

HEC-GeoHMS 및 HEC-HMS를 이용한 유출분석

○김주훈·김경탁*

1. 서론

GIS는 지형적으로 정보를 참조하는 모든 형태의 자료를 획득, 저장, 수장, 조작, 분석, 도시할 수 있는 컴퓨터시스템이다. 이 기술은 공간적 특성을 표시하고, 공간자료를 분석, 관리하는 유용한 도구로서 최근 급속히 개발되어 왔으며, 수공학을 비롯한 많은 분야에서 적용되고 있다.

수공학에서의 GIS의 초기 적용은 생활용수 및 공업용수 등을 공급하는 국가기관과 지자체 등에서 주로 이루어져 왔다. 국내에서는 1990년대 중반부터 GIS를 이용한 유출해석모델의 적용 및 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 김상현 등 (1996), 조홍계 등(1997), 조희대(2000) 등이 TOPMODEL의 적용성 검토와 알고리즘 개선과 관련된 연구와, 김성준(1998)은 격자기반의 강우-유출 산정모델의 개발을 시도하였으며, 김경탁 등(1999)은 미계측 유역의 유출해석을 실시한 바 있다.

본 연구에서는 HEC-GeoHMS를 이용하여 유역의 지형학적인 특성을 분석하고, HEC-HMS의 입력자료로 활용하여 유역의 유출분석을 수행하고자 하였다. 연구대상유역은 무심천 유역으로 하였고 수문자료는 1995~2001년까지의 금강홍수통제소의 시우량 및 시수위를 이용하여 모형의 적용성을 검증하고자 하였다.

2. HEC-HMS의 개요

HEC-HMS모형은 강우에 의한 유역의 지표면 유출을 모의하기 위해 강우-유출현상의 수리, 수문학적 과정을 상호 연결하여 유역의 응답을 나타내도록 설계된 모형으로 각 수리, 수문학적 과정은 일반적으로 소유역이라 불리는 유역 일부분에서의 강우·유출과정을 모형화하며, 각 과정은 지표면 유출이나 하도유출, 저수지유출 등을 모의하게 된다. 또한, 이 모형은 기존의 HEC-1모형과 비교하여 입·출력자료의 GIS작업기능, User Interface화, 다중작업수행, GIS자료를 이용한 분포형 모형 개념의 도입, 빈도강우의 형성 및 모의 등의 다양한 측면에서 보완된 모형으로 대략 12가지 정도의 홍수 수문분석을 할 수 있다.

HEC-HMS를 적용하는 단계를 간략하게 나타내면 다음과 같다(한국수자원학회, 2000)

- ① 기존 프로젝트를 열거나 또는 새로운 프로젝트를 시작한다.

* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

- ② Basin Model을 열고 관련데이터를 입력한다.
- ③ Precipitation Model을 열고 관련데이터를 입력한다.
- ④ Control Specifications를 열고 관련데이터를 입력한다.
- ⑤ 실행의 조합을 구성한 후 실행한다.

HEC-GeoHMS는 사용자로 하여금 공간정보를 시각화하고, 유역 분수계의 여러 특성들을 종합하며, 공간분석을 수행, 소유역과 하천을 묘사하고, 수문모형의 입력자료를 구축하는 등 보고서 작성을 쉽게 할 수 있는 장점을 갖고 있다.

3. 대상유역 및 모형 입력자료

본 연구의 대상유역은 금강수계 제1지류로서 충청북도 청원군에서 발원해 남서쪽으로 흐르다가 청원군 남일면 상대리에서 북쪽으로 방향을 바꾸어 청주시내 한가운데를 가로질러 미호천에 합류하고 금강을 거쳐 서해에 이르는 유로연장이 34.5km, 유역면적 166.6km²이다.

본 연구에서 사용한 수문자료는 금강홍수통제소의 1994년부터 2001년의 수위 및 강우량 자료를 이용하였고, 수위-유량관계곡선식은 표 1과 같다.

표 1. 수위-유량관계곡선식(청주)

년도	수위	수위-유량관계곡선식	
1997	$0.45 \leq h \leq 3.90$	$Q = 33.44(h - 0.37)^{2.416}$	EL.36.428m
2000	$0.20 \leq h \leq 3.00$	$Q = 17.795(h + 1.911)^{3.176}$	

(1) 수치표고모형(Digital Elevation Model)

수치지형자료 중 수치고도자료는 국립지리원의 1:50,000의 수치지도를 이용하여 구축하였다. 지형을 모형화하는 목적은 지표면과 그 표고특성을 필요한 만큼 정확히 수치적으로 표현하는데 있다. 즉, 지표면의 표고를 추출하고, 이를 일정한 구조로 조직화하여 컴퓨터 시스템에서 수치적으로 지형을 표현하고자 수치지형모형을 구축하는 것이다. 수치표고모형의 고도값 중에는 nodata나 -9999로 표시되어 있는 무의미한 값들이 존재한다. 이것들을 주변값을 이용하여 보간법(interpolation)을 실시하였다. 보간 방법은 최대값, 최소값, 평균값 등 여러 가지 생성인자가 존재하는데 본 과제에서는 평균값을 이용하여 보간법을 실시하였다. DEM은 격자간격 30m의 격자망을 구성하고, sink 및 peak를 제거하였다. 또한 유역의 하천망은 HEC-GeoHMS를 이용하여 하천망을 추출하였다(그림 1).

(2) 토지이용현황도

국립지리원의 토지이용현황도(수치주제도)는 landuse라 불리며 토지의 이용과 관련된 사회/경제적 계획에 중점을 둔 것으로 국립지리원 기준에 의거 제작된 토지이용현황도(일반주제도)에 바

탕을 둔다.

토지이용현황도는 과거 1972~2000년 사이에는 재래식 도면으로 1/125,000축척의 항공사진을 이용하여 1/25,000축척으로 제작된 후 현장조사를 통하여 보완 사용되어왔고, 2000년 들어서는 1/37,500 항공사진과 1/5,000 수치지도를 사용하여 1/25,000축척의 3단계 계층구조, 38개 세분류 항목으로 제작되어 사용되고 있다(그림 2). 토지이용현황도의 경우 현재 전국적으로 55%의 수치화 상태에 있다. 이는 서부지역의 평지 대부분과, 서울, 부산 등 도심지역을 중심으로 제작되었으며, 현재 강원도를 중심으로 하는 대부분의 산지 지역은 제외되어 있는 상태이다.

(3) 토양도

우리나라의 토양도는 개략토양도, 정밀토양도, 세부정밀토양도 등으로 나눌 수 있으며 축척은 사용목적에 따라 1/5,000에서 1/250,000까지 다양한 형태로 존재한다. 토양도 전산화사업은 1995~2003년의 기간동안 1/25,000의 정밀토양도 및 1/50,000의 개략토양도, 1/5,000의 세부정밀토양도를 전국적으로 구축하는 것을 목표로 현재 부분적으로 완료된 상태이며 계속적으로 진행 중에 있다(그림 3).

무심천유역 DEM

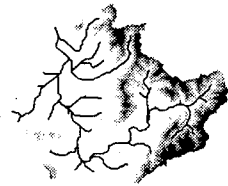


그림 1. 수치표고모형

토지이용현황도

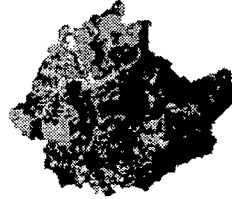


그림 2. 토지이용현황도

한국개략토양도



그림 3 토양도

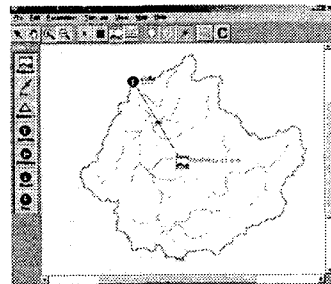


그림 4 HEC-HMS 모형

그림 4는 HEC-GeoHMS의 Hydrologic Processing 과정을 통해 하천연장, 하천경사, 등을 계산한 다음 HEC-HMS의 Basin 모형의 기본 map을 만드는 과정을 나타내고 있다.

4. 유출해석

본 연구에서는 무심천 유역의 유출해석에 GIS를 적용하기 위하여 ArcView(Ver 3.2a)의 확장 모듈인 공간분석 모듈과 HEC-GeoHMS 모듈을 이용하여 지형분석을 실시하였다. 또한 유출해석은 HEC-HMS(ver 2.1.3)을 이용하였고, HEC-HMS를 이용한 유출해석시 유효강우량과 합성단위도의 산정을 위하여 각각 SCS-CN 값과 SCS 무차원단위도법을 이용하였다.

본 연구에서는 1/25,000 지형도를 이용하여 제작한 등고선 수치지도로부터 30m 간격으로 추출된 DEM(그림 1)을 이용하여 유역 지형인자 계산에 사용하였다. SCS CN 값을 산출하기 위해서는 유역면적과 유역내의 토지피복상태와 토양의 성질을 나타내는 수치데이터가 필요하다. 토지피복 상태를 나타내는 자료로는 토지이용현황도(그림 2)와 토양도(그림 3)를 이용하였다.

HEC-HMS모형에서 유효우량의 계산과 합성단위도의 유도는 SCS 방법을 사용하였다. SCS-CN 값을 이용하여 유효우량을 산출할 경우 토양의 피복상태를 나타내는 속성을 부여하기 위하여 WMS 모형에서 제공하는 81개의 항목으로 나누어진 SCS Land use table을 이용하였다.

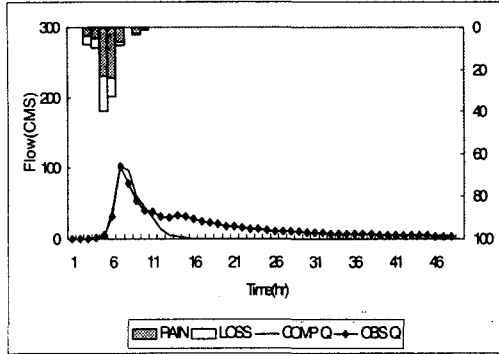
토지이용현황도의 분류 항목은 38가지로 나누어진다. 무심천 유역 토지이용현황도의 분류 항목과 각각의 항목에 해당하는 SCS Landuse table의 속성을 유역의 수문학적 특성을 고려하여 해당 분류항목의 유출특성을 가장 적합하게 반영할 수 있는 것을 판단하여 입력하였다.

무심천 유역의 유출분석을 위해 1994~2001년의 금강홍수통제소의 관측자료 중에서 단일호우 사상을 나타내는 강우사상 6개를 선정하여 적용하였다. 표 2는 선정된 강우-유출 사상을 나타낸 것이다.

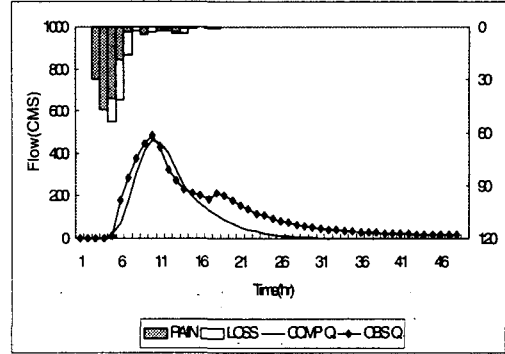
그림 5는 HEC-HMS를 이용하여 표 2의 강우사상에 대한 유출수문곡선을 모의한 것이다. 그림 5에서 보는바와 같이 단일호우사상에 대한 HEC-HMS의 유출모의는 첨두시간과 첨두유량이 관측자료와 매우 유사한 결과를 나타내고 있다.

표 2. 수문자료

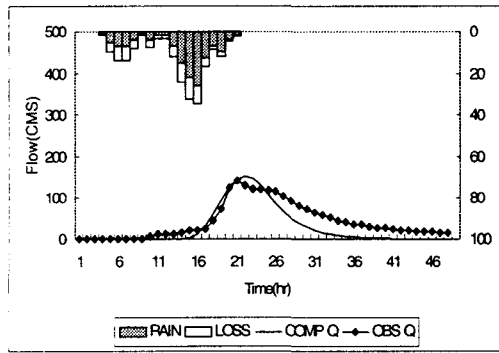
구 분	기 간	강우지속기간(hr)	최대강우강도(mm/hr)	총강우(mm)	첨두유량(CMS)
사상1	2001. 8. 7.	8	24	67	102
사상2	2000 7. 22.	15	47	152	485
사상3	1999. 10. 10.	18	26	139	140
사상4	1999. 6. 24	18	17	109	200
사상5	1998. 9. 29.	46	15	183	117
사상6	1998. 7. 14.	13	19	58	148



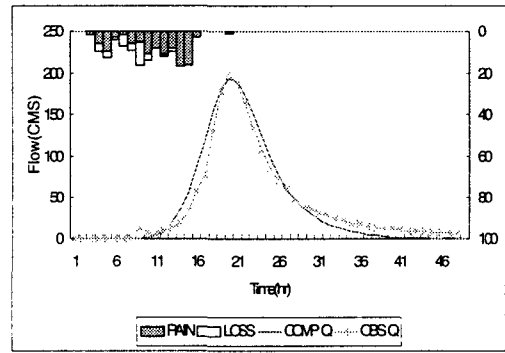
(a) 사상 1



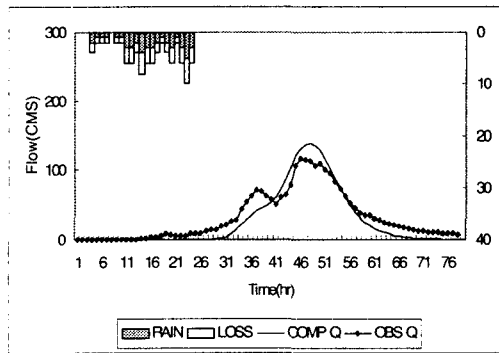
(b) 사상 2



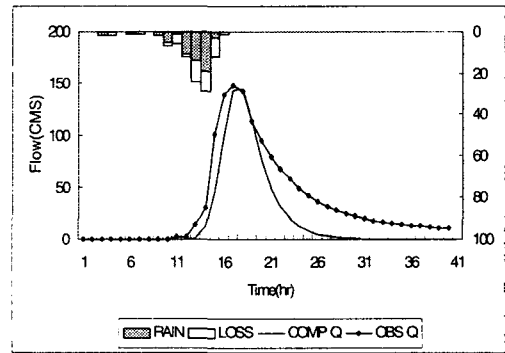
(c) 사상 3



(d) 사상 4



(e) 사상 5



(f) 사상 6

그림 5 수문곡선

5. 결론

본 연구에서는 HEC-GeoHMS를 이용하여 유역의 지형학적인 특성을 분석하고, HEC-HMS의 입력자료로 활용하여 유역의 유출분석을 수행하고자 하였다. 본 연구에서는 DEM자료를 이용하여 HEC-HMS의 유역특성인자를 추출하여 Basin 모형의 기본 map으로 이용하였고, 토지이용현황도와 토양도 등의 수치주제도를 이용하여 SCS-CN에 의한 유효우량 산정에 이용하였다. 1998~2001년의 강우사상 중 단일 호우사상 6개 사상을 선정하여 HEC-HMS의 적용하였다. 적용결과 1999년 6월의 강우사상에 대해서는 그 적용성이 매우 우수한 것을 판단되며, 1998년 9월의 사상의 경우 장기간의 호우에서 관측유출량이 2개의 첨두부를 갖는 반면 HEC-HMS로 모의한 결과는 2개의 첨두부를 형성하지는 못하였으나, 대부분의 강우사상들이 대체로 관측결과와 유사한 경향을 나타내고 있다. 이외에도 한 강우사상에 2개 이상의 첨두유출이 발생하는 강우사상에 대하여도 모의하여 보았으나 HEC-HMS모형은 이의 모의가 부적합한 것으로 나타났다. 연속되는 강우사상의 경우에도 대체로 유사한 경향을 나타내고 있으나 모형의 매개변수의 최적화기법 등을 이용한다면 보다 나은 모의 결과를 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김경탁, 심명필, 선우중호(1999), “미계측 유역의 유출모의를 위한 지리정보시스템의 응용: I. 토양도 및 토지이용도의 선정”, 한국수자원학회 논문집 제32권 제2호, pp163-176.
- 김상현, 한건연(1996), “지리정보시스템을 이용한 유역에서의 지형지수 산정”, 한국수자원학회논문집 제29권 제4호, pp199-208
- 김성준(1998), “격자기반의 운동과 강우유출 모형 개발(I)-이론 및 모형”, 한국수자원학회논문집 제31권 제3호, pp303-308
- 조홍제, 조인률, 김정식(1997), “TOPMODEL을 이용한 강우-유출 해석에 관한 연구”, 한국수자원학회논문집 제30권 제5호, pp515-526
- 조희대(2000), “GRASS와 연계한 GIS수문모의 시스템“ 경북대학교 대학원 공학석사학위논문
- 한국수자원학회(2000), “제8회 수공학익삼 교재”
- 한국수자원학회(2001), “제9회 수공학익삼 교재”
- Hydrologic Engineering Center(2000), HEC-GeoHMS User's Manual
- Hydrologic Engineering Center(2000), HEC-HMS User's Manual