

도시우수거의 유출해석을 위한 지리정보 시스템(GIS)의 적용

이관수* 박성천** 이연길***

1. 서론

본 연구에서는 도시 우수거의 유출해석을 위하여 지리정보 시스템(GIS)을 강우-유출모형에 적용 하였다. 대상유역은 광주광역시 서구에 위치한 상무 신도심의 유역을 선정하였으며 강우-유출 모형으로는 SWMM과 ILLUDAS모형을 사용하였고, GIS의 소프트웨어는 MapInfo를 사용 하였다. 유출해석을 위한 시간적분포에 의한 설계강우는 Huff의 4위분법을 이용하였으며, 유출모형에 적용 하는데 있어서 많은 양의 입력자료가 필요한데 이러한 입력자료를 추정하는데 많은 문제점을 내포하고 있으므로 GIS의 장점을 살려서 이러한 문제점을 해결하고자 하였다. GIS의 적용으로 광 범위한 공간자료의 공간적 관계와 속성, 즉 정보의 공간적 위치, 지형정보(면적, 경사도, 길이), 우수관망도, 토지이용도 등의 유역특성자료의 입력, 저장, 갱신, 해석, 그리고 이의 표현에 유용한 기능을 얻을 수 있었다.

2. 강우-유출 모형

2.1 SWMM

SWMM은 Metcalf와 Eddy Inc., 그리고 Florida대학의 수자원 공학자들이 공동 연구하여 개발 하였으며, 현재 미국 환경 보존국(Environmental Protection Agency : EPA)에서 사용하고 있는 모형이다. 이 모형은, 기존의 우수관거 설계 홍수량을 산정하는 모형들이 계산할 수 없었던 월류, 배수, 압력류 등으로 인한 수리학적인 영향을 고려할 수 있으며 여러 가지 저류시설과 수리구조물의 영향을 평가할 수 있는 정교한 모형이다. SWMM모형은 5개의 실행블록과 5개의 보조블록으로 구성된다. 5개의 실행블록은 Main블록, Runoff블록, Transport블록, Extran블록, Storage블록이며, Main블록은 다른 실행블록들을 조절하며 논리적인 장치와 파일의 설정, 연속적인 연산블록들을 조절, 프린터로 연산결과를 출력, 입·출력자료를 검색하며 블록간 자료를 전송한다. Runoff블록은 모형의 초기연산이 수행되는 부분으로 강우사상에 대해 배수유역내에서의 유출현상과 수질

* 전남대학교 토목공학과 교 수

** 동신대학교 환경공학과 조 교 수

*** 전남대학교 토목공학과 석사과정

변화를 모의한다. 이 블록은 임의의 강우우량도, 선행강우조건, 토지이용도, 지형도 등의 자료를 이용하여 지표면, 지표하유출을 추적하며 배수시스템에서 유량과 오염물질을 추적하고, 주 관거에서의 수문곡선과 오염도 곡선을 출력한다. Transport블록은 Runoff에서 연산된 결과를 기본자료로

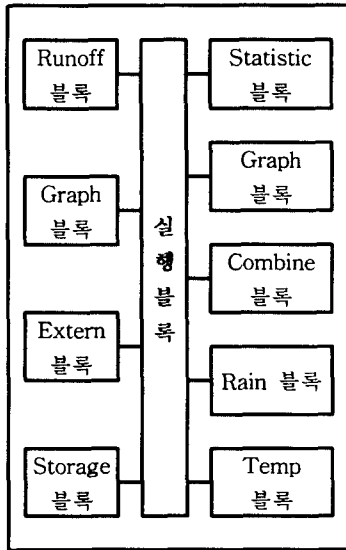


Fig. 2.1 Constitution of SWMM

사용하며 강우시 및 건기시 하수시스템내에서의 유량과 오염물질을 추적하고 배수관망 내로의 침투량을 산정한다. Extran블록은 배수관망 시스템내에서 유량과 수심을 구하기 위해 Runoff블록에서의 유입수문곡선을 개수로, 관수로 등에 Dynamic방정식을 이용하여 추적한다.

Storage블록은 유량과 수질에 대한 조절, 처리장치의 영향을 평가한다.

본 연구에서는 5개의 실행블록중 연구 대상구역의 설계 강우 사상에 대한 배수구역내의 유출현상을 해석하고 유출 수문곡선을 유도하기에 적합한 Runoff블록을 선정하였으며, 또한 지리정보 시스템에서 구축한 입력자료등을 효과적으로 이용할 수가 있었다.

그림 2.1은 SWMM의 구조를 나타낸다.

2.2 ILLUDAS 모형

ILLUDAS(Illinois Urban Drainage Area Simulator)모형은 1969년~1972년 사이에 걸쳐 Stall과 Terstriep이, BRRL방법을 미국내 도시 배수시스템에 적용시켜 검정한 결과, 직접연결 불투수 지역 뿐만 아니라 투수지역으로부터의 유출도 경우에 따라서 무시할 수 없음을 발견하고, 1974년 투수지역 및 간접연결 불투수지역에 내린 강우로 인한 유출량을 고려하여 BRRL모형을 수정한 모형이다. 즉, ILLUDAS모형은 전체유역을 직접연결 포장유역, 투수유역 및 유출에 기여하지 않는 유역의 4가지로 구분하여 해석하는 모형이다. 이 모형은 전체유역을 관을 설치하고자 하는 지점 혹은 주요간선 관거의 합류지점을 기준으로 하여 몇 개의 소유역으로 구분하고 각 소유역별 유출 수문곡선을 구하며 이를 관로를 통해 추적 합성하여 유역 말단부에서 총유출 수문곡선을 구하게 된다. 먼저 포장유역의 경우 유역의 도달시간을 계산한 후 이를 기준으로 하여 단위시간별로 유역을 분할하여 시간별 면적곡선을 구한다. 이때 도달시간-누가면적관계(uniform time-area relation)를 선형으로 가정한다. 시간별 면적곡선 및 우량추상도가 결정되면 포장유역의 유출량을 계산한다. 간접연결 포장지역에서 투수지역에 내리는 총 강우량은 강우가 지표면을 따라 투수유역으로 유하하게 되므로 초기손실을 고려한 후 투수지역에 내리는 강우와 합산하여 계산한다. 투수지역에서의 유효우량은 초기손실 및 침투로 인한 손실을 고려하여 결정하고 유출량을 계산한다. 이 때 침투능은 Horton의 침투능 곡선식 및 누가침투량식에 의해 계산한다.

$$f=f_c+(f_0-f_c)e^{-kt} \quad (2-1)$$

$$f=f_c t + \frac{(f_0-f_c)}{k}(1-e^{-kt}) \quad (2-2)$$

이상과 같이 포장지역 및 투수지역의 유출량을 구한 후 그 값을 환산하여 소유역별 유출수문곡선을 계산하게 된다. 이와 같이 계산된 소유역별 수문곡선을 관거의 합류점에서 상류로부터의 유입수문곡선과 합성한 후 관거를 통해 홍수추적을 하게된다. 관거를 통한 흐름의 홍수추적 방정식은 식 2.3과 같다.

$$\frac{\Delta t}{2}(I_1+i_2-O_1)+S_1=\frac{\Delta t}{2}O_2+S_2 \quad (2-3)$$

3. 지리정보시스템을 이용한 입력자료 생성

3.1 지리정보 시스템의 정의 및 사용 소프트웨어

지리정보 시스템의 정의는 지구상에 존재하는 물체와 발생하는 사상들을 지도화 하고 분석하기 위한 컴퓨터에 기초한 도구이다. 지리정보 시스템의 기술은 지도에 의해 제공되는 독특한 시각화와 지리적분석의 이점을 이용한 질의 그리고 통계적 분석과 같은 일반적인 Database 기능등을 집약한다. 본 연구에서는 많은 지리정보 시스템의 PC용 소프트웨어중 Map-Info를 선정하였다. 그 선정 이유로는 PC용 소프트웨어중 사용방법이 비교적 간단하고 속성정보등을 체계적으로 Database하는데 용이하다고 판단되어서 였다.

3.2 속성자료

강우-유출 모형을 이용하여 대상유역의 유출해석을 위해서는 지리정보 시스템을 이용해서 아래그림과 같은 속성자료를 얻어야 한다. 도시개발 계획도로부터 토지이용 상태를 알수가 있었고, 소유역 분할도로부터 유역의 특성을 인자를 추출했으며, 우수관망도로부터 관의 제원등을 추출할 수가 있었다. 아래의 그림들은 지리정보 시스템을 이용해서 얻은 수치지도를 나타낸다.

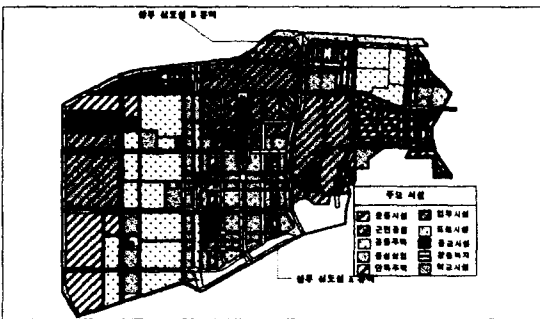


Fig. 3.1 Urban Plan Map

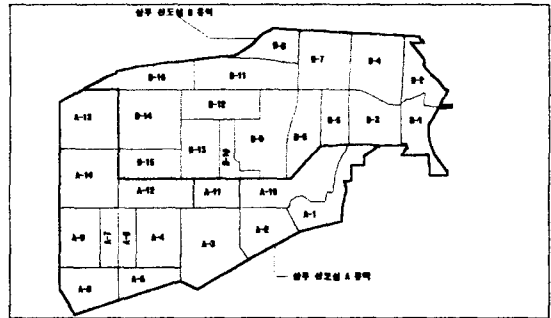


Fig. 3.2 Devided Subbasin Map

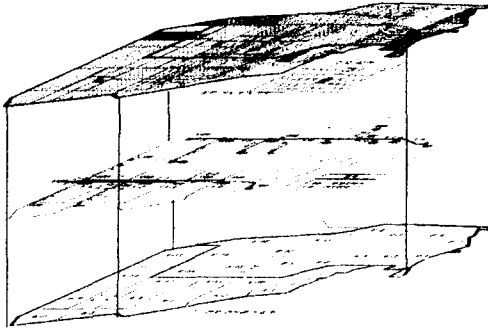


Fig. 3.3 GIS Overlay Map

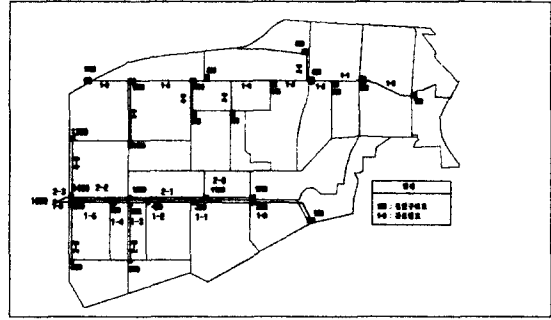


Fig. 3.4 Main Storm Sewer Network Map

강우-유출 모형에 가장 중요한 매개변수인 대상유역의 소유역자료를 지리정보 시스템을 이용하여 투수유역과 불투수유역의 면적을 Table 3.1은 보여준다.

Table 3.1 Subbasin Area of the Study Basin

	Sangmu-A of Discharge Basin(km^2)			Sangmu-B of Discharge Basin(km^2)		
	Subbasin Area	Pervious Area	Paved Area	Subbasin Area	Pervious Area	Paved Area
1	0.10820	0.028428	0.079772	0.08416	0.004573	0.079587
2	0.09411	0.006477	0.087633	0.07673	0.016343	0.060387
3	0.18760	0.020718	0.166882	0.09800	0.005965	0.092035
4	0.11450	0.004687	0.109813	0.14340	0.009575	0.133825
5	0.06270	0.019494	0.043206	0.06780	0.060640	0.007160
6	0.04703	0.034690	0.012340	0.09671	0.083890	0.012820
7	0.04699	0.017640	0.029350	0.13030	0.038506	0.091794
8	0.09861	0.059711	0.038899	0.06420	0.010130	0.054070
9	0.10497	0.090731	0.014239	0.17370	0.037583	0.136117
10	0.15000	0.074962	0.075038	0.04953	0.009999	0.039531
11	0.05846	0.004343	0.054117	0.13700	0.017137	0.119863
12	0.09650	0.023684	0.072816	0.10230	0.040672	0.061628
13	0.14650	0.007465	0.139035	0.10160	0.013319	0.088281
14	0.15110	0.128700	0.022400	0.16110	0.044970	0.116130
15				0.08075	0.003829	0.076921
16				0.09604	0.031664	0.064376
Total	1.46727	0.52173	0.94554	1.663320	0.428795	1.234525

4. 강우-유출 모형의 적용

4.1 설계 강우

강우-유출 모형에 강우강도를 결정하기 위해서는 먼저 지속기간의 결정이 선행되어야 한다. 본 연구의 대상유역인 상무신도심 배수유역은 도시유출로 대부분 그 크기가 소유역이며, 유역의 도달 시간 또한 매우 짧다. 따라서 짧은 지속기간을 가지는 강우가 홍수를 유발하는 경우가 종종 발생한다. 설계강우량의 산정을 위해서도 짧은 지속기간(20분~2시간)의 강우를 적용하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 60분을 지속기간으로 설정하였고, 60분 지속기간을 사용하여 광주지방의 재현기간별 (5, 10, 20, 30, 50년)강우강도를 구하여 설계우량주상도를 재현기간별로 나타낸 그림이 그림4.1 과 같다.

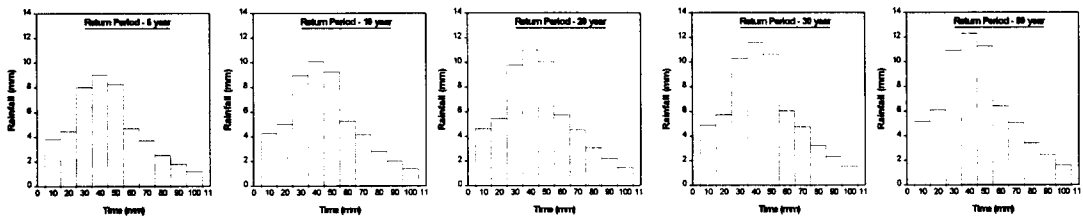


Fig. 4.1 Design Hyetograph by Return Period

4.2 유출해석 및 분석

본 연구에서는 광주광역시 서구에 위치한 상무 신도심 유역을 대상유역으로 선정하여 도시계획도를 참고해서 지리정보 시스템을 이용하여 배수유역도, 우수관망도, 토지이용도, 지형도등의 속성자료를 생성했다. 이 속성자료를 이용해서 Sangmu-A유역과 Sangmu-B유역으로 구분하여 각각의 모형에 적용하였다. Sangmu-A유역을 14개의 소유역으로 분할하였고 Sangmu-B은 16개의 소유역으로 분할하여 각 소유역마다 가지고 있는 속성자료들을 이용하여 유출해석을 하였고, 그결과를 비교하여 분석하여 아래에 그림과 도표로 나타내었다.

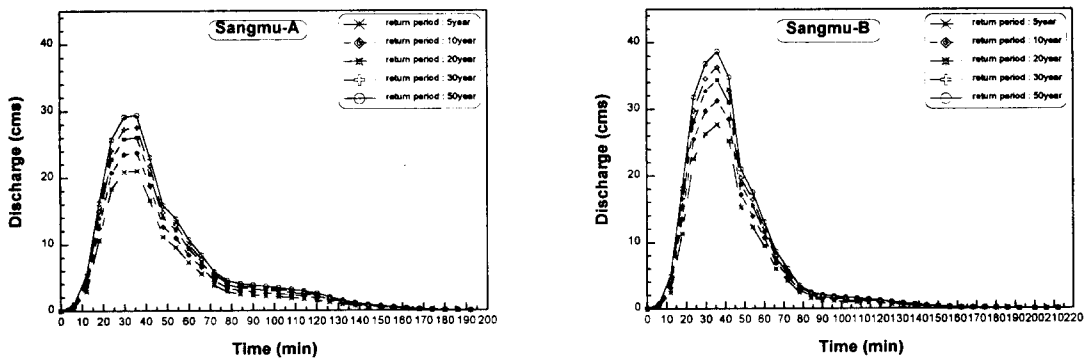


Fig. 4.2 Outflow hydrograph of Sangmu drainage area by ILLUDAS

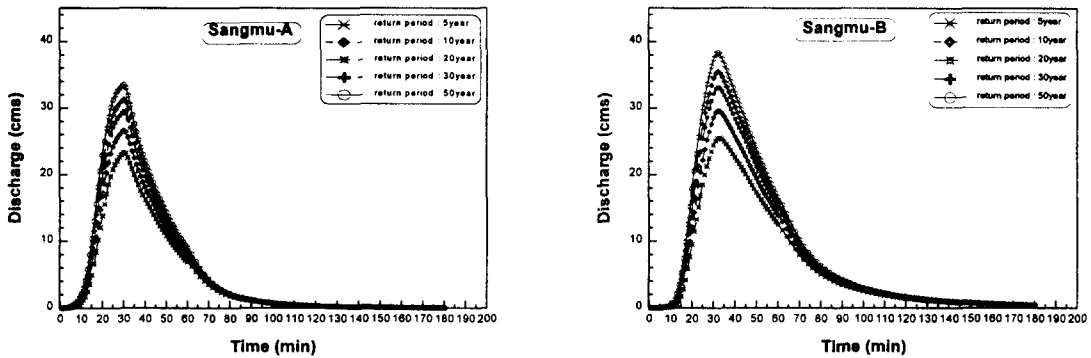


Fig. 4.3 Outflow hydrograph of Sangmu drainage area by SWMM

Table 4.1 Peak Discharge by Return Period

Basin		Sangmu-A Drainage Area		Sangmu-B Drainage Area	
		SWMM	ILLUDAS	SWMM	ILLUDAS
Model		Peak Discharge (m^3/sec)	Peak Discharge (m^3/sec)	Peak Discharge (m^3/sec)	Peak Discharge (m^3/sec)
Return Period	5year	23.327	21.051	25.544	27.721
	10year	26.688	23.773	29.669	31.261
	20year	29.522	26.092	33.226	34.385
	30year	31.315	27.580	35.553	36.335
	50year	33.580	29.400	38.374	38.682

5. 결론

본 연구는 광주 광역시 서구의 상무 신도심의 배수유역을 대상으로 지리정보 시스템을 이용하여 강우-유출 모형에 적용하여 유출해석을 하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 강우-유출 모형은 실제 대상유역에 적용하기에는 방대한 입력자료가 요구되기 때문에 적용상의 문제점을 내포한다. 입력자료들을 지리정보 시스템의 기능을 효과적으로 이용하여 능률적으로 생성함으로써 유출 모형의 적용상의 어려움을 덜 수가 있었으며, 보다 정도가 높은 유출을 해석할 수 있을 것으로 판단된다.
- 2) 지리정보 시스템의 이용에 의하여 도시유역뿐만 아니라 자연하천 유역에서도 필요한 입력자료들을 생성하여 관리함으로써 토지이용의 변화에 신속히 대응하여 유출을 해석할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 참고문헌

- 1) Terstriep, M. L. and Stall, J. B., "The Illinois Urban Drainage Area Simulator, ILLUDAS", Illinois State Water Survey, Bull.58 1974.
- 2) 한국수자원공사, "GIS(지리정보시스템)를 이용한 수자원 관리 및 계획에 관한 연구", 한국수자원공사 수자원연구소, 1993.
- 3) Stuebe, M. M. and D. M. Johnston, "Runoff Volume Estimation Using GIS Techniques", Water Resources Bulletin 26, 1990