

기존 보를 활용한 유량측정방안 제시

A Flow measurement method using Existing low dam

김동구¹⁾, 김치영²⁾, 김 원³⁾

Kim Dong Gu Kim Chi Young Kim Won

요 지

평저수시 유량측정법인 유속-단면적법의 대안으로 제시할 수 있는 기존 보를 활용한 유량측정법은 수위를 체크함으로써 손쉽게 유량을 알 수 있다는 장점이 있다. 표준유량측정구조물에 비해 정확도는 떨어지지만 기존 보에 대한 수위-유량관계곡선을 작성해 놓게 되면 높은 정확도에서 유량을 알 수 있게 된다. 구조물의 형태, 구조물 상하류조건, 수위-유량관계곡선 개발시 정밀유량측정의 정도에 의존하겠지만 홍수시보다는 평저수시 크게 활용성이 있을 것으로 사료된다. 시험사이트로 탄천 1개소, 곡릉천 2개소의 보를 선정하여 수위-유량관계곡선과 유량공식을 개발해 보았다.

핵심용어 : 기존 보, 유량측정, 수위-유량관계

1. 서론

현재 매년 우리나라에서는 유량측정과업이 수행되고 있다. 유량측정과업은 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선 작성과 치수 및 홍수 예경보업무에 필요한 기본 유량자료를 얻는데 의미가 있다. 이런 과업수행의 기본이 되는 유량측정방법은 유속-단면적법과 부자법이다. 특히 평저수시에는 유속-단면적법이 이용되는데 우리나라 60여 개 유량측정지점에 대한 수심을 체크하여 유량측정지점에 대한 측정 환경에 대해 알아본 결과 수심이 너무 낮아 측정기기상 유효수심을 벗어나는 유량측정이 힘든 환경에서도 무리하게 유량측정을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 요인은 측정결과자료의 오차를 포함하게 되어 유량자료 활용상 문제를 안게 된다. 본 연구에서는 평저수시 유량측정의 문제점을 해결하고자 제시하는 대안이 유량측정에 구조물을 이용하는 것이다. 구조물을 이용한 측정도 구조물이 신설된다면 그만큼 초기비용이 많이 들겠지만 기존에 만들어진 보를 활용하게 되면 초기비용은 부담이 되지 않는다. 기존 보를 활용한 유량측정방법 및 절차에 대해 알아보도록 한다.

2. 기존 보 활용 연구방향

위어나 플룸처럼 유량측정용으로 만들어지지 않은 기존 보는 유량측정에 알맞은 기준을 따르지 않고 있기 때문에 큰 낙차가 확보되지 않는 등의 여러 가지 문제점을 갖고 있다. 이 외에도 보가 너무 노후되어 부

1) 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원
2) 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원
3) 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원

분 파손이 되어 있거나 구조물이 약해서 파손된 경우도 있다. 보마루부의 형상이 완전월류가 되는 형상이 가장 이상적인 경우이지만 경우에 따라서 유량이 작은 경우에는 흐름을 한쪽으로 모을 수 있는 경사진 구조나 보 마루부에 흐름을 분리할 수 있는 구조로 되어 있는 것도 적절하다.

2.1 표준화된 유량측정구조물에 대한 분석

하천흐름을 막아 물을 구조물 위로 넘어 흘러가게 하여 유량을 측정할 수 있는 구조물을 위어라 하며 위어는 흐름에 지배단면을 발생시켜 하류수위의 영향을 받지 않는 조건을 만들고 위어를 넘어 흐르는 수심과 유량의 관계로부터 유량을 계산한다.

표 1 표준화된 유량측정용 구조물과 기존 보와의 차이점

비교항목	유량측정용 구조물	기존 보
수두 측정장치	있다(우물통)	없다
구조물의 표준화	표준구조물의 규격이 정해져 있다	설계기준에 따르고 있으나 형식이 자유롭다
유량공식적용	구조물에 따른 유량공식과 계수가 개발되어 있다	일반 공식의 유량계수를 개발하여야 한다
수위-유량 관계	설정 가능	설정 가능
유지보수	수시 점검	관리 미흡(파손 우려)

2.2 기존 보에 대한 유량공식 개발방법

보에 대한 유량공식을 개발함에 있어 일반유량공식을 적용하는 방법과 레이팅곡선식을 이용하는 방법이 있다.

2.2.1 일반유량공식을 이용한 유량계수 및 수위-유량 관계곡선 개발

유량측정용으로 개발된 모든 수공구조물에는 그 구조물만이 갖고 있는 특성을 반영하는 상수를 가지고 있다. 규격에 맞는 유량측정 구조물은 계수값이 표로 만들어져 있거나 유량공식에 포함되어 있어 측정된 수두(보마루에서 수심) 값만 알고 있으면 유량을 바로 알 수 있다. 기존 보의 경우에는 유량측정용으로 만들어진 구조물이 아니므로 비표준형태의 위어로 보고 일반적인 유량공식을 이용하여 유량측정을 할 수 있다 (Herschy, 1995).

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

여기서, Q는 유량, C는 유량계수, b는 월류되는 보마루폭, h는 보마루를 기준으로하는 월류수심이다.

2.2.2 레이팅 곡선식을 이용한 수위-유량 관계곡선 개발

일반적인 수위-유량 관계곡선을 작성하는 방법을 이용하여 보의 유량공식을 작성하는 방법이다. 아래 공식은 레이팅의 대표식으로서 지수형태로 나타나므로 유량공식으로 쓸 수 있다.

$$Q = f(G - e)^N$$

여기서, Q는 유량, G는 수면계측수위, e는 유효영유량수위, p는 (G-e)가 1m 일때 수치적으로 유량과 같은 상수, N은 레이팅 곡선경사이다(USGS,1982).

2.2.3 기존 보에서 일반유량공식과 레이팅 곡선식의 활용성

2.2.1절에서 언급되었듯이 유량계수를 알 수 있으면 기존 보에서도 유량측정을 할 수 있다는 이론이 성립한다. 다시 말해 기존 보가 설치된 지점의 유량계수만 알고 있다면 유량이 손쉽게 계산된다. 하지만 여기서 중요한 것은 유량계수가 지점의 구조물 특성을 얼마나 반영할 수 있느냐는 것이다. 이에 유량계수를 구하는데 얼마나 정확도를 높이느냐가 유량측정값의 정확도를 결정하게 된다. 2.2.2절은 레이팅 곡선식 작성 방법에 따라 유량공식을 개발하는 방법으로서 2.2.1절에서 언급한 일반유량공식을 이용하는 것보다 더 보편적이라고 판단된다.

3. 시험 선정된 기존 보에 대한 유량측정

기존 보에 대한 적용성을 판단하고 평가해 보기 위해 시험사이트를 지정하여 운영해 보는 것이 필수적이다. 따라서 활용하기 용이한 기존 보를 선정하는 조건을 제시하고 이에 따라 선정된 보를 연구에 활용하는 것이다.

3.1 기존 보 선정조건 검토 및 비교

일본의 선정조건(일본토목연구소, 2002년4월14일)과 본 연구에서 수정 제시한 선정조건을 비교하면 다음과 같다.

표 2 일본의 선정조건과 본 연구에서 수정된 조건의 비교

	일본의 조건	본 연구에서 수정한 조건
1	설치되어 있는 고정보가 항상 전폭 월류하고 있어야 한다.	마루부 구조가 전폭 월류형태이거나 부분 월류형태이거나 상관없이 단면동제만 잘 되는 구조물로써 수문이나 어도가 있는 경우도 크게 상관없다.
2	구조물의 낙차가 2m 이상이고, 홍수시라도 완전 월류하고 있어야 한다.	낙차가 2m이상이라고 제시한 것은 이 정도의 높이에서는 홍수시 잠김 월류나불완전 월류가 발생하지 않을 것으로 판단되어 제시한 것이나 홍수시 잠기는 월류가 발생하는 구조물이라도 저수용으로 활용한다면 문제가 없을 것으로 판단된다.
3	지배 단면 부근 수위를 측정 가능해야 한다.	일본 조건은 매우 이상적인 상황이므로 수정하여 구조물에서 상류쪽으로 안정된 수위를 가질 수 있는 최대마루수심의 2~4배 사이의 거리에서 수위를 측정한다.
4	구조물의 상류 혹은 하류에 교량이 있고, 부자 관측을 시행할 수 있어야 한다.	부자 관측뿐만 아니라 정밀유량측정을 시행할 수 있는 위치가 확보되어야 한다.
5	구조물의 설계·시공조건과 준공 후의 설치지점 상하류의 하상 변동 상황이 파악 되어 있는 곳이어야 한다.	수용
6	구조물 상하류의 하도가 직선이고 흐름 방향의 변화나 편류가 적은 곳이어야 한다.	수용

3.2 선정된 시험 지점 기존 보의 비교

선정된 3개소의 시험 보에 대한 비교는 다음 표 3과 같다. 각각 다른 형태의 보마루를 가지고 있어 결과에 대해 서로 비교하는데 의의가 있으며 다양한 형태의 보에 대해서 마지막 부분에서 기존 보 활용 절차를 제시하는데도 중요한 자료가 될 것이다.

표 3 3개소의 시험사이트 기존 보에 대한 비교

	보 마루부 형태	어도와 수문	상하류 하도형태	가동보 유무	수위표 설치위치	보마루 높이(상류바닥기준)
탄천하구보	규칙적 홈이 있다	무	직선(상류) 함류(하류)	무	양호	0.75m
곡릉천 상류보	수문 1개소 (보마루부와 단차 발생)	유	직선(상류) 곡선(하류)	무	양호	1.3m
곡릉천 하류보	수문 3개소 (보 마루부와 같은 높이)	유	곡선(상류) 직선(하류)	무	양호	0.5m

3.3 시험사이트 유량자료 측정방법

선정한 시험사이트들은 본 과제의 정밀유량측정법 연구와 병행하여 수행되어 유량측정자료 확보가 수월하였으며 측정 당시 보에 설치된 수위 값만 확인하여 기록하였다. 정밀유량측정은 프라이스유속계를 이용한 유속-단면적법을 기본으로 하였고 탄천 지점의 경우 ADP와 고정식 초음파 유속계를 병행하여 측정에 이용하였다. 다양한 수위값에 대해 많은 측정자료를 확보하려고 노력하였으며 유속-단면적법의 경우, ISO, USGS, 수문관측(일본), 하천설계기준(한국)을 만족하거나 그 이상의 정도로 측정하였다.

4. 기존 보를 활용한 수위-유량관계곡선 작성

정확한 유량측정자료와 유량값에 대응되는 수위값이 확보가 된다면 정확한 수위-유량관계를 만들 수 있다. 각 지점에 대한 수위-유량 관계는 구조물의 특성에 따라 분리하여 작성하였으며 각 지점에 대한 수위-유량 관계 분석결과는 다음과 같다.

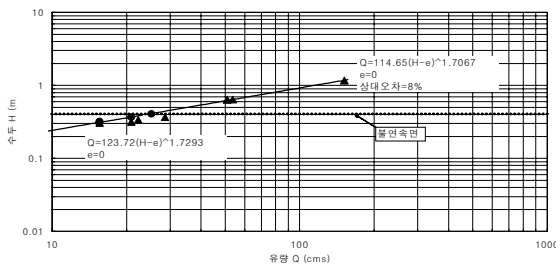


그림 1 기존 보를 활용한 수위-유량 관계곡선 작성(로그좌표)(탄천하구보)

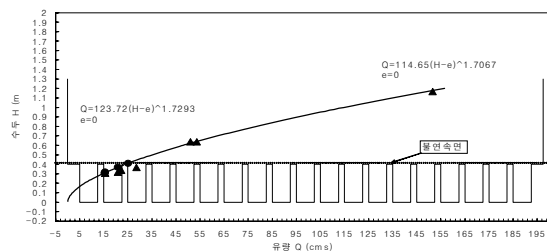


그림 2 수위-유량 관계곡선과 보 단면의 비교(직교좌표)(탄천)

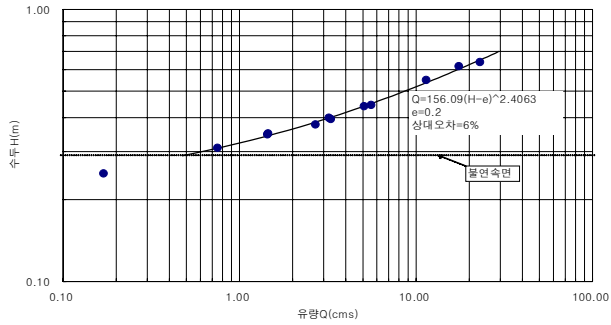


그림 3 기존 보를 활용한 수위-유량 관계곡선 작성(로그좌표)(곡릉천상류보)

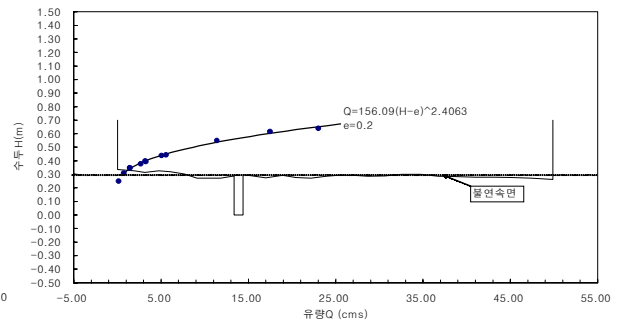


그림 4 수위-유량 관계곡선과 보 단면의 비교(직교좌표)(곡릉천상류보)

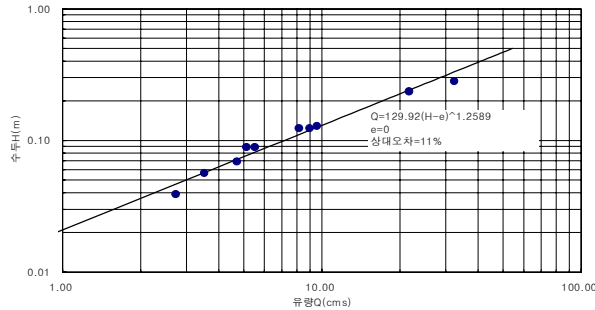


그림 5 기존 보를 활용한 수위-유량 관계곡선 작성(로그좌표)(곡릉천하류보)

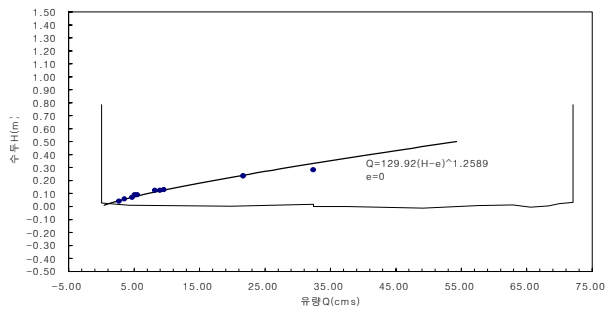


그림 6 수위-유량 관계곡선과 보 단면의 비교(직교좌표)(곡릉천하류보)

5. 감사의 글

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

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*.