

실시간 자동측정유량의 검증 연구

Verification Study on Real-time Automated Discharge Measurement

노영신*, 김대영**, 박현근***, 정성원****

Youngsin Roh, Dae Young Kim, Hyun Geun Park, Sung Won Jung

요 지

본 연구에서는 도플러 방식 초음파유속계(ADVM, Acoustic Doppler Velocity Meter) 및 이동시간차방식 초음파유속계(UVM, Ultrasonic Velocity Meter)의 유량자료 검증을 위해 두 가지 방식이 적용된 한강대교와 여주대교의 2007년 운영성과를 검토하고 측정된 결과분석을 통해 자동유량측정시설의 유량측정자료를 검증하였다. 측정된 유량의 검증을 위해 평·저수시 유속계 측정 및 이동 ADCP법에 의한 연속 유량측정결과와 비교하였으며, 또한 봉부자를 이용한 측정결과와의 비교를 통해 홍수시 측정결과를 검토하였다. 또한 댐방류량, 하수처리장 방류량, 각종 취수량을 이용한 물수지 분석을 통해 자동유량측정에 의해 산정된 유출량과 비교하였다.

ADVM 방식이 적용된 한강대교의 조위영향에 따른 수위변화를 고려하여 한 주기에 대한 측정을 수행하여 이를 비교한 결과, 흐름이 정체되는 일부구간의 측정결과를 제외하면 대부분 상대오차가 10% 내외가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 월별 물수지 분석을 수행한 결과, 설치초기 시스템 안정화작업으로 인해 결측이 많이 발생한 3~4월을 제외하면 10%내외의 오차가 발생하였으며, 홍수기인 6~7월 사이에는 1.9~5.5%의 상대오차를 보여 자동유량측정시설의 측정결과가 매우 양호한 것으로 나타났다.

여주대교의 UVM 방식의 경우 측정장비의 안정화가 이루어진 5월부터 9월까지의 측정결과는 수위유량관계곡선으로 산정된 유량과 비교하였을 때 10%내외의 상대오차를 보인 것으로 나타났다. 아울러 월별 물수지 분석결과에서도 결측이 많이 발생한 5월의 23.7%의 오차를 제외하면, 5~10%내외의 오차를 보인 것으로 나타났으며 홍수기인 6~8월의 경우 5%이내의 오차가 발생한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 자동유량측정시설, ADVM, UVM, 유출량

1. 서론

수위, 우량, 유량 등의 기초적인 수문자료는 하천운영, 용수공급, 이·치수 관련 계획은 물론 국토개발, 토지이용계획 수립 등 국가의 각종 수자원계획을 수립하는데 중요한 자료로써, 효율적인 수자원관리를 위해서는 무엇보다 신뢰성 있는 수문자료를 지속적으로 확보하는 것이 중요하다. 특히 하천의 수위 및 유량자료는 물 수지분석 및 하천의 수리·수문학적 해석에 있어서 가장 기본이 되는 자료이기 때문에 정확한 측정을 통한 신뢰성 있는 자료의 확보가 필요하다. 또한, 최근

* 정희원 · 유량조사사업단 연구개발실 · E-mail : rohys@kict.re.kr
** 정희원 · 유량조사사업단 연구개발실 · E-mail : solangi3142@kict.re.kr
*** 정희원 · 유량조사사업단 연구개발실 · E-mail : gusroot@kict.re.kr
**** 정희원 · 유량조사사업단 단장 · E-mail : swjung@kict.re.kr

이상기후로 인해 가뭄과 홍수피해가 빈번하게 발생하고 그 피해규모도 크게 확대되고 있는 실정이며, 수질악화와 같은 환경문제가 날로 심각해지고 있어 수문조사 선진화를 통한 효율적인 물관리가 시급한 실정이다.

이에 따라 최근 수문조사, 특히 유량측정 분야는 측정결과의 정확도와 측정의 효율성을 향상시키기 위한 유량측정기술 개발연구가 활발하게 진행 중에 있으며, 실시간 무선통신 및 자료처리 기술을 활용한 실시간 측정기법의 적용사례가 증가하는 추세이다. 또한 건교부에서는 낙후된 수문조사의 개선을 위해 2005년 6월 '수문조사선진화5개년계획(건설교통부, 2005)'을 수립하고 「물정보관리조직의 전문화」, 「선진형 수문정보 인프라 확충」, 「실시간 물관리시스템 구축」, 「수문조사기술의 첨단화를 위한 연구추진」 등 4대 분야를 중점 추진과제로 선정하여 추진하고 있다.

이러한 중점 추진과제 중 「선진형 수문정보 인프라 확충」은 하천의 주요지점의 수위 및 유량자료의 실시간 제공 및 수문조사 체계의 자동화를 목적으로 추진되는 과제로, 유량 및 유사량, 토양수분량 등의 측정장비 등을 첨단화하고 원격자동유량측정시설 및 초음파 유량계 설치를 통해 인력과다소요, 기상여건에 따른 측정한계, 과도한 측정시간 및 조사방법의 비표준화, 실시간 자료 획득 불가능 문제 등 종래의 유량측정방법의 문제점을 개선하는데 중점을 두고 있다

본 연구에서는 초음파의 특성을 이용한 ADVM과 UVM 방식의 자동유량측정성과 검증을 위해 ADVM 방식이 적용된 한강대교와 UVM 방식이 적용된 여주대교 지점 자동유량측정시설의 2007년 운영성과를 검토하고 실측치와의 비교, 유출량 분석을 통해 자동유량측정시설 유량측정성과를 검토하였다.

2. 자동유량측정시설의 개요

자동유량측정시설에 이용된 초음파유속계는 흐르는 유체 중에서의 초음파의 변화특성을 이용하여 유속을 측정하는데, 이는 크게 UVM과 ADVM으로 구분할 수 있으며 유속을 측정하는 방식의 차이에서 구분 된다. UVM은 마주보는 수·발신 초음파변환기(T/T, Transit-Time) 2개가 1회선을 구성되는 반면에 ADVM은 센서내부에 2개의 초음파변환기가 장착되어 1대의 유속계를 구성한다.

ADVM 방식의 경우에는 고정주파수의 음파를 송신하고 수중의 음파산란물체에 반사되어 되돌아오는 반향음의 차이로 발생하는 도플러변이 효과를 이용하여 유속을 측정하는데, 이러한 도플러 변이는 열차에서 발생하는 음원의 주파수가 접근할 때는 증가하고 멀어질 때는 감소하는 변화가 발생하는 것으로 설명할 수 있다. 이와는 달리 UVM 방식은 유체의 흐름과 일정한 각을 유지하도록 수로 양쪽에 센서를 설치하고 유체 흐름 방향과 역방향으로 각각 초음파를 발사하여 유속을 측정하게 된다. 발사된 초음파는 유체 흐름 방향일 때가 역방향일 때보다 이동시간이 짧아지는데, 이러한 초음파의 이동 시간차는 유체의 유속에 비례하므로, 이러한 원리를 이용하여 평균 유속을 산정하게 된다.

한강대교에 설치된 ADVM 방식의 자동유량측정시설은 노들섬으로 인해 수로가 남단과 북단으로 분리되기 때문에 두 대의 ADVM 시스템이 양안의 수로에 설치되어있다.

여주대교에 설치된 UVM 방식은 초음파를 송수신하여 유속을 측정하는 T/T센서 2개가 1회선을 구성하는데, 여주대교 지점은 하폭이 넓고 수심이 깊기 때문에 교각을 이용하여 저수위, 중수위, 고수위를 측정할 수 있도록 모두 16개의 회선을 구성하였다.

3. 지점별 자동유량측정시설 운영현황

표 1은 한강대교와 여주대교 자동유량측정시설의 2007년 운영현황을 나타낸 것으로 매 10분 간격으로 유량을 측정하며, 144회/일의 측정이 이루어진다. 2007년의 경우 동절기를 제외하고 여주대교와 한강대교는 2~3월부터 측정이 개시되었다.

여주대교는 4월에 UVM 8회선을 추가 설치하기 위하여 중계기를 철수하여 측정을 실시하지 못한 것을 제외하면 비교적 안정적인 측정이 이루어졌다., 총 45,882회의 측정이 이루어졌으며, 결측률은 9.7%가 발생하였다.

한강대교는 3월~4월 초기 시스템 상의 초기설정 문제로 인해 결측이 발생한 것을 제외하면 비교적 안정적인 측정이 이루어졌다. 총 34,130회의 측정이 이루어졌으며, 결측률은 20.2%가 발생하였다.

표 1. 지점별 자동유량측정시설 운영현황

지 점	측정회수 (회/일)	운영기간	측정성과(회)	결측률(%)	비 고
여주대교	144	2007/02/14 ~ 2007/12/31	45,882	9.7	
한강대교	144	2007/03/10 ~ 2007/12/31	34,130	20.2	

그림 1~그림 4는 한강대교와 여주대교의 평저수기 및 홍수시 측정성과를 나타낸 것이다. 한강대교의 경우 조위변화에 따른 주기적인 유량변화가 안정적으로 측정되고 있으며, 홍수기에도 안정적으로 측정이 이루어졌다. 여주대교의 경우 충주조절지댐 방류량 변화에 따라 유량변화가 발생하는 것을 알 수 있으며, 수위 상승 및 하강에서의 루프현상을 잘 나타나고 있다.

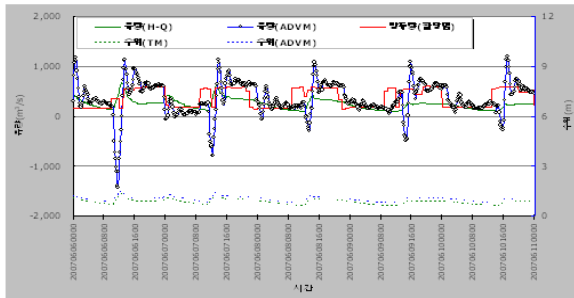


그림 1 한강대교 평저수시 측정성과

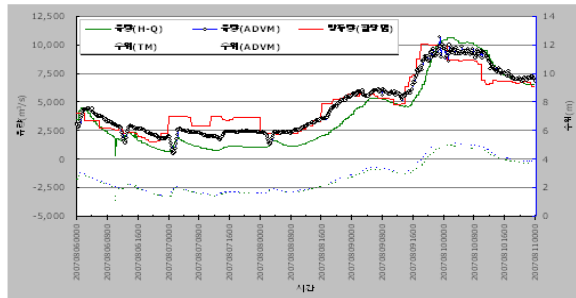


그림 2 한강대교 홍수시 측정성과

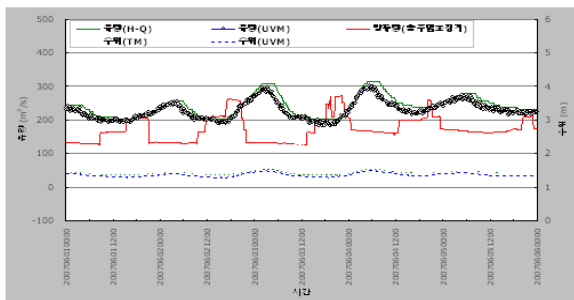


그림 3 여주대교 평저수시 측정성과

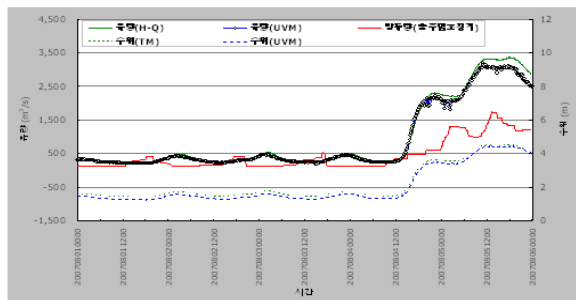


그림 4 여주대교 평저수시 측정성과

4. 자동유량측정시설 측정성과 검증

4.1 실측치와의 비교

4.1.1 한강대교

자동유량측정시설의 유량측정성적을 검증하기 위해 유속계, 부자 및 이동 ADCP법을 이용한 유량측정을 수행하여 동일시간대의 자동유량측정결과와 비교하였다. 한강대교 지점은 조위영향을 받는 지점이기 때문에 조위영향에 따라 대조와 소조시의 수위변화 주기를 파악하여 다양한 조건 하에서 측정을 수행하고 이를 비교하였다.

그림 5와 그림 6은 한강대교 자동유량측정결과를 ADCP법 및 봉부자 측정결과와 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 자동유량측정결과와 실측을 통해 측정된 유량과 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다. 유속계 측정치와의 평균오차는 10%내외이나 측정시간이 2~3시간이 소요되었기 때문에 직접적인 비교는 어려울 것으로 판단된다. 이동ADCP법과의 평균오차는 12%로 나타났으며, 만조와 간조가 교차하는 구간의 측정치와의 오차가 비교적 크게 발생하였다. 이구간의 측정치를 제외하면 평균오차는 8%인 것으로 나타났다. 봉부자 측정은 총 7회가 수행되었는데, 평균오차는 5.6% 이내로 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다.

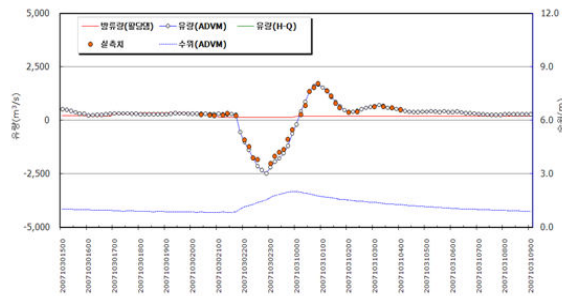


그림 5 한강대교 ADCP 측정결과와 비교

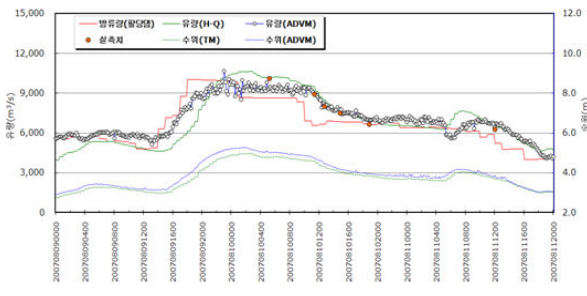


그림 6 한강대교 봉부자 측정결과와 비교

4.2.2 여주대교

여주대교의 경우 유량측정은 총 33회 이루어졌으며, 이 중 유속계 측정은 18회, 봉부자 측정은 13회, 그리고 ADCP는 총 9회를 수행하였다. 그림 7과 그림8은 측정성적을 자동유량측정성과 비교한 것으로, 유속계 측정결과와의 평균오차는 9.8%이며, 이동 ADCP 법과의 평균오차는 7.3%인 것으로 나타났다. 봉부자 측정결과와의 평균오차는 23.9%로 비교적 크게 발생하였는데, 이는 여주대교에 설치된 UVM 센서 중 고수위측정을 위해 수위기준으로 4m 위치에 설치된 일부 센서에 이상이 발생하여 측정이 이루어지 않아 유량이 작게 측정되었기 때문이다.

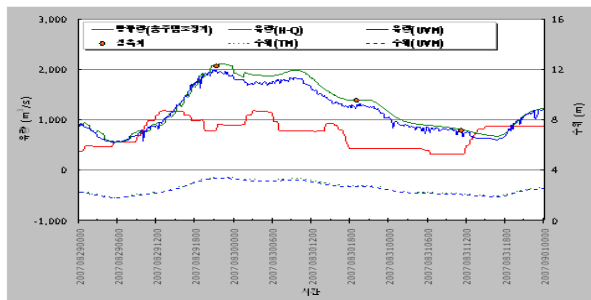


그림 7 여주대교유속계 측정결과와 비교

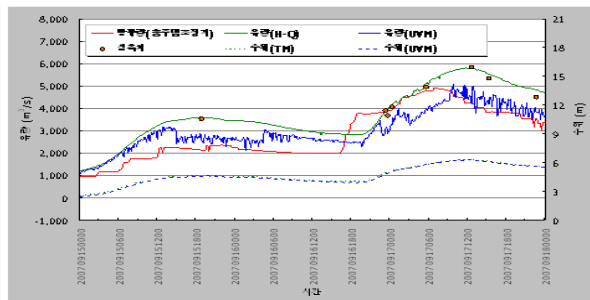


그림 8 여주대교봉부자 측정결과와 비교

4.2 유출량 산정 및 물수지 분석

물수지분석은 10분 간격의 자동유량측정결과로부터 일총유출유량을 산정하고, 그 결과를 댐 방류량 및 대상구간의 취수, 방류 자료, 주요 지천의 유입유량 및 취수방류에 대한 10분 간격 자료로부터 일총유출유량과 비교하였다.

그림 9는 한강대교 자동유량측정시설의 월별 유출량과 물수지 분석결과를 나타낸 것으로 2007년의 한강대교 자동유량측정시설 운영 기간인 3월~12월에 대한 분석을 수행하였다. 분석결과, 비교적 큰 결측이 발생한 3~5월 및 12월을 제외하면 5% 내외의 오차를 보이는 것으로 나타났다. 특히 유출량이 큰 홍수기인 7~9월에도 평균 5% 내외의 오차를 보이는 것으로 나타나 한강대교 자동유량측정시설은 비교적 안정적으로 측정이 이루어지는 것으로 판단된다.

그림 10은 물수지 분석결과를 나타낸 것으로, 4월~6월의 분석결과는 물수지 분석결과와 9.6%~25.1%의 오차가 발생하였는데, 이는 이 기간 동안 UVM 센서의 조정 및 위치수정으로 인하여 측정이 원활하게 이루어지지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 반면 7월부터 9월까지의 측정 결과는 모두 5%이내의 오차를 보여 이 기간 내의 측정이 안정적으로 이루어졌음을 확인 할 수 있다.

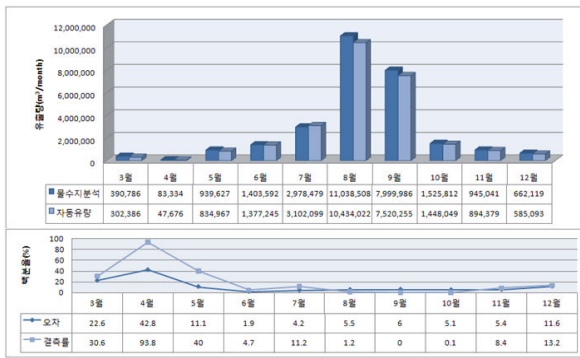


그림 9. 한강대교 물수지분석 결과

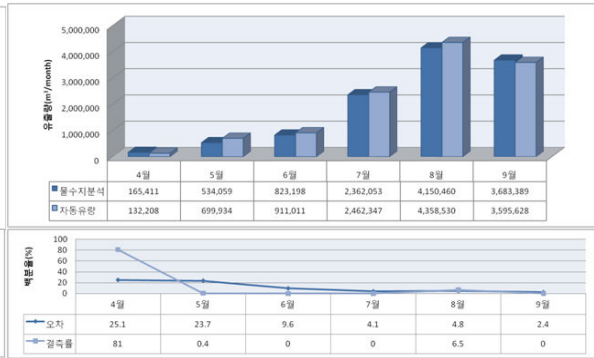


그림 10. 여주대교 물수지 분석 결과

5. 결론

본 연구에서는 유량조사의 효율성 증대 및 선진화를 목적으로 설치된 자동유량측정시설의 현황을 파악하고 각 방식에 대한 측정자료 검증에 위해 한강대교와 여주대교의 ADVM 및 UVM 방식 자동유량측정시설의 유량측정결과를 기존 실측결과와 비교, 유출량 산정을 통한 물수지 분석을 수행하였다.

한강대교 및 여주대교 자동유량측정시설로부터 측정된 유량자료에 대한 검증결과, 다양한 방법의 실측치와의 상대적인 오차는, 정상적인 측정이 이루어진 경우에 10% 내외로 양호한 수준인 것으로 나타났다. 또한 자동유량측정시설의 측정된 유출량과 물수지 분석을 수행한 결과, 안정적인 측정이 이루어진 기간 내에서는 5% 내외의 양호한 오차를 보여 안정된 유량측정이 이루어지는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2005). 수문조사선진화5개년계획. 건설교통부장관 방침결정