

도시홍수 수문모의를 위한 GIS 자료구축 및 분포형 모델링 기법 연구

A Study on GIS Data Development and Distributed Modeling for Hydrological Simulation of Urban Flood

김성준*, 박근애**

Seong Joon Kim, Geun Ae Park

Abstract

This study is to develop a distributed urban flood runoff model that simulates the road runoff and to test the applicability of the model by applying to Pyeongtaek city of 12.2 km². To generate the runoff along the runoff, agree burned DEM (Digital Elevation Model) with road networks was suggested and the proper spatial resolution of DEM was identified finer than 15 m. To test the model applicability, 32 points on the road networks were selected and the hydrographs of each point were generated. The test showed reasonable results that increase the road runoff from the high elevation roads to the low elevation roads and the road runoff considering rainwater drainage from the road also showed reasonable results.

Key words: Distributed Runoff Modeling, Urban Runoff, Agree Burn, Road Runoff, Rainwater Drainage

1. 서론

일반적으로 도시 홍수피해는 도시내 배수계통의 용량초과, 침수시설의 미비, 교량 등의 하천시설물에 의한 장애, 자연유하 불량, 도시에 인접한 하천 및 유수지의 수위상승 등 그 원인이 매우 다양하며, 서로 연관되어 발생하는 경우가 많다. 특히 도시하천 제방의 범람에 의한 외수피해와 집중호우에 의해 도로 노면수의 배수불량으로 내수피해가 겹치는 경우 그 피해는 막심하며 이에 대한 효율적인 각종 대응책을 강구하는 것이 중요하다(이종태, 2004a).

최근 들어 도시지역에서 빈번하게 발생하는 대규모의 홍수피해를 겪으면서 우리나라 실정에 적합한 도시 내부 및 하천의 계획, 설계 및 관리기술을 개선·개발하는 것이 국가적으로 매우 시급한 과제로 대두되어, 도시 홍수재해로부터 자유로운 도시(Flood Free City)의 실현을 위한 도시홍수 재해관리관련 연구들이 많이 이루어지고 있다. 도시홍수 재해관리의 연구분야는 크게 도시홍수재해 해석기술, 도시홍수 예경보 및 침수예측기술, 도시홍수 재해경감기술, 그리고 도시홍수 방어계획 및 관리기술의 4개 분야를 들 수 있다(이종태, 2004b). 이들 각각의 기술들이 개발되어 유기적으로 연계된다면, 도시홍수로 인한 인명과 재산피해를 최소화할 수 있을 것이다.

이들 기술 중에서 특히 도시지역내에서의 홍수량 산정기술은 가장 기본적으로 필요로 하는 기술이라고 할 수 있다. 도시지역은 자연 및 농촌지역과는 달리 주거지, 도로가 밀도 있게 구성되어 있어 노면유출 및 하수도를 통한 유출경로를 거치게 되므로 이를 적정하게 고려하는 유출해석모형의 적용이 요구된다. 최근 들어 도시지역에서의 기본적인 GIS자료들이 구축되고 있고, 또한 이들 자료를 최대한 이용하는 수문해석기술의 도입 가능성이 높아지면서 도시유역내에서 고지대로부터 도로 및 하수도를 따라 하천경계에 이르는 홍수

* 정회원 · 건국대학교 환경시스템학부 사회환경시스템공학과 부교수 · E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

** 정회원 · 건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사과정 · E-mail : dolpin2000@konkuk.ac.kr

유출상황을 고려한 분포형 도시수문 해석모형의 개발이 가능할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 도시지역을 대상으로 도시내 각 도로를 따라 흐르는 홍수유출의 가시적 해석을 위하여 분포형 도시 유출해석모형을 개발하고자 한다. 이를 위하여 도로 수치지도를 처리하여 모델의 입력자료로 준비하는 과정을 제안하고, 도로를 따라 유출되는 전 과정을 모의하기 위한 분포형 유출 알고리즘을 개발한 후, 이를 실제 유역에 적용하여 홍수유출을 모의한 결과를 고찰하고자 한다.

2. 대상유역 및 자료

본 연구의 대상유역은 평택시내 고지대 및 주거밀집 저지대의 세부 홍수유출을 모의하기 위하여 평택시를 포함하는 지역(12.2km²)을 대상으로 하였다(그림 1). 홍수유출 모의를 위한 강우자료는 개발된 분포형 모형에 빈도 강우를 적용하기 위해 건설교통부(2003)가 제시한 수원관측소의 50년 빈도 24시간 지속 확률강우량을 선정한 후, Huff 4분위법을 이용하여 50년 빈도 강우량(313.6mm)을 분포시켜 적용하였다.

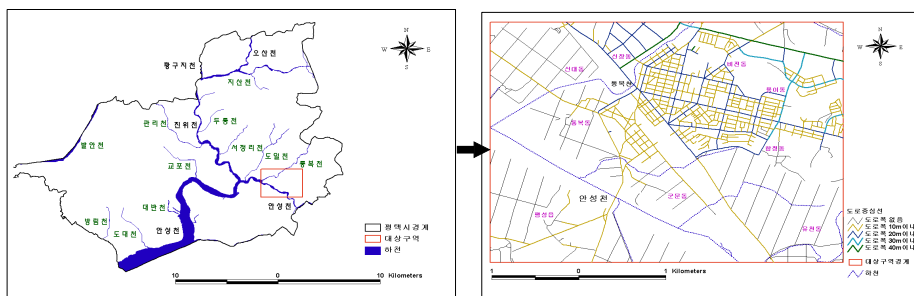


그림 1. 연구대상지역

모형의 구동을 위하여 준비한 GIS자료는 수치표고모델, 도로망도, 하천도, 토양도, 토지이용도를 준비하였다. 수치표고모델(DEM)은 NGIS 1:5,000 수치지형도의 등고선 및 표고점과 관련된 레이어를 추출하고, ARC/INFO를 이용하여 커버리지(coverage), TIN(triangulated irregular network), 격자 변환(lattice transformation) 과정을 거쳐 격자간격 15m, 20m, 25m, 30m 해상도의 DEM을 생성하였다(그림 2). 한편 도로를 따라 흐르는 도시내 홍수유출을 해석하기 위하여 수치표고모델에 도로망도를 고려하여 Agree burn(정인균 등, 2003)을 실시하여 15m, 20m, 25m, 30m의 해상도별로 구축한 후, 모형의 입력자료로 가능한 해상도를 결정하고자 하였다. 20m 이상의 해상도에서는 도시내 세부 도로들이 서로 독립적으로 분리되어 표현되지 못하고 부분적으로 중첩되는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구의 대상지역에 대해서는 15m 해상도의 수치표고모델을 모형의 구동을 위한 해상도로 결정하였다. 도로망도는 NGIS 1:5,000 수치지도에서 도로 관련 레이어를 추출하여 도로중심선을 생성하였으며, 모형의 입력자료로 이용하기 위해 15m, 20m, 25m, 30m 해상도의 Grid 자료로 변환하였다(그림 3). 하천도는 NGIS 1:5,000 수치지도에서 하천관련 레이어를 추출하여 생성하였다. 토양도는 벡터 커버리지 형태의 농촌진흥청의 1:50,000 개략토양도의 토양종류 속성을 이용하여 토양종류도를 작성하였다(그림 4). 토지이용도는 벡터 커버리지 형태의 국립지리원 1:25,000 토지이용현황도를 이용하여 중분류 토지이용도를 작성하였다(그림 5).

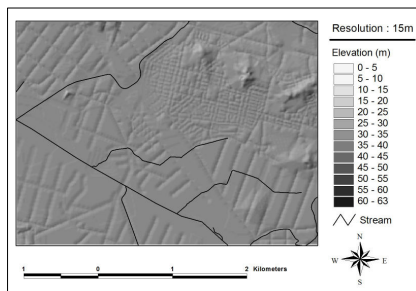


그림 2. 수치표고모델

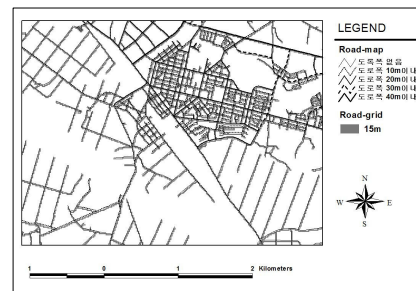


그림 3. 도로망도

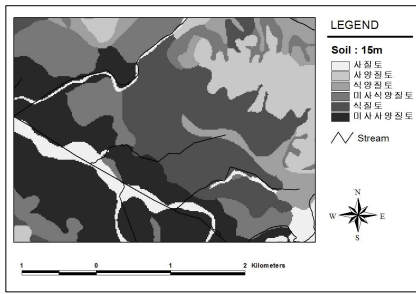


그림 4. 토양도

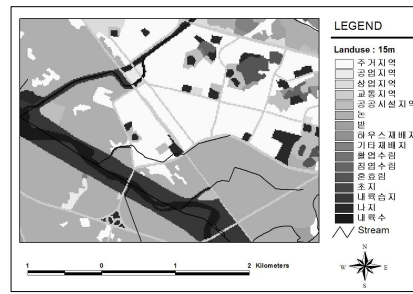


그림 5. 토지이용도

3. 분포형 도시 홍수유출모형의 개발

3.1 모형의 개요

본 연구에서 도시홍수유출에 적용하고자 하는 모형은 김성준(1998)과 김성준 등(1998)이 개발하여 그 동안 여러 규모의 유역에 적용시킨 바 있는 KIMSTORM(Grid-based KIneMatic Wave STOrm Runoff Model) 분포형 강우유출모형으로서, 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 개개의 격자마다 유출해석을 위한 수문정보를 입력하여 격자별 물수지를 계산하므로써 유역의 전반적인 시간적·공간적 수문량을 파악하도록 하는 모형이다.

이 모형은 C-언어로 작성되었으며, 모형의 입력자료의 준비와 출력은 GIS(Geographic Information System) 소프트웨어인 GRASS를 이용하여 모형의 전·후처리과정을 수행하도록 구성되어 있다. 분포형 모형의 입력자료는 각 격자별로 수치화된 자료(래스터 자료)가 요구되는데, 이들 자료를 효율적으로 구성하기 위해서는 GIS를 이용한 입력자료의 처리 및 추출이 필수적이다.

3.2 모형의 구성

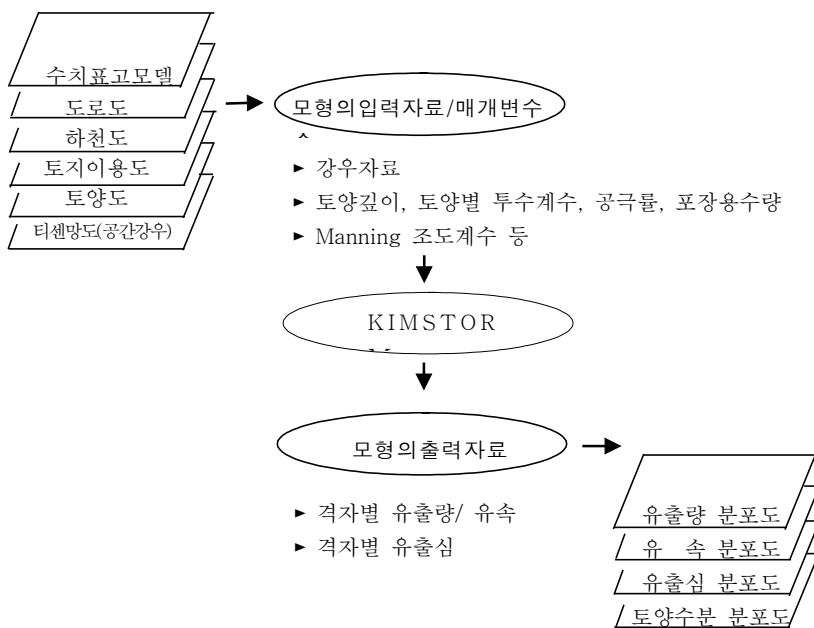


그림 6. KIMSTORM 모형의 구조

본 분포형 도시유출모형의 구조적 흐름도는 그림 6과 같다. 모형의 입력자료로는 유역의 수치표고모델, 흐름방향도, 하천도, 도로도, 토양도, 토지이용도, 티셀망도(또는 공간강우 분포도)를 사용한다. 본 모형은 이들 자료를 격자기반(raster-based)의 GRASS를 이용하여 ASCII 형식의 파일로 불러들인다. 모형은 수행되면서 유역의 시간적·공간적 유출심, 유출량, 토양수분 분포도 등을 주어진 시간간격으로 ASCII 파일형식의 도면으로 출력하며, 원하는 지점에서의 유출곡선을 텍스트파일로 출력한다. 이들 결과는 격자기반 GIS 소프트웨어의 형식으로 전환시켜 그래픽으로 표현이 가능하다.

4. 모형의 적용 및 고찰

4.1 모형의 실행조건 및 매개변수

본 모형은 모든 GIS 입력자료를 15m 해상도로 통일하여 분석지역을 총 54,270개(가로 201행×세로 270열)의 격자상태에서 수행하였다. 모형의 계산시간간격은 1분으로 하였고, 출력은 1시간 간격으로 지표유출 및 도로유출 분포도, 토양수분 분포도 등을 자동 생성시켰다. 본 연구에서의 토양 매개변수들은 Rawls et al.(1982)의 자료를 인용하였고 토지피복별 Manning 조도계수, 초기토양수분 조건, 침투 매개변수들은 김성준 등(2005)이 안성천 유역을 대상으로 총 7개의 경우사상을 이용하여 KIMSTORM 모형을 검증정한 바 있는 매개변수를 적용하였다(표 1). 논의 Manning 조도계수가 큰 이유는 논 내의 저류능을 고려하기 때문이다.

표 1. 모형에 적용된 매개변수

Manning 조도계수						초기토양	침투매개변수		
산림	논	밭	주거지	하천	도로	수분	fo	fc	b
0.93	3.05	0.40	0.84	0.06	0.02	0.84	5.30	1.01	0.65

4.2 모형의 적용결과 및 고찰

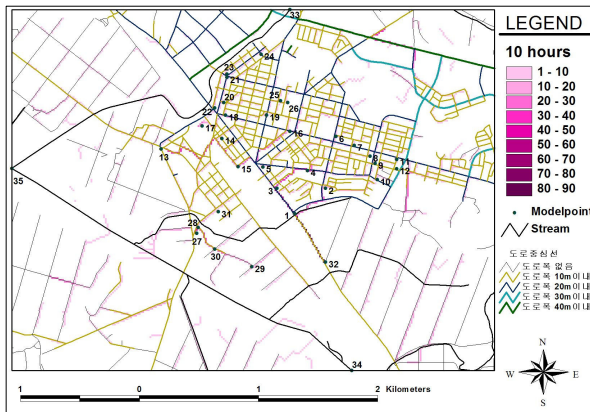


그림 7. 선정된 평택시내 도로지점

여 도시한 것이다. 점선은 도로배수를 고려하지 않았을 경우의 지점별 모의결과이고, 실선은 0.01 m³/min 의 도로배수량을 고려하였을 경우의 지점별 모의결과를 도시한 것이다. 도로배수를 고려하지 않았을 경우의 침투유출시간은 강우개시후 각각 11시간, 12시간, 12시간, 12시간으로 나타났으며, 도로배수를 고려하였을 경우는 각각 10시간, 12시간, 12시간, 13시간으로 나타나, 도로의 빗물배제량이 침투시간을 1시간 이내로 지체시키는 것을 알 수 있었다. 한편 도로배수를 고려하지 않았을 경우의 침투유량은 각각 0.44 m³/sec, 3.03 m³/sec, 3.11 m³/sec, 4.80 m³/sec, 도로배수를 고려하였을 경우는 각각 0.42 m³/sec, 2.83 m³/sec, 2.90 m³/sec, 4.46 m³/sec으로 모의되었다. 이는 도로배수를 고려하지 않은 침투유량을 기준으로 각 도로지점별로 침투유량의 감소율을 정리하면 각각 95.45 %, 93.40 %, 93.25 %, 92.92 %로 계산되어, 고지대에서 저지대로 내려가면서 도로의 빗물배제량의 기여도를 확인할 수 있었다.

5. 요약 및 결론

본 연구는 경기도 평택시를 대상으로 KIMSTORM 모형을 이용하여 도시 내의 도로를 따라 흐르는 홍수 유출을 가지적으로 해석하고 그 적용가능성을 제시하였다. 또한, 도로를 따라 유출되는 전 과정을 모의하기

위한 분포형 유출 알고리즘을 개발하였다. 본 연구를 다음과 같이 요약하고자 한다.

1. 모형의 입력자료로서 강우자료는 수원관측소의 50년 빈도 24시간 지속 확률강우량을 선정한 후, Huff 4분위법을 이용하여 50년 빈도 강우량(313.6mm)을 분포시켰다. GIS 입력자료로서 DEM, 도로망도, 하천도는 NGIS 1:5,000 수치지도로부터 추출하여 격자자료로서 생성하였으며, 토양도는 백터 커버리지 형태의 농촌진흥청 1:50,000 개략토양도의 토양종류 속성을 이용하였으며, 토지이용도는 국립지리원의 1:25,000 토지이용현황도의 중분류 속성을 이용하였다.

2. 평택시 내의 주요 도로지점 32개를 선정하여 홍수유출이 진행되면서 도로를 따라 지표흐름이 진행되는 과정을 주요 시간대별로 출력한 결과, 표고가 높은 지역에 위치한 도로들(6 - 10번)의 유출이 모여 저지대의 도로들(1 - 5번)의 유출이 크게 모의되는 것을 확인할 수 있었다.
3. 평택시 내의 32개 도로지점으로서 모형을 적용한 결과, 고지대에서 저지대로의 도로유출이 합리적으로 모의되었으며, 도로에서의 빗물배제량을 고려한 도로지점별 모의결과도 합리적으로 모의됨을 확인함으로써 KIMSTORM 모형을 이용하여 개발된 분포형 도시홍수 유출모형의 적용성을 검증하였다.

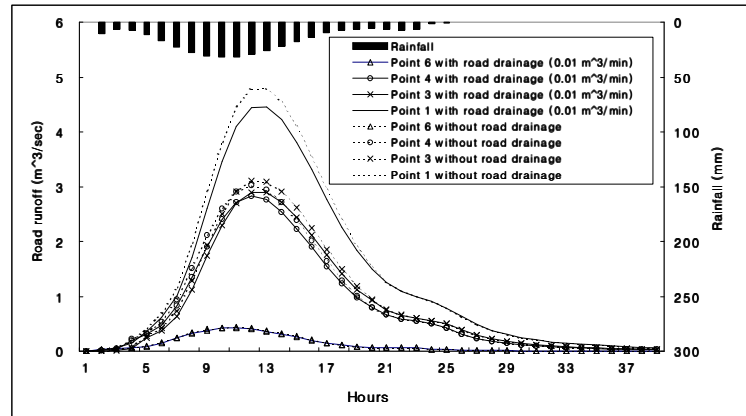


그림 8. 도로배수 고려 및 미고려 경우의 유출수문곡선 예 (1, 3, 4, 6번 지점)

감 사 의 글

본 연구는 과기부의 2004년 핵심연구개발사업의 일환으로 웹 홍수정보시스템 프로토타입 개발 과제에 연구비로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김성준(1998) 격자기반의 운동과 강우유출모형 개발(I) - 이론 및 모형 -, 한국수자원학회논문집, 제31권 제3호, pp. 303-308.
2. 김성준, 채효석, 신사철(1998) 격자기반의 운동과 강우유출모형 개발(II) - 적용 예(연천댐 유역을 대상으로) -, 한국수자원학회논문집, 제31권 제3호, pp. 309-316.
3. 김성준, 박근애(2005) 토지이용의 변화가 홍수유출에 미치는 영향분석, 한국수자원학회논문집, 제38권 제4호, pp. 301-311.
4. 이종태(2004a) 도시홍수관리기술의 연구개발방향, 한국수자원학회지, 제37권 제5호, pp. 17-22.
5. 이종태(2004b) 도시홍수재해관리기술연구단 - 건설교통부-건설핵심기술 연구개발사업, 한국수자원학회지, 제37권 제5호, pp. 12-16.
6. 정인균, 김성준(2003) 효과적인 유역 및 하도망 추출을 위한 DEM 전처리 방법의 비교, 대한토목학회논문집, 제23권 제3호, pp. 393-400.
7. Rawls, W.J., Brakensiek D.L. and Saxton K.E. (1982) Estimation of soil water properties. Transactions American Society of Agriculture Engineers, Vol. 25, No. 5, pp. 1316-1320, 132.