

설마천 시험구역의 운영

홍일표

1. 서론

제반 수문 자료의 획득은 수문학의 근간이 되는 것으로서 강수량, 유출량, 증발산, 토양수분, 지하수, 수질 및 기상 등과 같은 관측자료는 수문분석에 앞서서 자료의 신뢰도와 정확성을 기본으로 하는 것이다. 이와 같은 자료의 수집은 비교적 유역면적이 작은 소규모 유역을 대상으로 유역 특성과 더불어 수문·기상 등 기초자료에 대한 관측이 지속적으로 이루어져야 한다. 그러나 우리나라의 경우 소유역을 대상으로 하는 지속적인 수문관측이 잘 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 비교적 소유역을 대상으로 지속적이고 정확한 수문·기상 자료를 수집하고자, 경기도 파주시 적성면에 있는 '설마천'을 시험구역으로 선정하고 관측기기를 설치하여 수문·기상 자료를 측정하였다. 시험유역을 운영하고자 하는 목적은 유역의 물 순환을 밝히고자 하는 것으로 1차적으로는 신뢰성있는 수문자료의 지속적인 수집에 있다.

시험유역 운영의 1차년도인 '95년에는 시험유역의 위치를 선정하고 우량관측소 1개소와 수위관측소 1개소를 설치하였으며, 2차년도인 '96년에는 우량관측소 1개소, 수위관측소 1개소, 자동기상관측소 1개소를 추가로 설치하여 현재 운영중에 있다.

2. 유역의 선정

한국건설기술연구원의 청사가 97년 경기도 일산으로 이전하므로 유역의 관리와 접근의 용이성 등을 고려해 이 곳에서 차량으로 1시간 정도의 거리에 위치한 지역으로 소하천이 있는 산지지형을 우선 1/50,000 지형도 상에서 선정하였다. 이런 조건에 의한 자연상태 유역을 선정하는 과정에서 파주군 지역의 7개 유역이 일차적으로 선정되었다. 그리고 선정된 7개의 후보지 별로 현지답사를 실시하였다. 현지답사에서는 유역의 개황과 하천 수로의 상태와 인접 지역으로의 수로 변경, 용수공급, 하천의 수질 상태와 상시유량의 크기, 저수지, 호수 및 보 등과 같은 기존 수공구조물 현황을 조사하였고 또한 이런 시설물의 향후 건설계획도 조사하였다. 우량과 수위 및 유량 관측소의 후보지 및 토지 이용상태 등을 조사한 후 이를 유역의 크기, 토지이용 상태, 접근성, 수질 등 각종 조건을 검토하여 설마천 유역을 시험구역으로 선정하였다.

3. 유역 개황 및 특성

3.1 개황

설마천은 임진강 하구에서 약 46 km 상류인 경기도 파주시 적성면에 위치하고 있는 임진강의 제 1지류로서, 전체 유역면적 18.5 km², 유로연장 11.3 km인 수지상 형태를 가지고 있는 하천이다. 이 중에서 설마천 유역의 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구점으로 하는 지역을 시험유역으로 선정하였다. 설마천 시험유역의 지도상 위치는 동경 126° 55' 54" ~ 126° 54' 57", 북위 37° 54' 57" ~ 37° 56' 23" 로서 유역면적 8.5 km², 유로연장 5.8 km인 전형적인 산지 하천이다. 유역내에 군부대가 많은 관계로 비교적 개발이 덜 되었으며, 향후 개발의 정도가 낮을 것으로 판단된다. 이 유역은 대부분이 산악지형으로 이루어져 있으며, 유역의 동쪽엔 감악산(EL. 675 m)이 위치하고 있다.

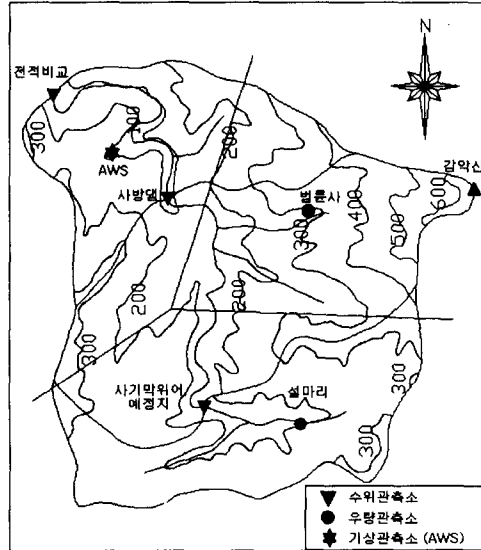


그림 1 설마천 시험유역 티센망도

하천의 형태는 수지상에 직각상이 결합된 형태를 보이고 있으며, 도로를 따라서 발달한 주 하천은 전형적인 사행하천의 형태를 보이고 있으며, 3개의 소유역으로 구분하였다(그림 1 설마천 시험유역 티센망도 참조).

3.2 지형

유역의 지형특성은 수위관측소를 기준으로 소유역별로 조사하였다. 전체 유역면적이 8.5 km²인 점을 감안 할 때 각종 지형인자는 보다 대축척의 지도를 이용했어야 하나, 본 설마천 유역에 대한 지도는 1/25,000 지형도가 최대이므로 1/25,000 지형도를 이용하여 표 1과 같이 소유역별로 유역면적과 유로연장을 구하고, 유역 평균폭과 형상계수, 유역의 중심장 등을 구하였다.

표 1 설마천 유역 지형 특성인자

유역별 구분	1번유역 (위어 예정지)	2번유역 (사방댐)	3번유역 (전적비교)	설마천 하구	비 고
유역면적	2.2	6.4	8.5	18.5	km ²
본류 유로연장	1.1	3.5	5.8	11.2	L=km
본지류 유로연장	1.9	6.0	8.8	-	L'=km
유역의 중심장	0.4	1.0	2.0	-	km
유역 평균폭	2.00	1.83	1.47	1.64	A/L=km
형상계수	1.58	0.52	0.25	0.15	A/L ²
하천밀도	1.64	5.63	9.11	-	L ² /A

3.3 지질 및 산림 토양

설마천 시험유역은 선캠브리아기의 경기편마암 복합체로 구성되어 있다. 유역의 남부에는 주로 호상의 엽리를 보이는 편마암이 우세하고, 북부로 가면서 안구상 편마암이 우세하게 발달하

며, 곳에 따라 재결정된 규암과 변성 관입암류가 관찰된다. 일반적으로 화강암은 불투수층으로 분류되며, 설마천 시험구역의 편마암은 근본적으로 화강암에서 기원한 것으로 보임으로 불투수층으로 분류될 수 있으나, 절리가 비교적 많이 발달하고 엽리의 발달이 강하여 소량의 지하수를 함유할 수 있으며, 절리가 강하게 발달하는 구간에서는 상당량의 물을 함유할 수 있는 것으로 보인다. 그러나 일반적으로 변성암에서 주로 관찰되는 단층대를 통한 다량의 물은, 특징적인 단층대의 발달로 상대적으로 불량하다고 본다. 이 지역은 절리가 많이 발달하고 있으나, 절리나 단층의 틈이 좁고 연장성이 강하지는 않아서 유량이 적을 경우에는 대부분 지하수로 유입되지 못하고 지표수에만 영향을 주겠지만, 어느 정도의 유량을 넘어서면 지하수위를 상승시키고 하천수의 상승으로 즉시 반영될 것으로 보인다. 그러므로, 이 지역은 갈수기에는 수량이 급격히 감소하여 소량의 물이 지표수로 흐르나, 토양층의 두께가 얇으며 암석의 함수능력이 미약하고 경사가 급하기 때문에 우기에는 수위가 급격히 증가할 것으로 보인다.

설마천 구역의 임상은 아교목 또는 관목상태의 활엽수림과 혼효림이 대부분을 차지하고 있으며, 계곡 근처 사면의 하부에 국소적으로 일본잎갈나무와 잣나무가 식재되어 있다. 또한, 산림의 층상 구조가 발달하지 않아 구역의 산림이 가지는 수원의 함양 능력은 대단히 낮은 것으로 평가되며, 산지 사면에 산재한 다량의 석력은 여름철 강우시나 집중호우시 지표면 유출수와 함께 이동하여 2차 하천에 유입됨으로써 토석류를 유발할 우려가 높기 때문에 2차 하천에 토사의 이송 및 토석류 등에 의한 재해를 방지하기 위한 사방댐이나, 토석 이동 억제장치의 설치가 필요한 것으로 판단된다.

4. 수문·기상관측소의 설치 및 운영

설마천 시험구역에는 '96년 12월 현재 우량관측소 2개소, 수위관측소 2개소, 기상관측소 1개소가 설치되어 있다. 일반적으로 수문·기상 관측소는 해당 구역내에 고르게 분포되어야 하는 것이 원칙이라고 할 수 있다. 그러나 설마천 시험구역의 경우 구역의 우량계가 주로 구역의 좌측에 설치되어 있으며, 이는 우측 능선은 군 작전상 통제지역으로 관측기기의 설치가 어려운 상태이기 때문이다. 1차년도인 '95년부터 현재까지 관측기기의 개략적인 설치 내역은 표 2와 같다.

설마천 시험구역에서 강우량을 측정할 수 있는 관측소는 우량관측소 2개소, 기상관측소 1개소로 모두 3개소이다. 또한, 현재 운영중인 수위관측소는 사방댐과 전적비교 수위관측소로 2개소이며, 상류의 위어 설치 지점은 당초 위어를 별도로 설계하여 설치하고자 하였으나 예산과 현지 여건

표 2 관측기기 설치 내역

종류	지점	설치 내역	비고
수위관측소	위어	• 설치 계획중	
	사방댐	• 96년 6월 설치 시험운영 • 96년 7월 홍수시 매물 • 96년 10월 보수 운영	
	전적비교	• 95년 10월 음파수위계 • 95년 11월 기포식 수위계 • 96년 7월 부자식 수위계	
우량관측소	설마리	• 95년 9월 설치 • 97년 3월 이설	장소 부적합으로 이설
	범륜사	• 96년 7월 설치 • 96년 8월 재설치	기록계 고장으로 재설치
기상관측소 AWS		• 96년 7월 1차 설치 • 96년 9월 설치완료	강우량, 온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사량, 일조량, 토양수분, 지중온도

상 설치가 보류된 상태이다. 현재 설치가 보류된
 위어 설치 지점까지 고려하여 구성된 티센망과
 티센계수는 그림 1 및 표 3과 같다.

당초 설마천 시험구역의 상류부에는 유량측정
 용 위어를 설치하고, 중류부의 사방댐과 유역 출
 구인 전적비교에 수위관측소를 각각 설치하기로
 계획하였다. 그러나, 상류에 설치하기로 계획하였
 던 위어는 예산 및 여러가지 여건상 설치를 보류
 하였다. 현재 설마천 시험구역내 수위관측소는 2
 개소로 사방댐 수위관측소에는 음파수위계를, 유
 역 출구인 전적비교 수위관측소에는 음파수위계,
 부자식 수위계 및 기포식 수위계 등 3가지 종류의 수위계를 함께 설치하여 운영하고 있다.

표 3 설마천 유역 티센지배면적과 티센계수

수위관측소 소유역별	구분	우 량 관 측 소			계
		사기막	법륜사	AWS	
사기막위어	면적 (km ²)	2.09	0.03	0.08	2.20
	티센 계수	0.94	0.02	0.04	1.00
사방댐	면적 (km ²)	3.24	2.24	0.82	6.40
	티센 계수	0.52	0.35	0.13	1.00
전적비교	면적 (km ²)	3.28	2.71	2.51	8.50
	티센 계수	0.38	0.32	0.30	1.00

5. 자료의 수집 및 분석

본 연구에서 현재 상시 운영하고 있는 설마천 시험구역내의 수문·기상관측소는 위에서 언급
 한 바와 같이 수위관측소 2개소, 우량관측소 2개소, 자동기상관측소 1개소관측로 관측항목은 수
 위, 우량, 기상(우량, 풍향, 풍속, 일사, 일조, 온도, 습도, 지중온도, 토양수분 등) 등이다.

갈수시와 홍수시 유역 출구인 전적비교 지점에서 유량 측정을 실시하여 수위-유량 관계를 도
 출하였다. 소유역별로 유량측정시 간이 수질측정기를 이용하여 수질측정을 병행하였으며, 생물화
 학적 산소요구량(BOD)을 비롯한 일부 실험실 분석 항목은 별도로 샘플을 채취하여 실험실에 의
 뢰하여 분석하였다.

특히, 7월 26일~7월 28일에 635 mm의 집중호우로 인한 홍수가 발생하였으며, 이 당시의 강우
 자료와 수위자료를 수집하고 홍수상황을 기록하였다.

5.1 수위·우량 및 기상 관측

수위·우량 및 기상 자료의 관측은 설마천 시험구역이 유역면적이 8.5 km²인 급경사의 산지하천
 으로 도달시간이 1시간 이내로서 10분 단위로 측정할 수 있도록 하였다.

5.2 유량측정

설마천 시험구역에서는 유속계를 이용하여 유량측정을 하였으며, 마그네틱 유속계와 프로펠
 라 유속계를 사용하였다. 유량측정은 주로 수질측정과 병행하여 수행하였으며, 갈수시는 출장시
 수시로 측정하고 홍수시는 상주하면서 유량측정을 하였다. 갈수시 유량측정 지점은 위어 설치 예
 정 지점, 사방댐, 전적비교 등 3개 지점이며, 홍수시에는 전적비교 수위관측소에서만 유량측정을
 하였다.

전적비교는 설마천 시험구역의 출구로 갈수시 주기적으로 유량측정을 하였으며 홍수시에는 유역에 상주하며 유량측정을 실시하였으며, 그림 2에 유량측정 결과를 도시하였다.

일반적으로 유속계를 이용하여 유량측정을 하는 경우, 측정 단면을 여러 개로 나누고, 각 단면별로 수심에 따라 1점법, 2점법 또는 3점법을 이용하여 유속을 측정하는 것이 가장 바람직한 방법이다. 그러나, 이러한 원칙적인 유량측정 방법은 평수시나 갈수시에 가능하며 홍수시라 하더라도 유속이 그다지 빠르지 않은 경우에 사용할 수 있는 방법으로, 홍수시 유속이 매우 빠른 경우에는 유량측정시 이러한 원칙적인 방법들이 지켜지기가 힘들다고 할 수 있다.

5.3 7월 홍수

96년 7월 26일부터 7월 28일까지 3일에 걸쳐서 경기 북부에 내린 집중호우로 임진강 유역에 홍수가 발생하였으며, 임진강의 제 1지류인 설마천 시험구역도 홍수가 발생하였다. 7월 26일 03:00부터 7월 28일 09:00까지 최대 시우량 60mm, 총강우량 635mm의 집중호우가 발생하였으며, 이 기간 동안 유역 출구인 전적비교에서의 수문곡선을 그림 3에 나타내었다.

5.4 수질측정 및 분석

설마천 시험구역에서 유량측정시 수질측정을 병행하여 실시하였다. 설마천 시험구역에서 수질을 측정한 지점은 유역의 상·중·하류에 해당하는 위어 예정지, 사방댐 및 전적비교이다. 설마천 시험구역의 계절별 수질변화 상황을 조사하기 위해서 5월, 6월, 8월, 11월에 BOD, COD, DO, Turbidity, T-N, T-P 항목에 대한 수질조사를 실시하였다. BOD 항목만으로 볼 때, 설마천 시험구역의 수질은 대체로

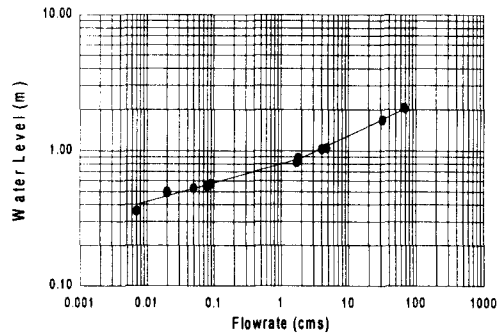


그림 2 전적비교 수위-유량 관계

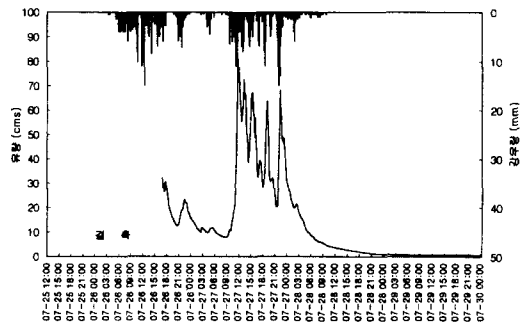


그림 3 전적비교 수문곡선

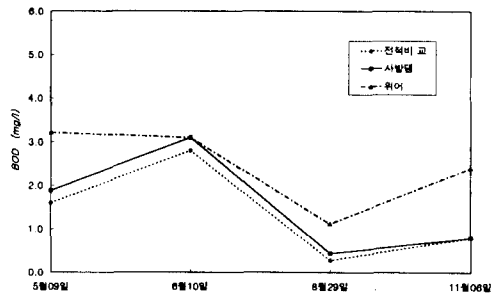


그림 4 BOD 변화 추이

I 급수~II 급수에 해당하는 것으로 판단된다(그림 4 참조).

5. 연구 결과 및 결론

시험유역의 운영이란 1년 또는 2년의 단기간으로 완결되는 일과성의 연구가 아니라 장기적으로 운영하며 자료를 축적하여야 하는 것으로 기본적인 수문·기상 자료는 지속적인 관측이 필요하며, 특정 연구목적에 따라 그에 부합하는 자료의 수집이 요구된다. 시험유역에서 지속적이고 정확한 자료의 수집을 위해서는 하천 단면의 변화를 조사하고 산림 및 토지 이용에 관한 지속적인 조사뿐만 아니라, 관측기기의 추가 설치와 보완 및 지속적인 점검등이 필요하다.

설마천 시험유역의 운영에 대한 본 연구에서 수행된 내용과 얻어진 결과는 다음과 같다.

1) 95년도에 시험유역의 위치를 선정하고 수위관측소 2개소, 우량관측소 2개소, 자동기상관측소 1개소를 설치하여 수문·기상 자료를 관측하였다.

2) 소유역별로 유량 측정을 하여 전반적인 유황을 검토하고, 전적비교에서의 수위-유량 관계를 도출하였다. 또한 갈수시 유량 측정과 더불어 BOD, DO, 탁도 등을 비롯한 수질 측정을 병행하였다. 수질 측정 및 분석 결과 설마천 시험유역의 수질은 대체로 1급수에서 2급수까지 유지하는 것으로 나타났다.

3) 96년 7월 집중호우시 7월 26일~7월 28일 설마리 우량관측소에서 관측된 총우량은 635mm이며, 호우기간중 지속기간 24시간의 최대 강우량은 358mm로 관측되었다.

4) 96년 시험유역 출구인 전적비교에서 직접 측정된 최소 유량은 0.007 m³/sec 이며, 홍수시 측정된 최대유량은 68 m³/sec 이었다(68 m³/sec 이상은 유속계 고장으로 측정하지 못하였음). 또한, 홍수시 측정된 최대 유속은 4.9m/sec 이었다.

6) 시험유역 출구에 설치된 수위관측소에는 음파수위계, 기포식 수위계, 부자식 수위계 등 3가지 종류의 수위계를 설치하여 적합성을 검토한 바, 음파수위계의 경우 수위측정 간격이 임의로 조정이 가능하고 설치가 간편하며 비교적 정확도가 높은 것으로 나타났다. 또한 하천 결빙시 수위를 측정하기 위한 목적으로 기포식 수위계를 설치하였으나, 설마천 시험유역의 경우 동절기에 전적비교 지점에서는 하천 바닥까지 결빙되어 기포식 수위계를 사용할 수 없었다.

(설마천 시험유역의 운영은 한국건설기술연구원 수자원연구실에서 특수과제로 수행중인 연구사업으로 유량측정을 비롯한 현지 실측시 전 실원의 참여로 이루어지고 있다.)

참고문헌

한국건설기술연구원(1995), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구(1차년도), 건기연 95-WR-1102-1
한국건설기술연구원(1996), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구(1996년 설마천 시험유역), 건기연 96-099