

# WMS 모형을 이용한 보청천 유역의 유출해석

## Analysis of Runoff using WMS in Bocheong Stream Basin

안상진\* · 윤석환\*\* · ○김영호\*\*\* · 이무경\*\*\*

### 1. 서 론

최근들어 수자원 분야에서 GIS(Geographic Information System)의 활용에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 수자원 관련 분야에 있어서 GIS는 수문현상에 영향을 미치는 기상학적 요인, 토양, 토지이용도, 배수유역의 형태 등 수문정보를 획득하기 위한 수단으로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 유역에서의 지형학적, 기후학적 특성을 시간과 인력을 절약하여 정량화할 수 있다는 것이 입증되고 있다.

하천에서의 유출량 추정은 강우, 수위와 같은 수문데이터의 신뢰도에서 많은 문제점이 야기되고 있다. 따라서 모의 입력매개변수의 중요요소인 지형정보의 경우 GIS 기법을 이용할 경우 기존 방법과는 달리 신뢰성 있는 정보를 획득할 수 있으므로 모형의 결과를 개선하는데 도움이 될 것이다.

본 연구에서는 WMS(Watershed Modeling System)를 유역의 수문학적 지형특성인자들을 추출하기 위한 GIS 분석 tool로 사용하고 WMS에 포함되어 있는 HEC-1을 강우유출 해석을 위한 수문모형으로 선정하여 비교적 신뢰성 있는 수문자료를 획득할 수 있는 IHP(국제수문개발계획)의 대표유역인 보청천 유역을 연구대상유역으로 선정하여 유출해석을 수행하였다.

### 2. 모형의 개요

#### 2.1 WMS(Watershed Modeling System)

미육군 공병단(U.S Army Corps of Engineers)과 Brigham Young 대학의 공학컴퓨터 그래픽 연구실(Engineering Computer Graphics Laboratory)에 의해 개발된 WMS는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽 사용자 환경을 제공해 주는 프로그램이다. WMS는 수치고도데이터를 이용하여 형성된 불규칙 삼각망으로부터 유역도 및 소유역 경계선 등을 자동으로 그려주고 강우-유출 프로그램인 HEC-1, TR-20, 합리식(Rational Method) 및 NFF(National Flood Frequency Program)에 대한 그래픽 사용자 인터페이스를 제공한다. 유역의 위상 관계를 자동으로 나타내주고 강우-유출 모형의 매개변수를 사용하기 편리한 대화형 박스를 통해 입력 가능하며 제공된 모든 강우-유출 모형은 WMS 안에서 직접 실행할 수 있고 결과값 및 수문곡선 또한 같은 환경안에서 출력된다.

WMS는 다양한 운영체제(Operating System : OS)에서 운영할 수 있도록 프로그램화되어 있으

---

\* 정희원, 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수  
\*\* 정희원, 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정  
\*\*\* 정희원, 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

며, 6가지 기본 모듈로 각각의 주요기능은 표 2.1과 같다.

표 2.1 WMS의 모듈별 주요기능

구 분	주 요 기 능
TIN Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불규칙 삼각망(TIN) 형성</li> <li>• TIN 해석을 통한 소유역 분할 및 지형특성인자 추출</li> </ul>
DEM Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미지질조사국(USGS)의 DEM 자료 및 Arc/Info, GRASS 등 GIS 프로그램에서 제공하는 DEM 형식을 WMS 형식으로 변환</li> <li>• DEM을 이용한 준3차원 영상 출력</li> <li>• TOPAZ 프로그램과의 인터페이스 제공</li> <li>• GRID 해석을 통한 하천망 자동추출, 소유역 분할 및 지형특성인자 추출</li> </ul>
Map Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하천, 경계선 등 주요 지형자료의 디지털이징</li> <li>• AutoCAD의 .DXF 파일의 변환</li> <li>• Image 파일의 변환</li> </ul>
Tree Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HEC-1, TR-20, 합리식, NFF 프로그램과 인터페이스 제공</li> </ul>
2D Grid Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CASC2D 강우-유출해석 모형과의 인터페이스 제공</li> </ul>
2D Scatter Point Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불규칙한(scatter) 형태의 자료를 격자형 자료로 변환</li> </ul>

## 2.2 HEC-1 모형

HEC-1 모형은 1967년 미육군 공병단 수문연구소(Hydrologic Engineering Center : HEC)에서 개발된 홍수유출 계산 프로그램으로 1968년 10월 최초로 공개되었으며, 1984년까지 대형컴퓨터(mainframe)용으로만 운용되다가 1984년 처음 개인용 컴퓨터에서 운용할 수 있는 PC version이 개발되었으나 PC 용량의 한계로 홍수피해분석 등의 부분은 제외되어 있었다.

본 연구에서 사용된 HEC-1 모형은 1990년에 공개된 것으로 HEC의 DSS(Data Storage System)를 포함하고 있고 수문학적, 수리학적 계산방법으로 Green & Ampt Infiltration, Muskingum Cunge 홍수추적, 개선된 Kinematic Wave 방정식이 포함되어 있는 것으로 WMS에서 사용되기 위해서 입출력 부분이 다소 수정된 것이다.

HEC-1 모형은 유역을 수문학적, 수리학적 구성요소로 이루어지는 시스템으로 나타내어, 유역에 발생한 강우사상으로부터 유출을 모의하는 단일사상 강우유출 모형이다. 수문학적, 수리학적 구성요소들로는 유역의 유출, 하도 홍수추적과 저수지 홍수추적 등을 포함하고 있다.

본 연구에서는 유효강우를 계산하기 위하여 강우손실량 계산에는 SCS curve number, 유출변환에는 SCS 방법, 기저유량은 constant monthly, 홍수추적을 위해 Muskingum 방법, 강우분석은 specify gage weight 방법을 택하였다.

## 3. WMS를 이용한 지형특성인자 추출

본 연구의 대상유역인 보청천의 1:25,000 수치지도로부터 DEM 자료를 생성하기 위해서 Arc

View GIS Software를 이용하여 9장의 수치지도를 접합하여 등고선, 표고점 및 수준점 등의 고도와 관련된 레이어를 추출하였다.

기존의 DXF file 형식으로 구축된 벡터데이터로부터 Arc View를 이용하여 생성된 Grid file을 WMS와 호환 가능한 ASCII file로 Export 시킨 후 저장하여 WMS에서 Import하는 방식을 취하였다. Grid 해석과 TIN 해석을 통해 보청천 유역의 DEM 자료로부터 유역을 자동분할하였으며 각 해석방법별로 지형특성인자를 산정하여 분석하였다.

그림 3.1과 그림 3.2는 보청천 유역의 등고선도와 추출된 하천레이어를 나타내고 있다.

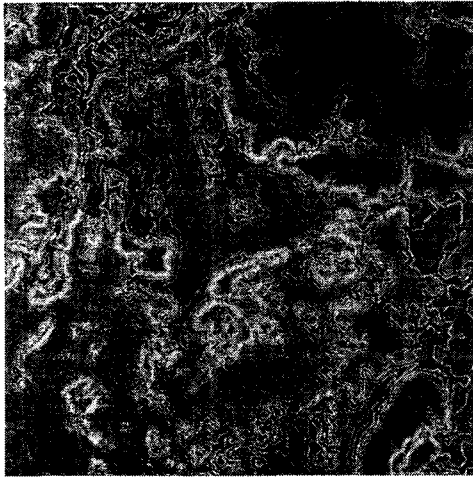


그림 3.1 보청천 유역의 등고선도

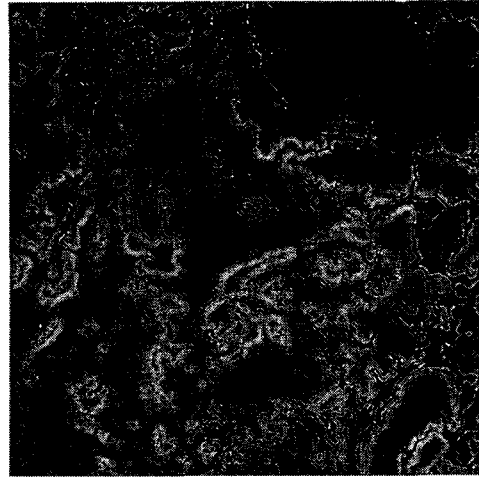


그림 3.2 추출된 하천 레이어

그림 3.3은 보청천 유역의 산계수위표를 유역의 최종 출구점으로 지정하여 유출해석을 위한 수계망을 형성한 그림이다. 그림 3.4는 형성된 수계망도를 사용하여 Grid 해석을 통해 자동으로 추출된 유역경계선을 나타내고 있다.



그림 3.3 유출해석을 위한 수계망도



그림 3.4 유역경계선 추출

그림 3.5는 5개 수위표지점에 대해 분할된 소유역을 나타내고 있다.

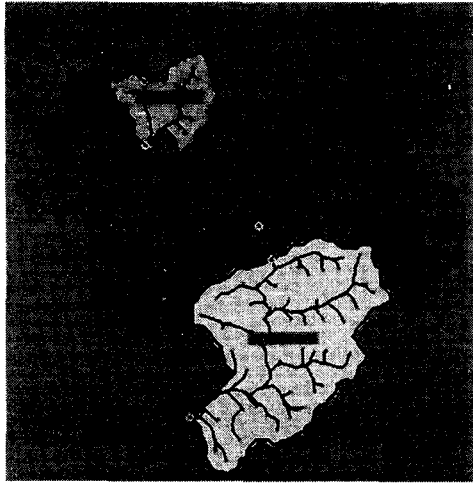


그림 3.5 소유역 분할

기존의 수작업으로 추출하던 지형특성인자를 WMS를 이용하여 보다 쉽고 빠르게 신뢰성 있는 지형특성인자를 추출할 수 있다.

표 3.1은 WMS 모형을 이용하여 추출된 보청천 유역의 지형특성인자를 나타내고 있다.

IHP 연구보고서(건설교통부)의 값과 비교한 결과, 유역면적과 유로연장에서는 차이가 크지 않았으나, 유역경사와 유로경사에 있어서 많은 차이를 나타내었다.

표 3.1 WMS 모형을 이용하여 추출된 지형 특성인자

지 점	구 분	유역면적 ( $km^2$ )	유로연장 L ( $km$ )	유역경사(m/m)	유로경사(m/m)
NO.1	산 계	502.96	47.35	0.0485	0.0021
NO.2	기 대	376.27	30.63	0.0476	0.0024
NO.3	탄 부	73.77	18.36	0.0710	0.0063
NO.4	이 평	75.67	17.27	0.0444	0.0043
NO.5	산 성	47.84	12.64	0.0483	0.0058

#### 4. 모형의 적용

##### 4.1 대상유역 및 강우-유출 자료

WMS 모형을 이용하여 추출한 지형특성인자를 강우-유출 프로그램인 HEC-1의 입력 매개변수로 사용하여 유출해석을 수행하기 위해 IHP 대표유역인 보청천 유역의 산성(No.5), 이평(No.4), 탄부(No.3), 기대(No.2) 수위표 지점의 1999년 주요 호우사상을 선정, 적용하였다.

표 4.1 수위표지점의 주요 호우사상

Station	Duration	Mean Precipitation (mm)	Maximum Rainfall (mm/hr)	Maximum Discharge ( $m^3/sec$ )
NO.2 Gidae	1999. 6. 23. 07:00 ~ 6. 26. 14:00	108.17	16.7	771.76
	1999. 9. 23. 00:00 ~ 9. 26. 07:00	89.62	19.1	654.54
NO.3 Tanbu	1999. 6. 23. 07:00 ~ 6. 26. 14:00	103.14	13.4	35.77
	1999. 9. 23. 00:00 ~ 9. 26. 07:00	100.61	17.1	95.31
NO.5 Sansung	1999. 6. 23. 07:00 ~ 6. 26. 14:00	126.40	20.3	54.43
	1999. 9. 23. 00:00 ~ 9. 26. 07:00	58.69	6.7	34.03

#### 4.2 유출수문곡선의 모의

유역분할에 따른 유출응답특성을 분석하기 위하여 보청천 유역을 5개 소유역으로 분할하여 기상학적 인자의 영향을 최소화할 수 있는 SCS 방법을 선정하여 유출모의를 수행하였으며, WMS를 이용하여 산정된 지형특성인자를 입력매개변수로 하여 보청천 유역에서의 유출을 모의하였다.

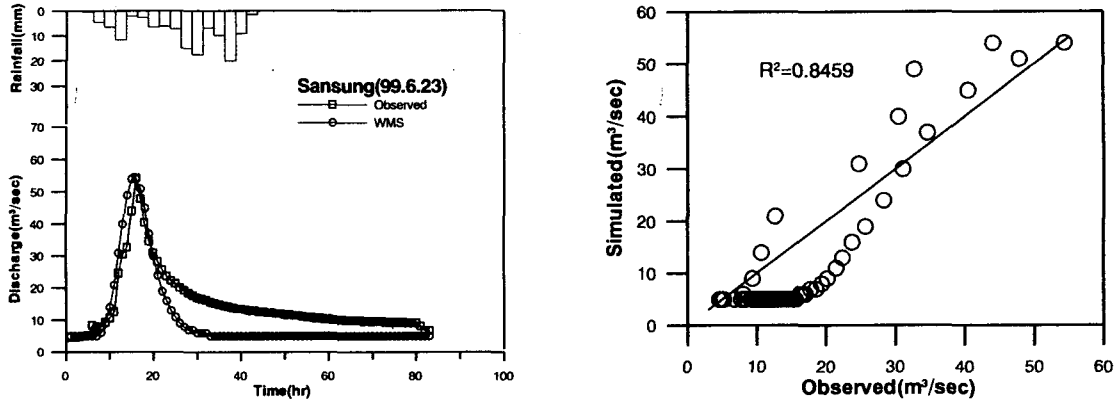


그림 4.1 산성(No.5) 지점의 유출수문곡선 및 산포도

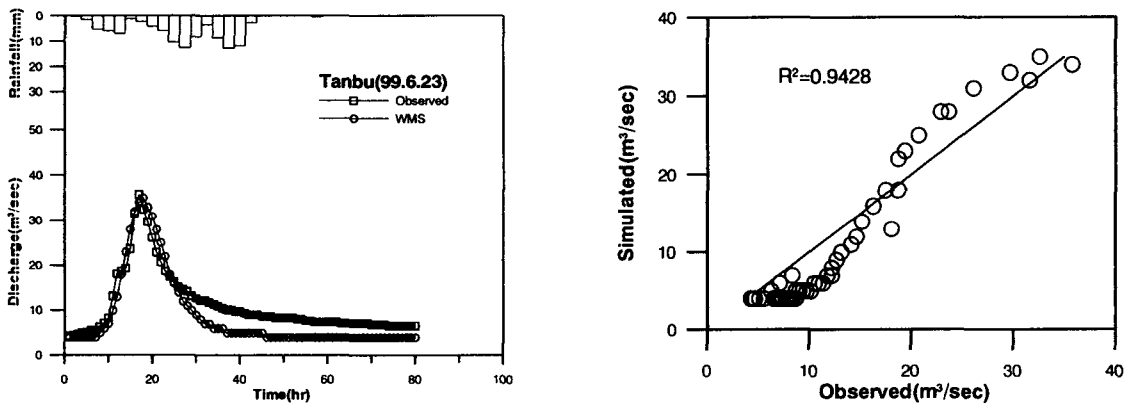


그림 4.2 탄부(No.3) 지점의 유출수문곡선 및 산포도

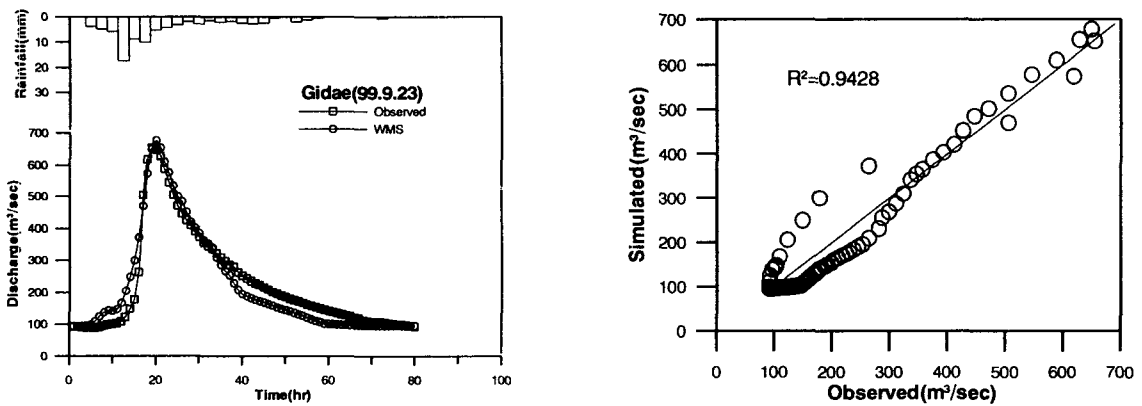


그림 4.3 기대(No.2) 지점의 유출수문곡선 및 산포도

## 5. 결 론

수치지도에서 추출한 절점을 이용하여 제작한 DEM을 GIS 수문프로그램인 WMS에서 사용가능한 형태로 변환하여 지형특성인자들을 추출할 수 있었으며, 유출해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

GIS를 활용한 자료기반을 구축함으로써 기존의 지형도를 이용한 유역 매개변수 추출방법에 비해 빠른 시간 내에 높은 정확도를 갖는 유역 매개변수들을 추출할 수 있었다. 산출된 유역 매개변수 중 유역면적이나 하천길이는 실제 지형도에서 추출한 경우와 거의 일치하는 값을 얻을 수 있었으나, 유로경사와 유역경사에서 많은 오차가 있었다. 이는 실제 수계망과 WMS 모형으로 추출한 수계망의 하천형태와 위상의 차이라고 판단된다.

유출수문곡선 모의 결과 비교적 실측치의 경향을 잘 모의하고 있었으며, 기대지점(99.9.23)의 첨두치가 잘 일치하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 WMS 모형으로 추출한 지형인자를 기존의 연구결과와 비교하여 신뢰성 있는 정보로서 사용될 수 있음을 확인할 수 있었으며, 추후 토양도와 토지이용도를 이용하여 SCS CN값을 산정한다면 보다 손쉽고, 정확한 유출 모의를 할 수 것이라 판단된다.

## 5. 참고문헌

한국수자원학회 (2002), "제 10회 수공학 워킹 교재", pp.II-1~106

김경탁 (1998), "GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구", 박사학위논문, 인하대학교

안상진, 최병만, 전계원, 곽현구 (2001), "HEC-GeoHMS와 HEC-HMS를 연계한 유출해석", 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 257~262