

SWMM을 활용한 침수예상지역 우수저류조의 적정크기결정에 관한 연구

A Study on the Proper Size of Rainwater Stored Tank in Submerged Districts Using SWMM Program

장승재*
Jang, Seung-Jae

Abstract

The Storm Water Management Model(SWMM) by EPA is a dynamic rainwater-runoff simulation model used for single event or long-term simulation of runoff quantity and quality from primarily urban areas. The SWMM simulation program is operated by the site area, the weather date, conduit plan etc. on reference region. The purpose of this study was to analyze flood area, the duration of flooded and surcharged on the reference region. Without rainwater stored tank, the area of flooded and surcharged on reference area is similar to the area of reference region. But, With rainwater stored tank, the area of flooded and surcharged on reference area is much reduced compared to without rainwater stored tank. According to SWMM simulation results, the rainwater stored tank is located closer to site is more effective for reduction of duration of flooded and surcharged and flow rate.

Keywords : Storm Water Management Model(SWMM), Runoff Rate, Hours Surcharged, Rainwater Stored Tank

주요어 : 강수평가프로그램, 유출량, 지표수 유출 지속시간, 우수저류조

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 경우 해마다 반복되는 호우와 홍수에 따른 피해 규모가 증가하고 있는 추세이고, UN에서 정한 물 부족국가로 우수의 활용에 대한 관심이 크게 증가하고 있으며, 이에 따른 연구도 진행되고 있다.

우리나라에서 발생하는 재난(災難)별 피해를 살펴보면, 태풍 및 호우에 의한 피해, 호우와 태풍 혹은 폭풍과의 동반에 의한 피해, 폭풍이나 대설에 의한 피해 등 다양하게 발생되고 있다. 1997년부터 2006년까지 자연재해 원인별에 따른 피해액은 <표 1>과 같다.¹⁾ 이에 따르면, 호우와 관련된 피해 즉, 국지적인 호우와 집중호우에 대한 피해가 우리나라 자연재해의 다소 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났으며, 그 피해액은 전체 피해액의 35.5%에 해당하는 것으로 조사되었다.

우리나라에서 발생하는 호우에 따른 피해상황은 표 2와 같으며, 전체 피해액은 약 6조원에 이르고 있다. 특히, 2002년도와 2006년도에는 각각의 피해액이 1조원을 넘어 그 피해의 막대함과 동시에 국민 생활에 큰 불편을 초래하는 것을 알 수 있다.

호우나 침수에 대한 피해를 줄이기 위하여 우리나라에

표 1. 1997년부터 2006년까지 자연재해별 피해액

원인별	발생회수	피해액(천원)	백분율(%)
태풍	438	10,322,585,477	53.90
호우	555	5,521,354,581	28.83
호우태풍	175	1,258,793,642	6.57
폭풍설	134	838,201,843	4.38
대설	56	1,160,918,401	6.06
호우폭풍	6	8,530,989	0.05
기타	21	40,476,935	0.22

서는 물을 저류시키는 치수정책을 수행해왔다. 이에 따라 건설한 제방이 28,622 km, 각종 댐이 19,000여개, 최근 5년간(2000-2004년) 투자한 치수 및 복구예산도 32조 929억 원에 이르고 있으나, 과거 30년간(1974년-2003년) 홍수 피해액은 10년 단위로 3.2배씩 증가하고(2004년 기준), 최근에는 연평균 1조 7,000억 원까지 늘어나 전체 재해 피해의 80%까지 차지하고 있다는 보고가 있다.²⁾

매년 반복되는 침수피해의 대부분은 집중호우에 의한 강수배출시간이 짧고, 우수관거 또는 하수관거의 용량초과가 원인이 된 경우가 대부분이며, 이를 보완하기 위하여 배수펌프장이 설치되고 있으나, 펌프의 용량을 초과하는 경우도 2000년 이후에는 종종 발생하고 있다. 이러한

*정회원(주저자, 교신저자), 신라대학교 건축학부 부교수, 공학박사

1) 소방방재청 중앙재난안전대책본부(2006), 재해연보, p. 639

2) <http://www.prometheus.co.kr/articles/>

표 2. 우리나라의 연도별 호우피해상황
(단위: 천원, 2006년도 환산기준)

연 도	피 해 액
2000	277,799,000
2001	519,335,000
2002	1,053,256,000
2003	193,817,000
2004	224,567,000
2005	360,047,000
2006	1,906,278,000

원인으로 발생하는 우수나 하수관거의 범람에 따른 피해는 대부분이 저지대의 주민에게 영향을 미치게 된다.

이에 본 연구에서는 재개발이나 재건축에 따라 지구단위 개발이 주류를 이루고 있는 시점에서 지구단위 저류 시설에 관심을 두고, 하수 또는 우수관거와 관로와의 거리 등에 따라 강수의 유출시간 조사와 우수의 효과적인 활용 및 침수피해를 줄이기 위하여 지구단위에 대한 적정크기의 우수저류조를 설치하여 저지대 지역에서의 강수 범람에 따른 피해를 줄이고자 함과 동시에 우수의 효과적인 활용에 목적을 두고 있다.

그 일환으로 EPA(Environment protection agency)에서 개발하여 활용되고 있는 Storm water management model(이하 SWMM라고 함)을 이용하여 대상지역에 대한 우수의 유출량 및 유출시간에 따른 관거의 범람과 홍수해제 시간을 예측하여 우수저류조의 적정위치 및 크기를 구하고자 한다.

2. 연구방법

대상지역은 호우피해가 발생하는 부산의 북구로 설정하였고, 대상지역의 배수 및 우수관로에 대하여 5개 블록으로 나누어 살펴보고자 한다. 대상 지역의 면적을 계산하고, 이를 관거에 따라 5개의 블록으로 나누어 시뮬레이션을 하였다.

대상지역에 매설되어 있는 배수 및 우수관로의 총 개수를 조사하여, 이를 SWMM의 기초 입력 자료로 활용함과 동시에 기상데이터에서 구한 강수량과 32개의 관로에 대한 관경, 형상 및 합류조의 설치 지점에 따른 강수의 유출량에 대한 표현, 시계열에 따른 관거의 범람을 시각화하고 유출시간을 조사하여 홍수피해에 대한 조사와 우수저류조의 적정 크기를 알아보하고자 한다.

II. SWMM 프로그램의 고찰

대상지역에 대한 관거의 범람 및 홍수 예측을 알아보기 위하여 강수평가 프로그램은 미국의 EPA³⁾에서 개발한 SWMM(Storm water management model)이다. 이 프

로그램은 도시지역에서 발생하는 강수의 유출에 대하여 다양한 수문학체계를 근거로 구성되어 있다.

SWMM은 우수의 유출량을 단시간 또는 장시간 시뮬레이션이 가능한 프로그램으로 소규모의 저류지, 저류면적 및 오염정도 등의 조합에 의해서 작동된다. 그러므로 SWMM은 각각의 저류지내에서 발생하는 우수의 양과 우수의 질에 대한 추적이 가능하다. SWMM은 아래의 요소들을 포함하고 있다.

- 시간변화에 따른 강수량
- 지표수의 증발량
- 강설량
- 저류조에서의 강수 차단효과
- 불포화된 토양으로의 우수 침투
- 지표수와 하수관사이의 유출
- 우수의 오염정도
- 대지의 침수정도에 따른 유출량
- 관로 형태에 따른 유출량 등

SWMM의 적용범위는 아래와 같다.

- 강수제어를 위한 저수시스템의 계획과 크기
- 강수제어와 수질을 위한 적정크기 산정
- 자연적인 관거의 강수 유출의 예측
- 하수구의 범람을 위한 최소크기 계획
- 위생배수에 대한 범람과 유입 강수에 대한 평가 등

본 연구에서는 SWMM의 다양한 분석기능 가운데 시간변화에 따른 관거의 유출량 및 범람지속시간과 이에 따른 적정크기를 산정하고자 한다.

III. 대상지역의 위치와 지하매설 관거배치 및 기상조건

1. 대상지역의 위치

대상지역은 부산의 북쪽에 위치한 북구 구포지역이며, 저지대에 속하는 곳으로서 아파트 단지와 단독주택으로 구성되어 있다. 위치는 <그림 1>과 같으며, 흰색선으로 표시한 부분이 본 연구에서 지정한 대상지역과 그에 따른 배관도는 <그림 2>와 같다.

대상지역의 블록은 관거의 위치에 따라 5개의 블록으로 구분하였고, 각 블록에 대한 면적은 <표 3>과 같으며, 전체 면적은 50,025 m²이다.

1블록의 경우에는 아파트 단지로 구성되었으며, 그 면적은 32,540 m², 2와 3블록은 단독주택 단지이며, 그 면적은 10,340 m²이고 4와 5블록 또한 단독주택 단지로 구성되어 있으며 그 면적은 7,145 m²이다.

2. 대상지역의 지하매설 관거 위치 및 종류

대상지역에 대한 지하매설 관거의 전체 수는 32개로 구성되어 있고, 두 곳을 제외하고는 모두 합류관으로 이루어

3) Lewis A Rossman(2008), Storm water management model user's manual, EPA.



그림 1. 대상지역의 위치

표 3. 대상지역의 블록별 면적

블록 구분	면적(m ²)
1블록	32,540
2블록	4,280
3블록	6,060
4블록	2,995
5블록	4,150

어져 있고, 두 곳 가운데 한 곳은 우수관이고, 나머지 한 곳은 연결관의 형태로 매설되어 있다.

대상지역의 지하매설 관거의 위치는 <그림 2>와 같고, 관거의 형태 및 재료 등은 <표 5>와 <표 6>과 같다. 관거의 형태는 원형과 box형으로 구성되어 있고, 원형 관거의 경우에는 PE관(Polyethylene pipe)으로 이루어져 있고, box형의 관거는 석축과 콘크리트로 이루어져 있는 것으로 조사되었다.

원형 관거의 구경은 Φ300-600 mm의 범위에 있고, box형 관거는 120 mm(가로)×100 mm(세로)에서 500 mm(가로)×800 mm(세로)의 범위에 속하는 것으로 나타났다.

3. 대상지역의 기상조건

대상지역에 있어서 과거 홍수피해가 발생한 시점을 조사하기 위하여 부산 기상청으로부터 자료를 수집하였다. 그 기간은 2008년 8월 12일부터 13일까지에 대한 시간대별 강수량은 <표 4>와 같다.

대상지역은 <그림 2>에서 보듯이 주관로 즉, 대지의 유출수가 1차적으로 흘러내리는 관로를 중심으로 분류하였으며, 시뮬레이션 시점은 기상청으로부터 받은 48시간 동안의 강수량에 대하여 실시하였다. 대상지역의 관거 내의 유량 흐름과 범람에 대하여 시간대별로 살펴보고자 한다.

2008년 8월 12일에는 4시 45.5 mm와 5시 38.5 mm의 강수가 내렸으며, 8월 12일 20시부터 8월 13일 2시까지 강수가 내렸고, 특히 8월 12일 24시부터 8월 13일 2시까지 평균 강수량은 49.3 mm로 강수량이 많은 것을 알 수 있다.

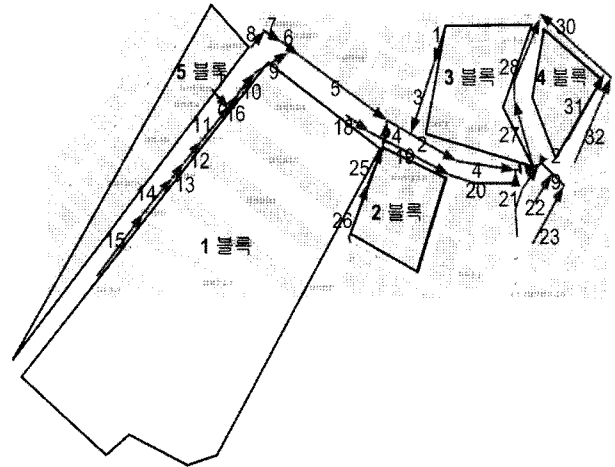


그림 2. 대상지역의 지하매설 배관도

표 4. 대상지역 시간대별 강수량(2008.08/12-08/13)

(단위: mm)

2008.08.12				2008.08.13			
시각	강수량	시각	강수량	시각	강수량	시각	강수량
1	0	13	0	1	83.5	13	0
2	0	14	0	2	30.5	14	0
3	0	15	0	3	0	15	0
4	45.5	16	0	4	0	16	0
5	38.5	17	0	5	0	17	0
6	0	18	0	6	0	18	0
7	0	19	0	7	0	19	0
8	0	20	2.5	8	0	20	0
9	0	21	14.5	9	0	21	0
10	0	22	5.6	10	0	22	0
11	0	23	4.2	11	0	23	0
12	0	24	33.8	12	0	24	0

IV. 시뮬레이션 조건

대상지역에 있어 토양에 대한 우수침투는 강수의 흐름에 많은 영향을 미치므로, 이에 대한 조건이 필요하게 된다. 토양의 우수 침투에 대한 다양한 방정식 가운데 Horton의 방정식을 사용하였다. 이 방정식은 경험적인 관찰에 근거한 식으로서 장시간 호우가 발생하는 동안의 최초의 최고유량에서 최소유량으로의 변화에 대하여 지수형태로 침투가 감소한다는데 근거를 두고 있다.

본 방정식에서는 48시간에 대한 관거의 유량분포를 조사하는 것이 목적이므로 Horton방정식이 적합하다고 판단하여 토양의 우수침투 조건으로 활용하였다.

관거 내의 유체 흐름에 대해서는 운동방정식(Kinetic method)을 적용하였다. 이는 각각의 관거에 대하여 연속 방정식으로 구할 수 있으며, 물의 흐름 경사와 관거의 경사를 동일하게 취급함으로써 채택하였으며, 시뮬레이션 조건은 <표 7>과 같다.

표 5. 대상지역의 지하 매설 관거의 종류 및 크기-1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
종류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	우수	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	연결
구배	18.3	114.2	24.2	143.3	64.32	0	0.917	0	77.98	88.65	74.89	65.24	38.78	58.41	37.45	0	-
길이(m)	18.57	45.85	36.05	43.28	58.32	12.41	10.92	17.82	21.79	14.15	22.71	16.43	9.84	22.64	68.14	7.67	10.5
구경(mm)	300	600	300	-	-	-	300		500	500	400	400	300	300	300	-	-
가로(mm)	-	-	-	-	-	400	-	450	-	-	-	-	-	-	-	500	-
세로(mm)	-	-	-	-	-	600	-	500	-	-	-	-	-	-	-	800	-
시점관상고(m)	17.29	17.1	16.97	12.16	21.45	0	22.56	-	23.35	25.4	27.5	28.32	29.37	30.71	33.27	-	-
종점관상고(m)	16.95	12.37	16.1	6.1	17.7	0	22.55	-	21.65	24.15	25.8	27.25	28.99	29.39	30.72	-	-
시점상대깊이(m)	0.51	0.9	0.83	0.84	0.95	-	0.44	-	1.15	0.6	0.2	0.88	0.33	0.19	0.53	-	-
종점상대깊이(m)	0.85	0.63	0.9	0.5	0.8	-	0.45	-	0.85	0.35	0.7	0.45	0.21	0.31	0.18	-	-
형태	원형	원형	원형	원형	원형	BOX	원형	BOX	원형	원형	원형	원형	원형	원형	원형	BOX	-
재료	PE	PE	PE	PE	PE	CON	PE	CON	PE	PE	PE	PE	PE	PE	PE	CON	-

표 6. 대상지역의 지하 매설 관거의 종류 및 크기-2

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
종류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류	합류
구배	87.88	105.3	110.0	0.51	0	0	29.51	164.7	15.82	17.60	29.14	18.11	-	0
길이(m)	16.54	51.26	42.89	39.39	19.84	75.25	12.69	20.38	15.87	38.54	44.02	169.14	111.45	38.64
구경(mm)	300	300	300	-	-	-	500	500	500	-	-	-	-	-
가로(mm)	-	-	-	250	450	-	-	-	-	200	200	120	120	400
세로(mm)	-	-	-	150	550	-	-	-	-	150	150	100	100	400
시점관상고(m)	19.5	18.0	12.46	6.4	-	-	18.16	21.6	25.2	6.38	5.75	9.75	-	-
종점관상고(m)	18.05	12.6	7.74	6.38	-	-	17.8	18.24	24.95	5.75	4.5	6.73	-	-
시점상대깊이(m)	0.7	0.9	0.84	0.3	-	-	0.34	0.7	0.2	0.22	0.25	0.25	-	-
종점상대깊이(m)	0.85	0.7	0.26	0.22	-	-	0.7	0.26	0.35	0.25	0.8	0.27	-	-
형태	원형	원형	원형	BOX	BOX	BOX	원형	원형	원형	BOX	BOX	BOX	BOX	BOX
재료	PE	PE	PE	석축	CON	CON	PE	PE	PE	CON	CON	CON	CON	CON

V. 시뮬레이션결과

SWMM을 이용하여 시뮬레이션을 실행하기 위한 입력 자료는 <표 5>와 <표 6>에서 조사한 관거의 형태와 재료 및 구배를 활용하게 된다. 4장의 시뮬레이션 조건에 따라 현재의 배관분포도에 대한 시뮬레이션 결과를 통하여 범람구역과 범람된 강수량을 조사하여 적정 우수저류조를 설치한 후의 결과를 비교하고자 한다.

표 7. 시뮬레이션 조건

대상	조건
토양의 우수침투	Horton infiltration
유체흐름	Kinetic method
PE관 거칠기	0.011
콘크리트관 거칠기	0.012
원형관 유출량	$Q=1.318CAR^{0.63}S^{0.54}$
BOX형 관거 유출량	$Q=\frac{1.49}{n} AR^{2/3}S^{1/2}$

여기서, C=Hazen-Williams의 표면 거칠기 상수
 A=단면적(m²)
 $R=\frac{2(a \times b)}{a+b}$ R: 상당깊이(m), a,b: 장변/단변(m)
 S=경사도(%)

1. 대상지역에 대한 시뮬레이션 결과

대상지역에 대한 시뮬레이션을 하기 위하여 <그림 2>를 토대로 대상블록과 배관분포도를 정리하였고, 배관의 분포도는 <그림 3>과 같고, <표 6>에서 23번관은 대상블록에서 벗어나 있으므로 본 시뮬레이션에서 제외하였다.

그리고 1, 11, 15와 24 및 28번관은 대지에서 분기되어 나오는 관으로 시뮬레이션 상에서는 점선으로 표시되어 있다. <그림 3>은 대상블록에 대한 면적분포 및 관거의 경사도를 나타내고 있으며, <그림 3>에서 “J”는 합류점을 나타내며, 본 연구에서는 “합류점”으로 표기한다.

시뮬레이션 결과에 따른 주요 시간대에 대한 관거 상태는 <그림 4, 5, 6 및 7>과 같으며, 합류점 15에서 배출점(Outfall)까지의 배관 내의 현황을 나타낸 것이다.

대지별 지표수 유출량은 S-1대지에서 2,577.8 m³, S-2대지에서 412.6 m³, S-3대지에서 556.4 m³, S-4대지에서 264.9 m³이고 S-5에서는 378.5 m³로 나타났다.

2008년 8월 12일 04시 30분경의 관거 상태를 살펴보면, <그림 4>와 같다. 합류점 15와 합류점 14 및 합류점 3과 합류점 2에서 만수위를 나타내는 것으로 조사되었고, 대상대지의 합류점이 모이는 합류점 4에서도 만수위를 기록하고 있는 것으로 나타났다.

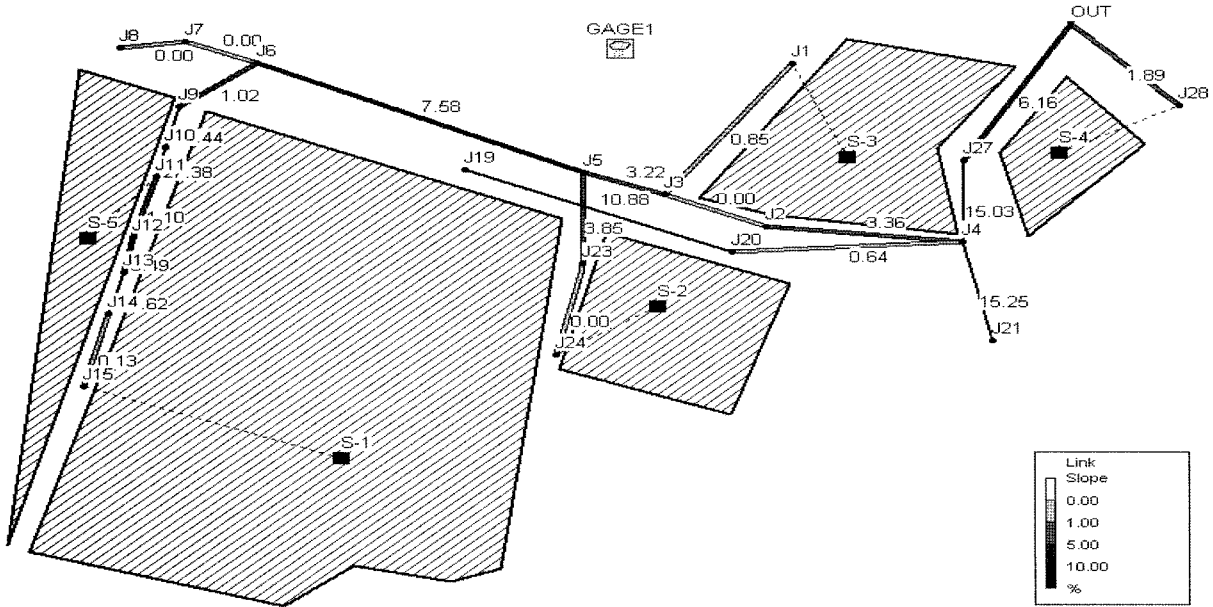


그림 3. 시뮬레이션상의 대지 및 배관분포도

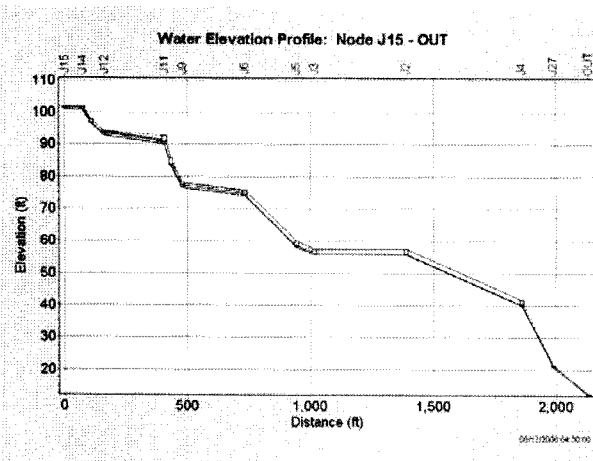


그림 4. 2008년 8월 12일 04시 30분의 관거 상태

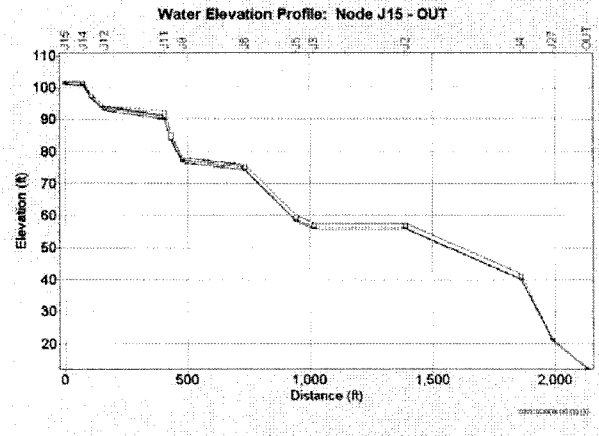


그림 6. 2008년 8월 13일 00시의 관거 상태

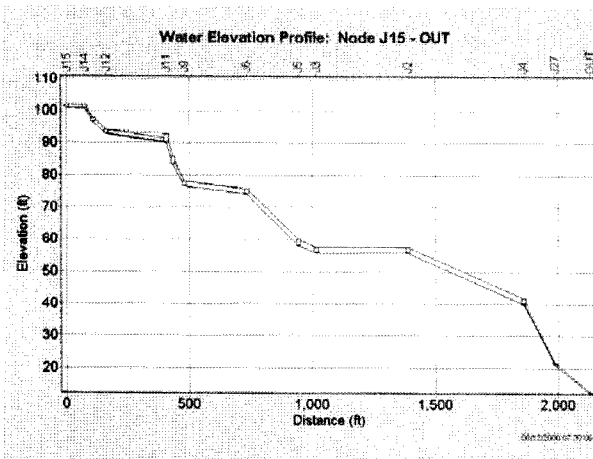


그림 5. 2008년 8월 12일 07시 30분의 관거 상태

<그림 5>는 8월 12일 07시 30분으로서 강수가 멈춘 후, 2시간 30분이 경과한 후, 관거 상태를 나타내고 있다. 대부분의 관거에서 강수는 저수위를 나타내고 있는 반면, 합류점 3과 합류점 2에서는 관거 내에 강수가 유출되고 있는 것을 알 수 있다.

8월 12일의 경우, 강수 발생시 3시간 정도까지는 지표면에 유출되는 양이 발생하는 것으로 조사되었고, 그 지점은 합류점 3과 합류점 2의 근처에서 범람이 일어날 확률이 높다는 것을 시뮬레이션을 통하여 알 수 있다.

<그림 6>은 8월 13일 00시의 관거 상태를 나타내고 있으며, 합류점 15와 합류점 14 및 합류점 3과 합류점 2에서는 만수위를 기록하는 것으로 조사되었고, 또한 합류점 27에서도 만수위를 나타내는 것으로 나타났다.

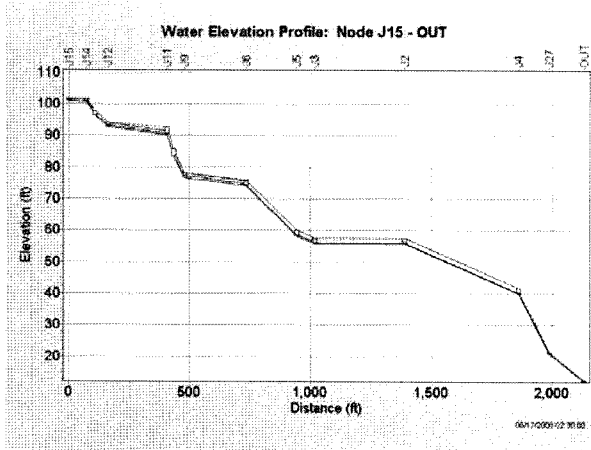


그림 7. 2008년 8월 13일 02시 30분의 관거 상태

<그림 7>은 2008년 8월 13일 02시 30분의 상태이며, 이는 강수가 멈춘 후 30분이 경과한 후의 관거 상태를 나타내고 있다.

합류점 15와 합류점 14 및 합류점 3과 합류점 2에서는 만수위를 나타내고 있는 점은 8월 12일의 경우와 거의 비슷한 양상을 보이고 있는 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이 합류점 15 및 합류점 14에서 만수위를 기록하고 있는 원인으로는 대지면적이 가장 큰 S-1대지에 연결관이 접속되어 있으므로 대지에서 유출되는 지표수가 합류관으로 흘러내려 만수위를 나타내는 것으로 판단되며, 또한 합류점 3과 합류점 2에서는 지속적으로 만수위를 나타내고 있는 것은 S-3대지와 연결되어 있는 합류점 1지점 부근의 지표수가 합류점 3으로 흘러내리고, 이렇게 흘러내린 지표수가 합류점 2까지 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다.

대상지역의 현 시점에서 관거 상태를 종합하여 보면, 합류점 3에서 범람현상이 발생할 확률이 가장 높다는 것을 알 수 있으며, 이를 어느 정도 방지하기 위해서는 합류점 3과 연결되는 S-3대지의 지표수 유출량을 저류시키는 방법과 합류점 부근에 우수저류조를 설치하여 S-1대지와 S-5대지에서 유출되는 지표수를 저류시켜 시간을 지체시키는 방법을 강구할 필요가 있을 것이다.

우수저류조 및 지표수의 유출시간을 지연시키기 위해서는 각 합류지점별 유출량을 조사할 필요가 있으며, 이에 대한 정리는 <표 8>과 같으며, 범람이 발생할 수 있는 주요지점의 합류점과 그 합류점의 유출지속시간 및 유출량을 나타내고 있다.

시뮬레이션 결과에서 보듯이 범람된 양이 가장 많은 지점은 합류점 3으로 나타났고, 범람지속시간 또한 13.86시간으로 가장 길게 나타난 것을 볼 수 있다. 그러나 합류점 3의 영향을 받는 합류점 2의 경우에는 범람된 양은 나타나지 않았으나, 지표수 유출시간은 합류점 3과 비슷하게 나타난 것을 알 수 있다.

S-1대지와 접속되어 있는 합류점 15에서도 범람된 양은

표 8. 주요지점별 유출지속시간과 유출량

합류점	유출지속시간(hour)	범람된 양(m ³)
J2	13.84	0
J3	13.86	14,293.3
J4	5.97	1,238.2
J14	4.54	0
J15	4.58	2,195.4
J27	8.18	1,938.1

표 9. 주요지점별 지표수 유출지속시간과 유출량

합류점	우수저류조	저류조 용량 (m ³)	저류조 설치 전후 변화			
			지표수 유출 지속시간(hour)		유출량(m ³)	
			설치전	설치후	설치전	설치후
J2	설치	14.2	13.84	-	0	-
J3	설치	15,576.3	13.86	-	14,293.3	-
J4	-	-	5.97	5.94	1,238.2	1,238.2
J14	설치	14.2	4.54	-	0	-
J15	설치	2,124.0	4.58	-	2,195.4	-
J27	-	-	8.18	8.21	1,938.1	1,938.1

크게 나타났고, 유출지속시간도 4.58시간으로 다소 길게 나타난 것을 알 수 있다. 합류점 15와 인접한 합류점 14에서도 범람된 양은 나타나지 않았으나, 합류점 15의 영향으로 유출지속시간은 4.54시간으로 비슷하게 나타난 것을 알 수 있다.

2. 시뮬레이션 결과에 따른 조사대상지역의 적정 우수 저류조의 용량 및 위치

합류점에 우수저류조를 대신하여 설치한 경우에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 반복 결과에 따라 저류조 용량이 결정되었다. 이에 대한 결과는 <표 9>와 같으며, 합류점을 우수저류조로 변환한 지점과 지속유출시간 및 유출량을 나타내고 있다.

대지와 연결되어 있는 합류점 15를 우수저류조로 변경할 경우 2,124.0 m³를 저장할 수 있는 규모가 필요하다. 그러나 합류점 3의 경우에는 전 관거가 합류되는 지점이며, 또한 합류점 1을 거친 지표수가 유입되는 곳으로 가장 큰 용량이 15,576.3 m³의 우수저류조가 필요한 것으로 나타났다.

4개의 우수저류조를 설치한 경우, 지표수가 유출되는 지역은 2개소의 합류지점으로 축소되며, 이에 따라 범람에 의한 피해를 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

우수저류조를 설치한 경우에 대한 시뮬레이션 결과는 <그림 8>부터 <그림 11>과 같다.

<그림 8>은 2008년 8월 12일 04시 30분경의 관거 상태를 나타내고 있다. 우수저류조 설치 후, 합류점 15와 14에서 만수위를 나타내는 곳이 사라진 것을 볼 수 있다. 그리고 합류점 3에서 만수위를 나타내는 곳도 그림에서 보듯이 수위가 25%정도에 머물러 있는 것을 알 수 있다.

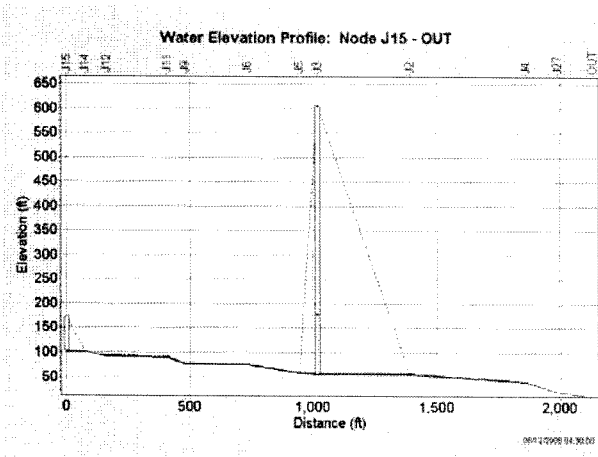


그림 8. 2008년 8월 12일 04시 30분의 관거 상태

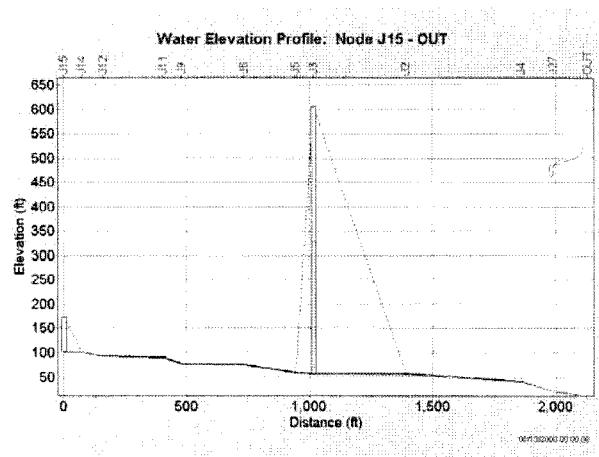


그림 10. 2008년 8월 13일 00시의 관거 상태

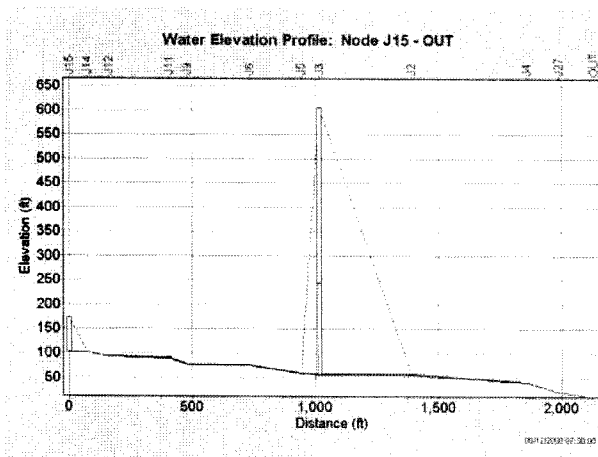


그림 9. 2008년 8월 12일 07시 30분의 관거 상태

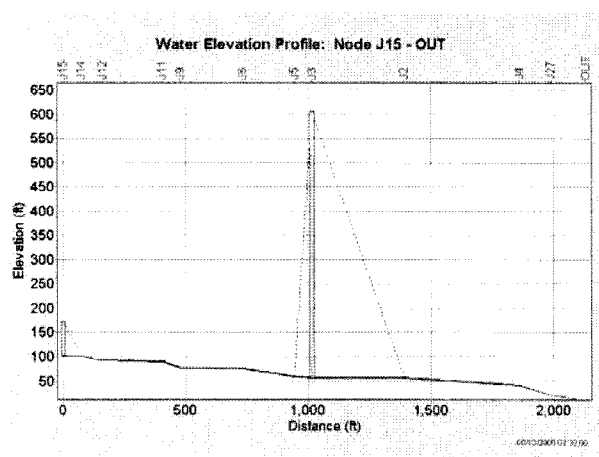


그림 11. 2008년 8월 13일 02시 30분의 관거 상태

<그림 9>는 2008년 8월 12일 07시 30분경의 관거 상태를 나타내고 있다. 동일 04시 30분의 관거 상태와 비슷한 양상을 보이고 있으나, 저류조의 수위가 <그림 8>과 비교하여 다소 높아진 것을 알 수 있다.

<그림 10>은 2008년 8월 13일 00시경의 관거 상태를 나타내고 있다. 전날의 경우보다는 우수저류조의 수위가 많이 높아진 것을 알 수 있다. 또한 시뮬레이션 결과에 따르면, 우수저류조에서 합류점 2까지는 지속적으로 만수위로 있는 것으로 나타났다.

<그림 11>은 2008년 8월 13일 02시 30분경의 관거 상태를 보여주고 있다. 동일 01시부터 02시까지 약 100 mm 정도의 강수가 내림에 따라 S-1대지에 접속된 우수저류조(합류점 15지점)가 만수위를 기록하고 있는 것으로 나타났고, 우수저류조(합류점 3지점)의 수위가 크게 높아진 것을 볼 수 있다. 그러나 <표 9>에서 보듯이 우수저류조 설치 전후에 따른 지표수의 유출량이나 유출시간은 크게 줄어 든 것을 알 수 있다.

SWMM을 이용하여 범람이 우려되는 지점에 대한 시뮬레이션 결과를 통하여 우수저류조의 적정 크기 및 위치를 선정함에 따라 지표수의 유출시간이나 유출량에 대응

하여 피해를 크게 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 1974년부터 2003년까지 홍수 피해액은 2004년을 기준으로 10년마다 3.2배씩 증가하고 최근에는 연평균 1조 7,000억 원까지 늘어나 전체 재해 피해의 80%까지 차지하고 있다⁴⁾라는 보고가 있으나, 우수저류조 건설비용은 100,000톤의 저류조를 설치하는데 약 360억 원의 공사비⁵⁾가 소요되므로, 본 연구 결과에 의한 유출량을 우수저류조에 저류시키기 위해서는 약 17,730톤의 우수저류조가 필요하게 된다. 이에 대한 공사비를 추정해 보면, 69억 원으로 추정되어서 우수저류조 설치가 홍수피해 복구비와 비교하여 경제적이라고 할 수 있다.

VI. 결 론

SWMM을 이용하여 대상지역에 대한 강수데이터와 관거에 대한 자료를 수집하여 시뮬레이션을 한 결과, 대상

4) <http://www.prometheus.co.kr/articles>

5) 김진영, 김영란(2004), 침수방지를 위한 우수저류시설의 경제성분석 및 적정규모 산정, 대한상수도학회·한국물환경학회 추계학술발표대회

지역에 대한 우수가 범람할 수 있는 지점의 예측과 이 때 유출되는 유출량 및 유출지속시간을 예측할 수 있는 것으로 나타났다. 시뮬레이션의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) SWMM을 적용하여 대상지역의 우수범람지점과 및 지표수 유출 지속시간 및 유출량을 예측할 수 있는 것으로 판단된다.

2) 우수저류조를 설치하지 않은 경우, 대상지역에서 우수범람지역은 전체적으로 넓게 퍼져있어 우수 관거에 대한 대처가 있어야 할 것으로 판단된다.

3) 우수저류조를 설치한 경우, 대상지역에서 우수범람지역은 6개 지점에서 2개 지점으로 줄어든 것을 알 수 있고, 지표수의 유출시간 및 유출량도 크게 줄어들었다는 것을 알 수 있다.

4) 홍수피해를 줄이기 위하여 우수저류조의 적정크기는 강수량과 지표수 유출량에 따라 크게 달라지므로, 이에 대하여 시뮬레이션 결과를 근거로 우수저류조의 용량을 결정하여야 할 필요가 있으며, 본 연구에서는 범람된 양을 기준으로 우수저류조의 용량을 결정하였다.

5) 우수범람지점에 대하여 우수저류조를 설치하는 경우, 우수저류조는 가능한 대지와 인접한 지점에 설치하는 것이 유리한 것으로 분석되었고, 다수의 관거가 합류되는 지점에 대형 우수저류조를 설치하는 것이 보다 유리한 것으로 나타났다.

6) 대형의 우수저류조 설치가 곤란한 경우에는 우수저

류조 크기를 나누어 동일한 지점에 설치하는 것이 강수를 저류시키는 것보다 효과적이라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 소방방재청 중앙재난안전대책본부(2006), 재해연보, 639.
2. <http://www.prometheus.co.kr/articles/>
3. <http://kr.imap.maps.yahoo.com>
4. Lewis A Rossman (2008), Storm water management model user's manual, EPA.
5. 장승재(2008), 평지붕 옥상층을 활용한 분산형 저류시스템의 타당성에 관한 연구, 대한건축학회지회연합논문집, 10(2), 247.
6. 이은주 · 조경계 · 신현석 · 강두기(2005), SWMM을 이용한 도시 지역의 강우 유출특성과 비점오염부하량 분석, 공동추계 학술발표회 논문집, 대한상수도학회, 91-97.
7. 김진영 · 김영란(2004), 침수방지를 위한 우수저류시설의 경제성분석 및 적정규모 산정, 대한상수도학회 · 한국물환경학회 추계학술발표대회.
8. 이태구(2000), 주거단지의 친환경적 우수처리 실태에 관한 연구, 한국주거학회지, 11(2), 121-122.
9. 이종태 · 허성철 · 김태화(2004), 도시유출모형(SWMM)매개변수의 최적화, 대한토목학회 정기학술대회.
10. 안창환(1994), 아파트에서 적정 급수량 산정을 위한 사용수량에 관한 조사 연구, 한국주거학회지, 5(1), 87.

접수일(2009. 3. 27)

수정일(1차: 2009. 5. 13, 2차: 5. 25)

게재확정일자(2009. 5. 29)