

# 도시지역에 적용하기 위한 소규모 인공습지 Test-bed 시설 평가

장 창 국\* / 이 소 영\*\* / 조 혜 진\*\*\* / 이 유 화\*\*\*\* / 김 이 형\*\*\*\*\*<sup>+</sup>

## Test-bed evaluation of developed small constructed wetland for using in urban areas

Changguk Kang\* / Soyung Lee\*\* / Hye-Jin Cho\*\*\* / Yuwha Lee\*\*\*\* / Lee-hyung Kim\*\*\*\*\*<sup>+</sup>

**요약 :** 기존의 건설기술 대부분은 주변 환경을 고려하지 않은 채 개발·적용되어 왔으며, 이는 일부 시설을 혐오시설로 받아들이는 지역주민들과의 마찰, 불투수층의 증가로 인한 도시내 환경수리학적문제 등과 같은 다양한 문제점을 야기하고 있다. 이와 더불어, 국내 강우유출수 관리에 대한 관심과 인식이 높아지면서 도시의 경제적인 측면뿐만 아니라 심미적인 측면, 환경적인 측면 등을 동시에 고려한 지속가능한 개발 및 친환경 건설기술이 요구되고 있다. LID(Low Impact Development)는 기존의 수리학적 기능을 최대한 유지하면서 강우시 발생하는 비점오염물질을 효율적으로 관리하는 기술로 국내외적으로 이에 대한 연구와 기술개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 본 연구는 도시지역(도로, 주차장 등)에 적용하기 위한 소규모 인공습지 기술을 개발하고자, Test-bed 시설 설치 및 모니터링을 실시하였다. SCW-1의 경우, TSS 65.9%, COD<sub>Cr</sub> 52.9%, TN 45.6%, TP 55.4%, Total Fe 67.2%, Total Pb 50.4%의 평균저감효율을 보이는 것으로 나타났으며, SCW-2는 TSS 82.4%, COD<sub>Cr</sub> 61.9%, TN 51.4%, TP 48.2%, Total Fe 73.8%, Total Pb 41.9%로 나타나, 도시지역의 주된 비점오염물질인 입자상물질과 중금속물질의 저감효과가 비교적 뛰어난 것으로 분석되었다. 본 연구결과는 소규모 인공습지가 향후 도시내 효율적인 물순환 시스템을 구축하고, 수생태계 보전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 :** LID, 도시지역, 소규모 인공습지, 저감효율

**Abstract :** Conventional construction technologies have been continually applied without consideration of its impact to the environment. This resulted to various problems including the negative responses of local citizens that regarded some constructed facilities as aversive facilities causing environmental and hydraulic problems in the urban area, etc. To prevent these problems, therefore, alternative methods should be undertaken. A new approach termed “Low Impact Development (LID)” technology is currently adapted in developed countries around the world. This study aims to investigate the efficiency of the developed small constructed wetland (SCW) with horizontal subsurface flow as a LID technique applicable in urban areas. Two test-bed facilities were constructed and monitoring had been conducted between July 2010 and June 2011. Based on the findings, the removal efficiencies achieved for TSS, COD<sub>Cr</sub>, TN, TP, Total Fe, Total Pb for the SCW-1 were 66, 53, 46, 55, 67 and 50%, respectively. On the other hand, the SCW-2 attained 82, 62, 51, 48, 74 and 42% efficiency for TSS, COD<sub>Cr</sub>, TN, TP, Total Fe, Total Pb, respectively. The results indicated that the removal of particulate matter and heavy metals which are considered as main pollutants from stormwater runoff in urban areas was satisfactory in the system. Therefore, the test-beds proved to be appropriate for the treatment of pollutants in urban landuses such as road, parking lot, etc. The results of this study can contribute to the conservation of aquatic ecosystems and restoration of natural water cycle in the urban areas.

**Keywords :** LID, Urban area, Small Constructed Wetland, Removal efficiency

<sup>+</sup> Corresponding author : leehyung@kongju.ac.kr

\* 정희원 · 공주대학교 건설환경공학부 · 석사

\*\* 정희원 · 공주대학교 건설환경공학부 · 박사과정

\*\*\* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 · 연구위원

\*\*\*\* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 · 수석연구원

\*\*\*\*\* 정희원 · 교신저자 · 공주대학교 건설환경공학부 교수

## 1. 서 론

도시화·산업화의 진전으로 토지개발이 가속화되고 대지, 도로, 주차장 등 불투수층 면적이 늘어남에 따라 비점오염원에 의한 하천 및 호소의 수질 영향도 커지고 있다(환경부, 2006a). 이와 같은 급속한 경제성장 과정 중에 주변 경관을 고려하지 않은 과도한 난개발이 이루어졌으며 현재까지도 주변 환경을 고려하지 않은 도로, 주차장 및 기타 구조물의 설치가 계속적으로 이루어지고 있다. 개발 전 강우 시에 발생된 강우유출수는 주변의 식생, 나무, 농작물 등에 의한 유속 저하 및 저류 현상, 토양에 의한 여과 및 침투 과정에 의해 오염물질 중 일부분이 제거된 이후 수계 내에서 처리가능한 적정양이 수계로 유입되어 왔다. 그러나 개발 후 도시 내의 불투수율의 증가는 침투, 증발산, 여과, 저류 등과 같은 자연적인 물 순환 시스템의 왜곡을 야기했으며, 침투유량의 증가, 도달 시간 및 오염부하량에도 큰 변화를 초래하였다. 개발로 인한 불투수면의 증가는 짧은 시간동안 많은 양의 물을 발생시켜 도시내 침수 및 하천 범람을 유발하며 하천 수로의 침식 및 확대, 침전물의 퇴적, 제방의 침식, 수생태 동물의 서식지 훼손 등 인간과 자연 환경에 커다란 영향을 미친다. 결국 도시 및 도심 내 하천은 수질 문제 뿐만 아니라 홍수, 건천화, 수생태계 질의 저하 등 다양한 형태의 수환경 문제에 직면하게 된다(최지용, 2004). 도시화가 진행될수록 건물의 옥상 및 교통관련 시설물은 증가하는 반면 식생공간은 감소하여 도시내 불투수면이 증가한다. 결국 강우시 발생한 강우유출수는 불투수면을 통해 빠르게 이동되기 때문에 증발산량, 침투량은 감소하고 유출량의 증가를 초래하게 된다(U.S. EPA, 2005). 또한 도시적 토지이용은 각종 경제활동을 통해 오염물질 발생을 가중시킴과 동시에 지붕, 도로 등과 같은 불투수층을 증가시켜 강우유출수의 지하침투는 감소시키고, 표면유출량은 증가시켜 다양한 환경수리학적 문제점을 야기한다(환경부, 1997). 건기 시 포장면, 관개 등에 축적된 마모된 타이어 분진,

도로노면에 떨어진 기름, 도로 보수공사시 발생한 토사 등과 대기 중에 존재하던 각종 오염물질들은 강우시 강우유출수와 함께 강하하거나 쓸려나와 한꺼번에 하천으로 직유입 되어 인근 수생태환경에 악영향을 미친다. 이러한 도시지역은 입자상 물질, 중금속류 및 각종 유해화학물질 등의 유출이 높은 지역으로써 강우초기에 고농도의 오염물질을 포함하고 있어 물고기 집단폐사 및 생태계 파괴를 야기시킨다. 특히 도로, 보도, 주차장 등과 같은 교통관련 불투수면은 배수시스템과 직접적으로 연결되어 있기 때문에 수문학적, 환경적으로 큰 영향을 끼치며 전체 불투수면적의 60~70%를 차지하는 것으로 조사되고 있다(강성원 등, 2005).

도로 및 건물 주변에 존재하는 가로수 및 식생 지역은 심미적인 기능뿐만 아니라 실제로 상당량의 물을 저장하는 기능을 가지며, 강우유출수의 유출을 지체하거나 유출수내 오염물질을 저감시킬 수 있는 공간이다. 미국 일부 지방에서는 강우시 발생된 강우유출수를 우수관거로 유입시키기 전에 인근 가로수나 조정시설로 유입시켜 유출량을 조절함과 동시에 오염물질을 저감시킨 후에 관거로 유입시키는 배수체계를 도입하여 수행 중에 있다. 그러나 국내 도로 및 도시지역에 적용된 연석은 포장면으로부터 유출된 강우유출수가 우수관거로 직유입되도록 설계되어 유출수내 오염물질은 전혀 제거되지 않은 상태로 수계로 유입되고 있다. 또한 도시 및 도로에 조성된 대부분의 식생 공간은 포장면에 비해 비교적 높은 위치에 있거나 경사가 높아 강우유출수가 유입되지 못하고 우수관거나 합류식 하수관거로 직유입된다. 이러한 배수시스템은 집중강우시 노면에서의 배수가 원활히 이루어지지 않을 수 있으며, 주변 건물 및 시설물의 침수피해, 차량의 주행성과 쾌적성 저하 및 포장 구조체 파손 등과 같은 문제점을 야기한다(환경부, 2006b).

최근 지진, 해일, 국지성 폭우로 인한 침수 등과 같은 자연재해가 빈번하게 발생되고 있으며, 이와 더불어 국민들의 의식 및 생활수준 또한 크게 향상되어 지구온난화, 사막화, 황사, 기상이변 등과 같은 환경문제에 대한 관심이 증가하고 있다. 국내 강우유출수 관리에 대한 관심 및 인식이 높아지면

서 도시의 경제적인 측면뿐만 아니라 심미적인 측면, 환경적인 측면 등을 동시에 고려한 지속가능한 개발 및 친환경 건설기술이 요구되고 있다. 이러한 요구에 부합하기 위하여 LID(Low Impact Development) 관련 기술의 개발 및 적용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 국내 환경에 적합한 가이드라인, 설계기준 등은 매우 부족한 실정이다. 따라서 강우 시 발생된 비점오염물질을 처리함과 동시에 설계용량을 넘어서는 유량에 대해서 신속한 배수가 가능하게 만드는 기술개발이 필요하다. 본 연구에서는 도시 및 도로가에 존재하는 조경공간을 활용하여 개발 후 발생되는 환경수리학적 문제점을 해결하기 위한 소규모 인공습지 기술을 개발하고자 Test-bed 시설을 설치하여 모니터링을 수행하였으며, 모니터링 결과를 토대로 기술평가 및 시설의 적용가능성을 살펴보았다.

## 2. 연구방법

### 2.1 Test-bed 시설의 개요

소규모 인공습지는 HSSF(Horizontal Subsurface Flow) 형태로서, 기술의 적용성, 설치효과, 용이성 등을 평가하기 위하여 Test-bed 시설 SCW-1과 SCW-2를 제작하여 공주대학교 천안캠퍼스 교내에 설치하였다. 두 개의 시설을 설치한 이유는 서로 다른 HRT와 유역면적에서의 소규모 인공습지 적용성을 평가하기 위해서다. 시설의 규모는 설계강우량을 5mm로 하여 비점오염관리 업무편람(2006, 환경부a)의 자연형 시설의 용량 산정식인 식(1)을 적용하여 산정하였으며, Table 1은 각각의 시설에 대한 제원을 정리한 것이다.

Table 1 Physical design characteristics of the test-beds

Facilities	Land use	Impervious ratio (%)	Catchment area (m <sup>2</sup> )	Capacity (m <sup>3</sup> )	Design rainfall (mm)	HRT (hr)	Demension (m <sup>3</sup> )
SCW-1	Road	100	600	2.73	5	0.9	1×6.5×0.7
SCW-2	Road	100	460	2.94	5	1.3	1×7.0×0.7

Test-bed 시설은 크게 침전부와 습지부로 구성되며, 침전부에 자갈(20~40mm), 습지부에 자갈(10~20mm)과 모래(2~5mm)를 충전하였다(Fig. 1). 침강지와 습지부 사이에 우드칩을 충전한 수직여재층을 두어 입자성 물질과 중금속의 저감능력 및 유지관리의 편의성을 도모하였으며, 집중호우시 발생할 수 있는 초과우수량을 신속하게 배제시키기 위하여 우측면에 길이방향으로 우회수로를 설치하였다. 또한 시설내 유체의 자연스러운 흐름을 유도하기 위한 경사를 길이방향으로 1~2%정도 두었으며, 습지부 식생으로 창포를 식재하였다. 습지부 식재 가능한 식물군으로는 갈대, 억새, 애기부들, 창포 등이 있으나, 조경공간의 의미를 고려하고 건기시에도 충분히 자생할 수 있는 식물군이 조성되어야 하기에 창포를 선

정하였다.

$$WQV = (P1) \times (A) \tag{1}$$

P1 : 누적유출고로 환산한 설계강우량 (mm)

A : 배수면적 (ha)

### 2.2 Test-bed 대상지점 선정

소규모 인공습지(Small Constructed Wetland, SCW) 기술의 적용가능성을 살펴보기 위하여 충남 천안시 공주대학교 천안공과대학내에 Pilot plant 규모의 Test-bed를 설치하였다. Fig. 2(a)는 Test-bed 시설의 설치 지점을 보여주고 있으며, 강우시 발생되는 비점오염물질을 처리하기 위하여

차량의 통행이 빈번한 도로 및 주차장의 주변조경 공간을 활용하여 설치하였다. Test-bed 시설 설치 전, 강우유출수는 도로의 경사를 따라 유역면적 인근에 존재하는 우수맨홀을 통해 우수시스템

으로 직유입되는 시스템이었으나, Test-bed 시설 설치 후, Fig. 2(b)에 나타난 바와 같이 시설내로 유입되어 강우유출수내 존재하는 오염물질을 저감시킨 후, 인근 우수시스템으로 배출되도록 하였다.

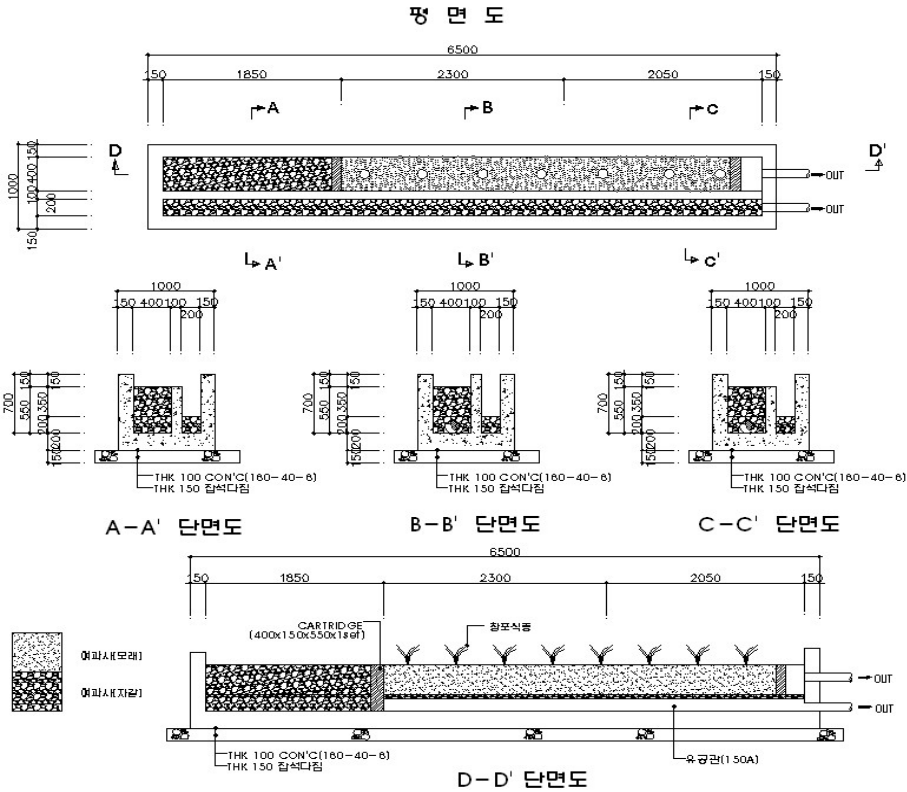
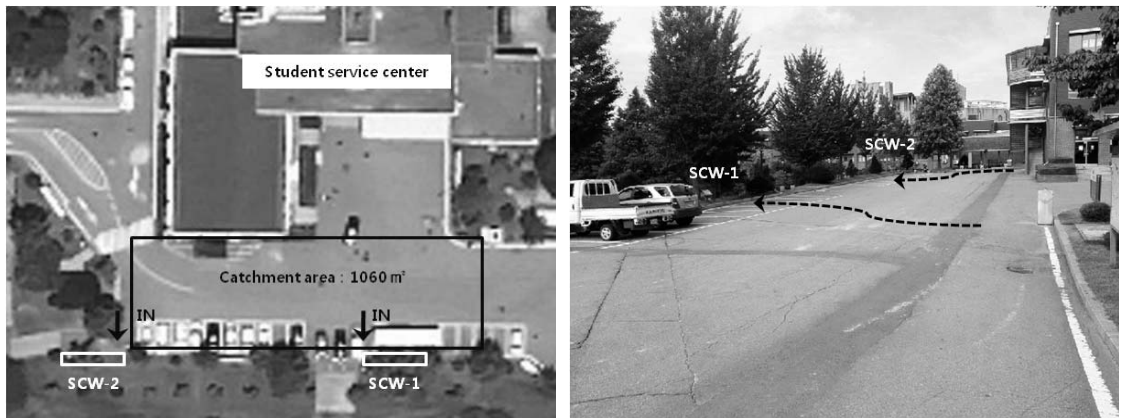


Fig. 1 Detailed design of the SCW



(a) 시설 설치 지점

(b) 강우유출수 흐름경로

Fig. 2 Runoff flow paths and site location of the test-beds

### 2.3 모니터링 및 분석 방법

유역면적 내에서 발생하는 강우유출수에 대한 Test-bed 시설의 거동 및 수질정화능력을 평가하기 위하여 강우시 모니터링을 실시하였으며, 시료 채취는 강우유출수가 시설 내부로 유입되는 시간을 기준으로 0분, 5분, 10분, 15분, 30분, 1시간, 1시간 이후부터는 1시간 단위로 유입 및 유출부에서 수행되었다. 시설 모니터링에 의하여 채취된 시료는 실험실로 신속하게 운반되었으며 TSS, COD<sub>Cr</sub>, TN, TP, Total Fe, Total Pb에 대하여 수질오염공정기준에 준하여 수질분석을 실시하였다(Maniquiz et al., 2010).

또한 시설 내 유입 및 유출수에 대한 오염물질 부하량을 산정하기 위하여 유량가중 평균농도(Event Mean Concentration, EMC)를 식(2)에 의하여 산정하였다(Ujevic et al., 2000). 여기서 C(t)와 Q<sub>TRe</sub>(t)는 강우 지속시간 t에 대한 오염물질의 농도와 유출율을 의미한다. 오염물질별 저감효율은 식(3)을 적용하여 산정하였으며, Min은 유입부하량(kg), Mout은 유출부하량(kg)을 의미한다.

$$EMC \text{ (mg/L)} = \frac{\text{Discharged mass during an event}}{\text{Discharged volume}} = \frac{\int_0^T C(t) \cdot Q_{TRe}(t) dt}{\int_0^T Q_{TRe}(t) dt} \quad (2)$$

$$RE(\%) = \frac{M_{in} - M_{out}}{M_{in}} \times 100 \quad (3)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 모니터링 결과

SCW-1과 SCW-2에 대한 강우시 모니터링은 2010년 7월부터 2011년 6월까지 각각 6회씩 수행되었으며, Table 2는 각각의 시설에 대한 모니터링 결과를 나타내고 있다. 선행건기일수(Antecedent Dry Days, ADD)는 SCW-1이 0.2~34.2일, SCW-2가 0.2~20.7일의 범위로 나타났다. 총강우량의 경우, SCW-1과 SCW-2 모두 1.5~22.5 mm의 범위를 보이는 것으로 나타나 각각의 시설에 대한 모니터링 결과가 비슷한 범위를 보이는 것으로 나타났다.

Table 2 Hydrologic characteristics of the monitored storm events

Facilities	Monitoring date	ADD (day)	Total rainfall (mm)	Rainfall duration (hr)	Rainfall intensity (mm/hr)
SCW-1	2010.07.16	1.6	4.0	4.4	0.9
	2010.07.28	0.6	1.5	1.8	0.8
	2010.08.10	3.1	22.5	2.2	10.1
	2011.02.27	34.2	3.0	3.0	1.0
	2011.04.26	0.3	4.5	1.2	3.9
	2011.06.29	0.2	2.0	1.0	2.0
SCW-2	2010.07.28	0.6	1.5	1.8	0.8
	2010.08.10	3.1	22.5	2.2	10.1
	2011.04.26	0.3	4.5	1.2	3.9
	2011.05.26	4.5	5.0	4.5	1.1
	2011.06.22	20.7	1.5	1.1	1.4
	2011.06.29	0.2	2.0	1.0	2.0

### 3.2 유입 및 유출 특성

Fig. 3은 2010년 8월 10일에 수행된 모니터링에 대한 수리수문농도곡선으로써, 시간에 따른 오염물질별 농도변화를 유출량과 함께 각 시설별로 나타낸 것이다. 수리수문곡선은 현장에서 측정된 시간대별 시설 유입수 및 유출수의 유출율을 측정하여 나타내었다. 농도곡선은 입자성 물질(TSS), 유기물질(COD<sub>Cr</sub>), 영양염류(TN, TP), 중금속(Total Fe, Total Pb)에 대한 유입 및 유출 특성을 보여주고 있으며, 가로축은 강우지속시간, 세로축은 오염물질의 농도, 유입 및 유출량을 나타낸다. 농도곡선에서 보여주듯이, 유입 및 유출수 내 대부분의 오염물질은 초반에 비교적 높은 농도

값을 보이는 것으로 나타났으며, 시간이 경과함에 따라 농도가 서서히 감소한 후, 일정한 농도범위를 보이며 유입 및 유출되었으며, 유입 및 유출량 또한 이러한 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 도로 및 주차장 등과 같은 포장지역에서 유출되는 비점오염물질의 가장 큰 특징은 초기강우현상이며, 이러한 초기강우가 끝나고 난 이후에는 유출수 내 오염물질의 농도는 급격하게 감소하는 경향을 보인다(Bertrand-Krajewski et al., 1998; Wu et al., 1998). 수리수문농도곡선 분석 결과, 본 연구지점 또한 포장지역의 대표적인 유출특성인 초기강우현상을 보이는 것으로 나타났으며, 도로 및 주차장에 대한 Test-bed 시설의 성능평가를 위한 적절한 위치선정이 이루어졌다고 판단된다.

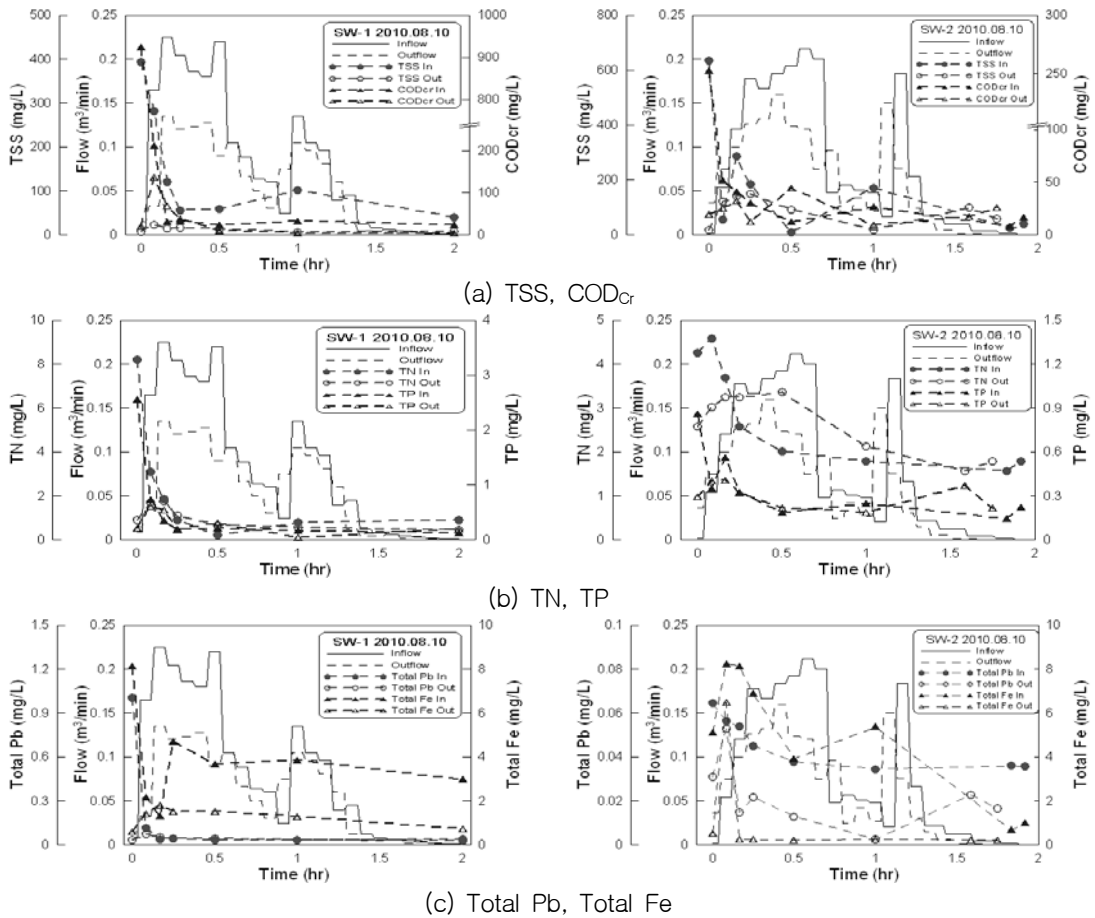


Fig. 3 Hydro- and pollutographs for August 10, 2010 event

### 3.3 오염물질 저감 효율 산정

Test-bed 시설에 대한 모니터링 결과를 바탕으로 SCW-1과 SCW-2의 오염물질별 평균저감효율을 산정하였으며, Table 3은 산정 결과를 정리한 것이다. SCW-1의 경우, TSS 65.9%, COD<sub>Cr</sub> 52.9%, TN 45.6%, TP 55.4%, Total Fe 67.2%, Total Pb 50.4%의 평균저감효율을 보이는 것으로 나타났으며, SCW-2의 경우, TSS 82.4%, COD<sub>Cr</sub> 61.9%, TN 51.4%, TP 48.2%, Total Fe 73.8%, Total Pb 41.9%의 평균저감효율을 나타내는 것으로 분석되어 대부분의 오염물질은 50% 이상의 높은 평균저감효율을 보이는 것으로 나타났다. 특히 TSS와 Total Fe에 대한 평균저감효율이 다른 오염물질에 비해 높게 나타나, 소규모 인공습지 조성 기술이 포장지역에서 발생하는 주요 비점오염물질(입자성물질, 중금속물질)을 처리함에 있어서 효과적임을 보여준다. Herrera Melian 등 (2010)의 연구결과를 살펴보면, TSS

와 COD에 대한 저감효율이 각각 75%, 40%로서, 본 연구결과와 비슷하거나 약간 못 미치는 것으로 나타났다. 하지만 VF(Vertical Flow)와 HSSF를 결합한 Hybrid 인공습지라는 점과 유입농도 및 부하량 등에서 본 연구와 차이를 보이고 있어 보다 확실한 비교를 위해서는 향후 다양한 종류의 실험 및 모니터링을 추가적으로 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 SCW-1에 비해 SCW-2가 비교적 높은 저감효율을 보이는 것으로 나타났는데, 이는 SCW-2가 SCW-1에 비해 유역면적이 적어 비교적 안정적으로 유입수가 유입되었을 뿐만 아니라, 시설의 길이 또한 길어 오염물질들이 시설내 비교적 오랜 시간동안 체류한 결과로 보여진다. SCW-1의 2010년 8월 20일 강우사상의 경우 짧은 시간안에 매우 큰 강우가 발생하여 평균강우강도가 매우 높아 오염물질의 희석현상이 두드러져 오염물질 저감효율이 크게 감소하는 것처럼 나타났지만 이는 낮은 농도로 인한 영향이다.

Table 3 Average pollutant removal efficiency of the test-beds

Removal Efficiency (%)	Monitoring date	TSS	COD <sub>Cr</sub>	TN	TP	Total Fe	Total Pb
SCW-1	2010.07.16	97.2	90.4	74.5	87.0	95.6	90.8
	2010.07.28	74.3	52.4	77.8	63.7	23.3	20.6
	2010.08.10	37.7	12.0	0.9	25.0	91.7	72.7
	2011.02.27	57.3	41.1	22.7	40.1	71.8	41.4
	2011.04.26	56.2	46.3	50.9	50.5	43.0	30.0
	2011.06.29	72.4	75.5	47.1	66.1	77.7	46.9
	Mean±SD	65.9±20.27	52.9±27.47	45.6±29.76	55.4±21.75	67.2±28.46	50.4±26.56
SCW-2	2010.07.28	93.1	67.0	73.5	54.1	90.5	29.9
	2010.08.10	92.3	68.3	40.5	42.5	72.3	39.2
	2011.04.26	75.9	66.1	54.1	61.5	76.0	61.8
	2011.05.26	60.6	16.8	31.7	14.1	52.6	5.5
	2011.06.22	83.5	74.7	59.4	68.2	69.3	59.1
	2011.06.29	88.8	78.4	48.9	48.9	82.5	56.0
	Mean±SD	82.4±12.40	61.9±22.62	51.4±14.64	48.2±19.02	73.8±12.89	41.9±21.74

### 3.4 시설 유지관리

소규모 인공습지는 도시내 조정공간 및 도로가에 적용이 용이하고, 비점오염물질 저감 및 도시내 물의 저류, 홍수 및 가뭄 등과 같은 환경수리학적 문제를 해결하기 위한 목적으로 설치 가능한 기술로서, 오염물질 저감 기능과 심미적 효과 증진이 주된 기능이다. 이와 같은 기능을 장기간 지속시키고 시설을 효율적으로 관리하기 위하여, 간편하고 신속한 여재교체가 가능하도록 여재

Pack을 적용하였으며, 정기적인 퇴적물 및 험잡물 제거작업이 필요하다고 판단된다. 현재까지 2010년 12월(SCW-1)과 2011년 2월(SCW-2)에 퇴적물 제거 및 여재교체 작업을 실시하였으며, Fig. 4는 2010년 12월에 수행된 SWC-1에서의 여재교체 모습을 보여준다. 본 Test-bed의 경우, 침강지와 수직카트리지에 대한 여재교체 시기를 연 2회로하여 시설에 대한 유지관리를 지속적으로 실시할 예정이며, 이는 시설의 성능 및 수명연장에 크게 기여할 것으로 보여진다.



Fig. 4 Maintenance photos of the test-beds

## 4. 결 론

본 연구는 도시 및 도로가의 자연적인 물순환 구축 및 비점오염물질 저감을 위한 소규모 인공습지를 개발하고자, Test-bed 시설에 대한 모니터링을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 유입 및 유출수내 대부분의 오염물질은 초반에 비교적 높은 농도값을 보이는 것으로 나타났으며, 시간이 경과함에 따라 농도가 서서히 감소한 후, 일정한 농도범위를 보이며 유입 및 유출되는 경향을 보였다. 본 연구지점은 포장지역의 대표적인 유출특성인 초기강우현상을 보이는 것으로 나타났으며, 도로 및 주차장에 대한 Test-bed 시설의

성능평가를 위한 적절한 위치선정이 이루어졌다고 판단된다.

2. Test-bed 시설의 저감효율 산정결과, 대부분의 오염물질은 50%이상의 높은 평균저감효율을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 TSS와 Total Fe에 대한 평균저감효율이 다른 오염물질에 비해 높게 나타나 포장지역의 주된 비점오염물질인 입자성물질과 중금속물질에 대한 저감효과가 뛰어난 것으로 나타났다. 또한 SCW-1에 비해 SCW-2가 비교적 높은 저감효율을 보이는 것으로 나타났는데, 이는 SCW-2가 SCW-1에 비해 유역면적이 적어 비교적 안정적으로 유입수가 유입되었을 뿐만 아니라, 시설용량에 따른 체류시간의 차이가 복합적으로 영향을 미친 것으로 보여진다.



3. 시설에 대한 퇴적물 제거 및 여재교체작업을 실시한 결과, 침강부에 대하여 연 2회 정도 실시할 경우, 시설의 성능저하를 최소화하면서 수명 또한 연장이 가능할 것으로 판단되나, 여재교체에 대한 객관적 판단지표에 대해서는 충분한 연구가 필요하다.

## 사 사

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 국토해양 기술연구개발과제의 빗물저류조 급속시공기술 및 친환경 빗물처리시스템 개발(과제 번호 10CCTI-C05-6937-01)에 의하여 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

강현경, 이경재, 녹지축 연결을 통한 생태공간 조성계획, 환경생태학회지, 10(1), pp. 24-38, 1996.

강성원, 김석구, 김영임, 윤상린, 김소정, 도시지역 불투수면의 오염물질 유출특성 평가, 대한환경 공학회 2005 추계학술연구발표회 논문집, pp. 813-818, 2005.

최지용, 불투수율이 하천수질에 미치는 영향 연구, 서울도시연구, 5(2), pp. 45-58, 2004.

환경부, 도시지역 비점오염원 관리방안 연구, 1997

환경부, 비점오염원관리 업무편람, 2006a

환경부, 환경 친화적인 도로건설지침, 2006b

환경부, 수질오염공정시험기준, 2008

Bertrand-Krajewski, J., Chebbo, G. and Saget, A., Distribution of pollutant Mass vs Volume

in Stormwater Discharges and the First Flush Phenomenon, Water Res., 32(8), pp. 2341-2356, 1998.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas. EPA-841-B-05-004, 2005.

Herrera Melian J.A., Matrin Rodriguez A.J., Arana J., Gonzalez Diaz O., Gonzalez Henriquez J.J., Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in the Canary Islands, Ecological Engineering, 36, pp. 891-899, 2010.

Maniquiz, M.C., Lee, S., and Kim, L.-H. Long-term monitoring of infiltration trench for nonpoint source pollution control, Water Air Soil Pollut, 212, pp. 13-26, 2010.

Ujevic, I., Odzak, N., and Baric, A, Trace metal accumulation in different grain size fraction of the sediments from a semi-enclosed bay heavily contaminated by urban and industrial wastewaters, Water Res, 34, pp. 3055-3061, 2000.

Wu, J. S., Allan, C. J., Saunders, W. L. and Evett, J. B., Characterization and Pollutant Loading Estimation for Highway Runoff, J. of Environmental Engineering, 124(7), pp. 584-592, 1998.

- 논문접수일 : 2011년 08월 01일
- 심사의뢰일 : 2011년 08월 05일
- 심사완료일 : 2011년 10월 04일