

선형침투시스템의 공동주택 외부공간 적용 방안 연구

A case study about exterior space design of apartments using Linear infiltration system

문수영* 김현수** 장대희*** 이건호*
 Moon Soo-young Kim Hyeon-soo Jang Dae-hee Lee Keon-ho

Abstract

As environmental problems and water-shortage phenomenon become a global issue, many states look for the effective method to use water resources. So, decentralized rainwater management is recognized as a new water management system that rainwater can be infiltrated and used on-site. But it is little difficult to build a park, lake, and forest for evaporating rainwater in city because the land price of city is very high. In order to build an excellent infiltration system for a dwelling and a park in Korea, KICT has developed Linear infiltration system. This infiltration system is consist of first flush treatment, storage and infiltration, overflow control system. These elements are connected closely and working as a combined system. A storm sewer can be changed by the linear infiltration system. This study is to show real application idea about Linear infiltration system with improving some detail in apartments. For this purpose, we devide application idea into the artificial ground and the natural ground and each ground type, suggest a method to cooperate with the other landscape and linear infiltration system. Through this study, we came to recognize a recognition difference of an expert and a commoner about decentralized rainwater management.

키워드 : 분산식 빗물관리, 선형침투시스템, 우수침투시설 지침

Keywords : Decentralized rainwater management, Linear infiltration system, Guidelines for rainwater management

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목표¹⁾

도시발달과 인구증가로 환경문제와 물 부족현상이 세계적인 이슈가 되면서 많은 국가가 수자원을 효율적으로 이용하기 위한 방법들을 모색하고 있다. 도시과밀과 과도한 토양포장으로 빗물이 지반으로 침투하는 양이 감소함에 따라 지반침하와 도시홍수 같은 피해는 이미 세계 도처에서 나타나고 있다. 하지만 왜곡된 물순환의 정상화를 위해 도심지 내 대규모 녹지 공간을 조성하기엔 비용과 장소 확보 등 현실적으로 어려운 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 다양한 연구가 각 분야에서 이루어지고 있고, 최근에는 분산식 빗물관리 시스템이 이의 대안 중 하나로 연구되고 있다. 본 연구에서는 기존의 우수관거를 대체하여 우수를 땅속으로 침투시키고 더불어 초기우수의 오염물질을 정화시키는 기능의 선형침투시스템²⁾을 개

발하였다. 선형침투시스템은 도로, 공동주택, 공원 및 주차장 등에 기존의 우수관거 시설을 대체하여 적용 가능하고, 생태면적률³⁾ 시행에 따른 “우수저류 및 침투면”에 대응할 수 있는 침투시설 중 하나이다.

본 연구는 선형침투시스템의 공동주택 현장적용을 통해 분산식 빗물관리 시스템의 다양한 활용방법을 고찰하고 주거단지 외부공간에 설치 가능한 빗물관리시설의 폭을 넓히고자 하는 연구이다. 동시에 선형침투시스템의 공동주택 적용 과정을 통해 환경계의 도입에 대한 전문가와 일반인의 견해차이도 고찰하여 차후 연구개발 과정에 이를 반영하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공동주택의 외부공간에 선형침투시스템을 적용하기 위한 방안을 도출하는데 한정한다. 이를 위해 국내외의 공동주택에 분산식 빗물관리 시스템 설치 및 운영 현황을 고찰하고, 이를 바탕으로 선형침투시스템을 현

* 교신저자, 한국건설기술연구원 선임연구원 (symoon@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 책임연구원

*** 한국건설기술연구원 연구원

1) 본 연구는 21세기 프론티어 사업수자원의 지속적 확보사업의 세부과제인 “선형침투시스템 개발 및 활용”의 수행 내용을 바탕으로 하고 있음

2) 현재 “우수관거 기능의 선형침투시스템”이라는 이름으로 특허출원함 (등록번호 : 10-694591호)

3) 생태면적률은 환경부 시행예고 및 건설교통부 주거성능등급 표시제도로써 사용된다. 침투시설 연계 포장면의 경우 가중치를 0.2 부여하고 있다.

실적으로 활용하기 위한 방안과 이를 위한 시스템 개선안을 도출하도록 한다.

본 연구를 위해 활용한 연구방법은 이해당사자간의 심층면담을 통해 관련사항에 대해 의견을 수렴하고 이를 반영하여 시스템을 개발하는 표적집단면접법(Focus Group Interview)을 사용하였다. 즉, 상도동의 P재건축단지를 대상으로 선정하고 P건설사 관계자와 선형침투시스템을 개발한 연구진 간의 심층면담을 통해 현장적용 및 개선방안을 도출한다. 그리고 이를 위한 선형침투시스템의 디테일을 개선도 병행한다.

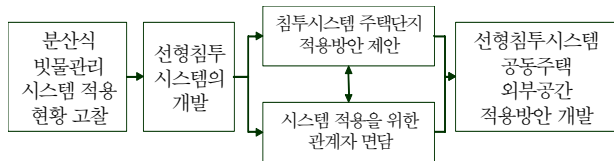


그림 1. 연구진행 Process

2. 분산식 빗물관리 시스템의 국내외 적용 현황

분산식 빗물관리 시설은 크게 빗물 침투, 빗물 저류, 투수성 포장 기술로 나눌 수 있다. 이들 시설은 빗물 유출량을 감소시켜주고 증발산 효과를 높여주는 역할을 수행한다. 현재 국내외의 학계를 중심으로 이들 시설을 개발하고 다양한 방법으로 활용하고자 노력하고 있다.

한국에서는 주로 학계와 연구기관을 중심으로 1990년대부터 분산식 빗물관리 시설 연구가 제시되었고 현재는 시범사업을 통해 우수관리 시설을 설치하면서 이들의 효과를 모니터링 하는 단계에 이르고 있다. 1990년대 후반에는 분산식 빗물관리 시스템의 필요성과 이를 적용하기 위한 시설기준 등에 관한 연구가 수행되다가(환경부;1999, 한국건설기술연구원;1998), 2000년에 들어와서는 이들 시설이 주변 녹지 및 우수관거 시설과 연계하여 적극적으로 설치하기 위한 연구가 병행되고 있다(이태구;2000). 최근에는 학교와 같은 공공시설에 빗물을 저류 및 이용하는 연구(김이호;2005)와 공동주택단지 내 침투통을 설치하고 이의 효과를 분석하는 연구(성종상;2004) 등이 수행되고 있다. 빗물침투와 관련된 시설개발로는 기존 시설에 매립 가능한 Ecotank(김석구), 침투통(성종상;2004), 우수통 제작치(레인보우스케이프), 매립형 우수침투시설(박재로;2003) 등이 있다.

일본에서는 주로 빗물을 토양 속에 저류하여 활용하는 시스템이 개발·상용화 되고 있다. 지방자치단체에 보급이 그리 높지는 않지만 통계 수치에 따르면 대략 4할 정도 보급이 되고 있다고 한다⁴⁾. 주로 플라스틱 박스 저류형(Hydro-staff)과 콘크리트박스 배수형(MARUEI)으로 나눌 수 있다. Hydro-staff 박스저류형 시스템은 저류율이 95% 이상인 저류 박스를 지하에 설치하는 시스템이고, MARUEI

콘크리트 시스템은 선형침투시스템과 유사한 시스템으로 주차장 주변 등에 적용 가능하다. 두 시스템 모두 기존의 우수관거를 대체할 수 있는 선형의 형태로 우수침투 시스템을 만들어 제품으로 상용화되었다.



그림 2. MARUEI 빗물저장 시스템의 적용공간과 적용 시스템

환경기술 선진국인 독일의 경우 제도적으로 우수관련 시설설치로 환경보호 및 하수세·우수세 등의 관련 요금을 감면시켜주고, 재정적 인센티브를 제공하는 등의 정책을 통해 우수관련 기술이 실질적으로 활용되고 있다⁵⁾. 선형의 침투시스템을 적용한 사례는 대표적으로 독일 GRAF사의 침투시스템, D-Rainclean 시스템, Innodrain 시스템 등이 있다. 이들 침투시스템은 주로 도로변에 초기우수의 오염물질을 제거하기 위해 설치된 것으로 형태와 구성 요소는 달라도 기본적으로 전처리(침전조) + 여과조 + 저류 및 침투조의 개념으로 시스템이 구성되어 있다.



그림 3. 독일의 선형의 침투시스템

침전-여과-저류 및 침투라는 개념을 바탕으로 분산식 빗물관리 시스템을 공동주택에 적용한 사례는 빗물을 지반에 침투시키는 사례와 생활용수 등으로 이용하는 사례로 나눌 수 있다. 독일 Berlin의 Rummelsburg Bucht내에 설치한 분산식 빗물관리 시설의 경우 주거단지 내 유입된 빗물을 외부로 유출되지 않도록 침투 위주로 단지가 설계⁷⁾되었다. Stralau 주거단지 내에서는 보행자가 없는 정원의 경우 저장녹지 등으로 적극적인 침투공간을 조성하였고, 보행자가 많은 중정의 경우 투수성 포장물, 그리고 도로를 접하는 보행자 도로의 경우 우수트렌치를 통해 저장녹지로 빗물을 유도하여 침투시키는 시스템을 구축하였다. 또한, 주거단지 외부의 도로의 경우 도로 양 옆의 보행로 중 한쪽에 물데 리골렌 시스템을 설치하고, 도로의 경사를 1방향으로 조성하여 유출되는 우수가 물데 방향으로 유입되도록 하였다.

5) MARUEI concrete industry : www.maruei-con.co.jp
 6) 이태구 외 1인, 분산식 우수관리의 개념과 국내에서의 적용방안, 국토계획, 제 38권 제 5호, 2003년 10월
 7) 한국건설기술연구원, “선형 침투시스템 개발 및 적용”, 수자원의 지속적 확보기술개발사업단, 과학기술부

4) 한국건설기술연구원, “선형침투시스템의 개발 및 활용”, 21세기 프론티어개발사업



그림 4. Rummelsburg Bucht내 분산식 빗물관리 시설 설치

다른 사례로, Lankwiz 주거단지의 경우 빗물을 모아 조경수, 화장실 관계 용수, 세차용수 등으로 활용하고 있는 사례이다. 보다 깨끗하고 안전한 빗물의 사용을 주민들에게 홍보하기 위해 주거단지 전면의 빗물 정화시설을 배치하고 이의 정화과정을 볼 수 있도록 하였다.



Lankwiz 주거단지 우수정화시설 설치

그림 5. Lankwiz 내 우수저류 및 활용시설

3. 선형침투시스템의 개발

선형침투시스템이란 도시의 물순환 구조를 생태적으로 개선하기 위하여 좁은 면적에서도 우수의 침투를 가능케 하고 동시에 초기우수의 오염물질을 정화하는 기능을 하는 우수관거이다. 이는 앞서 고찰한 국내외의 분산식 빗물관리 시스템 개발현황과 선진국의 사례를 벤치마킹하여 기존의 우수관거를 대체할 수 있고 전처리 + 여과 + 저류 및 침투의 기능을 수행할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

선형침투시스템은 기존의 우수관거가 우수를 빠른 시간 내에 하수관거로 배제하는 방식으로 구성되어 우수를 지반으로의 전혀 침투시키지 못한다는 점과 토사와 낙엽 등의 부유물질이 지속적으로 유입되는데 대응하지 못하는 점에 착안하여 다음 8가지 요구조건을 바탕으로 시스템을 개발하기 시작하였다.

- | | |
|------------------|---------------|
| ① 토사, 낙엽, 쓰레기 제거 | ⑤ 악취 발생 예방 |
| ② 초기우수 정화 | ⑥ 구조적 안정성 확보 |
| ③ 깨끗한 우수의 침투 | ⑦ 제작 및 생산 용이함 |
| ④ 기존 측구 기능 수행 | ⑧ 시공의 편리성 확보 |

위의 요구사항을 바탕으로 선형침투시스템은 평상시 소량의 강우에 대해서는 초기우수 내 오염물질을 정화시키고, 초기우수 단계를 지난 깨끗한 빗물에 대해서는 지반에 빠른 침투를, 집중강우시에는 기존의 우수관거처럼 빠른 배수를 통해 주변 침수를 막는 기능을 수행하는데 중점을 두고 시스템을 개발하게 되었다.



그림 6. 기존 우수관거의 문제점

선형침투시스템은 그림 7의 ①의 정화여재 투입부분에 채워진 여과재료를 채워 초기우수의 여과·흡착분해가 일어나도록 하였고, ②의 침투부에서는 초기우수 단계를 넘어선 깨끗한 빗물이 지반으로 신속히 침투될 수 있도록 침투부를 만들었다. 도로 및 조경시설 등에서 유출되는 토사와 낙엽의 제거 및 침투시스템의 편리한 유지관리를 위하여 ③부분은 토사받이로 손잡이가 설치되어 있어, 시스템 설치 후 토사받이를 손쉽게 털어내어 토사와 낙엽을 제거할 수 있도록 한다. 폭우 등이 발생하여 초기우수 정화분과 침투부 처리분을 넘어선 유량이 발생할 경우, 기존의 우수 관거와 마찬가지로 우수를 처리 관거로 신속하게 유도할 수 있도록 ④에 통수단면적을 확보하여 기존의 우수관거와 같이 우수를 빠른 시간 내에 하수관거로 보낼 수 있도록 기능을 설정하였다. 그리고 편리한 시공을 위하여 모든 시스템은 쉽게 조립이 가능하도록 부품화 하였다.

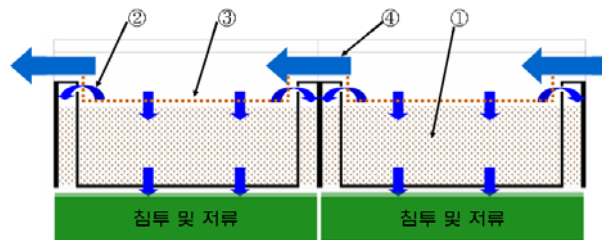


그림 7. 선형침투시스템 설계 개념

위의 설계 개념을 바탕으로 개발된 선형침투시스템은 아래 그림 8과 같이 상부뚜껑, 침투부뚜껑, 토사받이, 침투부, 정화여재 투입, 유니트, 저류박스 등 총 7가지 부품으로 구성되었다.

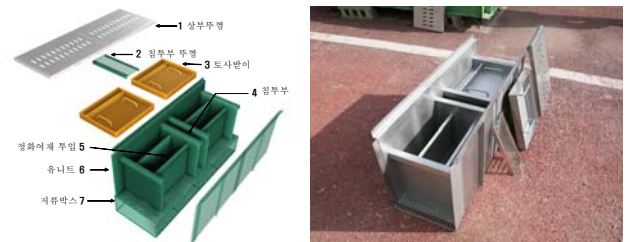


그림 8. 선형침투시스템의 구성

선형침투시스템의 우수 정화시간을 늘리기 위해 유니트 내부에 세 개의 칸막이를 구획하고 물의 흐름을 길게 늘

려주도록 내부를 설계하였다. 유니트와 유니트를 이어주는 연결부를 침투부로 만들어 초기우수 단계를 넘은 깨끗한 빗물이 정화과정을 거칠 필요 없이 침투부로 바로 유입될 수 있도록하여 우수의 침투속도를 높였다. 침투부 뚜껑은 두 개의 유니트 연결부위를 단단히 고정하면서 낙엽과 같은 오염물질이 들어가지 못하는 역할을 하고, 침투부 내에 정화여재를 채워 우수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 하였다. 이 시스템은 기존 연구에서 실험구를 통한 현장적용 결과 현장주변의 여건과 초기우수에 따라 수질정화성능이 다르게 나와 이를 표준화하는 작업이 필요하였다. 따라서 실험실에서 균일한 조건 하에 초기우수 정화성능을 실험한 결과 침투시스템의 정화성능은 아래 표 2와 같이 나오게 되었다.

표 1. 선형침투시스템 초기우수 정화성능

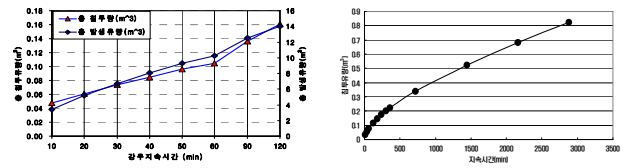
초기우수	우수투입시간대별정화정도											정화율
	0	10	20	30	60	120	180	240	300	360		
SS	586.8	586.8	202.3	155.5	108	46.25	13.75	13.75	11.5	3.6	0.6	99.90%
TOC(mg/L)	3.66	3.66	1.48	2.07	1.11	1.12	1.15	1.3	1.17	1.13	1.53	58%
DOC(mg/L)	1.67	1.67	0.98	1.17	1.1	1.01	0.92	1.22	1.09	1.04	1.06	36.50%
Cond(μS)	101.5	101.5	63.9	62.7	60.6	56.5	54.2	56.2	55.5	54.9	54.8	46%
TN	0.85	0.85	0.8	0.55	0.5	0.55	4.15	3.35	1.1	0.5	0.2	76%
TP	0.795	0.795	0.25	0.185	0.185	0.13	0	0	0	0	0	100%
COD	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	100%
중금속	Cd	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0	0	100%
	6가크롬	0.001	0.034	0.004	0.002	0.002	0.001	0	0	0	0	100%
	Cu	0.014	0.005	0.007	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.007	0.005	64%
	Pb	0.004	0	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	75%
	Zn	0.029	0.004	0.011	0.01	0.008	0.008	0.01	0.008	0.01	0.007	0.007

선형침투시스템의 침투성능은 FEM 분석⁸⁾을 통해 침투시스템 주변의 투수계수를 표 3과 같이 설정하고, 강우를 서울지역의 50년 빈도강우가 100m² 유역에 내리는 조건에서 선형침투시스템의 지반 침투유량을 구하게 되었다.

표 2. FEM 해석에 이용된 지반 및 재료의 투수계수

재료	주변 지반	자갈	모래	여재
투수계수(k,m/sec)	5.33×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻¹	1.0×10 ⁻³	3.0×10 ⁻²

수치해석 결과 강우지속시간에 따른 총 발생유량에 대한 침투유량과 침투조 내 수위 지속시간에 따른 지반 침투유량은 아래 그림 9와 같이 나타난다.



강우지속시간에 따른 총 발생유량 및 침투유량 / 침투조 내 수위 지속시간에 따른 지반 침투유량

그림 9. FEM 수치해석에서 나타난 침투성능

선형침투시스템은 현재 상용화를 앞두고 현장적용을 다각도로 시도하고 있으며 이를 통해 활용범위를 넓히기 위한 디테일 개선을 수행하고 있다.

4. 주거단지 적용을 위한 고려사항

선형침투시스템의 주거단지 적용을 위해 상도동 재건축 단지를 대상으로 선정하고 관계자와 심층 면접을 통해 연구를 수행하였다. 상도동 P현장은 동작구 상도동 일대 도심 내 노후주거 재개발 단지로서, 조정차별화를 통해 브랜드 이미지를 높이고, 우수관련 시설 도입을 통해 생태면적률을 확보하고 주택성능등급제 1등급을 확보하여 살기좋은 아파트 수상과 같은 환경과 관련된 테마가 있는 아파트로 자리매김을 하고자 우수침투시설 도입을 기획하고 있다. 본 현장은 총 2곳의 생태연못이 단지 내부에, 정문과 후문 등에는 미관을 위한 분수가 설치될 예정이다. 그리고 아파트 옥상에서 유출되는 빗물을 저류시키는 시설은 설치하였으나, 단지 내 도로 등에서 유출되는 우수에 대해서는 우수관거를 통해 단지 밖으로 배출하도록 되어있다. 주차장의 확보를 위해 인공지반의 비율이 매우 높은 편이고, 자연지반의 경우 단지 외곽부에 공공공지로 채납하는 부분을 포함하여 매우 적은 비율을 차지하고 있다. 생태연못은 우수저류시설을 설치하여 빗물을 보충수로 활용할 수 있는 가능성이 있으나, 기 설치된 빗물관련 시설과 전혀 연계되어 있지 않아 이에 대한 보완이 필요하다. 인공지반의 비율이 높아 단지 내 도로 등에서 유출된 빗물을 침투시키려면 인공지반에서 자연지반으로의 유도가 필요하다.

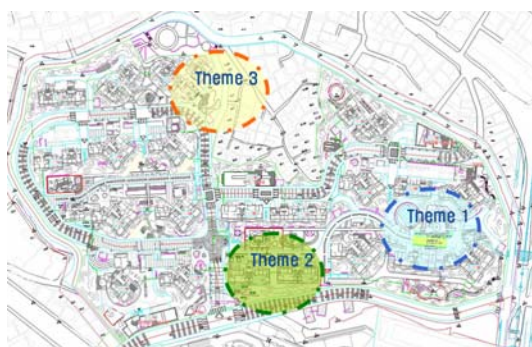
연구진은 본격적으로 선형침투시스템 설치에 대한 의견을 제시하기 전에 단지 전체에 대한 우수침투시설 관련 1차 의견을 아래와 같이 제시하였고, 이에 대한 현장 의견을 수렴하였다. 하지만 현장 관계자들의 경우 연구진이 제시하는 아이템 자체에 대하여는 매우 긍정적인 의견을 보였으나 이를 현장에 적용하기에는 다음 표 4와 같이 주민들의 아이টে에 대한 인식 부족과 현장 자체의 제약사항을 우려하여 이에 대한 현장 적용은 어렵게 되었다.

8) FEM 해석에 사용된 유한요소 해석 프로그램은 스위스 ZACE사에서 개발된 지반전용 해석프로그램인 Z-soil로서 지반과 관련된 흙 등과 구조물의 상호작용과 지하수 흐름에 대한 수치해석적 시뮬레이션이다.

표 3. 분산식 빗물관리 시설 1차 적용안 및 현장 의견

구분	연구진제시안	현장의견
저상 녹지	단지 곳곳에 우수침투를 위한 저상녹지 제시	-헛별이 잘 안드는 곳에 우수가 빠지지 않으면 주민들이 이를 지지분하다고 생각하고, 저상녹지를 쓰레기 버리는 곳으로 인식하기 쉬움
투수블럭	보행자 도로등에 투수블럭 설치	-보행감의 저하로 주민 거부 우려
시설보완	기존 우수관거 시설에 침투, 저류, 이용개념 보완	-우수시설에 하자 발생 시 기존의 설치한 시설과 책임소재가 불명확해 지므로 이는 불가능
우수활용	우수를 생태 연못과 장식 분수 등에 활용	-생태연못 보충수는 활용하는 것은 바람직하나 일반분수의 경우 미관을 우려하여 수돗물을 활용할 예정임

1차 제시안에 대한 현장 의견을 바탕으로 2차로 선형침투시스템과 다른 분산식 빗물관리 시설을 적용하는 방안을 P현장에 제시하였다. 단지 전반에 별도의 초기우수 정화 시설이 없는 곳에 대하여 맨홀에 초기우수 정화 역할을 하는 Ecotank를 설치하고, 그 좌우에 선형침투시스템을 설치하며, 기존 시설과 이들 분산식 빗물관리 시설이 서로 보완관계를 갖도록 시스템 전반에 보완설비를 갖추는 안을 제시하였다. 그러나 P현장에서는 단지 전체에 대하여 우수설비를 갖추는데 비용이 현장에서 예상한 예산을 초과하여 집행될 수 없다는 입장을 연구진에 전달하였다.



구분	내용	적용공간
Theme 1	○ 빗물 처리 및 이용의 종합적 대안 - "처리-침투-저류-이용" 과정 집약 - 유출량 감소 및 일시저류, 이용을 통한 주거단지 내 물순환 기능 회복	107동 부근
Theme 2	○ 비점오염원 관리 및 경관의 향상 - 초기우수처리 및 자연지반 침투를 통한 단지 내 비점오염물질 유출 최소화 - 조경을 활용한 빗물 처리	104동 일대
Theme 3	○ 유출량 저감 및 비점오염원 처리 - 침투시스템의 "처리-저류-침투" 기능을 통해 유출량 감소 및 비점오염원 처리 정도 모니터링	120동 부근

그림 10. 상도동 P현장에 대한 3차 적용안

분산식 빗물관리 시설에 대한 주민의식이 아직 확립되지 않았고 이러한 시설을 설치하는데 사용 가능한 예산이 매우 제한적이라는 점을 고려하여 연구진은 P현장 전반에 대해 시설 설치를 제안하기 보다는 한정된 공간에 일정한 테마를 가지고 시설을 시범적으로 적용하는 것으로 의견을 모으게 되었다. 따라서 P현장에 적용하는 분산식 빗물관리

시설에 대하여 Theme를 세 가지로 잡고, 선형침투시스템을 활용한 구체적인 현장 적용안을 제시하게 되었다(그림 10). 세 가지 테마 적용 안 중 Theme 1은 선형침투시스템을 적용하기엔 다소 부적절하여, Theme 2와 3에 중점을 두고 선형침투시스템을 적용하는 안을 제시하였다.

이들 안에 대하여 현장에서는 다음과 같이 두 가지에 의견을 회신하게 되었다.

- ① 비용을 들여 모은 빗물을 이용 없이 자연지반으로 흘려버리는 것을 원하지 않음
- ② 빗물을 유용하게 사용하고 있음을 주민들이 인지해야 이에 대한 유지 관리비를 조달 가능

공동주택에서 빗물을 지반에 침투시키기 보다는 활용하고자 하는 현장의 의견을 바탕으로 연구진은 현장적용을 위한 선형침투시스템의 기술 개선작업을 수행하고 동시에 이를 조경기술과 연계한 방안을 제시하게 되었다.

먼저, 선형침투시스템을 공동주택 내에 적용하기 위해서 적용 대상을 인공지반과 자연지반으로 나누게 되었다. 인공지반의 경우 빗물의 침투로 인한 지하 시설물의 손상을 우려하는 관계로 우수의 침투는 배제하도록 한다. 선형침투시스템과 함께 설치하는 저류박스는 침투용이 아닌 차집용 저류통을 설치하고 집수된 우수를 활용하기 위하여 배관을 집수용 저류박스에 연결시키도록 한다.

자연지반의 경우 침투로 인한 시설물 손상 우려는 없으므로 선형침투시스템 개념 그대로 침투용 저류박스를 설치하도록 한다. 선형침투시스템에 유입된 초기우수 등은 정화과정을 통해 자연지반으로 침투되도록 유도하고, 집중강우 발생시 우수를 하수관거로 연결하는 대신 별도의 저류조와 배관을 설치하여 월류수를 저류조에 모아 이를 활용하도록 한다. 즉, 폭우 등으로 인한 월류수는 인공지반과 자연지반 모두에서 차집하여 활용할 수 있도록 배관을 설치하고, 인공지반은 침투 자체를 배제하여 정화된 우수도 저류조로 유도하고, 자연지반은 정화된 우수를 지반에 침투시키도록 한다.

선형침투시스템을 인공지반과 자연지반에 적용하는 활용안과 더불어 주민들에게 빗물을 연계한 시설 설치방안을 Theme 2와 3로 나누어 제시하고 동시에 주민들에게 분산식 빗물관리의 중요성을 홍보할 수 있는 안내판과 모델을 제시하는 방안을 다음과 같이 제시하였다.

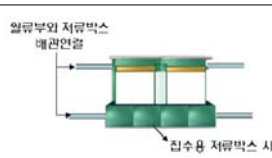
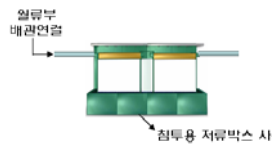
구분	활용안	
인공지반		○ 우수의 정화 및 활용 - 침투시스템을 통해 정화된 우수를 집수하여 타 조정요소와 연계하여 사용
자연지반		○ 우수의 일부 침투 및 월류수의 활용 - 초기우수는 침투시스템으로 정화하여 자연지반에 침투시킴 - 월류수는 별도로 집수, 타 조정요소와 연계하여 사용

그림 11. 선형침투시스템의 활용 방법

■ 주민안내 홍보관 설치

- 선형침투시스템으로 초기우수 오염도 정화도와 우수 집수량을 게이지를 통해 보여주도록 함
- 빗물관리 시스템과 관련된 홍보시설을 설치하여 어린이들의 교육의 장이 될 수 있도록 함

■ Theme 2: 인공지반 위 선형침투시스템 적용안

① 기본 컨셉

- 104동 주변 경관과 조화 및 Scenic Beauty를 추구함
- 도로변 미세분진 제거
- 증발량 증대를 통한 Cooling 효과 도모

② 침투시스템 설치 세부안

- 104동 옆 인공지반 도로변에 침투시스템을 2차로 설치
- 저류조를 추가 설치하여 정화된 우수를 집수
- 104동 정원에 조형물을 겸한 분수를 설치하고, 선형 침투시스템에서 정화된 우수를 이에 관수



그림 12. 104동 인공지반 위 선형침투시스템 활용안

■ Theme 3: 120동 선형침투시스템과 스프링클러 연계안

① 기본 컨셉

- 정화된 초기우수 자연지반 침투
- 월류 빗물을 모아 스프링클러 관수로 활용
- 자연지반에 침투 증대 및 관수를 통한 친환경성 도모

② 침투시스템 설치 세부안

- 120동 이사집 도로 끝단부에 선형침투시스템 13m 설치
- 선형침투시스템에서 집수된 우수를 저류조에 집수하여 스프링클러로 자연지반에 관수함



그림 13. 120동 자연지반 위 선형침투시스템 설치안

위의 Theme 2와 Theme 3에 적용하는 활용 안은 우수가 유출된 자리에서 이를 침투시스템을 통해 지하로 침투시킨다는 선형침투시스템의 당초 개발 컨셉과는 다소 다른 활용 안이지만 빗물을 인공지반에 직접 침투시킴에 따라 발생할 수 있는 하자보수의 위험을 줄이고, Scenic Beauty를 겸한 조경시설과 연계하여 주변 녹지에 우수를 조경수로 관수함으로써 간접침투 및 증발산 효과를 도모할 수 있다. 자연지반의 경우 지반 내 우수침투로 인한 하자보수의

위험이 없어 선형침투시스템의 원리를 살려 자연지반으로 정화된 초기우수를 침투시킬 수 있도록 하였다. 그러나 다량의 월류가 예상되는 지역에는 월류수를 받을 수 있는 저류조와 스프링클러를 설치하고 이를 주변의 조경수로 활용할 수 있도록 하였다. 마찬가지로 조경시설에 연계하여 주변 녹지를 통한 간접침투와 증발산 효과도 도모할 수 있다. 이는 선형침투시스템을 공동주택에 적용하기 위한 방안으로 디테일에 다소 변형을 가하였지만 빗물을 직·간접적으로 지반에 침투 및 증발시킨다는 분산식 빗물관리 개념에는 충실히 따르고 있다. 이 방안은 민간 공동주택에 적용하기 위하여 비용 보다는 침투시설을 개발한 연구진과 이를 활용하려는 관계자와의 견해를 좁히고자 한 시도라 할 수 있다. 다시 말하면 환경의 기능을 우선시하고, 비용 보다는 초기우수를 지반에 침투시키는 것을 우선시하는 전문가 집단과 비용 투자에 대한 효과를 우선시하는 일반인의 견해 차이를 좁혀보고자 하는 시도라 할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 공동주택 대상지 내에 선형침투시스템을 적용하고자 하는 방안을 제시하는 것으로, P현장 관계자와의 인터뷰를 통해 수렴한 의견을 선형침투시스템 디테일 개선에 반영하여 진행하였다. 연구진은 유출된 빗물을 침투시스템을 통해 그 자리에서 지반으로 침투시키려 했으나, 분산식 빗물관리의 인식이 보편화되지 않은 상황에서 원개념을 고수하여 현장적용을 시도하는 것은 현실적으로 매우 어려웠다. 이 과정에서 우수침투와 관리에 대한 연구진과 일반인의 견해차를 알 수 있었고, 이는 환경이라는 공공재를 민간자본으로 건설되는 공동주택 단지 내에 적용하는데 나타날 수 있는 견해차를 알게되는 계기가 되었다. 연구진의 경우 환경의 기능을 우선시하고 비용 투자보다는 환경에 작용하는 영향을 더욱 중요시하게 생각하고 일반인의 경우 가시적인 효과와 비용 투자에 대한 효과를 우선시하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 이러한 경향은 분산식 빗물관리 시스템을 비롯하여 도시 내 생태계를 복원하고자 하는 시범사업에서도 자주 볼 수 있는 경향이다.

본 연구를 통해 선형침투시스템을 비롯한 분산식 빗물관리 시스템을 민간시설 내에 적용하기 위해서는 앞으로 다양한 방법을 모색해야 함을 알 수 있었다. 소비자의 입장에서는 수돗물은 늘 사용하는 것이고 필요하다는 생각을 하지만 빗물과 관련된 시설에 대해서는 이에 상응하는 댓가가 없을 경우 그리 필요를 느끼지 못할수도 있다. 독일과 같은 우수세 등을 도입되지 않는 한 분산식 빗물관리 시스템의 민간시설 적용은 그리 쉽지 않은 일이라 할 수 있다. 제도를 통해 도시생태계 복원을 추진하려 한다면 개발사업에서 지구단위계획의 인센티브와 같이 환경제 확보에 따른 비용분담의 대가를 가시적으로 제시해 줄 필요가 있다. 하지만 인센티브 등을 활용하지 않고 지나친 제도만 강조한다면, 분산식 빗물관리 시스템을 비롯하여 도시생태계에 대한 인식과 저변이 널리 확대되지 못한 상태에서 이는 지나친 규제로 인식될 수 있는 위험성이 있다. 반대

로, 인식이 부족한 상태에서 기술의 현실적 적용은 선형 침투시스템의 현장적용 시도와는 비교할 수 없을 정도로 어려움을 초래할 수 있다. 따라서 복원 기술의 현실적 적용을 위해서는 단계적인 설정을 통해 기술의 점차적 이전 및 적용을 시도하는 것이 바람직하다. 그리고 무엇보다도 다양한 시범사업을 통하여 도시생태계 복원을 추진하는 전문가 및 연구진과 이를 받아들이는 일반인과의 인식 차이를 좁히는 것이 중요하다.

참고문헌

1. 독일 빗물관련 지침서 : ATV-DVWK-M13
2. Freie und Hansestadt Hamburg Umweltbehoerde, 2000
3. W.Geiger, HDreiseitl, "Neue Wege für das Regenwasser", Odenbourg1.
4. 문수영 외 3인 분산식 빗물관리를 위한 공동주택 외부공간 설계지침 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 2006년 9월
5. 문수영 외 3인, 분산식 빗물관리를 위한 선형 우수 침투시스템 개발방향 설정에 관한 연구, 한국환경생태건축학회 춘계학술발표대회, 2005년 5월
6. 한국건설기술연구원, "선형 침투시스템 개발 및 적용"수자원의 지속적 확보기술개발사업단, 과학기술부
7. 이태구 외 1인, 분산식 우수관리의 개념과 국내에서의 적용방안, 국토계획, 제 38권 제 5호, 2003년 10월
8. 김석구 외, 한국건설기술연구원에서 "도로노면 초기우수 무동력 처리장치 실용화" 연구를 통해 제안한 초기우수 정화 장치
9. 성종상 외 4인(2004.6), "분산식 우수관리를 위한 침투통 개발 및 적용효과 분석", 한국조경학회 논문집 제 32권
10. 박재로 외(2003), "도시내 우수침투 기술개발", 21세기 프론티어연구개발사업, 한국건설기술연구원
11. MARUEI concrete industry : www.maruei-con.co.jp