

## 중소도시유역의 홍수량산정 및 홍수위 예측

### Estimation of Flood Discharge and Forecasting of Flood Stage in Small-Medium Urban Basin

김민정, 김병찬, 이종석  
한밭대학교

Kim min-jeong, Kim byeong-chan, Lee jong-seok  
Hanbat National Univ.

#### 요약

최근 개발에 따른 토지이용 변화로 유역내 강우의 도달시간이 짧아지고, 집중호우가 빈번하게 발생함에 따라 유출량이 증가하여 많은 홍수피해가 일어나고 있다. 유출량 증가는 하천 수위를 상승시켜 하천주변에 막대한 재산피해를 주고 있으므로 유역의 정확한 유출량 산정이 선행되어야 한다. 산정된 유출량을 바탕으로 홍수재해 발생시 예상되는 홍수범람지역을 추정함으로써 홍수피해를 예방하고, 최소화시키는 것이 필요하다. 실무에서 범용적으로 사용하고 있는 HEC-HMS 모형을 이용하여 남대천 유역의 빈도별 확률강우량에 대한 유출량을 산정하였다. 또한 이로부터 모의된 첨두홍수량을 하도수리분석을 위한 경계조건으로 사용하여 남대천 하류구간의 홍수위를 HEC-RAS 모형에 의해 분석하였다.

#### Abstract

Recently, damage of flood is increased because of a short of time of concentration by development and a rise in runoff discharge by frequently heavy rain. The increase of runoff discharge is resulted in not only rise of water level but also damage of lives and property around river. Therefore, it is should be the first to estimate the exact runoff discharge. And based on the estimated flood discharge, flood damage is prevented by estimating inundated area of flood. In this study, flood stage is forecasted using HEC-HMS and HEC-RAS for Namdae-stream. The peak discharges were determined by probability rainfall with the return period. The peak discharges obtained from HEC-HMS were inputted boundary conditions for the channel routing. Flood stages were evaluated using HEC-RAS.

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 연강우량의 대부분이 6~9월에 집중적으로 내려 계절편차가 크고 연변화가 심하다. 최근에는 기상이변과 계절성 집중호우로 홍수기에 강우강도가 커지고 발생 빈도도 잦아졌으며 개발에 따른 토지이용의 변화로 유역의 도달시간이 짧아지고 유출량이 증가하여 막대한 홍수피해를 입고 있는 실정이다. 이러한 홍수피해는 하천주변의 인명손실과 막대한 재산피해를 주고 있어, 이에 대한 유역의 정확한 유출량 산정과 홍

수범람구역의 추정이 시급한 실정이다.

홍수피해를 최소화 하기 위해서는 유역 유출해석을 통한 하도의 수리분석 등 정량적인 결과를 바탕으로 대책을 마련해야 한다. 실측된 수문자료를 바탕으로 강우-유출 분석을 실시하는 것이 가장 이상적이지만, 우리나라에서는 수문자료가 부족하여 강우-유출 분석의 정확성을 판단하기 어려운 현실이다.

본 연구의 목적은 강우-유출 모형을 이용하여 유출량을 산정하고 하천 해석시스템을 이용하여 수위가 얼마나 상승할 것인가를 예측함으로써 하천 제방이나 유수지 수공구조물의 설계 및 보강을 통한 예방대책 수립에 힘써야 할 것이다.

## 2. 연구의 내용 및 방법

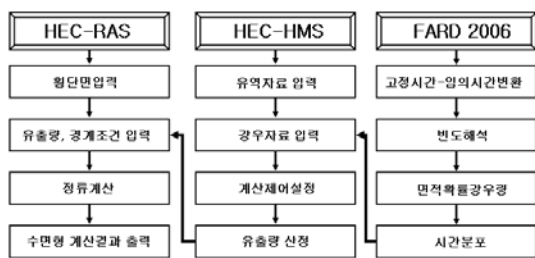
본 연구는 남대천 유역을 수문·수리학적으로 분석하기 위하여 HEC-HMS 모형과 HEC-RAS 모형을 연계하여 적용하였다.

강우자료는 유역 내·외에 위치한 기상청 관할 무주, 금산, 거창지점의 시우량 자료를 수집하여 임의시간 강우량 자료로 변환하고 국립방재연구소에서 개발한 FARD 2006을 이용하여 빈도분석을 수행하였다[1]. 그리고 면적우량환산계수를 적용하여 면적확률강우량을 산정한 후 Huff의 4분위법을 적용하여 강우의 시간적분포를 결정하였다[2].

빈도별확률강우에 대해 유역의 유출량산정을 위해 HEC-HMS 모형을 이용하였다. 유효우량 산정은 미계측 유역에 대한 적용성이 높은 NRCS 유출곡선지수법을 적용하였고, 자연하도유역에 적합한 Muskingum 방법을 이용하여 하도추적을 하였으며, Clark 단위도법을 이용하여 홍수수문곡선을 도출하였다. 또한 모형의 적용성을 검증하기 위해 2006년 7월 8일~12일의 시우량자료를 이용하여 HEC-HMS모형의 유출량 값과 수위-유량관계 곡선에 의해 계산된 유출량을 비교·분석하였다[3].

하천의 중·횡단 측량 자료를 바탕으로 빈도별확률홍수량에 대해 2차원 및 3차원 수면곡선, Rating Curve 등을 분석하여 유역의 안정성을 분석하였다[4].

본 연구의 주요 흐름과정은 그림 1과 같다.



▶▶ 그림 1. 홍수량 및 홍수위 산정 과정

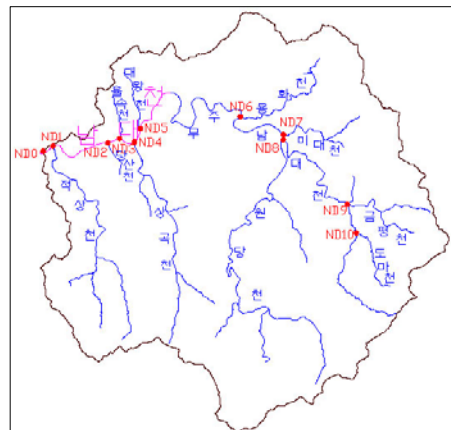
## II. 모형의 적용

### 1. 유역현황

본 연구는 그림 2와 같이 무주남대천 유역을 대상으로 유역면적은 464.17km<sup>2</sup>, 유로연장은 52.10km이다. 상류부는 대체로 하상경사가 급하고 유속이 빠르며, 산지협

곡부를 만곡하여 흐르고 있으며, 중·하류부는 하천변에 형성된 농경지와 주거지 주변을 만곡하여 흐르고 하상경사가 비교적 완만하며 하폭도 비교적 넓은 편이다. 또한, 하류부는 도심지를 관류하여 흐르고 있으며, 하폭이 넓고 유량이 풍부하다. 본 연구의 대상유역은 유역의 상류부가 덕유산으로 이루어져있어 지형적 특성상 집중호우의 가능성이 높으며 2002년 태풍 ‘루사’ 와 2003년 태풍 ‘매미’ 때 심각한 피해를 입은바있다[5][6].

표 1은 남대천 유역의 특성 및 빈도별 확률강우량을 나타낸 것으로서 하천유역의 기하학적 특성은 대상하천을 이해하고 유역의 유출특성을 분석하는데 주요한 인자이다. 또한 20년, 30년, 50년, 100년, 200년 빈도에 대해 산정된 빈도별 확률 강우량을 나타내고 있다.



▶▶ 그림 2. 남대천 유역도

### 2. 강우분석

본 연구에서는 기상청 관할 무주, 거창, 금산 관측소의 과거에 실측된 시우량자료를 건기원(2000)에서 제시하고 있는 고정시간-임의시간 환산계수를 이용하여 임의시간 강우량자료로 변환하였다. 그리고 국립방재연구소에서 개발된 강우빈도분석 프로그램인 FARD 2006을 이용하여 10분에서 24시간(1,440분)까지 총 6개 지속기간별, 20년 빈도에서 200년 빈도까지 5개 빈도별 확률강우량을 산정하였다. 빈도별 확률강우량은 “한국 확률강우량도 작성”에 제시된 면적우량환산계수 회귀식에 의해 면적확률강우량으로 환산하였다[7]. 또한 표 1은 빈도별 면적확률강우량 산정결과 이며 이 확률강우량을 Huff의 방법을 이용하여 시간분포 시켜 홍수량 산정의 기본자료로 사용하였다.

표 1. 남대천 유역현황 및 빈도별 면적확률강우량(mm)

산정지점	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유로연장 (km)	유역평균폭 (A/L)	형상계수 (A/L <sup>2</sup> )	빈도(년)					비고
					20	30	50	100	200	
출구-ND0	464.22	52.10	8.91	0.17	210	224	242	267	285	ND4: 무주 수위 표
적상천-ND1	85.53	16.70	5.12	0.31	218	233	253	278	299	
당산천-ND2	3.89	2.36	1.65	0.70	225	241	262	289	312	
울곡천-ND3	4.25	3.60	1.18	0.33	225	241	261	288	311	
상곡천-ND4	77.33	15.00	5.16	0.34	218	234	253	279	300	
대왕천-ND5	8.17	5.66	1.44	0.26	224	240	260	287	310	
용화천-ND6	23.83	10.58	2.25	0.21	222	237	258	284	306	
미대천-ND7	32.48	10.00	3.25	0.32	221	237	257	283	304	
원당천-ND8	166.60	27.30	6.10	0.22	215	230	249	274	294	
금평천-ND9	36.79	10.00	3.68	0.37	221	236	256	282	304	
도마천-ND10	6.48	5.76	1.13	0.20	224	240	261	288	310	

### 3. 홍수량 산정

홍수량은 20년, 30년, 50년, 100년, 200년 빈도에 대하여 주요 지류합류점에 대해 산정하였다. 또한 산정된 빈도별 홍수량의 신뢰성을 확보하기 위해 2006년 7월 8일~12일의 실제호우에 대해 산정된 홍수량과 유역의 하류에 위치한 무주수위표지점의 수위-유량 관계곡선식에 의한 유출량을 비교하였다.

유역에서의 빈도별 확률홍수량과 2006년 7월 8일~12일 호우에 대한 유역출구(ND1)에서 홍수량은 표 2과 같으며, 유역출구(ND1)에서 2006년 7월 8일~12일 호우는 80년 빈도의 호우에 해당하는 것으로 판단된다. 유역출구와 무주수위표지점에서의 유출곡선은 그림 3, 4와 같다.

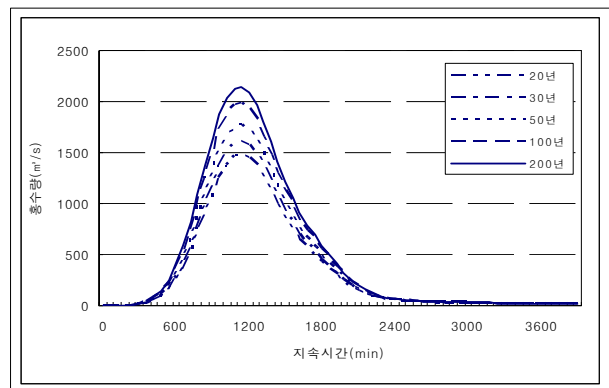
2006년 7월 8일~12일 호우에 대해 무주수위표지점(ND4)에서 최대수위는 4.45m로 표 3의 2006년 수위-유량관계곡선식에 의해 1,494.552m<sup>3</sup>/s로 계산되었다. 또한 HEC-HMS 모형에 의해 산정된 홍수량은 그림 5와 같고, 무주수위표(ND4)지점에서의 홍수량은 1,434.9m<sup>3</sup>/s로 나타나 모형 값과 실제 값의 정확도는 95.9%로 HEC-HMS 모형의 신뢰도를 확보하였다.

표 3. 유역 출구(ND1)에서 홍수량산정 결과

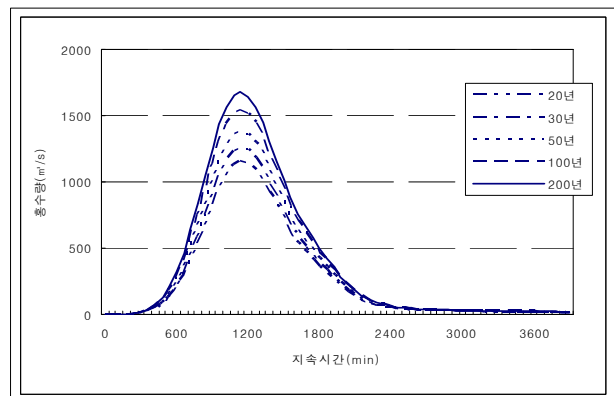
빈도(년)	홍수량(m <sup>3</sup> /s)
20	1,481.3
30	1,611.7
50	1,768.6
100	1,977.2
200	2,142.7
2006년 7월 8일~12일 호우	1,880.3

표 2. 무주수위표 수위-유량 관계곡선식

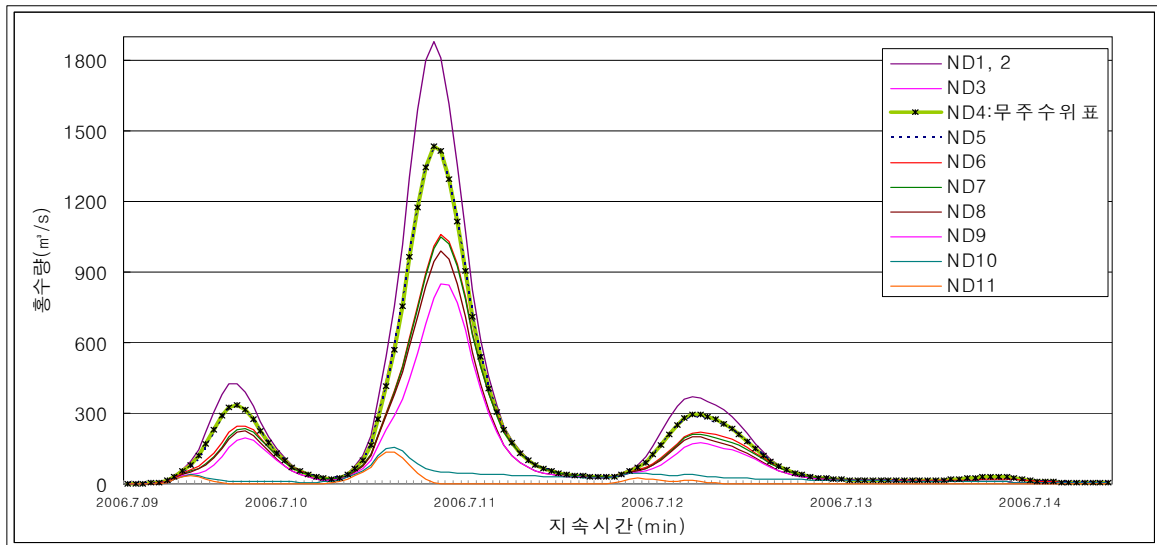
년도	수위-유량관계곡선식
2006	0.72 ≤ h ≤ 2.00 : Q=40.082(h-0.443) <sup>2.821</sup>
	2.00 < h ≤ 3.93 : Q=140.009(h-0.975) <sup>1.901</sup>



▶▶ 그림 3. 유역출구(ND1, ND2)에서의 빈도별 홍수량



▶▶ 그림 4. 무주수위표지점(ND4)에서의 빈도별 홍수량



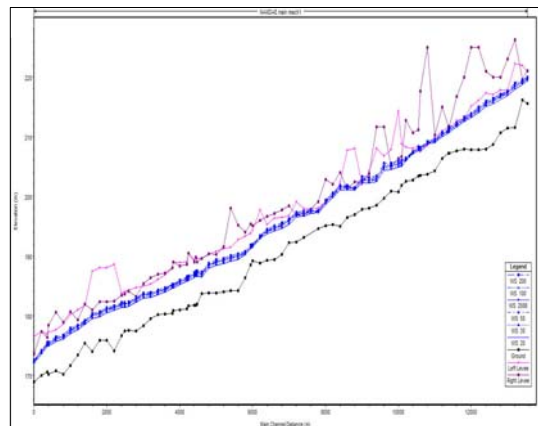
▶▶ 그림 5. 2006년 7월 8일~12일 호우에 대한 지점별 홍수량

#### 4. 홍수위 산정

그림 6은 홍수시 큰 피해가 예상되는 유역의 하류구간인 무주남대천의 지방1급 하천구간에 대해 HEC-HMS 모형으로 얻어진 빈도별 확률 홍수량을 HEC-RAS 모형의 입력 자료로 사용하여 빈도별 홍수위를 계산한 결과이다.

유역출구(No.1)에서 200m 간격으로 측량된 횡단자료를 이용하여 유역의 하류구간의 13.4km에 대해 상류단 경계조건으로는 HEC-HMS 모형으로 얻어진 첨두홍수량을 입력하였고 하류단 경계조건으로는 기점수위를 입력하여 하도수리분석을 실시하였으며 HEC-RAS 모형의 입력 자료인 조도계수는 표 4와 같이 하천정비기본계획의 값을 채택하였다[5].

에서는 홍수에 위험이 있으므로 제방의 정비를 하거나 유역에 배수시설을 설치하는 것이 필요할 것이다.

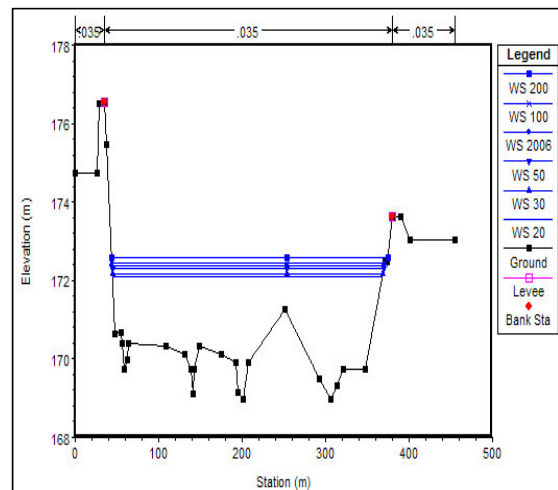


▶▶ 그림 6. 남대천 하천구간의 홍수위 산정결과

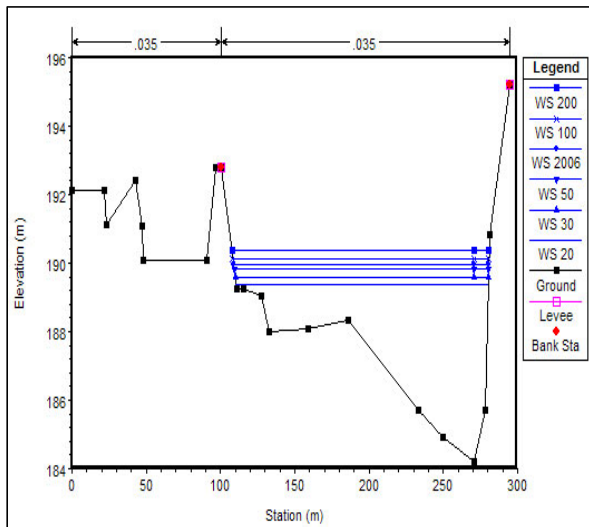
표 4. 남대천 지방1급 구간의 조도계수

하천명	구 간 (No.)	조도계수	비 고
남대천	No.0 ~ No.17	0.035	
	No.17 ~ No.27	0.030	
	No.27 ~ No.66+135	0.035	

유역출구(No.1)와 무주수위표지점(No.28)에서의 빈도별 홍수위 산정결과는 그림 7, 그림 8과 같이 산정되었다. 또한 No. 36, 37, 39, 40, 42, 44, 48, 52, 53, 56, 58의 지점은 50년~100년도 이상의 호우에 대해 수면곡선이 제방의 높이보다 높은 것으로 나타났으며 이 구간



▶▶ 그림 7. 유역출구(No.1)에서의 빈도별 홍수위



▶▶ 그림 8. 무주수위표지점(No.28)에서의 빈도별 홍수위

### III. 결론

본 연구에서는 홍수량 예측과 홍수범람에 관한 연구를 통하여 하천 흐름특성을 파악하고 범람으로 인한 침수지역을 모의할 목적으로 HEC-HMS와 HEC-RAS 모형을 연계하여 무주남대천유역의 확률홍수량과 홍수위를 산정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 20년, 30년, 50년, 100년, 200년 빈도확률강우량에 대하여 주요지류합류점에서 홍수량을 산정하였다. 산정된 빈도별 홍수량의 신뢰성을 확보하기위해 2006년 7월 8일~12일의 호우에 대해 산정된 홍수량과 유역의 하류에 위치한 무주수위표지점의 수위-유량 관계곡선식에 의한 유출량을 비교한 결과, 2006년 7월 8일~12일의 호우는 80년 빈도에 해당하는 해당하는 것으로 판단된다. 무주수위표지점(ND4)에서의 유출량은  $1,494.552 \text{ m}^3/\text{s}$ (수위 4.45m)로 계산되었고 HEC-HMS 모형에 의해 산정된 무주수위표지점에서의 홍수량은  $1434.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 모형 값과 실제 값의 정확도는 95.9%로 HEC-HMS 모형의 신뢰도를 확보하였다.

2. 하천의 종·횡단 측량 자료를 바탕으로 빈도별확률홍수량을 경계조건으로 하여 유역의 하류구간(13.4km)에 대한 하도수리분석을 실시하였다. 홍수위 예측 결과 No. 36, 37, 39, 40, 42, 44, 48, 52, 53, 56, 58의 지점에서 50년~100빈도 이상의 호우에 대해 수면곡선

이 제방의 높이보다 높은 것으로 나타났으며 이 구간에서는 홍수에 위험이 있으므로 제방의 정비를 하거나 유역에 배수시설을 설치하는 것이 필요할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 한국수자원학회, 제17회 수공학 워크샵, FARD2006을 활용한 강우빈도해석, 2007.
- [2] 한국건설기술연구원, 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 1999년 제2권, 한국가능최대강수량 추정, 2000.
- [3] USACE-HEC, Hydrologic Modeling HEC-HMS User's Manual, 2008.
- [4] USACE-HEC, Hydrologic Modeling HEC-RAS User's Manual, 2006.
- [5] 건설교통부, 남대천 지방1급 하천정비기본계획, 2001.
- [6] 건설교통부, 남대천 지방2급 하천정비기본계획, 2005.
- [7] 한국건설기술연구원, 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 1999년 제1권, 한국 확률 강우량도 작성, 2000.