모의실험에 의한 청주S(3)택지개발지구 원흥이생태공원일대 우수저류시설의 빗물저류효과 분석 연구

A Study on the Analysis of the Water Quantity of the Rainwater Detention System based on the Planning Simulation in the Wonheungs' ecological park

김 기 수* 이 태 구** 황 희 연***
Kim, Gi-Soo Lee, Tae-Gu Hwang, Hee-Yeun

Abstract

The purpose of this research is to analyze the water quantity of the rainwater detention system based on the Planning Simulation in Residential Areas. The contents of this research consists of two main parts. The first part is to calculate the supply water quantity of the rainwater detention system and the demand water quantity of the Wonheungs' ecological park. The second part is to analyze the difference between demand and supply of water quantity, based on the Planning Simulation, in the rainwater detention system. This research will contribute to the establishment of the environment-friendly site planning methods which increase the quality of residential environment in apartment housing.

키워드 : 빗물관리시스템, 저류량, 생태공원, 모의실험
Keywords : rainwater management system, detention, ecological park, planning simulation

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 주거의 양적 공급이 확보됨에 따라 질적 요구가 증대되고 있으며, 그동안 제기되었던 택지와 단지개발에서 지속가능한 개발의 다양한 이론적 연구가 점차 현장기술로 적용되고 있다. 특히, 생태환경조성에 수자원의 중요성이 부각됨에 따라, 최근 우수를 활용한 생태환경조성기술에 많은 관심과 현장적용의 다양한 시도가 진행되고 있다. 그러나 현재 적용되고 있는 우수활용기술이 더욱 실질적이고 효과적으로 활용되기 위해서는, 현재 초보적 기술의 단순적용을 벗어나, 적용된 기술의 현장분석과 평가를 통한 검증된 기술의 보완작업이 필요하다고 판단된다. 특히, 단지 및 택지규모에서의 우수활용기술은 주변지역의 토지이용과 연계되어 운영되므로 그 검증작업도 실제 개발지를 대상으로 우수활용기술과 주변토지이용과의 관계분석을 통하여 빗물확보수량의 산정과 활용효과에 대한 연구가 필요하다고 본다.

이러한 문제의식 하에, 본 연구는 청주S(3)택지개발지구내 원흥이생태연못의 수량공급을 위해, 인근 법원 및 검찰청사에 설치된 우수활용기술을 대상으로, 기후조건에 따른 계절별 빗물저류량을 산정하고, 원흥이생태공원의 수량공급효과 및 우수배수량의 저감효과를 비롯하여 빗물저류 및 활용에 대한 계량화 된 효과분석을 실시하고져 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 실제 현장에 설치된 우수저류시설의 빗물저류량 산정과 빗물활용의 효과분석을 목표로 한다. 따라서 공간적범위는 청주S(3)택지개발지구내 원흥이생태공원일대와 빗물수량 확보를 위해 우수저류시설이 설치된 법원과 검찰청부지로 한정 하였다. 시간적 범위는 계절별 빗물저류량 산정과 우수활용효과를 분석하기 위해 한해동안의 청주기상대의 강우데이터(1971-2000년의 월평년값)에 근거하여 우수량을 산정하였다. 내용적 범위는 먼저 생태공원일대의 우수저류시설의 설치현황과 빗물저류수량의 산정을 실시하고, 이를 근거로 우수저류시설의 빗물활용효과를 분석하고져 한다.

본 연구에서 원흥이생태공원일대 토지이용현황과, 법원 및 검찰청내 우수저류시설의 설치현황은 택지개발보고서

* 주저자 · 교신저자, 충주대학교 건축학과 조교수, 공학박사
(gskim@chungju.ac.kr)
** 세명대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
*** 충북대학교 도시공학과 교수, 공학박사
본 연구는 건설교통부의 생태도시 · 단지조성을 위한 핵심요소기술 개발 및 적용방안 연구(' 05-'08)의 일부임(05지역특성B03).

및 도면분석과 현지답사를 통한 관찰과 시공담당자와의 면담조사를 통하여 진행하였으며, 우수량산정과 활용효과 분석은 문헌연구를 통해 유출계수를 설정하고, 청주지역 강우특성을 반영한 모의실험을 실시하여 우수시 빗물의 흐름과 수량변화를 시뮬레이션하여 도출하였다.

2. 청주S(3)택지개발지구 원흥이생태공원일대 우수저류시설

2.1 청주S(3)택지개발지구

청주S(3)택지개발지구는 중심부의 일반상업용지를 중심으로 저밀도의 단독주택지가 계획되어 있으며, 북측은 법원 및 검찰청이 위치하고 그 전면부에 원흥이방죽과 생태연못이 입지하고 있다. 지구의 외곽부에는 공동주택용지가 배치되어 고층의 아파트가 입지하고 있으며, 주변에 자연공원이 위요되어 있다.[1)]

표 1. 청주S(3)택지개발지구 토지이용계획

구 분		면적(㎡)	구성비(%)
주택건설용지	단독주택	155,255	14.1
	공동주택	293,798	26.7
	근린생활시설	44,032	4
공공시설용지	도로 및 주차장	243,406	22.1
	공원 및 녹지	171,066	15.6
	학교	56,796	5.2
	업무및교육연구시설	80.919	7.4
	상업시설	14.571	1.3
	기타	39,261	3.6
계		1,099,104	100

구룡산에서 발원한 수계가 대상지내 방죽으로 유입되며 방죽에서 지구 내 하천으로 유입되고 있다. 개발 전과 비교하여 개발 후 비교적 직강화된 하천으로 인해 집중강우 시 유출속도가 증가할 것으로 예상되며, 개발 후 증가하는 불투수면적으로 인해 하천으로의 유입시간이 짧아질 것으로 예상된다. 하절기를 제외하면 하천의 수량은 많지 않은 편이며, 개발 이후 방죽 및 생태통로, 대체습지 등 유지수량을 확보하는 방안이 요구된다. 사업지구 내 표고분석 결과, 표고 75m 이하면적이 약 50%를 차지하며, 사업지구 남쪽으로 경사 20-25%인 지세를 형성하고 있다. 사업지구내 약 40%가 경사도 5% 미만의 경사를 갖으나 사업경계지역에 많은 절토면이 만들어지고 있다.

1) 한국토지공사, 청주산남3지구택지개발사업기본계획및실시설계보고서, 2003.11, p13참조

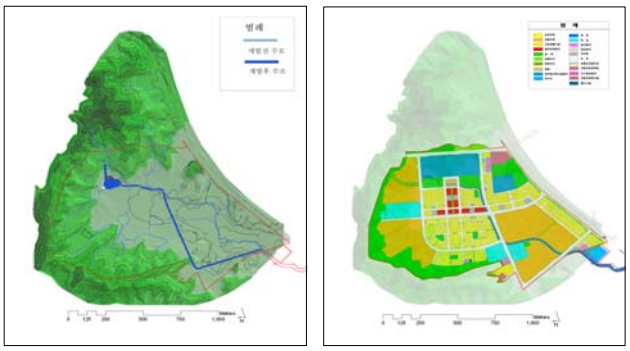

그림 1. 수계 및 토지이용계획

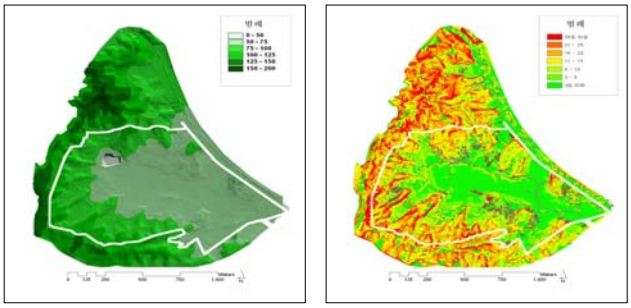

그림 2. 표고 및 경사분석

2.2 원흥이생태공원

2003년 3월 택지개발예정지구로 지정된 청주S(3)지구에서 원흥이 방죽을 중심으로, 이 일대가 두꺼비의 집단산란지임이 밝혀지면서 이를 보전하기 위한 다양한 노력이 시도되었다. 그 결과 두꺼비뿐만 아니라 원흥이 방죽 일대를 서식지로 살아가는 다양한 생물들이 개발 후에도 살아갈 수 있는 원흥이생태공원을 조성하게 되었다. 그러나 개발이후 대상지 전체의 지하수위 저하나 빗물의 관거처리에 의해 지표수의 유입이 어려울 것으로 예상되어 원흥이생태공원의 생태성을 유지하기 어렵고, 방죽의 수원확보나 수로의 수량을 유지하기 어려울 것으로 판단되었다. 따라서 택지개발로 인한 수문변화를 예측하고 택지개발사업 이후에도 기존의 방죽이 최대한 원래의 형태와 기능을 유지할 수 있도록 방죽의 수량 확보를 위한 방안 모색이 요구되고 있다.

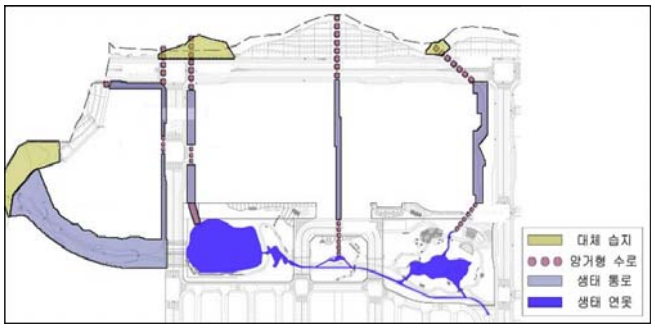

그림 3. 대상지내 생태연못 및 대체습지 계획도

방죽을 중심으로 생태공원 조성과 함께, 방죽의 수원확보를 위해 사업지구 북쪽과 서쪽에 대체습지를 총 3개소 조성하였다. 방죽 및 생태연못, 그 외 습지에서 담수하고자 하는 총량은 약 13,000 톤이다. 이 중 대체습지 3곳을 제외한 방죽과 생태연못의 수량은 약 11,000 톤 정도이다. 또한 대체습지에서 방죽으로 연결되는 주 생태통로는 개방형으로 조성되어 원래 방죽에 살고 있는 두꺼비의 이동통로로 계획되어 있다.[2)]

표 2. 원흥이생태공원 담수량 계획

구 분	최저수심 (m)	수면면적 (㎡)	담수량 (㎥)	수변연장 (m)	폭 원 (m)
원흥이방죽	2	5,066	9,316	277	-
생태연못(법원앞)	2	1,653	1,810	210	-
대체습지(A)	2	1,175	1,632	185	-
대체습지(B)	1.5	944	895	183	-
대체습지(C)	1.3	102	62	41	-
소 계			13,715		

2.3 우수저류시설

원흥이생태공원에 공급할 수량확보를 위해 생태공원일대의 건축물에 우수저류시설을 설치하였다. 빗물저류조는 강우 시 건축물에서 유출된 빗물을 집수하여 저류하거나, 녹지면이나 보도, 광장 등 유출수의 오염도가 적은 지역에서도 전처리 후 집수가 가능하다. 저류조에 집수된 빗물은 갈수기에 방죽으로 배수되도록 설계되었으며, 빗물저류조의 단위용량은 30ton과 50ton으로 하였다. 형태는 누운 원기둥형으로써 지름 2.2m, 길이가 각각 8m, 13m이다. 폴리에틸렌(PE) 재질로서 저류된 빗물의 수질변화에 비교적 안정적이다.

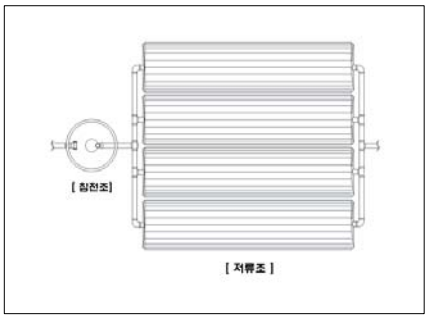

그림 4. 빗물저류조

빗물저류조의 설치장소는 검찰청과 법원건물 지하이며, 방죽의 윗부분에 설치함으로써 경사에 의해 저류된 빗물이 자유낙하 하도록 계획하였다. 시설용량은 법원, 검찰청 550톤이며, 설치하는 지역의 지상부 토지이용현황을 고려하여, 지하부에 비교적 넓은 면적이 확보되는 곳은 병렬형으로 배치하며, 지상부가 좁고 긴 형태인 곳은 직렬형으로 배치하였다.[3)]

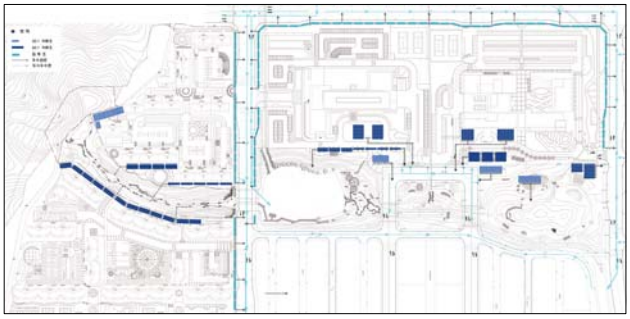

그림 5. 청주 S지구 빗물침투・저류시스템 계획도

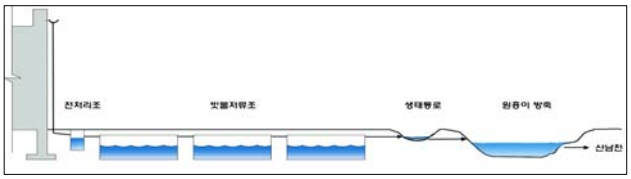

그림 6. 저류조 설치개념도(법원, 검찰청)

3. 모의실험에 의한 원흥이생태공원일대 우수저류시설의 빗물저류량 산정

3.1 청주지역 강수량과 증발량의 기후특성

모의실험에 의한 우수저류시설의 빗물저류량을 산정하기 위해서는, 먼저 해당지역의 강수량과 증발량의 파악이 선행되어야 하고, 특히 계절별 변화특성의 파악이 필요하다. 원흥이생태공원이 위치한 청주지역의 강수량과 증발량의 기후특성을 살펴보면 강수량은 6-8월 사이에 집중되어 있으며, 특히 7-8월에 최고치를 형성하고 있다, 반면, 증발량은 강수량에 비하여 연중에 고루 분포하여 발생되는 것으로 나타났다.

표 3. 청주지역 강수량과 증발량의 월평년값

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.증발량 (mm)	33.7	43.7	77.5	117.4	143.2	141.1	129.9	131.8	101.7	78.5	44.4	33.9
2.강수량 (mm)	26.6	28.2	51.1	76.6	87.7	154.2	265.3	271.4	133.2	53.3	50.9	26.6

<자료 : 청주기상대 (http://cheongju.kma.go.kr), 기후자료 월평년값>

강수량과 증발량의 기후특성에 의하면 청주지역은 1-5월과 10-12월은 증발량에 의한 수량감소가 강수량에 의한 수량증가보다 많은 것으로 나타나고, 6-9월은 강수량이 증발량보다 훨씬 많은 것으로 나타나 평소에는 물부

2) 한국토지공사, 청주산남(3)지구 원흥이방죽 수량확보방안, 2006. 5, pp72-73참조

3) 한국토지공사, 청주산남(3)지구 원흥이방죽 수량확보방안, 2006. 5, pp67-68참조, 계획시 공동주택과 공원지역에도 설치할 예정이었으나, 1차적으로 법원·검찰청내에 550톤용량의 시설만 우선 설치하였음.

족현상이 발생하고, 7-8월에는 집중강우로 인한 홍수발생이 예상된다. 따라서 계절별 강수량과 증발량의 차이에 따른 수량변화의 폭이 큰 기후특성을 볼 수 있다.

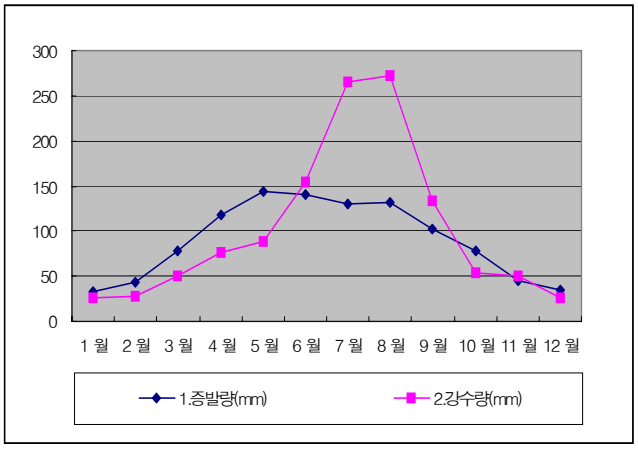

그림 7. 청주지역 강수량과 증발량의 월평년값

3.2 우수저류시설 빗물저류수량 산정

원흥이생태공원에 공급할 수량확보를 위해 설치된 법원과 검찰청 내에 우수저류시설을 대상으로, 우수저류시설의 빗물저류효과를 분석하기 위해, 법원과 검찰청내의 전체우수유출량과 수질오염이 적어 정화과정 없이 빗물저류가 가능한 수량을 산정하고져 한다. 원흥이생태공원일대의 토지이용현황은 법원과 검찰청인 공용의 청사와 공동주택, 공원으로 구성되어 있다.

표 4. 주변지역의 토지이용현황

구 분	법원	검찰청	공동주택 A	공동주택 B	공원
대지면적(㎡)	30365	30107	23872	50512	31374
건축면적(㎡)	5020	4052	5096	9565	-

1) 법원과 검찰청내 전체우수유출량

법원과 검찰청내 전체우수유출량의 산정방법은 법원과 검찰청의 전체대지면적에 강우된 강수량을 우선 산정하고, 이를 다시 공용의 청사의 건축공종에 일반적으로 사용하는 유출계수를 적용하여 최종 전체우수유출량을 산정할 수 있다.

표 5. 건축공종별 유출계수의 평균값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
단독주택	0.80	어린이 공원	0.45
공동주택	0.65	근린공원	0.30
근린생활시설	0.80	학교	0.40
상업용지	0.80	공용의 청사	0.75
도로	0.85	종교용지	0.75

<자료 : 한국토지공사, 단지조성공사 설계 및 적산기준, 2002.1>

· 법원, 검찰청의 전체우수유출량 산정식
= (법원,검찰청)의 대지면적 * 강수량 * 유출계수(0.75)

상기의 산정식에 법원대지면적 30,365㎡, 검찰청대지면적 30,107㎡과 청주지역강수량의 월평년값을 그리고 공용의 청사에 일반적으로 사용하는 유출계수 0.75를 적용하면 다음과 같은 법원과 검찰청의 월별 전체우수유출량을 도출할 수 있다.

표 6. 법원과 검찰청의 전체우수유출량

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전체 우수유출량 (ton)	1,206	1,279	2,317	3,474	3,977	6,993	12,032	12,309	6,041	2,417	2,308	1,206

2) 법원과 검찰청내 빗물저류수량

빗물저류수량은 전체우수량 중 수질오염이 적어 정화과정없이 직접저류가 가능한 법원과 검찰청내 지붕면적에 강우된 우수량으로 한정하고져 한다. 이들 수량의 산정방법은 법원과 검찰청의 지붕면적에 강우된 강수량을 우선 산정하고, 이를 다시 토지용도별로 일반적으로 사용하는 기초유출계수의 표준값을 적용하여 산정할 수 있다.

표 7. 토지이용도별 기초유출계수의 표준값

표면형태	유출계수	표면형태	유출계수
지붕	0.85-0.95	공지	0.10-0.30
도로	0.80-0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05-0.25
기타불투수면	0.75-0.85	경사가 완만한 산지	0.20-0.40
수면	1.00	경사가 급한 산지	0.40-0.60

<자료 : 하수도시설기준, 환경부 · 한국수도학회, 1998.2의 p1-25 참조>

· 빗물저류수량 산정식
= (법원,검찰청)의 지붕면적 * 강수량 * 유출계수

상기의 산정식에 법원지붕면적 5,020㎡, 검찰청지붕면적 4,052㎡과 청주지역강수량의 월평년값을 그리고 지붕부위에 일반적으로 사용하는 유출계수 0.85를 적용하면 다음과 같은 법원과 검찰청의 빗물저류량을 도출할 수 있다.

표 8. 법원과 검찰청의 빗물저류량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
빗물저류량 (ton)	205	217	394	590	676	1,189	2,045	2,092	1,027	411	392	205

3.3 원흥이생태공원의 소요수량 산정

원흥이생태공원은 원흥이방죽과 생태연못으로 구성되어 있으며, 구룡산으로부터 수원이 공급되어 원흥이생태공원을 거쳐 방류되도록 구성되어 있다. 원흥이생태공원은 평소에는 일정수심을 확보하여 수량을 저장하고 있다가 상류에서 수량이 공급되어 초과분이 생기면 하류로 내보게 되어 있어, 생태공원을 유지하기 위해 부족한 필요수량의 대부분은 고여 있는 물의 증발량에서 발생하는 감소된 수량으로 판단된다. 따라서 원흥이생태공원의 소요수량은 원흥이방죽과 생태연못의 수면면적에서 발생한 실제증발량, 즉 해당수면면적의 증발량에서 강수량을 제외한 수량으로 산정으로 할 수 있다.

· 원흥이생태공원 소요수량 산정식
= 원흥이방죽과 생태연못 수면면적 * (증발량-강수량)

상기의 산정식에 원흥이방죽수면면적 5,066㎡, 생태공원 수면면적 1,653㎡과[4] 청주지역 증발량과 강수량의 월평년값을 적용하면 다음과 같은 원흥이생태공원을 유지하기 위한 소요수량을 도출할 수 있다.

표 9. 원흥이생태공원의 소요수량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
소요수량 (ton)	48	104	177	274	373	-88	-909.8	-938	-212	169	-44	49

4. 원흥이생태공원일대 우수저류시설의 빗물저류효과 분석

4.1 원흥이생태공원의 소요수량 공급효과

법원과 검찰청 내에 설치된 우수저류시설의 빗물저류량을 활용하여 원흥이생태공원에 필요한 소요수량의 공급효과를 분석하면, 생태공원의 소요수량이 5월에 373톤의 소요수량이 최고인 반면 우수저류시설은 평균 427톤의 빗물저류수량을 공급할 수 100% 소요수량에 대한 공급효과를 보이고 있다.

표 10. 원흥이생태공원의 소요수량 공급효과

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
소요수량 (ton)	48	104	177	274	373	-88	-910	-938	-212	169	-44	49	-83
공급수량 (ton)	205	217	394	550	550	550	550	550	550	411	393	205	427

4) 원흥이생태공원의 수면면적은 "청주산남(3)지구 원흥이방죽 수량확보 방안연구, 이태구, 2006.5"의 p60을 참조함.

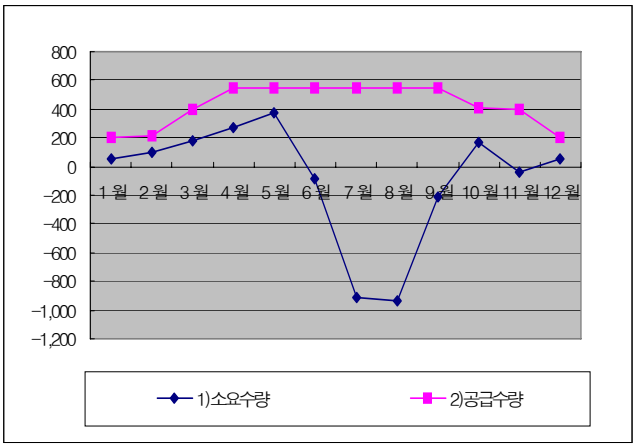

그림 8. 원흥이생태공원의 소요수량 공급효과

원흥이생태공원에 필요한 소요수량은 5월과 10월이 가장 높은 반면, 장마기간인 6-9월은 소요수량이 거의 없는 것으로 나타나 우수저류시설이 수량공급보다는 빗물저류에 의한 홍수방지의 기능을 수행할 것으로 예측된다.

4.2 법원과 검찰청의 우수배출수량 저감효과

법원과 검찰청내에 설치된 우수저류시설은 빗물저류량을 활용하여, 원흥이생태공원을 유지하기 위한 소요수량을 공급하면서도, 동시에 호우시에 우수배출수량을 저감시키는 기능을 수행할 수 있다. 우수저류시설이 수행할 수 있는 우수배출수량 저감효과를 분석하면, 법원과 검찰청내 전체우수배출량이 평균 4,630톤이고 우수저류시설의 빗물저류량이 평균 427톤으로 나타나 우수저감효과는 낮은 것으로 나타났다.

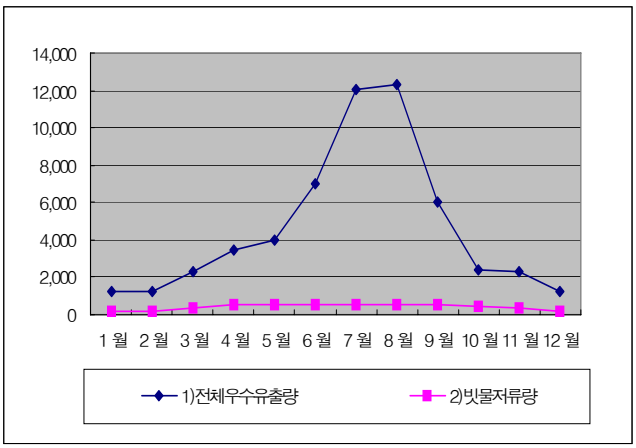

그림 9. 법원과 검찰청의 빗물배출수량 저감효과

빗물저류가 가능한 수량확보가 법원과 검찰청의 지붕면적의 활용에 국한되므로, 전체우수유출량 중 최고 17%의 수량만을 빗물저류할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 강수량이 적은 1-3월, 10-12월은 저류가능수량 중 모든 수량을 저류하여 17%의 저감효과를 가지고 있으며, 강수량이 많은 6-9월 동안은 550톤의 빗물저류수량으로는

4-9%의 낮은 저감효과를 보이는 것으로 나타났다.

표 11. 법원과 검찰청의 빗물배출수량 저감효과

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
전체우수유출량 (ton)	1,206	1,279	2,318	3,474	3,978	6,994	12,032	12,309	6,041	2,417	2,309	1,206	4,630
빗물저류량 (ton)	205	217	394	550	550	550	550	550	550	411	393	205	427
저감효과 (%)	17	17	17	16	14	8	5	4	9	17	17	17	13

4.3 우수저류시설의 시설용량 활용효과

법원과 검찰청 내에 설치된 우수저류시설의 시설용량에 대한 활용효과를 분석하면, 1년중 4-9월의 6개월동안은 550톤 규모의 시설용량을 100% 활용하여 저류하는 것으로 나타났으며, 12월, 1월, 2월에는 저류수량이 가장 낮아 활용효과가 낮게 나타났다.

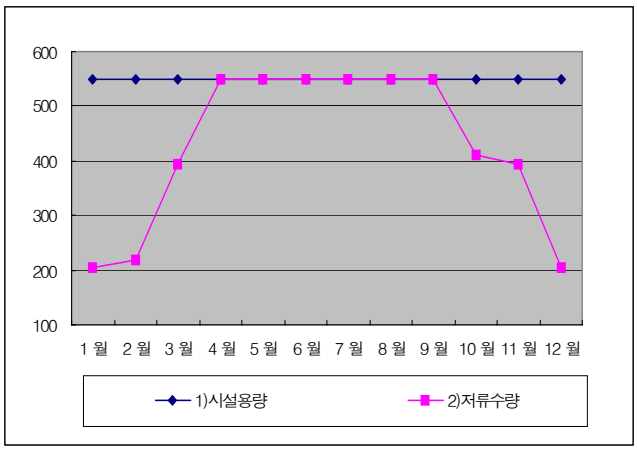

그림 10. 우수저류시설의 저류용량 활용효과

우수저류시설의 시설용량 550톤중 월평균 427톤의 수량을 저류하고, 전체시설용량중 평균 78%의 시설용량을 활용하는 것으로 나타났으며, 4-9월은 100% 시설을 활용하고, 12월과 1월은 37%정도로 낮게 활용되는 것으로 나타났다.

표 12. 우수저류시설의 저류용량 활용효과

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
시설용량 (ton)	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
저류수량 (ton)	205	217	394	550	550	550	550	550	550	411	393	205	427
활용효과 (%)	37	40	72	100	100	100	100	100	100	75	71	37	78

5. 결 론

본 연구는 생태환경조성을 위해 도입된 우수활용기술의 실효성 제고를 위해, 현재 실제 대상지에 적용중인 우수활용기술을 대상으로 빗물활용의 효과분석과 평가작업의 필요성에서 출발하였다.

실제대상지인 청주S(3)택지개발지구 원흥이생태공원일대의 우수저류시설을 대상으로, 기후조건에 따른 계절별 빗물저류량의 변화를 산정하고, 우수활용효과를 분석하였다. 법원과 검찰청에 설치된 우수저류시설의 원흥이생태공원 소요수량의 공급효과를 분석한 결과, 생태공원의 소요수량이 5월에 373톤으로 최고인 반면 우수저류시설은 평균 427톤으로 100%의 소요수량 공급효과를 보이고 있다. 법원과 검찰청내 우수저류시설의 우수배출수량 저감효과를 분석한 결과, 전체우수배출량이 평균 4,630톤이고 우수저류시설의 빗물저류량이 평균 427톤으로 나타나 우수저감효과는 낮은 것으로 나타났다. 강수량이 적은 1-3월, 10-12월은 17%의 저감효과를 가지고 있으며, 강수량이 많은 6-9월 동안은 4-9%의 낮은 저감효과를 보이는 것으로 나타났다. 우수저류시설의 시설용량에 대한 활용효과를 분석하면, 1년중 4-9월의 6개월동안은 시설용량을 100% 활용하고, 평균적으로 전체시설용량중 78%의 용량을 활용하는 것으로 나타났다. 4-9월은 100% 시설을 활용하고, 12월과 1월은 37%정도로 낮게 활용되는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과, 현재 원흥이생태공원에 적용중인 우수저류시설은 빗물저류량을 활용하여 각 시설별 소요수량에 적절히 공급 활용되고 있으며, 또한 호우시 전체우수배출수량을 저감시켜 홍수방지 효과를 동시에 수행하고 있다. 그러나 우수저류시설이 더욱 효율적으로 활용되기 위해서는 빗물저류용량의 적정규모산정이 가장 중요하며, 이는 모의실험과 함께 실제 시공된 우수저류시설의 모니터링을 통한 보완작업이 요구되고, 다른 한편 현장여건별 다양한 우수저류기술의 개발과 적용이 요구된다.

참고문헌

1. 대한주택공사 주택도시연구원, 공동주택단지 우수관리 기반시스템 적용방안, 2006. 1
2. 대한주택공사 주택도시연구원, 생태환경조성을 위한 오수고도처리 활용방안 연구, 2003. 12
3. 충북대학교 건설기술연구소, 청주산남3지구 두꺼비 생태공원 기본 및 세부계획수립, 2006.8
4. 한국토지공사, 청주산남3지구택지개발사업 기본계획 및 실시설계보고서, 2003.11
5. 한국토지공사, 청주산남3지구 원흥이방죽 수질정화 방안연구, 2006.5
6. 한국토지공사, 청주산남3지구 원흥이방죽 수량확보방안 연구, 2006.5
7. 이태구 · 한영해 · 황희연 · 김기수, 빗물침투 · 저류시스템을 이용한 도시지역 수공간에서의 수량확보방안 연구, 2006. 10
8. 한국건설기술연구원, 우수저류 및 활용시스템 적용, 2004