

GIS 와 SWMM 모형을 이용한 침수지역 모의

강성근 · 유동선 · 김종건 · 이민재 · 최재완 · 최용훈 · 박윤식
신용철 · 임경재 · 김기성 · 최중대
강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

Simulation of Flood Inundation using GIS and SWMM

Sung-Keun Kang · Dong-Sun Ryu · Jong-Gun Kim · Min-Jae Lee · Jae-Wan Choi ·
Yong-Hun Choi · Yoon-Sik Park · Yong-Chul Shin · Kyoung-Jae Lim* · Ki-Sung Kim and
Joong-dae Choi

Division of Agricultural Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

ABSTRACT

최근 10년간 전 세계적으로 홍수에 의한 엄청난 피해가 발생하였다. 홍수에 의한 재해는 다른 어떠한 자연재해 보다 발생빈도가 잦고, 많은 인간의 생명을 앗아갔으며, 비옥한 땅과 집을 파괴하는 등 큰 경제적 손실을 야기하였다. 또한 지난 10년간 거의 모든 대륙에 큰 홍수가 빠른 속도로 증가됨을 보여주고 있으며, 전 세계적으로 극심한 홍수의 발생 수가 1950년대에는 10년에 7번 발생하던 것이 1990년대에는 10년 동안 34번 발생하였다. 홍수빈도의 이러한 증가와 함께 나타난 경향은 도시화로 인한 홍수로 인한 개인재산의 피해가 증가되었다. 중국에서는 엄청난 규모의 홍수로 인한 피해액이 1950년대에서 1990년대 기간 동안 5배 증가하였다. 이와 같이 빠른 성장을 이룩한 거대 도시는 홍수 재해에 대한 특별한 주의가 요구된다. 그 중에서 우리나라 강수의 특징 중 하나는 강수량의 계절적인 편중이 심한 점이다. 연평균 강수량은 500~1,500mm로 비교적 습윤한 지역에 속한다. 강수량은 계절적 분포가 균등하지 않고 우기와 건기가 뚜렷이 구별되는데 일년 강수량 대부분이 여름철에 집중되고 겨울 동안의 강수는 매우 적다. 여름 계절풍과 양자 유역에서 발생해서 우리나라와 일본 등지로 이동하는 온대성 저기압 그리고, 폭풍우를 수반하는 열대성 저기압 등 보통 6, 7, 8월에 집중되므로 연강수량은 이 기간 동안에 약 50~60% 정도가 집중된다. 여름철에 비가 집중되는 대신 봄철의 강수는 연 강수량의 약 15% 정도에 불과하며 가을철의 강수량은 약 20% 정도이다. 이렇게 우리나라는 6, 7, 8월에 집중되는 강수의 특징을 나타내며, 이로 인하여, 해마다 집중호우피해를 입게 되어, 수많은 재산피해 및 인명 피해를 앓게 된다. 따라서 본 연구에서는 GIS 와 SWMM 모형을 이용하여 집중호우시 도시 지역에서의 유출과 이에 따른 내수홍수를 모의하였다. 본 연구의 결과는 향후 도시설계시 효과적인 하수관로 설계 및 치수에 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

Key words : SWMM, GIS, Flooding, Sewer System

I. 서론

최근 빈발하는 국지성 집중호우로 대규모 도시 홍수피해가 발생하고, 각종 개발사업의 증가로 인하여 도시 내부시스템에 과부하가 발생하여 도시지역내 유출이 발생하게 된다. 또한, 홍수에 의한 재해는 다른 어떠한 자연재해 보다 발생빈도가 잦은 편이며, 많은 인간의 생명을 앗아갔으며, 비옥한 땅과 집을 파괴하는 등 큰 경제적 손실을 야기 시킨다. 근래에는 급속하게 발전하는 도시화와 산업화의 진행하면서, 기상기변 현장을 초래 하였으며, 도시지역의 지역환경 역시 도로의 대부분이 불투수층으로 이루어진 시멘트나 아스팔트로 피복 되어있다.

이렇듯, 거의 지표 대부분이 불투수층으로 이루어져 있는 도시지역에 장기간의 집중호우나, 단기 간적으로 폭우가 내릴 경우에는 홍수의 발생이 빈번하며 이에 따른 피해 역시 지속 될 것이다.

따라서, 이 연구의 목적은 최근에 도시지역의 홍수량 산정을 위하여 사용되고 있는 합리식, RRL, ILLUDAS, SWMM, STORM, MOUSE등의 도시수문델 가운데, SWMM(StormWater Management Model)과 GIS(Geographic Information System)을 사용하여 춘천시의 집중호우시 유출이 일어나는 지역을 사전에 모의함으로써, 도시지역의 홍수의 피해를 최소화 하며 사전대책을 강구할 수 있는 기초자료를 제시해주고자 한다.

II. 서론

1. SWMM 모형을 이용한 도시영향 분석

SWMM(Storm-Water Management Model)은 1971년 미국 EPA의 지원아래 Metclaf & Eddy 사가 Florida 대학 및 W.R.E와의 공동 연구로 도시유역 하수시스템 내의 유량과 수질을 모의 할 수 있도록 개발하였다. 1981년에는 SWMM내의 TRANSPORT 블록을 확장, 보완 하기 위해 수공 구조물의 율류, 배수, 압력류 등의 계산이 가능하도록 설계된 EXTRAN 블록을 포함시켰다. SWMM은

도시유역내에서 강우사상으로 인해 발생하는 유출량과 오염물질에 대한 지표면 및 지표하 흐름, 배수관망에서의 유출량 추적, 저류량 산정, 오염물질의 처리와 비용계산 등을 모의할 수 있는 종합적인 모형이다.

2. SWMM의 주요 매개변수

유출수문곡선의 모의를 위한 매개변수로서는 물리적 매개변수(physical parameters)와 수문학적 매개변수(hydrological parameters)의 두 군으로 구분할 수 있다. 물리적 매개변수들로서는 소유역의 면적, 유역의 평균경사, 불투수지역의 면적 등 소유역 관련 매개변수와 하도 및 관망의 길이, 관경 또는 하도의 폭, 하도의 경사 등 배수체계 관련 매개변수 등이다. 물리적 매개변수들은 지도나 항공사진, 관망도 및 하천도 등을 통해서 추정할 수 있다. 수문학적 매개변수들로서는 투수 및 불투수 유역의 Manning 조도계수와 하도 및 관망의 Manning 조도계수, 지표면 저류(depression storage), 침투관련 매개변수들, 그리고 유역폭(characteristic width)등이 있다.

3. GIS의 정의

GIS(Geographic Information System)는 지리적으로 참조 가능한 모든 형태의 정보를 효과적으로 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있도록 설계된 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어 및 지리적 자료, 그리고 인적자원의 통합체를 말하며, 지표면에 위치한 장소를 설명하는 자료를 모으고, 이를 이용할 수 있게 하는 컴퓨터 시스템이라고 할 수 있다. 컴퓨터에서 처리되는 대부분의 데이터가 공간 데이터와 밀접한 관련을 가지고 있으므로, GIS는 교육, 군사, 일기예보, 판매 분석, 인구예측 및 토지이용계획 등 매우 광범위한 분야에 사용된다.

4. 대상 유역 및 자료.

Fig. 1 은 본 연구의 대상지역인 춘천시 효자동

의 지형도를 나타내고 있으며, 이 대상지역의 하수관망도는 Fig. 2를 통하여 나타내고 있다.



Fig. 1 춘천시 대상지역의 소유역 세부자료

Fig. 2 는 Fig.1의 소유역의 세부자료를 바탕으로 SWMM 모형을 이용하여 각각의 지역의 하수관의 직경, 기울기, 폭과 같은 하수관의 관한 세부자료와 맨홀의 높이, 위치등의 데이터를 입력하였다.



Fig. 2 춘천시 대상지역의 하수관망

Fig. 3 은 Fig.1에서의 1:1200 축척의 소유역 세부자료를 바탕으로 ArcGIS를 이용하여 기존의 수치 지형도를 DEM 파일 형식으로 변환 하여 대상지역의 지형을 쉽게 알아 볼 수 있도록 표고화 하였다.

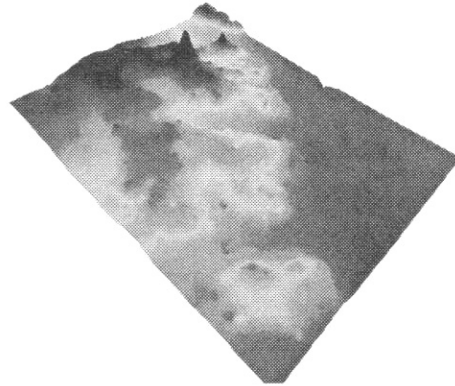


Fig. 3 춘천시 대상지역의 지형도

5. SWMM 모델링

본 연구에서는 이러한 지형 자료 및 하수관망 자료를 이용하여 SWMM 모형의 입력 DB를 구축하였고, 2004년 여름철 일 강수자료를 이용하여 춘천시 효자동 지역내 강우에 따른 유출현상을 모의하였다. SWMM 모의 결과중 맨홀로 유출되는 양을 각 소유역내 지형을 고려하여 시행착오법을 이용하여 수심을 산정하였으며, 이를 ArcGIS를 이용하여 침수지역을 분석하였다.

III. 결과

SWMM을 통한 모의 결과 집중 호우시에 춘천시 대상지역의 여러 부근에서 맨홀을 통한 유출이 Fig. 4 와 같이 발생하였으며, 맨홀과 하수관의 Flooding 과 Flow 로 인한 대상도시지역의 침수구역은 Fig. 5과 같이 나타남을 알 수 있다. 또한 Table. 1 을 통하여 각각의 맨홀 및 하수관의 Flooding 량을 알 수 가 있다.

Fig.5 는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 SWMM 모형을 통하여 하수관망을 형성한 후 집중호우 시기에 해당하는 기상자료의 값을 적용하여 모의한 결과로서, 대상지역의 침수지역을 나타낸다.

Table. 1은 SWMM 모델링을 통하여 대상지역에 해당하는 각각의 맨홀 및 하수관에 유량 및 유출량 값을 나타낸 결과 이다.

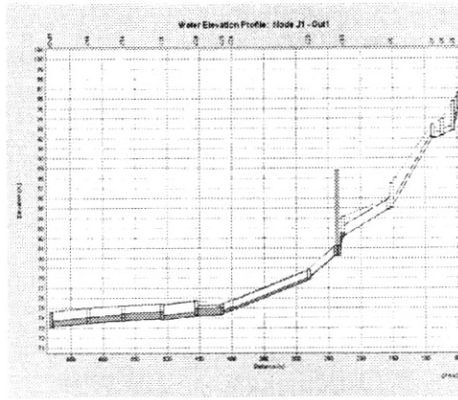


Fig. 4 맨홀과 하수관에서의 Flooding

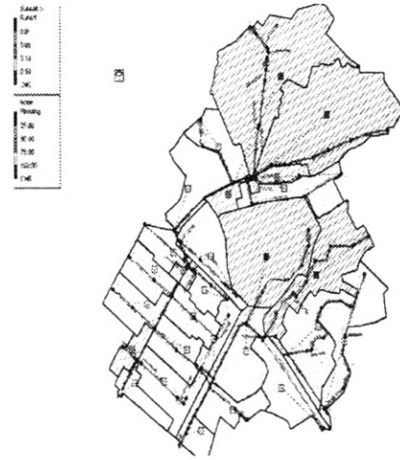


Fig. 5 춘천시 대상지역의 유출지역

Table. 1 SWMM의 Report

Subcatchment Runoff Summary

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
S1	22404.734	0.000	0.000	392.854	22018.602	1.11	0.983
S2	22404.734	0.000	0.000	389.355	22015.995	0.21	0.983
S3	22404.734	0.000	0.000	388.923	22019.346	0.31	0.983
S4	22404.734	0.000	0.000	388.557	22011.990	0.14	0.982
S5	22404.734	0.000	0.000	388.962	22014.765	0.19	0.983
S6	22404.734	0.000	0.000	391.250	22014.169	0.21	0.983
S7	22404.734	0.000	0.000	388.414	21995.898	0.09	0.982
S8	22404.734	0.000	0.000	388.251	21996.375	0.12	0.982
S9	22404.734	0.000	0.000	388.924	22017.569	0.28	0.983
S10	22404.734	0.000	0.000	389.355	22015.995	0.21	0.983
S11	22404.734	0.000	0.000	388.982	22014.772	0.18	0.983
S12	22404.734	0.000	0.000	387.057	21982.460	0.04	0.981
S13	22404.734	0.000	0.000	388.251	21996.375	0.12	0.982
S14	22404.734	0.000	0.000	390.142	22016.739	0.30	0.983
S15	22404.734	0.000	0.000	387.489	21996.522	0.08	0.982
S16	22404.734	0.000	0.000	392.602	22013.809	0.27	0.983
S17	22404.734	0.000	0.000	388.414	21995.898	0.09	0.982
S18	22404.734	0.000	0.000	394.546	22016.985	1.07	0.983
S19	22404.734	0.000	0.000	393.796	22018.250	0.82	0.983
S20	22404.734	0.000	0.000	387.938	22011.830	0.13	0.982
S21	22404.734	0.000	0.000	393.909	22013.144	0.54	0.983
S22	22404.734	0.000	0.000	391.511	22017.811	0.36	0.983
S23	22404.734	0.000	0.000	389.947	22018.437	0.14	0.982
S24	22404.734	0.000	0.000	389.050	22014.409	0.19	0.983
S25	22404.734	0.000	0.000	390.645	22017.581	0.30	0.983
S26	22404.734	0.000	0.000	393.162	22015.258	0.43	0.983
S27	22404.734	0.000	0.000	394.309	22014.193	0.41	0.983
System	22404.736	0.000	0.000	391.814	22013.016	0.33	0.983

이런 SWMM 모델링을 통한 결과의 자료를 바탕으로 Arc GIS를 통해 침수지역을 표현 하면 Fig. 6 과 같다.

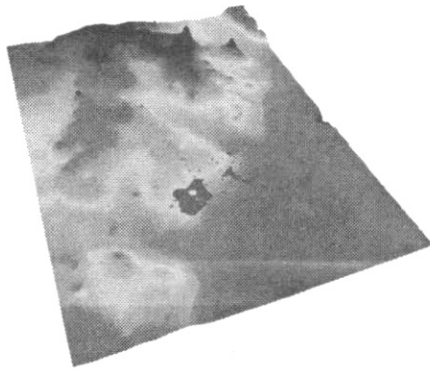


Fig. 6 ArcGIS를 이용하여 표현한 침수지역

IV. 요약 및 결론

SWMM 과 ArcGIS를 이용하여 춘천시외의 대상 지역의 강우 유출시 도시침수를 모델링 하였다. 그 결과, 집중호우의 의한 도시침수의 모의를 함에 있어서 시간이나 비용면에서 상당히 효율적이란 것을 알수 있었다. 또한 한 번의 모델링을 하게 되면 그 지역은 다른 기상자료나, 지형의 변화, 하수 관의 따른 변화가 있더라도, 그에 따른 변수의 수정으로 인하여 다른 결과의 모의값을 쉽게 얻어 낼 수 있다. 이러한 SWMM 과 GIS를 이용한 침수 분석 연구는 향후 기상이변으로 인한 집중호우시 침수지역을 모의할 수 있으며, 침수발생시 효과적인 대처방안을 수립할 수 있는 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 현장 실측과, 실측 기상자료, 그리고 실제 하수관망도를 이용하여 SWMM 모형의

입력자료를 이용하였고, SWMM 모의 결과를 ArcGIS를 이용하여 침수분석을 수행하였지만, SWMM 모형의 정확성 평가는 이루어지지 않았다. 따라서 SWMM 모형의 정확성 평가에 관한 추가적인 연구를 통해서 보다 정확한 침수분석을 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 SWMM 과 ArcGIS 가 서로 연계되지 않았기 때문에 모형의 입력자료구축과 ArcGIS를 이용한 지형자료 및 하수관망 구축을 반복수행하였다. 이러한 단점을 개선하기 위한 ArcGIS 와 SWMM 모형의 결합 및 침수분석 모듈 개발에 관한 추가적인 연구가 필요 하리라 판단된다.

V. 참고문헌

- 윤용남, 윤재영, SWMM모형을 이용한 도시화 영향 평가 도시홍수재해관리기술연구사업단 건설교통부 한국건설교통기술평가원
- 이종태, 강태호, 김정환, 1996. 제4회 수공학워크샵 교재 - 도시유역에서의 배수계통설계를 위한 SWMM. 한국수자원학회
- 이종태, 1998. "도시유역에서의 유출 및 수질 해석 모형". 한국수자원학회 논문집. 한국수자원학회, 제 31권, 제6호, pp.709-725
- Alphen, J.V., and Beek, E.V. 2005. "From flood defence to flood management - prerequisites for sustainable flood management." International Symposium on Flood Defence, Nijmegen, Netherlands. pp.3-7
- Kim, S-J, Park, G-A 2000, A Study on GIS Data Development and Distributed Modeling for Hydrological Simulation of Urban Flood, 대한토목학회논문집, pp.177-184.