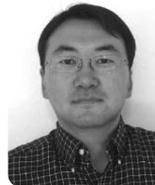


# 수위 및 유량자료의 품질관리를 통한 효율적인 농업용수로 시스템 관리

## Efficient Management of Agricultural Canal Systems Through Quality Management of Water Level and Water Quantity Data



강민구  
미래자원연구원 연구위원  
kmg1218@gmail.com



정형석  
오클라호마대학교 토목·환경공학과 조교수  
david.jeong@okstate.edu



김진택  
한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원  
jtkim@ekr.or.kr

### 1. 서론

2003년 현재 전국 농업용수 수원공의 22%가 1945년 이전에 설치되었으며, 농업용 저수지의 약 54%가 설치된 지 60년 경과하여 노후화가 심한 상태이다(농림부와 농업기반공사, 2004). 일반적으로 콘크리트 구조물의 성능은 설치 후 시간이 경과할수록 시공 당시 보다 저하되고, 내구연한에 가까워지면 최초의 목적을 달성하기 어려워진다. 특히, 용수로 콘크리트 구조물의 평균 내구연한은 15년 정도로 추정되므로 설치된 후 장시간이 경

과한 국내의 농업용수로 시스템에서 누수 및 관리손실량이 과다하게 발생하고 있다(농림부와 한국농촌공사, 2006). 이를 저감하기 위해서는 문제 지점의 조기 탐색 및 수리가 필요하다. 예를 들어서, 시점과 종점의 유량을 측정하여 수로의 중간에서 발생하는 문제점을 파악하거나, 수로 수위를 측정하고 계산된 수위와 비교하여 수로의 이상 유무를 파악할 필요가 있다. 따라서 적절한 방법을 사용하여 용수로의 수위 및 유량을 측정할 필요가 있으며, 이를 수로관리에 효과적으로 적용할 수 있는 방법을 개발할 필요가 있다.

용수손실은 용수로 내 손실뿐만 아니라 무계획적인 용수공급과 소홀한 용수관리에 의해서도 발생한다(김진택 등, 2006). 또한, 사용자의 용수에 대한 욕심과 관리 시설의 미비는 관리손실량을 가중시킨다. 따라서 용수 공급의 효율성을 증대시키기 위해서는 이러한 문제들을 해결해야 한다. 이 중 용수 손실량을 절감하기 위해서는 수위계나 유량계를 설치하여 통수량을 측정하고 이를 농민들에게 알려 용수사용 및 관리에 대한 인식을 증대시킬 필요가 있다. 현재까지 수세를 징수하고 있지 않기 때문에 농민들의 용수절약 의식이 낮으며, 논의 물꼬관리가 인력에 의존하고 있어 노동력이 과다하게 투입되고 있으며, 이로 인하여 용수낭비가 발생하고 있다(농업기반공사, 2003a 와 2003b). 따라서 용수로나 포장으로 유입하는 용수량을 계량하고 농민들에게 용수사용량을 알리고 물관리에 대한 인식을 향상시킬 필요가 있다.

농업용수로 시스템의 운영 목적을 지속적으로 달성하기 위해서는 양호한 유지 및 관리가 필요하다. 최근 시설물 관리에 적용되고 있는 생애주기 관리적 접근법은 관련 여건들의 변화와 시설물의 상태를 고려하면서 시설물을 지속적이며 경제적으로 이용하기 위하여 시설물을 유지 및 관리하는 방법이다. 농업용수로 시스템의 효과적인 생애주기관리를 위해서는 시스템의 목적을 달성하고 있는 가를 주기적으로 평가하고 시스템의 물리적 상태를 점검해야 한다. 따라서 농업용수로 시스템의 수위 및 유량 측정을 통하여 수로 상태를 점검하고 물관리 상태를 평가해야 한다(강민구 등, 1999; 한국관개배수위원회, 2007). 효율적인 농업용수로 시스템의 관리를 위해서는 국내 여건을 고려한 정확도가 높은 수위 및 유량 측정 방법을 선정해야 하며, 측정할 때 발생하는 불확실도를 저감시켜야 한다(김진택 등, 2005). 또한, 계

측목적은 달성하기 위하여 계측기를 용·배수로에 적절하게 배치해야 하며, 계측된 결과를 해석할 방법이 필요하다. 본 보고문에서는 위와 같은 요구사항을 고려하여 수로의 유량과 수위를 정확하게 계측하고 이로부터 얻은 자료의 품질보증을 통하여 효율적으로 농업용수로 시스템을 관리하는 방안을 제시하였다.

## 2. 농업용수로 시스템의 수위 및 유량 계측

### 2.1 수위 측정 및 기록

유량을 직접 계측하기 위해서는 고가의 계측기기가 필요하기 때문에 일반적으로 수위, 유속 및 통수단면적을 측정하여 수위-유량 관계 곡선을 수립하고 이를 사용하여 측정된 수위를 유량으로 환산하는 방법을 사용한다. 따라서 주기적으로 수위와 유속 및 통수단면적을 측정하고 그 결과를 기록하여 넓은 범위의 수위에 해당되는 유량자료를 획득하고 수위-유량 관계식을 유도한다. 수위를 측정하는 방법에 따라 수위계는 부자식, 음파식, 리드식, 압력식, 기포식, 초음파식으로 구분될 수 있으며, 측정 지점의 여건을 고려하여 적절한 장치를 선정해야 한다(건설교통부 수자원국, 2004). 이들 수위계는 연속적인 수위자료를 측정할 수 있으며, 이를 해석하여 수로의 이상 유무와 문제점을 파악할 수 있다.

### 2.2 수로의 유량 측정

#### (1) 유량 계측 장비의 선정

유량계측 장비들 중에서 현장에 가장 적합한 것을 선정하기 위해서는 정확도, 비용, 법적제한, 계측할 유량

범위, 수두손실, 현장 조건에 대한 적합성, 변화하는 운영 조건에 대한 적합성, 계측 항목과 기록 형식, 운영요건, 유사 및 부유물 통과 능력, 주어진 환경에서 장비의 수명, 유지관리요건, 시공과 설치 조건, 장비 표준화와 보정, 현장검증 및 문제해결과 보수, 새로운 방법에 대한 사용자 숙달도, 파손 가능성, 주변 환경에 대한 영향 등이 고려되어야 한다(USBR, 2001). 수로의 유량을 측정하는 기기로는 ① 수로의 형상 및 기울기와 최대유량의 범위, ② 제품의 가격과 설치비 및 유지관리비, ③ 기기의 교정 및 조작의 용이성, ④ 기기의 내구성, ⑤ 온도, 습도, 강우, 태양열에 대한 적응성, ⑥ 이동설치의 용이성, ⑦ 외관의 양호 및 품질보증여부 등을 고려하여 선정해야 한다. 계측하는 목적과 대상에 따라 적용될 수 있는 계측장비를 분류해 보면, 표 1과 같다. 표 1에 나타난 것과 같이 광정 위어나 장목 플럼은 유량의 측정 범위, 수두 손실, 정확도, 유사 및 부유물의 통과, 수명, 유지 관리 등의 측면에서 수로의 유량 측정에 적합한 것으로 판단된다.

## (2) 유량 계측 기기의 위치

수로의 유량을 측정하기 위한 계측기기는 상·하류의 영향을 받기 때문에 주변 여건을 고려하여 설치위치를 선정해야 한다. 위어나 플럼은 수로의 흐름을 막아 그 위를 월류하게 하는 구조물이며, 월류정을 월류하는 흐름에서는 지배단면이 발생하고 한계류가 형성된다. 이와 같은 개수로의 유량계측 구조물은 하류 수위의 영향을 받지 않은 조건을 만들어 월류 수심과 유량과의 관계로부터 수위-유량 관계를 수립한다. 따라서 이들은 한계류가 발생할 수 있도록 동일한 단면 형상을 갖는 수로가 일정한 길이로 연장된 곳에 설치되어야 한다. 수로의

유량 계측 구조물에는 완전 월류가 발생하도록 적당한 낙차가 필요하며, 수로 경사가 작은 곳에 설치하는 것이 적절하다. 반면에 플럼이나 위어와 같은 유량계측 구조물을 설치하면 상류의 수위가 증가하므로 계측 구조물을 설치한 후에 상류에서 제방 월류가 발생하지 않도록 해야 한다. 계측구조물에서 완전 월류가 발생하는 것을 보장하기 위해 하류 수위 상승에 따라 위어의 잠수가 발생하지 않도록 해야 한다. 또한, 계측 구조물을 설치한 지점에서 누수가 발생하지 않아야 하며, 설치하기 전에 제방의 안전을 고려해야 하며, 부유물이 자료 수집 및 통수에 영향을 미치지 않도록 해야 한다.

표 1. 유량 측정 장비의 비교(USBR, 2001) (+: 긍정, -: 부정, 0: 중간)

비교항목	에안 위어	광정 위어	장목 플럼	단목 플럼	잠수 오리피스	음향 유속계	유속계	방사 수문
정확도	0	0	0	0	0	-	-	-
비용	0	+	0	-	0	0	-	+
>150cfs 측정	-	+	+	-	-	0	+	0
<10 cfs 측정	+	+	+	0	+	-	-	0
흐름 폭	0	+	+	0	-	0	-	-
수두 손실	-	0	0	-	-	+	+	-
라이닝 수로	-	+	+	-	0	0	0	+
비라이닝 수로	0	0	0	0	0	-	-	+
유량 측정	+	+	+	+	+	+	+	+
부피 측정	-	-	-	-	-	0	-	-
유사 통과	-	0	0	0	-	+	+	0
부유물 통과	-	+	+	+	-	+	+	-
유지관리	0	+	+	+	+	-	0	+
시공	-	+	0	-	0	+	+	+
표준화	+	0	0	+	0	-	+	-
현장검증	0	+	+	-	+	-	0	-

## 3. 국내 여건에 적합한 유량계측 구조물

### 3.1 계측 구조물 선정

국내 농업용수로 시스템의 정확한 유량계측을 위한 계측 구조물을 선정하기 위해 국내·외 문헌과 자료를

검토하여 국내여건에 적합한 예언 위어, 2차원 3단면 위어, 장목 플름을 비교하였다. 예언 위어는 최근 까지 많이 적용이 되고 있으며, 미국 USBR의 water measurement manual과 같은 문헌에 정확한 유량 측정과 유량식의 오차를 줄이기 위한 다양한 위어의 제원들이 제시되어 있다. 2차원 3단면 위어는 설치가 간단하며, 수로 상태를 고려하여 계측구조물의 설계와 현장 시공이 가능하다. 장목 플름은 광정 위어와 함께 개수로 유량 측정에 용이한 장비로 알려져 있으며, 다른 계측구조물 보다 경제적이며 시공이 용이하다. 또한, 장목 플름의 설계와 관련된 매뉴얼과 프로그램이 보급되고 있어 실무에 적용이 용이하다.

### 3.2 2차원 3단면 위어

#### (1) 특징

2차원 3단면 위어는 Crump 위어라고도 불리며 1952년에 E. S. Crump에 의해서 처음 개발되었다. 그림 1과 같이 이 위어는 흐름 방향에 대하여 상류에서 1:2, 하류에서 1:2나 1:5의 경사를 갖는다. 두 개의 다른 경사를 갖는 단면이 합쳐지는 부분은 흐름 방향에 수평인 월류정이 된다. 월류정은 프리캐스트 콘크리트로 만들어지거나 부식이 되지 않는 금속판으로 만들어 진다(Bos, 1989).

#### (2) 설치 및 수리 실험

농업용수로의 유량 계측에 대한 2차원 3단면 위어의 적용성을 검토하기 위하여 계측구조물 및 유량계를 실제 농업용 수로에 설치하여 유량을 측정하였다. 대상 수로는 용덕저수지의 간선수로인 용덕간선이다. 용덕간선은 2000년부터 지속적인 유량을 측정하고 있는 수로

이며, 수위-유량 관계가 안정적으로 확보된 것으로 판단되는 수로이다. 그림 2는 용덕간선에 설치된 계측구조물을 나타낸 것이며, 용덕저수지 용수로 시점부에 2차원 3단면 위어를 설치하였다.

대상 수로에 계측구조물을 설치한 후 유량측정을 실시하여 산정된 수위-유량 관계는 그림 2와 같다. 계측구조물의 성능 시험을 위하여 월류정을 기준으로 하여 수위를 관측하고 수로의 유량을 측정하였다. 측정된 유량의 정확성을 평가하기 위하여 위어 공식에 의해 산정된 유량과 측정된 값으로 유도된 수위-유량 관계에 의해 산정된 유량을 비교하였다. 위어 공식에 의한 유량은 고수위에서 관측유량 보다 다소 작은 값을 나타내고 저수위에서는 관측 유량 보다 다소 큰 값을 나타냈으나 수립된 수위-유량 관계식과 위어 공식에 의한 유량은 비교적 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.



그림 1. 용덕간선에 설치된 2차원 3단면 위어

### 3.3 장목 플름

#### (1) 장목 플름의 구조 및 장점

장목 플름은 상류 흐름을 사류 흐름으로 바꾸도록 설계되며, 목 부위에서 단면을 좁게 하거나 수로 바닥을

높여서 한계류가 형성되도록 한다. 한계 수심에서는 에너지가 최소이며 수심과 유량사이엔 직접적인 관계가 형성된다. 그러나 유량에 따라 한계 수심을 측정하기 어렵기 때문에 플럼의 상류 수심을 측정하여 유량을 산정한다. 장목 플럼은 흐름 조절 영역에서 평행한 유선을 만들 정도로 충분히 긴 목 부분으로 유량을 조절한다. 장목 플럼은 다양한 단면 형상에 사용할 수 있으며, 대부분의 기하학적 형상에 맞출 수 있다. 수정 광폭 월류정이나 램프 플럼은 장목 플럼의 일종이다(USDA ARS, 2001).

장목 플럼은 개수로에 유량측정을 하기 위한 한계 흐름 플럼이나 광경 위어와 유사하다. 장목 플럼은 자연 및 인공 수로의 유량 측정에 다양하게 적용될 수 있다. 이에 비해 파살 플럼은 구조가 복잡하여 시공이 어렵고, 다른 플럼에 비해 유사포착이 쉽다. 장목 플럼의 장점으로는 ① 2% 이내의 오차를 내포한 수위-유량 테이블 제공, ② 플럼 목의 형상은 은 흐름에 직각 방향으로 다양하게 할 수 있으며, 유량의 전 범위를 높은 정확도로 측정할 수 있음, ③ 플럼을 통과할 때 손실 수두가 적음, ④ 부분 잠수 상태에서 유량 측정이 가능함, ⑤ 천이영역으로 부유물 통과 가능, ⑥ 다른 구조물 보다 경제적인, ⑦ 기존 수로에 장착이 쉬움, ⑧ 공장에서 제작한 부

품을 현장에서 조립 가능 등이 있다(USDA ARS, 2001).

### (2) 장목 플럼 설계 및 적용성 평가

국내 용수로 유량 측정에 대한 장목 플럼의 적용성을 평가하기 위하여 2차원 3단면 위어가 설치된 용덕저수지의 용수로인 용덕간선 시점부에 적합한 장목 플럼을 설계하여 실측자료와 장목 플럼에 의해 산정된 유량을 비교하였다. 대상 수로에 적합한 장목 플럼을 설계하기 위하여 Wahle에 의해 개발된 설계 프로그램인 WinFlume을 사용하였다. WinFlume은 기존 유량 측정 구조물의 수위-유량 관계 보정과 새로운 측정 구조물의 설계에 사용되고 있다(USDA ARS, 2001).

대상 용수간선의 유량 측정을 위해 설계된 장목 플럼의 제원은 그림 2와 같다. 장목 플럼은 수로의 형상을 자유로이 지정할 수 있기 때문에 플럼의 상류 및 하류 단면은 실제 용수간선에 시공된 단면 형상을 사용하였다. 이와 달리 플럼의 목이 설치된 지점의 단면은 시공의 편리성을 고려하여 사각형 단면을 사용하였다. 통제 단면의 폭은 장목 플럼의 흐름 특성을 고려하면서 사용자가 임의로 조정할 수 있으며, 플럼의 목에서 한계류가 형성되도록 해야 한다. 그림 2에 나타난 수면고의 변화를 살펴보면, 흐름이 통제단면을 통과하면서 한계류를

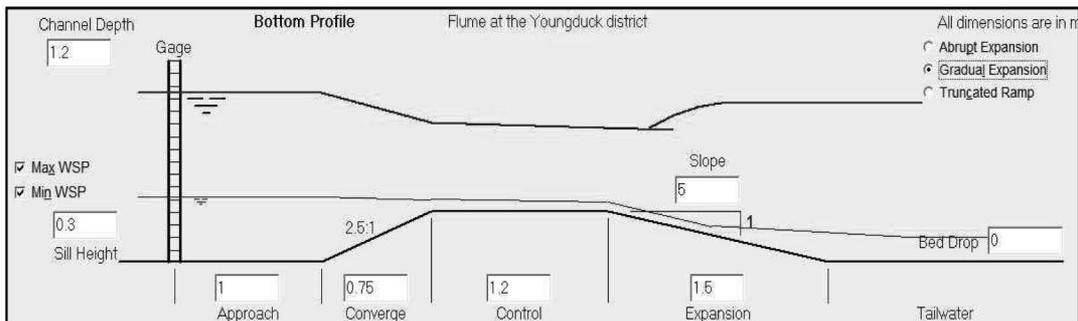


그림 2. 장목 플럼을 설치한 용수로의 종단면과 수면고

형성하고 있으며, 상류 수심이 최대로 높은 경우에는 흐름이 통수단면을 단면을 통과한 후에 방수로에서 도수가 뚜렷하게 발생함을 알 수 있다. 장목 플럼의 유량산정식에 의한 계산유량과 관측유량을 비교한 결과, 관측유량이 계산유량과 유사한 경향을 나타냈다.

#### 4. 측정자료를 이용한 농업용수로 시스템 관리

##### 4.1 용수로의 통수량 산정 및 용수로 상태 파악

용수로를 통해 공급되는 용수량을 파악하기 위해서 그림 3과 같이 유량계측시설을 용수로의 시점과 종점에 설치한다. 시점과 종점에서 유량을 측정하면 측정구간에서 시간별 유량의 유출·입을 파악할 수 있으며, 측정구간의 누수나 파손, 월류 등에 의한 유량 손실을 파악할 수 있다. 국내의 용수로는 누후화되어 수로 구조물에서 누수가 발생하고 있으므로 이와 같이 구간별 유량을 측정하여 누수가 발생하는 지점을 탐지하여 보수할 필요가 있다.

##### 4.2 용수의 배분 상태 평가

용수 공급의 정확성 및 공평성을 확보하는 것은 용수를 이용하는 농민들 사이의 갈등을 방지하는 방법 중의

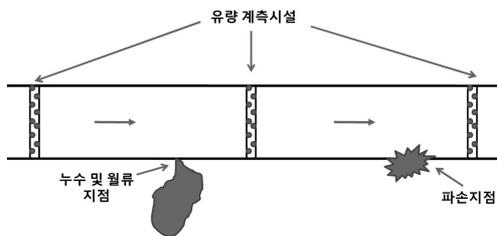


그림 3. 용수로 문제점 분석을 위한 유량 계측 시설의 이용

하나이다. 유량계측시설을 이용해 용수지선이나 지거로 공급되는 용수량을 계획된 양과 비교하면 공급의 정확성을 파악할 수 있다. 용수간선에서 용수지선으로 공급되는 유량은 용수간선의 시점과 종점에서 유량을 측정하여 산정할 수 있으며, 이를 용수지선에서 측정된 유량과 비교하여 용수지선이나 용수간선의 문제점을 파악할 수 있다. 용수간선이나 용수지선의 수로상의 문제에 의해 계획된 유량이 용수지선으로 공급되지 못할 경우에는 계측시설에서 측정된 자료를 분석하여 문제점을 파악하고 해결책을 수립해야 한다.

##### 4.3 용수지거 및 포장 취수량 관리

용수지거는 수로조직의 말단부에 해당되며 이곳을 통해서 각 포장으로 용수가 공급된다. 포장으로 용수공급을 원활하게 하기 위해서 농민들이 용수지거를 벽돌로 막아 수위를 높여 관행적으로 취수하는 경우가 많다. 이와 같은 경우에 용수지거를 월류하여 용수의 손실이 발생할 수 있다. 또한, 용수를 공급하는 동안에 용수지거 말단을 개방하여 용수손실이 발생하는 경우도 있다. 용수지거에서 발생하는 용수낭비를 저감하기 위해서는 용수지거의 유입량과 말단의 수위를 측정하여 용수지거에서 포장으로 공급되는 용수량을 산정하고 용수지거에서 발생하는 월류 및 누수나 용수지거 말단 수문의 개방에 따른 용수낭비를 방지해야 한다.

##### 4.4 배수지거 관리

홍수시 논은 강우를 일시 저류하고 물꼬 높이를 초과하는 양을 배수로로 방류한다. 그림 4와 같이 홍수시 배수로는 각 논으로부터 유입되는 홍수량을 배수지선 및

배수간선, 하천 등으로 유하시킨다. 눈으로부터 유입되는 배수량이 배수로의 용량을 초과하거나 하류의 영향에 의해 배수가 원활하지 않으면 배수로를 월류하여 침수가 발생한다. 이와 같은 침수 피해를 방지하기 위해서는 배수로의 말단에 수위 및 유량 계측시설을 설치하여 연속적으로 상태를 파악할 필요가 있다.

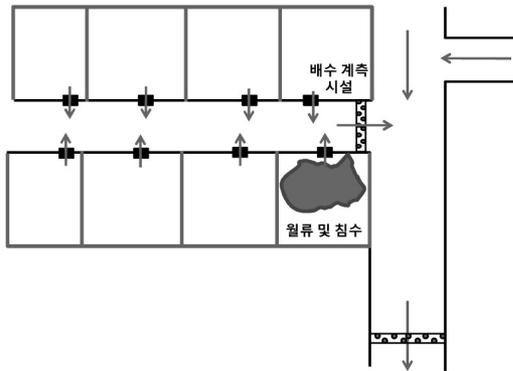


그림 4. 배수간선 및 배수지거 관리를 위한 유량 계측 시설의 이용

#### 4.5 배수간선 및 하천관리

배수간선이나 하천은 상류의 유입 홍수량에 의해 수위 및 홍수량이 증가한다. 증가된 홍수량이 제방을 월류하거나 제방을 파괴하면 침수 피해가 발생하므로 이를 조기에 예측하여 피해를 저감하기 위한 활동을 실시해야 한다. 이를 위해서 배수간선의 상류 및 하류에 계측시설을 설치하여 유입 유량의 변화를 분석하고 수로 상태를 파악한다. 특히, 하천에 설치된 보에 수위 및 유속을 측정할 수 있는 계측기를 설치하여 유량을 측정하면 배수로나 배수간선이 연결된 하천의 상황을 파악할 수 있다. 이와 같은 방법으로 계측시설물을 설치하여 홍수기 배수간선 및 하천의 수위 및 유량 정보를 획득하고

분석하고 배수로 시스템의 위험요소를 조기에 탐지할 수 있다(김원, 2008).

### 5. 수위, 유속 및 유량 측정의 불확실도 저감

#### 5.1 수위 측정

수위 측정에 영향을 미치는 인자로는 정수통이나 도수관의 막힘, 제방의 월류로 인한 최대 수위 형성, 자료의 널빤 현상 및 결측, 목자판이나 기준 수위 측정의 착오 등이 있다. 정수통이나 도수관이 토사로 인해 막히면 평평한 수위가 기록되거나 전송된다. 이를 방지하기 위해 도수관의 유입구를 주기적으로 점검할 필요가 있다. 자료 송수신의 에러나 계측시설의 전원 설비에 이상이 있는 경우는 자료가 결측되거나 자료에 널빤 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 장비를 주기적으로 점검하여 이상유무를 확인해야 한다. 용수로나 배수로에 월류가 발생하면 수위는 일정한 값이 계속해서 나타나게 되므로 자료에 이상이 있을 때에는 이를 점검해야 한다. 목자판이나 기준 수위 측정의 착오로 인한 수위측정의 오류는 유량 산정에 직접적으로 영향을 미치므로 산정된 유량이나 측정된 수위자료를 점검할 필요가 있다. 수위자료의 이상여부는 용수로 및 배수로의 수리학적 모형을 이용하여 파악할 수 있다. 또한, 인접한 지점의 수위 및 유량자료를 사용하는 수리학적 해석을 통하여 결측자료를 보완할 수 있다.

#### 5.2 유속 측정

유속측정의 정확도는 측정에 포함된 물리적, 기술적, 개인 오차로부터 영향을 받으며, 유량 산정에 1차

적인 영향을 미친다. 유속계의 기계적 오차를 감소시키기 위해서는 표준장비를 사용해야 하며, 정기적으로 유속계를 점검하여 문제점을 파악하고 정확도를 향상시킬 필요가 있다. 유속측정 지점에 근접한 곳에 분수시설, 교각, 수로 곡선부 등이 있으면, 흐름 상태가 안정적이지 않아 오차가 발생한다. 이러한 곳에서 발생하는 난류는 유량계측의 정확도에 영향을 주지만 어떤 종류의 유속계를 사용하느냐에 따라 달라진다. 난류는 물이 고이게 하거나 갑작스런 수두강하에 의해서도 나타나고 불규칙한 단면이나 돌출된 장애물에 의해서도 발생한다. 또한, 하상 조도가 거칠거나 급격한 경사에서 흐르는 얇은 흐름에서도 난류가 발생할 수 있다. 그림 5와 같이 수로에서 물속의 식생이나 돌부리 등에 의해서 유속분포가 복잡하면 난류가 발생하여 균등한 유속분포를 얻기 힘들어진다. 또한, 수초 및 토사는 유속계에 영향을 미치므로 정확한 유속을 측정하기 어렵게 한다. 따라서 수로 내 수초 및 토사를 주기적으로 제거해서 유속계의 정확성을 향상시키도록 해야 한다.



그림 5. 하천 유속에 영향을 미치는 수초

### 5.3 유량측정

현장조건에 적합한 계측장비의 선택은 정확한 유량자료 확보에 미치는 영향이 크다. 적절한 장비를 선정하지 못하면 사용자가 신중을 기울이더라도 신뢰성있는 자료를 획득하기 어렵다. 현장의 수리조건에 대한 분석이 반드시 이뤄진 후에 목적과 여건에 맞는 유량 계측기기를 선택해야 한다. 유량측정의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 관측 초기부터 관심을 가지고 정기적인 검사를 실시하여 파손이나 고장을 막아야 한다. 특히, 표준장비를 사용함으로써 장기적인 관리와 비용 부담을 줄일 수 있다. 또한, 표준장비에서 제공하고 있는 수위-유량 관계식과 관측자료를 비교하여 계측기기의 상태를 파악해야 한다. 그리고 적절한 평가지표를 선정하고 이를 사용하여 계측기기를 평가하고 결과를 분석하여 오차 발생을 최소화해야 한다.

유량계측장비로 유입하는 상류부분의 흐름조건이 양호하지 않은 경우의 큰 유량을 계측할 때 오차가 생길 수 있다. 일반적으로 상류흐름은 안정된 상태이어야 하며, 길고 완만한 경사의 직선 수로에서 돌출부나 너울이 없는 상태가 유량측정에 유리하다. 흐름 단면에서의 와류나 급류 등은 계측기기의 정확성에 영향을 미치며, 통상 20%의 오차가 발생하는 것으로 알려져 있다. 또한, 계측기의 유입구로 들어오는 흐름상태가 불량한 경우에는 50% 이상의 오차가 발생할 수 있다(USBR, 2001). 수로상의 퇴적물, 식생, 사석 등도 흐름을 방해할 수 있고 낙차공, 수문밸브, 수문 등과 같은 구조물도 흐름 상태를 부분적으로 방해하고 오차를 발생시킬 수 있다. 특히, 용수로나 배수로의 흐름을 변경시키거나 저해하는 요소들은 유량측정에 심각한 오류를 초래하는 요인들이다. 수로의 통수능력을 유지하기 위해서는 수로의 제방

과 하상을 정비해야 한다. 수로 바닥이나 제방에 갈대나 잡초가 우거지면 흐름이 저해되며, 빠른 배수가 어렵다. 따라서 갈대나 잡초를 사전에 제거하여 수로의 흐름을 방해하지 않도록 해야 한다. 또한, 하상이나 제방의 수목이 물의 흐름을 방해하거나 뿔혀나가 물길을 막는 경우에는 예기치 못한 재해를 유발할 수 있으므로 배수로 정비시 이러한 점을 충분히 고려해야 한다.

유량측정시 폭이 좁은 계측기기는 부유물에 의해 막혀서 기능을 발휘하지 못하는 경우가 있으므로 주기적인 점검이 필요하다. 또한, 계측장비를 통과하는 흐름의 조건도 오차에 영향을 미친다. 보나 플름이 너무 낮게 설치되는 경우에는 하류로부터 역류가 발생하여 계측기기가 잠기므로 유량계측이 불가능하다. 또한, 계측 장비가 노후화 되어 위어의 예언부가 마모되거나 그림 6과 같이 주변 구조물에 균열이나 파손이 발생하면 유량계측의 정확도에 영향을 미친다. 따라서 정기적인 점검과 수리를 실시하여 장비의 수명뿐만 아니라 계측의 정확도를 유지하도록 해야 한다.

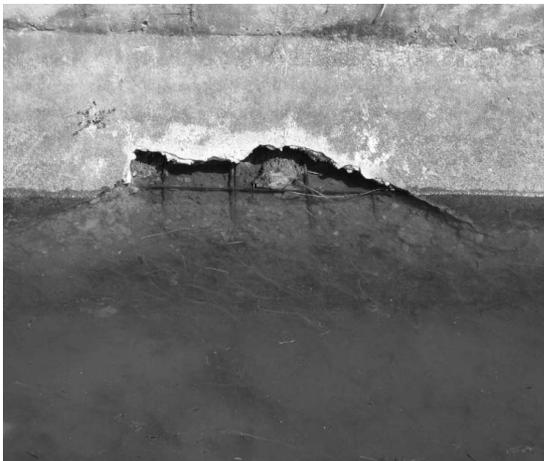


그림 6. 계측 구조물 및 상·하류 수로의 노후화에 의한 파손

## 6. 요약 및 결론

본 보고문에서는 효율적인 농업용수로 시스템 관리를 위해 수로의 수위 및 유량 자료를 측정하고 자료의 질을 확보하는 방안을 기술하였다. 또한, 국내 여건을 고려한 수로 유량 측정법을 선정하기 위하여 계측 구조물을 설치하고 적용성을 평가한 결과를 고찰하였으며, 수위 및 유량 측정의 신뢰성을 향상시키기 위한 방안을 제시하였다. 수로의 수위 및 유량 측정자료를 사용하여 효율적으로 농업용수로 시스템을 관리하는 방안을 제시하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 수위 및 유량 관측에 관련된 기존 문헌들을 검토한 결과, 정확도가 높은 유량자료를 얻기 위해서는 수로의 특성을 잘 반영해야 하며, 다양한 평가지표를 사용하여 대상 수로에 적합한 계측기기를 선정해야 하는 것으로 파악되었다.

(2) 국내여건에 적합한 유량 계측구조물을 선정하기 위하여 2차원 3단면 위어와 장목 플름의 적용성을 평가하였으며, 장목 플름에 의해 계산된 유량이 위어 공식에 의해 산정된 유량 보다 관측유량에 가까운 결과를 나타냈다.

(3) 농업용수로의 유량계측의 활용성을 고찰한 결과, 사용 목적별로 계측 구조물을 다르게 적용할 수 있으며, 용수로의 통수량 산정 및 용수로 상태 파악, 용수의 배분 상태 평가, 용수 지거 및 포장 취수량 관리, 배수지거의 관리, 홍수시 배수간선 및 하천관리 등에 이용할 수 있을 것으로 나타났다.

(4) 기존 연구결과를 검토한 결과, 수위 및 유량 측정 자료의 품질 관리를 위해서는 측정의 불확실도를 저감해야 하는 것으로 파악되었으며, 주기적인 점검을 통해 측정의 신뢰성을 저감시키는 요소들을 제거할 필요가

있다.

정확한 수위 및 유량 자료의 수집 여부는 농업용수로 시스템을 대상으로 하는 수리학적 모형을 이용해 파악 될 수 있다. 관측자료와 계산자료를 상호보완하여 사용하면 자료의 정확도와 자료의 품질보증을 이룰 수 있으며, 농업용수로 시스템 관리의 효율성을 높이는데 이들 자료를 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

### 참고 문헌

1. 강민구, 박승우, 임상준, 1999. 관개용 저수지의 일별 사용량 조사 분석, 1999년 한국농공학회 학술발표회 논문집.
2. 건설교통부 수자원국, 2004. 수문관측매뉴얼.

3. 김원, 이찬주, 김치영, 김동구, 2008. 시험하천을 통한 새로운 수문 관측 기술의 비교 분석, 수문관측 국제심포지엄-수문관측의 현재와 미래.
4. 김진택, 주옥중, 박기욱, 2006. 농업용수 손실의 구분 및 정량적 분석, 2006년도 한국수자원학회 학술발표회 논문집.
5. 김진택, 박지환, 구분중, 2005. 농업개수로 유량측정 현황 및 적정 방안 고찰, 2005년도 한국농공학회 학술발표회 논문집.
6. 농림부, 한국농촌공사, 2006. 물부족 시대에 대비한 농업수로 적정 관리기법 연구.
7. 농림부, 농업기반공사, 2004. 농업생산기반정비사업통계.
8. 농업기반공사, 2003a. 농업용자동화 급수장치 실용화연구.
9. 농업기반공사, 2003b. 물 관리생력화 기술의 실용화.
10. 한국관개배수위원회, 2007. 관개배수 수행평가 실무지침.
11. Bos, M. G., 1989. Discharge measurement structure.
12. USBR, 2001. Water measurement manual.
13. USDA ARS, 2001. WinFlume user's manual.

기획: 정세용 편집부위원장 chung@chungbuk.ac.kr

### 쉬어가는 자리 - 속담(俗談)풀이

· **짚레꽃철 비는 풍년비다.**

풀이 : 짚레꽃이 만개하는 5월 중순에 비가 오면 모내기를 순조롭게 할 수 있기 때문에 풍년이 든다는 뜻

· **입춘(立春)에 보리뿌리가 셋만 되면 풍년든다.**

풀이 : 입춘인 2월3일 경에 보리뿌리가 세 개만 되면 보리의 성장이 좋아 다수확을 할 수 있다는 뜻

