

# GIS 기반의 HEC - HMS를 이용한 진위천 유역의 강우-유출모형 구성\*

김상호<sup>1</sup> · 박민지<sup>1</sup> · 강수만<sup>1</sup> · 김성준<sup>2\*</sup>

## Modeling Rainfall - Runoff Simulation System of JinWie Watershed using GIS based HEC-HMS Model\*

Sang-Ho KIM<sup>1</sup> · Min-Ji PARK<sup>1</sup> · Soo-Man KANG<sup>1</sup> · Seong-Joon KIM<sup>2\*</sup>

### 요 약

본 연구의 목적은 홍수범람분석 및 홍수피해산정의 기본과정으로 GIS 기반의 수문모형인 HEC-HMS를 이용하여 안성천 유역의 일부인 진위천 유역 (737.7 km<sup>2</sup>)을 대상으로 강우-유출 모형을 구성하는데 있다. HEC-HMS의 입력 자료인 지형자료를 처리하기 위해 ArcView의 GIS 확장 모듈인 HEC-GeoHMS를 이용하였고 진위천 유역에 대하여 적용을 실시하였다. HEC-HMS 모형은 진위천 유역에 대하여 관측된 강우-유출 자료를 이용한 검정 및 보정을 실시하였고, 그에 따른 유출량을 산정하였다. 모형에서 수문학적 매개변수는 HEC-GeoHMS에서 추정하였고, HEC-HMS에서 최적화하였다. 본 연구의 분석결과는 홍수를 예측하고 그에 따른 피해를 최소화하는데 사용될 수 있을 것이다.

주요어 : 강우-유출 분석, HEC-HMS, HEC-GeoHMS

### ABSTRACT

The purpose of this study is to prepare input data for FIA (flood inundation analysis) and FDA (flood damage assessment) through rainfall-runoff simulation by HEC-HMS model. For Jinwie watershed (737.7 km<sup>2</sup>), HEC-HMS was calibrated using 6 storm events. Geospatial data processors, HEC-GeoHMS is used for HEC-HMS input data. The parameters of rainfall loss rate and unit hydrograph are optimized from the observed data. The results will be used for river routing and inundation propagation analysis for various flood scenarios.

*KEYWORDS : Rainfall-Runoff Relationship, HEC-HMS, HEC-GeoHMS*

2006년 10월 9일 접수 Received on October 9, 2006 / 2006년 12월 4일 심사완료 Accepted on December 4, 2006

\* 본 연구는 농림부 “RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해평가 및 예측시스템개발” 과제의 연구비에 의하여 연구되었음.

1 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과 박사과정 Dept. of Civil and Env. Systems Eng. Konkuk University

2 건국대학교 사회환경시스템공학과 부교수 Associate Professor, Dept. of Civil and Env. Systems Eng. Konkuk University

※ 연락처 E-Mail : kimsj@konkuk.ac.kr

## 서론

자연재해 중 홍수에 의한 재해가 점차 늘고 있다. 우리나라의 경우, 여름철 저기압, 장마전선, 태풍 등의 위험에 노출된 지역이 많이 있어 각종 산업시설을 보호하고 있는 하천제방 등의 홍수방지 시설물들은 그 설계와 관리에 만전을 기하고 있음에도 불구하고 홍수범람은 하천의 주변 지역에서 많은 인명피해 및 재산피해 등 사회적 문제를 초래하고 있어 근본적인 대책이 필요한 실정이다 (건설교통부, 2000).

이러한 홍수피해를 방지하기 위해서는 대상 유역에 대한 강우-유출 분석을 실시하여 정확한 홍수유출량의 산정이 선행되어야 한다.

강우-유출 분석 대한 연구를 살펴보면, 박준일 등 (2000)은 남강댐 유역에 대해 HEC-HMS를 이용하여 홍수량을 산정, 관측된 홍수량과 비교 분석하여 홍수예경보 시스템으로의 활용가능성을 제시하였고, 최한규 등 (2002)은 강원도 내린천 유역에 HEC-HMS를 적용, 홍수량을 산정하였다. 권형중 등 (2003)은 TOPMODEL과 Muskingum 기법을 연계하여 안성천유역의 홍수유출분석을 실시하였고, 이준우 등 (2003)은 WMS HEC-1 모형을 이용한 경안천 유역의 경년수문변화를 분석하였다. 또한 장인수 (2004)는 산지 소하천 유역인 청주시 자사 계곡 유역에 대하여 HEC-HMS를 이용하여 홍수 유출량 산정하였고, 장석환 등 (2004)은 한탄강 유역의 홍수량 산정을 위해 HEC-HMS를 이용하였다.

유역의 유출량을 산정하기 위한 유역유출모형의 입력 자료들은 지형과 관련된, 즉 지형정보로부터 추출되어지는 자료들이 다수를 차지하고 있다. 기존에는 이러한 지형 입력 자료의 구축에 있어 종이지도와 구적기 및 현장측량에 의해 지형정보를 추출하였고 최근 GIS의 발달과 수치지도 제작이 활발히 이루어지면서 유역의 수문학적 특성을 자동으로 계산하고

분석하는 GIS도구와 수치지도모형 (digital terrain model, DTM)으로부터 하천단면을 추출하고 수리해석을 실시하며, 그 결과를 그래프, 그래프, 또는 텍스트 등으로 나타낼 수 있는 통합모형이 널리 보급되어 있다 (박종민, 2003). 일반적으로 어떤 지역이나 대상물의 특성을 알아내기 위해서는 직접 그 곳에 접근해서 관측하는 것이 가장 신뢰도가 높은 방법이라고 볼 수 있지만 이러한 방법은 넓은 지역의 수행에 있어서 많은 비용과 시간의 소비를 가져오며, 그 대상물 자체의 관측에는 상당히 유용하지만 주변 요소들과의 상대적인 관계를 거시적으로 이해하기에는 여러 가지 문제점을 내포하고 있는 것이 사실이다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 고려된 것이 바로 GIS의 이용이며 다양한 측면에서 큰 유용성을 갖고 있다.

따라서 본 연구는 지리정보시스템 (geographic information system)과 수문모형 (HEC-HMS)이 결합된 모형을 안성천 유역의 일부인 진위천 유역 (737.7 km<sup>2</sup>)에 적용하여 유역의 수문곡선과 호우사상에 대한 강우-유출관계 분석을 통한 홍수유출량 산정에 있어 지형과 관련된 입력 자료의 GIS와의 연계를 통한 자료구축의 용이성 및 정확성을 획득하고자 노력하였고 GIS를 사용함에 있어 유출모형과 분리된 것이 아닌 GIS 자체 내에서 지형자료의 구축 후 별도의 편집과정 없이 수문모형의 입력 자료로 바로 받아들일 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

또한 향후 홍수로 인한 범람위험 지역에 대한 범람구역 분석과 그로 인한 피해액 산정으로 연계되는 통합모형에 큰 영향을 미칠 홍수량 입력 자료로의 구축을 통해 홍수정보를 공간적으로 표현하여 재난이 예상되는 지역에 대해 홍수로 인한 범람정보를 제공하고, 취약지점에 대한 집중적인 투자를 가능하게 하며, 실제 재난이 발생하였을 경우 대피운영, 복구 등에 있어 요구되는 각종 정보제공수단으로 사용될 수 있을 것이다.

## 재료 및 방법

### 1. HEC-HMS 모형의 개요

강우-유출해석에 의한 홍수량 추정을 위한 수문모형으로 HEC-HMS를 선정하였다. HEC-HMS를 이용하여 홍수량을 추정하는 과정은 먼저 GIS 표준 소프트웨어를 이용하여 NGIS, RGIS로부터 DEM, 토지이용도, 토양도를 구축한 후, 이를 HEC-GeoHMS에 입력하여 지형처리, 유역수문처리, 수문변수를 추정하고 HEC-HMS의 GIS 입력자료를 생성하며, HEC-HMS는 HEC-GeoHMS가 생성한 입력자료를 이용하여 강우에 의한 유역의 홍수량을 계산한다.

#### 1) 유출량 (Runoff volume)

유출량은 총강우량에서 지하침투, 식생에 의한 차단 및 증발산, 지표저류 등의 강우손실량을 차감함으로써 계산된다. HEC-HMS에서 지원하는 손실량 산정모형으로는 Initial and Constant-Rate, SCS Curve Number (CN), Green and Ampt, Deficit and Constant-Rate, SMA 등이 있다. 본 연구에서 침투는 SCS Curve Number 방법을 이용하여 유출량을 산정하였다.

#### 2) 직접유출량 (Direct runoff)

HEC-HMS가 지원하는 초과우량에 대한 직접유출모의 모형으로는 크게 경험적 모형 (empirical model)과 개념적 모형 (conceptual model)으로 구분할 수 있다. 경험적 모형으로는 Clark, ModClark, Snyder, SCS, User-Specified 등 단위도법에 의한 모형이 있고, 개념적 모형으로는 Kinematic wave 방법에 의한 모형이 있다. 본 연구에서는 SCS 단위도법을 적용하여 직접유출량을 산정하였다.

#### 3) 기저유량 (Base flow)

HEC-HMS에서 지원되는 기저유량 모의모형으로는 월별 일정 기저유량 모형, 지수감수 모형, 토양수분량 계산모형과 연계하여 사용되

는 선형 저수량 계산모형 등 3가지 모형이 있다. 본 연구에서는 지수감수모형을 적용하여 기저유출량을 산정하였다.

#### 4) 하도추적 (Routing)

HEC-HMS는 Lag, Muskingum, Modified puls, Kinematic wave, Muskingum cunge와 같은 하도추적모형을 지원하고 있으나, 그 적용이 제한적이다.

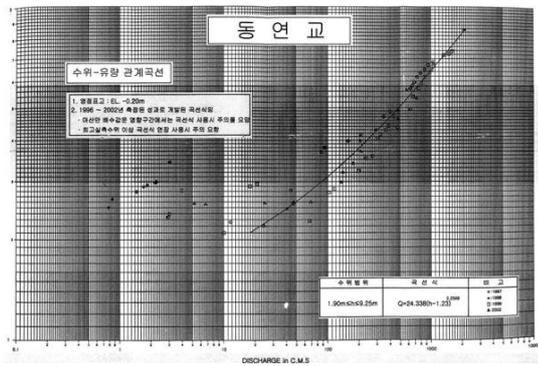
### 2. HEC-GeoHMS 모듈의 개요

HEC-GeoHMS는 ArcView GIS의 확장모듈로써 2000년 미 육군 공병단 (US Army Corps of Engineers)과 환경시스템연구소 (Environmental Systems Research Institute, Inc., ESRI)가 공동으로 개발하였다. 이 모형은 GIS자료 사용경험이 적은 기술자나 수문전문가들이 쉽게 이용할 수 있도록 되어있다.

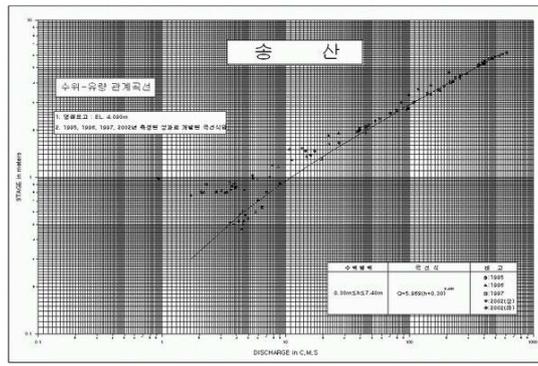
GIS자료는 ARC Grid 형식을 지원하는 표준 GIS 소프트웨어 패키지를 사용하여 자료를 조합한 후, HEC-GeoHMS를 이용하여 여러 가지 수문입력자료 생성을 위한 지형 공간자료를 처리하고, 하천과 유역의 특성, 강우자료, 유량자료를 이용하여 수문변수를 추정한다. 여기에서 만들어진 수문입력자료는 HEC-HMS 모형의 초기 입력자료로 이용된다. GIS는 방대한 자료의 포맷지정 및 처리, 좌표변환을 위해서 사용되며, DEM, 토양유형, 토지이용정보, 강우량 등과 같은 공간 수문 데이터베이스를 생성한다. HEC-GeoHMS를 이용하여 자료의 수집 및 조합, 지형전처리, 유역과 하천 특성을 처리하는 수문처리, 수문변수 추정 과정을 거쳐 HEC-HMS 입력자료를 생성하였다.

하천과 유역이 지니고 있는 여러 가지 물리적 특성을 지형자료로부터 추출한 본 모듈에서는 HEC-HMS 구동을 위한 여러 가지 수문 입력자료를 생성한다. 우선, 하천구간과 소유역별 고유이름을 자동적으로 부여하고, GeoHMS에서 사용했던 단위를 HEC-HMS에서 이용하

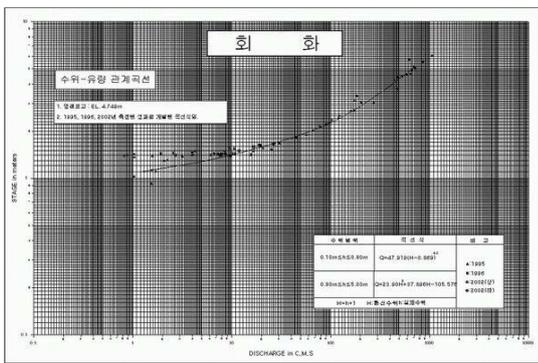




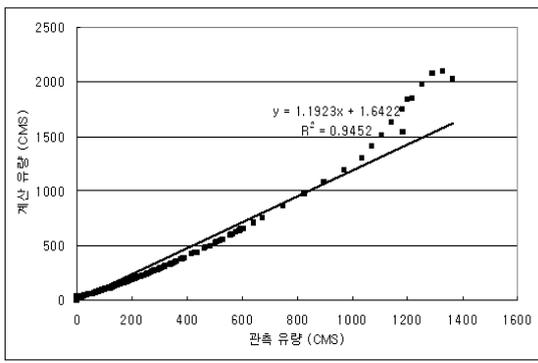
(a) Dong Youn Kyo



(b) Song San



(c) Hwi Hwa



(d) Comparison of observed VS. rating curve flow (Dong Youn Gage)

FIGURE 2. Rating curve of hydrology observatory

대상유역 내 수위 및 유량관측소는 동연교, 송산, 회화의 3개 관측소가 있고 위치는 다음 그림 1과 같다. 본 연구에서는 한강홍수통제소와 국가수자원관리종합정보시스템 (WAMIS)의 기관측되어진 수위와 유량자료로부터 개발된 관측소 지점의 수위-유량 관계곡선(그림 2)을 사용하였는데 지점의 관계곡선은 높은 상관계수를 보이고 있어 실제 수위관측 자료로부터 유량을 환산하기 위한 기준으로 적절히 사용될 수 있을 것으로 판단된다 (그림 2d).

2) 강우-유출 자료

유역 유출량 계산모형이나, 하도추적모형 등

의 적용성 평가를 위하여 필요한 강우 및 유출량 자료를 구축하였다. 대상 유역은 1998년과 2000년에 가장 큰 홍수피해를 입었기 때문에 2개년에 대한 강우-유출 분석을 실시하였다.

3. GIS 자료 구축

1) 수치 표고 모형(digital elevation model)

동일 크기의 셀 내에 유역의 고도분포정보를 담고 있는 DEM을 1:5,000 수치지도를 이용, 검수과정을 통해 제작하여 유역유출모형에서 흐름방향 및 흐름합산 등을 계산하여 유역경계와 하천도와 같은 지리적 자료와 속성자료를 추출하였다.

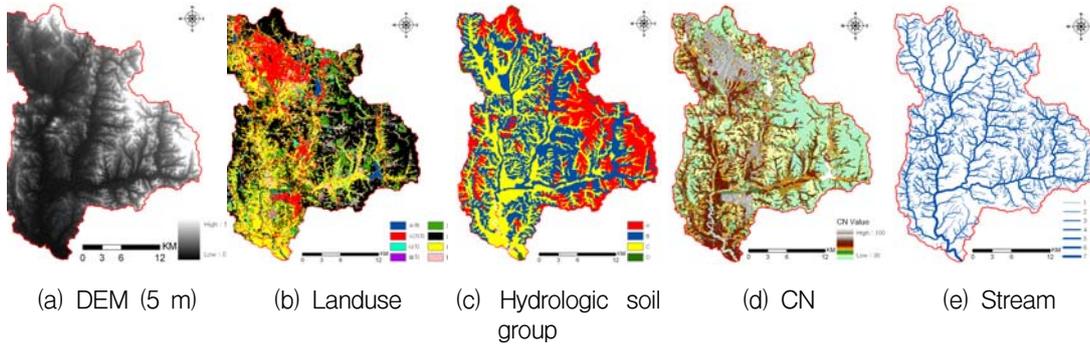


FIGURE 3. GIS input data

TABLE 2. Landuse of study watershed

유역	구분	계	농경지			임야	대지	기타
			답	전	계			
진위천	면적 (km <sup>2</sup> )(%)	737.70 (100.0)	187.96 (25.5)	162.94 (22.1)	350.90 (47.6)	283.43 (38.4)	85.29 (11.4)	18.08 (2.6)

DEM은 모형의 구동 시 필요한 입력 자료를 산출하는 기본 자료가 되므로 정확한 DEM의 제작 기법이 중요하다. 한편 사용된 DEM의 격자 크기는 5m이고, 대상유역의 고도는 0~545m의 분포를 나타내고 있다 (그림 3a).

**2) 토지이용도 (Landuse)**

진위천 유역의 토지이용현황은 LandSat 위성영상을 이용하여 영상의 보정 후 Reclass 작업을 통해 토지이용을 분류, 농경지, 임야, 대지 및 기타를 중심으로 토지이용도를 작성하여 파악하였다. 토지이용구성비는 농경지 면적이 350.90 km<sup>2</sup> (47.6%)으로 가장 많은 비중을 차지하고 있다 (그림 3b, 표 2).

**3) 토양도 (Soil Map)**

한 유역의 토양특성은 강우로 인한 유출과정에 직접적인영향을 미친다. 즉, 토양의 성질에 따라 침투능이 상이하므로 총 유량 중 직접유출로 유하하는 유효우량의 크기도 다를

수밖에 없다. 그런데 토양의 성질을 양적으로 표현하기란 힘들므로 미국토양보존국 (Soil Conservation Service, SCS)은 토양의 침투능을 기준으로 Type A, B, C, D 4개의 토양군으로 분류하고 있다. 각 토양군의 토양침투능의 크기는 A, B, C, D 순이고 유출률은 이의 역순이다.

안성천 유역의 토양특성으로는 토양분포, 배수특성, 수문학적 토양군 등을 구분하여 분석하였다. 대상유역의 토양특성은 농촌진흥청에서 제작한 개략토양도 (S=1:50,000)로부터 토양도를 작성하여 토양분포, 토양배수상태, 수문학적 토양군 등으로 구축하였다 (그림 3c). 또한 토양부호별 자료를 토양종류, 배수특성 등의 수문학적 토양군으로 재분류하였다.

토양형별 분포 분석결과 배수상태가 양호한 수문학적 토양군 A, B는 산간지역에, 배수상태가 불량한 수문학적 토양군 C, D는 해안가에 주로 분포함을 알 수 있다 (표 3).

TABLE 3. Soil type & area of study watershed

유역	유역면적 (km <sup>2</sup> )	면적	토양형			
			A	B	C	D
진위천	737.70	면적	172.57	297.99	262.46	4.68
	(100.0)	(%)	(23.4)	(40.4)	(35.6)	(0.6)

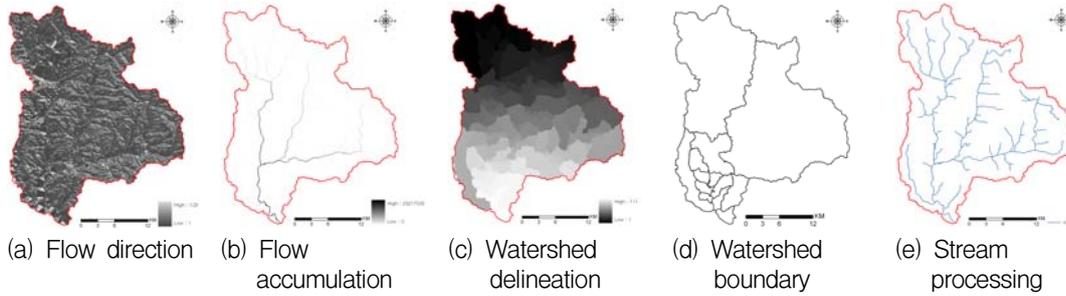


FIGURE 4. Process of HEC-GeoHMS terrain preprocessing

4) CN 분포도 (curve number distribution map)

수문 모형에서 홍수량 산정 시 중요한 매개변수가 되는 유역의 홍수도달시간 및 유출능력을 표현하는 CN값을 산정하기 위해 ArcGIS의 Extension인 Distributed CN Calculation으로 토지이용도와 수문학적 토양군 자료를 입력자료로 하여 CN 분포도를 구축하였다 (그림 3d).

5) 기타 지형 자료

이 외에 홍수범람모형의 기본 자료가 될 불규칙삼각망 (Triangulated Irregular Network, TIN) 형태의 DTM (digital terrain model)은 구축된 5m DEM을 ArcGIS Software의 Convert TIN 기능을 통해 구축하였고 삼각망의 해상도에 따른 DTM 자료의 느린 프로세스를 보완하고 디스플레이의 효과를 높이기 위해 TIN 자료를 이용, ArcGIS Software의 Contour기능을 이용해서 등고선도를 구축하였고 DEM에서 추출되어진 하천도도 GIS의 기본 자료로 구축하였다 (그림 3e).

4. 강우 유출 모형과 GIS의 결합

1) 유역 입력 자료 (basin model)

HEC-HMS의 실행에 필요한 유역과 관련된 지형 입력자료는 HEC-GeoHMS에서 구축하였는데 대상유역의 DEM 자료를 기초로 흐름방향, 흐름합산, 하천정의, 유역구분, 유역경계추출, 하천구간처리 등의 지형전처리 작업을 수행하여 대상 유역을 소유역으로 구분하였고 하천도를 생성하였다 (그림 4).

수문처리에서는 지형전처리에서 추출된 소유역을 분할, 합병 등 유역처리과정과 하천길이, 하천 상하류의 고도 및 경사와 같은 하천특성인자와 최장 흐름경로, 중심흐름경로 등의 유역특성인자를 추출하는 과정을 시행하였고 마지막으로 HMS 유역입력파일을 작성하였다 (그림 5).

한편, 구축된 지형자료는 HEC-HMS의 유출량 산정에 있어 지표, 중간, 기저 유출로 분리하여 각각의 유출량을 산정하기 위한 매개변수 값의 입력이 필요하다. 홍수량 산정에 필요한 각 인자들의 매개변수 값은 HEC-HMS의 최적화 기법을 사용하여 평가하게 되는데,

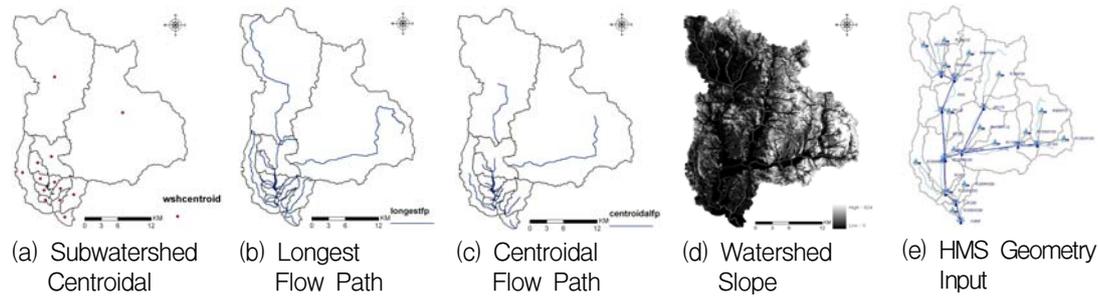


FIGURE 5. HEC-GeoHMS hydrologic processing & HMS geometry input

적절한 초기값 입력을 위해 HEC-GeoHMS에서 지형자료를 통한 매개변수 추정 기능을 제공하고 있다.

## 2) 기상 입력 자료 (meteorologic model)

HEC-HMS의 기상 입력 자료로는 강우량과 증발산량이 있는데 강우량은 대상 지역에 설치된 우량계의 강우량 데이터를 사용하면 더

정확한 모형의 결과를 산정할 수 있다. 한편 본 연구에서 기상 입력 자료 중 증발산량 자료는 제외하였다. 본 연구에서는 대상 유역 내 설치된 우량계의 관측된 강우량을 HEC-HMS에서 강우사상별로 입력하여 강우 자료를 구축하였다. 추가적으로 관측된 유출량 또한 입력 자료로 구축하여 모형에 의해 산정된 유출량 값의 적정성을 판단하는데 사용하였다.

TABLE 4. Result of model calibration & hydrologic parameter assumption

강우 사상	강우량 (mm)	매개 변수		총 유량 (mm)		첨두 유량 ( $m^3/sec$ )		첨두 시간 (hrs)	
		CN (검토/보정)	Initial Abstract	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.
30 June 1998	119.0	63.1/54.0	4.1	60.0	60.3	258.0	259.6	03 July 1998 05:00	03 July 1998 07:00
10 July 1998	190.0	63.1/55.9	7.0	63.2	54.0	603.0	603.1	11 July 1998 12:00	11 July 1998 12:00
07 Aug. 1998	133.0	63.1/55.5	2.5	236.0	223.0	1363.0	1359.3	09 Aug. 1998 03:00	09 Aug. 1998 05:00
29 Sept. 1998	102.0	63.1/56.2	5.9	30.5	30.5	245.0	245.0	01 Oct. 1998 00:00	01 Oct. 1998 01:00
22 July 2000	431.0	63.1/59.7	9.5	205.2	173.0	2470.0	2459.9	23 July 2000 01:00	23 July 2000 01:00
23 Aug. 2000	235.0	63.1/55.8	10.0	174	152.4	784.0	794.3	27 Aug. 2000 00:00	27 Aug. 2000 02:00
평균	201.7	63.1/56.2	6.5	128.1	115.5	953.8	953.5	-	-
$R^2$				0.989		0.999		0.999	
RMSE				17.113		6.115		0.061	

**3) 시간 설정 자료 (time specification model)**

구축된 각 유역별 및 각 강우사상 (Event) 별로 모형을 실행하여 홍수량을 산정하기 위해서는 실행하고자 할 자료의 시간을 설정할 필요가 있다. HEC-HMS에서는 이러한 시간 설정을 유역모델 및 기상모델과 더불어 하나의 모델로 구축하도록 되어 있으며 이렇게 구축된 3개의 모델을 시뮬레이션 함으로서 최종 결과 값을 산정해 낸다.

**4) HEC-HMS 모형의 보정 및 유역 평균 매개변수 추정**

본 연구에서는 모형의 보정을 위하여 진위천 유역의 출구점에 인접한 동연교 수위 및 유량관측소지점을 대상으로 HEC-HMS에서 제공하는 최적화 기법을 이용하였다. HEC-HMS의 최적화 모듈에서 목적함수는 총 5가지가 제공되는데, 이 중에서 1998년에 미군 공병단 (USACE)에서 제시한 가중-첨두 RMSE (Root Mean Square Error) 방법을 이용하였다. 한편, HEC-HMS에서는 목적함수를 최소화하고 최적의 매개변수 값을 찾아내기 위한 방법으로 단일변량구배 방법과 Nelder & Mead 방법이 제공되는데, 본 연구에서는 단일변량구배

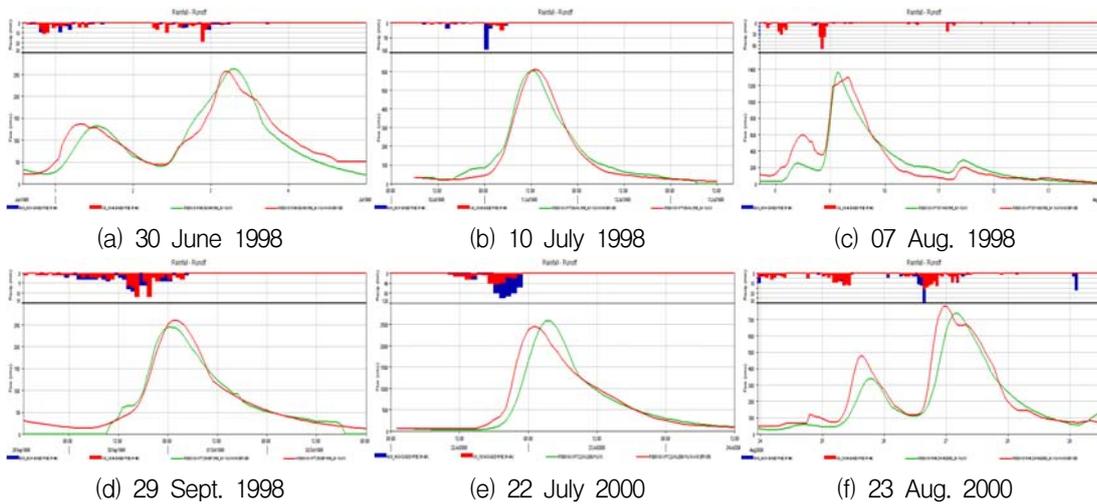
방법을 적용하였다. 이 방법은 여러 매개변수가 있을 때, 하나의 매개변수만 조정하고, 나머지 매개변수들은 고정시켜 놓고 계산한다. (박종민, 2003)

표 4는 HEC-HMS 모형의 유출량과 첨두시간을 보정하여 모의한 결과와 실측치를 비교한 결과이고 그림 6은 보정후의 수문곡선을 보여주고 있다. 이 때 실측치와의 정확도 분석을 위해 결정계수와 평균제곱근오차를 사용하였다. 또한 유역유출에 대표적으로 영향을 미치는 CN과 초기차단량 (Initial abstract) 매개변수의 값도 추정하였다.

**요약 및 결론**

지리정보시스템 (geographic information system)과 수문모형 (HEC-HMS)이 결합된 모형을 진위천 유역에 적용하여 유역의 수문곡선과 강우-유출관계 분석을 통한 유출량 산정 및 예측에 대한 모형의 적정성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

모형의 보정 평가를 위하여 총유량, 첨두유량과 첨두시간에 대한 통계변량 분석을 실시하였다. 그 결과 R<sup>2</sup>는 각각 0.989, 0.999,



**FIGURE 6.** Comparison of observation & simulation hydrograph

0.999, RMSE는 각각 17.1 mm, 6.12 m<sup>3</sup>/s, 0.061 hr로 분석되어 실측치를 잘 반영하는 것으로 나타났다.

HEC-HMS의 최적화 기법을 이용하여 유역 유출에 가장 큰 영향을 미치는 CN 값과 초기 차단량 값을 산정하였는데, 각각의 평균유역유출 매개변수는 각각 56.2, 6.5 mm로 나타났다.

보정 과정을 거친 HEC-HMS 모형을 빈도별 홍수량 산정에 이용함으로써 향후 홍수범람분석 (Flood Inundation Analysis, FIA) 및 홍수피해산정 (Flood Damage Assessment, FDA) 으로 연계되는 통합모형에 대한 기초자료로의 구축이 가능하리라 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림부 “RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해평가 및 예측시스템 개발” 과제의 연구비에 의하여 연구되었기에 이에 감사드립니다. 

### 참 고 문 헌

건설교통부, 한국수자원공사. 2000. 수자원장기종합계획보고서 : Water vision 2020.  
건설교통부, 2002, 안성천 수계 하천정비 기본계획서.

박준일, 신형우, 조봉철, 장영태. 2000. 남강댐 유역에서의 HEC-HMS 모형의 적용성. 생산기술연구소논문집 16(1):161-167.

최한규, 백효선, 정병하. 2002. 내린천 유역의 HEC-HMS 모형 적용에 관한 연구. 산업기 술연구 22(A):211-218.

권형중, 김성준. 2003. TOPMODEL과 Muskingum 기법을 연계한 안성천유역의 홍수유출 분석. 한국지리정보학회지 6(1): 1-11.

이준우, 권형중, 신사철, 김성준. 2003. WMS HEC-1 모형을 이용한 경안천 유역의 경년수문변화 분석. 한국지리정보학회지 6(1): 107-118.

홍성민, 정인균, 이준우, 김성준. 2004. SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천흐름 분석. 한국지리정보학회지 7(1):94-104.

장인수. 2004. HEC-HMS 모델을 이용한 산지 소하천유역의 홍수유출량 산정.

한국산업응용학회지 7(3):281-288.

장석환, 구분용. 2004. GIS를 이용한 한탄강 유역의 홍수량산정. 대진논총, 11(1):115-128.

박종민. 2003. GIS를 이용한 농경지 침수모의시스템 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 109-122쪽.

김상호. 2006. GIS기반 홍수지도의 개발. 환경대학교 대학원 석사학위논문. 60-79쪽. 