

# GIS를 이용한 도시유역의 유출기구변화에 대한 수문곡선해석

## Hydrograph Analysis by Change of Runoff Scheme in Urban Drainage Area using GIS

○ 김광일\*. 이연길\*\*. 박성천\*\*\*. 이관수\*\*\*\*

### 1. 서론

산업의 발달과 인구의 증가는 인구집중 현상을 초래하여 자연 녹지지역을 도시지역으로 변화시켰다. 이러한 현상은 수문학적 측면에서 볼 때 투수지역이 불투수지역으로 유출기구가 변화한다는 것이다. 불투수지역의 증가는 유역내 도달시간을 단축시킴으로서 우리나라와 같이 강우가 하절기에 집중되는 기상조건에서는 치수에 매우 불리하게 작용한다. 반대로 불투수유역을 투수유역으로 유출기구를 변화시킬 경우 유역내 도달시간을 지체시켜 첨두유출량을 감소시킴으로서 관로를 추가 증설하지 않고도 치수능력을 증대시킬 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 불투수유역을 투수유역으로 변화시킨 후 유역출구에서의 수문곡선의 변화를 해석하여 유출기구의 변화가 첨두유출량에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

### 2. 강우-유출 모형

본 연구에서 강우-유출 모형으로 이용한 SWMM은 Metcalf와 Eddy Inc., 그리고 Florida대학의 수자원 공학자들이 공동 연구하여 개발하였으며, 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

---

\* 전남대학교 토목공학과 석사과정

\*\* 전남대학교 토목공학과 박사수료

\*\*\* 동신대학교 건설환경공학부 부교수

\*\*\*\* 전남대학교 토목공학과 교수

대해 배수유역내에서의 유출현상과 수질변화를 모의한다. 이 블록은 임의의 강우우량도, 선행강우 조건, 토지이용도, 지형도 등의 자료를 이용하여 지표면, 지표하유출을 추적하며 배수시스템에서 유량과 오염물질을 추적하고, 주 관거에서의 수문곡선과 오염도 곡선을 출력한다. Transport블록은 Runoff에서 연산된 결과를 기본자료로사용하며 강우시 및 건기시 하수시스템내에서의 유량과 오염물질을 추적하고 배수관망 내로의 침투량을 산정한다. Extran블록은 배수관망 시스템내에서 유량과 수질을 구하기 위해 Runoff블록에서의 유입수문곡선을 개수로, 관수로등에 Dynamic방정식을 이용하여 추적한다. Storage블록은 유량과 수질에 대한 조절, 처리장치의 영향을 평가한다. 본 연구에서는 5개의 실행블록중 연구 대상유역의 설계 강우 사상에 대한 배수유역내의 유출현상을 해석하고 유출수문곡선을 유도하기에 적합한 Runoff블록을 선정하였으며, 또한 지리정보 시스템에서 구축한 입력자료등을 효과적으로 이용할 수가 있었다.

### 3. 지리정보시스템을 이용한 입력자료 생성

지리정보 시스템은 지구상에 존재하는 물체와 발생하는 사상들을 지도화 하고 분석하기 위한 컴퓨터에 기초한 도구이다. 지리정보 시스템의 기술은 지도에 의해 제공되는 독특한 시각화와 지리적 분석의 이점을 이용한 질의 그리고 통계적 분석과 같은 일반적인 Database 기능 등을 집약한다. 본 연구에서는 많은 지리정보 시스템의 PC용 소프트웨어 중 Map-Info를 선정하였다. 그 선정이유로는 PC용 소프트웨어중 사용방법이 비교적 간단하고 속성정보 등을 체계적으로 Database화 하는데 용이하다고 판단되어서였다. 본 연구에서는 광주광역시 서구에 위치한 상무 신도심 지역을 대상유역으로 선정하였으며, 또한 지리정보 시스템을 이용하여 배수유역도, 우수관망도, 토지이용도, 지형도 등의 속성자료를 생성하였다. 생성된 우수관망도를 참고로하여 상무 신도심 유역의 우수관망 형태를 분석하여 본 결과, 상무-A유역과 상무-B유역으로 이루어져 있음을 알 수가 있었다. 또한, 대상유역에 대해 용도가 같은 지역을 기준으로 유출기수로 변화시키기 위하여 상무-A유역을 14개의 소유역으로 상무-B유역을 16개의 소유역으로 분할하여 그림 3.2에 나타내었다. 분할된 소유역 중에서 불투수지역을 용도별로 점차 투수지역으로 변화시켜 불투수 비율을 산정하여 그 결과를 Case별로 구분하여 표 3.1에 나타내었다. 즉 Case I은 당초 개발 계획도를 기준하였으며, Case II는 개발계획도의 용도중 상업지역과 업무시설지역을 투수지역으로 변화시켰다. Case III은 다시 도로면적과 주택지역을 투수지역으로 변화시켰으며, Case IV는 전면적을 투수지역으로 변화시킨 경우 이다.

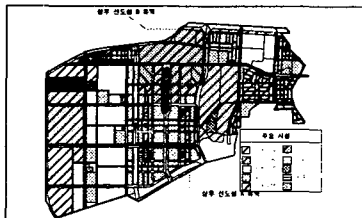


그림 3.1 도시개발계획도

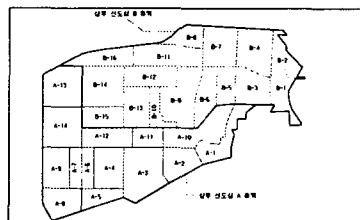


그림 3.2 소유역분할도

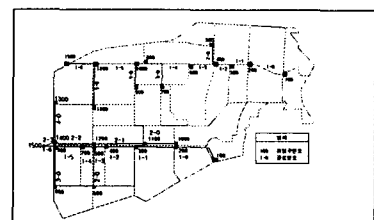


그림 3.3 우수관망도

표 3.1 연구대상 유역의 소유역 자료

	소유역 ( $km^2$ )	Sangmu-B 유역			
		불투수 비율(%)			
		Case I	Case II	Case III	Case IV
1	0.08416	94.57	94.57	0.00	0.00
2	0.07673	78.70	78.70	0.00	0.00
3	0.09800	90.61	90.61	0.00	0.00
4	0.14340	93.32	93.32	0.00	0.00
5	0.06780	10.56	10.56	0.00	0.00
6	0.09671	13.26	13.26	0.00	0.00
7	0.13030	70.45	70.45	0.00	0.00
8	0.06420	84.22	22.32	61.90	0.00
9	0.17370	78.30	22.77	55.53	0.00
10	0.04953	79.81	15.36	64.45	0.00
11	0.13700	87.49	6.54	80.95	0.00
12	0.10230	60.24	4.66	55.58	0.00
13	0.10160	86.89	38.73	48.16	0.00
14	0.16110	72.09	72.09	0.00	0.00
15	0.08075	95.26	95.26	0.00	0.00
16	0.09604	67.03	67.03	0.00	0.00
	1.567280	74.02	50.90	23.12	0.00

#### 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 짧은지속기간(20분~2시간)의 강우를 적용하는 것이 일반적이다. 설계강우의 시간분포는 Huff의 4분위법에 의하여 1분위, 2분위, 3분위, 4분위별로 설계강우를 시간분포 시켜 도시유역의 유출기구변화에 따른 유출해

석을 실시하였고, 아래의 그림 4.1은 60분 지속기간을 사용하여 광주지방의 재현기간별 (5, 10, 20, 30, 50년)강우강도를 구한 후 광주지방을 대표하는 2분위 강우에 의하여 시간분포 시킨 우량주상도를 보여준다.

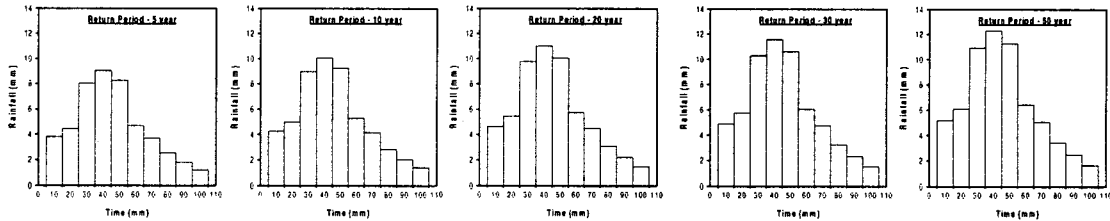


그림 4.1 재현기간별 설계 우량주상도

##### 4.2 유출해석 결과 및 고찰

도시유역의 유출기구변화에 따른 수문곡선의 해석을 위하여 본 연구에서는 상무-B유역의 유출기구가 Case I (개발계획도)에서, Case II(상업면적과 업무시설면적이 투수유역으로 변화), CaseIII(도로면적과 주택면적이 투수유역으로 변화), CaseIV(전면적이 투수유역으로 변화) 순으로 변화 되었을 때로 가정하여, 첨두유출량과 통수능과의 관계, 투수면적으로 유출기구 변화에 따른 유출해석, 강우의 시간분포에 따른 도달시간과 첨두유출 분석, 불투수유역 면적 비율에 따른 첨두유출량과 총유출량과의 관계등의 순으로 분석하여 보았다.

1) Case별 침투유출량과 통수능과의 관계

유역 유출구의 통수능력(Conveyance)은 하수도가 콘크리트 관거로 되어 있어 조도계수를 0.013으로 가정하여 Manning공식으로 계산하여 본 결과,  $33.30 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 산정되었으며, Case I ~Case IV 별로 유출기구를 변화시켜 침투유출량과 통수능과의 관계를 분석하여 보았다. Huff의 4분위법에 의하여 설계강우를 시간분포를 시켜 재현기간별(5, 10, 20, 30, 50년)로 침투유출량과 통수능과의 관계를 분석하여 보았다. 분석결과, 1~4분위 순으로 침투유출량이 증가하는 양상을 보임을 알 수가 있었고, Case I (불투수비율 : 74.02%)의 1~2분위에 대해서는 재현기간 30년까지 3~4분위에 대해서는 재현기간 20년까지 기존관로의 소통이 가능한 것으로 해석되었다. Case II(불투수비율 : 50.90%)의 1~2분위에 대해서는 50년까지 3~4분위 대해서는 30년까지 기존관로의 소통이 가능한 것으로 해석되었으며, CaseIII(불투수비율 : 23.12%)과 CaseIV(불투수비율 : 0.0%)는 기존관로의 소통이 50년까지 다 가능한 것으로 분석되었다.

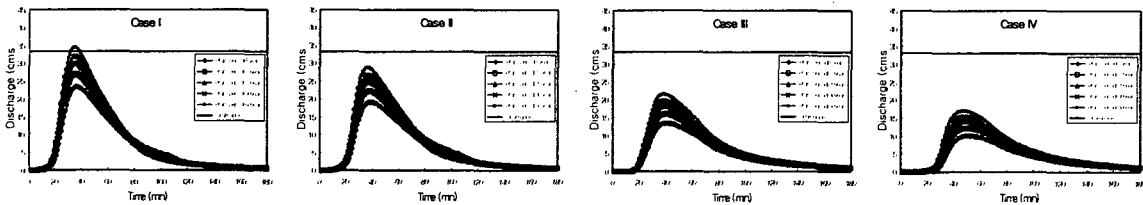


그림 4.2 Case별 2구간형에서 침투유출량과 통수능과의 관계

2) 투수면적으로 유출기구 변화에 따른 유출해석

Huff의 4분위법에 따라 시간분포시킨 설계강우로 유출기구 Case I ~CaseIV에 대하여 출구점에서의 수문곡선을 분석하여 본 결과, 1~4분위에 이르기까지 모두 Case I ~CaseIV순으로 침투유출량이 감소하는 양상을 보임을 알 수가 있었다. 아래의 그림 4.6은 재현기간 50년에 대한 1~4분위에 해당하는 수문곡선을 보여준다.

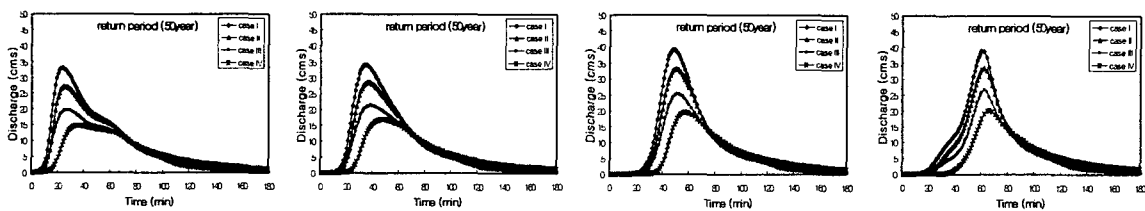


그림 4.6 Case I ~CaseIV에 따른 재현기간 50년의 유출 수문곡선

한편, 위 그림 4.6은 유출수문곡선의 형태가 유출기구가 Case I ~CaseIV로 변화함에 따라 둔화되어감을 나타내고 있다. 즉 불투수유역이 많은 Case I의 경우 유출수문곡선의 형상이 매우 뾰족한데 반해 전체유역을 투수지역으로 가정한 CaseIV의 경우 완만한 유출수문곡선을 나타내고 있다.

### 3) 강우의 시간적 분포에 따른 도달시간과 침투유출량과의 관계

Case I ~ Case IV에 이르기까지, 강우의 시간적 분포에 따른 도달시간과 침투유출량의 양상을 분석하기 위해서, 본 연구에서는 Huff의 4분위법에 따라 설계강우를 분포시켜 재현기간별로 분석하여 보았다. 분석 결과, 침투유출량은 Case I ~ Case IV 순으로 감소하고, 도달시간은 증가하는 것으로 분석되었다. 아래의 그림 4.7은 Case I ~ Case IV에 대한 강우의 시간적 분포에 따른 도달시간과 침투유출량의 관계를 나타낸다.

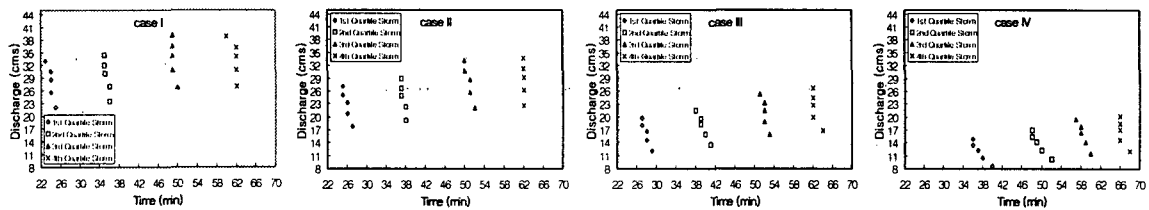


그림 4.7 Case I ~ Case IV에 대한 시간적 분포에 따른 도달시간과 침투유출량의 관계

### 4) 불투수유역 면적 비율에 따른 침투유출량과 총유출량과의 관계

불투수유역 면적 비율에 따른 침투유출량과 총유출량과의 관계를 분석하여 본 결과, 1~4분위에 이르기까지 불투수 비율이 감소되어 갈수록 침투유출량과 총유출량 또한 감소되는 양상을 보임을 알 수가 있었다.

그림 4.8은 2분위에 대한 침투유출량과 총유출량의 관계를 보여준다.

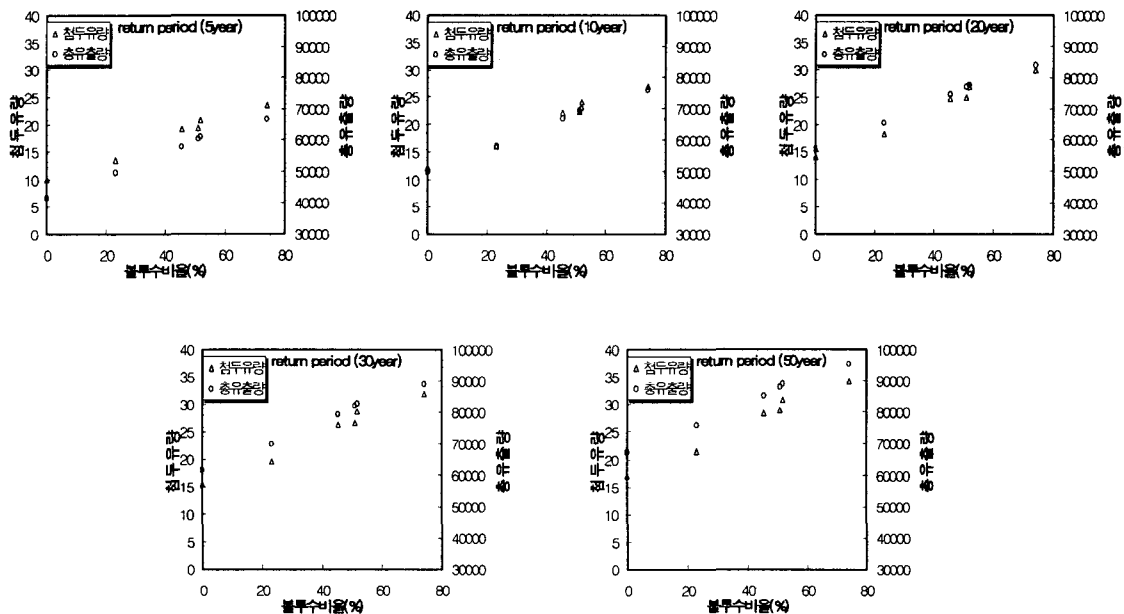


그림 4.8 불투수유역 면적 비율에 따른 침투유출량과 총유출량과의 관계(2분위)

## 5. 결론

도시유역의 유출기구변화에 따른 수문곡선의 특성을 알아보기 위해서 본 연구에서는 광주광역시 서구에 위치한 상무 신도심 유역을 대상유역으로 선정하였으며, 유출기구가 Case I(개발계획도)에서, CaseII(상업면적과 업무시설면적이 투수유역으로 변화), CaseIII(도로면적과 주택면적이 투수유역으로 변화), CaseIV(전면적이 투수유역으로 변화) 순으로 변화가 되었을 때를 가정하여, 유출해석을 실시해서 수문곡선을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

- 1) 유출기구가 CaseI인 경우 재현기간 30년(1~2분위)과 20년(3~4분위)까지, CaseII인 경우 50년(1~2분위)과 30년(3~4분위)까지 기존관로의 소통이 가능한 것으로 분석되었으며, CaseIII과 Case IV는 기존관로의 소통이 다 가능한 것으로 분석되었다.
- 2) Case I ~CaseIV의 유출기구에 대하여 재현기간별로 수문곡선을 분석하여 본 결과, 1~4분위에 이르기까지 모두 Case I ~CaseIV순으로 첨두유량이 감소하는 양상을 보임을 알 수가 있었다.
- 3) 강우의 시간적 분포에 따른 도달시간과 첨두유출량과의 관계를 분석하여 본 결과, 첨두유출량은 Case I ~CaseIV순으로 감소하고, 도달시간은 증가하는 것으로 분석되었다.
- 4) 불투수유역 면적 비율에 따른 첨두유출량과 총유출량과의 관계를 분석하여 본 결과, 1~4분위에 이르기까지 불투수 면적비율이 감소되어 갈수록 첨두유출량과 총유출량 또한 감소됨을 알 수가 있었다.

## 6. 참고문헌

- 1) 이한민(1995), “도시 소유역의 유출해석”, 석사학위논문, 전남대학교 토목공학과.
- 2) 이연길(1998), “GIS를 이용한 도시 소유역의 유출해석”, 석사학위논문, 전남대학교 토목공학과.
- 3) 한국건설기술연구원(1989), “지역별 설계강우의 시간적 분포”, 한국건설기술연구원 보고서.
- 4) 이관수, 박성천, 이한민(1995), “강우-유출모형에 의한 도시 하수망의 유출해석”, 대한상하수도 학회지, 9권 1호
- 5) 박성천, 이관수(1996), “도시하수도망에 대한 유출모형의 적용과 유출해석”, 한국환경위생학회, 22권 4호
- 6) Stuart G. Walesh(1989), “Urban Surface Water Management”, Ed.John Wiley & sons. Inc
- 7) Zaghoul, N.A.(1981), “SWMM Model and Level of Discretization”, Journal of the Hydraulics Division ASCE 107.
- 8) Yen, B.C.,(1981), “Urban Stormwater Hydraulics and Hydrology”, Water Resources Research