

기존 보를 활용한 유량측정 방안

○김 동 구* · 윤 광 석** · 이 을 래** · 김 원***

1. 서 론

유량측정시 수공구조물인 위어를 이용하는 것은 여러 가지 면에서 효과적이지만 외국에 비해 연구가 미흡한 것이 사실이다. 이는 우리나라의 수자원 정책이 홍수를 기반으로 하는 치수 위주의 정책이 우선 되었던 것에도 큰 영향이 있을 것이다. 즉, 홍수기에는 유량측정을 위한 위어가 유량 측정에 크게 기여하지 못하기 때문이다. 하지만 최근 매년 반복되는 가뭄에 의해 갈수기 수자원 관리가 어느 때보다 중요한 시점에서 저수 유량측정에 정확도가 높은 수공구조물을 활용하는 방법도 효과적인 방법이라 할 수 있겠다. 더욱이 새로이 위어를 설치하지 않고 기존에 어떤 형태로 든 설치되어 있던 보를 활용한다면 매우 큰 장점이 될 수 있을 것이다.

우리나라에는 농업용, 취수용 등으로 사용되는 여러 종류의 보가 있지만 유량측정을 위해 만들어진 보의 전무한 상태이다. 아래 제시한 표 1과 같이 보를 유량측정을 위해 활용하면 유량측정의 정확도면에서 뛰어난 결과를 제공하게 된다. 하지만 유량측정용 위어를 신설하여 사용하게 되면 경제적으로 큰 부담이 생기게 된다. 그리고 유속계를 이용하는 유속-면적법을 이용하여 유량측정을 하여도 매년 수천만원의 비용을 들이게 된다. 따라서 기존에 설치되어 있는 보 가운데, 목적은 다르지만 유량측정용 보로 활용하여 유량측정의 경제성을 높일 수 있는 보가 상당수 존재할 것으로 사료된다. 자료 획득면에서도 수위관측소처럼 TM 전송장치나 데이터 로거를 활용하면 유속-단면적법을 활용했을 때, 측정 당시 유량자료를 얻을 수 있었던 것에 비해 실시간으로 자료를 확보할 수 있게 된다. 이에 본 논문에서는 연구의 기초단계로서 여러 가지 형태의 보에 대해 유량측정용으로 사용 가능한지를 판단하고 선정하여 현장 정밀측정을 통해 일반적인 위어공식에 의해 유량계수 C값을 산정하고 이의 정확도를 평가하여 활용방안을 제시하고자 한다.

표 1 유량측정방법간 비교

	유속-면적법(유속계)	기존 보 활용	위어 신설
측정 방법	유속을 측정하여 유량 계산	수위를 측정하여 유량 계산	수위를 측정하여 유량 계산
정 확 도	5~10%*	1~5%*	1~5%*
자료 획득	연간 12회**	실시간	실시간
설치 비용	없음	약 7,000만원**** (수위측정장치+TM 전송장치+유량계수개발)	약 43,500만원**** (위어 설치+수위측정장치+TM 전송장치)
측정 비용	연간 3,500만원***	없음	없음
유지 관리	없음	토사제거	토사제거
측정 준비장비	유속계, 수심측정용 기구 등	없음	없음
측정 인원	3~4명	없음	없음
기 타	1회 측정에 많은 시간 소요	자동 측정	자동 측정

* : ISO TR 8363

** : 1999년 한강유역 유량측정사업 평균치

*** : 하폭 200m인 경우 개략치

**** : 위어 신설(40,000만원), 수위측정장치+TM전송장치(3,500만원), 유량계수개발(3,500만원) (하폭 200m 일 경우)

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 수석연구원

2. 기본 이론

기존에 설치되어 있는 보가 유량측정용 위어에 관한 규격과 일치하여 유량공식을 사용할 수 있다면 가장 이상적인 상황이라 할 수 있다. 하지만 대부분의 보들이 유량측정용으로 만들어진 것이 아니기 때문에 규정된 유량공식과 유량계수 등을 이용하여 유량을 계산할 수 없다. 따라서 기존 보에 대한 수위-유량 관계를 이끌어낸 다음 이 수위-유량 관계를 이용하여 일반적인 유량공식에서 계수 C값을 개발하는 것이 최선의 방법이다.

유량측정용 위어는 독특한 유량 공식을 가지고 있다. 여러 종류의 위어에 대해서 살펴보면 위어의 종류마다 적용되는 유량 계산 공식의 기본 형태는 비슷하지만 공식에 적용되는 여러 변수들은 각각 측정 위어의 형태상의 특징을 반영해주고 있음을 알 수 있다. 이에 기존에 설치되어 있는 보를 살펴보면 대부분 광정위어의 형태를 띄고 있다.

다음 식은 모든 종류의 유량측정용 구조물에 적용되는 일반적인 형태의 공식이다.

$$Q = Cbh^{3/2}$$

여기서 알 수 있듯이, 유량 Q 를 정확하게 구하기 위해서는 C , b , h 값을 어떻게 결정하느냐가 중요하다. 앞선 절에서 유량측정의 정확도와 수두 측정의 위치에 대해 알아보았듯이 b , h 의 경우는 얼마나 정밀하게 측정을 했느냐에 따라 정확도가 결정된다.

측정상 오차와 달리 유량공식을 사용함에 있어 계수 C 값의 결정은 유량 값에 크게 영향을 미친다. 보통 계수 C 값의 결정은 현장에서의 정밀 유량측정이나 실험실에서의 모형 실험에 의해 도표나 곡선으로 개발된다.

다음 그림 1은 유량공식에 의한 유량 값 계산 절차를 설명한 것이다.

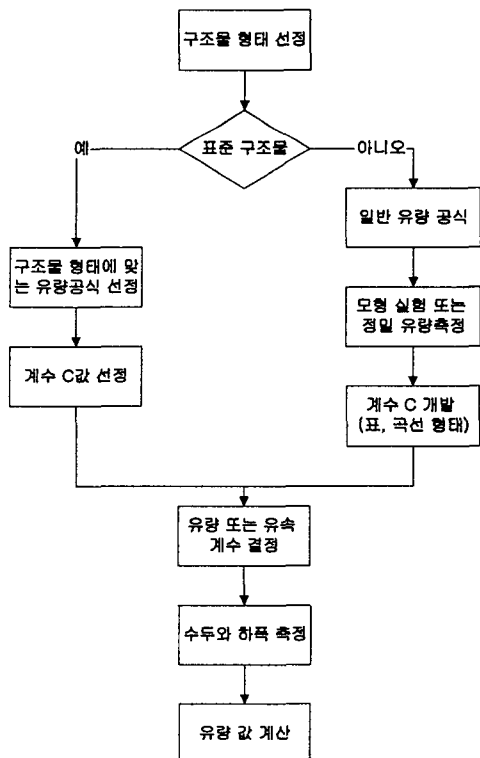


그림 1 유량 공식 적용 절차

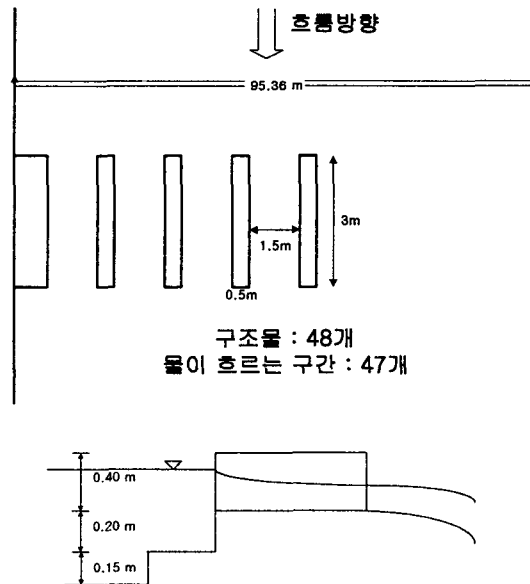


그림 2 탄천 보 구조도

3. 사이트 선정

유량측정이 가능한 보가 있는 지점을 선정하기 위해 몇 가지 조건을 가지고 보가 있는 사이트를

선정하였다.

- ① 고정보와 낙차공이 설치되어 있고 크게 파손된 부분이 없는 곳
- ② 측정 하폭의 2배내지 5배 되는 상류에서 측방유입이 없는 곳
- ③ 구조물의 가까운 위치에 수위 관측이 가능한 곳
- ④ 구조물의 상류 혹은 하류에서 유량측정을 수행할 수 있는 곳
- ⑤ 구조물 상하류 하상 변동 상황이 파악되어 있는 곳
- ⑥ 구조물 상하류 하도가 흐름 방향이 변화하거나 편류되는 흐름이 적은 곳

실제로 이런 조건을 완전히 만족하지 않아도 비교우위를 정하여 시험 사이트 후보지점을 선정하였고 주어진 조건 하에서 수위-유량 관측의 정밀도를 높이도록 노력하였다. 이렇게 선정된 대상 지점이 탄천 하류부에 설치된 보이고 형태는 그림 2와 같다.

4. 실재 적용 및 결과

4.1 현장 유량측정에 의한 유량계수 산정

(1) 정밀유량측정

횟수	마그네틱 유속계	ADP	초음파	수심	통수부 하폭
1	22.28 cms	-	14.74 cms	0.337 m	71 m
2	20.90 cms	15.56 cms	16.54 cms	0.317 m	71 m
3	-	25.2 cms	24.27 cms	0.407 m	71 m
4	28.57 cms	20.9 cms	24.32 cms	0.367 m	71 m

(2) 유량공식에 의한 유량계수 산정

마그네틱 유속계	ADP	초음파유속계
1.604	-	1.277
1.649	1.228	1.305
-	1.367	1.316
1.810	1.324	1.541

4.2 유량계수에 대한 검증

(1) 이론 유량공식

위어에 대한 이론적인 유량공식은 구조물형태에 따라 제시되어 있다. 여기서는 ISO 3846에 제시되어 있는 정방형 광정위어의 공식을 적용해 본다. 탄천에 있는 보는 유량측정용 구조물이 아니기 때문에 ISO 규정에서 제시하고 있는 규격을 가지고 있지 않다. 하지만 유량값의 근사치를 제시하여 현장 측정과의 관계를 알아보고자 한다.

$$Q = (2/3)^{3/2} g^{1/2} bCh^{3/2} \quad (\text{ISO 3846})$$

여기서 Q는 유량이고 g는 중력가속도, b는 위어 폭, C는 유량계수, h는 마루부로부터의 수두를 나타낸다. 다음은 위 공식을 이용하여 탄천 보에 대한 유량공식을 이론적으로 만들어 보았다.

	유량계수 C	유량공식	비고
탄천	0.85	$Q = 2.173 h^{3/2}$	47개 단면 동일

(2) 유량공식에 의한 검증

위의 공식을 이용하여 현장에서 측정되어 계산된 유량과 비교해 본다. 그림 3은 탄천 보에 대해 이론 유량공식에 의해 계산된 값과 현장에서 측정된 데이터를 이용해 계산된 유량과 비교한 그래프이다. 4번의 측정 결과를 비교한 것으로 이론값과 비슷하게 분포되어 있음을 알 수 있다.

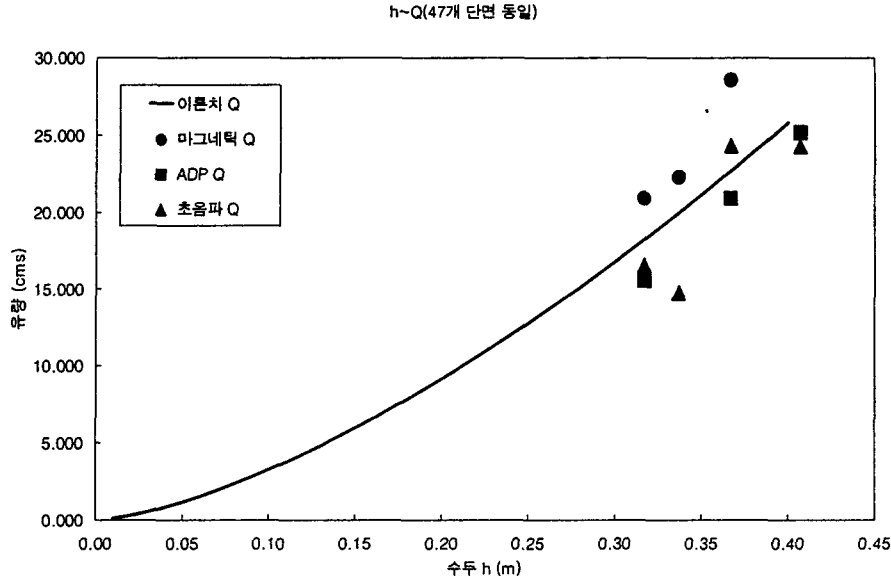


그림 3 탄천 보에 대한 이론유량과 실측치의 비교

5. 결 론

연구의 초기단계로서 관측한 유량측정과 수위 자료가 부족하여 수위-유량관계가 명확하진 않지만 위에서 본 이론 유량과 비교에서 비교적 잘 맞고 있음을 알 수 있다. 이 후 홍수기 유량측정을 실시하여 보가 잠수되었을 때 수위-유량 곡선을 찾아서 이에 대한 유량 계수도 개발할 예정이다.

6. 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호 2-1-1)에 의해 수행되었습니다.

7. 참고문헌

1. 건설교통부 (2001). 수문관측효율성제고방안 연구조사.
2. Herschy, R. W. (1985). *Streamflow Measurement*, ELSEVIER APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD.
3. Herschy, R. W. (1999). *Hydrometry*, John Wiley & Sons.
4. ISO 3846 (1989). *Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes - Rectangular broad-crested weirs*.
5. USGS (1982). *Measurement and Computation of Streamflow : Volume 2. Computation of Discharge*.