

수문관측기기 호우피해에 따른 결측자료의 생성

The Formation of Missing Data through Heavy Rain Damage of the Hydrological Gauging Instrument

김동필*, 이동률**
Dong Phil Kim, Dong Ryul Lee

요 지

한국건설기술연구원의 주요사업인 “산지하천 유역의 홍수예측을 위한 수문조사(2011~2015년)”의 Test-bed 유역중의 하나인 설마천 유역(경기도 파주시 적성면)의 중류부에 위치한 사방교 수위관측소는 2011년 7월 중부지방의 집중호우에 의해 수위관측소가 유실되는 초유의 사태가 발생한 바 있다. 이에 따라 수위관측기기와 부대시설물이 모두 피해를 입었으며, 그 이후 수위관측소 운영이 중단되었다. 다만 유역출구인 전적비교 수위관측소는 일부분 피해가 있었으나, 정상적인 기능을 유지하여 결측이 없는 운영이 이루어졌다.

2011년 사방교 수위관측소의 수위관측 자료는 호우피해 발생 이전 관측자료 수집이 이루어진 2011년 7월 8일 13:30분까지 자료가 있으며, 그 이후는 호우피해에 의한 관측기기의 유실로 모두 결측이다. 따라서 본 연구는 2011년 7월 8일 13:30분 이후 관측이 이루어지지 못한 사방교 수위관측소의 유량자료를 모의 생성한 후 유역출구인 전적비교 수위관측소의 유량자료와 상·하류 유량 및 유출률 검토를 통하여 미관측기간의 결측자료를 최종 생성하였다. 최종 모의 생성된 유량자료는 2011년 이전의 유역의 수문학적 특성과 매우 유사한 경향을 보이므로 모의 생성된 결과는 매우 양호한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 설마천 유역의 지속적인 운영과 아울러 6개 우량관측소의 우량자료와(2011년 7월 집중호우에 의해 1개 우량관측소 유실 발생), 유역출구인 전적비교 수위관측소의 신뢰성 높은 수위, 유량자료가 있었기에 가능한 일이다. 설마천 유역 수문자료는 홈페이지(<http://seolmacheon.kict.re.kr>)와 동시에 운영되는 ‘설마천-차탄천 수문정보시스템’을 통해 유역 정보 및 자료를 저장하고 있으며, 제공을 통해 자료를 공유하고 있다.

핵심용어 : 설마천 유역, 집중호우, 결측자료 생성, 설마천-차탄천 수문정보시스템

1. 서 론

국가 수자원 계획 및 관리, 수문설계 등에 기본적으로 필요한 요소는 강수량, 수위, 유량 등과 같은 기초 수문자료이다. 이들 자료는 신뢰성이 있어야 하며 동시에 지속적인 관측에 의한 장기간의 자료가 축적되어야 한다. 한 유역내에 불가피한 기상 돌발상황이 발생하여 관측을 하지 못하는 상황이 발생하더라도 장기간의 자료가 축적되어 있다면 이전의 가용한 수문자료와 상하류의 관측자료를 이용하여 결측을 보완할 수 있다.

설마천 유역은 이러한 조건을 충족하는 유역으로 설마천 유역의 중류부 위치한 사방교 수위관측소는 2011년 7월 24~28일 발생한 657.9mm의 호우로 인한 관측기기의 유실로 결측이 발생하였으나, 2000년 이후부터 관측기기 유실 발생 이전까지 수위, 유량자료를 지속적으로 축적해온 관측소로 이러한 자료로부터 결측기간의 수문자료를 생성할 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 사방교 수위관측소의 유역평균우량(2010년 1월~2011년 12월), 유량(2010년 1월~

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 수석연구원 · E-mail : dpkim@kict.re.kr

** 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 연구위원 · E-mail : dryi@kict.re.kr

2011년 7월)과 증발산량(2010년 1월~2011년 12월, 2011년에는 설마천 유역에서 기상관측이 이루어지 못하였으므로 인근 동두천, 문산 기상청의 2개년 기상자료를 이용하여 산정) 자료의 이용과 모형의 적용을 통하여 결측기간의 유량자료를 모의 생성한 후 유역출구인 전적비교 유량자료 및 유출률 검토를 통하여 유량자료를 확정하였다. 최종 생성된 유량자료는 2011년 7월 이전의 유역의 수문학적 특성과 매우 유사한 경향을 보이므로 모의 생성된 결과는 매우 양호한 것으로 판단된다.

2. 유역 개요

설마천 유역은 설마천 전체유역(경기도 파주시 적성면 소재)의 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 상류 유역이다. 설마천 시험유역은 유역면적 8.48km², 유로연장 5.59km인 전형적인 산지 하천이다. 수계형상은 대체로 수지상의 모양을 보여주고 있으며 유역형상은 수협상에 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 시험유역에서 가장 높은 감악산(EL. 675m)이 위치하고 있다. 도로를 따라 위치하는 주 하천은 그림 1의 유역도에서 보는 바와 같이 전형적인 곡류하천의 형태를 보이고 있다.

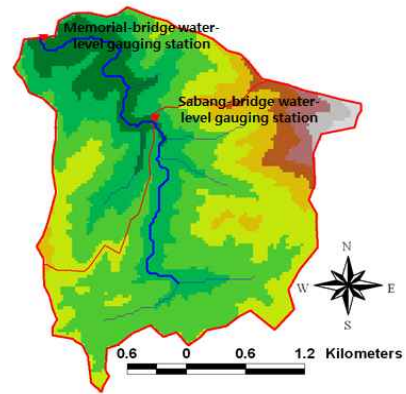


그림 1. 설마천 유역도

3. 수문관측 및 자료수집 검토

3.1 수문관측 현황

설마천 유역에는 우량관측소 6개소(범륜사 유실, 2011년 7월), 하천수위관측소 2개소(사방교 유실, 2011년 7월), 기상관측소 1개소(2011년 미운영) 및 지하수위관측소 2개소가 설치되어 있다. 우량, 하천수위, 기상관측의 시간단위는 10분이며, 지하수위관측의 시간단위는 1시간으로 운영된다. 표 1은 우량, 하천수위, 기상 및 지하수위관측소의 관측기기 현황을 나타내고 있다.

표 1. 수문관측소 관측기기 내역

| 지 점 | 전적비교 (010220) | 비룡포대 (010230) | 빈배이 (010237) | 설마리 (010240) | 범륜사 (010245) | 감악산 (010250) | 사방교 (010235) |
|-------------|-------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 우량 관측소 | 전도형 전도형(실) | 전도형 전도형(실) | - 전도형(실) | 전도형 전도형(실) | 중량형 전도형(실) | 중량형 전도형(실) | - |
| 하천수위 관측소 | 목자관 음파식 기포식 부자식 초음파식(실) | - | - | - | - | - | 목자관 음파식 기포식 부자식 초음파식(실) |
| 기상 관측소 | - | AWS | - | - | - | - | - |
| 지하수위 관측소 | 기포식 | - | - | 기포식 | - | - | - |

- (실) : 실시간 전송장치가 장착된 시스템
- 기상관측은 기온외 13항목 측정

3.2 수문자료 수집 및 검토

설마천 유역의 사방교 수위관측소의 관측기기 호우피해에 따른 결측자료의 생성을 위한 수문자료는 표 2와 같다. 수문분석을 위한 대상기간의 자료는 2010년 이후의 자료만을 이용하였으며, 수문분석을 위한 시간 간격은 일단위로 하였다. 관측된 6개 우량관측소의 지점우량을 타 지점과 비교 검토하여 확정하였으며, 티센가중법을 적용하여 유역평균우량을 산정하였다. 유역의 증발산량 산정을 위한 최소한의 기상자료로는 일기온(최고, 최저), 일상대습도(최대, 평균, 최소), 일평균 풍속, 일조시간, 관측소고도, 위도자료 등이다. 이들 기상자료는 설마천 유역 인근에 위치한 동두천, 문산 기상청의 자료를 이용하였다. 그리고, 2010년에 개발된 사방교 수위관측소의 수위-유량관계곡선식 등이 있다.

표 2. 수문자료 수집 현황

| 구분 | 지점 | 기간 | 비고 |
|------------|--|-----------|---|
| 우량 | 설마천 유역(전적비교, 비룡포대, 빈배이, 설마리, 범륜사, 감악산) | 2010~2011 | · 하천수위 : 사방교(2010. 1. 1~2011. 7. 8) · 수위-유량관계곡선식 : 사방교(2010) |
| 하천수위 | 설마천 유역(전적비교, 사방교) | 2010~2011 | |
| 수위-유량관계곡선식 | 설마천 유역(전적비교, 사방교) | 2010~2011 | |
| 기상 | 동두천, 문산(기상청) | 2010~2011 | |

4. 수문분석

4.1 수문분석 모형

설마천 유역의 사방교 수위관측소의 관측기기 유실 이후의 결측기간의 유출량을 모의하기 위한 분석 모형으로는 NWS-PC 모형을 선정하였다. 미국 국립 기상국(NWS)의 수문예측사업 그룹은 강수, 눈의 축적과 용해, 토양함수상태의 계산, 흐름에 대한 매개변수 최적화 등의 유출 예측 체계를 프로그래밍하여 NWSRFS 모형을 개발하였으며, NWS-PC 모형은 NWSRFS 모형의 축소모형으로 크게 토양함수 상태계산 부모형과 흐름에 대한 추적 부모형으로 구분된다. 토양함수 상태계산 모형은 수문순환 과정의 토지부분에서 입력된 강우를 하도 흐름의 유입량으로 변환시키며, 흐름에 대한 추적 모형의 기능은 하도 유입량의 유역 또는 소유역 출구의 유출로 추적하며 운동과 추적법이나 단위도 Muskingum 방법의 조합을 사용한다. NWS-PC 모형은 1시간단위 또는 일단위의 유출 분석에 적합한 모형으로 입력되는 자료는 유역에 적용할 토양함수 상태 관련 매개변수 및 하도추적을 위한 유역특성자료가 포함된 주입력 파일과 강우량, 잠재증발산량, 유출량 등이 입력되어 있는 총 4개의 입력화일이 요구된다.

4.2 모의 분석 결과

설마천 유역의 2010년 1월~2011년 6월까지 모형 모의의 보정기간으로 설정하였으며, 그 이후 2011년 7~12월까지 일별 유출량을 모의함으로써 사방교 수위관측소의 모의유출을 얻을 수 있었다. 그림 2 및 표 3과 같이 2011년의 유출률을 유역출구인 전적비교와 함께 분석한 결과 연간 유출률은 전적비교 84.6%, 사방교 83.3%의 유출률을 보이고 있다. 두 지점에서 매우 유사한 연간 유출율을 보이고 있으므로 모의 생성된 유출은 매우 양호한 값이라고 볼 수 있다. 다만, 2011년 9~11월에는 유출률에서는 다소 차이를 보이고 있으므로 보다 정교한 매개변수 산정이 요구된다.

본 연구에서는 모형의 모의를 통하여 얻어진 결과만을 비교 검토 하였으나, 하상단면의 큰 영향이 없는 기간을 설정하여 관측자료만을 가지고 상하류 수위관계(유량관계) 및 지체시간을 고려한 결측기간의 수문자료를 생성할 계획에 있다.

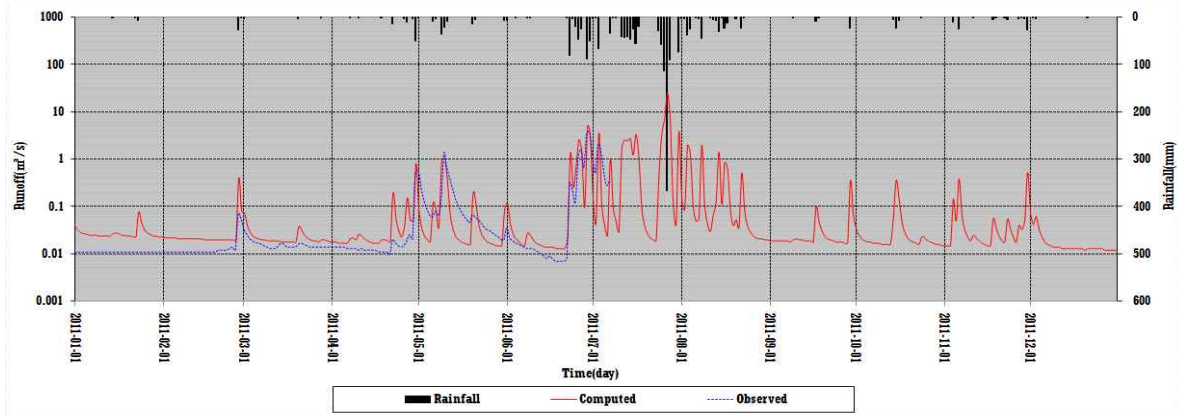


그림 2. 유출량 모의 분석 결과(사방교 수위관측소)

표 3. 월별 강우-유출 현황(2011년) 및 분석 결과

| 기간(년-월) | 전적비교 총강우량 (mm) | 전적비교 총유출고 (mm) | 전적비교 유출률 (%) | 사방교 총강우량 (mm) | 사방교 총유출고 (mm) | 사방교 유출률 (%) |
|---------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 2011-01 | 7.7 | 12.2 | 158.4 | 7.7 | 6.1 | 79.2 |
| 2011-02 | 26.4 | 11.1 | 42.0 | 26.7 | 7.3 | 27.3 |
| 2011-03 | 7.1 | 20.1 | 283.1 | 7.8 | 8.5 | 109.0 |
| 2011-04 | 84.3 | 16.3 | 19.3 | 85.0 | 14.9 | 17.5 |
| 2011-05 | 108.7 | 72.3 | 66.5 | 105.2 | 86.3 | 82.0 |
| 2011-06 | 320.6 | 201.8 | 62.9 | 324.7 | 199.1 | 61.3 |
| 2011-07 | 1,107.3 | 1,149.6 | 103.8 | 1,110.1 | 1,130.7 | 101.9 |
| 2011-08 | 225.1 | 207.0 | 92.0 | 221.3 | 171.1 | 77.3 |
| 2011-09 | 31.2 | 8.3 | 26.6 | 32.9 | 18.3 | 55.7 |
| 2011-10 | 34.5 | 6.3 | 18.3 | 36.3 | 19.4 | 53.4 |
| 2011-11 | 85.9 | 11.5 | 13.4 | 81.2 | 31.5 | 38.7 |
| 2011-12 | 5.9 | 13.6 | 230.5 | 5.4 | 10.0 | 184.8 |
| 계 | 2,044.7 | 1,730.1 | 84.6 | 2,044.3 | 1,703.2 | 83.3 |

· 2011년 7~12월의 사방교 총유출고 및 유출률은 모의 분석결과 자료임.

5. 결 론

본 연구는 설마천 유역의 중류부 위치한 사방교 수위관측소의 2011년 7월 24~28일 발생한 657.9mm의 호우로 인한 관측기기의 유실로 결측이 발생한 바 있으며, 지속적으로 축적해온 수문자료로부터 결측기간의 수문자료를 생성하였다. 즉, 사방교 수위관측소의 2011년 7~12월의 모의 유량 자료를 생성하였으며, 유역출구인 전적비교 유량자료와 비교 및 유출률 검토를 통하여 유량자료를 확정하였다. 최종 생성된 유량자료는 2011년 7월 이전의 유역의 수문학적 특성과 매우 유사한 거동을 보이고 있으므로 모의 결과는 매우 양호한 것으로 판단된다.

이러하듯이 국가 수자원 계획 및 관리, 수문설계 등을 위해 수문자료는 매우 중요하다. 이들 자료는 신뢰성이 있어야 하며 동시에 지속적인 관측에 의한 장기간의 자료가 확보되어 있어야 한다. 한 유역내에 불가피한 기상 돌발상황이 발생하여 관측을 하지 못하는 상황이 발생하더라도 장기간의 자료가 축적되어 있다면

이전의 가용한 수문자료와 상하류의 관측자료를 이용하여 결측을 보완할 수 있다.

따라서, 설마천 유역과 같은 중소규모 이하의 Test-bed 유역의 지속적인 운영은 반드시 필요하다. 본 연구의 대상유역인 설마천 유역의 수문자료가 각종 수문분석에 활용되고, 수문조사 기술의 전파가 이루어지기 위해서는 지속적인 운영이 매우 필요한 상황이다. 이러한 관점에서 설마천 유역의 운영은 국가 수자원 개발을 위한 선도적인 역할 수행과 유역의 물순환 과정을 한 차원 높여 해석할 수 있는 기반 제공이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업인 산지하천 유역의 홍수예측을 위한 수문조사의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김동필 (2011), 설마천 시험유역 수문자료 분석, 제5회 수문조사 심포지엄.
2. 한국건설기술연구원 (2011), 산지하천 유역의 홍수예측을 위한 수문조사, KICT 2011-069.
3. 한국건설기술연구원 (2010), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사, 건기연 2010-089.
4. 김동필, 이남훈 (2011), 2010년 설마천 시험유역의 운영, 2011년 한국수자원학회 학술발표회 논문집.