

자동유량측정시설의 구축 및 운영을 통한 수문조사 선진화



노영신 ▶▶

유량조사사업단 연구개발실 그룹장
rohys@kict.re.kr



김치영 ▶▶

유량조사사업단 연구개발실 실장
cy_kim@kict.re.kr



차준호 ▶▶

한강홍수통제소 하천정보센터 시설연구사
jhcha@mltm.go.kr

1. 서론

자동유량측정시설은 효율적인 수자원관리를 위한 가장 기초적인 수문자료인 유량자료를 연속적으로 확보하기 위해 운영되는 실시간-무인 측정시설이다. 자동 유량측정을 통해서 측정시간을 단축하고, 무인측정을 통해 측정 효율성을 증대시킬 수 있으며, 유량측정 자료의 실시간 확보로 기존 수위-유량관계곡선법의 한계를 해결함으로써 하천 유출량의 정확한 산정이 가능하다. 또한 기존의 측정방법으로는 정확하게 측정하기 어려웠던 배수영향이나 조위영향을 받는 지점의 유량을 정확히 측정할 수 있기 때문에 기존의 측정방법의 한계를 해결할 수 있다. 이와 같이 유량측정자료의 품질개선이 이루어지고 수위-유량관계곡선식을 활용

한 기존 홍수예보체계를 자동유량측정시설의 실시간 측정자료를 활용하여 개선한다면 홍수예보의 정확도 또한 향상될 것으로 기대된다.

미국, 일본, 독일, 중국 등에서는 1990년대부터 이미 감조하천이나 규모가 큰 대하천에 자동유량측정시설의 실시간 운영과 무인화 측정을 통해 이러한 문제를 해결하는데 주력하고 있으며, 관련기술에 대한 기술개발이 상당 부분 이루어지고 있다.

우리나라에서도 최근 수문조사, 특히 유량측정 분야에서 측정결과의 정확도와 측정 효율성을 향상시키기 위한 유량측정기술 개발연구가 활발하게 진행되고 있으며, 실시간 무선통신과 자료처리 기술을 활용한 실시간 측정기법을 적용하는 사례가 증가하는 추세이다. 또한 건교부에서는 낙후된 수문조사의 개선을 위해 2005년 6월 '수문조사선진화5개년계획(건설교통부, 2005)'을 수립하고 「물정보관리조직의 전문화」, 「선진형 수문정보 인프라 확충」, 「실시간 물관리시스템 구축」, 「수문조사 기술의 첨단화를 위한 연구촉진」 등 4대 분야를 중점 추진과제로 선정하여 추진하고 있다.

위의 중점 추진과제 중 「선진형 수문정보 인프라 확충」은 하천의 주요지점의 수위와 유량자료의 실시간 제공과 수문조사 체계의 자동화를 목적으로 추진되는 과제로, 유량 및 유사량, 토양수분량 등의 측정장비 등을 첨단화하고 원격자동유량측정시설 및 초음파 유량계 설치를 통해 인력 과다소요, 기상여건에 따른 측정 한계, 과도한 측정시간 및 조사방법의 비표준화, 실시간 자료획득 불가능 문제 등 종래의 유량측정방법의 문제점과 한계를 개선하는데 중점을 두고 있다.

이러한 수문조사선진화5개년계획의 일환으로 2001~2005년 '한강유역 수자원 시험장비의 설치 및 운영(건설교통부, 2006)'의 5단계 사업을 통해 여주대교,

한강대교에 이동시간차방식 초음파유속계 및 도플러 방식 초음파유속계와 같은 자동유량측정시설이 설치 및 운영 중에 있다. 또한 2006년 ‘초음파 유량계설치(건설교통부, 2007)’와 ‘원격자동유량측정시설설치(건설교통부, 2007)’ 사업을 통해 중랑교, 통일대교 지점에, ‘고령교 일원 원격유량측정시설 설치(건설교통부, 2006)’을 통해 낙동강 수계인 고령교 지점에 자동유량측정시설이 설치되었으며, ‘2007년 자동유량측정시설 구축 및 운영’ 사업을 통해 안성천의 팽성 지점, 임진강의 적성 지점, 금강의 규암 지점에 자동유량측정시설이 새로이 추가되었다.

본 고에서는 수문조사선진화 사업의 일환으로 현재 운영되고 있는 자동유량측정시설의 구축 및 운영 현황을 제시하고, 자동유량측정시설의 효율적인 운영을 위해 앞으로 해결해야 할 문제점과 중장기적인 관점에서의 향후 사업추진계획 등을 살펴보고자 한다.

2. 자동유량측정시설의 원리

현재 하천의 유량측정을 위해 국내외에서 설치, 운영되고 있는 자동유량측정시설은 대부분 초음파유속계를 이용한 실시간 하천유량측정시스템이다. 초음파유속계는 흐르는 유체 내에서 초음파의 변화특성을 이용하여 유속을 측정하는데, 이는 유속을 측정하는 방식에 따라 크게 도플러방식 초음파유속계(ADVM, Acoustic Doppler Velocity Meter)와 이동시간차방식 초음파유속계(UVM, Ultrasonic Velocity Meter)로 구분할 수 있다. ADVM은 H-ADCP(Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용한 유량측정방식으로 흐름 내에서 초음파의 도플러 변이를 이용한 유속측정방식이며, UVM은 마주보는 2개의 초음파변환기(T/T, Transit Time)를 이용하여 흐름방향과 흐름의 역방향에 대한 초음파의 이동시간차를 이용하여 유속을 측정하는 방식이다. 각 방식의 측정원리는 다음과 같다.

2.1 ADVM 방식 자동유량측정시설의 측정원리

ADVM은 유속을 측정하기 위해 수중에서 고정된 주파수의 음파를 송신하고 음파 산란체로부터 되돌아오는 반향음(sound echo)에 대한 도플러 효과를 이용한다. 이러한 음파 산란체는 음파를 ADVM 쪽으로 반사시키는 소형 입자로 부유사 또는 플랑크톤 등이 될 수 있다. 물속 어디에나 존재하는 이러한 음파 산란체는 물에 떠다니며 평균적으로 물과 같은 속도로 이동하게 된다. ADVM에 사용되는 H-ADCP 센서는 송신된 음파와 반향음 간의 도플러 주파수 변이를 이용하여 이러한 입자들의 이동속도를 계산함으로써 유속을 산정할 수 있다.

ADVM은 그림 1에서 보는 바와 같이 수신되는 시간차를 계산하여 1회 관측시 평균유속이 아닌 일정간격으로 최대 128개 셀의 유속자료를 얻을 수 있으며, 회전 장치를 이용하여 H-ADCP를 회전시켜 측정할 경우 단면 내의 측정범위가 증가하여 정도 높은 유속자료를 얻을 수 있다.

2.2 UVM 방식 자동유량측정시설의 측정원리

UVM 방식은 그림 2에서 보는 바와 같이 유체의

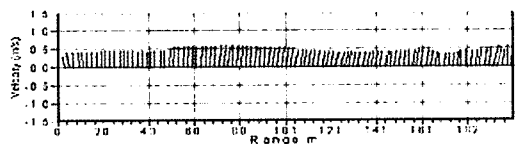
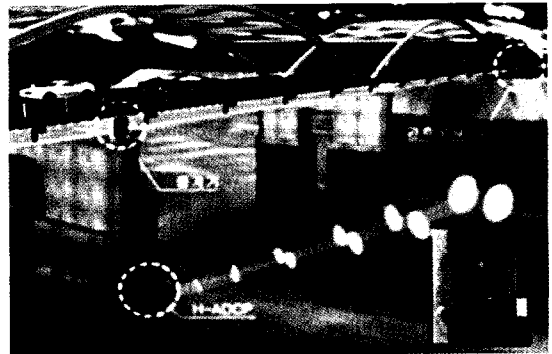


그림 1. ADVM의 유속측정원리

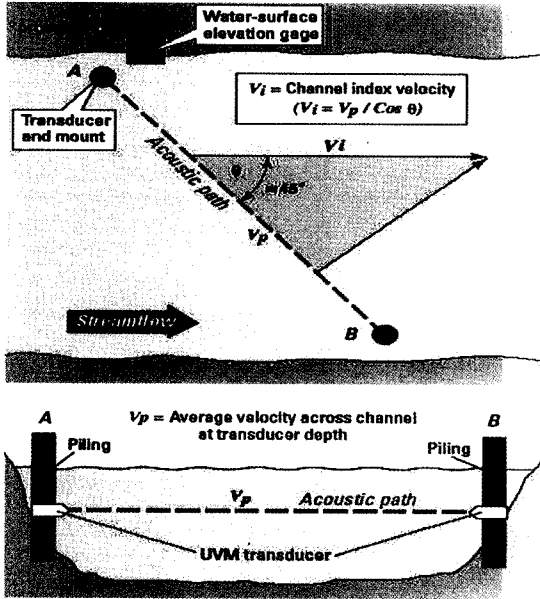


그림 2. UVM의 유속측정 원리

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 비례한다는 원리를 이용하여 평균유속을 산정하게 된다. UVM 방식은 센서의 초음파 경로의 평균 유속을 측정하기 때문에 전단면에 대한 정확한 평균 유속을 측정하기 위해서는 수위변화에 따른 단면변화를 고려하여 2~3개의 경로를 구성하여 설치할 필요가 있다.

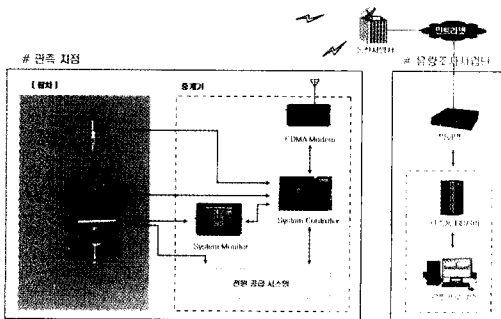


그림 3. ADVM 시스템의 구성

3. 자동유량측정시설의 시스템구성

3.1 ADVM 방식

ADVM 방식의 자동유량측정시설은 그림 3에서 보는 바와 같이 관측지점의 현장설비와 운영시스템으로 구분된다. 현장설비는 측정부와 중계기로 구성되는데, 측정부는 H-ADCP 센서와 수압계, H-ADCP 센서를 일정한 각도로 회전시키는 수중모터로 구성되며 이러한 측정부는 활차에 부착되어 레일을 따라 이동하도록 설치한다. 중계기는 센서를 제어하는 메인 컨트롤러와 컨트롤러 패널 그리고 측정된 데이터를 전송하는 전송장비(CDMA Modem)로 구성된다. 여기에 각 시스템에 전원을 공급하는 전원공급장치가 추가된다.

3.2 UVM 방식

UVM 방식의 자동유량측정시설은 그림 4에서 보는 바와 같이 센서부와 제어부, 통신부 그리고 전원 공급장치로 구성된다. UVM의 T/T센서는 초음파를 송수신하여 유속을 측정하며 1회선이 2개의 센서로 구성된다. 제어부는 센서를 제어하는 센서컨트롤러와 데이터의 저장 및 전송을 담당하는 메인 컨트롤러로 구성된다. 통신부는 측정된 데이터를 전송하는 전송 장비로 HSDPA(WCDMA) 모뎀, 라우터 등으로 구성된다.

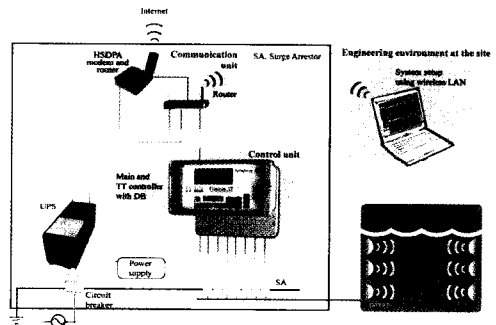


그림 4. UVM 시스템 구성도

4. 지점별 자동유량측정시설 설치 및 운영현황

4.2 자동유량측정시설 2007년 운영성과

4.1 자동유량측정시설 설치현황

현재까지 설치된 자동유량측정시설은 총 7개 지점에 설치되어 있다. 언급했던 바와 같이 2004년에 설치된 여주대교, 2005년에 설치된 한강대교, 2006년 통일대교, 중랑교 지점 그리고 고령교 지점이 있으며, 2007년에 설치된 팽성 지점, 적성 지점, 규암 지점 등이 있다. 적용방식 별로는 한강대교, 통일대교, 고령교, 팽성, 규암 지점은 ADVM 방식으로 설치되었으며, 여주대교, 적성 지점은 UVM 방식이 설치되었다. 중랑교 지점의 경우에는 ADVM 방식과 UVM 방식이 모두 설치되었다. 각 지점별 설치현황은 표 1과 같다.

자동유량측정시설은 고령교 지점을 제외하면 매 10분 간격으로 유량을 측정하여 하루에 144회의 측정이 이루어진다. 2007년의 경우 동절기를 제외하고 여주대교와 한강대교는 2~3월부터 측정이 개시되었으며, 통일대교와 중랑교는 초기 시험운영 관계로 4~5월부터 측정이 개시되었다. 표 2는 각 지점 자동유량측정시설의 2007년 운영기간에 대한 운영현황을 나타낸 것이다.

여주대교는 4월에 UVM 8회선을 추가 설치하기 위하여 중계기를 철수하여 측정하지 못한 것을 제외하면 비교적 안정적인 측정이 이루어졌다고 판단된다. 총 45,882회의 측정이 이루어졌으며, 추가 설치기간인 4월을 제외한 결측률은 2.6%이다.

한강대교는 3~4월 초기 시스템 상의 초기설정 문제로 인해 결측이 발생한 것을 제외하면 비교적 안정

표 1. 자동유량측정시설 기존 설치지점 현황





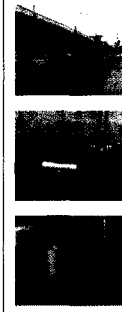



사업명	수자원시험장비의 설치 및 운영		원격자동유량측정시설공사		초음파유량계	자동유량측정시설 구축 및 운영		
	한국건설기술연구원		한국건설기술연구원 /수자원공사		한국건설기술 연구원	유량조사사업단		
지점	여주대교	한강대교	통일대교	고령교	중랑교	팽성	규암	적성
하천	한강	한강	임진강	낙동강	중랑천	안성천	금강	임진강
기간	2003.05.21 ~2004.12.31	2004.09.09 ~2006.12.24	2006.07.28 ~2007.10.10	2003.05.21 ~2004.12.31	2006.07.28 ~2007.10.10	2007.05.22 ~2007.12.20	2007.05.22 ~2007.12.20	2007.05.22 ~2007.12.20
사업비	350,000천원	403,000천원	287,000천원		272,000천원	325,000천원	325,000천원	275,000천원
특이 사항	대하천 적용	감조하천 적용	감조하천 적용 출입제한지역	대하천 적용	도시하천 적용	배수영향 지점	배수영향 지점	대하천 적용
장비	UVM 16회선	ADVM회전식 2대	ADVM회전식 2대	ADVM회전식 1대	ADVM회전식 1대, UVM 8회선	ADVM회전식 2대	ADVM회전식 2대	UVM 3회선
설치 사진								

표 2. 지점별 자동유량측정시설 운영성과

지점명	측정회수(회/일)	운영기간	측정성과(회)	결측률(%)	비 고
여주대교	144	2007/02/14~2007/12/31	45,882	2.6	UVM 공사로 4월 제외
한강대교	144	2007/04/01~2007/12/31	34,130	7.8	
통일대교	144	2007/04/16~2007/11/25	21,850	32.0	
중량교	144	2007/05/01~2007/11/25	6,422	75.8	ADVM
			3,038	89.9	UVM
고령교	수시	2007/04/18~2007/10/22	177	-	원격측정표

적인 측정이 이루어진 것으로 판단된다. 총 34,130회의 측정이 이루어졌으며, 결측은 7.8%가 발생하였다.

통일대교는 동절기 결빙 우려가 있기 때문에 2007년 4~11월까지만 측정이 이루어졌다. 통일대교의 경우 조위 변화에 따라 간조시 특히, 대조시 초음파 센서의 유속측정을 위한 수심확보가 이루어지지 않아 32.0%의 비교적 큰 결측이 발생하였다. 이러한 미측정 구간 문제를 해결하기 위해 2007년 7월 센서의 위치를 일부 조정하였으나 현재까지도 일부 미측정 수위범위가 발생하고 있다. 향후 보완을 통하여 전체 수위범위에서 측정할 수 있도록 할 계획이다.

중량교 지점은 ADVM과 UVM 방식의 자동유량측정시설이 설치된 지점으로, 초기 시스템 설정문제에 의해 2007년 5월부터 측정이 이루어졌다. 중량교 지점은 평·저수시 수심이 매우 얇기 때문에 저수시 수심확보가 충분치 않아 측정이 원활하게 이루어지지 않았다. 2007년 7월 이러한 문제를 해결하기 위해 ADVM 방식의 경우 센서의 설치 위치를 하단부로 이동하였으나 여전히 미계측 구간이 발생할 뿐만 아니라 무리한 센서의 이동으로 측정결과의 오차가 더욱 크게 발생한 것으로 판단된다. ADVM은 6,422회, UVM은 3,038회의 측정이 이루어졌으며, 각각 75.8%와 89.9%의 큰 결측률을 보이고 있다. 따라서 본 지점은 평저수기를 포함한 전 기간 동안 측정을 목적으로 하는 것이 아니라 상대적으로 측정이 곤란하고, 정확도가 떨어지는 홍수기 유량측정을 목적으로 하여 홍수기 측정 정확도에 초점을 맞출 필요가 있다. 평·저수기 수위범위의 경우 기존 수위-유량관계법

을 활용한 유량 산출이 필요할 것으로 판단된다.

고령교 지점은 타 지점과는 달리 일정한 시간 간격의 실시간 측정이 아니라 사용자에게 의한 원격조정으로 임의시간대에 측정이 이루어지기 때문에 측정회수와 결측률에 따른 운영성과를 판단하기 어렵다. 고령교 지점은 2007년 4월부터 측정이 이루어졌으나 2007년 홍수기 이후 센서이동을 위한 모터가 레일에 걸린 부유물로 인해 과부하가 걸려 고장이 발생하였으며, 잦은 센서의 이동으로 인해 모터 노이즈 발생과 데이터 케이블의 결손문제가 발생하여 2007년 8~10월 동안 측정이 이루어지지 않았다. 현재 이러한 문제를 해결하기 하기 위해 원격 조정에 의한 측정이 아닌 상시 측정 방법으로 시스템을 개선하고 있다. 정상가동기간 동안의 고령교 자동유량측정시설은 총 177회의 측정이 이루어졌다.

2007년 각 지점별 자동유량측정시설의 운영현황을 종합해보면, 한강대교 및 여주대교는 소모성 부품의 교체, 제어부 프로그램 수정 등 단순한 점검시기의 결측을 제외하면 평·저수기는 물론 홍수기에도 비교적 안정적인 측정이 이루어진 것으로 판단된다. 통일대교 및 중량교의 경우에는 2006년 12월에 설치가 완료되어 초기 운영상의 문제점이 도출된 것으로 판단되며, 향후 측정자료의 검증 등을 통해 안정화가 필요할 것으로 판단된다. 고령교는 다른 지점과는 다른 방식으로 운영되기 때문에 시스템의 안정성이나 운영상의 몇 가지 문제가 도출되었으며, 현재 시스템의 개선 및 보완을 통해 안정화를 추진하고 있다.

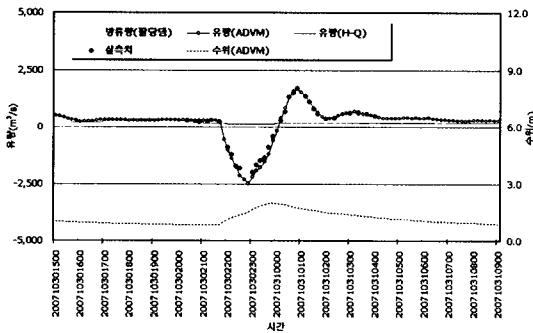
4.3 자동유량측정시설 측정성과의 검증

자동유량측정시설의 유량측정자료에 대한 검증을 위해 2007년 비교적 안정적인 운영이 이루어졌던 한강대교와 여주대교 자동유량측정시설 측정결과를 대상으로 기존 유량측정방법에 의한 실측결과 및 2007년 개발된 수위-유량관계곡선식과의 비교, 물수지 분석을 통한 유출량 비교를 수행하였다. 실측결과와의 비교는 유속계 및 봉부자 등 기존 유량측정방법의 측정결과와 ADCP 이동 보트법을 이용한 동시간대 연속측정결과를 자동유량측정시설의 유량측정결과를 비교하였다. 또한 유출평가는 매 10분 간격으로 측정된 유량자료를 이용하여 월유출량을 산정하고 산정된 유출량과 상류에 위치한 팔당댐 및 충주 조정지댐 방류량 및 지천유입량과 취수 및 처리수 방류량에 대한

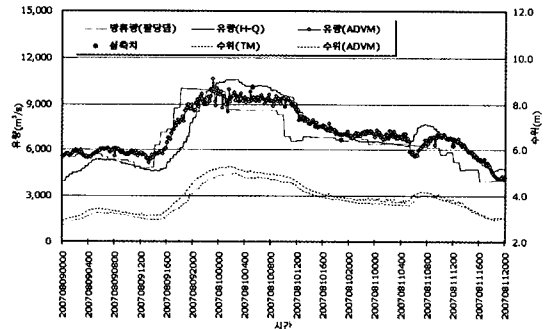
물수지 분석 결과와 비교하였다.

그림 5는 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% 안팎이나 측정시간이 2~3시간이 소요되었기 때문에 직접적인 비교는 어려울 것으로 판단된다. 이동 ADCP법과의 평균오차는 12%로 나타났으며, 만조와 간조가 교차하는 구간의 측정치와의 오차가 비교적 크게 발생하였다. 이 구간의 측정치를 제외하면 평균오차는 8%인 것으로 나타났다. 봉부자 측정은 총 7회가 수행되었는데, 평균오차는 5.6% 이내로 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다.

여주대교의 경우 그림 6에서 보는 바와 같이 유속

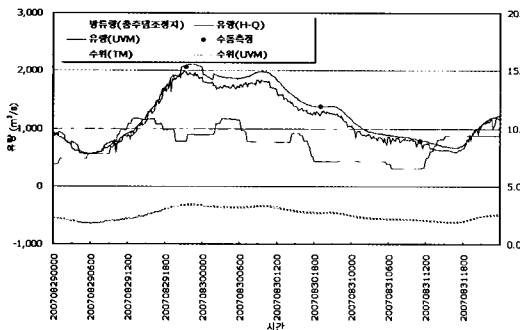


(a) ADCP 측정결과와 비교

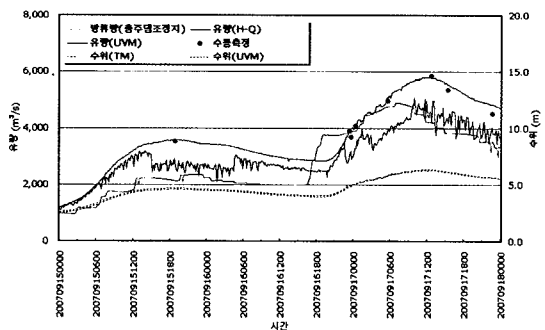


(b) 봉부자 측정결과와 비교

그림 5. 한강대교 각 방식별 실측치 비교결과



(a) 유속계 측정결과와 비교



(b) 봉부자 측정결과와 비교

그림 6. 여주대교 각 방식별 실측치 비교결과

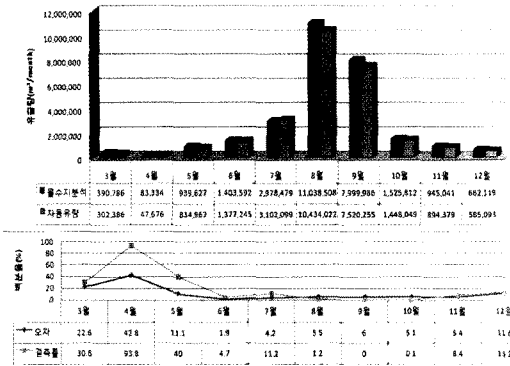


그림 7. 한강대교 물수지분석 결과

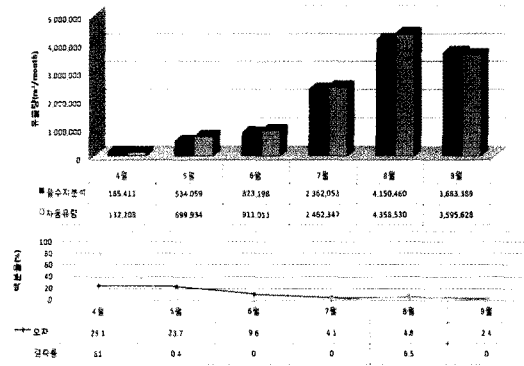


그림 8. 여주대교 물수지 분석 결과

계 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 이루어지지 않아 유량이 작게 측정되었기 때문이다.

그림 7은 한강대교 자동유량측정시설의 월별 유출량과 물수지 분석결과를 나타낸 것으로 2007년의 한강대교 자동유량측정시설 운영 기간인 3~12월에 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% 안팎의 오차를 보이는 것으로 나타나 한강대교 자동유량측정시설은 비교적 안정적으로 측정이 이루어지는 것으로 판단된다.

그림 8은 여주대교의 물수지 분석결과를 나타낸 것으로, 4~6월의 분석결과는 물수지 분석결과와 9.6~25.1%의 오차가 발생하였는데, 이는 이 기간 동안 UVM 센서의 조정 및 위치수정으로 인하여 측

정이 원활하게 이루어지지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 반면 7월부터 9월까지의 측정결과는 모두 5% 이내의 오차를 보여 이 기간 내의 측정이 안정적으로 이루어졌음을 확인할 수 있다.

5. 중장기 계획 검토

자동유량측정시설의 설치 및 운영 사업은 앞에서 언급한 바와 같이 국토해양부의 '수문조사선진화5개년계획'의 일환으로 선진형 수문정보 인프라 확충을 목적으로 수행되는 과제이다. 선진형 수문정보 인프라 확충의 목적은 수문조사 체계의 선진화 및 자동화시설의 확충을 통해 기존 방법의 인력과다소요, 기상여건에 따른 측정한계, 과도한 측정시간 및 조사방법의 비표준화, 실시간 자료획득 불가능 문제를 보완하고 수문조사기법의 문제점을 개선하는데 중점을 두고 있다.

수문조사선진화는 수문조사기법의 개선의 일환으로 이루어져야 하는데, 수문조사기법의 개선은 단기간을 통해 이루어지는 것이 아니라 중장기적인 사업

표 3. 선진형 수문정보 인프라 구축 투자계획

구분			계	2005	2006	2007	2008	2009	2010
선진형 정보	원격자동유량	지점	30	1	2	3	8	8	8
	측정시설	금액(억원)	240	8	16	24	64	64	64
인프라 구축	초음파	지점	69		2	8	14	20	25
	유량계 설치	금액(억원)	207		6	24	42	60	75

수행을 통한 축적된 경험을 바탕으로 조사기법에 대한 문제점을 파악하고 합리적인 예산 내에서 단계적으로 개선방안이 마련되어야 한다. 수문조사의 선진화는 이러한 토대 위에 개선된 수문조사기법을 보완하고 무인화 및 실시간 측정 등 효율적인 측정이 이루어질 수 있도록 관련기술을 개발하고 이를 검증 및 안정화하는 단계라고 할 수 있다.

유량측정기술의 경우 기존의 유속계 및 봉부자를 이용한 측정방법은 특수한 현장 여건에 대해서는 제한적으로 이루어질 뿐만 아니라 측정효율성을 확보하기가 곤란하다. 또한 측정회수에 제한을 받기 때문에 측정 가능한 수위범위대의 유량측정결과로부터 수위-유량관계곡선식을 활용하여 유량을 산정하는 방식을 사용하는데, 현장 조건에 따라 일관되지 못한 측정자료의 품질은 수위-유량관계곡선식의 오류로 이어져 정확한 수문분석을 어렵게 할 수도 있다.

기존에 설치된 자동유량측정시설들은 조위 또는 배수 영향으로 인해 기존의 측정방법으로는 측정이 어렵고 이로 인해 수위-유량관계곡선의 신뢰성을 확보하기 어려운 지점으로 자동유량측정시설의 설치를 통해 연속적이면서 일관성 있는 측정을 수행함으로써 지점 특성에 따른 측정한계를 해결할 수 있는 지점이다.

따라서 자동유량측정시설의 구축 및 운영사업은 위에서 언급한 바와 같이 수문조사의 선진화의 일환으로 단기적으로는 기존 측정방법을 보완하여 지점 특성에 따른 신뢰성 있는 측정이 가능하도록 하며, 중·장기적으로는 지속적인 검증과 안정화를 통해 수문조사기법의 선진화를 위한 기초 인프라를 확보할 수 있도록 해야 한다.

수문조사선진화5개년계획에서는 2005년부터 2010년까지 우리나라 5대강의 주요지점을 대상으로 자동유량측정시설 설치 및 운영에 대한 중장기 계획을 수립하였다. 표 3에서 보는 바와 같이 수문조사 자동화 중에서 '원격자동유량측정시설'은 2010년까지 30개 지점에 240억원을 투자하여 설치하도록 계획되었는데, 2005년 1개소에서 2007년까지 3개소로 점차 확대하다가 2008년부터는 2010년까지 매년 8

개 지점을 설치토록 하고 있다. 그러나 자동유량측정법은 국내에서 처음 시도된 만큼 일시에 설치 지점수를 확대하는 것보다는 설치된 지점의 안정 및 검증을 통하여 점진적으로 확대하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 현재 적용되고 있는 방식은 국외에서 많은 적용사례를 통해 적용성이 입증된 ADVM 및 UVM 방식에 한정되어 있으나, 향후 지속적인 연구개발 및 새로운 방식의 도입을 통해 다양한 방식을 채택할 필요가 있다. 따라서 현재 ADVM 및 UVM 방식에 집중적으로 투자하기 보다는 두 가지 방식에 대한 충분한 검증과 안정화 단계를 거쳐 점차적으로 확대해나갈 필요가 있으며, 향후 새로운 방식에 대한 투자가 필요할 것으로 판단된다.

6. 맺음말

자동유량측정시설 구축 및 운영사업은 신뢰성 있는 수문자료의 확보 및 수문조사의 효율성 증대를 목적으로 기존 유량조사사업과 병행하여 유량조사사업단에서 추진하고 있는 주요과제 중의 하나이다. 본고에서 언급했던 바와 같이 과거 여러 기관에서 다양하게 추진해왔던 연구사업을 거치면서 기 구축된 자동유량측정시설의 문제점과 개선점들이 도출되었고, 2007년부터 이를 유량조사사업단에서 일원화하여 수행함으로써 이에 대한 개선과 안정화, 검증작업들이 단계적으로 이루어지고 있다. 이 과정을 통해 유속계, 부자 측정과 같은 기존의 유량측정방법으로는 쉽게 해결되지 못했던 조위나 배수 영향을 받는 지점에서 기존 방식을 대체하거나 보완할 수 있는 새로운 유량측정방법으로 자리매김하게 되었다.

그러나 실시간-무인화로 운영되는 자동유량측정시설은 홍수기 등 극한 상황에서 운영되기 때문에 향후 지속적인 안정화 및 개선이 필요할 뿐만 아니라 기존 측정방법과의 유량자료의 비교 또는 유출분석을 통한 간접적인 비교 검증만이 이루어지는 등 정확한

검증이 어렵기 때문에 다양한 검증을 통한 유량자료의 신뢰성 확보가 필요하다고 판단된다. 또한 기존에 사용되고 있는 초음파 방식과 더불어 지속적인 연구 개발을 통해 새로운 방식 자동유량측정방식을 도입할 필요가 있을 것으로 판단된다. 기존 방식에 의한 유량자료의 품질개선 노력과 더불어 이러한 노력을 통해 그동안 유량자료의 품질에 대한 문제제기는 조만간 해소될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 건설교통부 (2004). 수문관측매뉴얼.
- 건설교통부 (2005). 수문조사선진화5개년계획.
- 건설교통부 (2006). 한강유역 수자원 시험장비의 설치 및 운영보고서. 한국건설기술연구원
- 건설교통부 (2006). 고령교 일원 원격유량측정시설 설치 보고서. 한국수자원공사.
- 건설교통부 (2007). 초음파 유량계 설치보고서. 한국건설기술연구원.
- 건설교통부 (2007). 원격 자동유량측정시설 설치보고서. 한국건설기술연구원.
- 獨立行政法人 土木研究所. (2000). 水文觀測. 社團法人 全日本建設技術協會.
- Herschey, R. W. (Editor) (1999). *Hydrometry*. 2nd Edition, John Wiley & Sons.
- RD Instruments (2005). *Channel Master Horizontal ADCP Operation Manual*.
- ISO 6416 (2004). *Measurement of liquid flow in open channels—Measurement of discharge by the ultrasonic(acoustic) method*. International Organization for Standardization. 🌀