

빗물저류조의 분산배치에 따른 첨두유출 저감효과 분석 - M 마을 사례 -

The Effect of Decentralized Rainwater Tank System on the Reduction of Peak Runoff - A Case Study at M Village -

한 무 영* / 금 소 윤** / 문 정 수*** / 곽 동 근****

Han, Mooyoung / Kum, Soyeon / Mun, Jungsoo / Kwak, Donggeun

Abstract

Recently climate change and increase of surface runoff caused the urban flooding. Traditional way of dealing with urban flooding has been to increase the sewer capacity or construction of pumping stations, however, it is practically almost impossible because of time, money and traffic problems. Multipurpose DRMS (Decentralized Rainwater Management System) is a new paradigm proposed and recommended by NEMA (National Emergency Management Agency) for both flood control and water conservation. Suwon City has already enacted the ordinance on sound water cycle management by DRMS. In this study, a flood prone area in Suwon is selected and analysis of DRMS has been made using XP-SWMM for different scenarios of RT installation with same total rainwater tank volume and location. Installing one rainwater tank of 3,000 m³ can reduce the peak flow rate by 15.5%. Installing six rainwater tanks of 500 m³ volume in the area can reduce the peak flow rate by 28%. Three tanks which is concentrated in the middle region can reduce peak rate more than evenly distributed tanks. The method and results found from this study can be used for the design and performance prediction of DRMS at a flood prone area by supplementing the existing sewer system without increase of the sewer capacity.

Keywords : Climate change, Multipurpose Decentralized Rainwater Management System (MDRMS), Decentralized Rainwater Management System (DRMS), rainwater tank, Peak flow rate reduction

요 지

기후변화로 인한 집중호우와 도시화로 인한 불투수면의 증가는 많은 양의 비를 바로 하수관거로 유출시켜 관거 용량초과로 저지대 침수 등의 피해를 일으킨다. 지금까지는 도시의 치수안전도를 높이기 위해 하수관거를 확장하고, 빗물펌프장의 용량을 증대하는 등의 방법을 주로 채택하고 있지만 많은 비용과 시간의 소비를 필요로 하여 현실적으로 불가능에 가깝다. 최근 소방방재청과 수원시는 기존 우수배수 시스템의 한계를 보완하고 대처하기 위한 새로운 대처방안으로 다목적 분산형 빗물관리를 제안하고 있다. 본 연구에서는 수원의 상습침수 지역인 M마을을 연구 대상지로 하여 XP-SWMM을 이용하여 분산형 빗물저류조 적용에 따른 첨두유출 저감 효과를 확인을 위해 설치 개수, 배치유형(설치위치)을 다르게 하여 집중호우 시 치수 안전도에 미치는 영향을 모의하였다. 그 결과 3,000 m³ 용량의 빗물저류조 한 개를 설치할 경우 첨두유출이 15.5%

* 교신저자, 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 정교수 (e-mail: myhan@snu.ac.kr)

Corresponding Author, Prof., Dept. of Civil and Environment Eng., Seoul National Univ., Seoul, Korea.

** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 석사과정

Master course student., Dept. of Civil and Environment Eng., Seoul National Univ., Seoul, Korea

*** 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수석연구원

Senior Researcher, Water Resources & Environment Research Dept., Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi-do, Korea

**** 포스코 건설 물환경사업본부

Water & Environment Division, Posco E&C, Incheon, Korea

저감되었으며, 500 m³ 용량 저류조를 6개 설치하였을 때는 침투유출이 28% 저감되었다. 빗물저류조 배치유형의 경우 상류 지역에 가장 비중 있게 설치하고 중류, 하류 순으로 비중을 두어 설치한 형태가 가장 침투유출 저감효과가 좋았다. 본 연구에서 얻어진 다목적 분산형 빗물관리 시스템의 해석방법은 기후변화에 대비하여 하수관거 용량을 증설하지 않고도 치수 안전도를 증가시킬 수 있는 시스템을 경제적으로 설계하고, 그 효과를 예측하는데 사용될 수 있다.

핵심용어 : 기후변화, 다목적 분산형 빗물관리, 분산형 빗물관리, 빗물저류조, 침투유출저감

1. 서 론

최근 들어 기후변화에 의한 집중호우의 빈발과 도시화로 인한 불투수면의 증가는 하수관거의 설계용량초과에 의한 저지대 침수 등의 피해를 일으킨다. 2010년 9월 태풍 곤파스로 인해 광화문 침수 또한 이러한 피해 중 하나이다 (서울시, 2010). 이에 대비한 기존의 치수안전도 증가 방법은 관거를 확장하거나, 빗물펌프장의 용량을 증대하는 등의 방법을 주로 채택하고 있지만 이러한 해결방법은 많은 비용과 시간의 소비를 필요로 한다. 특히 관거 공사는 차량과 주민들의 통행에 불편을 끼쳐 민원발생의 주요 원인이 되기도 한다.

최근 소방방재청 (2009)과 수원시 (2009b)는 기존 우수 배수 시스템의 한계를 보완하기 위한 새로운 대처방안으로 다목적 분산형 빗물관리를 제안하고 있다. 분산형 빗물관리 (Decentralized Rainwater Management System, DRMS)란 유역의 하류부분의 빗물 펌프장 등에서 집중적으로 빗물을 관리하는 기존의 시스템에서 벗어나 유역 내 여러 곳에 소규모 빗물저류조를 설치하여 각 소유역 별로 빗물을 관리하는 것을 말한다. Fig. 1은 기존의 집중형 관리와 분산형 빗물관리의 개념의 차이를 보여 준다 (김미경 등, 2007). 분산형 빗물관리는 수질과 에너지 측면에서 많은 이점이 있다. 즉, 분산형에서는 빗물을 떨어진 곳 근처에서 짧은 경로를 통하여 모으므로 수질이 비교적 깨끗

하다. 반면에 집중형에서는 빗물을 긴 경로를 통해 모으므로 많은 오염물질이 함유하게 되어 수질이 나빠져 빗물의 활용에 제한을 받는다. 또한 에너지 측면에서 볼 때 분산형은 모은 곳에서 바로 사용이 가능하여 운송에 큰 에너지를 요구하지 않으나, 집중형의 경우 하류에서 모으므로 위치에너지를 잃어버림과 동시에 상류로 물을 운송하는데 에너지를 소비한다.

기존의 집중형 빗물 관리의 유일한 목적은 홍수방지에 있는데 반하여, 분산형 빗물관리는 홍수방지 뿐 아니라 약간의 처리를 거치면 생활용수, 비상용수, 소방용수, 조경용수 등으로 이용하는 등 다목적으로 사용이 가능하다.

빗물관리시설 및 도시 배수시스템의 유출해석에는 미국 EPA (Environmental Protection Agency)에서 개발된 도시 유출 해석 모형인 SWMM (Storm Water Management Model), 미국 HEC (Hydrologic Engineering Center)에서 개발된 STORM 모형, 덴마크 DHI (Danish Hydraulic Institute)에서 개발된 MOUSE (Modeling of Urban Sewer) 등 다양한 모형들이 국내외에서 이용되어 왔다 (국토해양부, 2008). 그 중 SWMM은 국외에서는 유출저감과 수질 향상을 위한 저류지 설계 타당성 평가 결과도출 (Luk, G. K., 1999), 우수관리시설 설계기준 개발 (Pomeroy, C.A., et al., 2008)에 적용되었다. 국내에서는 도시지역 침수해석 (이종형과 연기석, 2008)뿐 아니라 인천의 침수피해지역의 우수유출저감시설 설치효과를 살펴보는데 사용되기

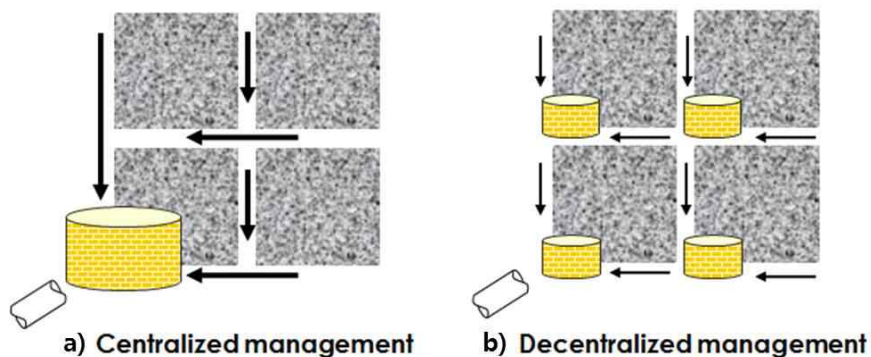


Fig. 1. Concept of Rainwater Management System (김미경 등, 2007)

도 하였으며(김현수, 2003), 구례군 사례를 중심으로 도시 지역 유출해석 및 우수저류시설 설계에 이용되었다(유창열과 임수미, 2009).

빗물 관리시설 중 빗물저류조 설치에 대한 연구는 대규모 유역에서 빗물저류조의 설치 위치와 유역의 형상의 영향에 대한 연구(이재준과 김호년, 2008), 도시규모에서의 분담형 빗물 저류시설에 대한 연구(김지태 등, 2006), 공동주택에서 빗물관리시설 설치를 통한 침투유출 저감효과(현경학 등, 2006) 연구를 통해 빗물저류조의 침투유출량 저감효과에 대해서 논문이 보고되었으나, 분산형 빗물 관리시설의 적정 설계를 위한 마을 혹은 단지규모 수준의 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 원도우 기반의 SWMM인 XP-SWMM을 이용하여 수원시 상습침수 지역인 M마을을 연구 대상으로 하여 1) 빗물저류조의 설치 개수가 침투유출저감에 미치는 영향과, 2) 침투유출 저감 효과 향상을 위한 분산형 빗물저류조의 배치유형 또는 설치위치에 따른 효과를 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 연구대상지역 및 빗물저류조 용량 산정

대상지역인 M마을은 수원시에 속하며 인근에 원천리

천이 흐르고 있다(Fig. 2). 지역의 면적은 약 0.042 km²이며, 건축물 지붕 면적은 약 0.029 km²이고, 불투수면적률은 98.5%에 달한다. 마을 전체가 주거지역이며, 2009년 거주 가구 수는 68가구이다.

M마을을 포함한 이 일대는 2000년 여름 폭우로 인해서 161세대가 침수가 된 사례가 있었다. 이 외에도 크고 작은 침수 피해를 겪어서 상습침수구역으로 분류가 되어 2001년 M마을 하류에 빗물펌프장이 설치되었으나(Table 1) 빗물 펌프장 설치 이후에도 크고 작은 침수피해를 겪었다. 2009년에는 게릴라성 폭우(55 mm/hr)로 55가구가 침수되는 피해를 입었다(수원시, 2009c).

연구대상지역에 설치할 빗물저류조(Rainwater Tank, RT) 용량은 대상지역의 건축물 면적을 고려하여 산정하였으며, Eq. (1)의 방법으로 계산하였다(국토해양부, 2009).

$$V_r = A_i \times K \quad (1)$$

V_r : 저류조 용량 [m³]

A_i : 건축물 지붕면적 (혹은 불투수지역의 면적)[m²]

K : 저류조 용량산정 계수 (0.05~0.1) [m³/m²]

대상지역인 M마을의 전체 지붕면적은 약 0.029 km²이며, 여기에 유출저감뿐 아니라 이후 이용까지 생각하여 저류조 용량 산정계수 0.1 (m³/m²)을 곱하면 저류조의 용



Fig. 2. Research Area - M village, Suwon

Table 1. Summary of Stormwater Pumping Station in M Village, Suwon (수원시, 2009a)

Name of pump station	Drainage pump station in M village, Suwon		
Construction start year	2001	Completion year	2001
Design frequency	10 year	Maximum drainage discharge	42 m ³ /min
Basin area	0.042 km ²	Main purpose	flooding prevention

량은 약 2,850 m³로 산출된다. 본 연구에서는 저류조 개수별, 위치별 모의 시 각 소유역에 저류조 용량의 분배에 용이하게 할 수 있도록 저류조 용량을 3,000 m³으로 가정하였다.

2.2 유출량 모의 모델의 구축 및 보정

본 연구에서의 분산형 빗물저류시설의 침투유출 저감 효과 평가는 크게 입력자료 구축과 구축된 자료를 기반으로 한 수문모의로 이루어진다.

먼저, 입력자료 구축에는 실무에서 주로 이용되고 있는 ESRI사의 ArcGIS 프로그램을 사용하였다(문창건 등, 2009). 이는 우리나라 도시지역의 수문 모의를 위한 입력 자료를 추출하고 관리하는데 용이하여 많이 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서도 ArcGIS 프로그램을 이용하여 토지피복, 하수관망도 등의 GIS 자료로부터 모의에 필요한 입력 자료를 추출하였다.

다음으로, 구축된 자료를 기반으로 한 수문모의에는 XP-SWMM을 이용하였다. XP-SWMM은 미국 EPA의 SWMM (Storm Water Management Model) 모형 (Huber and Dickinson, 1988)을 기반으로 하는 윈도우용 하수 및 우수 관망 해석 전용 프로그램이다. SWMM은 도시지역의 침수해석 (이중형과 연기석, 2008), 도시구역의 분담저류에 대한 유출저감특성 분석 (김지태 등, 2006), 도시구역 저류지 위치에 따른 우수유출저감효과 분석 (이재준과 김호년, 2008) 등 도시지역 침수해석, 저류조와 같은 수공구조물의 적용 시 효과 모의를 위해 널리 사용되고 있다.

대상지역인 M마을은 합류식 하수관거가 설치된 지역으로, 유출특성을 파악하기 위해 관망의 통수능을 검토하였다. 이를 위해 M마을의 하수관망을 GIS 자료로부터 SWMM 모의를 위해 Fig. 3과 같이 모델을 구축하였으며, 모의를 위해 사용한 강우는 M 마을에 큰 홍수피해를 입힌 2000년 7월 22일의 실강우를 적용하였으며 이날 총 강우량은 322.2 mm으로 약 20년 빈도의 강우였으며, 시간최대강우량은 92.5 mm으로 약 200년 빈도였다. 강우 분포 그래프는 Fig. 4와 같다. 유출량 분석지점은 도구 전 관거 (L15)로 선정하였으며, 2000년 7월 22일 수원시 침수피해 자료를 바탕으로 2000년 7월 22일 실강우에 대한 M마을

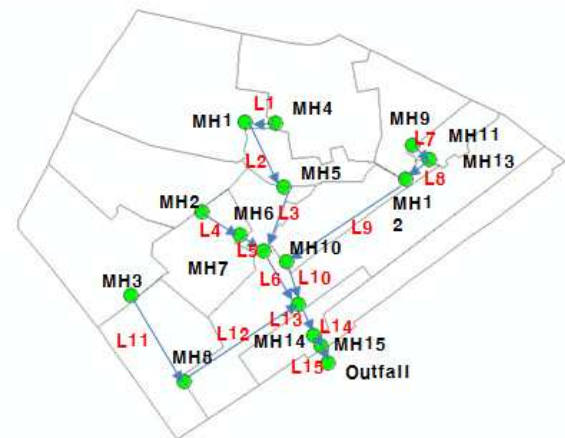


Fig. 3. Sewer System at M Village

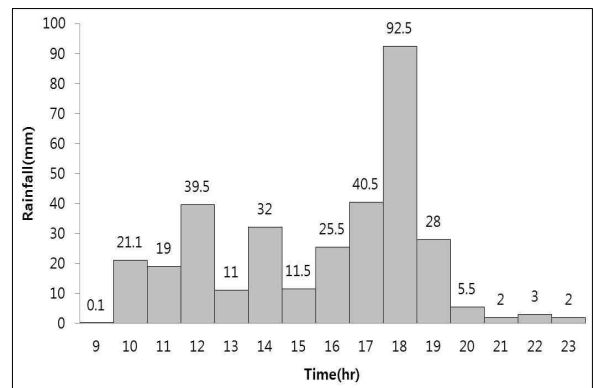


Fig. 4. Hyetograph at Suwon (July 22, 2000)

배수시스템을 보정하였다.

2.3 침투유출 저감 효과 분석을 위한 분산형 빗물저류조 설치방법

2.3.1 빗물저류조 개수를 고려한 분산배치 방안

분산형의 효과를 알아보기 위하여 빗물저류조의 개수에 따른 침투유출 저감 효과를 분석하였다. 빗물저류조의 총 용량은 3,000 m³으로서 위의 단일 빗물저류시설의 용량과 같다. 대상지역내 설치하는 빗물저류조의 개수가 증가해도 총 용량은 3,000 m³가 되도록 하였다. Table 2는

Table 2. Volume and Number of Rainwater Tanks in Each Case

Case	a	b	c	d	e	f
Tank volume (m ³ /EA)	0	3,000	1,500	1,000	750	600
No. of tanks (EA)	0	1	2	3	4	5

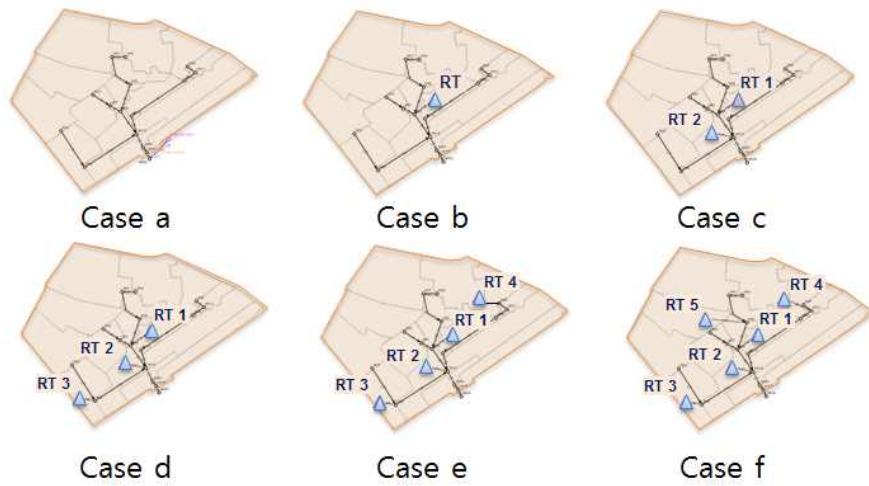


Fig. 5. Cases for Simulation of Decentralized Rainwater Tank Installation

Table 3. Location and Volume Cases of Rainwater Tanks (Unit: $m^3 \times EA$)

Case	Upper-region	Mid-region	Lower-region
1	1,000 × 3	0	0
2	0	1,000 × 3	0
3	0	0	1,000 × 3
4	1,000 × 1	1,000 × 1	1,000 × 1
5	1,800 × 1	900 × 1	300 × 1
6	900 × 1	1,800 × 1	300 × 1
7	300 × 1	1,800 × 1	900 × 1
8	900 × 1	300 × 1	1,800 × 1

빗물저류조의 설치개수와 빗물저류조의 용량을 나타낸 것으로 Case a에서 Case f로 갈수록 분산형 시스템이 되며 각 Case 별 빗물저류조 배치는 Fig. 5와 같다. 또한, 각 조건에서 빗물저류조는 기존의 배수시스템에서 침수피해가 큰 지역에 우선으로 하여 배치하였다.

2.3.2 빗물저류조 3개의 위치 및 저류용량 조합에 따른 분산배치 방안

빗물저류조 배치유형(위치)에 따른 침수유출 저감 효과에 대해서 모의하였다. 이를 위하여 M마을을 상류, 중류, 하류 크게 세 지역으로 구분을 하였으며 (Fig. 6), 유역의 빗물저류조의 총 개수는 3개로 고정하였다. Case 1~3까지는 단순히 상류, 중류, 하류 한 지역에 3,000 m^3 의 빗물저류조를 배치를 하였으며, Case 4는 상류, 중류, 하류에 1,000 m^3 씩 배치를 하였다. 그리고 Case 5~8은 빗물저류조의 용량을 분배하는데 각 유역별로 가중을 두어서

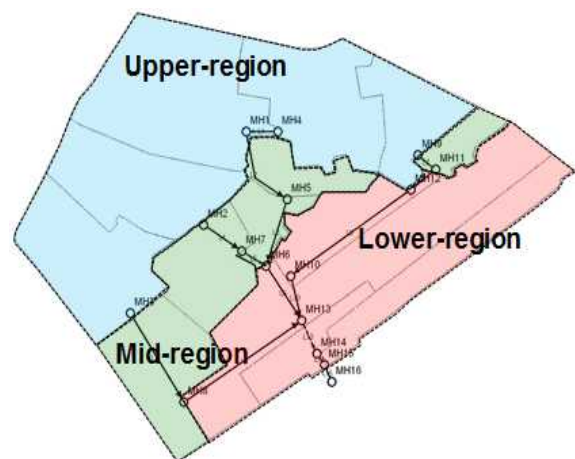


Fig. 6. Region Dividing

Table 3과 같이 4가지 경우를 선정하였다. 여기서 Case 5는 상류형, Case 6는 상류중심 중류형, Case 7은 하류중심

중류형, Case 8은 하류형이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유출량 모의 모델의 보정 결과

앞서 제시된 주요 입력 자료를 바탕으로 XP-SWMM의 모의를 수행하였다. 우선 M마을의 기존 배수시스템의 유출해석을 통하여 유역 내 침수발생 지역을 확인하였다 (Fig. 7). 그 결과를 실제 침수피해가 발생한 지역을 비교하여 모델을 보정하였다.

침수 발생지역은 2000년 7월 침수피해 발생 당시 수원시에 접수된 침수피해민원을 바탕으로 정리하였으며 구체적인 위치는 Fig. 8과 같다. 이때 침수지역이 일부는 누락이 되어 확인이 불가능한 곳도 있었으나, 확인된 실제

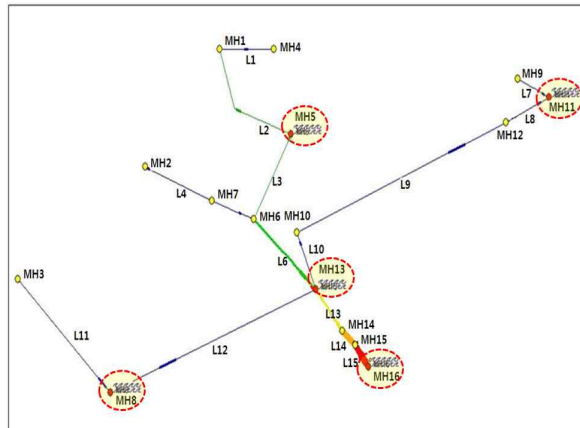


Fig. 7. Result of Simulation for Flooded Area

침수지역과 모의 결과 나타난 침수지역이 대체로 일치하는 것을 확인하였다.

3.2 빗물저류조 분산배치에 따른 침투유출 저감 효과 분석 결과

2000년 실강우를 대상으로 여러 가지의 빗물저류조 설치 대안에 따른 침투유출 저감 효과를 분석한 결과는 Fig. 9와 같다. 빗물저류조를 설치한 모든 경우에서 침수는 일어나지 않았으나, 각 Case 별로 침투유출량이 차이가 났다. 유역의 하류에 3,000 m³ 짜리 빗물저류조 1개를 설치할 경우 유역말단에서의 침투유출량이 1.42 m³/s로 기존의 배수시스템의 침투유출량 1.68 m³/s 보다 0.26 m³/s (약 15.5%)가 저감되었다 (Fig. 10). 500 m³ 짜리 빗물저류조 6개를 나누어 설치하였을 경우에는 3,000 m³ 짜리 1개 설치



Fig. 8. Real Flooded Area Location

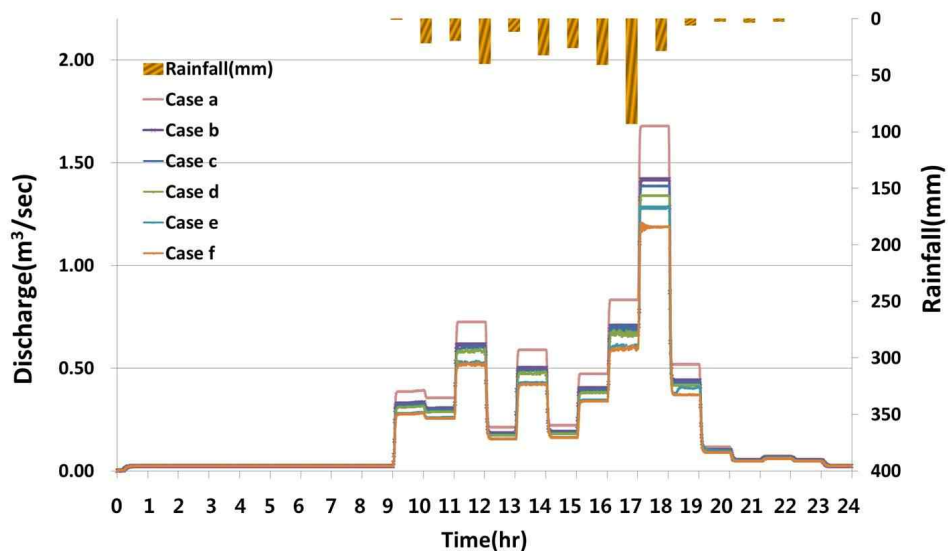


Fig. 9. Discharge at Outfall with Different Number of RT Under the Same Total Volume

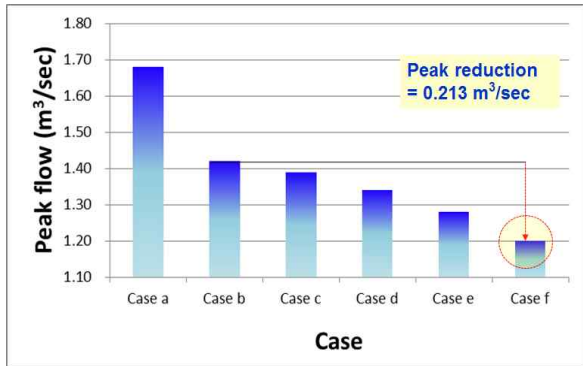


Fig. 10. Effect of Number of Tanks on Peak Flow Rate (total tank Vol.=3,000 m³)

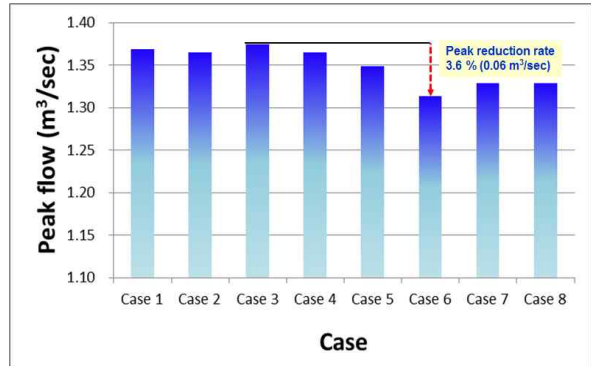


Fig. 11. The Effect of Location of RT on Peak Flow Rate

Table 4. Simulation results of Case a~f

Case	Peak flow (m ³ /sec)	Peak flow time	Peak reduction rate compare to Case a (%)	Flooding
Case a	1.68	17 hr 8 min	0	No flooding
Case b	1.42	17 hr 7 min	15.5	
Case c	1.39	17 hr 9 min	17.3	
Case d	1.34	17 hr 8 min	20.2	
Case e	1.28	17 hr 4 min	23.8	
Case f	1.20	17 hr 9 min	28.6	

시보다 0.213 m³/s 더 저감 되었다. 이것은 빗물저류조가 설치되지 않은 경우보다 0.48 m³/s이 저감된 것으로 약 28.6%의 침투유출 저감 효과가 있었다 (Table 4).

따라서 빗물저류조를 설치하면 침투유출량을 줄일 수 있으며, 여러 개의 빗물저류조를 분산 배치하면 침투유출량을 더 줄일 수 있다는 경향을 확인 할 수 있었다. 기존의 도심지역에서 작은 저류조를 설치할 부지나 장소를 만드는 것은 큰 저류조를 설치할 장소를 만드는 것보다 비용과 효용성 면에서 훨씬 더 현실적이다. 빗물저류조의 분산배치는 보다 더 효과적으로 치수안전도를 향상시킬 수 있다.

3.3 빗물저류조의 조합 배치에 따른 침투유출 저감 효과 결과

빗물저류조의 총용량을 3,000 m³로 하고, 개수는 3개로 제한되고, 상류, 중류, 하류에 각각 다른 시나리오로 배치한 경우의 수는 Table 3 과 같다. 빗물저류조를 설치한 모든 Case에서 침수피해는 없었으나, 각각의 Case에서 침투유출량이 차이가 났다. 모의를 통해 도출된 침투유출량 값의 비교는 Fig 11과 같다. 단순히 상류, 중류, 하류로 나

누었을 때 M마을의 경우 중류지역에 1,000 m³을 3개 설치하였을 때 침투유출 저감 효과가 가장 컸으며, 이는 상류, 중류, 하류에 1,000 m³씩 골고루 배치하는 것과 그 효과가 유사하였다. 특히 빗물저류조 용량 분배에 있어서 각 지역에 가중치를 둔 case 5, 6, 7, 8의 경우 저감효과가 컸다. case 6인 상류중심 중류형의 경우 하류에만 빗물저류시설을 설치한 case 3의 경우와 비교하여 3.6%가 저감되었으며, 기존의 시스템과 비교하면 21.9%의 침투유출 저감 효과가 있었다. M마을의 경우는 상류중심 중류형으로 빗물저류조를 적용하였을 때 침수안전도 향상에 가장 큰 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 즉 빗물저류시설의 설치 위치의 변화는 유역 하부의 유출량에 영향을 미치며 유역의 특징을 고려하여 빗물저류조 용량 분배에 가중을 두어 적용한 경우에 침투유출 저감 효과를 더 높일 수 있음을 알 수 있다 (Table 5).

4. 결론 및 토의

본 연구는 분산형 빗물저류조의 설치 시 개소수와 배치 유형이 유역 하류의 침투유출량에 미치는 영향을 분석하

Table 5. Simulation Results of Case 1~8

	Peak flow (m ³ /sec)	Peak flow time	Peak reduction rate compare to Case a(%)	Flooding
Case 1	1.369	17 hr 9 min	18.5	No flooding
Case 2	1.365	17 hr 8 min	18.8	
Case 3	1.374	17 hr 6 min	18.3	
Case 4	1.365	17 hr 7 min	18.8	
Case 5	1.349	17 hr 8 min	19.7	
Case 6	1.313	17 hr 7 min	21.9	
Case 7	1.329	17 hr 8 min	20.9	
Case 8	1.329	17 hr 8 min	20.9	

었다. 수원시 M 마을을 대상으로 2000년 7월 실강우를 적용한 유출모의와 침수 피해 자료를 이용한 보정 후, 분산형 빗물저류조의 설치효과를 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 3,000 m³용량의 빗물저류조 1개를 설치하였을 때는 기존 시스템에 비해 침투유출량이 15.5% 감소되고, 가장 저감효과가 큰 것은 500 m³ 용량의 빗물저류조 6개를 설치한 경우로서 기존시스템 대비 28% 침투 유출이 저감되었다. 같은 용량의 빗물저류조 설치 시에도 개수가 증가할수록 침투유출 저감효과가 큰 것으로 나타났다.
- 2) 빗물저류조의 배치유형에 따라 침투유출량에 영향을 미치며 가장 효과가 큰 것은 상류중심 증류형으로서 기존의 시스템 대비 약 22%의 침투유출이 저감되었다. 이러한 결과를 통해 같은 용량과 개수의 빗물저류조 설치 시에도 시설 용량의 분배 및 설치 위치의 최적화를 통해 효과를 높일 수 있음을 알 수 있다.

도시의 개발과 기후변화에 따라 기존의 하수도 시스템의 용량이 부족하면 침수 피해가 예상되는데, 강우 패턴의 불확실성으로 인하여 도시 전역이 침수의 위험에 처해 있는 셈이다. 복잡한 도심에서 도시 전체의 하수도를 증설하는 것은 비용과 시간 면에서 현실적으로 불가능하고, 대규모 저류지를 설치하는 방안은 비용이나 설치 장소의 면에서 비현실적이다. 그에 대한 대안으로 소규모의 빗물저류조를 유역 전체에 설치하는 분산형의 빗물관리는 기존의 하수관거의 증설이 없이도 적은 비용으로 설계빈도를 높일 수 있는 현실적인 방법이다. 작은 유역면적에서 모은 빗물은 약간의 처리를 거쳐 생활용수나 조경용수로 사용하는 이수과 치수를 고려한 다목적의 빗물관리가 가능하다. 본 연구에서 얻어진 방법과 결과는 더욱 안전하

고 지속가능한 도심지내의 침수방지 시설을 설계하고, 그 효과를 예측하는데 사용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 SIR BK21 (안전하고 지속가능한 사회기반건설)사업단과 서울대학교 건설환경종합연구소의 연구 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

국토해양부 (2008). 도시유역 유출 수질 해석 모형의 실무 적용 가이드라인 : FFC-G2.

국토해양부 (2009). 행정중심복합도시 빗물관리 계획수립 연구.

김미경, 이경환, 방기성, 박주석 (2007). “제주도의 자연재해 경감을 위한 분산형 빗물관리 방안.” **빗물학회지**, 한국빗물학회, 제1권, 제1호, pp. 57-63.

김지태, 권욱, 김영복, 김수전 (2006). “도시유역의 분담저류 방식에 따른 유출저감특성 분석.” **한국수자원학회는 논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제11호, pp. 915-922.

김현수 (2003). 인천 침수피해지역의 우수유출저감시설 설치효과, 석사학위논문, 인천대학교.

문창건, 박종영, 이정식 (2009). “중소규모 자연하천 유역에서 홍수범람기법의 비교.” **한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집**, 한국수자원학회, pp. 1476-1481.

유창열, 임수미 (2009). “도시지역 유출해석 및 우수저류시설 설계 : 구례군 설계사례를 중심으로.” **한국방재학회지**, 한국방재학회, pp. 49-53.

이재준, 김호년 (2008). “도시유역 저류지 위치에 따른 우수

유출저감효과 분석.” **대한토목학회지**, 대한토목학회, 제28권, 제5B호, pp. 525-546.

이종형, 연기석 (2008). “XP-SWMM 모형을 적용한 도시 지역의 침수해석.” **한국방재학회논문집**, 한국방재학회, 제8권, 제5호, pp. 151-161.

서울시 (2010). “침수피해 중소상공인에게 100억 원 저리 대출.” 2010년 9월 23일, 서울시 경제진흥본부 보도자료.

소방방재청 (2009). 우수유출저감시설 설치사업 설명자료

수원시 (2009a). 먼내배수펌프장 설명자료

수원시 (2009b). 수원시 물순환 관리에 관한 조례

수원시 (2009c). 자연재난으로 인한 최근 4년간 피해현황 자료

현경학, 안성식, 최정주, 정경영, 김성용, 박종배 (2006). “공동주택단지 분산식 빗물관리시설의 적용 효과.” **주택도시**, 주택도시연구원, 제90권, 제9호, pp. 156-163.

Pomeroy, C. A., Postel, N. A., O'Neill, P. A., and Roesner,

L. A. (2008). “Development of Storm-Water Management Design Criteria to Maintain Geomorphic Stability in Kansas City Metropolitan Area Streams.” *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, EWRI, Volume 134, Issue 5, pp. 562-566.

Luk, G.K. (1999). “Evaluation of Dual-purpose Detention Pond Designs with the Stormwater Management Model (SWMM)”, *Canadian Water Resources Journal*, CWRA, Vol. 24, Issue 4, pp. 331-342.

Huber, W.C., and Dickinson, R.E. (1988). Stormwater Management Model, Version IV: User's Manual. US EPA, Georgia.

논문번호: 11-080	접수: 2011.07.21
수정일자: 2011.11.07/11.16	심사완료: 2011.11.16