

분산식 우수관리를 위한 침투통 개발 및 적용효과 분석[†]

성종상* · 이태구** · 한영해* · 김연금*** · 김남희****

*서울대학교 환경대학원 · **세명대학교 건축공학과 ·
서울시립대학교 대학원 조경학과 · *서안환경설계연구소

Development and Application of the Rainwater Infiltrating Equipment for the Decentralized Stormwater Managements

Sung, Jong-Sang* · Lee, Tae-Goo**

· Han, Young-Hae* · Kim, Yen-Geum*** · Kim, Nam-Hee****

*Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

**Dept. of Architectural Engineering, Semyung University

***Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, The University of Seoul

****Seo-Ahn Environmental Design Institute

ABSTRACT

To manage rainwater environmentally friendly, it is necessary to let the rainwater be infiltrated naturally and make reservoirs to detain it in the chosen spot. Not only should it be prepared to handle the city flood, but also it be a necessary alternative for establishing the ecological water circular system in cities.

Therefore, considering the present rainwater management system, this study analysed the status of products which can be interchanged from existent systems to rainwater infiltrating systems. In this study, the infiltrating equipment that is applicable to the Korean drainage system was developed. The case was studied out to investigate the effects of infiltrating and the detaining ability of the developed product. The case site, block 6 of Sang-am residence, was selected and analyzed. The amount of infiltration and detention per unit of the introduced facilities, i.e., infiltrating pipes and tanks were calculated.

In this research, the amount of each infiltrating tank was revealed to be 1.353 m/hr and the amount of detention as 0.299 m/hr. And the amount of each infiltrating pipe was found to be 0.541 m/hr and

[†]: 본 연구는 2000년 산학연 공동 연구 개발사업(R&D/목적 2-15)으로 수행된 내용을 요약·발췌한 것임.

Corresponding author : Young-Hae Han, Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea. Tel. : +82-2-880-5660, E-mail : youngseahan@empal.com

the amount of detention was 0.118 m/hr.

To examine the effects of the system, the total amount of the outlet before and after installing was compared and calculated. In doing this, a basis for deciding the arrangement and number of tanks and pipes of the infiltrating system was made.

Key Words : *Decentralized Rainwater Management, Infiltrating Tank, Infiltrating Pipe*

I. 서론

지난 수십년 간 경제성장과 더불어 수반된 도시화과정은 농지와 산림이 대거 감소되며 도시면적이 확대되는 현상을 낳았다. 또한 도시지역의 높은 건축밀도와 불투수면적의 증가는 자연적인 빗물의 순환체계를 파괴함으로써 환경적 문제점을 유발하게 되었다.

그러나 최근에 도시형 홍수 대비 및 도시환경의 생태적 물순환을 확립하기 위하여 기존의 집중식 우수처리를 지역 내에서 분산식으로 처리하는 방안이 논의되고 있다¹⁾. 즉, 국내의 우수처리 체계는 관거에 의한 배출 및 대규모 중앙 집중식 정화시설에 치우치고 있으나 앞으로 유출이 발생하는 지역 내에서 이를 처리하기 위해서는 현재의 시스템을 유지하면서 우수 이용 및 침투·저류시설을 점차적으로 확대하는 방안이 필요하다.

분산식 우수관리는 지역 내에서 발생하는 유출수를 빗물 이용 및 침투·저류시설 등을 이용하여 그 지역내에서 처리하도록 하는 방법으로, 이를 위해서는 빗물의 상태나 활용목적에 따라 전처리·이용·저류·침투시설을 조합하여야 한다(Freie und Hansestadt Hamburg Umweltbehörde, 2000).

이에 본 연구에서는 분산식 우수관리의 일환으로서, 기존의 분산식 우수관리 개념 및 시설체계 분석을 바탕으로 국내 배수 시스템에 적용 가능한 침투시설을 개발하고자 한다. 또한 개발된 시설의 침투량 및 저류량을 측정하고, 이를 바탕으로 적용지역에서의 예상되는 유출량 감소 효과를 분석하고자 한다.

II. 이론적 고찰

우수침투시설은 빗물을 지하로 침투시킴으로써 자연

상태의 물 순환체계를 복원시켜 지하수를 함양하고 식생에 수분을 공급함으로써 생물서식기반을 개선시키는 효과가 있다. 최근에 이러한 우수침투시설은 독일과 일본을 비롯하여 다양한 상품개발 및 기법들이 개발되고 있다. 독일의 경우는 대체로 주변의 녹지와 연계하여 투수 구덩이나 투수 연못 등 개방형태의 침투시설을 설치함으로써 침투과정에서 토양이나 식물에 의한 우수정화 효과를 동시에 꾀하는 형태가 많으며, 투수조나 유공관 등 지하에 매설하는 형태도 나타난다(Dieter Londong und Anette Nothnagel, 1999). 이러한 시설은 기존의 우수처리 체계와는 별도로 우수를 침투·저류시키는 것으로 대상지의 현황에 따라서 침투시설의 크기 및 형태가 결정되어지며, 일반적인 형태의 제품화된 시설보다는 설계 공법으로 현장에서 실제 적용되어지는 경우가 많다.

반면 일본의 경우는 시설 설치로 인한 토지확보 문제를 해결하기 위하여 비교적 지하에 기존의 관거와 연결하여 침투조나 침투트렌치, 침투 측구 등을 설치함으로써 일시에 하수관거로 유입되는 것을 막고 중간에 빗물을 침투시키는 방안으로 발전하게 되었다(사단법인 우수저류침투기술협회 편, 1998). 이러한 방식은 기존의 우수 처리 체계를 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 각각의 시설들을 우수침투시설로 대체하여 침투효과를 높이는 것으로, 제품화 및 대량생산이 가능한 인공구조물의 형태로 나타나게 되었다.

우리나라는 현재 우수침투시설에 대한 연구와 개발이 진행되고 있는 단계로서, 주로 자갈도랑이나 자갈집수정, 우수녹지 등의 빗물침투형 배수시설을 공동주택단지와 공원녹지에 적용하고 있다(서안환경설계연구소, 2001). 따라서 국내 우수관리 체계를 고려하여 기존의 시스템과 연계성을 갖고 침투시설을 점차 확대·적용할 수 있는 제품개발이 요구된다.

독일 침투시설의 특징은 형태적으로 그 규모가 크고 기능상 우수의 정화 및 투수효과를 피하기 위해 녹지와 연결된 형태가 주를 이루는데(König, 1996), 이는 우리나라에 비하여 토지이용 밀도가 낮고 가용면적이 넓은 것에 기인된다고 볼 수 있다. 반면 우리나라와 같이 토지이용 밀도가 높고 가용면적이 적은 일본에서 생산되는 침투시설은 우수를 지표면 가까이에서 침투·확산시키는 시설로 기존의 배수시설에 침투기능을 부여하여 기존 우수처리시스템과 연계가 쉬운 것이 특징이다(사단법인 우수저류침투기술협회 편, 1998).

이에 본 연구에서는 국내에 적용 가능성을 고려하여 도시지역의 배수시스템과 연계가 가능하며 시설설치에 따라 토지이용상의 제한이 거의 없는 침투통을 개발하는 것으로 설정하였다²⁾.

III. 연구방법

1. 연구내용 및 방법

본 연구는 크게 2부분으로 구성되어 있다.

첫 번째 단계에서는 국내 적용 가능한 침투시설의 개발이다. 이를 위해서 국내외 침투시설의 구성요소 기술 및 제품현황을 파악하였으며 이를 토대로 제품개발의 방향을 설정하고 침투시설을 개발하였다.

두 번째 단계로는 개발된 침투시설의 현지 적용 시 물레이션을 통한 효과분석이다. 개발된 시설의 침투 및 저류효과를 분석하기 위하여 상암 새천년 주거단지의 일부분인 6블럭을 적용대상지로 선정·대상지내 침투시설 설치 계획 및 설계를 하였다. 또한 도입시설, 즉 침투통과 침투관³⁾의 단위 침투량과 단위 저류량을 분석하고, 이를 근거로 단지 내 설치될 전체시설의 총 침투량 및 저류량을 산정하였다.

적용된 시설의 수문학적 효과 검토를 위해서는 침투시설 설치 이전의 총 유출량과 침투시 유출량을 계산하고, 시설 설치시 저감되는 총 유출량과 침투시 유출량을 계산하였다(그림 1 참조).

2. 연구대상지

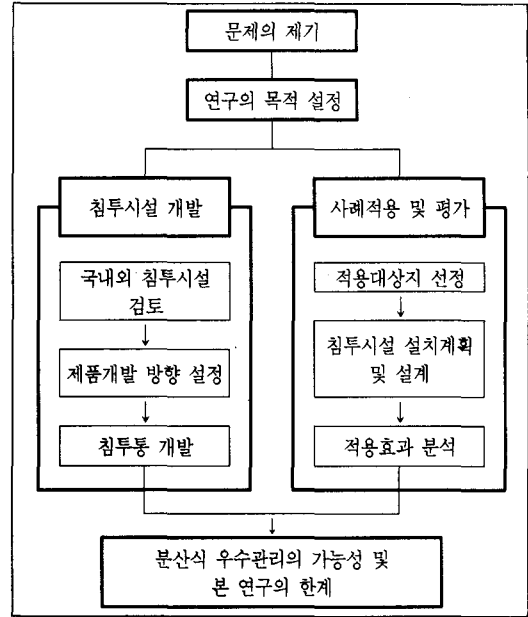


그림 1. 연구의 과정도

본 연구에서는 '환경친화'를 모토로 계획된 '상암 새천년 주거단지'를 대상으로 본 연구에서 개발한 침투시설을 적용·효과분석을 실시하였다.

'상암 새천년 주거단지'는 총 6개의 블록으로 구성되어 있으며, 전체적으로 자연지반 면적률이 26.8%, 투수면적률이 61.04%, 녹지면적률이 54.32%로 다른 아파트 단지에 비해 우수침투 및 저류시설을 설치하기에 위한 조건을 갖추고 있으므로 이에 사례 대상지로 선정하였다. 본 연구에서는 연구기간의 한계 및 분석의 용이성을 고려하여 그 중 6블럭을 대상으로 사례적용을 실시하였다(그림 2 참조).



그림 2. 상암 새천년 주거단지 내 적용대상지

IV. 결과 및 고찰

1. 침투통 개발

본 연구에서 개발한 침투통은 우수가 통의 구멍이 있는 측면이나 밑부분을 통해 쇄석층으로 빠져나가 임시 저류되었다가 주변 토양의 불포화지층을 통해 분산 침투되도록 하는 침투시설이다. 이러한 본체와 더불어 걸름망, 침사조, 연결관, 침투통 덮개로 구성된다.

침투통 본체는 폴리에틸렌 재질로서 기존의 빗물처리시설의 대체가 가능하도록 빗물받이, 집수정의 크기를 참조하여 원형으로 높이 595 mm, 상부폭 475 mm, 하부폭 370 mm으로 설계하였다. 걸름망은 쓰레기, 낙엽 제거목적으로 개거형에만 부착되며 와이어매쉬형으로 되어 있다. 침사조는 손잡이가 달리고 바닥면에서 일정거리 이상 띄운 지점부터 침투구멍을 뚫고 밑판을 분리하여 퇴적된 고형슬러지를 손쉽게 제거할 수 있는 형태이다. 침사조의 침투구멍은 쇄석크기, 토압, 수압 등을 고려하여 15 mm이며 간격은 75 mm이다. 연결관 설치부는 유입관과 유출관이 이루는 각도를 염두하여 연결부를 세곡으로 두고 연결부위는 겨울 토양스폰지 현상을 막기 위해 고무패킹을 설치하였다. 침투통 덮개는 개거형일 경우 그레이팅형의 덮개를 매설형일 때는 막혀진 형태를 사용하였다.

설치장소에 따라 개거형 및 매설형으로 설치할 수 있으며, 이때 침투통을 이루는 구성요소는 개거형일 경

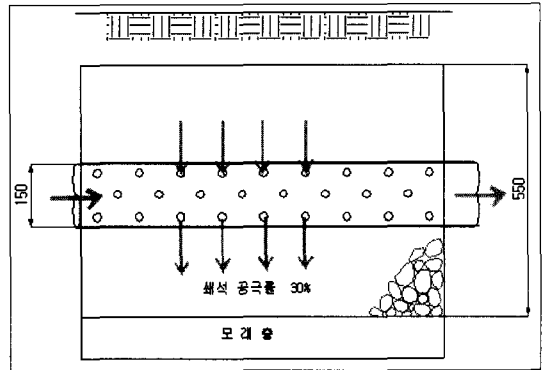


그림 4. 침투관 시공설계도

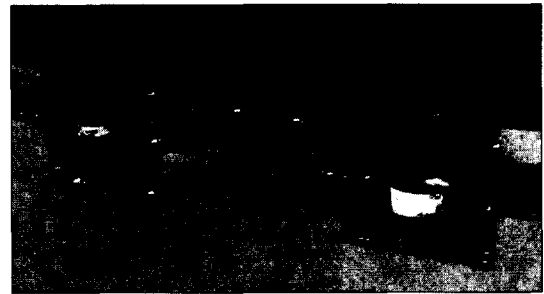


그림 5. 개거형 및 매설형 침투통과 침투관의 조합설치 모형

우 표면유출시 유입되는 쓰레기, 낙엽 등을 방지하는 1차 걸름 기능이 첨가되며, 매설형일 경우에는 관으로 유입되는 슬러지 처리를 위한 침사조만으로 구성된다 (그림 3, 4 참조).

본 시설은 집중적이고 점적인 투수효과를 피하는 동시에 침투관과 연결 시 선적인 투수 효과도 얻을 수 있다(그림 5 참조).

2. 적용 및 효과분석

1) 시설의 적용

대상지에 대한 침투통 및 침투관 시설 적용은 다음의 기준에 따라 계획·설계하였다. 첫째, 토양층이 깊지 않은 인공지반에는 침투시설을 설치하지 않으며, 자연 지반에만 설치하고, 둘째, 도로의 경우 침투시설 설치로 인해 부동 침하가 우려되어 주변과 하부에는 침투시설을 설치하지 않는다. 셋째, 침투통 및 침투관은 녹지 또는 자연지반 등의 물 빠짐이 좋은 곳에 25개/ha,

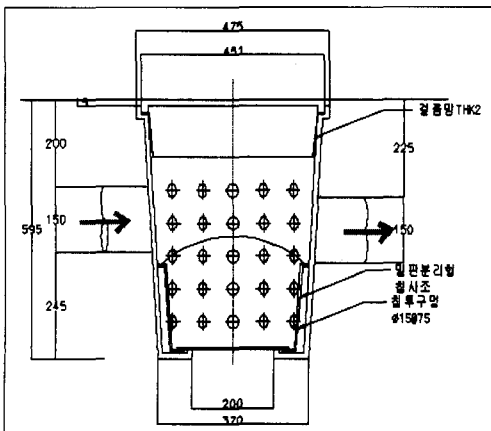


그림 3. 개거형 침투통 상세도

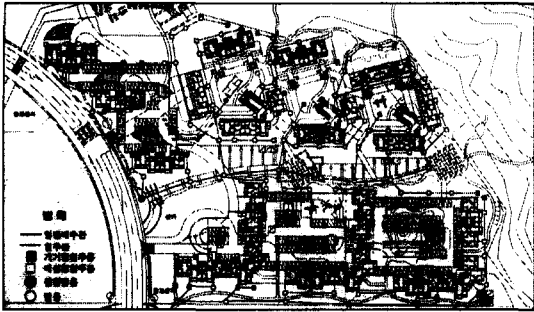


그림 6. 대상지내 우수침투시설의 적용계획 도면

500 m/ha를 각각 설치한다⁴⁾. 이러한 기준에 따라 본 대상지에는 침투통 104개와 침투관 922m가 설치 가능하다(그림 6 참조).

2) 효과분석

적용대상지에 침투통 및 침투관을 적용, 이에 의한 효과검토는 다음의 3단계에 걸쳐 이루어졌다.

1단계에서는 대상지 내 침투시설 설치계획 및 설계안을 작성하고 2단계에서는 설치된 침투시설이 갖는 총 침투량과 저류량을 산정하였다. 마지막 단계에서는 일반 우수처리체계 경우와 침투시설을 설치했을 경우의 총 유출량 및 침투시 유출량을 비교하여 효과를 제시하였다(그림 7 참조).

① 토양의 침투능 실험

개발 제품 설치 가능 여부와 추후 효과 검토를 위해 현장실험을 통해 대상지내 토양의 성질과 침투능을 알아보았다(그림 8 참조). 이를 위해 대상지 내의 흙의 단위중량을 측정하는 단위체적중량시험(KSF2311), 지



그림 8. 현장에서의 토양침투능 실험

반내의 함수상태를 측정하는 함수비 시험(KSF2306), 실내시험을 위한 시료채취를 하였다⁵⁾. 투수계수 측정은 정수위 투수시험으로 실내시험을 통해 얻어냈다. 대상지 두 곳에 구덩이를 파고 제품과 제품 주변에 자갈을 매설한 후 관수하여 바닥으로부터의 수위 90 cm 높이까지 소요된 시간, 수위 90 cm 이후 침투수량과 시간 등을 측정하였다(표 1 참조).

투수계수 $k^6)$ 는 다음의 식에 의해 산정하였다.

$$k = \frac{4LQ}{\Delta h \pi D^2 t} = \frac{4 \times 10.8 \times 30.5}{12.8 \times 3.14 \times 10^2 \times 60} = 5.46 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

(침투수량 $Q = 30.5 \text{ cm}^3$, 시료높이 $L = 10.8 \text{ cm}$

수두차 : $\Delta h = 12.8 \text{ cm}$, 투수시간 : $t = 60 \text{ sec}$)

다음의 실험결과를 바탕으로 계산된 이 지역의 토양의 포화투수계수는 $K_0 = 5.46 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 이다⁷⁾.

② 침투시설의 총침투량 산정

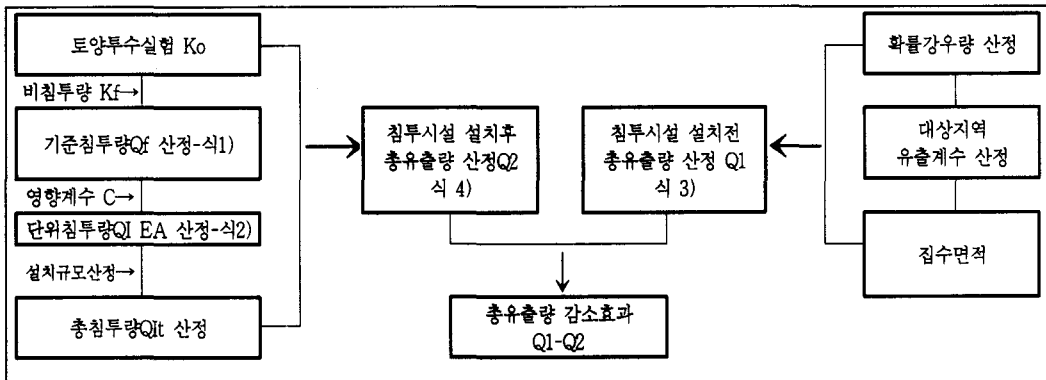


그림 7. 연구의 진행과정

표 1. 각 지점에서의 침투능 실험 결과

A 지점에서의 침투능 실험 결과							
침투수량 (L)	침투수량	45	45	45	45	45	-
	누계	45	90	135	180	225	-
도달시간	2분 38초	4분 11초	5분 39초	7분 17초	7분 28초		-
누계시간	2분 38초	6분 49초	12분 28초	19분 45초	27분 13초		-
B지점에서의 침투능 실험 결과							
침투수량 (L)	침투수량	50	50	50	50	50	50
	누계	50	100	150	200	250	300
도달시간	2분 12초	3분 57초	6분 15초	8분 40초	13분 00초	14분 00초	
누계시간	2분 12초	6분 9초	12분 24초	21분 4초	34분 4초	48분 4초	

침투시설의 총침투량 산정은 도입시설 1개당 기준 침투량 산정과 이를 바탕으로 한 단위침투량 산정, 전체시설의 총침투량 산정의 과정을 거치며 다음과 같다.

$$Q_f = K_o \times K_f \quad (\text{식 1})$$

(Q_f : 도입시설의 기준침투량, K_o : 토양의 포화투수 계수, K_f : 도입시설의 비침투량⁸⁾)

단위침투량(QI_{EA} : Quantity of Infiltration)는 기준 침투량에 영향 계수를 곱한 값으로, 지하수위 및 막힘 방지에 의한 침투량 저감을 고려한 값이다⁹⁾.

$$QI_{EA} = Q_f \times C \quad (\text{식 2})$$

(C : 영향계수¹⁰⁾, 0.81)

③ 저감 유출량 산정

침투시설 설치이전의 총유출량 산정은 다음과 같다. 확률 강우량에 있어서는 재현 기간 10년을 기준으로 연세대 공학연구소에서 제시하는 값을 채택하였으며¹¹⁾ 이를 Huff의 4분위법 중 Huff 2분위 설계강우를 이용하여 지속시간 24시간 재현기간 10년 빈도에 해당하는 확률강우량 276.7 mm를 그림 9와 같이 시간적으로 분시켰다.

대상지의 유출계수 산정은 전체 면적에서 각각의 토지이용과 포장재 종류가 차지하는 비율을 고려하여 전

표 2. 도입시설의 침투량

시설명	시설의 설치규격	설치 규모	기준 침투량 Q_f (m/hr)	단위 침투량 QI_{EA} (m/hr)	총 침투량 QIt (m/hr)	비고
침투통	높이: 80 cm (시설: 60 cm) 자갈층: 20 cm 폭: 90 cm (시설: 50 cm) 자갈층: 20 cm × 2)	104 개소	$1.966 \times 10^{-1} \times 8.5 = 1.671$ (1개 당)	$1.671 \times 0.81 = 1.353$	140.7	토양의 포화투수 계수
침투관	높이: 55 cm (시설: 15 cm) 자갈층: 20 cm × 2) 폭: 55 cm (시설: 15 cm) 자갈층: 20cm × 2)	922 m	$1.966 \times 10^{-1} \times 3.4 = 0.668$ (1m 당)	$0.668 \times 0.81 = 0.541$	498.8	5.46×10^{-3} (cm/sec) = 1.966×10^{-1} (m/hr)

체 대상지의 평균 유출계수 값 0.8을 이용하였다¹²⁾. 이와 같은 계산에 의해 사례대상지의 총유출량은 9245.820 m³로 계산되었다.

$$QI = CIA \quad (\text{식 3})$$

$$= 0.8 \times 0.2767 \text{ m} \times 41,767.2 \text{ m}^2 = 9245.820 \text{ (m}^3\text{)}$$

본 연구에서는 침투시설 설치에 따른 저감유출량 산

표 3. 유출 계수 산정

구분	면적 (m ²)	유출계수	비고
건축물	18,819.36	0.85~0.95	
광장	505	0.70~0.85	점토벽돌 포장
놀이터	677	0.20~0.35	모래사장 포설
운동공간	454.6	0.20~0.35	마사토 포장
실개천	416	1.00	
도로	1,189	0.70~0.95	아스팔트
보행로	12,684.9	0.20~0.35	마사토 포장
산책로	757.7	0.70~0.85	점토벽돌 포장
녹지	17,679.3	0.05~0.25	
전체면적	41,767.2	평균 0.8	

정을 위해서 유효강우방법을 이용하였다. 유효강우방법은 침투시설에서의 침투량(Fc)을 유효강우에서 빼는 것으로 설계침투량을 손실강우로 환산하여 계산하였다¹³⁾.

침투시설 설치에 따른 총 유출량은 설계침투량을 고려한 강우강도를 이용하여 계산한다.

$$QI(m/s) = 1/3.6 \times I \times A \quad (\text{식 4})$$

(I : 침투시설의 침투량을 고려한 후의 강우강도 Fc(mm/hr)¹⁴⁾, A: 침투시설의 집수면적)

$$Fc(mm/hr) = QI/(10 \times \sum Ai) \quad (\text{식 5})^{15)}$$

$$= 639.5(m/hr)/(10 \times 41,767.2)(m^2)$$

$$= 0.001551 \times 10^3(mm/hr)$$

$$= 1.551(mm/hr) = I'$$

(Fc : 침투처리량(mm/hr),

QI : 총설계침투량(m³/hr),

∑Ai : 집수면적(ha))

식 4)에 의해 침투시설을 설치할 경우 총유출량은 약 943 m³이므로 총 저감량은 8,302 m³에 이른다. 결과

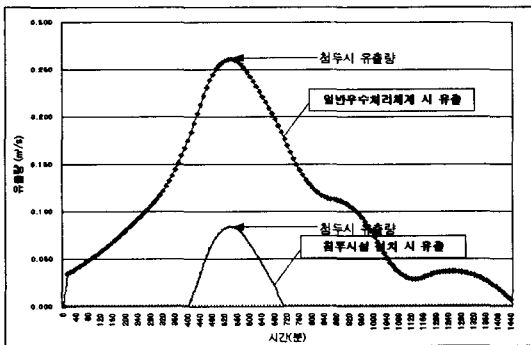


그림 9. 일반우수처리체계와 침투시설 설치시 유출량 비교

표 4. 유출량 감소 효과

구분	총유출량 (m ³)	침투시간 (분)	침투시유출량 (m ³ /s)	비고
침투시설 설치 않을 경우 Q1	9,245.820	530	0.261	
침투시설 설치 경우 Q2	943.186	530	0.084	유효강우 방법에 의한 계산
저감량 (침투량) Q1-Q2	8,302.634 (89%)	530	0.177 (67%)	

적으로 대상지에 침투통 104개와 침투관 922 m를 설치한다고 가정했을 때 재현 기간 10년, 강우 지속기간 24 시간 강우량에 대한 유출량을 시뮬레이션해 본 결과 총 유출량은 89% 감소, 침투시 유출량은 67% 감소의 효과를 얻었다.

V. 결론

본 연구는 도시형 홍수 대비 및 도시환경의 생태적 물순환 체계 확립을 위하여 단지차원에서 적용 가능한 분산식 우수처리 시스템을 제안하였다. 이에 국내 기존 배수시스템에 적용 가능한 침투시설을 개발하고 개발한 제품의 사례적용을 통하여 유출량 감소 효과를 검토하였다.

분석결과, 개발한 침투통의 단위 침투량은 1개당 1.353 m³/hr이며 단위 저류량은 0.299 m³/hr이다. 또한 함께 조합하는 침투관의 단위 침투량은 1 m당 0.541 m³/hr, 단위 저류량은 0.118 m³/hr로 계산되었다. 그리고 침투통 104개와 침투관 922 m를 설치한다고 가정했을 경우 재현기간 10년, 강우 지속기간 1일(1440분) 강우량에 대해서 총유출량은 89%, 침투시 유출량은 67% 감소되는 효과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서 사례 연구를 실시한 '상암 새천년 주거단지 6블럭'의 경우, 토양의 투수계수가 높고, 인공 지반의 비율이 낮아 침투시설을 최대한 설치할 수 있어, 유출량 감소에 있어서 높은 결과를 얻을 수 있었다. 더불어 본 연구에서 제시하는 시설은 기존의 집수정을 대체하고 하수도와의 많은 연결을 필요로 하지 않으므로 공사비를 감소시켜 직접적인 경제적 효과를 얻어낼 수 있고 환경에 대한 부하를 줄임으로써 파괴된 환경 복원에 소요되는 비용을 절약할 수 있다.

그러나 대상지의 규모가 크지 않고 모의 결과 계산이므로 본 연구에서 얻어진 결과를 일반화시키기는 어려우며, 비록 현장실험에 의한 투수계수를 이용하여 총 유출량 감소효과를 분석하였다고 해도 이렇게 제시된 값이 실측값과의 비교가 어려운 한계점을 갖고 있다. 따라서 침투시설의 침투능력에 영향을 주는 많은 요인들에 대해 후속연구가 필요하며 이러한 연구결과를 토대로 보다 정밀한 효과분석이 이루어지리라 본다. 또한 본 연구 이후 개발된 침투통에 대한 현장적용을

통해 이에 대한 실측치를 근거로 효과분석이 필요하며 이를 근거로 보다 분산식 우수관리가 확대 보급되기를 기대한다.

- 주 1. 이와 관련된 연구는 지난 90년대 중반 이후로 활발히 진행되고 있으며, 우수유출저감 시설에 관한 연구(시정개발연구원, 1998) 및 분산식 우수관리의 개념 정립 및 국내에서의 적용방안(이태구와 한영해, 2003), 지구단위 차원에서 친환경적 우수관리 기법(이태구 등, 2002) 등이 논의된 바 있다.
- 주 2. 이외에도 침투관이나 침투트렌치 등의 다른 침투시설과 조합이 가능해야 하며 설치에 따른 비용이 저렴하고 시공후 유지 관리가 용이한 방향으로 제품을 개발하였다.
- 주 3. 본 연구에서 사용된 침투관은 기존의 유공관을 이용·대체하였다.
- 주 4. 본 연구에서 개발한 침투통의 구조와 성능이 일본에서 상품화되고 있는 침투통과 유사하기 때문에 이에 대한 적용기준은 일본의 '우수침투시설기술지침(안)-조사·계획편(우수침투저류시설협회, 1995)를 참고로 하였다.
- 주 5. 실험 결과 흙의 비중 $G_s = 2.7$, 흙의 최대진조단위중량 $\gamma_{dmax} = 1.878 \text{ g/cm}^3$ 이다.
- 주 6. $Q = k \frac{\Delta h}{L} A t = k \frac{\Delta h}{L} \frac{\pi D^2}{4} t$ 에서 $k = \frac{4LQ}{\Delta h \pi D^2 t}$
- 주 7. 투수시설 설치의 효과를 극대화하기 위해서는 토양 투수율이 $5 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 이상이어야 하고 점도가 40% 이상을 차지해야 한다(사단법인 우수저류침투협회, 1995).
- 주 8. 비침투량은 도입시설의 크기에 따른 침투량 변화 값을 보정하기 위한 값이다. 비침투량의 산정은 일본 우수저류침투기술협회(1995)의 '우수침투시설기술지침(안)-조사·계획편'에서 제시한 그래프(p.38-39)를 따랐다. 침투통 시공시 자갈층을 포함한 시설직경 $D=0.9 \text{ m}$, 설계수두 $H=0.8 \text{ m}$ 에 해당하는 비침투량은 8.5이며, 침투관 시공시 자갈층을 포함한 시설직경 $D=0.55 \text{ m}$, 설계수두 $H=0.5 \text{ m}$ 에 해당하는 비침투량은 3.4이다.
- 주 9. 이외에도 침투시설의 침투능력은 강우강도나 강우지속시간, 침투시설의 설치간격, 밀도 등 다양한 조건에 따라 토양의 포화정도가 달라지므로 침투시설의 침투능력이 변화된다. 그러나 본 연구에서는 강우강도나 강우지속시간을 총유출량 산정시 재현기간 10년빈도 24시간 지속 확률강우량에 해당하는 276.7 mm 값을 확률강우량으로 두어 총유출량 저감효과를 분석하였다. 또한 침투시설의 설치 계획에도 전제를 두어 일정간격, 밀도에 대한 총유출량 저감효과를 분석하였다. 추후 각각의 영향요인에 따른 침투능 변화에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 경우 보다 정밀한 침투능 계산이 이루어질 것으로 보고, 본 연구에서는 지하수위의 영향과 막힘에 의한 저감만을 고려하여 단위침투량을 산정하였다.
- 주 10. 영향계수는 지하수위의 영향에 의한 저감계수($C1 = 0.90$)와 막힘에 의한 저감계수($C2 = 0.90$)를 곱한 값이다. 본 연구에서는 적절한 유지관리를 행하는 것을 전제로 하고 영향계수는 0.81로 한다.

- 주 11. 확률강우량의 산정은 안전설계를 위하여 재현기간별 가장 큰 값을 선정하는 것이 좋으나 경제성을 고려하여 적절한 확률강우량을 선정하는 것이 바람직하다. 근래의 서울지점에서 발생하는 게릴라성 폭우와 강수량의 증가 추세를 고려하여 본 연구에서는 연세대 공학연구소에서 최근에 제시한 값을 사용하는 것이 합리적일 것으로 판단, 10년 빈도 24시간 지속 확률강우량에 해당하는 276.7 mm 값을 확률강우량으로 사용하였다.
- 주 12. 콘크리트 건축물의 유출계수 값은 0.85에서 0.95 사이의 값을 갖고 녹지는 0.05에서 0.25 사이의 값을 갖는 등 유출 계수는 토지 이용 현황과 포장재에 따라 차이를 갖는다(윤용남, 1993).
- 주 13. 침투량 계산방법에는 강우량에 침투시설로 인한 침투량을 가산하여 총유출량을 계산하는 유효강우방법과 침투시설로의 유입량에서 설계 침투량을 빼는 일정양차방법, 침투량이 침투시설의 수심의 영향을 받는다는 것을 감안하여 계산하는 저류침투방법 등이 있다(우수저류침투기술협회(1995)). 본 연구에서는 일반적으로 사용하는 유효강우방법에 의해 총유출량 감소효과를 분석하였다.
- 주 14. 설계침투강도 I' 는 계획강우에 대해 어느 정도까지 침투가 가능한지를 나타내고, 침투시설의 효과를 대략적으로 파악하는데 유효한 지표이다. 설계침투강도는 설계침투량을 집수면적으로 나누어서 계산한다(행정자치부·국립방재연구소, 1999).
- 주 15. 침투시설의 침투량을 고려한 후 강우강도 F_c 는 설계침투량 $R(\text{m}^3/\text{hr})$ 과 침투시설의 집수면적에 의해 구해진다(우수침투저류협회, 1995).

인용문헌

1. 서울시정개발연구원(1998) 우수유출 저감시설 기준연구.
2. 서안환경설계연구소(2001) 친환경적 단지조성을 위한 우수관리기술 및 공법 개발 연구. 건설교통부·한국건설기술연구원.
3. 이태구, 한영해(2003) 분산식 우수관리의 개념과 국내에서의 적용방안. 대한국토·도시계획학회지 38(5): 271-282.
4. 이태구, 한영해, 박철민(2002) 친환경적 우수관리를 위한 지구단위계획에의 적용방안 연구. 대한국토·도시계획학회지 37(2): 105-116.
5. 윤용남(1993) 공업수문학. 서울 : 청문당.
6. 사단법인 우수저류침투기술협회 편(1995) 우수침투시설기술지침(안)-조사·계획편.
7. 사단법인 우수저류침투기술협회 편(1998) 우수침투시설기술지침(안)-제품편.
8. 행정자치부·국립방재연구소(1999) 우수유출저감시설 설치기법연구(Ⅱ).
9. Dieter Londong Und Annette Nothnagel(1999) Bauen mit dem Regenwasser. Oldenbourg.
10. Freie und Hansestadt Hamburg Umweltbehörde(2000) Dezentrale natu mahe Regenwasserbewirtschaftung.
11. König, K. W. (1996) Regenwasser in der Architectur. Okobuch Verlag

원 고 접수 : 2004년 2월 24일
 최종수정본 접수 : 2004년 4월 13일
 3인익명 심사필