

2004년 건설교통부 유량자료의 평가

Evaluation of Streamflow Data of MOCT

정성원*, 한명선**, 황석환**, 김치영**, 이찬주**, 김동구**
Jung, Sung Won-Han, Myung Sun-Hwang, Seok Hwan-
Kim, Chi Young-Lee, Chan Ju-Kim, Dong Gu

요 지

부정확한 유량자료는 예산 부족, 전담인력의 부재, 전문장비의 미비 등 구조적 측면에 근본적인 원인이 있는 것으로 판단되나, 유량측정 단계의 부정확과 유량자료의 처리절차가 실제적으로 이루어지지 않는 등 기술적 측면에도 중요한 한 원인이 있다. 건설교통부에서는 수문조사 선진화 5개년 계획의 일환으로 구조적·기술적인 문제를 개선하기 위해 2004년도 건설교통부 유량측정사업에서 유량측정 검증시스템을 도입하여 운영한 바 있다. 유량측정 검증시스템은 유량 측정과 분석을 나누어 수행하는 것으로, 강화된 기준과 방법론에 따라 정밀한 유량측정은 용역사에서 담당하였으며, 측정기준 강화, 측정방법 개선, 일상 검증과정 도입, 곡선식 개발 방법론 개선 및 유량환산/평가 절차 추가 등 분석과정은 한국건설기술연구원에서 수행하였다.

새로이 적용한 유량측정 검증시스템의 적용을 통해 생성된 2004년도 건설교통부 유량자료는 불확실도가 전국 평균 6.5%로 개선되었으며, 63개 지점 중에서 35개 지점(56%)에서 연유출률이 비교적 정상적인 수치를 보여 과거에 비해 상당히 개선된 품질수준을 보이는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 유량측정, 검증시스템, 유량자료 평가

1. 머리말

수문자료는 물순환 과정의 규명, 수자원의 계획과 관리, 유역 관리, 홍수와 가뭄 피해 예방, 수문 설계와 연구 등과 같은 공공성에 기반을 둔 각종 국가사업이나 이와 관련된 기술 개발 또는 기준 수립 등의 기초연구에 반드시 필요한 기본자료이다. 따라서 이러한 수문자료는 정밀한 품질이 요구되며, 장기간의 자료가 필요하다. 이를 위해 정부는 전국에 수문관측망을 구성하여 운영하고 있으나, 관측된 수문자료의 정확도는 여전히 낮은 수준에 머물러 있는 실정이다. 특히, 수문자료 중에서 가장 중요한 유량자료 또한 여전히 품질 수준이 낮아 많은 문제를 야기하고 있다. 더욱이 최근 환경부에서 오염총량제를 시행함에 따라 유량자료의 부정확성에 대해 논란이 더욱 증폭되고 있는 실정이다.

이는 정부가 수행하는 수문관측과 관련된 제반 여건, 즉, 예산의 부족, 전문 인력과 조직의 부재 등과 같은 구조적 문제와 함께 수문관측기준 미비, 전문적인 기술과 경험의 결여, 기술과 기준의 현장 적용 어려움 등 기술적인 문제에 따른 것이다. 따라서 이를 극복하기 위해서는 정부 차원에서의 구조적 문제를 해결하고자 수문조사 선진화 5개년 계획을 수립하여 보다 구체적인 정책을 추진하고 있다. 이와 함께 이에 대한 기술적 기반을 확보하기 위한 다양한 연구사업이 병행되어 추진되고 있다.

본 논문에서는 이러한 노력의 일환으로 건설교통부 유량측정사업에 새로이 적용한 유량측정 검증시스템의 운영 결과를 살펴봄으로써 유량자료의 품질을 개선할 수 있는 하나의 기술적인 방안을 소개하고자 한다.

2. 유량측정 검증시스템 개요

부정확한 유량자료는 예산의 부족, 전담인력의 부재, 전문장비의 미비 등 구조적 측면에서 근본적인 원인

* 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원-E-mail : swjung@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-E-mail : mshan@kict.re.kr, sukany@kict.re.kr, cy_kim@kict.re.kr, c0gnitum@kict.re.kr, kimdg@kict.re.kr

이 있는 것으로 판단되나, 유량측정 단계의 부정확과 유량자료의 처리절차가 실제적으로 이루어지지 않는 데에도 중요한 한 원인이 있다. 따라서 이러한 기술적인 측면의 문제를 개선하기 위해 건설교통부 2004년 유량측정사업에서 유량측정 방법의 개선과 자료처리절차를 강화하는 유량측정 검증시스템을 도입하여 운영한 바 있다.

유량측정 검증시스템은 정도 높은 유량자료를 생성하고자 유량의 측정과 분석 과정을 분리하는 것이 주된 내용으로, 유량측정은 용역사에서, 분석은 검증기관에서 그 역할을 나누어 수행되었다. 용역사는 강화된 기준과 방법론에 따라 정밀한 유량측정성적을 확보하기 위한 현장측정을 담당하였으며, 검증기관은 한국건설기술연구원이 담당하여 측정기준 강화, 측정방법 개선, 일상 검증과정 도입, 곡선식 개발 방법론 개선 및 유량환산/평가 등을 수행하였다.

3. 개선사항

최근 측정된 유량측정성적을 검토한 결과, 주로 측정기준의 미비와 불이행, 측정방법 및 절차상의 부정확, 측정자료의 검토과정 및 평가 부재, 수위-유량관계곡선 개발 방법의 오류 및 평가 부재 등과 같은 문제점을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 이와 같은 문제점들을 개선하고자 측정단계별로 개선한 사항을 요약하면 다음과 같다.

3.1 유량측정기준 강화

기존의 유량측정성적을 수집 분석한 결과, 우선적으로 측정기준의 미비와 불이행이 큰 문제점으로 파악되었다. 이와 같은 문제점을 개선하고자 국내외의 기준을 비교 검토하여 측정기준을 대폭 강화하였다. 특히 유속 측선수 기준은 2배 이상 강화되었으며, 측정시간 또한 전자기식 유속계는 30초 이상, 회전식 유속계는 40초 이상으로 강화되었다. 또한 측선마다 골고루 구간유량이 분포하도록 등간격 배치가 아닌 등유량이 되도록 측선 간격을 배치하도록 하였다.

3.2 유량측정방법 개선

유량측정방법 및 절차상의 부정확 문제를 해소하기 위해 평저수시 유속계 측정과 홍수시 부자 측정 방법을 국내의 방법을 비교 검토하여 개선된 방안으로 표준화하였다. 또한 수위-유량관계곡선을 개발할 때 필요한 현장의 물리적 특성인 GZF(흐름이 0인 수위)와 통제특성(하천단면형상, 조도, 하상재료, 구조물 등)을 조사하고, 유량환산에 필요한 목자관 수위와 계기 수위의 일치 여부도 조사하도록 과업지시서를 강화하였다.

3.3 유량측정성적의 일상 검증

측정 담당자를 대상으로 사전 교육을 실시하고, 수시로 현장 지도를 함으로써 강화된 측정기준과 개선된 측정방법이 현장에 적용될 수 있도록 하였다. 측정결과를 곧바로 수집해서 검토 분석하여 다음 측정에서 발견된 오류를 개선하거나 측정방법을 개선하게 하는 일상적인 검증과정을 수행함으로써 보다 정교한 유량측정성적을 확보할 수 있도록 하였다. 또한 측정된 결과를 이용하여 유량을 산정할 때 오류를 최소화하기 위해 유량산정 전용 프로그램(CalPAD)을 제작·배포하였다.

3.4 수위-유량관계곡선 작성 방법론 개선

수위를 유량으로 환산하기 위한 수위-유량관계곡선은 유량측정성과 함께 매우 중요한 요소이다. 그러나 기존의 수위-유량관계곡선은 유량측정성적을 회귀분석하여 단순 수학 곡선식으로 유도함으로써 하천의 통제특성을 함께 고려하지 않았다. 또한 하천의 통제특성 변화와 무관하게 과거 수년치의 자료를 함께 이용하여 곡선식을 개발함으로써 부정확한 수위-유량관계곡선을 개발하는 문제점을 공통적으로 가지고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 곡선식 개발 사전단계로서 유량측정성적의 특성(수리특성, 구간유량비, 불확실도 등)을 검토하여 이상치의 여부와 품질 수준을 검토하였다. 또한 곡선의 기간 및 구간의 분리, 통제특성을 이용한 곡선의 형상 검토 등을 거친 후에 회귀분석하여 곡선식을 결정하였다. 이밖에 곡선식의 적용범위 밖의 외삽곡선을 별도로 제시하였으며, 개발된 곡선 검토를 통해 최종 확정하는 절차를 거쳤다.

3.5 유량 환산 및 유출 평가

기존의 유량측정사업은 유량측정과 곡선식 개발로 끝나므로 측정된 유량측정성과 개발된 곡선의 정확도를 판단할 수 없는 한계를 가졌다. 본 시스템에서는 이러한 한계를 극복하고자 유량측정성과 개발된 곡선으로 생성된 유량자료의 타당성을 평가하는 방법론을 구축하여 유량자료를 평가함으로써 사업의 적절한 수행 여부를 판단할 수 있도록 하였다. 유출 평가를 위해 구축된 방법론은 표 1과 같다.

표 1. 유량 환산 및 유출 평가 방법 요약

유량 환산	유출 검토 및 평가
<ul style="list-style-type: none"> - 목자관 수위 ~ 계기 수위 일치 여부 검토 - 수위자료 검토 - 유량 환산 - 기간분리시 경계구간 처리 여부 검토 	<ul style="list-style-type: none"> - 상하류 지점간 유량반전 여부 검토 - 댐 하류지점의 경우 댐 방류량과의 비교 검토 - 주요 호우사상별 유출률 및 침투홍수량 비교 검토 - 장기간 유출률 검토 - 지점간 동시유량 비교 검토

4. 개선 결과

4.1 유량측정성과

강화된 유량측정 기준과 방법을 현장에 적용하고 측정결과를 일상 검증하는 과정을 통해서 유량측정성과의 품질수준이 그 전에 비해 상당히 개선된 것으로 나타났다. 강화된 기준에 따라 유속계 측정의 경우 유속 측선수가 2003년 10개 안팎에서 2004년 20~30개(평균 25.6개) 이상 확대되었으며, 부자 측정은 4~9개 정도에서 8~17개(평균 9.9개) 정도로 2배 이상 측선수를 더 많이 확보한 것으로 나타났다.

측선을 배치할 때 한 구간에서 측정된 구간유량 중에서 최대치인 최대구간유량비를 검토함으로써 등유량 개념의 측정 정도를 판단할 수 있다. 유속계의 경우 최대구간유량비가 2003년에는 20~30%, 최대 60%까지 나타나던 것이 2004년에는 평균 11.6% 안팎으로 대폭 줄었으며, 부자의 경우 2003년에는 20~40%였으나 2004년에는 평균 19.2% 정도로 개선되었다.

유량측정성과 불확실도의 경우 유속계 측정치는 2003년 10% 안팎에서 2004년에는 6.5%로 크게 개선되었으며, 부자 측정 역시 15%대에서 11.4%로 개선되었다. 그림 1은 섬진강 6개 지점의 불확실도 개선사례를 나타내고 있다. 1999년 이후의 유량측정성과 불확실도를 보면 1999년 10.6%, 2000년 10.3%이던 것이 검증시스템의 초기 개념이 수행되었던 2002년(한강지천)에 8.6%로 잠시 개선되었으나 2003년(섬진강)에 10.2% 정도로 여전히 4등급에 머물렀으나, 2004년에는 6.5%로 3등급 수준으로 대폭 개선된 결과를 보였다.

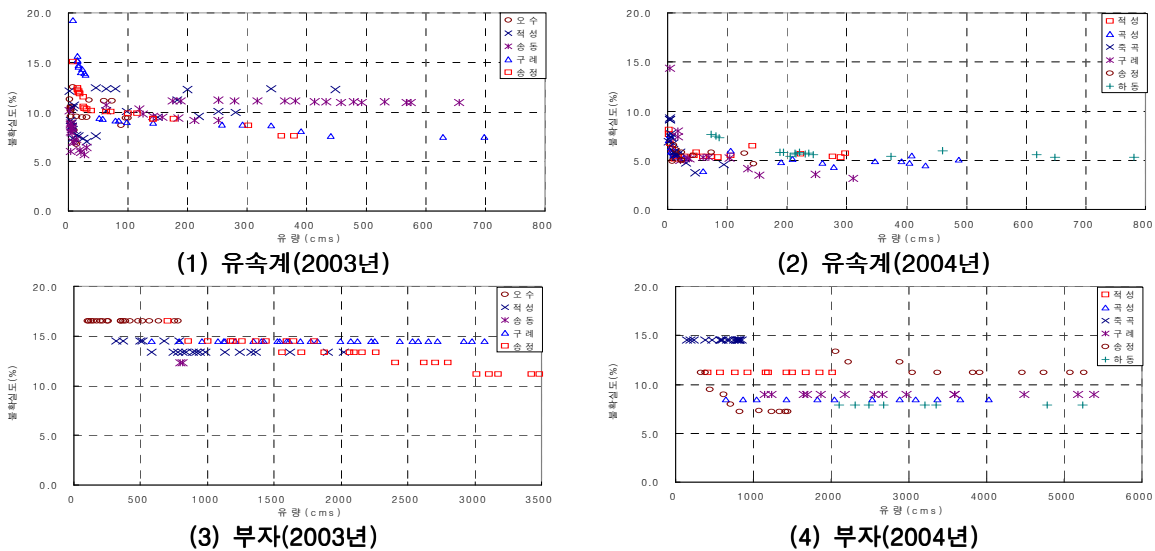


그림 1. 불확실도 개선결과(섬진강)

4.2 수위-유량관계곡선

그림 2는 개선된 방법에 의해 작성된 수위-유량관계곡선을 예시한 것이다. 왼쪽 그림은 유량측정성과, 기존 수위-유량관계곡선 및 하상변동 전후의 하천단면자료를 함께 도시한 그림이며, 오른쪽은 이를 바탕으로 곡선의 기간 및 구간 분리, 하천의 통제특성을 고려한 곡선의 형상 결정, 외삽곡선의 제시 등이 적절하게 표현된 예를 보이고 있다.

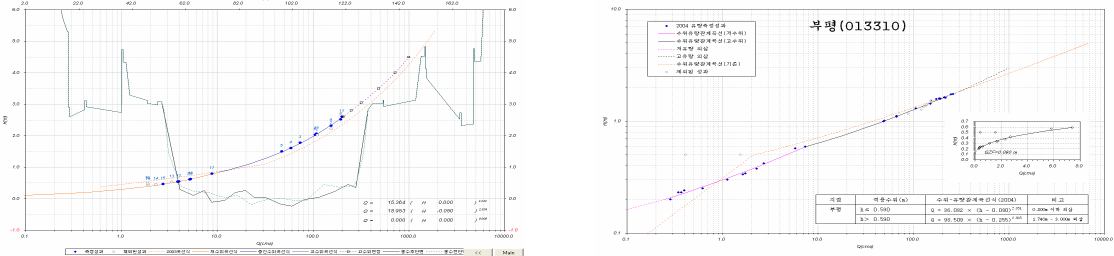
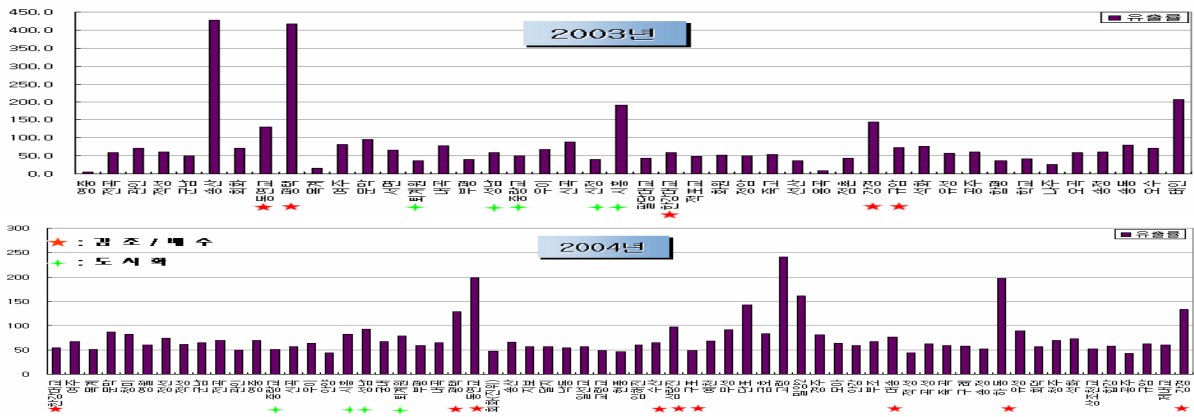


그림 2. 수위-유량관계곡선

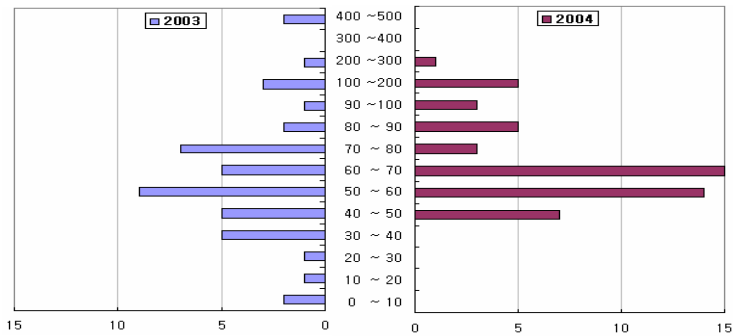
4.3 유량자료

그림 3은 2003년과 2004년에 유량측정을 실시한 지점별 연유출률과 유출률별 분포를 나타낸 것이다. 60% 안팎의 유출률을 보인 지점들이 2003년(45개 중 15개, 33%)에 비해 2004년(63개 중 35개, 56%)에 월등히 증가하였음을 알 수 있다. 생활하수의 유입으로 유출률이 80% 이상 크게 나오는 도시지역의 유출특성과 감소나 배수 영향을 받는 지점(수위-유량관계로는 적절한 유량자료를 생성할 수 없으므로 과도하게 큰 유출률을 보임)들에 대한 한계를 고려한다면 2004년의 유량자료는 과거보다 크게 좋아졌음을 알 수 있다.

그림 4는 상하류 지점간의 연간 유량을 도시한 것으로 상류에서 하류로 내려가면서 유량이 순차적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 그림 5는 상하류 지점간의 특정 시간대 동시 첨두유량을 비교한 것으로 2003년



(1) 지점별 연유출률



(2) 연유출률별 빈도수

그림 3. 연유출률 비교

의 경우 상하류간에 유량의 반전이 비교적 심했던 것이 2004년에는 배수 영향을 받는 수산, 삼랑진, 구포 지점을 제외하고는 상류에서 하류로 내려가면서 유량이 순차적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 이 또한 2004년에 생성된 유량자료가 적절하다는 것을 의미한다.

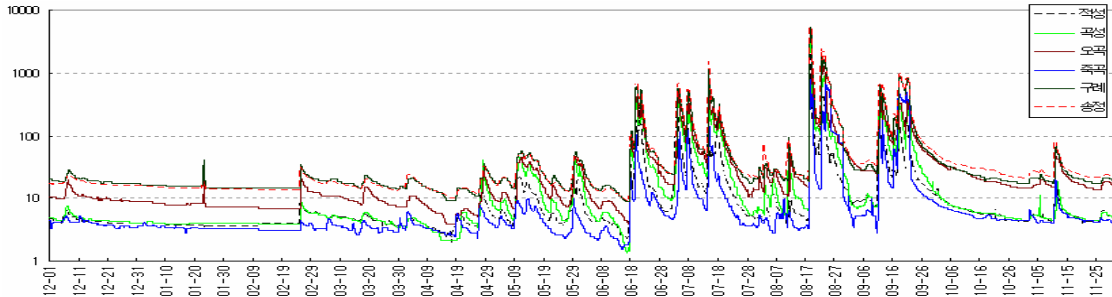


그림 4. 상하류 지점간 연간 유량 비교(섬진강-2004년도)

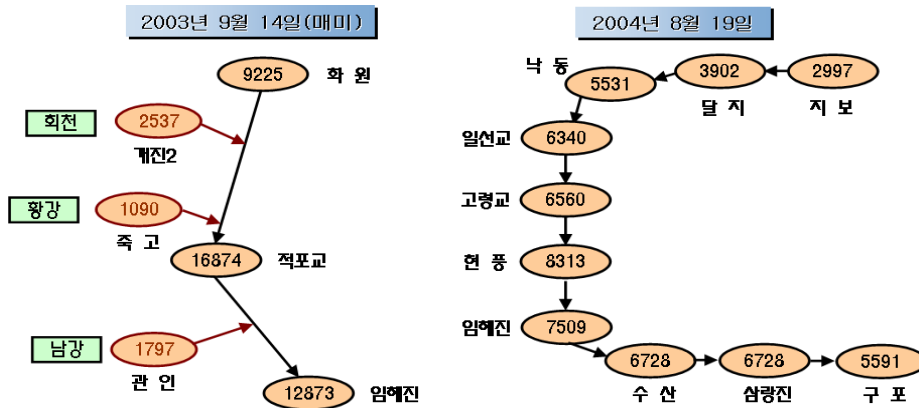


그림 5. 동시유량 비교(낙동강, 단위: cms)

5. 맺음말

수문자료 중에서 가장 불확실성을 많이 내포하고 있는 유량자료의 정확도를 높이기 위해 2004년 건설교통부 유량측정사업에 유량측정 검증시스템을 처음 도입한 바 있다. 이 시스템은 유량측정 기준과 방법의 강화, 유량자료의 일상적 검증, 수위-유량관계곡선 개발 방법의 개선, 유량자료의 생산과 유출 평가 등의 방법론적 개선과 일련의 정교한 자료 처리과정을 수행함으로써 보다 정밀한 유량측정성과 수위-유량관계곡선을 확보하고 이를 이용하여 정교한 유량자료를 생성하는 것을 목적으로 하였다.

이 시스템을 한강, 낙동강, 금강, 섬진강의 62개 지점에 대해 적용하여 운영한 결과, 유량측정성과의 품질이 크게 개선되었으며, 수위-유량관계곡선 또한 물리적인 의미를 갖는 곡선식을 개발함으로써 타당한 유량자료를 확보할 수 있었다.

이러한 결과는 유량자료 검증시스템을 통해 유량자료의 품질수준을 높일 수 있는 하나의 방법론을 보이고 있다. 본 논문에서 적용한 기준과 방법을 더욱 정교하게 표준화하는 연구와 함께 이와 같은 정밀한 유량측정과 일상적인 처리과정을 거친다면, 유량자료의 품질수준을 보다 획기적으로 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

1. 건설교통부(2004~2005), 2004년도 유량측정보고서.
2. 정성원, 김동희, 한명선, 문장원(2003), 유량자료 품질개선을 위한 정확도 제고방안-유량측정성과-/-수위-유량관계곡선-, 2003년 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), pp.117-124.
3. 한국건설기술연구원(2004), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구, 건기연 2004-028.