

## 중랑천 도시홍수 시험유역의 운영과 활용



배 덕 호 |

세종대학교 토목환경공학과 교수  
dhbae@sejong.ac.kr



이 종 태 |

경기대학교 토목환경공학과 교수  
jilee@kyonggi.ac.kr

### 1. 머리말

지속적이고 체계적인 관측을 통해 수집된 양질의 수문자료는 수자원의 계획과 홍수 재해의 피해 방지를 위한 연구 및 실행에 가장 기본적인 사항이다. 이러한 수문자료의 체계적인 관리를 위해 우리나라에서도 국제수문개발계획(IHP)에서 운영하고 있는 시험유역, 실마천 시험유역 및 농업용수관리를 위한 이동 시험유역, 댐 운영 및 물수지 분석을 위한 용담댐 시험유역, 동의대 도시유출 시험유역 등 각 연구 목적에 맞게 시험유역을 구성하여 운영 중에 있다. 또한 도시홍수재해기술연구사업단(이하 사업단)에서는 도시화에 따른 영향으로 발생 가능한 급작스러운 홍수 피해 방지를 위해 홍수 예·경보시스템의 구축이나 도시유출해석을 위해 필요한 수문자료 제공을 목적으로 중랑천을 선정하여, 2004년에 시험유역 관측망을 구성한 후 2005년부터 현재까지 운영되고 있다.

중랑천 시험유역의 운영목적은 도시호우 및 홍수에 대한 해석기법 개발, 도시홍수설계, 도시홍수예경

보 시스템 개발, 유역종합치수계획 수립 등 여러 분야에 활용할 수 있도록 상시 자료수집 체계를 확립하고 지속적인 자료수집과 분석을 수행하는 것이다. 중랑천 시험유역은 중랑천 전체 유역에 대한 강우 및 수위자료 수집을 위해 Large-scale 개념으로 각 지자체 자료 및 기상청, 건설교통부 자료를 D/B화하여 운영하고 있으며 수위-유량 관계곡선식을 개발하고 있다. 또한 도시배수구역의 유출특성분석을 위해 Macro-scale 개념으로 어린이대공원, 신내, 군자배수구역 등 특정 소규모 유역에 대해 수문자료를 수집하고 있다.

이에 중랑천 도시홍수 시험유역의 구축 및 운영과 수집된 수문관측자료의 활용현황을 소개하고자 한다.

### 2. 중랑천 도시시험유역 구축 및 운영

#### 2.1 Large-scale 개념의 중랑천 도시시험유역

##### 가. 중랑천 도시시험유역의 특성

중랑천은 유역면적 299.60km<sup>2</sup>, 유로연장 37.17km, 유역평균폭 8.06km로서, 서울시와 경기도가 각각 전체유역의 60%, 40%를 점하고 있으며, 대부분 고밀도의 도시지역이고 농경지는 주로 중·상류부의 제1, 2지류 연안에 다소 분포하고 있으며 유역의 평균고도는 EL.107.2m 이다. 중랑천 유역은 행정구역상 경기도와 서울시지역으로 구분되며, 경기도는 의정부시, 양주군 주내면, 그리고 서울시지역은 도봉구, 노원구, 강북구, 성북구, 중랑구, 광진구, 성동구, 종로구, 중구 등을 포함하고 있다. 중랑천 분류 및 지천별 수계도는 그림 1과 같다. 또한 중랑천 유역



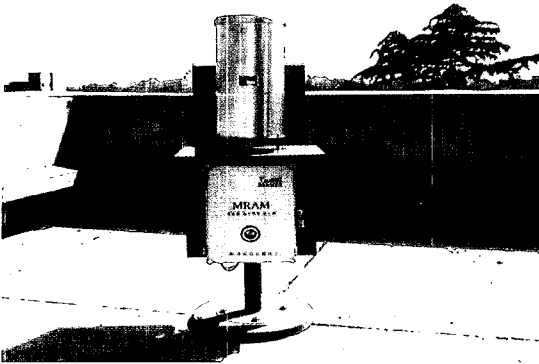


그림 3. 노원구청 사업단운영 강우계



그림 4. 월계1교 사업단운영 강우계

료의 신뢰성이 건설교통부의 홍수통계소 자료나 기상청 자료보다 떨어지는 것으로 생각되어 왔다. 이에 중랑천 시험유역에서 활용하고 있는 서울시·의정부의 수문자료의 이용에 대한 적절성 검토가 필요하다고 판단되어 이를 수행하였다. 이를 위해 사업단에서는 그림 3~4와 같이 2005년부터 서울시에서 운영 중인 강우관측소 중 노원구청, 휘경빗물펌프장, 수위관측소 중 월계 1교, 건교부 관할 수위관측소인 중랑교에 각각 강우계와 수위계를 설치 운영 중이다. 서울시와 사업단에 운영된 수문관측자료의 비교 결과 중랑천 시험유역의 운영을 위해 활용되는 서울시의 수문관측자료들이 어느 정도 신뢰성을 갖고 있으며 이의 활용이 적절한 것으로 판단되었다. (배덕효 등, 2007).

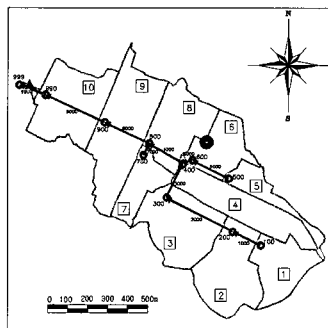
## 2.2 Macro-scale 개념의 중랑천 소배수구역

Macro-scale 개념의 도시배수구역의 유출특성분석을 위해 어린이대공원, 신내, 군자 배수구역을 대상으로 수문자료를 수집하고 있다.

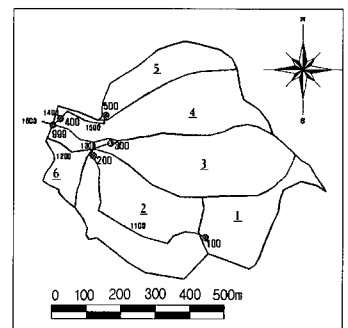
어린이대공원 배수구역은 도시유역내 공원, 군자 배수구역은 상가와 주택단지, 신내배수구역은 아파트 단지의 유출현상을 파악하고자 각각 선정하였다. 다음 그림 5는 각 소배수구역을 나타낸 것으로, 시험배수구역별 우량관측소 3개소를 안정적으로 운영·관리하고 있으며, 유량(유속, 수위)자료에 대한 분석을 수행하고 이상치를 이동평균 보정방법을 사용하여 수정, 보완하고 있다.



(a) 신내 소배수구역



(b) 군자 소배수구역



(c) 어린이대공원 소배수구역

그림 5. 중랑천 소배수구역

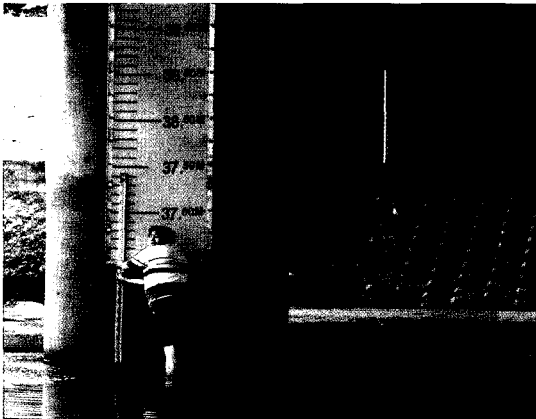
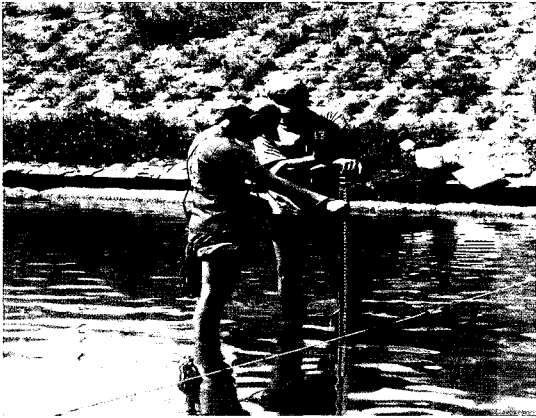


그림 6. 평수시 수위-유량 관측

### 2.3 중랑천 유역 수위-유량곡선식 개발

중랑천 유역의 경기도 유역의 수문자료 부족을 보완하고자 2006년에 측정한 평수와 홍수시 신규 유량 측정성과를 바탕으로 하여 신곡교, 양주교, 호암교, 호장교 각 지점의 곡선식을 개발하였으며, 그림 6은 평수시 수위-유량 관측 상황이며, 표 1은 각 수위 지점별 개발된 곡선식을 나타낸 것이다.

### 3. 중랑천 도시시험구역 자료의 활용

#### 3.1 도시홍수예경보시스템을 위한 수문자료 활용

중랑천 도시홍수시험구역의 운영목적의 하나인 도시홍수예경보시스템 구축을 위해 중랑천 시험구역의 실시간 수문관측자료를 다음 그림 7과 같이 하나의 구성요소인 Hydrologic Observation Process로서 활용하고자 한다. 이를 위해 서울시 수문관측 D/B와 연계되어 전송받고 있는 자료와 오프라인을 통해 수집되는 자료를 원활히 활용하고자 수문관측 D/B 시스템을 구성하여 저장·관리하고 활용할 수 있도록 하였으며, 실시간 수문자료의 검·보정기법을 확립하

표 1. 수위-유량관계곡선식

| 지점  | 연도   | 수위  | 적용수위                    | 곡선식                             | 비고 |
|-----|------|-----|-------------------------|---------------------------------|----|
| 신곡교 | 2005 | 평수위 | $0.27 \leq h \leq 1.82$ | $Q=12.83358(h+0.08)^{3.040066}$ |    |
|     | 2006 | 평수위 | $0.31 \leq h \leq 0.40$ | $Q=350.782(h-0.06)^{5.025}$     |    |
|     |      | 홍수위 | $1.91 \leq h \leq 3.56$ | $Q=23.262(h+0.18)^{2.1954}$     |    |
| 양주교 | 2005 | 평수위 | $0.76 \leq h \leq 1.39$ | $Q=67.45111(H-0.72)^{2.028243}$ |    |
|     | 2006 | 평수위 | $0.73 \leq h \leq 0.86$ | $Q=27.990(H-0.48)^{3.871}$      |    |
|     |      | 홍수위 | $2.70 \leq h \leq 4.20$ | $Q=6.637(H-0.05)^{2.2435}$      |    |
| 호암교 | 2005 | 평수위 | $0.71 \leq h \leq 1.65$ | $Q=85.03503(h-0.68)^{1.230.29}$ |    |
|     | 2006 | 평수위 | $0.67 \leq h \leq 0.96$ | $Q=0.335(h+0.86)^{4.238}$       |    |
|     |      | 홍수위 | $3.84 \leq h \leq 4.74$ | $Q=1.478(h+1.00)^{3.4924}$      |    |
| 호장교 | 2005 | 평수위 | $0.45 \leq h \leq 2.28$ | $Q=12.47213(H+0.10)^{2.168842}$ |    |
|     | 2006 | 평수위 | $0.37 \leq h \leq 0.49$ | $Q=16.734(H-0.17)^{1.185}$      |    |
|     |      | 홍수위 | $3.25 \leq h \leq 5.35$ | $Q=0.741(H+0.07)^{4.1976}$      |    |

참고

- 1) 최고수위 : 금회 발생한 각 지점의 최고수위
- 2) 2005, 2006년 발생 최고수위 범위 내에서 수위-유량 관계 활용"
- 3) h는 실측치( $H=h+1$ )

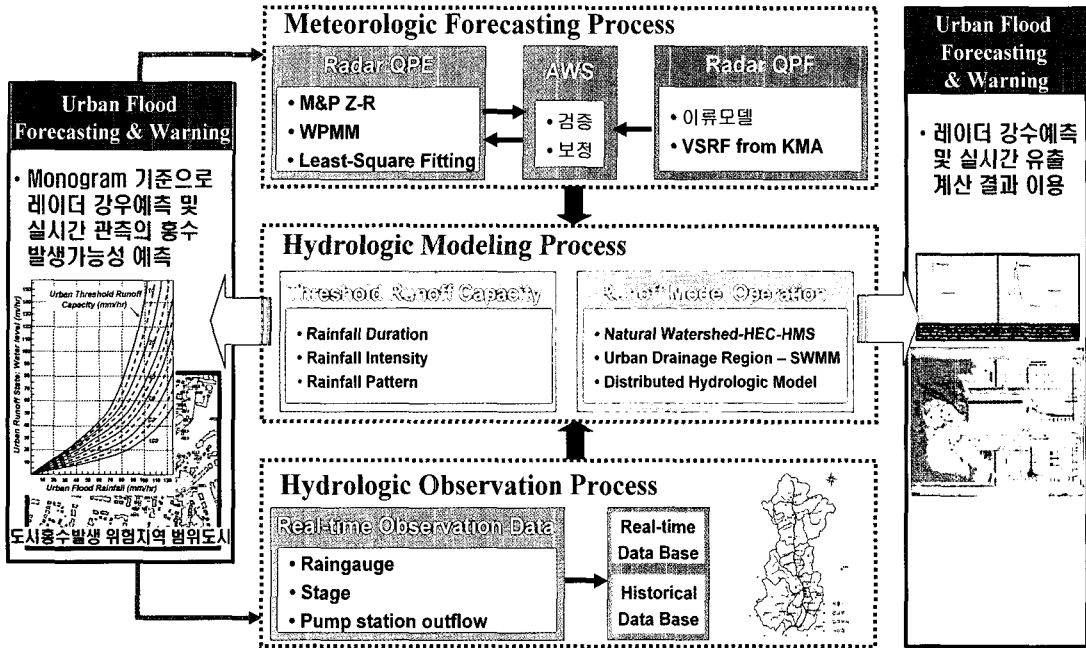


그림 7. 중랑천 홍수예보 체계의 구성

고 적합한 보정기법을 구현하였다.

### 3.2 수문관측 자료 관리 시스템 개발

수문관측 자료의 원활한 관리와 활용을 위해 측정 자료의 QC 및 신뢰도분석 기법을 바탕으로 수문자료를 분석·관리할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 그 특성을 고려하여 도시유역 실시간 수문 정보자료 분석시스템(Urban watershed Real time Hydrology Information Data Analysis System-URHIDAS)라고 명명하였다. 시스템을 통해 수문관측자료 검색·저장프로그램과 도표화·그래프화 프로그램 및 자료집 작성 프로그램을 모두 포함하여 해당유역 전반에 걸친 기초자료를 확인할 수 있고 향후 저장된 수문자료를 이용하여 도시유출모형과 연계한 자료의 적절성 검토를 할 수 있도록 개발하였다. 프로그램은 크게 수문자료를 조회하고 저장하는 수문자료관리, 원하는 지역에 대한 유역기초자료를 살펴볼 수 있는 유역기초자료, 수문자료를 이용

하여 도시지역 유출량을 계산하는 유출해석, 저장자료를 자료집으로 제작하는 수문자료집 등 총 4개의 상위메뉴로 이루어져 있다. 다음 그림 8~9는 자료의 이상치 또는 결측치를 파악하기 위하여 검색한 수문자료를 표시하고 검보정을 수행하는 것을 나타낸 것이다. 이는 D/B화 되는 수문관측 자료는 서울시 수문 정보시스템에서 전송받은 원자료이므로 결측치 등 오자료가 포함될 가능성이 있을 뿐 아니라 어떠한 품질관리도 수행되지 않은 자료이므로 사용자가 필요한 경우에 검보정을 실행하여 정확도 높은 자료로 이용할 수 있도록 하기 위함이다.

### 3.3 관측수문자료를 이용한 확률홍수량 분석

중랑천 시험유역의 수문자료를 이용하여 빈도별 홍수량을 재산정하였다. 그 결과 중랑천 하구의 100년 빈도 홍수량이 2,162 CMS(중랑천 하천정비 기본계획 : 2,080 CMS)로 분석되었고, 100년빈도 Huff-2분위 강우에 대한 지속시간별 중랑천하구의

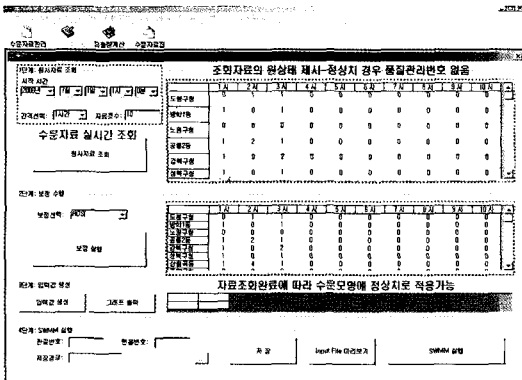


그림 8. 원자료조회 및 자동품질관리 화면

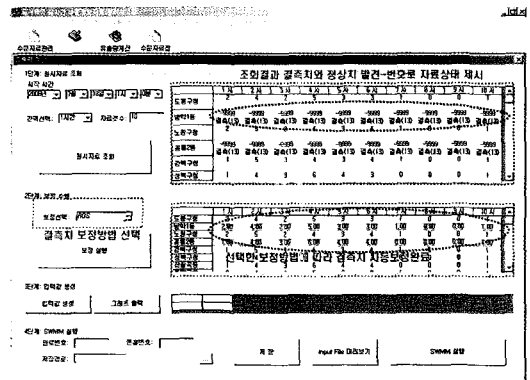
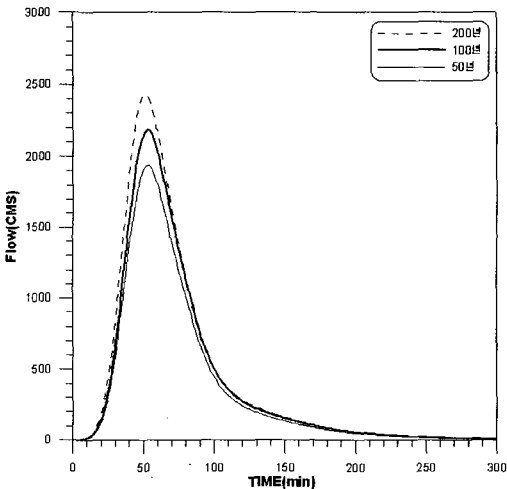
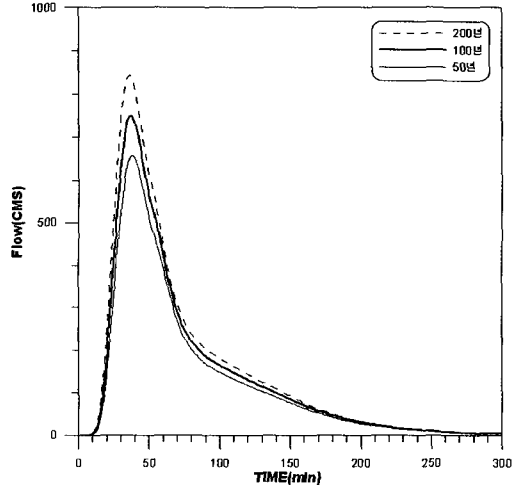


그림 9. 자료상태확인 및 결측치보정화면



(a) 중랑천 하구



(b) 서울시 경계그림

그림 10. 빈도별 유출수문곡선

침투홍수량을 비교한 결과 침투홍수량이 가장 높은 임계지속시간은 약 11시간으로 홍수량은 2,162 CMS 으로 분석되었으며, Huff 4분위에서 침투홍수량이 가장 많게 산정되었다.

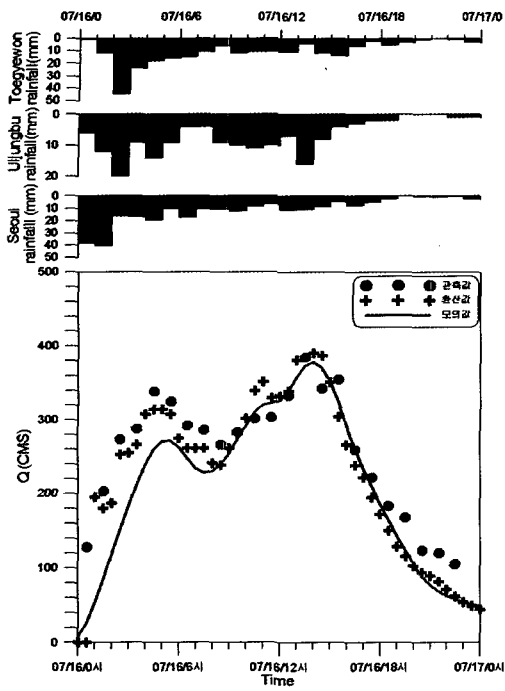
### 3.4 실측자료에 근거한 유출모형 검증

중랑천 유역의 유출 및 수질특성분석을 위하여 HEC-HMS모형을 적용하였다. 모형의 최적 유출매개변수를 산정하기 위하여 월계1교 수위관측소, 중랑교를 대상으로 각각 실측치를 활용하여 보정 및 검증

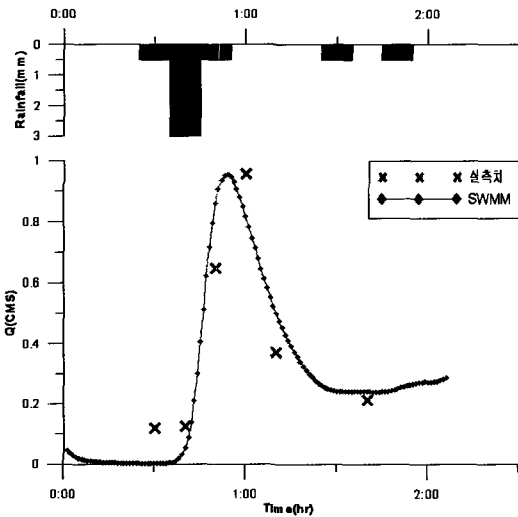
을 수행하였다. 또한 수문관측성적을 활용하여 소배수구역인 군자 소배수구역의 유출량을 SWMM 모형을 이용하여 분석하였으며, 실측유량과 계산유량을 비교함으로써 최적 유출 매개변수의 검정을 수행하고 있다.(그림 11).

### 3.5 중랑천 가상 제방붕괴에 따른 침수해석

시험유역 자료를 바탕으로 빈도별 홍수량을 활용하여 중랑천 가상 붕괴조건에 따른 침수해석을 분석하였다. 홍수규모, 붕괴조건 및 붕괴위치에 따라 12



(a) 월계1교



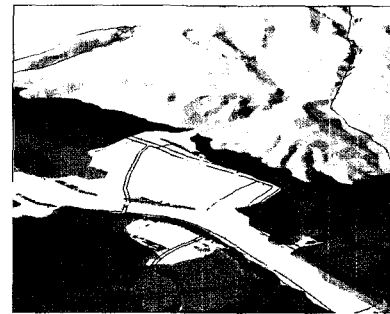
(b) 군자배수구역

그림 11. 중랑천 유역의 모형 적용

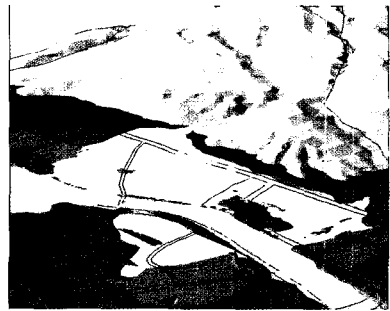
개의 가상 CASE 들을 설정하였으며, 그 결과 홍수규모가 클수록 높은 외수위로 인한 광범위한 지역이 침



(a) 100년 빈도



(b) 200년 빈도



(c) PMF

그림 12. 침수위험지도(노원마늘지구)

수되며 제내지의 침수는 제방의 붕괴위치 및 붕괴폭에 큰 영향을 받았다. 또한 제방붕괴 시간에 따른 최고 침수위, 월류 종료시간 등의 영향은 비교적 작으며 제방붕괴 폭의 증가는 월류 총체적에서의 증가를 나타내므로 침수에 영향이 컸다. 이를 바탕으로 WMS, ARC-View 모형을 이용하여 다음 그림 12와 같이 침수예측지도를 작성하였다.

### 3.6 방수로 설치에 따른 중랑천 홍수피해 저감효과 분석

한강의 홍수위 변화와 방수로 규모에 따른 월류량 및 방류량을 검토하여 하류의 영향을 산정하여 홍수 피해 저감효과를 분석하였다. 분석결과 서울시 경계 지역에서 홍수위 저감효과가 나타났으나 중하류부는 한강 홍수위의 배수 영향으로 저감효과가 감소됨을 알 수 있었다.

### 3.7 도시 합류식 관거내 고행물 퇴적량 산정식 개발

도시 내배수시스템 중 합류식 우수관거에서 고행물 퇴적으로 인해 홍수소통단면이 축소되어 우기에 기능을 유지하지 못해 침수되는 경우가 발생되고 있다. 이를 방지하기 위해 중랑천 시험유역을 대상으로 중랑천 유역의 관거시스템 및 유역 특성자료 분석을 통해 도시합류식 우수관거 내 고행물 퇴적량 산정공식을 유도하고 그 적용성을 검토하였다(이재수, 2006).

## 4. 맺음말

수문자료는 수자원분야의 연구에 가장 기본적인

사항으로 지속적이고 체계적인 관측을 통한 수집·관리가 필요하다. 특히 중랑천 도시시험유역은 도시유역의 수문특성에 관한 연구를 위해 현재 운영되고 있으며 이를 통해 수집된 자료는 도시유역에 대한 전반적인 수문연구에 활용되고 있다. 앞으로 이러한 연구들의 원활한 진행을 위해 지속적으로 양질의 수문자료를 제공하고자 보다 체계적으로 시험유역이 운영될 수 있도록 연구를 수행중이다.

### 참고문헌

1. 배덕효, 이종태, 김형섭 (2006), “시험유역의 선정 및 계측망의 구축”, 도시홍수재해관리기술연구사업단 FFC03-05.
2. 배덕효, 김형섭, 이종태, 김이현 (2006), “중랑천 도시시험유역의 운영현황”, 제1회 수문관측심포지엄, 건설교통부, pp.99-111.
3. 윤성심, 배덕효, 이종태, 김이현 (2007), “중랑천 시험유역의 운영 및 자료관리” 제2회 수문관측심포지엄, 건설교통부, pp.29-38.
4. 이재수 (2006), “도시 합류식 관거내 고행물 퇴적량 산정식 개발”, 도시홍수재해관리기술연구사업단 FFC05-17. 