

# GIS기반 홍수에측지도의 개발

## Development of Flood Map Using Geographic Information System

김상호\* · 김한중\*\* · 이남호\*\*\* · 김성준\*\*\*\*

Kim, Sang Ho · Kim, Han Joong · Lee, Nam Ho · Kim, Seong Joon

\* 건국대학교 일반대학원 사회환경시스템공학과 박사과정, [sanghok@konkuk.ac.kr](mailto:sanghok@konkuk.ac.kr)

\*\* 환경대학교 농업생명과학대학 지역자원시스템공학과 조교수, [hanjoong@hknu.ac.kr](mailto:hanjoong@hknu.ac.kr)

\*\*\* 환경대학교 농업생명과학대학 지역자원시스템공학과 교수, [namhol@hknu.ac.kr](mailto:namhol@hknu.ac.kr)

\*\*\*\* 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 부교수, [kimsj@konkuk.ac.kr](mailto:kimsj@konkuk.ac.kr)

### Abstract

The objective of the study is to develop a GIS-based flood map. Hydraulic model (HEC-RAS) is linked with hydrologic model (HEC-HMS) for flood map. Geospatial data processors, HEC-GeoHMS and HEC-GeoRAS, are used for operating HEC-HMS and HEC-RAS. HEC-HMS was calibrated and validated at the Hwa-Ong watershed. HEC-HMS was used for calculating runoff from the Hwa-Ong watershed which consisted of Nam-Yang, Ja-An, U-Eun river sub-watersheds, and HEC-RAS was applied and validated for river flow routing at the Hwa-Ong watershed. The simulated results from HEC-HMS and HEC-RAS were reasonably good compared with the observed data. HEC-RAS and HEC-HMS were applied to simulate flooding from probability rainfall at the Hwa-Ong watershed, and the simulated result was used to develop a flood map. Flood map developed in this study will be used for mitigating and predicting the flood damages.

*Key word : HEC-HMS, HEC-GeoHMS, HEC-RAS, HEC-GeoRAS, Flood Map,*

### 1. 서론

자연재해 중 홍수에 의한 재해는 우리나라의 경우, 여름철 저기압, 장마전선, 태풍 등의 위협에 노출된 지역이 많이 있어 각종 산업시설을 보호하고 있는 하천제방 등의 홍수방지 시설물들은 그 설계와 관리에 만전을 기하고 있음에도 불구하고 홍수에 의한 범람 피해가 속출되고 있다. 또한 이러한 홍수범람으로 인하여 하천의 주변 지역에서는 많은 인명피해 및 재산피해 등 사회적 문제를 초래하고 있어 근본적인 대책이 필요한 실정이다.

한편, 최근 GIS의 발달과 수치지도 제작이 활발히 이루어지면서 GIS를 기반으로 하는 수리, 수문모형에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있는데, 수치표고모형(Digital Elevation

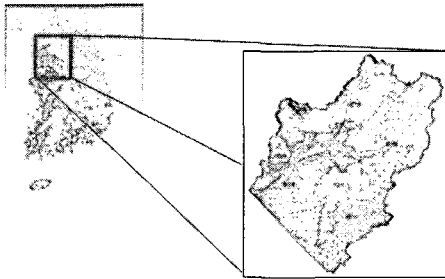
Model, DEM)에 기반을 둔 공간자료 구조를 가진 수문모형이 개발되었으며, 유역의 수문학적 특성을 자동으로 계산하고 분석하는 GIS도구와 수치지도모형(Digital Terrain Model, DTM)으로부터 하천단면을 추출하고 수리해석을 실시하며, 그 결과를 그래픽, 그래프, 또는 텍스트 등으로 나타낼 수 있는 GIS도구가 널리 보급되어 있다.(박종민, 2003)

이러한 GIS와의 연계과정을 통한 홍수량 산정 및 범람해석은 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 정보를 제공할 수 있다.

본 연구의 목적은 비구조적인 홍수대책으로 홍수 피해 발생 예상지역의 빈도별 홍수량 (100, 200, 500년 등)에 대한 홍수발생 시나리오를 적용, 가상 범람해석을 실시하여, 침수범위, 침수심, 침수시간 등의 범람해석결과를 토대로 가상피해범위, 피난경로검토 등 홍수범람 예측에 대한 모형의 적정성을 평가하고자 한다.

## 2. 대상 유역

화옹 지구는 우리나라 서해안에 위치하며 유역면적은 235.6 km<sup>2</sup>이다. 위, 경도 상으로는 북위 37°00' ~ 37°15' 사이와 동경 126°40' ~



<그림 1> 대상 유역

127°00' 사이에 위치하며, 수도 서울에서 직선 거리로 약 42km 떨어져 있다. 본 연구에서는 화옹 지구 유역과 주하천을 대상으로 모형을 적용하였다 (그림 1).

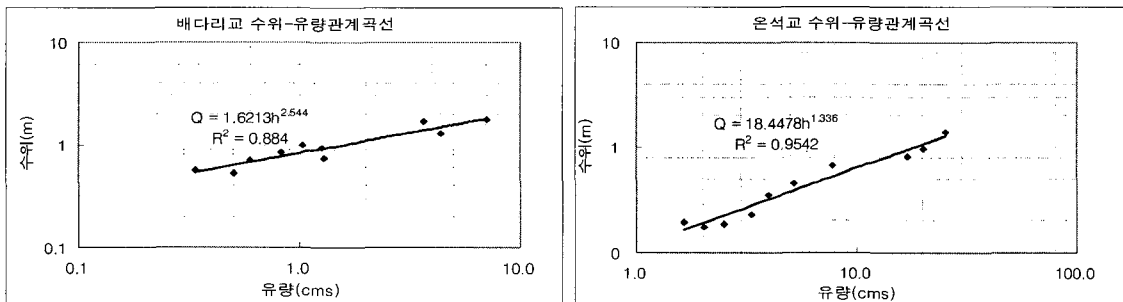
## 3. 수문자료의 구축

### 3.1. 수위-유량 관계 분석

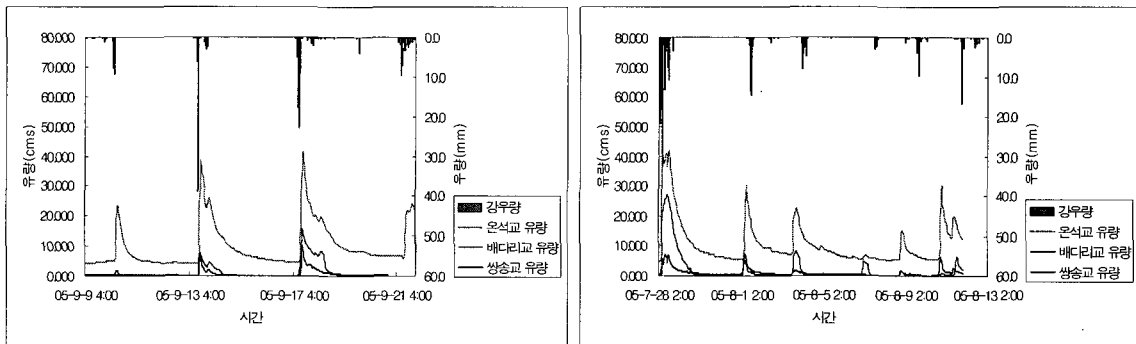
현장에서 관측되어진 수위와 유량자료로부터 수위-유량 관계곡선을 개발하기 위하여 3곳의 관측지점을 선정하였고 그 관계곡선은 높은 상관계수를 보이고 있어 실제 수위관측 자료로부터 유량을 환산하기 위한 기준으로 적절히 사용될 수 있을 것으로 판단된다 (그림 2).

### 3.2. 강우-유출 자료의 구축

유역 유출량 계산모형이나, 하도추적모형 등의 적용성 평가를 위하여 필요한 강우 및 유출량 자료를 구축하였는데 여기서의 유출량 자료는 본 연구를 위하여 설치한 수위관측시설로부터 측정되어진 수위자료를 개발되어진 수위-유량 관계곡선식으로 환산한 자료이다 (그림 3).



<그림 2> 어은천(배다리교), 자안천(운석교) 수위-유량 관계 곡선

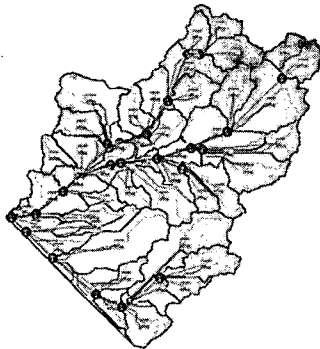


<그림 3> 강우-유출 자료

#### 4. HEC-HMS에 의한 홍수량 산정

HEC-HMS 지형입력자료는 HEC-GeoHMS에서 구축하였는데 화옹지구 유역의 DEM자료를 기초로 흐름방향, 흐름합산, 하천정의, 유역구분, 유역경계추출, 하천구간처리 등의 지형전처리 작업을 수행하여 대상 유역을 소유역으로 구분하였고 하천도를 생성하였고 지형전처리에서 추출된 소유역을 분할, 합병 등 유역처리과정과 하천길이, 하천 상하류의 고도 및 경사와 같은 하천특성인자와 최장 흐름경로, 중심흐름경로 등의 유역특성인자를 추출하는 과정을 시행하여 HMS 유역입력파일을 작성하였다 (그림 4).

또한 HEC-HMS의 기상입력자료로 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.



〈그림 4〉 HEC-HMS 지형입력자료

#### 5. HEC-RAS를 이용한 가상범람해석

HEC-RAS는 자연수로 또는 인공수로에서 점변류(gradually varied flow)의 1차원 수면곡선을 계산하며 상류, 사류, 혼합류 구간에서의 수면곡선 계산이 가능하다.

##### 5.1 수면곡선 계산 기본방정식

하나의 단면으로부터 다음 단면까지의 수면곡선은 에너지 방정식을 표준 축차법(standard step method)을 이용하여 반복적인 과정을 통해서 계산한다.

에너지 방정식은 다음 식 (1)과 같다.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \text{식 (1)}$$

여기서,  $Y_1, Y_2$  = 횡단면의 수심,  $Z_1, Z_2$  = 주하천 저층부의 표고,  $V_1, V_2$  = 평균유속(총 유량/총 흐름면적),  $\alpha_1, \alpha_2$  = 유속 가중 계수,  $g$  = 중력 가속도,  $h_e$  = 에너지 손실수두를 의미한다.

두 단면 사이의 에너지 수두 손실( $h_e$ )은 마찰 손실과 확장, 수축 손실을 포함하고 있으며, 에너지 수두 손실에 대한 방정식은 다음 식 (2)와 같다.

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad \text{식 (2)}$$

여기서,  $L$  = 유량 가중 수로 길이,  $S_f$  = 두 지점간의 대표 마찰 경사,  $C$  = 확장, 수축 손실 계수를 의미한다.

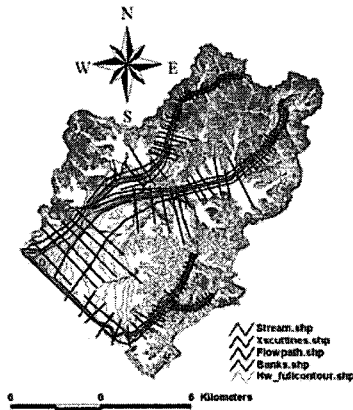
유량 가중 수로 길이  $L$ 은 다음 식 (3)과 같이 계산된다.

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad \text{식 (3)}$$

여기서,  $L_{lob} + L_{ch} + L_{rob}$  는 좌측 홍수터, 주수로, 우측 홍수터 각각에서의 횡단면 구간 길이를 나타내고,  $Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}$  는 좌측 홍수터, 주수로, 우측 홍수터 각각에서의 횡단면간의 산술평균 유량을 나타낸다.

#### 5.2 HEC-RAS 입력자료

HEC-RAS에 필요한 하천도, 제방도, 흐름경로선, 단면도 등과 같은 지형 자료와 그에 따른 속성 자료는 ArcView의 Extension중 하나인 HEC-GeoRAS로 구축하여 HEC-RAS에서 지형 및 속성자료의 수정 및 편집을 통하여 지형 입력 자료를 완성하였다 (그림 5).

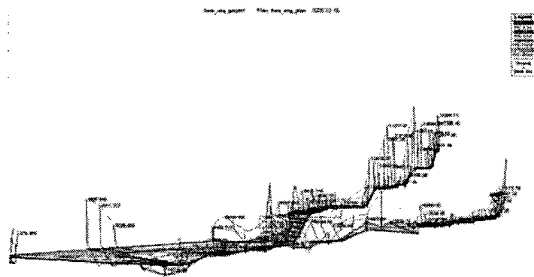


<그림 5> HEC-RAS 지형입력자료

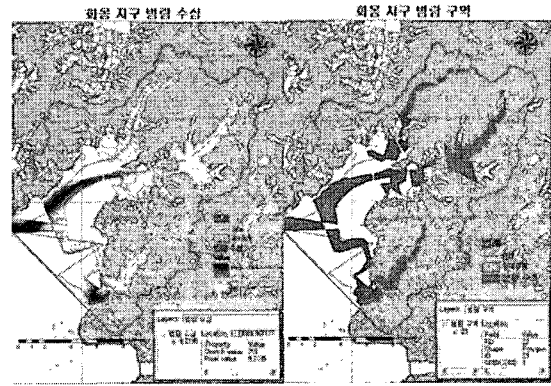
또한 대상 지역 하천의 합류 지점과 배수갑문 지점에 대해 산정된 유역 내 특성 인자 값들과 빈도별(20, 50, 100년 등)홍수량을 HEC-RAS에 입력하여 수문 자료를 구축하였다.

### 5.3 모형의 실행결과 및 GIS와의 연계

구축된 각 자료를 토대로 HEC-RAS는 모의를 실행하고 실행 과정에서 오류의 발생 없이 정상적으로 실행이 완료되면 Cross Section, Water Surface Profile, Rating Curve, Flow Hydrograph등의 결과를 얻게 된다 (그림 6). 또한 이러한 출력결과는 ArcView와 같은 GIS 프로그램과 연계되어 시각적 측면의 효율성을 제고한 결과를 제공한다 (그림 7).



<그림 6> X-Y-Z Perspective(HEC-RAS)



<그림 7> 침수심도 및 범람도(ArcView)

### 6. 요약 및 결론

대상 지역에 대하여 유역유출모형(HEC-HMS)과 홍수범람모형(HEC-RAS)을 연계하여 GIS기반의 홍수예측지도를 개발하고 그 적용성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대상지역의 유역특성인자 중 유역면적은 전체 235.8km<sup>2</sup>이고 그 중 남양천 유역이 19.90 km<sup>2</sup>, 자안천 유역이 52.63km<sup>2</sup>, 어은천 유역이 23.50km<sup>2</sup>이었고 유역형상계수는 전체 1.38, 남양천 유역이 0.28, 자안천 유역이 0.31, 어은천 유역이 0.47로 나타났다.
2. 세 개 하천의 유량을 산출하기 위해 수위 측정 및 단면측량을 실시하여 수위-유량 관계곡선을 개발한 결과, R<sup>2</sup>값이 남양천 쌍송교 지점 0.9491, 자안천 은석교 지점 0.9542, 어은천 배다리교 지점 0.884로 매우 높은 상관성을 나타냈다.
3. DEM과 토지이용도 분석 결과, 고도 분포는 0~185m, 토지이용은 남양천유역이 농지 6.44km<sup>2</sup> (32.4%), 임야 10.48km<sup>2</sup>(52.7%), 대지0.34km<sup>2</sup>(1.7%)이고 자안천유역이 농지 18.26 km<sup>2</sup>(34.7%), 임야 27.6km<sup>2</sup> (52.4%), 대지 0.82 km<sup>2</sup>(1.6%)이고 어은천유역이 농지 11.09km<sup>2</sup> (42.7%), 임야 7.02km<sup>2</sup>(29.9%), 대지 4.62km<sup>2</sup> (19.7%)로 나타났다.
4. 토양도 분석 결과, CNIII값은 남양천 유역이 86.5, 자안천 유역이 84.1, 어은천 유역이 88.9로 나타났다.
5. 홍수 분석 자료 구축 결과, 유역 내 200년 빈도 최대홍수량은 남양천 쌍송교 유역 229.1m<sup>3</sup>/s, 자안천 은석교 유역 233.1m<sup>3</sup>/s

그리고, 어은천 배다리고 유역 289.3m<sup>2</sup>/s로 분석되었다.

6. 홍수범람모형에서 분석되어진 결과는 GIS 프로그램(ArcView 등)과 연계하면 DTM 형식의 WS(Water Surface)와 Shapefile 형식의 FP(Flood Plain), 그리고 Grid형식의 GD(Grid Depth)등의 결과를 새롭게 얻을 수 있고 이로 인해 시각적 측면의 효율성이 향상됨을 확인하였다.
7. 침수 지역의 예측 및 관리를 위하여 GIS와 수문유출모형을 이용한 홍수재해관리시스템을 개발하여 예상 강우량 및 지속시간에 따른 피해지역을 예측할 수 있는 시스템 구축화의 활용성을 확인하였다.
8. 분석된 침수가능지역에 대한 홍수범람지도 및 침수심도를 작성하여 제공함으로써 홍수재해에 대해 능동적으로 대처할 수 있는 정보를 제공할 수 있다.
9. 작성된 지도는 웹과 연계하여 홍수 발생시 위험건물 및 시설물의 검색, 대피시설물 선정, 검색 등의 종합방재시스템으로 역할 수행이 가능할 것으로 기대된다.

### <참 고 문 헌>

U.S. Army Corps of Engineering (2001). "HEC-GeoHMS(version3.0) : River

Analysis System, User's Manual." Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.  
USACE (2000). "HEC-HMS(version 1.0) : Hydrologic Modeling System, Technical Reference Manual." Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.  
USACE (2001). "HEC-RAS(version 3.0) : River Analysis System, User's Manual." Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.  
USACE (2001). "HEC-HMS(version 2.1) : Hydrologic Modeling System, User's Manual." Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.  
김석규 (2001). "GIS를 이용한 침수지역 분석," 한국수자원학회 학술발표회 논문  
건설부 (1989). "영산강 수계 종합정비계획" 건설부, 화옹지구 홍수통제소, 1993-1994. "영산강 홍수예경보"  
박의정 (2002). "함평천 유역 홍수가능지역 재해관리를 위한 GIS 이용" 전남대 대학원 조경학과 석사학위논문  
박종민 (2003). "GIS를 이용한 농경지 침수모의시스템 개발" 서울대 대학원 박사학위논문  
박창언 (1994). "영산호 운영을 위한 홍수예경보 모형의 개발" 서울대학교 박사학위논문.