

배수영향 하천의 ADVM 방식 자동유량측정시설 운영 및 검증

Operation and Verification of the Real-time Discharge Measurement System Using ADVM on Backwater Conditions

조상욱*, 김대영**, 한학영***, 김치영****

Sanguk Cho, Dae Young Kim, Hak Young Han, Chi Young Kim

요 지

금강하구언 상류에 위치한 규암 지점은 배수영향을 받는 지점으로 2007년도에 ADVM (Acoustic Doppler Velocity Meter) 방식 자동유량측정시설을 설치하여 운영 중에 있다. 본 연구에서는 규암 지점 자동유량측정 시설에서 측정된 유량측정성적을 분석하고 다양한 방법을 통해 이를 검증하였다. 그 결과 기존 수위-유량관계곡선식으로 방류영향 지역의 유량변화를 잘 나타낸 결과를 보였으며, 유량의 경우 총 67회 측정된 검증자료와 평균오차 7.2%로 대체로 비슷하게 산정되었으며, 금강하구언의 방류량과 갑문개방기간 동안 규암 지점의 총 유출량을 비교한 결과 3.2%의 오차를 보여 규암 지점 자동유량측정시설의 측정결과에 큰 신뢰도를 보였다.

핵심용어 : 자동유량측정시설, ADVM, 배수영향

1. 서 론

자동유량측정시설은 무인으로 실시간 연속측정이 가능하기 때문에 정확한 수위-유량관계를 유도하기 곤란한 감조하천이나 배수영향을 받는 지점의 정확한 유량측정을 목적으로 설치되고 있다. 본 연구에서는 기존 유량측정 방법으로 유량변화의 검증이 불가능했던 배수영향을 받는 규암 지점 유량측정성적에 대해 검토하였다.

규암 지점의 ADVM 방식 자동유량측정시설은 2대의 H-ADCP(Horizontal-Aquousic Doppler Current Profiler)를 교량의 좌·우안에 설치하여 유량을 측정하도록 구성하였는데, 2007년 12월에 설치하여 2008년 1월부터 현재까지 정상적으로 운영 중에 있다. 측정결과를 살펴보면, 평상시 상류에서 유입되는 하천의 유량이 금강하구언에 저류되면서 수위가 증가함에도 불구하고 유량의 변화가 거의 발생하지 않다가 배수갑문의 개폐유무에 따라 유량이 급격하게 변화하는 배수영향 지점의 전형적인 유량변화 경향을 보이고 있다. 그러나 회전식으로 유속을 측정하는 ADVM 방식의 경우 저유속에서 측정되는 유량의 변화가 불안정하고 배수갑문 개방에 따른 유량증가시에 측정된 결과가 실측치에 비해 과소 산정되는 문제가 발생하였으며, 2008년 6월과 7월에 발생한 호우사상의 침투유량 발생 시에도 유량이 과소 산정되는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 H-ADCP로 측정된 셀별 유속분포를 각 회전각도별로 분석하여 흐름이 안정적으로 발생하는 하천 중앙부 방향으로 고정하여 측정하는 고정식으로 전환하였으며, 고정식 운영기간 동안 측정된 유량값이 안정되고 정확도가 개선되었다.

* 정회원 · 유량조사사업단 연구개발실 연구원 · E-mail : chosanguk@kict.re.kr
** 정회원 · 유량조사사업단 연구개발실 연구원 · E-mail : solangi3142@kict.re.kr
*** 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 연구원 · E-mail : hhy2453@kict.re.kr
**** 정회원 · 유량조사사업단 연구개발실 선임연구원 · E-mail : cy_kim@kict.re.kr

본 연구에서 ADVM 방식으로 측정된 유량자료를 검토하기 위하여 2008년 자동유량측정시설 구축 및 운영(한강홍수통제소, 2008)에 나타나 있는 유량자료를 이용하였다. 또한 산출된 결과를 검증하기 위하여 보트를 이용한 이동식 ADCP법으로 유량을 측정하였으며, 금강하구언 방류일지(금강사업단, 2008)을 이용하여 특정기간동안의 규암지점 유출총량을 비교 검증하였다. 비교검증 기간은 자동유량측정시설 운영기간 중 고정식으로 전환한 2008년 8월 이후 자료를 바탕으로 실시하였다.

2. 자동유량측정시설 구축 및 운영

2.1 설치 현황

규암 자동유량측정시설은 충청남도 부여군 규암면 구백제교에 위치하며, 그림 1은 규암 지점 자동유량측정시설의 위치도이다. 규암 지점은 금강하구언 배수영향을 받는 지점으로 기존 방법에 의한 유량측정이 어렵고 평·저수위 구간의 적절한 수위-유량관계를 개발하기 어려워 2007년도 12월에 자동유량측정시설이 설치된 지점이다.

규암 지점에 설치된 자동유량측정시설은 ADVM 방식이며, 두 대의 ADVM 센서가 그림 2와 같이 P3 및 P6 교각에 하류방향에 설치되어 있으며, 앞서 서론에서 언급한바와 같이 2008년도 안정화 기간 동안 측정각도에 대한 각도별 분석을 통해 흐름이 안정적으로 발생하는 하천 중앙부 방향으로 고정하여 2008년 8월부터 고정식으로 운영되고 있다.



그림 1 규암 지점 위치도



그림 2 규암 지점 측정각도

2.2 운영 현황

규암 지점은 2008년 1월부터 12월까지 10분 간격(144회/일)으로 1년간 총 47,434회 측정이 이루어졌으며, 10.0%의 결측으로 90.0%의 운영률을 나타냈다. 주요 결측 원인으로는 통신시스템의 CDMA 문제로 인한 데이터의 전송문제를 들 수 있으며, 그 밖에 2008년 11월 5일부터 11일까지 센서수중케이블 이상으로 결측이 발생하였다. 아래 그림 3은 규암 지점 자동유량측정시설의 2008년도 운영성적을 일유량으로 산정하여 도시한 것이다.

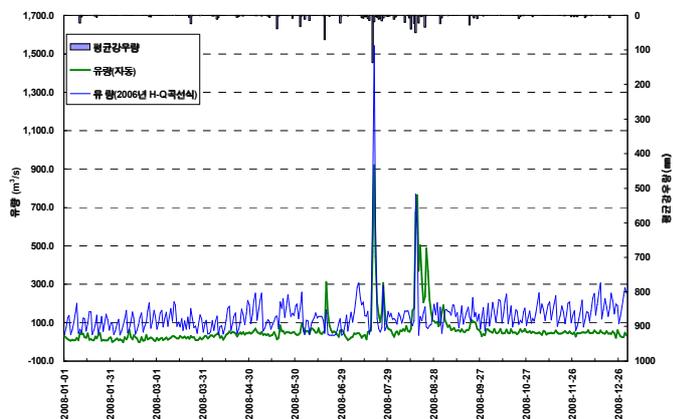


그림 3 규암 지점 2008년도 유량측정성과

3. 자동유량측정시설 운영성과

3.1 저·평수시 운영성과

규암 지점의 저·평수시 운영성과는 2008년 9월의 유량측정성과로 그림 4와 같다. 그림에서와 같이 금강 하구언의 배수 영향으로 기존의 수위-유량관계곡선식이 유량변화를 표현하지 못하는 반면, 자동유량측정시설에서 측정된 유량은 방류에 따른 유량의 증가와 감소를 정확히 측정하였다. 또한 그림 5는 방류영향 시 유량 변화의 모습을 확대한 것으로 기존 수위-유량관계곡선식의 유량과 자동유량과의 유량차이가 매우 큰 것으로 나타났으며, 유량의 차이를 유출량으로 비교한 결과 2009년 9월 규암 지점의 유출량으로는 수위-유량관계곡선식에서 산정된 유출량이 359,286,486m³, 자동유량의 유출량이 199,309,140m³로 상대적으로 수위-유량관계곡선식에서 산정된 유출량이 과대 산정되어 자동유량측정시설의 성과에 대한 신뢰도가 매우 높음을 확인할 수 있었다.

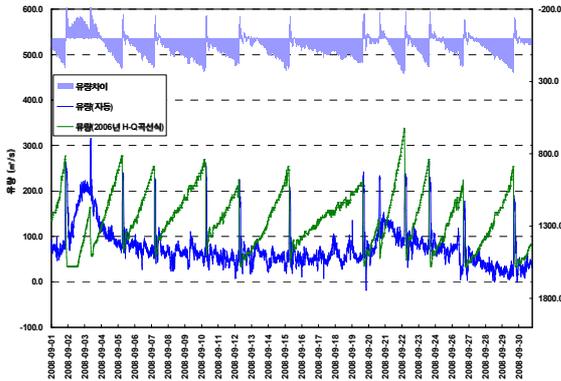


그림 4 규암 지점 저·평수시 운영성과

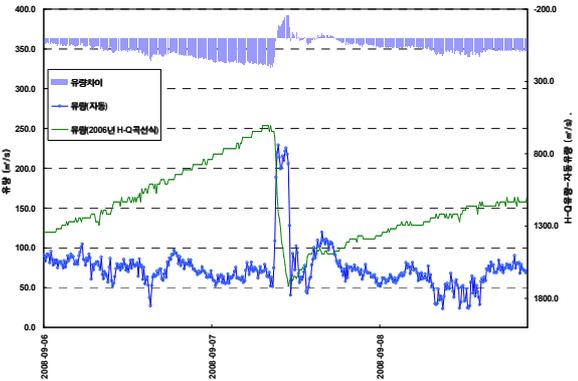


그림 5 방류영향 시 유량변화 모습

3.2 홍수시 운영성과

규암 지점의 홍수시 운영성과는 2008년 8월의 유량측정성과로 그림 6과 같다. 그림에서와 같이 2008년 8월 15일과 16일에 내린 강우량은 73.1mm로 매우 크게 발생하였으며, 수위-유량관계곡선식의 첨두유량은 1217.3m³/s, 자동유량의 첨두유량은 1285.5m³/s로 그 발생시간도 30분 차이로 매우 비슷한 결과를 나타냈다. 하지만 그림 7과 같이 1.65m 이상의 고수위에서 수위-유량곡선식을 이용한 유량과 자동유량의 결과로 수위와 유량을 비교한 결과, 수위-유량관계곡선식은 나타내지 못하는 루프(loop)형태를 자동유량에서는 잘 나타내어 자연하천에서 홍수시 발생하는 유량변화 현상을 잘 측정하고 있음을 확인하였다.

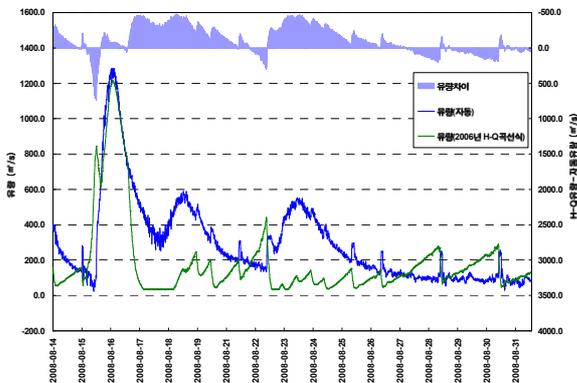


그림 6 규암 지점 홍수시 운영성과

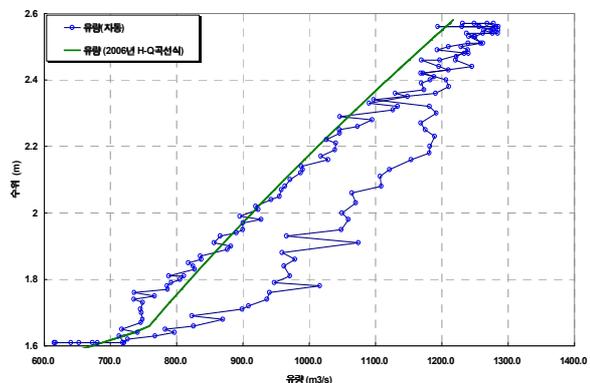


그림 7 선형 수위-유량관계와 환형(loop)

또한 2008년 8월 19일과 23일에는 수위변화와 상관없이 유량이 크게 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은

8월 18일과 22일에 발생한 강우와 금강하구언의 방류가 동시에 이루어져 발생한 유량변화로 판단된다. 2008년 8월 18일과 22일 자동유량측정시설 최대유량은 588.6m³/s, 552.6m³/s까지 상승한데 반해 수위-유량관계곡선 최대유량은 일반적인 수위상승에 대한 유량변화로 231.7m³/s, 123.8m³/s였다. 이는 강우발생시 금강하구언의 방류로 수위는 낮지만 유속이 크게 증가해 발생하는 것으로 방류영향 지역의 유량변화 특성을 잘 나타내고 있다.

4. 운영성과 분석 및 검증

4.1 검증자료와 비교분석

규암 지점의 유량측정성과의 검증을 위해 2008년 8월 14일부터 12월까지 총 67회의 검증자료와 비교하였다. 검증자료는 보트를 이용한 V-ADCP로 유량을 측정하였으며, 그 결과 최대오차 18.4%, 최소오차 0.1%, 평균오차 7.2%로 나타났다. 그림 8은 11월 4일부터 5일까지의 검증측정결과와 자동유량결과를 비교한 그림으로 배수영향 시 자동유량 측정성결과가 검증자료와 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다. 또한 그림 9에서는 67회 측정된 검증유량과 동시간대 자동유량의 상관관계를 나타낸 것으로 상관계수(R²) 0.98로 규암 지점의 자동유량측정시설의 운영성과를 신뢰할 수 있다고 판단된다.

표 1 규암 지점 검증자료와 비교분석

기간	검증자료(회)	최대오차(%)	최소오차(%)	평균오차(%)	상관계수(R ²)
2008.8.14 ~ 12.31	67	18.4	0.1	7.2	0.98

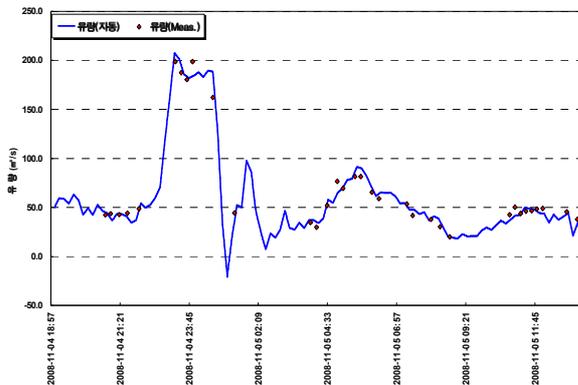


그림 8 검증자료와 유량비교

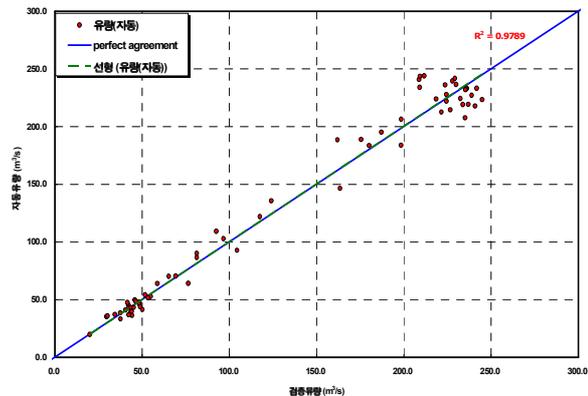


그림 9 검증유량과 자동유량의 분포도

4.2 금강하구언 방류량과 비교분석

규암 지점에서 유출되는 유량은 금강하구언에 저류되었다가 일정수위가 되면 방류하여 서해로 나가게 된다. 이와 같은 지점특성을 고려하여 유량측정성과의 검증을 위해 금강하구언의 배수갑문 방류량과 규암 지점의 유출량을 비교분석하였다. 대상기간은 배수갑문 방류량과의 비교는 상류의 대청조정지댐 방류량이 일정하며, 강우가 없는 특정기간을 선정하여, 2008년 8월 28일 규암 지점 수위 1.22m에서 방류를 개시하였다가 수문폐쇄 후 수위가 상승되어 같은 수위인 1.22m에 도달했을 때의 규암 지점 유출량을 배수갑문 방류량과 비교하였다. 이 기간 동안 금강하구언에 저류된 규암 지점의 유출량에 규암 지점과 금강하구언 사이 15개 취수장에서 8월 29일과 30일 사용된 취수용량의 회귀율 35%를 적용한 용량을 고려하여 총 유출량을 산정하였다.

분석결과, 이 기간 동안 금강하구언의 방류량은 12,432,000m³이었으며, 규암 지점의 총 유출량은 12,030,916m³로 3.2%의 오차가 발생하여 유출량 비교검증에서도 자동유량측정시설 운영성과를 신뢰할 수 있음을 잘 보여주고 있다.

표 2 규암 지점 유출량과 금강하구언 방류량 비교

수위기준	항목	유출량(m ³)	2008년 8월 28일 방류량(m ³)	오차
ADVM 수위	H-Q 유량	19,869,088	12,432,000	59.8 %
	자동 유량	12,030,916	12,432,000	3.2 %

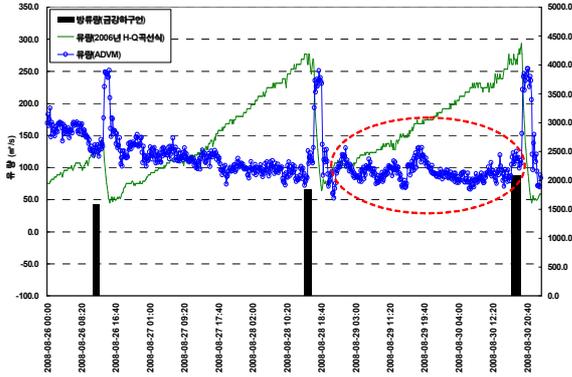


그림 10 금강하구언 방류량과 유출량 비교

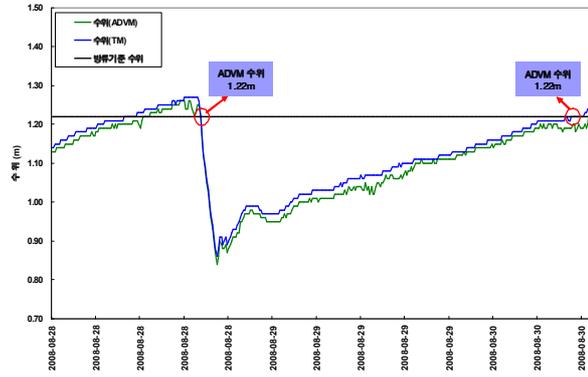


그림 3.11 금강하구언 방류수위 기준

5. 결론

기존 유량측정 방법으로 유량변화의 검증이 불가능했던 배수영향을 받는 규암 지점 유량측정성가에 대해 검토한 결과, 기존 수위-유량관계곡선식으로 나타내지 못했던 배수영향 지역에서의 유량변화 및 유출특성을 잘 반영하고 있음을 확인하였다.

저·평수시 보트를 이용한 V-ADCP 측정결과와 자동유량 측정결과와의 평균오차는 7.2%로 나타났으며, 금강하구언의 방류량과 규암 지점의 유출량을 비교한 결과 수위-유량관계곡선식에서 산정된 유출량은 59.8%에 비해 자동유량의 유출량은 3.2%로 실제 유출에 가까운 결과를 보였다. 또한 홍수시 유량의 증감이 loop형태를 나타냄으로 자연하천에서 발생하는 유량변화 현상을 잘 나타내고 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한강홍수통제소에서 유량조사사업단에 위탁 시행한 자동유량측정시설 구축 및 운영(2007~2008년)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 유량조사사업단 (2008). 금강수계 유량측정조사 보고서
2. 한강홍수통제소 (2007~2008). 자동유량측정시설 구축 및 운영 보고서
3. 김창완, 이민호, 정상화, 민인홍 (2004). 초음파 유량계를 이용한 실시간 하천유량측정, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, CD.
4. 이찬주, 서일원, 김창완, 김원 (2007). Chiu가 제안한 2차원 유속분포식의 자연하천 적용성 분석, 한국수자원학회논문집, 수자원학회, 제40권, 제12호, pp.957-968.
5. 김창완, 이민호, 유동훈, 정성원 (2008). 자연하천에서 Chiu의 유속분포와 최대유속 추정을 이용한 유량산정, 한국수자원학회논문집, 수자원학회, 제41권, 제6호, pp.575-585.