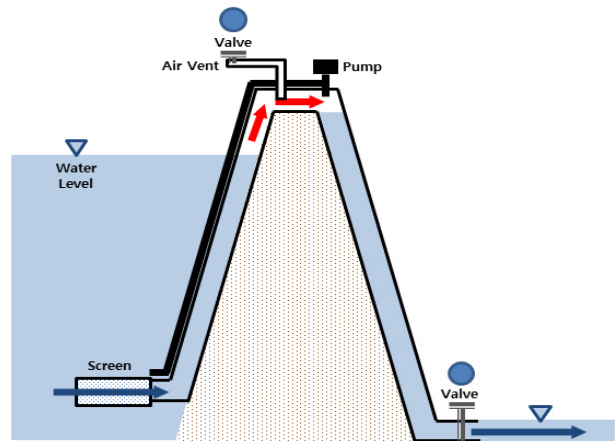


Fig. 1 Principle of siphon

기를 에어벤트로 배출시킨다. 사이폰 목부까지 수위가 상승하게 되면, 펌프작동을 중단하고 에어벤트 밸브를 잠가 관로내를 진공상태로 만든 뒤, 하류부 밸브를 개방하면 방류가 이루어짐과 동시에 유입관내부의 잔여 공기가 배출되면서 사이폰이 작동되어 저수지의 물을 방류하게 된다 (Fig. 1).

2. 연구재료

가. 실내 수리모형실험

수리모형실험은 경기도 안산시에 위치한 한국농어촌공사 농어촌연구원 댐수로 시험연구동에서 수행하였다. 저수지 취수시설 용도의 사이폰 수리모형실험을 위해 1/4 축척을 적용하였다. 관내 공기 혼입량은 매우 적다고 가정하였으며, 사이폰의 흐름을 지배하는 주된 힘은 중력이므로 Froude 상수를 적용하였다. 모형의 왜곡으로 인한 변형은 없으며, 사이폰 모형은 표면이 매끈한 아크릴을 사용하여 조도계수의 변화를 최소화하였다.

다열의 사이폰 수로 설치를 고려하여 3열의 사이폰 관수로를 배치하였으며, 사이폰 관내 압력 측정을 위해 중앙 사이폰 관수로에 압력계 5기를 설치하였다. 시공실험을 실시할 저수지의 취수시설과 동일한 작동 매커니즘을 갖도록 설계하여 각 사이폰 관수로에 펌프와 사이폰 작동을 멈추기 위한 Air Vent를 설치하였으며, 사이폰 관내 유량 계측을 위하여 각 사이폰 관수로에 관수로와 동일한 지름의 유량계를 설치하였다. 현장 시공실험시의 버터플라이 밸브의 물리적 작동 메커니즘을 나타낼 수 있도록 개도비를 정밀 재현 할 수 있는 밸브를 설치하였고, 유출부 감세효과를 측정하기 위하여 집수정 모형과 수로부 모형을 제작하였다. 전자기식 유량계는 KTM-800 Ex를 활용하였으며, 압력계 시스템은 WT-P020 센서를 활용하였다.



(a) Downstream of siphon



(b) Upstream of siphon



(c) Pressure gauge



(d) Measurement system



(e) Outlet



(f) Installation of an irrigation channel

Fig. 2 The scene of physical scale model test

나. 현장 시공실험

사이폰 취수시설을 실제 현장에 적용하기 위해 충북 괴산군 청천면의 신후평저수지를 시험지구로 선정하여 설계 및 시공실험을 하였다. 1945년에 준공된 신후평저수지는 준형 필댐이며, 댐 높이는 6.7 m, 댐 길이는 120.0 m이다. 신후평저수지의 취수시설은 사통과 복통으로 구성되어 있다.

신후평저수지 사이폰 대체공법 현장 시공실험은 “저수지 제체 측량 - 터파기 - 토출부 제수밸브 설치 - PE관 설치 - 토출부 연결 - PE관 버트용착 - 취입부 연결 - 제체 되메우기 -

양수 펌프 및 에어벤트관 설치 - 계측기 설치” 순으로 시공되었다. 제체 중앙 상류부의 사통조작부 옆에 사이폰 유입부를 설치하고 제당에 펌프함과 엔진양수기를 설치하였으며, 제당을 넘어 하류부로 관 매설 후 제당 중앙부 하단에서 용수로와 연결되는 복통의 토출부에 연결하였다. 사이폰 유입구는 제당에서 6.3 m 아래에 설치하였으며 이물질이 유입되는 것을 방지하기 위해 유입구 스크린을 설치하였다. 제당에서 7 m 아래에 있는 복통의 토출부까지 사이폰관을 연결하였으며, 복통과 직각으로 사이폰관을 연결하여 복통 토출부에서

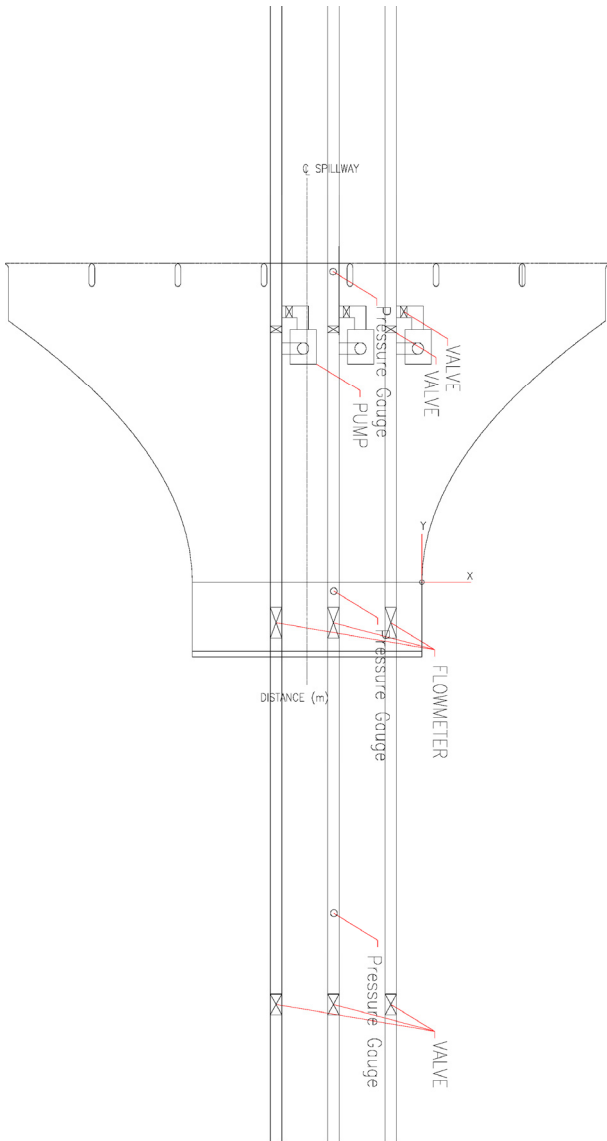


Fig. 3 Plane view of physical scale model

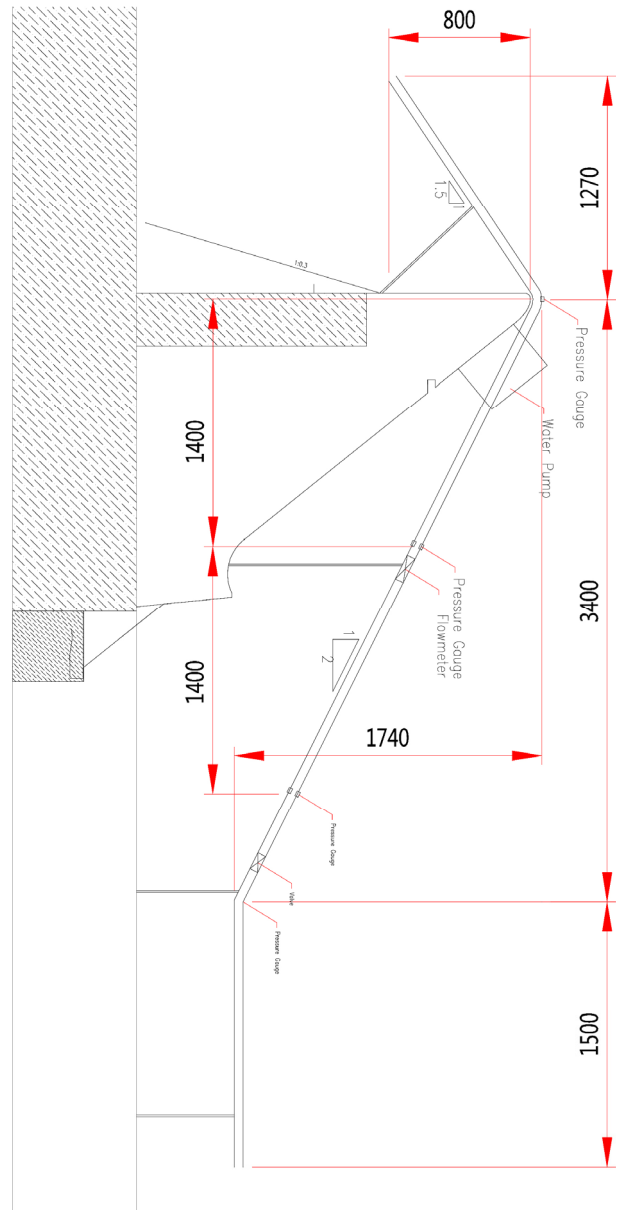


Fig. 4 Cross section view of physical scale model

감세후 용수로로 유입되도록 하였다. 또한 하단부에는 제수 밸브를 설치하여 유출량을 조절할 수 있도록 시공하였다 (Fig. 5).

사이폰 관은 직경 200 mm의 PE수도관을 버트용착 접합하여 시공하였다. 현장시험 시 사이폰 작용에 따른 부압을 확인할 수 있도록 압력계를 사이폰 상단에 설치하였으며 유출구에 200A 제수밸브를 설치하여 유출량 조절이 가능하게 하였다. 사이폰 시공 후 다짐을 수행하여 기존제체 상태로 복구하였다.

3. 연구방법

가. 실내 수리모형실험

현장시공실험에 대한 최적의 설계 및 이론적인 기초자료를 제공하고 사이폰 취수장치의 문제점 및 대책을 제시하기 위해 수리모형을 제작하여 유량계수 측정, 공동현상 발생 여부, 수위별 유량변화 등에 대한 실험을 실시하였다.

다열의 사이폰을 통하여 기본적인 유량, 관내압력, 유입부 유속실험을 완료한 후 추가실험을 위하여 3열의 사이폰 중 1개의 모형을 보완하여 추가 실험을 실시하였다. 추가로 보완

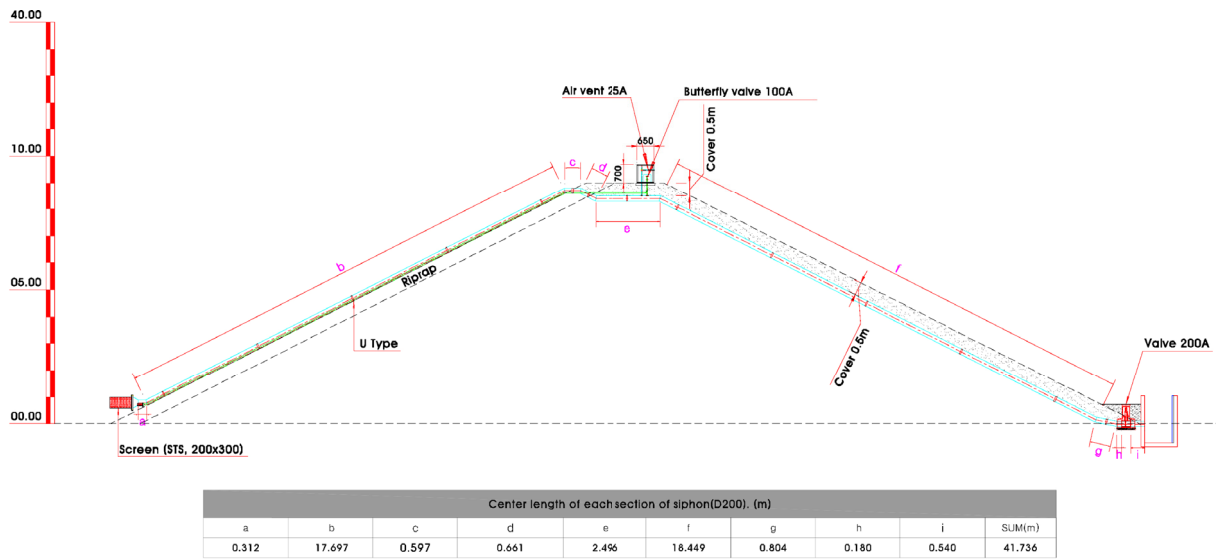


Fig. 5 The schematic diagram of field test construction



(a) Connection of V-notch part



(b) PE water pipe installation



(c) Installation of pump



(d) Air vent tube installation



(e) Construction of inflow part



(f) Refilling of dam body

Fig. 6 The scene of physical scale model test

한 모형은 사이폰 유입부를 유출부 높이까지 연장하여 수두 차이가 거의 없는 경우의 유량변화를 실험 할 수 있도록 하였다. 상하류 수위차에 따른 사이폰의 초기 구동 가능여부와 그 한계값을 알아보기 위하여 상류수위 조건별로 사이폰 작동을 실험하였으며, 사이폰 유출부 감세실험을 위하여 사이폰 토출부에 집수정과 용수로 모형을 제작하여 연결하고 사이폰 작동시 용수로내에서 발생하는 유속을 측정하였다.

나. 현장 시공실험

사이폰 대체공법의 복통 대체 가능여부를 확인하고, 소음과 진동 등의 유지관리상 문제점 및 개선사항에 대해 검토하기 위해 현장시공실험을 실시하였다.

시공실험 후 현장에서 사이폰 작동여부를 테스트하였고 제수밸브 개폐도에 따른 유량과 압력을 측정하였다. 현장에 설치된 밸브는 버터플라이 밸브로 실내 모형과 동일한 메커니즘을 가진 밸브를 제작하여 밸브 개도별 방류량을 측정하였다. 수리모형실험 결과의 검증용 위해 실내 모형실험결과와 현장 시공실험 지구에서 압력식 유속계를 이용하여 관측한 유속, 유출수로에서의 수위 및 수로 단면을 이용하여 산출한 유량과 비교하였다. 또한, 제당 위에 엔진양수기를 설치하여 사이폰의 초기가동을 위한 다양한 방법을 적용함으로써 유지관리의 용이성을 살펴보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 실내 수리모형실험

실험결과 방류구 연장길이는 방류량에 큰 영향이 없으며 방류구의 형상에서는 곡관일 경우 수두차이가 줄어들어 직관에 비해 방류량이 크게 감소하는 결과를 나타냈다. 또한, 1열과 3열로 설치시 각각의 방류량은 큰 차이가 없었다. 유량계 수는 직관인 경우 0.47, 곡관인 경우 0.44로 작게 나타났다. 저수지 수위를 10 cm 단위로 낮추어 가면서 수두차에 의한 방류량 변화를 이론적인 계산 값과 비교해본 결과 오차율 4.91 % 이하의 결과가 산출되었다 (Table 1).

실험을 통해서 측정한 사이폰 관내 압력은 대기압을 0으로 가정했을 경우 약 -0.04 ~ -0.06 kgf/cm²의 범위로 측정되었다 (Fig. 7). 실험을 통한 압력 측정치는 계산치와 유사한 경향을 보이긴 하지만 대체로 계산치보다 더 크게 나타났는데, 이는 이론식이 관내 난류 형성 정도나 곡선 부위에서 수류의 상향 관성력 영향을 고려하지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 수리모형실험을 통한 관내 압력은 원형에서 -0.16 ~ -0.24 기압 (atm)인 포화증기압 이하의 범위로서 공동현상의 우려는 없

으며, 투명 아크릴을 통한 관측 결과에서도 진동과 소음 및 공동현상은 발생하지 않았다.

사이폰은 관수로이기 때문에 저수지 수면의 부유물이나 퇴적물이 관내나 입구부 폐쇄시 기능을 수행할 수 없다. 따라서, 유입부 막힘 가능성에 대하여 검토하기 위하여 유입부의 3차원 유속분포실험을 실시하였다. 실험결과 수두차 150 cm (원형 6.0 m)에서 유입구에서 20 cm (원형 0.8 m) 떨어진 지점의 최대유속은 10 cm/s (원형 0.2 m/s)로 미미한 것으로 나타났다. 실제 부유물에 의한 유입부 막힘현상은 수두차가 매우 낮은 상태에서 발생하므로 실제 발생유속은 훨씬 작아

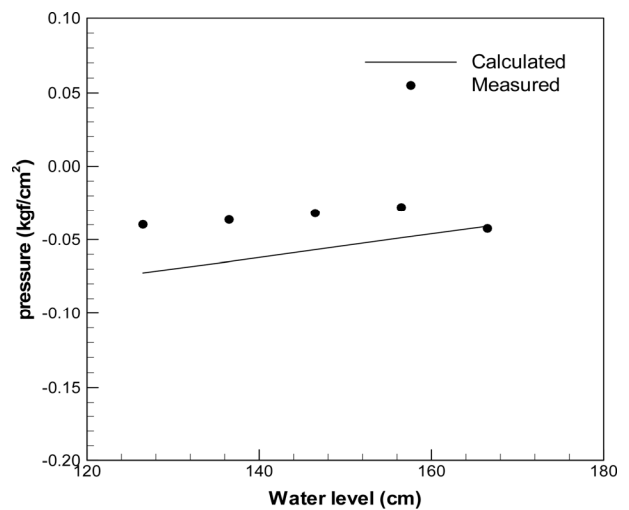


Fig. 7 Comparison of pressure measurements and calculated values in the siphon

Table 1 Change of outflow according to reservoir level

Reservoir level (cm)	Measurement (m ³ /h)	Calculation (m ³ /h)	Error rate (%)
170	15.13	15.50	2.42
160	14.58	15.04	3.07
150	14.11	14.56	3.12
140	13.59	14.07	3.41
130	13.05	13.56	3.75
120	12.70	13.03	2.51
110	11.65	12.15	4.12
100	10.27	10.80	4.91
90	10.08	10.46	3.66
80	9.70	10.01	3.12
70	9.09	9.34	2.65
60	8.32	8.66	3.95
50	7.10	7.43	4.38
40	6.36	6.64	4.18

부유물에 의한 입구부 폐쇄 가능성은 매우 낮은 것으로 분석되었다.

사이폰은 작은 단면적으로 많은 유량을 배출할 수 있는데, 이는 사이폰 작동시 수두차에 의해 관내의 유속이 형성되기 때문이다. 따라서, 고속의 수류를 용수로로 직접 토출시킬 경우 이를 감쇄할 수 있는 집수정을 설치하고 용수로의 유속을 측정하였다. 사이폰 토출부에 집수정을 설치하고 용수로로 토출시킬 경우 집수정내에서 잠류상태가 되어 감쇄가 가능하며 용수로에서는 자연유하식으로 유하되므로 용배수로의 표준경사의 최대경사인 1/300보다 큰 1/200 경사에서도 최대 1.11 m/s의 유속이 발생하여 콘크리트 수로의 허용유속인 1.5 m/s이내인 것으로 나타났기 때문에 유출부 세굴의 문제는 없을 것으로 판단된다.

여수로 용도의 사이폰은 고수위의 유량을 배출하는 역할을 수행하나, 취수시설 용도의 사이폰은 만수위에서 시수위의 유량을 언제나 하류로 공급할 수 있어야 하므로, 수위별 방류 가능여부와 사이폰의 초기 작동여부를 실험하였다. 사이폰이 만관된 상태에서는 실험 최대수두차인 170 cm (원형 6.8 m)에서 최저 30 cm (원형 1.2 m)까지 모든 수위의 범위에서 밸브조작을 통하여 공급이 가능한 것으로 나타났다. 초기 사이폰 작동가능여부를 실험하기 위하여 하류부 사이폰 관에 채우는 수량이 하류부 사이폰 관의 용적과 동일한 경우 수두차 105 cm까지 사이폰 초기작동이 가능하였고, 100 cm이하가 될 경우 사이폰의 초기작동이 어려운 것으로 나타났다. 사이폰의 초기작동 시간을 살펴보면 사이폰 초기작동이 원활한 110 cm이상의 수두차의 경우에는 30초 이내에 만관이 되어 원활한 작동이 가능하였으나, 수두차 105 cm에서는 사이폰 초기작동에 45초가 소요되었고, 수두차 100 cm에서는 사이폰 관이 만관이 되지 않는 것으로 나타났다.

2. 현장 시공실험

제수밸브의 개폐도에 따른 사이폰 관 내부의 부압과 토출부의 유출 유량을 측정하였다. 제수밸브의 회전수는 최대 27회이며, 5회, 10회, 15회, 20회, 25회, 27회 일 때의 압력과 유량을 측정하여 설계값과 비교하였다 (Table 2). 실내모형실

험과 현장의 방류량을 비교한 결과 밸브를 조금 열었을 경우 버터플라이 밸브 후면의 와류현상이 커짐에 따라 오차가 12% 발생하였으나 밸브를 더 열수록 점점 차이가 줄어들어 3% 정도로 감소하였다.

현장 실험 결과 엔진양수기를 통한 초기가동은 원활히 수행되었으며, 유출구의 제수밸브를 닫은 상태에서 양수펌프를 가동시키는 경우 초기작동까지 1분정도가 소요되었다. 초기 작동 후 제수밸브의 조작에 따라 유량을 조절하여 급수가 가능하였으며, 복통 말단에 사이폰 토출구를 직각으로 연결하여 고속 수류를 감쇄할 수 있었고, 취수시설로의 기능을 원활히 수행할 수 있었다. 사이폰 작동시 진동, 소음, 충격은 발생하지 않았으며, 펌프 가동을 통한 압축공기를 역방향으로 배출함으로써 유입부 막힘현상의 해결이 가능하였다.

IV. 결 론

수리모형실험과 현장시공실험을 통해 재해대비 농업용저수지 취수시설로서 사이폰 대체공법의 적용성에 대해 검토하였다. 본 연구로부터 얻은 결론과 사이폰 적용시 문제점에 대한 대책방안은 다음과 같다.

- (1) 유량확보와 조절 : 모형실험과 시공실험 결과 저수지와 토출부의 수두차에 따라 취수목적의 충분한 유량확보가 가능하였으며, 제수밸브의 개폐를 통해 유량조절이 가능하였다.
- (2) 진동과 공동현상 : 모형실험시 포화증기압 이하의 부압이 발생하였고 공동현상은 발생하지 않았으며, 시공실험을 통한 측정결과에서도 사이폰 작동시 진동, 소음, 충격은 발생하지 않았다.
- (3) 유입부 막힘 : 모형실험을 통한 최대 수두차에서의 사이폰 유입분포 실험에서도 나타났듯이 유입구를 기준으로 0.8 m정도만 이격하더라도 흡입유속이 현저하게 감소하여 부유물에 의한 막힘현상은 나타나지 않을 것으로 판단되며, 시공실험시 펌프가동을 통한 역방향 공기배출을 통하여 막힘현상의 해결이 가능하였다.

Table 2 Pressure and outflow measurement

Measurement	Water level of reservoir (EL, m)	Water level of outlet (EL, m)	Design value	Number of revolutions					
				5	10	15	20	25	27
Pressure (kPa)	188.04	183.88	-32.2	-18.0	-26.0	-29.5	-30.0	-31.0	-31.5
Outflow (m ³ /s)			0.096	0.037	0.067	0.075	0.081	0.088	0.089

- (4) 유출부 세굴: 모형실험결과 최대 유속은 1.11 m/s로 용수로의 허용유속 이하로 발생하였으며, 유출부의 수류는 집수정에서 잠류로 바뀌었기 때문에 세굴의 문제는 없을 것으로 판단된다.
- (5) 초기 작동: 모형실험과 시공실험 결과 사이폰 최초 작동시 1회만 펌프를 작동시켜 사이폰의 만관상태를 유지하면 이후 밸브개폐만으로 지속적인 작동이 가능하였다.
- (6) 사전방류: 모형실험결과 사수위 이하까지 저수량의 사전방류가 가능하였으며, 사전방류량이 클 경우 초기 설계에 반영하여 적용이 가능할 것이다.

향후 사이폰 대체공법의 설계비, 시공비, 유지관리비 등 경제성에 대한 정량적인 추가 검토가 필요하며, 그 결과와 본 연구내용을 확장하여 농업기반시설 사이폰 취수시설 설계지침과 시방서에 대한 안을 제시하여 활용할 예정이다.

REFERENCES

1. Alabama NRCS (Natural Resources Conservation Service), 2009. Embankment Pond Renovation. Ala. Job Sheet No, AL378C, Auburn, Ala, Alabama.
2. Bos, M. G., 1989. Discharge measurement structures. 3rd edn, ILRI Publication 20, International Institute for Land Reclamation and Improvement, The Netherlands.
3. Chang, P. W., C. S. Song, T. K. Park, C. W. Woo, and J. W. Won, 1997. Studies on structural degradation of agricultural reservoirs in Kyungki province. *Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers* 39(4): 90-97 (in Korean).
4. Edward C. Martin, 2011. Measuring Water Flow in Surface Irrigation Ditches and Gated Pipe. Arizona Water Series No.31, The University of Arizona.
5. Ghafourian, A., and M. Adlin, 2012. Discharge Coefficient in Siphon Spillway with Different Cross Sections. *World Applied Sciences Journal* 17: 163-167. doi: 10.5829/idosi.wasj
6. Gramatky, G., 1928. Siphon Spillway. Master's thesis, California Institute of Technology.
7. Joshua, B., 2014. Air-Regulated Siphon Spillways: Performance, Modeling, Design, and Construction. Master's thesis, Clemson University.
8. Kim, J. Y., 2013. Prevention Effectiveness of Small Agricultural Reservoir Flood Risk Reduction by Siphon installation. Master's thesis, Kyungpook National University.
9. KRC (Korea Rural Community Corporation), 2015. Study on deterioration status and repairing and reinforcing method on facility of reservoir (in Korean).
10. KRC (Korea Rural Community Corporation), 2015. Drawings and specification of the majeonsanmook district Rehabilitation and upgrading of irrigation facilities (in Korean).
11. KRC (Korea Rural Community Corporation), 2015. Drawings and specification of the mansu district rehabilitation and upgrading of irrigation facilities (in Korean).
12. KRIFD (Korea Research Institute for Farmland Development), 1994. A case study on siphon type spillway design and construction, seoul in Korea (in Korean).
13. MFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries), 2002. Agricultural Infrastructure Design Standards (in Korean).
14. MFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries) and KRC (Korea Rural Community Corporation), 2016. Statistical Yearbook of Land and Water Development for Agriculture 2015, Korea Rural Community Corporation (in Korean).
15. Tadayon, R., and A. Ramamurthy, 2013. Discharge Coefficient for Siphon Spillways. *Journal of Irrigations and Drainage Engineering* V 139, No 3: 267-270.
16. T.D. Jordan Jr., 1984. A Handbook of Gravity-Flow Water Systems. Intermediate Technology Publications, Nepal.
17. USBR (United States Bureau of Reclamation), 2001. Water Measurement Manual. <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/wmm/>