

기존 보와 유속센서를 활용한 자동유량측정

Automatic Flow Measurement by Acoustic Velocity Sensors on a Weir

김동구*, 김 원**, 이찬주***, 김치영****

Kim Dong Gu, Kim Won, Lee Chan Joo, Kim Chi Young

요 지

기존 보를 활용하여 유량측정에 이용하는 방법은 보의 통제 특성을 이용한 것이다. 유량과 수위를 병행 측정하여 얻은 자료를 활용해 수위-유량관계를 개발하는 것이다. 이 방법은 간단하면서도 정확도가 높은 방법이다. 수위-유량관계가 개발되면 별도의 측정을 수행할 필요 없이 수위계 측정값으로 유량이 계산되기 때문이다. 물론 주기적인 수위-유량관계 겹침은 반드시 필요하다. 이런 수위-유량관계를 이용한 기존 보 활용은 매우 유용한 방법 중 하나이다.

하지만 이런 기존 보를 활용해 유량을 계산하는 방법은 몇 가지 단점을 포함한다. 첫째, 통제 특성을 이용하는 모든 측정 구조물은 측정한계 조건이 있다. 즉, 보 마루에 한계류가 발생하지 않는 수위 이상으로 높아지면 보의 통제 특성이 소멸되고 수위-유량관계나 유량공식은 의미가 없어진다. 둘째, 유량측정 구조물의 가장 큰 문제점 중 하나가 토사퇴적이다. 특히 기존 보의 경우 토사가 퇴적되면 보 상류의 저류용량이 줄어보의 통제 기능을 상실하게 된다. 이런 문제점들을 해결하기 위해 보마루를 높인다거나 정기적인 준설을 하는 방법이 있다. 장기적인 변화에 대응하는 것이지만 이런 조치는 임시방편일 뿐이다.

이런 문제를 해결하기 위해 연구하게 된 방법이 보마루에서 직접 유속측정을 하는 것이다. 그리하면 통제 특성을 이용한 수위-유량관계가 필요 없게 된다. 이때 보마루에서 직접 유속측정을 하기 위해서 유속측정 센서를 이용한다. 유속측정센서는 도플러방식을 이용한 초음파 유속센서로써 uplooking 방식으로 보마루에 고정시켜 이용한다. 이런 센서는 관수로에서 유량을 측정하기 위해 많이 사용되고 있다.

본 연구를 위해 초음파 센서를 이용해 실험 수로에서 유속측정과 유량환산 결과를 비교해 보았고 실제 시험하천에서도 설치하여 적용해 보았다. 보마루라는 안정된 단면을 이용하여 유속을 직접 측정하는 방법은 앞서 언급했던 수위-유량관계를 이용한 기존 보 활용법상 단점도 극복할 수 있다. 즉 통제 특성과는 관계없이 측정할 수 있는 수심 범위에만 들어가게 되면 항상 측정이 가능하고 상류의 토사퇴적에도 영향을 전혀 받지 않는다. 설치한 후 센서가 파손되지 않고 관리만 잘 된다면 유량측정시 편리하고 정확하게 결과를 얻을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 보, 유속센서, 유량측정

1. 서 론

최근 유량에 대한 관심이 높아짐에 따라 정확한 유량측정을 위한 방법과 기술들이 지속적으로 개발되고 있다. 측정방법면에서 기존 기계식 유속계를 이용한 유속-면적법의 활용법 개선도 이루어졌고 첨단화된 측정법으로 음향 기술을 이용한 유속측정장치인 ADCP(Acoustic Doppler

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : kimdg@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원 · E-mail : wonkim@kict.re.kr

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : c0gnitum@kict.re.kr

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : cy_kim@kict.re.kr

Current Profiler)의 실제 활용 횟수도 증가하고 있는 실정이다. 또한 전자파나 영상을 이용한 비접촉방식의 유량측정법도 흥수기 측정법으로 유용하게 이용되고 있다. 이러한 측정법들은 기본적인 유량계산을 측정된 평균 유속과 단면적의 곱으로 계산한다. 전자파나 영상을 이용하는 방법처럼 비접촉식인 경우는 표면 유속을 측정한 후 평균 유속으로 환산하여 유량을 계산하게 된다. 그외 보의 통제단면 특성과 수위-유량관계를 이용하여 유량을 얻는 방법도 있다.

이들 방법 중 보 활용방법을 제외한 유속 측정에 의한 유량 계산 방식은 정확한 평균 유속 측정과 측정단면의 안정성이 유량 계산결과에 큰 영향을 주게 된다. 평균 유속을 측정하기 위해서 초음파 센서를 이용하여 유속 프로파일을 측정한 후 평균유속을 구하는 방법과 기계식 유속계의 2점법 또는 1점법을 이용한 평균유속 측정방법이 있다. 이처럼 평균유속은 계산하는 방법에 따라 많은 오차를 포함할 수 있다. 측정단면의 안정성면에서 보면 흐름에 따라 하상의 변동이 큰 측정지점은 그만큼 오차를 많이 포함하게 된다. 즉 기계식 유속계를 이용한 유속-면적법이나 ADCP 등의 기기는 어떤 측정단면을 이용하느냐에 따라 측정의 신뢰도가 결정된다.

정확한 평균유속 측정과 측정단면의 안정성 측면에서 보면 본 연구에서 제시하고자 하는 기준 보를 활용하여 보마루에 uplooking 유속센서를 부착한 자동유량측정방법이 활용 가치가 클 것으로 판단된다. 기준 보를 활용하여 수위-유량관계 곡선으로 자동 유량을 생산하는 방법과 병행하여 이용하게 되면 보다 효율적일 것으로 판단된다.

본 논문에서는 보마루에서 유속센서를 이용한 유량측정을 하기 위해 현재까지 실험 수로에서 측정된 결과와 현장에서 측정된 결과 위주로 제시하고자 한다.

2. 유속센서를 활용한 유량측정

2.1 실험수로에서의 활용성 평가

유속센서의 현장 적용성을 평가하기 위하여 우선 실험 수로에서 유속센서의 활용성을 평가해 보았다. 그림 1과 같이 보마루에 흐름방향으로 3열 9개(총 27개)의 측정위치를 정하여 실험하였다. 유속 센서는 독일 nivus사의 PCM pro를 이용하였고 센서 설치 모습은 그림 2와 같다. 실험은 3가지 유량 규모로 변화를 주면서 수행하였고 10분간 연속 측정도 실시하였다.

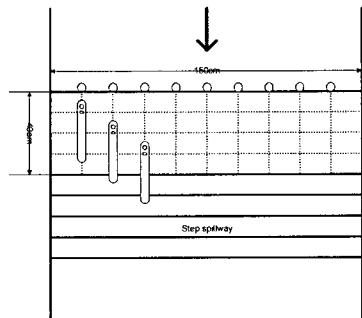


그림 1. 실험수로 센서 배치도

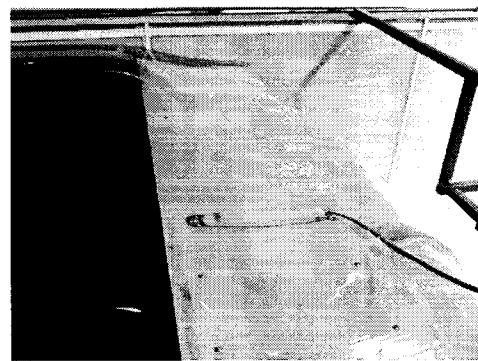


그림 2. 유속센서의 설치 모습

그림 3과 같이 동일 유량에 대해 각 열에 대한 유속분포의 평균유속분포를 도시해 보았다. 그림 3에서 알 수 있듯이 1열의 유속분포는 보 직상류에서 발생하는 상승흐름의 유속이 강하게

작용하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 실제 현장 설치시 보마루 상류 쪽에 치우치지 않게 설치하여야 한다. 그림 4는 유효한 유속분포를 가지고 있는 2열과 3열에 대해 연속적으로 유속을 계산하여 미리 계산해 둔 단면정보를 가지고 유량으로 환산해 보았다. 실험 수로의 방류량과 차이가 나지만 유량규모가 작기 때문에 그리 큰 차이라고 할 수 없다.

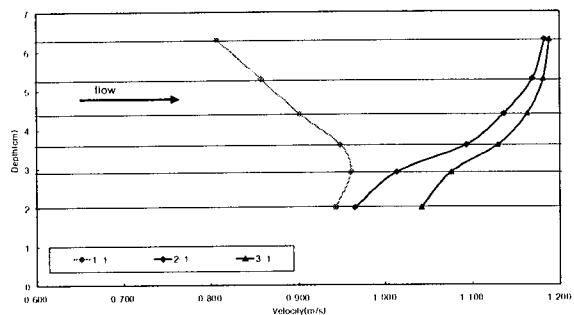


그림 3. 위치별 유속 프로파일

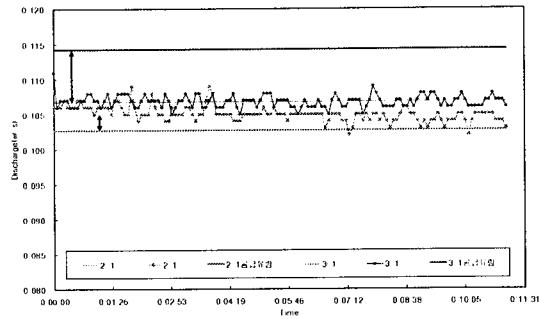


그림 4. 연속유량 비교

2.2 현장에서의 적용

현장 적용 실험에서는 그림 5와 같이 괴산댐 하류 대수보 지점에서 실시하였다. 그림 6과 같이 보마루에 센서를 설치하여 유속자료를 샘플링하였다.

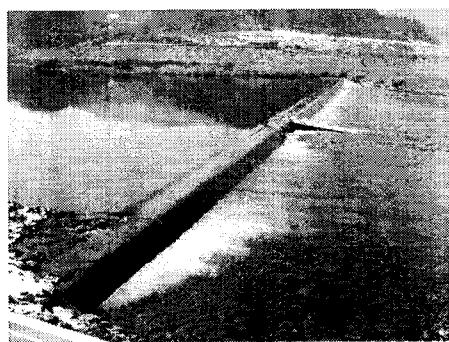


그림 5. 괴산댐 대수보 전경

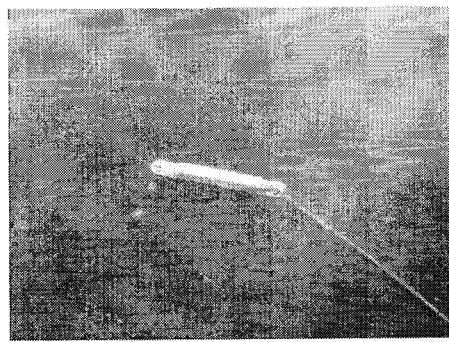


그림 6. 보마루에 설치된 센서

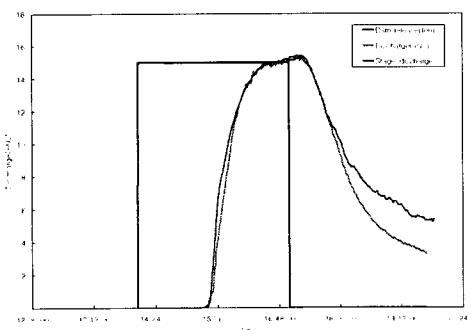


그림 7. 댐방류량과의 비교

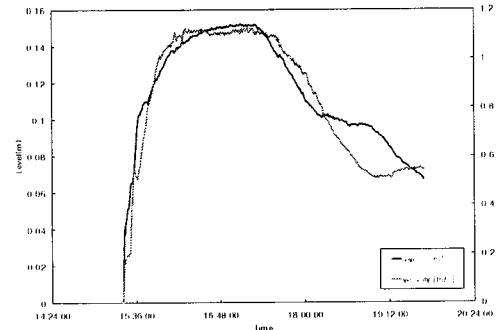


그림 8. 측정된 유속, 수심 비교

측정단면적은 미리 측량된 자료를 이용하여 계산하였으며 측정된 유속프로파일에 의해 얻어진 평균유속과 곱하여 연속된 유량을 계산하였다. 그럼 7은 $15\text{m}^3/\text{s}$ 규모의 댐방류량과 보마루 센서에 의해 계산된 유량을 비교하여 보았다. 대수보가 댐으로부터 약 2km 하류에 위치한 관계로 첨두부 유량의 시간차이가 발생하고 있으나 유량에 대한 비교 결과는 상당히 양호한 것으로 판단된다.

3. 결론 및 향후 계획

보를 활용한 유량측정 중 수위-유량관계곡선을 이용하는 방법이 정확도면에서 우수하나 구조적으로 보가 잠수하게 되면 유량측정구조물로써 보의 활용에 한계가 발생하게 된다. 이를 보완하고 병행하여 활용하기 위해 보마루에서 유속분포를 직접 측정하여 평균유속을 구하는 방법을 개발하였다. 지속적인 실험과 측정자료의 분석이 필요하겠지만 유속-면적법을 이용한 유량측정법에 비해 안정된 측정단면 확보 및 정확한 평균유속 결정이라는 면에서 장점을 가지고 있다. 또한 수위-유량관계곡선을 이용한 기존 보 활용에서 문제가 되었던 상류 토사 퇴적에 따른 보기능 상실에 영향을 받지 않는 측정법이다.

보 횡단폭에 따라 필요한 센서 갯수 결정, 연속으로 측정되는 유속자료의 필터링 방법, 측정되는 유속 프로파일을 최적화하는 방법 등을 개발하고 개선하게 되면 보다 정확한 실시간 유량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 건설교통부 (2001). 수문관측효율성 제고 방안 연구.
2. 한국수자원학회 (2002). 2002 하천설계기준.
3. 수자원의지속적확보기술개발사업단 (2004). 하천유량측정지침, SWRRC TR 2004-01.
4. 전일본건설기술협회 (2002). 수문관측.
5. ISO (1997). ISO/TR 8363, Measurement of liquid flow in open channels – General guidelines for selection of method.
6. Reginald W. Herschy (1995). Streamflow Measurement., E & FN SPON.
7. USGS (1982). Measurement and Computation of streamflow: Volume 1. Measurement of Stage and Discharge.
8. USGS (1982). Measurement and Computation of streamflow: Volume 2. Computation of Discharge.