

WMS HEC-1을 이용한 경안천 지역의 경년 수문변화 분석

Assessment of hydrological impact by long term land cover change
using WMS HEC-1 model in Gyeongan-cheon watershed

이 준 우* · 임 혁 진 · 이 미 선 · 김 성 준 (건국대)

Lee, Jun Woo* · Lim, Hyuk Jin · Lee, Mi Sun · Kim, Seong Joon

Abstract

1. The purpose of this study is to evaluate the hydrologic impact due to temporal land cover changes of Gyeongan-cheon watershed.
2. WMS(Watershed Modeling System) HEC-1 was adopted and the required data such as DEM(Digital Elevation Model), stream network, soil map were prepared, and land cover map was made by using Landsat TM data.
3. Due to the increase of urban area and paddy field, the runoff ratio increased 5.8% during the past decade.

I. 서론

대도시 주변의 급속한 인구 증가 및 산업화와 도시 등으로 인하여 용수수요는 증가하고 있으며 이로 인해 수자원의 관리 및 계획에 있어 많은 어려움을 안고 있다. 물의 순환과정 중에서 인간생활에 가장 많은 영향을 주는 것은 유출과정이다. 그러나 유출을 정확히 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 이러한 복잡한 유출현상을 분석하기 위하여 연구를 수행한 결과 다양한 강우-유출 모형이 개발되었다.

강우에 의한 유역의 반응을 파악하기 위하여 사용되는 모형은 집중형 모형(Lumped Model)과 분포형 모형(Distributed Model)으로 대별할 수 있다. 분포형 모형은 유역의 수문학적으로 균일하다고 판단되는 여러 개의 소유역으로 분할하여 각각의 매개변수를 산정한 후 유출해석을 수행한다. 따라서 이러한 모형은 일반적으로 많은 입력자료가 필요하며 계산시간이 길어진다는 단점이 있으나 집중형 모형보다는 더욱 합리적인 방법이라 할 수 있다. 특히, 최근에는 컴퓨터와 소프트웨어의 발달로 이와 같은 문제점을 충분히 해결할 수 있을 뿐 아니라 GIS(Geographical Information System), RS(remote sensing)의 적용을 통해서 해당유역을 보다 정확히 묘사할 수 있게 되어 현실성 있는 강우-유출관계를 분석할 수 있게 되었다.

본 연구는 경안천 유역을 대상으로 WMS(Watershed Modeling System)의 HEC-1 모듈을 이용하여 과거 10년간의 토지 피복변화에 따른 강우-유출 변화를 분석하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 필요한 DEM, 토양도, 하천도 등의 GIS 자료를 준비하였으며, 토지피복변화는 Landsat TM의 시기별 영상자료를 이용하여 작성하였다.

II. 재료 및 방법

2.1 강우-유출 모형

WMS는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽 사용자 환경(graphic user environment)을 제공해주는 프로그램이다. WMS는 수치고도모델을 이용하여 유역도 및 소유역의 경계선을 자동으로 생성하며, 강우-유출 프로그램 HEC-1, TR-20, 합리식 및 NFF(the National Flood Frequency program)에 대한 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 제공한다. 유역의 위상관계를 자동으로 나타내 주고 강우-유출 모형의 매개변수를 산정하며, 결과 값 및 수문 곡선을 같은 환경 안에서 출력할 수 있다. 본 연구에서는 HEC-1 모형을 사용하였다.

2.1.1 GIS 공간 자료 구축

경안천 유역(261.72km²)에서 각각의 매개변수에 대한 공간적 변이를 적절히 고려하여 보다 정확한 입력자료를 산출함으로써 유출해석의 결과에 대한 신뢰도를 높이고자 GIS 공간 자료를 유출모형에 적용하였다. HEC-1모형의 매개변수를 결정하기 위해 필요한 지형자료로는 DEM, 토지이용자료, 토양자료이다. 유출 모의에 있어서 가장 기본이 되는 유역경계, 하천망, 지형특성인자 등의 자료들은 수치고도자료를 이용하여 산출될 수 있다. 수치고도자료는 30m 격자 DEM을 300m 격자로 resampling하여 사용하였다. 토지이용 및 식생상태는 1990년 ~2000년 Landsat TM영상과 KOMPAST영상자료로부터 구축된 토지피복도를 사용하였으며, 토양자료는 1:50,000 개략토양도를 사용하였다. 표 1은 HEC-1에서 사용된 대상유역의 지형인자를 나눈 것이며, 그림 1은 WMS HEC-1 모형의 모식도이다.

표 1. 대상유역 지형인자 및 그 단위

지형인자	단위
Basin area	261.72km ²
Average overland flow	832.19m
Basin[overland] slop	0.086m/m
Max flow distance	32,430m
Max flow slope	0.011m/m
Centroid stream distance	13,694m
Centroid stream slope	0.002m
Max stream length	30,682m
Max stream slope	0.004m/m
Current curve number	64.6
Current percent impervious area	10%

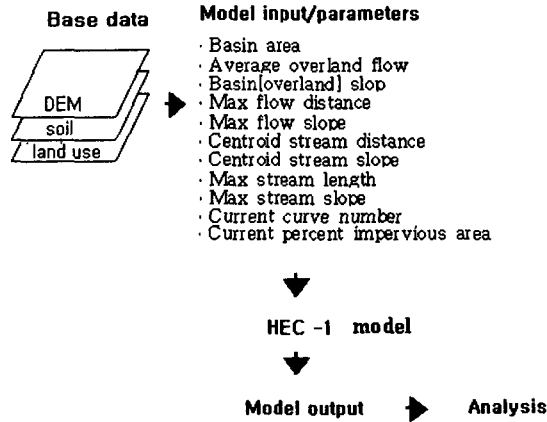


그림 1. WMS HEC-1 모식도

2.1.2 유효강우량의 산정

HEC-1모형은 토양수분이나 표면 저류량을 고려하지 않는 단일 강우사상모델로서 유효강우량의 산정이 중요하다. 본 연구에서 사용한 GIS 자료는 토양도, 토지피복도 및 지형자료이며, 이러한 자료를 바탕으로 SCS CN 방법을 사용하여 유효우량을 산정 하였다.

SCS 방법을 이용해서 유효우량을 산정 할 때는 유역의 CN 값과 초기손실(LA)을 두 가지 매개변수로 사용한다. HEC-1에서는 유효우량의 산정을 위해 다음의 관계식을 이용한다.

$$ACEXS = \frac{(ACRAN - LA)^2}{ACRAN - IA + S}$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (\text{Metric Unit})$$

여기서, ACEXS : 누가 유효우량, ACRAN : 누가 총우량,
S : 토양수분미흡량 또는 잠재보유수량.

2.2.2 합성단위도법

본 연구에서 사용한 SCS 방법은 미국토양보존국(U. S. Soil Conservation Service ; SCS)에 의해 합성단위 우량도를 작성하기 위하여 고안된 방법이다. SCS 방법에 의한 단위도의 합성을 위해서는 단위도의 첨두유량(Q_p)과 그 발생시간(t_p)을 결정하여야 한다.

$$T_p = \frac{1}{2} T_r + T_g, \quad Q_p = \frac{484A}{T_p}$$

여기서, t_p : 유출의 시작시간으로부터 첨두유량까지의 시간(hour) t_r : 강우의 지속시간,
 t_g : 지체시간(hour), Q_p : 첨두유량(ft^3/sec), A : 유역면적(mi^2)

또한 SCS는 지체시간의 계산을 위하여 다음과 같은 공식을 제안하고 있다.

$$T_g = L^{0.8} \frac{(S+1)^{0.7}}{1900\sqrt{Y}}$$

여기서, L : 하천의 총연장(ft), Y : 유역의 평균경사(%),

S : 최대 잠재저수량(m), S = (1,000/CN)-10

2.2.3 토지피복 분석

본 연구의 토지피복 변화의 경향을 살펴보기 위하여 분류영상의 선정은 1990년, 1995년, 2000년 Landsat-5 TM (Path 116/Row 34) 영상을 사용하였다. 영상의 전처리 과정을 거쳐 최대우도법을 이용하여 감독분류한 후, 대상지역을 분류한 결과는 표 2와 같다. 각 분류항목별로 면적변화를 분석한 결과 산림지역이 산업개발로 인하여 토지 이용이 변화하였음을 알 수 있다.

표 2. 연도별 토지피복 변화량

(단위: km²)

분류년도	forest	paddy	upland	urban	water	etc	total
1990	458.7	66.5	40.5	6.3	3.3	0	575.3
1994	428.6	75.9	46.1	21.9	2.9	0	575.4
2000	391.1	90.5	61.4	26.9	2.9	2.6	575.4

2.2.4 유출해석

본 연구에서는 경안 수위 관측소 단일 유역에 2000년 7월 19일 강우로 모의를 한 결과는 그림 2와 같다. 7월 19 모의로 보정된 모형계수를 바탕으로 1999년, 1998년 강우사상에 적용하여 모형의 적용성을 평가한 결과는 그림 3, 그림 4와 같다. 계산된 매개변수를 이용하여 과거 10년동안에 피복변화에 따른 강우-유출 관계를 알아보았다. 사용된 기상자료는 경안천 유역 내 양평측후소 및 이천측후소에서 관측된 강우자료를 티센망을 이용하여 가중평균법을 적용하였다. 1973년부터 2000년까지의 일 최대 강우를 정규분포 방식을 이용하여 계산한 30년 빈도 일 최대 강우량인 254mm를 동일 적용하였다. 표 4와 그림 5는 그 적용결과를 나타낸 것이다.

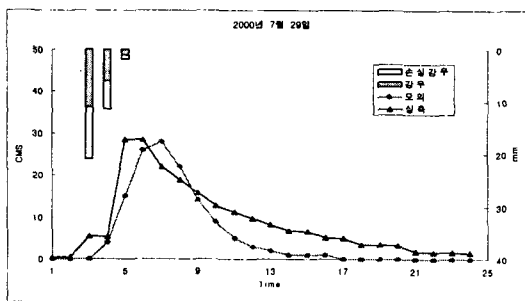


그림 2. 2000년 7월 29일

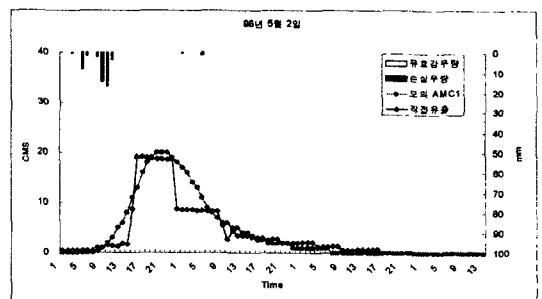


그림 3. 1998년 5월 3일

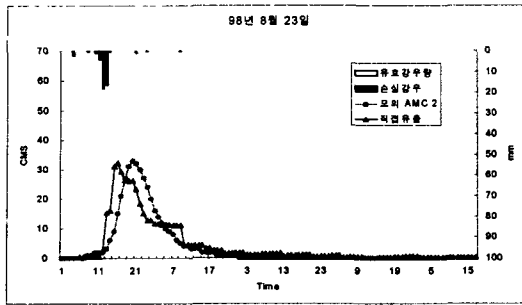


그림 4. 1998년 8월 23일

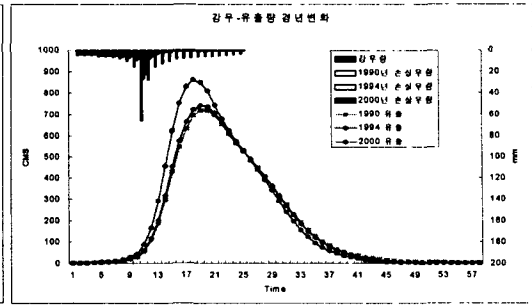


그림 5. 경년변화 (1990 ~ 2000)

표 3. 매개변수 검증 결과

Date	침투유출시간 (hr)		침투유량 (m ³ /sec)		유출고 (mm)	
	실측	모의	실측	모의	실측	모의
98-05-02	20	20	19	20	4.31	4.79
98-08-23	15	20	32	33	6.34	5.46

표 4. 경년변화에 따른 수문 변화

모의년도	CN 값	침투유출시간 (hr)	침투유량 (m ³ /sec)	유출율 (%)	강우조건 (mm/day)
1990	64.6	18	718	59.7	254
1994	65.4	17	752	60.7	
2000	69.5	16	859	65.5	

III. 요약 및 결론

수문모형과 지형정보를 이용하여 강우-유출량 관계를 모의하였다. 본 연구에서는 대상 지역에 GIS와 RS를 이용하여 모형에 필요한 매개변수를 산정 한 후, 이들 매개변수를 토대로 강우-유출량 관계를 모의하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. DEM자료를 이용하여 유역경계, 유역의 하천 등을 효과적으로 추출할 수 있었고, Grid 연산의 수행을 통하여 유역의 지형인자들을 추출함으로써 수문 지형자료의 정도를 높였다.
2. Landsat TM영상에서 최대우도법으로 분류한 토지피복도로부터 경년변화에 따른 지형인자의 변화에 RS 기법을 적용하였다.
3. 선행강우 AMC 조건에 따른 CN값의 변화에 따라 유출량에 많은 변화를 보였다.
4. 경안천 유역 내에 도시화의 진전에 따른 침투유출량의 증가와 더불어 침투시간이 짧아지고 침투유량이 증가함을 볼 수 있었다.

참고문헌

1. Brigham Young University - Environmental Modeling Research Laboratory, 1999, WMS v6.0 Reference Manual.
2. HEC, 1990, HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual
3. 한국수자원공사, 2000. 수자원관련 공간정보 분석 및 적용에 관한 연구.