

도시지역 비점오염원 관리를 위한 와류필터형 처리시설의 효율성 연구

박종식 · 고정현 · 김상근 · 정하익

한국건설기술연구원

Effectiveness of Continuous Deflective Separation System to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas

Park, Jong-Sik · Koh, Jeung-Hyun · Kim, Sang Keun and Chung, Ha-Ik

Korea Institute of Construction Technology.

ABSTRACT

The control of nonpoint source pollution from the urban paved areas with high imperviousness in is required to improve the water quality of aquatic resources. This research investigated the characteristics of urban runoffs and evaluate the effectiveness of the continuous deflective separation systems for stormwater best management practice. The systems were installed in the vicinity of a high-level road, an apartment complex, and the Cheonggye stream. Stormwater runoff was sampled in these sites. Biochemical oxygen demand (BOD₅), total suspended solid (TSS), total nitrogen (T-N), and total phosphorus (T-P) were analyzed. The removal efficiency of BOD₅, TSS, and T-P for the road was 10.9-81.0%, 11.7-93.4%, 0-37.5%, respectively. That of BOD₅, TSS, T-N, and T-P for the complex was 12.5-65.8%, 26.5-77.6%, 1.8-28.7%, and 20.0-37.5%, respectively. The abatement efficiency BOD₅, TSS, T-N, and T-P for the stream was 7.2-85.2%, 41.7-98.2%, 11.3-65.6%, and 2.0-71.5%, respectively. This study shows that the systems can be used to remove BOD₅ and TSS from urban runoffs efficiently.

Key Words : *Nonpoint Source Pollution, Imperviousness, Stormwater, Continuous Deflective Separation System.*

Corresponding author : Koh, Jeung-Hyun, Korea Institute of Construction Technology,
Tel : +82-10-9471-3070, E-mail : koh1031@hanmail.net

Received : 31 October, 2007. **Accepted** : 16 December, 2007.

I. 서론

최근 인구의 증가, 산업의 고도화 및 무분별한 개발로 인하여 환경자원의 오염이 심화되고 있으며 이는 도시의 팽창으로 인해 더욱 가속화되고 있다. 한편 선진화된 생활환경에 대한 요구가 대두되면서 환경오염문제를 해결하고자 하는 노력이 수행되고 있다. 그동안 우리나라에서 수질오염에 대한 규제는 주로 하수, 공장폐수, 축산폐수 등 점오염원을 중심으로 관리되어 왔기 때문에 강우시, 비점오염원에서 유출되는 오염물질로 인한 하천 및 호소의 수질오염에 대한 관리는 상대적으로 관심이 적었다. 도시지역에서 불투수성 포장비율이 높아짐에 따라 강우시, 도시지역 내에서 유출되는 강우유출수량이 증가되면서 이로 인한 오염물질의 이동력 증가와 관련하여 도시지역 내에 다양한 환경문제가 발생되고 있다(최지용·신은성, 1997).

비점오염원이라함은 도시, 도로, 농지, 산지, 공장장 등의 불특정장소로부터 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다(환경부, 2007a). 비점오염원에서 배출되는 오염물질로는 농작물에 흡수되지 않고 농경지에 남아있는 비료와 농약, 초지에 방목된 가축의 배설물, 가축사육 농가에서 배출되는 미처리 축산폐수, 빗물에 섞인 대기오염물질, 도로 노면의 퇴적물, 합류식 하수관거에서 강우시 하수설계량 초과로 인한 월류수 등이 있다. 한편 도시지역의 비점오염원으로

는 도시내 난개발 지역, 도로, 교량 등의 시설들이며 이들로부터 유출되는 미처리 강우유출수는 하천 수질오염의 주요 원인이 되고 있다.

점오염원은 오염물질의 유출경로가 명확하여 수집이 쉽고 계절에 따른 영향이 상대적으로 적은 만큼 연중 발생량 예측이 가능하여 관거 및 처리장 등 처리시설의 설계와 유지·관리가 용이한 반면에 비점오염원은 오염물질의 유출 및 배출 경로가 명확하게 구분되지 않아 수집이 어렵고 발생량 및 배출량이 강수량 등 기상조건에 크게 좌우되기 때문에 처리시설의 설계 및 유지관리가 어렵다.

점오염원과 비점오염원은 상대적 개념으로서 공장의 경우에는 관거를 통해 수집되어 수질오염 방지시설을 통해 처리되는 공장폐수를 배출하는 공정시설은 점오염원인데 반해 그 외 처리를 거치지 않고 하천으로 유입되는 강우유출수를 배출하는 야적장 등 공장 부지는 비점오염원이다(환경부, 2006).

정부는 2003년 9월 및 2004년 4월에 하천의 허용 오염부하량을 고려하지 않는 배출허용기준 중심의 농도 규제만으로는 오염부하의 양적 증가를 통제할 수 없으며 수질개선에 한계가 있기 때문에 오염총량관리제를 도입하였다(김이형 등, 2005). 그래서 하천의 용수목적 등에 맞는 목표수질을 설정하고 해당 하천수계의 배수구역에서 배출되는 오염부하 총량을 관리하도록 하였다. 비점오염원 관리대책의 일환으로써 ‘물관리 종합

표 1. 4대강 비점오염원 관리 종합대책(관계부처합동, 2004).

구분	1단계(2004-2005)	2단계(2006-2011)	3단계(2012-2020)
제도	기본제도 마련	주요오염원 관리의무 부여	관리의무 강화 및 지속추진
관리사업	시범사업 수행	4대강 대표유역 최적관리사업 수행	본격사업 추진 지자체 중심 국가 지원
조사연구	원인규명, 처리기법 개발	모니터링 기법 및 설치기준 정립	비용·효율적 시설 개발

대책의 추진 강화를 위한 4대강 비점오염원 관리 종합대책'(관계부처합동, 2004)을 마련하였다. 이는 하천의 수질오염부하의 약 22-37% 이상을 차지하고 있는 비점오염원의 관리를 통해 4대강 물 관리종합대책 상의 목표수질을 달성하고자 함에 있으며 상세한 내용은 표 1과 같다.

또한 비점오염원 관리를 위한 제도적 노력으로써 수질환경보전법을 '수질 및 수생태계 보전에 관한 법률'(환경부, 2007a)로 개정하였다. 본 법률에는 일정규모 이상의 개발사업 및 비점오염원 유발 가능성이 큰 사업장의 경우에 비점오염원을 사전에 신고하고 비점오염 저감시설을 설치하도록 하는 '비점오염원 설치 신고제도'와 비점오염원에서 유출되는 강우유출수로 인하여 하천·호소 등의 이용목적, 주민의 건강·재산이나 자연생태계에 중대한 위해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역을 관리하도록 하는 '비점오염원 관리지역 지정제도'가 도입되었다.

수질보전을 위한 정부의 법제도 마련과 더불어 비점오염원의 최적관리 방안을 마련하기 위한 기초적인 연구가 수행되어 오고 있다. 특히 다양한 비점오염원 중에서 포장율이 높아 오염물질의 축적과 유출이 심한 도시지역 내에 도로, 주차장, 교량, 아파트 단지 등 도시시설 비점오염원의 유출특성에 관한 기초연구가 진행 중에 있다(최지용, 1998; 최지용·신창민, 2002; 김이형·이선하, 2005a; 2005b; 김이호 등, 2005a; 2005b; 오재일 등, 2005; 장재용 등, 2005; 황병기, 2005; Tamoto et al. 2005; 김석구 등, 2006; 박상우 등, 2007). 또한 하천 인근에 건설되는 도시시설 비점오염원의 경우에는 강우로 인한 유출수가 하천에 유입되어 하천 수질에 직접적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 이를 사전에 방지하기 위한 비점오염원의 최적관리 방안이 마련되어야 한다. 이를 위해 한강 수계 비점오염원 관리시설 시범사업 등이 추진되어 왔으며 관련연구 성과가 소개되고 있다(정용준 등, 2005a; 2005b). 이와 더불어 비점오염원 관리시설에 관한 연구의 일환으로

써 와류필터형 비점오염 처리시설의 처리효율 등에 대한 연구가 수행되어 왔다(Schwarz·Wells, 1999).

이와 같은 연구성과를 바탕으로 해서 주차장, 자동차정류장, 유통단지, 공항과 같은 국토시설의 비점오염원 관리에 대한 최적관리 방안 및 법제도 개선을 위한 연구가 수행되고 있다(건설교통부, 2007).

본 연구는 도시지역 비점오염원인 고가도로, 아파트 단지, 하천 주변 상업지구에서 발생하는 오염물질의 특성을 알아보고, 도시지역 비점오염원의 관리를 위해 설치한 와류필터형 비점오염 처리시설의 처리효율을 분석하고 성능을 확인하는데 목적이 있다. 와류필터형 비점오염 처리시설의 유입수와 유출수를 모니터링하고 수질을 분석하였으며, 수질분석 결과를 기존 유사 연구결과와 비교·평가하였다.

II. 도시지역 주요 비점오염원 및 오염물질 유출특성

도시지역 주요 비점오염원으로서 큰 역할을 하는 것은 도로, 교량, 주차장, 버스정류장, 아파트 단지, 공사현장 등으로부터 배출되는 각종 오염퇴적물과 하상퇴적물이며 이들 퇴적물은 유기성 부유오니, 기름, 중금속, 각종 도시폐기물, 점토, 모래, 자갈 등으로 이루어져 있다. 또한 대기 중 오염물질의 건식 강하물과 강우에 포함되어 내리는 습식 강하물도 도시지역의 비점오염원이 된다.

표 2. 도시내 주거지역 및 상업지역에서의 강우유출수의 오염물질 농도(US EPA, 1983).

	주거지역	상업지역
BOD ₅ (mg/L)	10	9.3
TSS(mg/L)	101	69
TKN(mg/L)	1.9	1.179
TP(mg/L)	0.383	0.201

표 3. 도시지역내 강우유출수의 수질 특성(International Erosion Control Association, 2002).

	주거지역			상업지역	도로
	저밀도 거주지	중밀도 거주지	고밀도 거주지		
BOD ₅ (mg/L)	38	38	15	21	24
TSS(mg/L)	70	70	97	77	141
TKN(mg/L)	3.32	3.32	1.17	1.74	1.82
TP(mg/L)	0.52	0.52	0.24	0.33	0.43

표 4. 국내 주차장 및 교량에서의 오염물질 농도(김이형 · 이선하, 2005a).

	주차장	교량
COD(mg/L)	60.3~91.5	320.4~630.6
TSS(mg/L)	37.1~61.3	244.6~399
Oil & Grease(mg/L)	4.5~8.9	25.6~43.2
T-N(mg/L)	1.93~2.52	4.49~5.94
T-P(mg/L)	0.31~0.45	0.8~1.07

주 : 95% 통계학적 신뢰범위내의 수치임.

도시지역은 불투수성 면적비율이 높아 표면유출이 다른 지역보다 많기 때문에 강우에 대한 유출 및 유량과 수질농도의 변화가 빠르게 나타난다. 강우가 있는 경우에는 유량은 급히 상승하고 강우가 종료되면 바로 감소하여 비강우시의 상황으로 빠르게 회복되는 등 도시지역에서의 수문현상은 강우에 매우 민감하다. 특히 도시는 오염물

질이 강우초기에 일시에 배출되는 초기유출(first flush)현상이 두드러져 우수피크유출에 앞서 최대 오염유출이 발생하여 하천에 큰 영향을 미친다. 도시지역 내에 도로, 주거지역, 상업지역 등에서의 강우유출수의 오염물질 농도에 대한 기존 연구성과는 표 2~4와 같다.

III. 와류필터형 비점오염 처리시설의 기본원리

와류필터형 시스템(Continuous Deflective Separation System)은 와류 중력 침강 및 스크린 여과 처리 개념이 합쳐진 새로운 개념의 무동력 오염물질 처리 시스템이다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 유입수가 스크린 내부 접선 방향으로 편향 유입되어 시스템 내부에서 와류 현상이 발생되며 이로 인해 침전성 물질들은 시스템 하부로 가라앉고 부유성 오염물질은 스크린에 의해 편향 분리(deflective separation)되면서 시스템 내부에 억

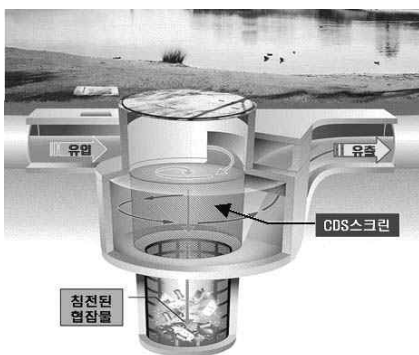


그림 1. 와류필터형 시스템개요도.

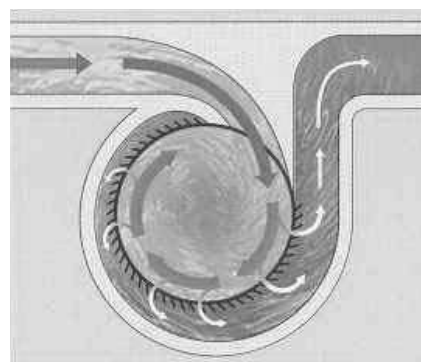


그림 2. 스크린 편향분리원리.

류된다.

또한 그림 2에서 볼 수 있듯이 유입수가 스크린의 접선 방향으로 유입되면서 회전하여 오염물질이 분리 여과되며 오염물이 스크린에 접촉되지 않고 유입수와 함께 회전하면서 시스템 내부 중앙에 모이게 된다. 이로 인해 직접여과 방식에서의 스크린 막힘 현상이 방지된다.

와류필터형 시스템은 초기강우시, 도시지역 비점오염원으로부터 유출되는 토사, 오일과 그리스, 중금속, 부유 및 침전물질, 협잡물 등 오염물질을 효과적으로 포집하여 제거할 수 있으며 이로 인해 강우유출수내 BOD₅, COD, TSS, T-N, T-P 등을 저감시킬 수 있다. 와류필터형 시설은 유입수로부터 포집되어 실린더 하부에 농축 침전된 토사 및 고형물을 연 1~2회에 걸쳐 펌프를 이용하여 준설을 수행함으로써 관리가 이루어진다.

IV. 도시지역 비점오염원에 대한 와류필터형 처리시설 적용연구

본 연구에서는 도시지역 기반시설 비점오염원의 유출특성과 비점오염 관리방안의 연구를 위하여 도시지역 내 고가도로, 아파트 단지, 하천 인근 시가지를 대상으로 비점오염원의 유출특성을 알아보고 이들 주변에 와류필터형 비점오염 처리시설을 설치·운영하였다. 고가도로의 경우에는 차량운행이 빈번하여 차량분진, 타이어 및 브레이크 마모물, 토사 등 도로 퇴적물, 협잡물 등을 발생시키며 강우시 이들 오염물질을 유출하는 주

요 비점오염원이다. 아파트 단지와 시가지의 경우에도 도로, 상가, 음식점 등 시설이 발달되어 있으며 이들로부터 부유물질, 토사 등 퇴적물, 협잡물 등 비점오염물질이 유출된다.

본 연구에서는 와류필터형 시설로 유입되는 강우유출수를 채취·분석하여 고가도로, 아파트 단지 및 하천 인근으로부터 유출되는 오염물질의 특성을 알아보았다. 또한 와류필터형 시설로부터 처리된 배출수의 수질 분석을 통하여 시설의 오염물질 처리효율을 알아보았다. 유입수와 배출수의 BOD₅, TSS, T-N, T-P를 분석하였다(환경부 2007b).

1. 고가도로 비점오염원

강우시, 고가도로 비점오염원의 유출특성을 알아보고 강우유출수의 오염물질 처리를 위하여 와류필터형 비점오염 처리시설을 경기도 용인시 ○○동 고가도로 하부에 설치하였다(그림 3). 와류필터형 시설의 설치시기는 2005년 10월이었으며 설치후 2005년 11월 말까지 수질 모니터링을 수행하였다. 와류필터형 시설의 설계조건은 다음과 같다. 유역면적은 0.92 ha, 강우강도는 15.65 mm/hr, 유출계수는 0.8, 처리유량은 2,764 m³/day 이었다. 한편 수질분석을 위한 시료채취 시기는 강우초기 강우유출수가 일시에 배출되는 도시지역에서의 초기유출현상을 고려하여 강우가 시작되고 유출이 발생하는 즉시 수행되었다.

그림 4는 고가도로 강우유출수의 BOD₅, TSS



(a) 시공 중



(b) 시공 완료

그림 3. 고가도로 하부에 설치된 와류필터형 비점오염 처리시설.

유입 및 유출농도를 비교하여 나타낸 결과이다. 12회에 걸쳐 모니터링된 고가도로 강우유출수의 BOD₅는 6.0~13.0 mg/L, TSS는 10.0~130.0 mg/L, T-N은 0.9~3.5 mg/L, T-P는 0.04~0.08 mg/L로 나타났다. 본 수질 분석결과를 기존 연구성과와 비교하면 다음과 같다. International Erosion Control Association(2002)에서는 도시지역 도로에서 유출되는 강우유출수의 수질특성으로 BOD₅의 경우에는 24.0 mg/L, TSS의 경우에는 141.0 mg/L, TKN의 경우에는 1.82 mg/L, T-P의 경우에는 0.43 mg/L를 제시하였다. 본 고가도로 사례에서 모니터링된 수질 분석결과와 기존 연구와 대체로 일치하고 있음을 알 수 있었다.

와류필터형 시설의 오염물질 처리효율을 알아보기 위하여 고가도로 강우유출수의 유입수질과 유출수질을 비교 분석하였다. 12회에 걸쳐 모니터링된 고가도로 강우유출수의 BOD₅ 처리율은

10.9~81.0%로 나타났으며 평균처리율은 44.1%로 나타났다. TSS의 경우에는 처리율이 11.7~93.4%의 범위를 보였으며 평균처리율은 66.4%이었다. T-N의 경우에는 처리율이 3.7~41.7%로 나타났으며 평균처리율은 29.6%를 보였다. T-P의 경우에는 처리율이 0~37.5%의 범위를 보였으며 평균처리율은 25.2%로 나타났다. 위 분석결과로부터 고가도로 강우유출수의 BOD₅, TSS, T-P에 대한 와류필터형 시스템의 처리효율을 파악할 수 있었으며 특히 본 처리시설은 강우유출수의 부유물질과 협잡물 제거에 효과적임을 알 수 있었다.

2. 아파트 단지 비점오염원

강우시, 아파트 단지 비점오염원의 유출특성을 알아보고 강우유출수의 비점오염물질 처리를 위하여 와류필터형 처리시설을 경기도 용인시 ○

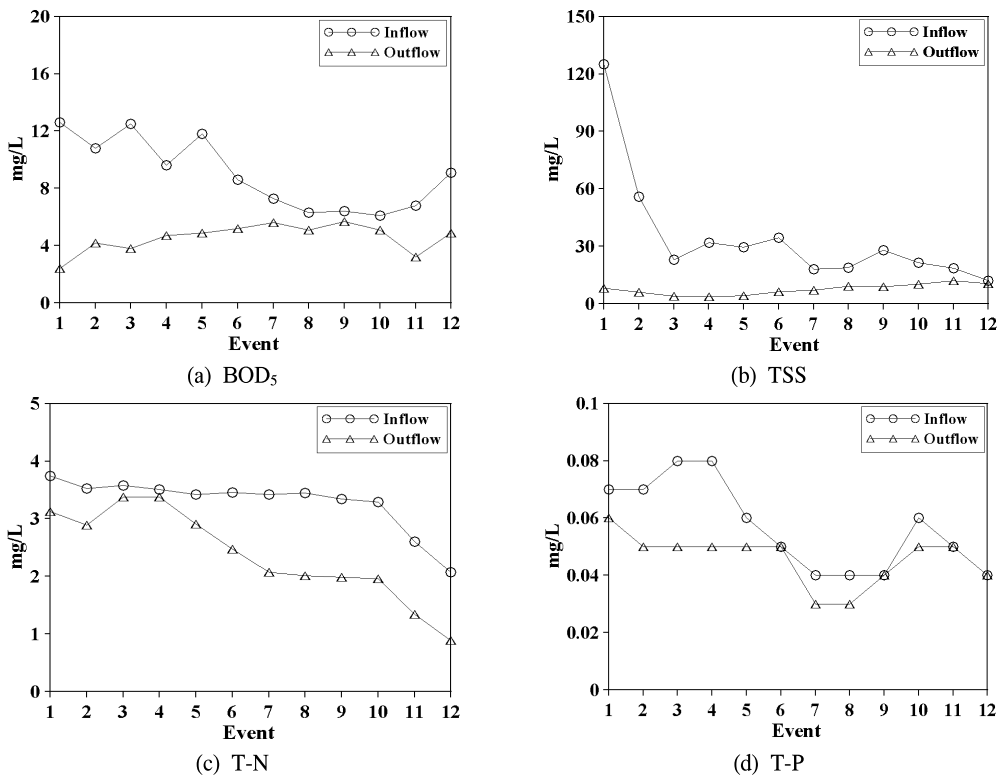


그림 4. 고가도로 비점오염원에서의 유입 및 유출수 농도결과 비교.

표 5. 주거지역에서의 강우유출수의 오염물질 농도.

	BOD ₅ (mg/L)	TSS(mg/L)	TKN(mg/L)	T-P(mg/L)
US EPA (1983)	10.0	101	1.9	0.38
International Erosion Control Association (2002)	15.0~38.0	70.0~97.0	1.17~3.32	0.24~0.52
This research	6.0~18.0	150.0~600.0	-	0.04~0.13

○동 아파트 단지 인근 하천 제방에 설치하였다 (그림 5). 와류필터형 시설의 설치시기는 2005년 10월이었으며 설치후 2005년 11월 말까지 수질 모니터링을 수행하였다. 적용된 와류필터형 시설의 설계조건은 다음과 같다. 유역면적은 2.74 ha, 강우강도는 15.65 mm/hr, 유출계수는 0.8, 처리용량은 8,208 m³/day이었다. 아파트 단지의 수질 분석을 위한 시료채취도 강우가 시작되고 유출이 발생하는 즉시 수행하였다.

그림 6은 고가도로 강우유출수의 BOD₅, TSS 유입 및 유출농도를 비교하여 나타낸 결과이다. 12회에 걸쳐 모니터링된 아파트 단지로부터 유출된 강우유출수의 BOD₅는 6.0~18.0 mg/L, TSS는 150.0~600.0 mg/L, T-N은 1.5~2.6 mg/L, T-P는 0.04~0.13 mg/L로 측정되었다. 본 아파트 단지의 경우에는 앞서 언급된 고가도로의 경우에 비해 배수유역의 면적이 크며 불투수층 도로가 아파트 단지내 혼재되어 있고 유동인구 및 차량통행이 많기 때문에 강우유출수의 오염물질 농도가 더 높게 나타났다. 특히 TSS의 경우에는 4 배

이상 증가를 보였다. 본 수질 분석결과를 기존 연구성과와 비교하면 표 5와 같다.

와류필터형 처리시설에서의 유입 및 유출수의 수질 분석결과를 통하여 시설의 처리효율을 알아 보았다. 12회에 걸쳐 모니터링된 아파트 단지에서 유출된 강우유출수의 BOD₅ 처리율은 12.5~65.8%로 나타났으며 평균처리율은 45.3%로 나타났다. TSS의 경우에는 26.5~77.6%로 나타났으며 평균처리율은 55.6%로 나타났다. T-N의 경우에는 1.8~28.7%로 나타났으며 평균처리율은 13.3%로 나타났다. T-P의 경우에는 20.0~37.5%로 나타났으며 평균처리율은 30.2%로 나타났다. 위 분석결과로부터 아파트 단지 부근에 적용된 와류필터형 처리시설에 대한 오염물질의 처리효율을 파악할 수 있었으며 특히 본 시설이 부유물질 및 협잡물의 처리에 보다 효과적임을 확인할 수 있었다. 그림 8은 아파트 단지에서의 강우유출수의 BOD₅, TSS 유입 및 유출농도를 비교하여 나타낸 결과이다.



(a) 와류필터형 시스템



(b) 하천 제방

그림 5. 아파트 단지 인근 하천 제방에 설치된 와류필터형 비점오염 처리시설.

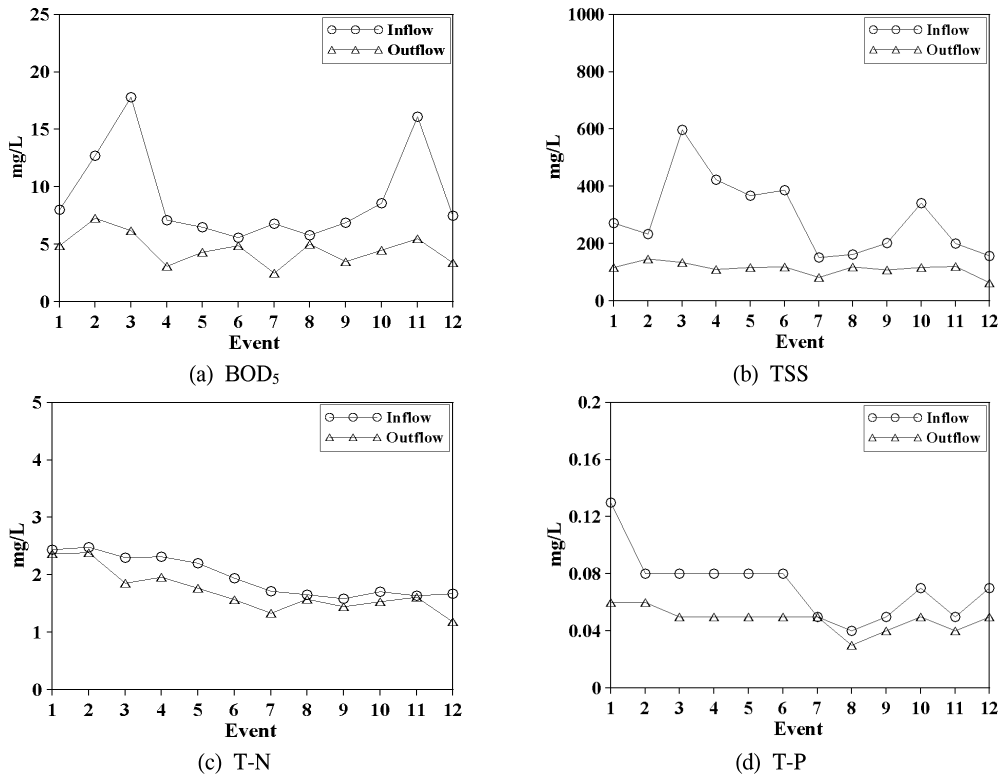


그림 6. 아파트 단지 비점오염원에서의 유입 및 유출수 농도결과 비교.

3. 청계천 주변 비점오염원

와류필터형 비점오염 처리시설을 청계천 주변 상업지구에 설치하였다(그림 7). 청계천 주변은 도로, 부지, 사무실 빌딩, 상가 및 음식점 등이 밀집되어 있으며 교통량이 많은 지역이다. 이로 인해 강우시, 청계천 주변지역에서 유출되는 오염물질이 청계천으로 유입될 수 있다. 또한 청계천 주변지역의 하수는 차집관거를 통하여 하수처리장으로 보내지나 강우시에는 차집관거의 용량초과 및 우수토실의 막힘현상 등으로 인하여 우수 및 관거퇴적물이 섞인 강우유출수가 청계천으로 유입될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하고 와류필터형 시설의 오염물질 처리성능을 확인하고자 하였다. 와류필터형 시설의 설치시기는 2004년 9월이었으며 설치후 2004년 10월 초까지 수질 모니터링을 수행하였다. 본 사례에 적용된 와류필터형 시설의 처리용량은 각각 219,000 m³/day(좌



그림 7. 청계천 인근에 설치된 와류필터형 비점오염 처리시설.

측)와 93,167 m³/day(우측)이었다. 이 현장에서 수도질분석을 위한 시료채취는 강우가 시작되고 유출이 발생하는 즉시 수행되었다.

청계천 주변 상업지구의 비점오염원으로부터 유출되는 오염물질을 파악하고 와류필터형 처리시설의 처리성능을 확인하기 위하여 현장 모니터링이 수행되었다.

강우시, 시설의 강우유출수에 포함되어 있는



그림 8. 와류필터형 시설에서의 강우유출수의 성상.

오염물질은 퇴적물과 미세 협잡물로 확인되었다. 그림 8은 와류필터형 시설로 유입된 강우유출수의 성상을 나타내고 있다.

그림 9는 고가도로 강우유출수의 BOD₅, TSS 유입 및 유출농도를 비교하여 나타낸 결과이다. 12회에 걸쳐 모니터링된 강우유출수의 BOD₅는 12.9~203.6 mg/L였으며 TSS의 경우에는 17.0~640.0 mg/L, T-N의 경우에는 5.6~27.4 mg/L, T-P의 경우에는 1.5~10.5 mg/L로 측정되었다. 청계천 부근 비점오염원의 유출특성 결과를 유역 배수면적이 유사한 아파트 단지 비점오염원의 유출특성 결과와 비교해 보면 BOD₅의 경우에는 최대 10.3배 차이를 보였으며 TSS의 경우에는 대체로 유사한 유출결과를 보였다. T-N의 경우에는 최대 9.5배 차이를 나타냈으며 T-P의 경우에는 최대 79.0배 차이를 보였다. TSS를 제외한 BOD₅, T-N, T-P 수질항목에서 청계천 부근 비점오염원의 유출농도가 아파트 단지에서의 비점오염원의 유출농도에 비해 크게 측정되었다. 이는 주거지역인 아파트 단지의 불투수층 포장도로로부터 유출되는 오염물질의 양에 비해 청계천 인

표 6. 상업지역에서의 강우유출수의 오염물질 농도.

	BOD ₅ (mg/L)	TSS(mg/L)	TKN(mg/L)	T-P(mg/L)
US EPA (1983)	9.3	69	1.18	0.2
International Erosion Control Association (2002)	21.0	77.0	1.74	0.33
This research	12.9~203.6	17.0~640.0	-	1.5~10.5

근 상업지역에서 유출되는 협잡물 등과 강우로 인해 차집관거에서 월류된 유입수의 오수 및 관거퇴적물 등에 의한 오염물질의 양이 더욱 많은 것을 의미한다. 한편 강우유출수의 미처리된 오염물질이 청계천을 통하여 한강으로 유입되는 것을 방지해야 하며 이를 위해 청계천 인근에 비점오염 처리시설의 설치가 요구된다. 본 강우유출수 유입 농도분석결과를 기존 연구와 비교하면 표 6과 같다.

와류필터형 처리시설의 유입 및 유출수의 수질 분석결과를 알아보았다. BOD₅의 처리율은 7.2~85.2%, 평균처리율은 36.1%로 나타났다. 부유물질 TSS의 경우에는 41.7~98.2%, 평균처리율은 56.4%로 나타났다. T-N의 경우에는 11.3~65.6%, 평균처리율은 31.4%로 나타났다. T-P의 경우에는 2.0~71.5%, 평균처리율은 20.7%로 나타났다. 위 수질 분석결과는 강우유출수의 TSS의 처리효율이 BOD₅, T-N, T-P의 처리효율에 비해 상대적으로 높음을 나타내고 있으며 이로부터 본 시설이 부유물질 및 협잡물의 처리에 있어 보다 효율적임을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 도시지역 내에 고가도로, 아파트 단지, 하천 인근 비점오염원의 오염물질 배출 특성을 알아보고 이를 관리하기 위한 일환으로써 적용된 와류필터형 비점오염 처리시설의 처리효율 및 성능을 알아보았다. 고가도로, 아파트 단지 및 청계천 인근에 와류필터형 비점오염 처리시설이 시공되었으며 처리시설에서의 현장 모니터링

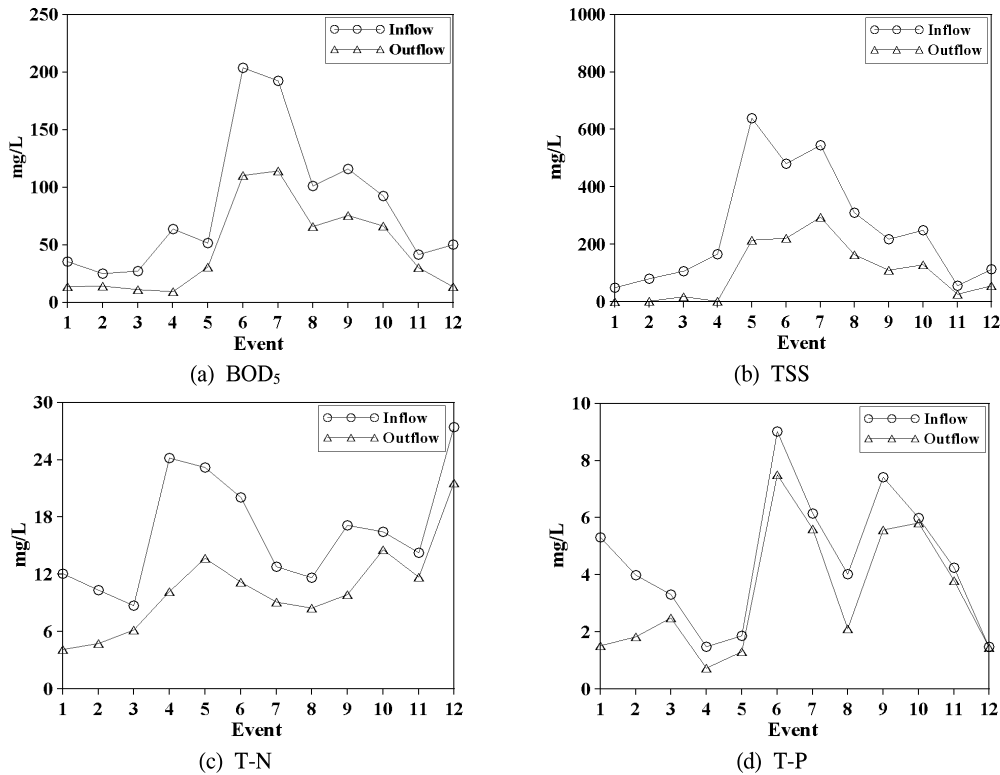


그림 9. 청계천 주변 상업지역 비점오염원에서의 유입 및 유출수 농도결과 비교.

및 수질분석이 수행되었다. 현장 모니터링 및 수질 분석결과를 바탕으로 한, 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 본 연구를 통하여 도시지역에서의 고가도로, 아파트 단지 및 청계천 인근 비점오염원의 유출 특성을 파악할 수 있었으며 도시지역 비점오염원의 유출특성에 대한 기존 연구(김이형 · 이선하, 2005a; 2005b; International Erosion Control Association, 2002; US EPA, 1983)와도 대체로 일치하는 경향을 보였다.
- 2) 도시지역의 주거지역에 해당되는 아파트 단지과 청계천 인근 상업지역 비점오염원의 유출 특성 및 분석결과를 살펴보면 TSS의 유출경향은 대체로 유사하나 상업지역에서의 BOD₅, T-N, T-P의 유출농도가 주거지역 아파트 단지의 경우보다 더 높게 측정되었다. 이는 주거지역에 비해

상업지역에서의 교통량, 인구가동에 대한 부하의 증가에 의한 것으로 보이며 강우시 청계천으로 유입되는 하수관거 월류수의 영향에 의한 것으로도 보여진다. 이러한 비점오염물질의 유출에 대비하는 관리 방안을 마련해야 한다.

3) 강우유출수의 비점오염물질의 처리를 위한 와류필터형 시설의 처리효율을 살펴본 결과, TSS에 대한 처리효율이 높은 것으로 파악되었다. 본 시설을 도시지역 비점오염원의 관리를 위하여 적용된다면 도시지역 비점오염원에서 유출되는 부유물질 및 협잡물에 대한 방류유역의 수질관리가 가능할 것으로 판단된다.

4) 도시지역 비점오염원의 관리를 위해서는 도시지역 기반시설에 따른 오염물질의 유출특성 연구가 요구되며 본 연구는 이를 위한 일환으로 수행되었다. 도시하천에 대한 수질보전 차원에서, 앞으로 기반시설에 대한 최적관리 방안을

마련해야 한다.

인 용 문 헌

- 건설교통부. 2007. 국토시설관련 비점오염원의 최적관리 방안 연구 최종보고서.
- 관계부처합동. 2004. 물관리 종합대책의 추진강화를 위한 4대강 비점오염원 관리 종합대책.
- 김석구 · 김영입 · 강성원 · 윤상린 · 김소정. 2006. 강우에 의한 도로 비점오염원 유출 특성. *대한환경공학회지* 28(1) : 104-110.
- 김이형 · 어성욱 · 이선하. 2005. 강우시 철로 역사에서 발생하는 비점오염물질의 유출 경향 및 특성. *한국철도학회논문집* 8(1) : 15-20.
- 김이형 · 이선하. 2005a. 주차장 및 교량지역의 강우유출수내 비점오염물질의 특성 비교 및 동적 EMCs. *한국물환경학회지* 21(3) : 248-255.
- 김이형 · 이선하. 2005b. 주차장 및 교량 강우유출수의 중금속 오염물질 특성과 동적 EMCs. *한국물환경학회지* 21(4) : 385-392.
- 김이호 · 이정훈 · 이상호. 2005. 학교 우수저류침투시설의 실시간 모니터링 및 원격제어. *한국물환경학회 · 대한상하수도학회 공동출판기술발표회논문집* 595-599.
- 김이호 · 김영민 · 이상호 · 이정훈. 2005. 학교 우수저류침투시설의 운영 효과 분석. *한국물환경학회 · 대한상하수도학회 공동출판기술발표회논문집* 600-603.
- 박상우 · 오재일 · 최영화 · 서정우. 2007. 도로노면 유출수의 비점오염원 배출 특성(1) : 기본수질 항목. *상하수도학회지* 21(2) : 225-233.
- 오재일 · 박상우 · 최영화. 2005. 도로 노면 유출수의 비점오염원 배출 특성 - 중금속 및 병원성 미생물. *대한상하수도학회 · 한국물환경학회 2005공동 추계학술발표회 논문집* 436-441.
- 장재용 · 류동경 · 배상득 · 박주현 · 박제철. 2005. 강우시 도시지역 비점오염원의 유출 특성에 관한 연구. *대한상하수도학회 · 한국물환경학회 2005공동 추계학술발표회 논문집* 32-36.
- 정용준 · 유재홍 · 최종두 · 김순흠 · 임기성. 2005a. 한강 수계 비점오염원관리시설 시범설치(II). *대한상하수도학회 · 한국물환경학회 2005공동 추계학술발표회 논문집* 98-101.
- 정용준 · 유재홍 · 최종두 · 김순흠 · 임기성. 2005b. 한강 수계 비점오염원관리시설 시범설치(I). *대한상하수도학회 · 한국물환경학회 2005공동 추계학술발표회 논문집* 102-105.
- 최지용. 1998. 비점오염원의 제도적 관리방안 연구. *한국환경정책평가연구원*.
- 최지용 · 신은성. 1997. 도시지역 비점오염원 관리방안 연구. *한국환경정책평가연구원*.
- 최지용 · 신창민. 2002. 비점오염원 유출저감을 위한 우수유출수 관리방안. *한국환경정책평가연구원*.
- 환경부. 2006. 비점오염원관리 업무편람.
- 환경부. 2007a. 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률.
- 환경부. 2007b. 수질오염공정시험방법.
- 황병기. 2005. 강우시 도시지역 비점오염원 유출 특성 분석-홍제천 상류 유역을 중심으로-. *환경영향평가* 14(2) : 63-73.
- Internation Erosion Control Association. 2002. Stormwater Quality Specialist Review.
- Schwarz, T., and Wells, S. 1999. Continuous deflective separation of stormwater particulates. *Advances in Filtration and Separation Technology*, 12 : 219-226.
- Tamoto, N., Yoshida, T., and Fujii K. 2005. Characteristics of Non-point Pollution Runoff from Urban Areas. *대한상하수도학회 · 한국물환경학회 2005공동 추계학술발표회 논문집* 24-28.
- US EPA. 1983. Results of the Nationwide Urban Runoff Program(Final Report). Water Plann. Div. Washington, D.C.