

ORIGINAL ARTICLE

## 친환경적 보행도로 조성을 위한 저영향개발 침투화분에 관한 기초연구

염성진\*

넥서스환경디자인연구원

### A Study on the Low Impact Development Infiltration Treebox for Environment Friendly pedestrian

Sung-Jin Yeom\*

Nexus Environmental Design, Gyeonggi-do 13820, Korea

#### Abstract

Soil is the most important factor in natural environment for bio-diversity. Urbanization and development of city devastate urban soil by the fraternization of green network and run off pollution. In these facts, preservation of soil is the main issue in maintain of quality urban environment. In order to handle this issue, the gold network that link fragment soil patches is considered in maintain quality soil. This study researched the infiltration Treebox design technique based on the Low Impact Development. This technique suggest reduction of impervious area of the soil due to urbanization. The main concept of this study is encourage more permeable surfaces in urban area by using a infiltration planter. The function of the planter is hold run off as much as possible from intensive rainfall, and utilizes it in drought season. Also, this planter provides fertile soil for organism habitat by keeping appropriate moisture supplying.

**Key words** : Gold Network, Low Impact Development, Infiltration, Pedestrian, Treebox

#### 1. 서론

1970년대 이후 급격한 산업발전이후 고도의 경제성장과 공업화·산업화로 인한 인구의 도시집중화로 고밀도 주택개발과 도로개설로 도심 내 녹지의 감소, 녹지의 파편화로 인한 녹지간의 연결성 현저히 저하된 실정이다. 또한 불투수 포장면의 급속한 증가로 도심 내 열섬현상과 기상이변에 의한 기온상승, 기후변화로 국지성 호우, 강우강도 및 강수량이 증가되고 있으나 적절한 해결방법의 부재로 문제점이 발생되고 있다.

최근 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 분야는 생물다양성과 기후변화이다. 생물다양성은 육상생태계, 해양생태계 및 그 밖의 수중생태계와 이들 생태계가 부분을 이루는 복합생태계 등 모든 분야의 생물체간의 변이성을 말하며, 이는 종내의 다양성, 종간의 다양성 및 생태계의 다양성을 포함한다. 이러한 생물다양성은 기후변화, 외래종 침입, 생물다양성 보전체계 미흡으로 위협(Park, 2007)받고 있으며, 생태계에 영향을 덜 미치는 범위 내에서 해결하려는 노력들이 이루어지고 있다.

또한 환경 분야에서 지속적으로 대두되고 있는 생태

Received 27 August, 2015; Revised 4 September, 2015;

Accepted 9 September, 2015

\*Corresponding author : Sung-Jin Yeom, Nexus Environmental Design,  
Gyeonggi-do 13820, Korea

Phone: +82-2-578-2930

E-mail: ginja002001@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

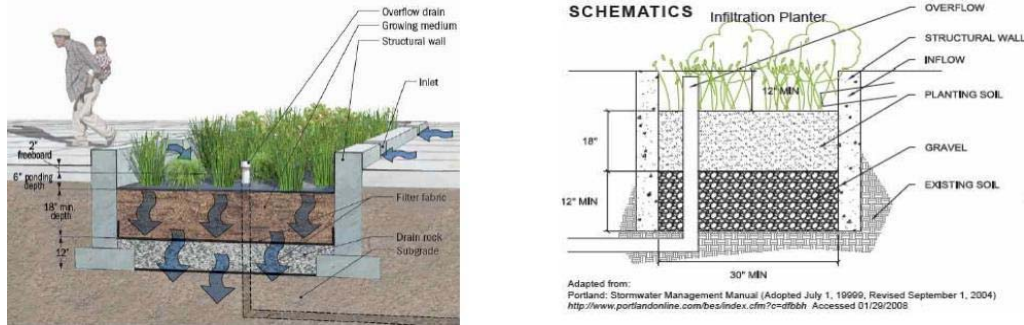


Fig. 1. Basic structure of LID infiltration treebox filter.

네트워크(ecological network)는 생태계 보전·관리 분야에 네트워크의 고유 개념을 적용하여 구조와 기능을 고려한 생태계 향상을 도모하고 있다. 일반적으로 생태네트워크는 생태계 전반에 걸친 통합 네트워크를 의미하며 구체적으로 녹지분야의 그린네트워크(green network), 수생태계 분야의 블루네트워크(blue network), 바람길 등의 화이트네트워크(white network) 등으로 구분된다.

이러한 용어는 이제 우리에게 매우 친숙한 용어이고 환경관련 계획에 빠짐없이 등장하고 있으나 생태계의 중요한 구성요소인 토양의 역할과 기능을 충분히 반영하고 있지 못하며, 오늘날 다양한 환경, 생태적 문제에 있어 근본적인 해결방안으로써 한계점을 지니고 있다(Yeom et al, 2010). 이러한 한계점을 극복하기 위해 관심이 집중되고 있는 토양은 ‘식물에 영양을 공급하여 자라게 할 수 있는 흙’이라는 사전적 의미를 가지고 있으며, ‘암석의 파편으로 이루어진 무기 성분과 동식물의 유체가 분해해 생긴 유기성분이 혼합된 지각 최표층의 생성물’이라는 학문적 의미를 가지고 있다. 또한 토양은 지구상에서 알려지지 않은 생명이 가장 많은 원천으로 선언됐으며, 토양생태다양성의 지속성에 대한 개념은 지속적으로 강조되고 있다(Akan, 1993; Primental et al, 1995; Lal, 1999). 이러한 토양을 기반으로, 연결성 개념을 도입하여 단절되고 파편화된 토양패치를 유기적으로 상호 연결하여 생태복원, 탄소저감, 기후변화 대응 등의 역할을 수행하는 생태네트워크인 토양네트워크(gold network)는 오늘날 더욱 중요한 의미를 가지게 된다(U. S. EPA, 2000; Lee et al., 2013). 토양네트워크에서의 수직적, 수평적 연결성과 식물, 저영향개발(LID)의 접목(Park,

2002)을 통해 우수침투의 기능을 높이는 침투화분에 대한 관심이 높아짐과 더불어 다양한 분야에서 연구(Joo et al., 2011; Moon, 2015)가 진행되고 있다. 아울러 저영향개발 침투 화분의 기법연구와 침투화분의 적절한 설치 규모를 확인하기 위해 다양한 시험을 통해 침투화분의 기본구조(Fig. 1) 및 설치의 개요를 규정한 연구(Kang et al., 2010; National institute of environmental research, 2012), 가로수하부에 여과부가 포함된 구조물을 매립하여 우수를 유입한 후 여과, 침투를 거쳐 기존 우수관으로 유출되도록 한 나무여과상자(Treebox filter)를 통해 강우 유출수의 침투를 유도하고 오염물질의 저감, 침투유량 감소 및 침투시간 지연에 관한 연구(Diets과 Clausen, 2008; Bedan과 Clausen, 2009), 나무여과상자의 구조를 분석하여 우수로 흘러들어온 물리적, 화학적, 생물학적으로 오염물질의 제거율에 관한 연구(Park, 2011) 등이 축적되고 있다. 이러한 다각적인 연구에도 불구하고 지금까지 연구되어진 침투화분은 보행도로와 차도의 우수를 인입하여 침투유출량을 감소 및 침투시간을 지연하고 유출수를 여과하여 기존 우수관으로 다시 흘러보내는 것으로 강우량이 급증하게 되면 홍수로 이어지는 것은 기존 우수관을 사용하는 도로와 크게 다르지 않다(Fig. 2, 3). 이에 비해 외국에서 사용되고 있는 침투화분의 공법으로는 물 순환 기능을 고려한 친환경적 도시계획기법인 저영향개발기법으로 미국 프린스 조지 카운티에서 시작되어서 현재는 미국 내 다수의 곳에서 확인 할 수 있다. 차량도로와 보행도로로부터 우수가 유입될 수 있도록 경계석의 일부 구간에는 우수로가 조성(USDA, 1986)되어 있고, 녹지공간에는 가로수와 습하거나 건조한 환경

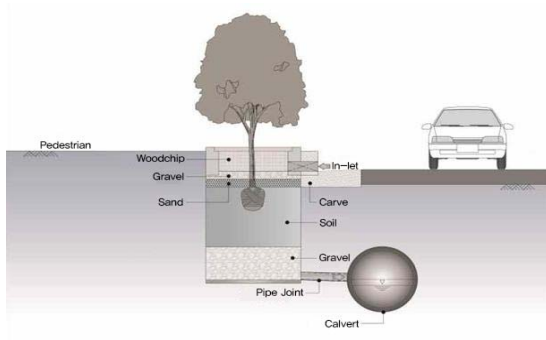


Fig. 2. Structure of treebox filter.



Fig. 3. Illustration of filtering system in treebox filter.

모두 서식이 가능한 초본류가 식재되어 있어 강우 시 침투화분 내에 일정량의 우수가 저류되고 넘치는 우수는 오버플로어관을 통하여 연결된 배수관으로 배수되는 구조를 활용하여 실용화 단계(Jones, 2000; Bonsignore, 2003)에 접어들고 있다.

그럼으로 본 연구는 도시화로 인해 토양의 불투수 면적이 급격히 상승되어 변화하는 도시의 기후변화에 대응하지 못하는 문제점을 해결하기 위하여 저영향개발기법을 활용한 침투화분의 도입을 제안하여 토양 내 우수의 침투 및 저류의 효과 증대에 따른 식물의 생육환경 개선과 도심 내 불투수 면적을 감소하기 위한 기초자료로서의 활용을 목적으로 연구를 진행한다.

## 2. 범위 및 방법

### 2.1. 연구범위

본 연구의 범위는 도시계획 시설의 결정·구조 및 설치 기준에 관한 규칙에 의거하여 가로수 보호시설 설치 기준에 의해 보도폭 4.0 m 이상 보도로 설정하여 관련법규 및 설계지침 등의 문헌조사와 기존 보도 및 가로의 현황 및 문제점 그리고 저영향개발 침투화분 적용필요사례 등을 파악하기 위한 선행연구를 통해 현 시점에 적합한 저영향개발 침투화분의 기준과 설계고려사항을 제안하였다.

### 2.2. 연구방법

#### 2.2.1. 설계지침, 관련법규 분석 및 문제점

본 연구는 설계지침, 관련법규 분석 및 문제점을 현재 설치되어진 보도, 가로 및 녹지의 설계지침과 관련법규

를 분석하고 기존 보행도로의 불투수 면적 현황, 설치형태 등의 기초자료를 파악하고 그에 따른 문제점을 분석하였다.

#### 2.2.2. 저영향개발 침투화분 적용사례

저영향개발 침투화분의 강우유출의 관리 및 다양한 생물의 서식이 가능한 기능과 설치기법 등을 조사하였으며 선행연구된 저영향개발 침투화분의 적용방안과 효과를 연구하고 설치 사례를 분석한다.

#### 2.2.3. 제안하는 저영향개발 침투화분 설계 기준 제시

기존 침투화분은 토양으로 빠른 침투를 통해 물순환 효과와 토양내 미생물의 서식환경 마련이 주된 효과였으나 본 연구에서 제시하는 저영향개발 침투화분은 우수의 저류 기능을 개선하여 갈수기에도 뿌리를 통해 수분을 흡수 가능한 시설물을 제시한다. 또한 서울시 상습침수 지역인 강남구와 동작구, 종로구를 대상으로 선정하여 2002년, 2005년, 2011년의 불투수 포장율의 변화를 통해 도심내 포장율의 변화도를 분석하였으며 일반 4차선 도로를 예시로하여 녹지량 증가에 따른 우수침투량을 검토하였으며 그에 따른 저영향개발 침투화분을 조성으로 강우시 포장면의 저류 및 침투량의 변화를 파악하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 설계지침, 관련법규 분석 및 문제점

#### 3.1.1. 설계지침 분석

##### ① 도로 및 보행자도로설치 설계지침 분석

토지주택공사 조경설계기준에 따르면 보행자 전용도로는 폭 8 m 이상에 대하여는 수목소재를 도입하고 폭

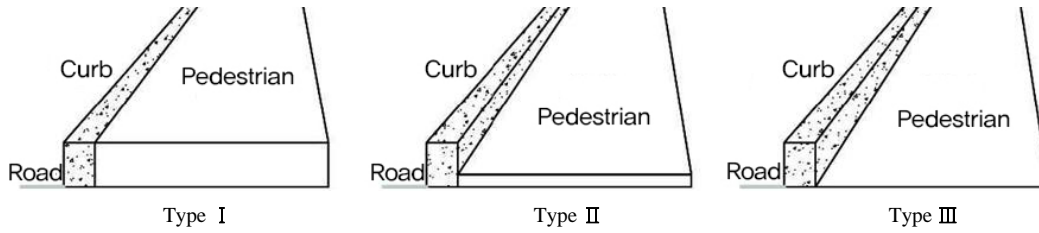


Fig. 4. Types of curve installation in road.

12 m 이상이고 연장 30 m 이상인 경우에 대하여는 주변 지역의 토지이용계획을 감안한 공간계획을 수립하며 포장은 보행시 인식이 가능한 규모로 unit를 갖도록 하고 pattern과 방향성을 갖도록 한다. 국토해양부 보도설치 및 관리지침에서는 보도의 유형을 3가지로 구분(Fig.4) 하였으며 다음과 같은 특징을 갖는다.

보도면 유형 I은 일반적으로 사용되는 형식으로, 보도면이 차도면 높이보다 높고 연석 높이와 같은 형식이다. 시각장애인이 횡단보도 등을 인지하는 측면에서 우수한 반면, 건물 진입로 등에서 보도의 중단경사를 크게 하여야 하는 단점이 있다. 또한 식수대 등으로 차도와 충분히 분리되지 못한 경우에는 보행자가 차도로 쉽게 진입할 수 있어 통행 안전상의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 유형 I을 선택하는 경우에는 보행자의 통행 안전을 위한 대책이 수반되어야 한다. 보도면의 높이는 차도면으로부터 150 mm를 표준으로 한다.

유형 II는 연석보다는 낮고 차도 면보다는 높은 구조로 건물 진입로에서 중단 경사가 빈번하게 변화되지 않는 장점이 있다. 보도면 높이는 차도면으로부터 50 mm를 표준으로 한다. 횡단보도 진입부 등에는 시각 장애인용 점자블록을 설치한다.

유형 III은 연석보다는 낮고 차도 면과는 동일한 높이를 갖는 구조로 건물 진입로 등에서 중단경사의 변화를 줄 필요가 없는 반면 차도로부터 빗물이 보도 쪽으로 유입될 소지가 있으므로, 이에 대비한 배수 대책이 필요하다. 유형 II와 마찬가지로 횡단보도 진입부 등 차도와 경계 지점에는 시각 장애인을 위한 점자블록을 설치한다. 차도에 인접하여 보도를 설치하는 경우에는 보행자의 통행 안전을 위한 대책이 마련되어야 하며, 일반적으로 연석 등을 이용하여 차도와 구분한다. 자동차의 주행속도가 높고, 자동차의 보도 진입이 우려되는 곳에서는 필요

에 따라 보도용 방호울타리를 추가적으로 설치한다 (Ministry of land, infrastructure and transport, 2011).

#### ② 녹지

공공공지란 도시 내 주요시설물 또는 환경의 보호, 경관의 유지, 재해대책 및 보행자의 통행과 시민의 일시적 휴식공간의 확보를 목적으로 설치함에 따라 다음 사항을 고려하여 설계하며, 주변도로 기능별로는 개발계획에서 부여된 기능(원충 및 경관녹지, 보행, 휴양공간)을 감안하고 특히 도로 부속시설과의 유기적인 공간확보가 되도록 하는 간선도로변 공공공지와 개발계획에서 부여된 기능과 도로부속시설을 감안하며, 특히 단지 내 차량진출입시 시거확보에 유의해야하는 보조간선도로변 공공공지로 나누어진다.

도로조경의 가로수 설계기준은 중로 3류(보도폭 2.5 m이상) 이상의 도로에 식재하며, 동일 노선은 동일 수종으로 하며 가로수량은 많은 경우 수목의 수급을 고려하여 노선별로 수종을 분배할 수 있으며 지자체 요구를 반영하며 배식시에는 다음 사항을 검토 반영한다.

- 지하 매설물 : 통신관로, 우·오수관로(box), 도시가스관 등이 지나지 않도록 사전협의하고 부득이한 경우 토심확보 조치를 취한다.
- 토심확보 : 지반이 암반, 불투수층, 쓰레기 매립지, 해안매립지 등 식재 부적합한 경우 식재가능한 토심을 확보하고 생육에 지장이 없도록 별도의 조치를 강구한다.
- 가로시설물
  - 신호등과 횡단보도가 있는 경우는 신호등을 가리지 않는 위치에 식재하고 횡단보도가 그늘질 수 있도록 배식지점을 선정한다.
  - 가로등, 한전주, 분전판넬 등이 있는 지점을 확인하

여 인접하지 않도록 배식지점을 선정한다.

- 지구 외 도로와의 연계 배식 : 사업지구와 연결되는 지구 외 도로의 가로수종은 원칙적으로 일치시킨다.

3.1.2. 관련법규 검토

① 도로 및 보행자전용도로

도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제16조(보도) 보도와 차도가 접한 경우 연석을 25 cm이하로 설치토록하며, 도시계획시설의결정·구조및설치기준에관한 규칙 제18조, 제19조에서 보도의 결정 기준 및 설치기준으로는 보행의 쾌적성과 경관 향상을 위해 투수성재료를 사용하며 녹지체계와 연계토록 한다. 또한 도시관리계획수립지침 [별첨 5]에서 녹도형 보행자 전용 도로는 배수가 자연스럽게 이루어지고 스스로 정화 될 수 있는 구조를 유지토록 지정하여 보행도로의 쾌적함을 향상 시키도록 한다.

기존의 보행도로는 포장면의 투수와 녹지의 경관향상의 목적으로 설치토록 하였으나 보다 효과적인 물순환을 위해 침투화분을 설치하여 포장면에서 투수한계점을 상화하는 우수를 녹지로 침투 및 저류되도록 하며 또한 도로측에서 우수관으로 흘려보내는 우수를 연석사이로 유입되도록하여 녹지를 통해 토양으로 침투되도록하여 우수 투수효과를 증대 할 수 있는 효과적인 녹지조성을 제시함.

② 녹지

도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 제2조, 제35조에서

는 도시지역의 자연환경을 보전하거나 공해나 재해를 방지하므로 도시경관을 향상하기 위한 목적으로 녹지를 설치한다고 지정되어 있다. 저영향개발 침투화분 설치를 통해 보도 및 차도를 통해 유출되는 우수를 토양으로 침투 및 저류하며 비점오염원의 여과를 증대 할 수 있도록 침투화분 설치를 제시함.

③ 수자원 활용

빗물관리 및 비포장, 투수포장의 확대관련 법규는 지속가능한 신도시계획기준 제5절 에너지이용 및 자원순환, 택지개발 업무처리지침 제17조에서 다루어지고 있으며, 물순환과 비오름 및 동식물 서식처 복원 도시관리 계획수립지침 제3장 제2절 자연환경 평가기준 및 방법, 저탄소 녹색성장 기본법 제52조, 자연재해대책법 제2조, 한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률 시행령 제2조에서 그리고 우수유출 저감시설 관련으로는 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제12장, 제61장 제120장, 자연재해대책법 제2조, 자연재해대책법 시행령 제16조, 공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 제13조, 하수도 시설기준에서 법령을 정하고 있다. 그러나 위에서 보여지는 빗물관리, 물순환과 비오름관련 사항 그리고 우수유출 저감시설(빗물 저류 및 침투시설) 등의 현재까지 지정된 사항은 녹지 내에 침투화분의 설치를 통해 수자원의 효율적인 이용방법이 아닌 신규로 별도의 시설을 통해 제시되는 방법으로 기존의 도로나 보행로에 적용하기에는 어려움이 따르며 설치면적도 규모가 크기 때문에 보도와 같이 면적이 작은 경우

Table 1. Ratio variation of impermeable pavement area in Seoul

Impermeable pavement area	2011		2005		2002	
	Road area	Area increase and decrease(%)	Road area	Area increase and decrease(%)	Road area	Area increase and decrease(%)
0~10%	26,507.9	43.58%	27,040.3	44.46%	27,806.7	45.72%
10~30%	971.1	1.60%	1,090.7	1.79%	786.2	1.29%
30~50%	1,905.6	3.13%	1,865.6	3.07%	1,631.3	2.68%
50~70%	2,074.2	3.41%	1,511.6	2.49%	1,491.0	2.45%
70~90%	6,759.2	11.11%	6,252.6	10.28%	5,326.6	8.76%
90%	22,613.8	37.17%	23,061.0	37.92%	23,772.3	39.09%
Total	60,831.8	100.00%	60,821.8	100.00%	60,814.1	100.00%

**Table 2.** Ratio variation of LID infiltration planter pavement in area prone to floods in Seoul

	Kangnamgu		Dongjakgu		Jongnogu	
	Road area	Area increase and decrease(%)	Road area	Area increase and decrease(%)	Road area	Area increase and decrease(%)
2007	5,456,381	-	2,639,116	-	2,310,732	-
2008	5,462,561	+0.11	2,659,777	+0.78	2,311,473	+0.03
2009	5,489,761	+0.50	2,664,367	+0.17	2,338,532	+1.17
2010	5,498,011	+0.15	2,671,396	+0.26	2,347,727	+0.39
2011	5,498,011	0.00	2,674,004	+0.10	2,352,476	+0.20

에는 설치가 어렵고 주변환경과 조화롭지 않다.

그럼으로 보다 소규모의 저영향개발 침투화분의 설치를 통해 우수의 활용도를 높이고 비점오염원의 여과와 토양 내 생물의 서식처 마련뿐만 아니라 저류를 통한 갈수기식 식물의 수분공급을 원활히 할 수 있는 방안으로 제시한다.

### 3.1.3. 기존 보행도로 현황

도시화에 따라 불투수면이 늘어나면서 지하수 고갈, 하천의 건천화, 도시 지역 내 홍수 유발, 수질오염 등 물

순환계의 불균형이 날로 심화되고 있다. Table 1에서 확인되다시피 서울시 불투수 포장면적을 확인해보면 0~10% 미만과 90% 이상의 포장면적은 점차 감소하고 있으나 그 외의 포장면적의 증가로 토지의 투수율은 점차 포장면이 증가되어 녹지면이 크게 변화되지 못하고 있는 실정이다.

또한 서울시에서 상습적으로 침수되는 강남구, 동작구, 종로구 3곳의 포장비율을 보면 매년 증가하는 것을 볼 수 있다(Table 2). 이는 현재 도심에 있어서 이동의 편

**Table 3.** Ratio variation of LID infiltration planter pavement in area prone to floods in Seoul

		Ratio variation of LID					
		0%	1%	2%	3%	4%	5%
Kangnamgu	area	5,498,011	5,443,031	5,388,051	5,333,071	5,278,091	5,223,110
	rainfall	1,099,602	1,088,606	1,077,610	1,066,614	1,055,618	1,044,622
	soakage		10,996	21,992	32,988	43,984	54,980
	quantity of undercurrent		3,665	7,331	10,996	14,661	18,327
Dongjakgu	area	2,674,004	2,647,264	2,620,524	2,593,784	2,567,044	2,540,304
	rainfall	534,801	529,453	524,105	518,757	513,409	508,061
	soakage		5,348	10,696	16,044	21,392	26,740
	quantity of undercurrent		1,783	3,565	5,348	7,131	8,913
Jongnogu	area	2,352,476	2,328,951	2,305,426	2,281,902	2,258,377	2,234,852
	rainfall	470,495	465,790	461,085	456,380	451,675	446,970
	soakage		4,705	9,410	14,115	18,820	23,525
	quantity of undercurrent		1,568	3,137	4,705	6,273	7,842

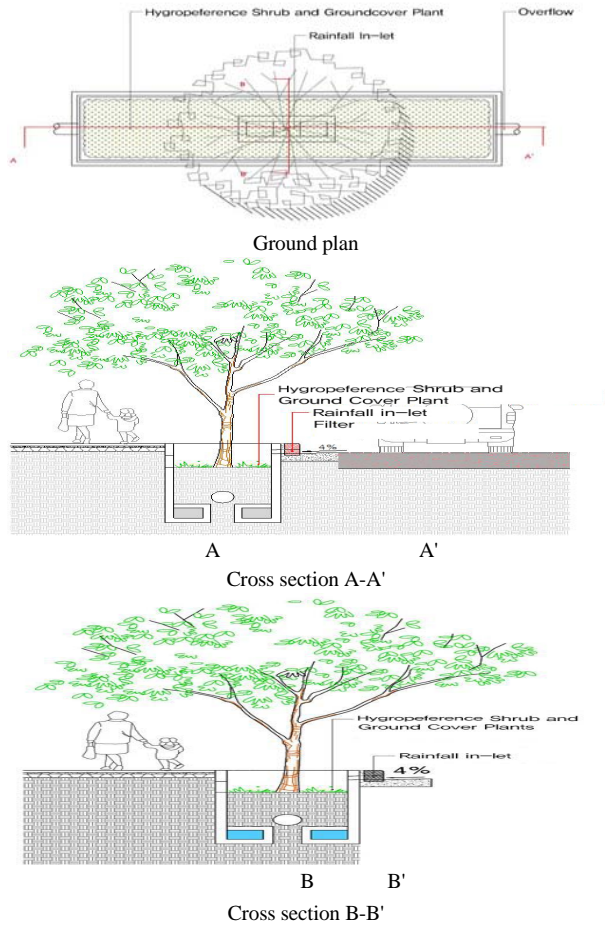


Fig. 5. Illustration of LID infiltration treebox filter installation in pedestrian road.

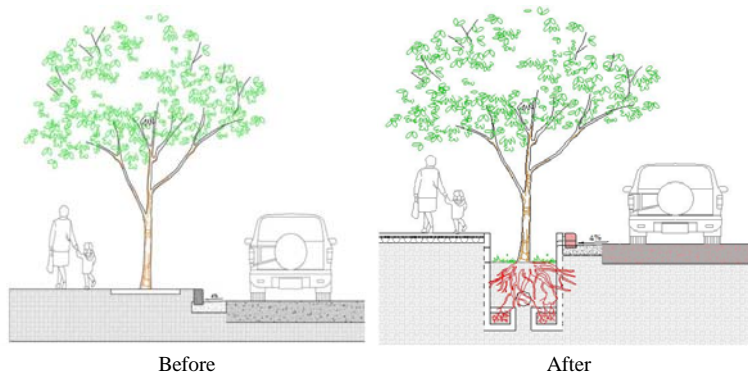


Fig. 6. Illustration of planting ares in existing road and LID infiltration treebox filter installation in pedestrian road.

Table 4. Characteristics of recommended plants in LID infiltration planter

Property	Excess water tolerance	Hygroptference	Root system characteristics	first species of trees	Encourage tree	help species of trees
a forest tree	strong	strong	deep	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> , <i>Sophora japonica</i> L., <i>Syrax japonicus</i> Siebold & Zucc.	
			middle		<i>Abies holophylla</i> MAX., <i>Prunus padus</i> L., <i>Acer palmatum</i> Thunb.	
			shallow	<i>Salix koreensis</i> Andersson	<i>Taxodium distichum</i>	
shrub	normal	normal	deep	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> , <i>Platanus occidentalis</i> L.	<i>Zelkova serrata</i> , <i>Acer ginnata</i> , <i>Tilia amurensis</i> , <i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm., <i>Chionanthus retus</i> , <i>Diospyros kaki</i> THUNB.	
			middle	<i>Celtis sinensis</i> Persoon	<i>Morus alba</i> L.	
			shallow	<i>Populus euramericana</i> Guinier, <i>Populus tomentiglandulosa</i> T. Lee	<i>Alnus japonica</i> (Thunb.) Steudel, <i>Rhus javanica</i>	
herbaceous flowers	strong	strong	-	<i>Salix gracilistyla</i> miq., <i>Salix graciliglans</i> NAKAI, <i>Salix purpurea</i> var. <i>japonica</i>	<i>Syringa dilatata</i> Nakai, <i>Rhododendron indicum</i> Linnaeus, <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Rhododendron schlippenbachii</i>	
	normal	normal	-	<i>Spiraea salicifolia</i> L.	<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> , <i>Forsythia koreana</i> , <i>Rosa multiflora</i> Thunb., <i>Prunus tomentosa</i> Thunb., <i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i> (Sieb et Miq.)Rehder, <i>Chaenomeles lagenaria</i> (Loisel) Koitz.	
	strong	strong	-	<i>Lythrum salicaria</i> , <i>Inula japonica</i> Thunb., <i>Hemerocallis fulva</i> var. Kwanso REGEL, <i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hack.	<i>Aster koraiensis</i> Nakai, <i>Belamcanda chinensis</i> LEMAN., <i>Hosta plantaginea</i> (Lam.) Aschers., <i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i>	
herbaceous flowers	normal	normal	-	<i>Aster yomena</i> , <i>Phlox subulata</i> , <i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i> , <i>Iris setosa</i> , <i>Iris pseudoacorus</i> , <i>Astilbe rubra</i> Hook. f. & Thomson var. <i>rubra</i> , <i>Iris sanguinea</i>	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> , <i>Elsholtzia splendens</i> Nakai, <i>Hosta longipes</i> (Franch. & Sav.) Matsum., <i>Sedum takesimense</i> , <i>Jasminumudiflorum</i> Lindl., <i>Pachysandra terminalis</i>	



의성을 위해 도입한 포장은 오늘날 불투수 면적의 증가를 초래한 결과로 추측할 수 있다. 녹지공간을 보더라도 협소한 면적 위에 가로수가 식재되어 강우 시 우수를 토양으로 침투 및 저류되는 우수도 녹지공간의 노출된 면적이 매우 좁아서 우수의 극히 일부만이 토양에 식재된 가로수 등의 식생에 흡수되어 생육에 이용된다. 우리나라는 기후특성상 여름철 짧은 시간동안 많은 양의 비가 내리는 집중호우의 성향을 띠는 기후대에 속하나, 도시화 및 산업화로 인한 불투수포장면의 증가로 다수의 강우는 토양으로의 저류와 저장을 통한 물순환이 막혀 배수구로 단시간에 배수되어 유실되며, 집중호우로 인한 배수 가능한 용량의 초과에 의해 홍수를 일으키거나 지반을 약화시켜 산사태 등의 자연재해를 발생시킨다. 또한 보행도로는 차량도로보다 높게 위치하고 있어 보행도로에 설치된 녹지로 우수의 유입이 원활하지 못하며, 차도로 떨어지는 우수는 별다르게 이용되지 못하고 배수구로 배수되어 유실된다. 그럼으로 보행도로 내 투수면적을 확대하고 보행도로와 차량도로로부터 유실되는 우수를 토양으로 유입을 시키기 위한 활용방안이 절실히 필요하다.

### 3.2. 제안하는 저영향개발 침투화분 설계 기준 및 고려사항

현재 조성되어진 불투수 포장면에 의해 원활한 물순환이 이루어지지 않아 주기적으로 집중호우에 의한 홍수피해가 나타나고 있다. Table 3와 같이 상습침수지역인 강남구, 동작구, 종로구 3곳의 도로면적에 따른 우수의 저류 및 침투로 강우량이 변화하는 되는 것을 파악한 결과, 소량의 변화로도 큰 효과를 볼 수 있는 것으로 유추할 수 있다.

기존의 저영향개발 침투화분은 강우 시 침투화분 내 우수가 침투하여 하부의 토양을 통해 침투 및 배제되고, 침투화분 내 저류 가능한 일정량의 우수량을 넘을 시 오버플로관을 통해 연결된 배수관으로 배수되나 본 연구에서 제안하는 저영향개발 침투화분(Fig. 5, 6)은 강우 시 하부의 토양을 통해 우수가 침투 및 배제되고 저류공간을 통해 우수가 저류되는 것이다. 저류공간의 우수를 통해 가뭄 시 가로수는 토양 아래로 뻗어 있는 뿌리를 이용해 우수를 흡수할 수 있다. 이 또한 저류공간 내에는 오버플로관을 설치하여 일정량의 우수가 저류된 이후에는

배수될 수 있도록 한다. 또한 저영향개발 침투화분은 우수관리를 위해 이용 가능한 토지를 효과적으로 이용하면서 식재되는 식생에 의해서 심미성도 제공할 수 있다. 침투화분 내 도입 가능한 수종으로는 가로변 가로수공간의 경우, 평상시에는 건조하고 호우 시는 습하며 집중호우 시에는 침수되는 공간으로, 건조하거나 습한 경우 모두 견딜 수 있는 내습성 식물 및 호습성 식물을 조성할 경우 더 효과적일 수 있다(Table 4). 내습성 식물 및 호습성 식물은 교목류, 관목류, 초본류의 다층으로 이루어진 구조로 식재하여 도심 내 서식 가능성 있는 생물들에게 서식 및 휴식처를 제공한다.

## 4. 결론

본 연구에서 제안하는 저영향개발 침투화분은 기존 침투화분에서 갖지 못한 저류기능을 내재하고 있어 집중호우에 의한 문제점뿐만 아니라 갈수기에 대응하는 시스템을 가짐으로 식물생장을 원활히 유지하는데 효과적인 활용이 기대된다. 또한 지하에 저류된 물을 통한 다양한 미생물의 서식환경의 조성 또한 토양에서 서식하는 생물의 먹이사슬 역할을 할 수 있어 토양네트워크의 순작용으로 볼 수 있다고 사료된다. 하지만 저영향개발기법의 원활한 적용을 위해서는 명확한 법적 기준이나 근거가 확립이 우선적으로 요구되며 초기 설치비용에 대한 부담을 줄일 필요가 있다.

본 연구는 도로변 보행도로에 적용이 용이한 가로수에 침투화분을 도입하여 기상이변으로 인한 기습강우 시 기존 불투수면으로부터 투수되지 못한 우수를 유입하여 침투화분 내 저류 및 토양으로 침투가 원활히 이루어지도록 도와 도시 내 기후변화 대응, 도심 내 미기후 완화와 오염물질 저감, 생물 서식환경을 개선, 토양연결성의 증대에 효과적이라는 가능성을 제시하는 수준의 기초연구였으나 앞으로는 저영향개발기법의 조성 계획을 위한 국가 및 정부 차원에서의 적극적인 검토, 저영향개발 침투화분이 도시에 도입 되었을 시 환경적으로 미치는 영향, 도시열섬현상 감소 및 탄소 감소율 및 도로 포장면 오염물질의 저감 등에 관한 구체적 지표에 대한 분석이 지속적으로 이루어 질 필요가 있다.

## REFERENCE

- Akan, A. O., 1993, Urban stormwater hydrology: a guide to engineering calculations, 1st ed, CRC Press, U. K, 93.
- Bedan, E. S., Clausen, J. C., 2009, Stormwater runoff quality and quantity from traditional and low impact development watersheds, *Journal of American Water Resources Association*, 45(4), 998-1008.
- Bonsignore, R. 2003, Urban green space effects on water and climate, *Design Center for America Urban Landscape Design*, 3, 2-10.
- Diets, M. E., Clausen, J. C., 2008, Stormwater runoff and export change with development in a traditional and low impact development, *Journal of Environmental Management*, 87, 560-566.
- Joo, J. G., Cho, H. J., Lee, Y. H., Kim, L. H., 2011, Development of infiltration facility by utilizing treebox for urban storm water runoff reduction, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 12 (11), 5330-5336.
- Jones, J. A., 2000, Hydrologic process and peak discharge response to forest removal, regrowth, and roads in 10 sa, experimental basins, Western Cascades, Oregon, *Water Resour. Res.* 36, 2621-2642.
- Kang, M. J., Na, E. H., Shin, C. M., Rhew, D. H., Cheon, S. U., 2010, Guideline for non-point sources management in TMDL development plan, *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineering*, 574-577.
- Lal, R., 1999, World soils and the greenhouse effect *The International Geosphere-Biosphere Programme(IGBP)*, *Global Change Newsletter*, 37, 4-5.
- Lee, D. K., Lee, H. C., Kim, E. Y., Song, W. K., Kim, Y. J., Hwang, S. Y., 2013, Introduction of Soil Network (Gold Network) as one of the Ecological Network. *The Korea Society Environmental Restoration Technology*, 16(1) 245-257.
- Ministry of land, infrastructure and transport, 2011, Side-walk setting and management guideline, Ministry of land, infrastructure and transport, Sejong.
- Moon, S. Y., 2015, Development and performance assessment of an infiltration planter for roof runoff management, M. S. Dissertation, Kongju National University, Kongju.
- National Institute of Environmental Research, 2012, Guideline for non-point sources management, 11-14 80523-001074-01, National Institute of Environmental Research, Incheon.
- Park, C.M., 2002, Comparing of flooding tolerance of herbaceous plants for selecting useful revegetation plants in shoreline slopes of lake, *The Korea Society Environmental Restoration Technology*, 5(2), 25-33.
- Park, K. J., 2011, A study for method and effect analysis of LID technique on the road for Ulsan metropolitan-, M. S. Dissertation, Pusan National University, Pusan.
- Park, U. J., 2007, Improving the function of urban green space for stormwater management, 2007-02, Gyeonggi Research Institute, Gyeonggi-do.
- Pimentel D., Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K., Kurz D., McNair M., Crist S., Shpritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R., 1995, Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits *Science*, 267, 1117-1123.
- USDA(United States Department of Agriculture), 1986, Urban hydrology for small watersheds, technical release 55. United States Department of Agriculture, Washington D. C, U.S.A.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2000, <http://water.epa.gov/polwaste/green/>
- Yeom, S. J., Tashiro, Y., Kinoshita, T., 2010, A study on the relationship between an existing green network and residents' green environment assessment, *Journal of the Japanese Institute of Landscape Architecture*, 73, (5), 808-811.