

---

# 도시유역의 저류지에 의한 홍수조절능력에 관한 연구

## A study on flood control effect of the reservoir location in urban watershed using XP-SWMM

신동현\*, 변준웅\*\*, 이은태\*\*\*  
Dong Hyun Shin, Jun Ung Byun, Eun Tae Lee

---

### 요 지

우리의 삶의 터전이 도시화됨에 따라 수문현상에도 많은 변화가 생겼다. 이로 인해 기존의 수문해석을 위한 방법을 대신해 도시화된 유역의 새로운 수문해석 방법의 개발이 불가피하게 되었다. 이에 따라 본 연구에서는 도시유출 모형인 SWMM의 대표적 프로그램인 XP-SWMM을 이용하여 도시유역의 유출모의를 하였다.

대상유역으로 선정한 곳은가양천배수분구로 전형적인 도시 하천 유역모습을 하고 있다. 이 유역의 특성치와 확률강우량 산정 후 XP-SWMM 모형에 적용시켜 재현기간별 침투홍수량을 구하고, 동일 유역을 HEC-HMS로 모의하여 그 차이를 분석하였다.

도시화가 진행되면서 대규모 시설 등이 들어서면서 도로와 인도가 포장되므로 침투는 감소하고, 따라서 유역내 조도계수가 감소되며, 수로망 정비 등에 의해 유입시간이 빨라져 침투홍수량이 증가하게 되었다. 이와 같은 변화로 인해 기존 홍수량을 구하기 위한 방법의 변화는 필수 불가결하게 되었다.

따라서 본 연구의 중점과제인 저류지에 의한 홍수조절능력에 대한 분석은 대상 유역내에 일정한 크기의 저류지를 상·중·하류위치에 따라 지점선정 후 그에 따른 홍수량과 침수량의 변화를 비교·분석하여 저류지 위치별 홍수조절능력에 대한 평가를 실시하였다.

**핵심용어 :** 도시유역, XP-SWMM, 저류지, 홍수량 변화, 침수량 변화

---

## 1. 서 론

우리나라는 도시화의 진행으로 불투수층이 증가되어 이전 지표면이 갖고 있던 보수 및 유수기능 등이 감소하게 되었고, 복잡한 하수관로체계의 구축, 인구증가, 산업시설의 증가 등으로 도시유역내 하수관거를 통해 하천으로 유입되는 홍수유출량이 이전보다 증대되고 유역 출구점까지의 도달시간은 오히려 단축됨으로써 침투유출량이 증가하게 된다. 변화된 유출특성으로 인해 홍수의 위험에 그대로 노출되어 자연유역에 비해 더 많은 재산 및 인명 피해가 발생하고 있다.

본 연구에서는 대표적 도시유출 모형인 SWMM을 이용하여 모의를 실시하고, 동일 유역을 HEC-HMS로 모의하여 그 차이를 분석하려 한다. 또한 본 연구의 중점과제인 저류지에 의한 홍수조절능력에 대한 분석은 대상 유역내에 일정한 크기의 저류지를 상·중·하류로 구분하여 총 5개의 CASE로 설정 후 그에 따른 홍수량과 침수량의 변화를 비교·분석해보고자 한다.

## 2. 대상유역 적용

---

\* 경희대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : sheedoh@naver.com  
\*\* 경희대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : fachunwang@naver.com  
\*\*\* 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : etlee@khu.ac.kr

## 2.1 대상유역

본 연구대상 유역은 금강의 제 4지류인 대동천 유역중 가양천 배수분구로 상류지역은 산지이고 하류지역은 도심지로 이뤄진 전형적인 도시 하천 유역모습을 하고 있다. 그 면적은 5.79km<sup>2</sup>으로 대동천 유역의 28.95%를 점하고 있으며 유로연장은 3.63km이다.

강우자료는 대전관측소의 1969년~2006년 자료를 사용하였으며, 이 자료를 바탕으로 FARD2002 프로그램을 이용하여 설계강우량을 산정하였다. 또한 계산된 설계강우량은 Huff의 4분위법을 이용하여 시간분포시켰다.

## 2.2 SWMM 기본모형

SWMM은 주로 도시유역에서 단일호우나 연속호우사상으로 인해 발생하는 지표면 유출 및 지하수 흐름, 관로시스템내에서의 흐름을 모의하여 유출량 및 수질의 변화를 분석하는 모형이다.

SWMM 모형의 구성은 4개의 실행블록들과 6개의 보조블록들로 구성되었다.

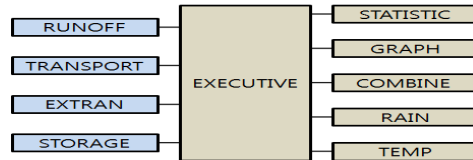


그림 1. SWMM 모형의 구조

## 2.3 입력자료의 구성

### 2.3.1 강우자료의 입력

설계홍수량 산정을 위한 설계강우의 재현기간을 200년 빈도까지 결정하였다. 임계지속시간을 결정하기 위해 지속시간 1, 2, 3, 6, 12, 24시간까지의 설계 강우량을 Huff 4분위 회귀분석식을 이용해 10분간의 등간격을 분포시켰다.

### 2.3.2 홍수량 및 침투량 산정 방법과 소유역 특성치

XP-SWMM 모형의 RUNOFF Layer에서 강우-유출을 모의하기 위해, 본 연구에서는 시간/면적 합리식을 이용하여 각각의 소유역 유출량을 산정하였다. 이용시 모형에서는 선형관계로 단순화하므로 도달시간과 전체면적을 입력하면 된다. 도달시간은 Kerby 공식을 사용하였다.

투수지역에 대한 침투량을 모의하는 방법으로 Horton 공식을 사용하였으며, 도심지역은 등고자료가 충분치 않아 각각의 소유역을 하수관망도를 기준으로 나누어 면적을 구했다. 또한 각각의 소유역에 면적, 불투수층 비율, 너비, 구배를 입력했다.

## 2.4 관망 입력자료의 구성

### 2.4.1 관로 및 하도망 구성 및 저류지 설정

물리적인 배수시스템에 대한 전변부정류 방정식의 해를 구하는데 유용하도록 관로시스템은 NODE(접합점)와 NODE에 연결된 LINK(관로)들로 구성된다.

본 연구에서 가양천 본류는 직사각형 BOX관 형태로 모의하였으며 하수관망은 지름 1000mm이상의 관로를 중심으로 입력하였다.

저류지는 초과 상류 유량의 저장을 위해 제공되는 유량 조절 도구로 상류지역으로부터의 수문을 약화시키거나 지체시키는 역할을 한다. 저류지는 구축된 모델 중 필요한 NODE에 설정하면 된다. 저류시설의 꼭대기의 고도(Node Surcharge Elevation)는 적어도 접합점의 최고 관정높이(crown) 만큼은 되어야 한다.

**표 1. 저류지 위치 및 제원**

CASE	위치(NODE)	면적(ha)	높이(m)	형식
1	N51	1.2	4	지하저류조
2	N66			
3	N45			
4	N28			
5	N13			

#### 2.4.3 HEC-HMS 입력자료 구성

본 연구에서는 XP-SWMM의 유출량과 비교하기 위해 동일유역을 HEC-HMS 모형을 구축하여 그 값을 도출하였다. 입력자료의 구축에 있어 유역이 작고 대상유역이 미관측지역으로 그 자료가 충분히 않아 도시하천의 대표적 값을 사용하였다. 유역은 가양천상류 배수분구를 3개의 유역으로 나누고 가양천하류 배수분구를 하나로 나누어 총 4개의 유역으로 구성하였으며 SCS CN법, Clark 단위도법, Muskingum법을 사용하여 모의하였다.

### 3. 모의결과 분석

#### 3.1 재현기간-지속기간별 유출량 비교

XP-SWMM 모의 결과 지속시간 2시간일 때 첨두홍수량이 발생하였다. 그 값은 10년 빈도시 75.047m<sup>3</sup>/sec, 200년 빈도시 95.333m<sup>3</sup>/sec로 그 차가 20m<sup>3</sup>/sec 정도로 나타났다. 반면 HEC-HMS 모의 결과, 첨두시간은 XP-SWMM과 비교해 1시간 늦은 3시간일 때 발생하였으며 10년 빈도시 71.268m<sup>3</sup>/sec로 XP-SWMM 모의 결과와 4m<sup>3</sup>/sec정도의 차이를 보였다. 하지만 200년 빈도시 그 차이는 30m<sup>3</sup>/sec로 재현기간이 늘어남에 따라 그 차이 역시 커짐을 확인할 수 있다.

#### 3.2 재현기간-지속시간별 침수지역 및 침수량

XP-SWMM 모의 결과 분석 결과 30년 빈도의 경우에서부터 침수가 본격적으로 일어났다. 침수가 심하게 일어나는 위치는 N15, N57, N61로 침수량은 10000m<sup>3</sup>에서 20000m<sup>3</sup>정도로 나타났다.

#### 3.3 저류지 선정에 따른 홍수량과 침수량 변화 분석

저류지의 위치는 가양천 유역에 적절한 위치를 고려하여 배치, 모의하였다. 또한, 각 저류지 위치별 모의시 다른 입력인자들의 값은 변화시키지 않고 저류지의 위치만을 변화시킴으로써 위치에 따른 홍수량과 침수량의 변화 결과값을 도출하였다.



그림 2. 가양천 지역의 하수관망도

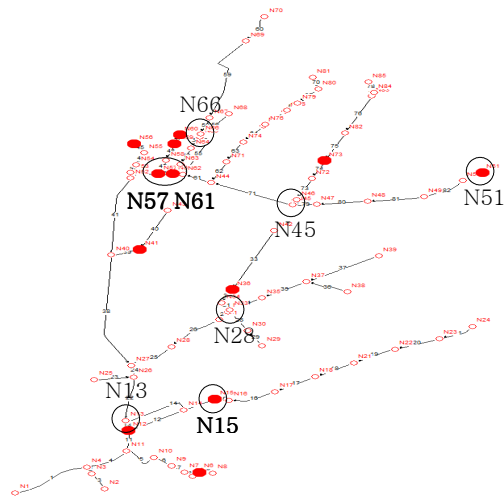


그림 3. XP-SWMM 하도망의 주요침수지역과 저류지 위치

표 2. 저류지 선정에 따른 침투홍수량 변화

재현 기간(년)	CASE별 유출량(cms)					
	저류지無	1(N51)	2(N66)	3(N45)	4(N28)	5(N13)
10	75.047	75.045	75.046	75.032	70.662	73.470
20	80.333	80.333	80.333	80.331	75.778	78.976
30	83.115	83.115	83.115	83.114	78.632	81.901
50	86.554	86.554	86.554	86.554	82.102	85.405
80	89.568	89.568	89.568	89.568	85.066	88.488
100	90.959	90.959	90.959	90.595	86.410	89.884
200	95.333	95.333	95.333	95.333	90.634	94.278

홍수량 분석 결과 CASE 1, 2, 3에서는 10년 빈도의 강우에서 약간의 저류효과가 나타났다. 가장 큰 저류효과가 나타나는 위치는 CASE 4로 각 빈도별로 4~5m<sup>3</sup>/sec 정도의 저류효과가 나타났으며 CASE 5는 1~2m<sup>3</sup>/sec의 저류효과가 나타났다.

침수량 분석결과 저류지 설정에 따른 침수 피해는 크게 감소되지 않는 것으로 나타났다. 다만 CASE 1과 같이 침수가 일어나는 NODE에 직접 저류지 설정을 해준 경우 그 NODE에 침수가 일어나지 않았다. 그리고 CASE 5의 경우는 NODE 12, 15번에서 오히려 침수량이 증가하였다.

#### 4. 결론

본 연구는 도시유출모형을 모의할 수 있는 XP-SWMM을 이용해 홍수량과 침수량을 산정하고 저류지 선정에 따른 그 변화를 분석하여 최적 위치를 찾아보고자 했다.

(1) 본 연구에서는 XP-SWMM의 모의 결과와 비교하기 위해 동일한 지역의 홍수량을 HEC-HMS를 이용해 모의하였다. 그 결과 침투홍수는 XP-SWMM은 지속시간 2시간, HEC-HMS는 3시간에서 나타나며, 두 모델간 홍수량의 차이는 10년 빈도시 XP-SWMM이 크게 나타났으나, 200년 빈도시는 오히려 HEC-HMS가 크게 나타났다. 이와 같은 현상이 발생한 이유는 침수로 인한 저류효과로 사료된다. 일반적으로 HEC-HMS모형은 침수에 대한 모의가 이루어지지 않는다.

따라서 본 대상유역을 HEC-HMS와 같은 조건으로 침수가 일어나지 않게 XP-SWMM 모형을 구축한 결과 그 값이 HEC-HMS보다 크게 나타났다. 또한 침투홍수 발생 시간의 차이는 불투수층의 해석의 차이로 사료된다.

(2) XP-SWMM 모의결과 지속시간 2시간일 때 홍수량이 가장 크게 나타났으며, 각 재현기간 별 침투홍수량은 75.047, 80.333, 83.115, 86.554, 89.568, 90.959, 95.333m<sup>3</sup>/sec로 나타났다. 침수는 일부 관거의 경우 10년 빈도의 강우에 대해서도 소통능력이 부족한 것으로 나타났으며, 주된 침수는 30년 빈도에서부터 총 12곳에서 나타났다.

(3) 저류지는 5가지 CASE로 유역내 적절한 위치를 선정하여 배치, 모의하였다. 그 결과 CASE 1, 2, 3은 10년 빈도의 강우에 약간의 저류 효과를 보였으며, CASE 4의 경우 각 재현기간 별로 고르게 5m<sup>3</sup>/sec정도의 저류 효과를 나타냈다. 그러나 침수량 분석 결과는 침수가 일어나는 위치에 직접 저류지를 설정한 경우를 제외하곤 침수량 감소 효과는 크게 나타나지 않았다. 이와 같은 결과가 나온 이유는 침수의 발생이 유출량의 증가보다는 관망의 수축과 급격한 경사의 변화로 일어나기 때문으로 사료된다. 또한 CASE 4에서 저류효과가 가장 크게 나타난 원인은 중류까지 홍수추적을 한 결과와 저류용량이 가장 적합하기 때문이며 따라서 하류에 저류지를 설치할 경우 중류와 같은 효과를 얻기 위해서는 크기의 조절이 필요하다는 결론을 얻었다.

## 참 고 문 헌

1. 이은태 외 3인(1995), 현대수리학. 구미서관
2. 윤용남(1999), 공업수문학. 청문각
3. 정종호·윤용남(2003), 수자원설계실무. 구미서관
4. 한국수자원학회(2005), 하천설계기준·해설
5. 한국상하수도협회(2005), 하수도시설기준
6. 건설교통부(2000), 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서
7. 건설교통부(1991), 대동천 하천정비기본계획
8. 한국수자원학회(2004), 제13회 수공학 WORKSHOP
9. 홍준법, 김병식, 서병하, 김형수(2006), “XP-SWMM을 이용한 도시하천에서의 홍수소통능력 평가”, 한국수자원학회논문집, 제39권2호, pp.139 ~ 150
10. 신성철, 임태경, 문용주, 윤여승(2007), 도시유역의 홍수유출해석-HEC-HMS와 XP-SWMM모형의 연계, 한국수자원학회 학술발표논문집, pp.85 ~ 85
11. 이종태, 강태호, 김정환(1996), “도시유역에서의 배수계통 설계를 위한 SWMM 모형”, 한국수자원학회 학술대회지, 제4회 수공학 WORKSHOP 교재, pp.97 ~ 204
12. 채준영(2004), XP-SWMM을 이용한 도시화 유역에서의 유출 관리 방안 연구, 배재대학교 석사학위 논문
13. 이아름(2006), 저수지 방류량을 고려한 강우-유출 모형의 매개변수 추정에 관한 연구, 경희대학교 석사학위 논문
14. Huber, W.C and Dickinson, R.3.(1998), Storm Water Management Models; version4, User's manual, U.S Environmental Protection Agency