

2008년 설마천 시험유역의 운영

A Study on the Operation of the Seolma-Cheon Experimental Catchment of 2008

김동필*, 임동희**

Dong Phil Kim, Dong Hee Yim

요 지

본 연구는 신뢰성 있는 수문자료를 지속적으로 축적하여 설마천 시험유역의 물순환 과정을 규명하는데 있다. 2008년에도 지속적인 수문관측으로 자료의 품질 향상을 위한 관측기기의 유지관리와 수집된 자료의 처리절차를 통하여 산지 소하천 유역의 수문특성을 분석하였다.

시험유역에서 생성되는 자료에는 6개 우량관측소의 우량자료, 2개 수위관측소의 하천수위 및 지하수위, 유량측정성과, 부유사량, 수질 자료, 1개 기상관측소의 기상자료 등이 있으며, 이로부터 산정된 유역평균우량과 유량자료 등이 있다. 실시간 전송장비와 설마천 시험유역 홈페이지로 구성된 수문자료 정보시스템을 통해 관측자료와 가공자료를 데이터베이스화하였으며, 실시간 자료 제공은 물론 확정된 자료는 신청절차를 통해 일반에게 제공하고 있다.

관측된 강우-유출 자료를 이용하여 강우의 시-공간 분포 특성, 유출률 분석 등 기본적인 강우 및 유출 특성을 분석하였다. 또한, 유량측정성과의 불확실도 분석을 통하여 측정된 유량자료의 정확도 제고와 현장의 유량자료의 정확도를 개선하기 위하여 유량정보시스템을 운영하였다.

설마천 시험유역에서 축적된 수문자료는 자료의 공유를 통하여 자료의 검증을 확보함과 동시에 시험유역의 연구성과가 수자원 개발 분야에 활용될 수 있도록 지속적이고 안정적인 자료확보와 수문관측 기술개발을 위한 기반구축이 필요하다.

핵심용어 : 설마천 시험유역, 물순환 과정, 수문관측, 수문자료 정보시스템, 유량정보시스템

1. 서 론

국가 수자원 계획 및 관리, 수문설계 등에 기본적으로 필요한 요소는 우량, 하천수위, 유속, 유량과 같은 기초 수문자료이다. 이들 자료는 신뢰성이 있어야 하며 동시에 지속적인 관측에 의한 장기간의 자료가 축적되어야 한다. 신뢰성 있는 수문자료를 얻기 위해서는 전문인력에 의한 관측기기의 유지관리와 현장관측이 실시되어야 하나, 투자에 비해 얻는 성과도 항상 기대치 이하인 경우가 많기 때문에 투자의 필요성을 인지하면서도 낮은 투자효율 때문에 좋은 성과를 얻지 못하고 있는 실정이다. 이러 하듯이 높은 품질수준 및 장기간의 자료축적을 위해서는 상당한 투자와 노력이 필요하지만, 인식과 노력의 부족으로 양질의 자료가 절대 부족하여 각종 수문관련 연구와 설계 등에 많은 어려움을 겪고 있다.

외국의 경우 소규모 시험유역을 상당수 운영하고 있는 반면에, 우리나라의 경우는 국제수문개발계획(IHP)의 일환으로 평창강, 보청천, 위천에 시험유역이 비교적 장기간 운영되고 있을 뿐이며, 그밖에 대학에서 일부 시험유역을 단기적으로 운영하고 있는 실정이다. 다행히도 최근에는 21세기 프런티어사업의 일환으로 용담댐, 섬강, 이동 시험유역이 8년간의 충실한 운영을 통하여 양질의 자료를 생성하고 있으며, 2007년에는 청미천과 대동천이 새로운 IHP 시험유역으로 선정되어 운영 중에 있다. 우리나라는 시험유역의 수가 절대 부족

* 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원-E-mail : dpkim@kict.re.kr

** 정회원-경기개발연구원 팔당물환경센터 연구원-E-mail : dhyim@gri.re.kr

한 것과 체계적이고 장기적으로 운영되지 못하고 있는 것이 문제라 할 수 있다. 이와 같은 상황에서 양질의 수문자료를 구축하기 위한 지속적인 설마천 시험구역의 운영은 매우 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 그 동안 축적되어온 설마천 시험구역의 신뢰성 높은 수문자료에 대한 공유와 활용성 증대를 위해 2008년의 운영 현황을 중심으로 기술하고자 한다.

2. 시험구역 개요

설마천 시험구역은 설마천 유역(경기도 파주시 적성면 소재)의 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 상류 유역이다. 설마천 시험구역은 유역면적 8.48km², 유로연장 5.59km인 전형적인 산지 하천이다. 수계형상은 대체로 수지상의 모양을 보여주고 있으며 유역형상은 수엽상에 흡사하다. 유역내의 인문사회 현황으로 유역의 상류에는 21가구(69명)가 분포하고, 마을을 중심으로 일부 논과 밭을 경작하고 가축을 사육하고 있다. 하천을 따라 휴게소(24가구, 81명)가 위치하고 있으며, 유역의 상류와 하류부에는 3개 군부대(287명)가 위치하고 있다(2004년 기준). 이 유역의 대부분은 산악지형으로 이루어져 있으며, 유역의 동쪽엔 시험구역에서 가장 높은 감악산(EL. 675m)이 위치하고 있다. 도로를 따라 위치하는 주 하천은 그림 1의 유역도에서 보는 바와 같이 전형적인 곡류하천의 형태를 보이고 있다.

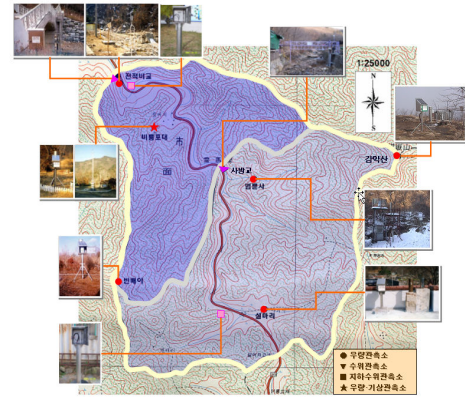


그림 1. 설마천 시험구역도

3. 수문조사 및 자료수집 검토

3.1 수문조사 현황

설마천 시험구역에는 현재 우량관측소 6개소, 하천수위관측소 2개소, 기상관측소 1개소 및 지하수위관측소 2개소가 설치되어 있다. 우량, 하천수위, 기상관측의 시간단위는 10분이며, 지하수위관측의 시간단위는 1시간으로 운영된다. 본 유역의 유역면적은 8.48km²로 우량관측소의 밀도는 1.41km²/개소이다. 수문관측소의 유지관리는 월 2회 이상의 현장방문을 통해 Check list에 의한 철저한 점검을 수행하고 있다. 표 1은 우량, 하천수위, 기상 및 지하수위관측소의 관측기기 현황을 나타내고 있다.

표 1. 수문관측소 관측기기 내역

지점	전적비교 (010220)	비룡포대 (010230)	설마리 (010240)	범룡사 (010245)	감악산 (010250)	빈배이 (010237)	사방교 (010235)	비고
우량 관측소	디지털 (전도형) 실시간	디지털 (전도형) 실시간	디지털 (전도형) 실시간	디지털 (중량식) 실시간	디지털 (중량식) 실시간	실시간	-	·실시간 : 전송장치 장착된 전도형 우량계
하천수위 관측소	목자관 음파식 기포식 부자식 실시간	-	-	-	-	-	목자관 음파식 기포식 부자식 실시간	·실시간 : 전송장치 장착된 초음파식 수위계
기상 관측소	-	자동기상 관측장치 (1set)	-	-	-	-	-	·기온외 13항목 측정
지하수위 관측소	기포식 (20m)		기포식 (10m)					·기준표고(EL.m) : 61.529/172.995

3.2 수문자료 수집 및 검토

설마천 시험구역에서 관측되는 항목 중 우량, 하천수위, 지하수위, 기상은 10분단위로 연속적인 관측이 이루어지고 있으며, 유량, 부유사량, 수질측정은 수시로 비연속적인 측정이 이루어진다. 2008년의 총 7개 항목의 관측 및 측정은 우량, 하천수위의 경우 연간 1.0% 이하의 결측률과 유량측정은 36회 이상(2개 지점), 부유사량 측정은 홍수기 위주의 19회 측정(1개 지점), 수질측정은 58회(3개 지점)의 성과를 보이고 있다. 이러한 성과를 보듯이 설마천 시험구역의 수문특성을 분석할 수 있는 기초자료를 충분히 확보하고 있는 상황이다. 그림 2는 우량, 수위 및 유량측정자료에 대한 자료처리절차를 나타내는 흐름도를 도시하였다.

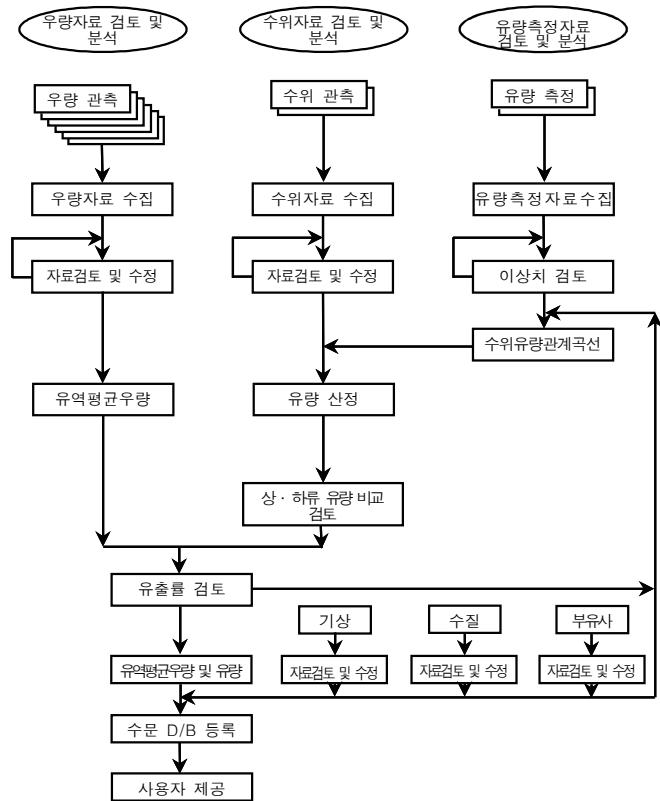


그림 2. 자료처리 흐름도

4. 강우-유출 특성 분석

4.1 강우특성 분석

설마천 시험구역에서 관측된 우량자료를 이용하여 강우사상 빈도수, 지속기간별 최대 강수량, 2개 우량계간의 강우량 비교, 6개 지점우량의 비교 및 주요 호우사상에 대한 시

공간분포 특성 등 기본적인 강우특성 분석을 수행하였다. 그 결과 전적비교 유역평균우량을 기준으로 2008년에는 총 79개 호우사상이 발생한 것으로 분석되었다(12시간 무강우시간 기준). 표 2는 2008년에 발생한 호우사상에 대해 강우량 크기별 분포를 나타낸 것이다. 2008년에 내린 강우량 중 최대 강우지속기간은 7월 23~27일의 호우기간인 96.00시간이었으며, 이 때 설마천 유역에 내린 유역평균 강우량은 347.95mm를 나타내었다. 최대 강우강도는 7월 30일 07:40~12:30분에 발생한 강우로 17.59mm/hr이었다. 최대 강우지속기간은 2007년의 84.33시간보다 짧게 나타났으며, 최대 강우강도도 2007년의 9.40mm/hr보다 크게 나타났다. 2008년에 발생한 호우사상의 평균 강우지속기간은 13.58시간으로 2007년의 12.30시간보다는 다소 길게 나타났다. 평균 강우강도는 0.95mm/hr로 2007년의 1.80mm/hr보다 작게 나타났다. 따라서, 2007년보다 평균 강우지속시간이 길고, 최대 강우강도는 크게, 평균 강우강도는 작게 나타나는 호우의 특징을 보이고 있다.

표 2. 2008년 호우사상의 강우량 크기 분류

강우량(mm)	~ 0.5	0.5 ~ 5.0	5.0 ~ 10.0	10.0 ~ 30.0	30.0 ~ 50.0	50.0 ~ 100.0	100.0 ~	계
사상수(개)	19	28	11	9	2	7	3	79
백분율(%)	24.1	35.4	13.9	11.4	2.5	8.9	3.8	100.0
누가백분율(%)	24.1	59.5	73.4	84.8	87.3	96.2	100.0	-

4.2 유출특성 분석

2008년 설마천 시험구역의 유출특성은 다음과 같다. 유출출구인 전적비교의 경우 6월 이전까지는 8.5 ~

31.6% 정도의 유출을 보였으나(비정상적인 거동을 보이는 동절기 1~2월 제외), 7~9월에는 많은 비로 유출이 많았으며, 이후 10월부터 다시 유출이 감소하는 양상(비정상적인 거동을 보이는 동절기 12월 제외)을 보이고 있다. 사방교의 경우도 전적비교와 유사하나 11~12월의 경우에는 홍수기 이후 하상퇴적의 영향으로 저수위에서 수위의 전이로 다소 불안정한 유출을 보이고 있다.

설마천 시험유역은 기온이 낮아 융설 유출의 특성을 보이는 유역으로 2006년까지 관측되었으나, 2007년과 올해에는 3월 초순의 40mm 이상의 강우로 융설 유출의 특성을 찾기는 어려웠다. 3월부터 6월까지의 강우는 2007년 보다 약 22% 정도의 적은 양을 보인 관계로 유출률도 비교적 적었다. 특히 5월에는 2007년에 비해 약 44% 적은 강우량과 3~4월에도 약 40% 적은 강우량을 보인 관계로 유출률이 매우 적은 8.5%를 보여 매우 극심한 가뭄이 발생하기도 하였다. 홍수기인 7~9월의 강우량은 2007년에 비해 약 26% 정도의 많은 양을 보인 관계로 유출률이 비교적 증가 하였다. 특히 7월에는 2007년보다 매우 많은 강우량을 보여 유출률이 약 75%를 상회하였다. 8~9월에는 2007년보다는 적은 강우량을 보였으나, 8월과 마찬가지로 9월에도 유출률이 70.0%를 상회하는 유출을 보였다. 9월까지 많은 유출이 발생한 원인으로 올해의 강우는 7~9월에 긴 지속기간을 가진 강우발생과 비교적 높은 강우강도, 호우 발생빈도수의 증가가 있었다. 10월에는 적은 강우로 인하여 2007년에 비해 비교적 적은 유출률을 보였으며, 11월 이후에는 2007년과 비슷한 양상을 보였다.

2008년도 연간 유출률은 전적비교와 사방교 지점에서 각각 62.4%, 62.6%를 보였다. 이는 2007년도 연간 유출률인 59.4%, 60.3%(전적비교, 사방교) 보다는 많은 것으로, 2008년은 2007년에 비해 연강우량의 증가(약 15%)로 인하여 다소 많은 유출을 보이고 있다. 그림 3에서 보듯이 두 지점에서 월별로는 부분적인 차이를 보이지만 연간 전반적으로 비슷한 유출고를 보이고 있다. 이것은 상·하류에 있는 두 지점간의 거리가 멀지 않고 유역의 특성이 유사한 결과로 판단되지만, 한편으로는 강우-유출 자료가 비교적 정확하다는 것을 의미한다.

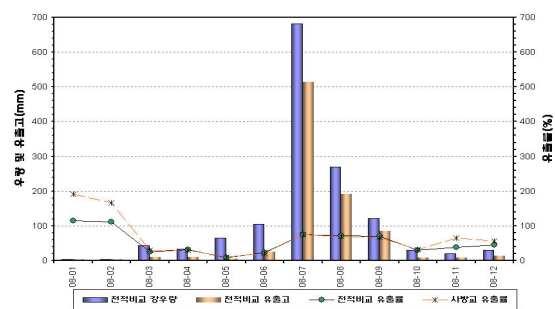


그림 3. 강우-유출 현황(2008년)

5. 유량정보시스템 운영

기존의 유속 및 유량자료의 획득은 비 실시간으로 현지 유량측정을 통해서만 자료의 수집이 가능하였다. 이러한 경우 다양한 수위의 유속 및 유량자료 수집에는 한계가 있으므로 비측정 수위구간 및 결측 발생시에는 자료의 보완이 불가능한 관계로 많은 오차를 수반하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 보완하고 산지 소하천 유역의 특성을 고려하여 저유량 측정은 Parshall Flume(이하, PF)을 이용하였으며, 이 측정구조물 단면을 통하여 평수량 및 홍수량 측정은 Argonaut-SW(이하, A-SW)을 이용하였다. 또한, 도섭법 및 케이블웨이 시스템을 이용한 유속-면적법에 의한 직접 측정을 병행함으로써 유량정보시스템을 운영하였다.

상기에서 제시한 방법별로 측정자료를 비교·평가한 결과 10개의 자료군에 대한 평균 오차율은 다음과 같다. 0.9745m³/s 이하의 유량에서 PF 유량은 수위-유량관계곡선(이하, H-Q) 유량과 약 102.4%(평균)의 오차율을 보였으며, A-SW 유량은 H-Q 유량과 0.9745m³/s 이하에서는 약 86.3%(평균), 0.9745m³/s 이상에서는 약 182.1%(평균)의 오차율을 보였다. PF의 유량은 H-Q 유량과 매우 일치하는 결과를 보이고 있으므로 향후 철저한 유지관리와 운영이 이루어진다면 매우 양호한 유량자료의 생성이 가능하나, A-SW의 유량은 PF에 의해 단면통제를 받는 0.9745m³/s 유량 전·후로 평균유속으로의 환산이 필요하다.

PF 구조물에 의해 단면통제를 받는 0.9745m³ 이하의 유량에 대하여 A-SW 유속과 H-Q 평균유속과의 관계에서 회귀식을 통하여 산정된 환산된 A-SW 유속과 H-Q 평균유속을 비교한 결과 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 0.6m/s 이하의 유속값은 1:1곡선에 비해 환산된 A-SW 유속은 H-Q 평균유속에 비해 작은 값을 보이며, 그 이상에서는 비교적 대칭관계의 산포된 분포를 보이고 있다. PF 구조물 수로(폭 2.1m, 높이 0.35m) 내 수심이 최소 0.12m 이상 확보되어야 A-SW 측정기기는 안정적인 값을 보이므로 전체를 포함한 자료의

관계는 다소 신뢰성이 떨어지는 것으로 분석되었다. PF 구조물에 의해 단면통제를 받는 0.9745m³ 이상의 유량에 대하여 A-SW 유속과 H-Q 평균유속과의 관계에서 회귀식을 통하여 산정된 환산된 A-SW 유속과 H-Q 평균유속을 비교한 결과 유속값은 1:1곡선에 매우 근접하게 산포하고 있으므로 환산된 유속값의 신뢰성은 매우 높은 것으로 분석되었다.

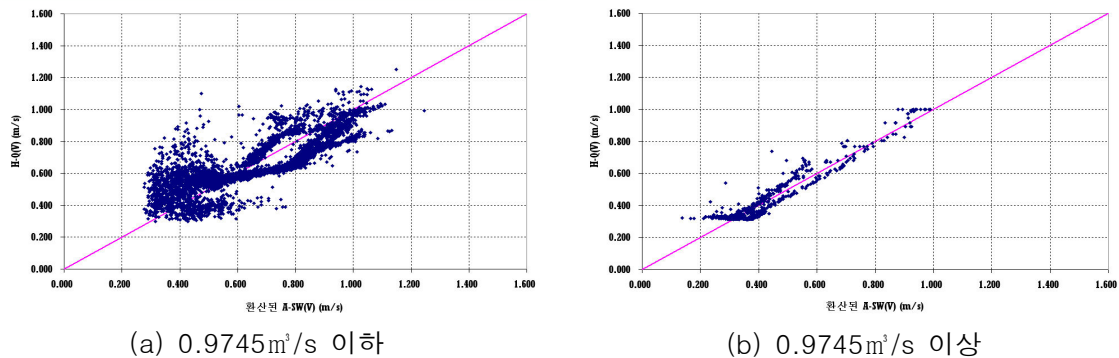


그림 4. 환산된 A-SW 유속과 H-Q 평균유속과의 관계

6. 결 론

본 연구는 설마천 시험유역의 2008년 운영현황을 중심으로 수문조사, 수문자료 수집 검토, 강우-유출 특성 분석, 유량정보시스템 운영 등의 내용을 살펴보았다. 2008년 설마천 시험유역의 수문조사는 많은 향상이 있었으며, 관측기기의 철저한 유지관리 등을 통해 결측을 최소화시킬 수 있었다. 또한, 지속적인 실시간 전송 장비의 운영을 통해 실시간으로 현장의 상황을 파악할 수 있어 관측기기의 신속한 유지관리, 결측 최소화, 유량측정 기회 확대, 신속한 이상치 검토 등이 가능해져 자료의 질을 보다 높일 수 있었다. 관측된 자료에 대해 일상적인 자료처리 시스템을 구축하여 운영함으로써 보다 정밀한 자료를 확보할 수 있도록 노력하였다. 보다 정밀한 유량자료를 만들어내기 위한 노력으로 불확실도 분석, 유출평가 등을 통하여 오차를 더욱 줄일 수 있도록 측정방법을 지속적으로 보완하였다. 그리고, 유량정보시스템 운영을 통하여 유량자료를 실시간으로 생성하고 제공할 수 있는 기반을 확보하였다.

설마천 시험유역의 수문자료가 각종 수문분석에 활용되고, 수문조사 기술의 전파가 이루어지기 위해서는 지속적인 운영이 매우 필요한 상황이다. 안정적인 자료와 수문조사 기술개발을 위한 기반구축을 확보함과 동시에 타 시험유역과의 운영성과 교류 및 자료의 공유를 통한 질적인 성장이 요구된다 할 수 있다. 이러한 관점에서 설마천 시험유역의 운영은 국가 수자원 개발을 위한 선도적인 역할 수행과 유역의 물순환 과정을 한 차원 높여 해석할 수 있는 기반 제공이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 시험유역의 운영 및 수문특성 조사(2008), 한국건설기술연구원 기본사업보고서, 건기연 2008-049.
2. 김동필, 임동희(2007), 유량정보시스템 구축에 따른 산정자료의 비교-평가(설마천 시험유역을 중심으로), 2007년 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
3. Sontek(2005), Argonaut-Series Instruments Technical Documentation Manual Firmware Version 11.0.
4. ISO-748:1997(E)(1997), Measurement of Liquid Flow in Open Channels -Velocity-Area Methods.