

합류식 하수관거 월류수 저장 시설에 대한 효과
- 강우시 합류식 하수관거에서의 오염물질 유출특성 분석

Effect for CSOs Storage Construction
- Analysis of Storm Water Run-off Characteristics in combined sewer system

박진규¹, 이남훈¹, 김해룡², 이웅², 이채영^{3*}

Jin-Kyu Park¹, Nam-Hoon Lee¹, Hae-Ryong Kim², Woong Lee², Chae-Young Lee^{3*}

1 안양대학교 환경공학과, 2 한국환경공단 환경시설본부, 3 수원대학교 토목공학과

(2011년 11월24일 접수; 2011년 12월12일 수정; 2011년 12월13일 채택)

Abstract

This aim of study was to investigate the characteristics of discharge of pollutants as well as the correlation between flow rate and water quality constituents in a combined sewer system according to the characteristics of rainfall. For the loading rates for each pollutant, the median concentrations of all pollutants except T-N was increased when a CSO took place. The loading rates of BOD, COD, SS, T-N, T-P, Cu and Zn at the CSOs were 328-1255, 25-129, 83-2009, 4-12, 14-51, 5-11 and 5-13 times higher than the DWF (Dry Whether Flow), respectively. Especially, SS loading rate was found to be highest in all pollutants. On the other hand, the range of the first flush coefficient, b for water quality constituents such as BOD, COD, SS, T-N, T-P, Cu and Zn were 0.537-0.878, 0.589-0.888, 0.516-1.062, 0.852-1.031, 0.649-0.954, 0.975-1.015 and 0.900-1.114, respectively. In term of correlation between flow rate and pollutant concentrations, SS concentration was highly correlated to flow rate. However, there was an inverse correlation between EC (Electrical Conductivity) and flow rate because of the high dilution of flow rate. In case of correlation between pollutants, there was a high correlation between SS and T-P.

Keyword : Combined sewer overflows, Correlation, Electrical Conductivity, Event mean concentration, First flush

주제어 : 합류식 하수관거 월류수, 상관관계, 전기전도도, 유량가중평균농도, 초기세척

1. 서론

2005년 말 현재 서울시의 경우 우수와 오수를 동시에 배제하는 합류식 하수관거가 86%, 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식 하수관거는 14%로 압도적으로 합류식이 많으며, 4대 광역시 평균으로는 64:36으로 합류식이 우세하다(환경부, 2007). 현재 분류식 하수관거가 시설된 지역이라도 신도시 지역을 제외하고는 대부분이 부분분류식으로 이루어져 있기 때문에 도시지역에서의 하수 및 우수의 배제는 대부분 합류식 하수관거 시스템에 의하여 이루어진다(조덕

준 등, 2006).

도심지 합류식 하수관거 지역에서는 강우시 유량증가와 동시에 오염물의 농도변화가 크게 나타난다. 강우시 발생하는 지표 유출수는 지표면에 쌓여있는 여러 가지 오염물을 용해시키거나, 씻어내려 관거로 유입시킨다. 강우강도와 강우량이 점차 증가하여 처리장으로 이송하는 차집 관거의 통수용량을 초과하는 경우에는 차집조절시설 즉, 우수토실을 통하여 미차집 유량이 방류수역으로 월류하는 월류수(Combined Sewer Overflows, CSOs)가 발생하게 된다(환경관리공단, 2008).

* Corresponding author Tel:+82-31-220-2470, Fax:+82-31-220-2522, E-mail: chaeyoung@suwon.ac.kr (C.Y Lee)

stationSampling point 우리나라 관련법령에는 CSOs에 대한 용어 정의가 명기되어 있지는 않지만, 2007년에 발간된 “CSOs와 SSOs관리를 위한 계획수립지침개발 보고서(환경부, 2007)”에 의하면, CSOs는 “합류식 하수도 월류수를 말하며 합류식하수도에서 우천시 우수와 오수가 혼합되어 우수토실, 빗물펌프장 등 하수도시설에서 미처리된 상태로 하천이나 공공수역으로 월류 또는 방류되는 하수”로 정의하고 있다(환경부, 2007a; 환경부, 2007b).

국내에서의 CSOs 관련기준을 살펴보면 “하수도 시설기준(환경부, 2005)”에서는 CSOs 대책시설을 이용한 CSOs 오염부하 삭감목표량은 분류식 우수관거 우수유출수 오염부하 수준으로 한다고 명시되어 있다(환경부, 2005). 그러나, 우리나라에서는 그동안

CSOs에 대한 관심이 부족하였기 때문에 CSOs 발생특성, 방류수역에 미치는 영향 등에 대한 장기적이고 체계적인 조사가 이루어지지 못하였으며, 적절한 차집용량의 산정, 차집유량을 효과적으로 처리하기 위한 강우시 하수처리장 운전방안 등에 대한 검토가 부족한 실정이다. 또한, CSOs대책으로 차집관거 용량증대, 우수체수지, 스월조절조, 실시간 제어방법 등을 제시하고 있지만, 실질적으로 CSOs 발생특성, 방류수역에 미치는 영향 등에 대한 연구가 미흡하여 적절한 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다(이두진 등, 2005; 김영철 등, 2007).

이에 본 연구에서는 강우에 따라 합류식 하수관거에서의 오염물질 유출 특성 및 오염부하와 오염물질 간의 상관관계를 조사하고자 하였다.

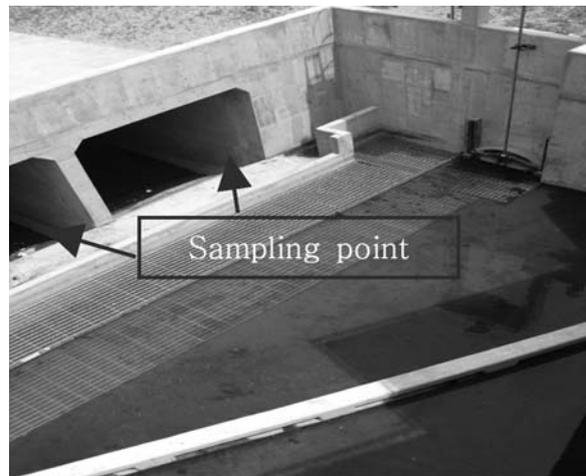


Fig. 1. Location of monitoring point.

2. 실험 방법

본 연구에서는 강우사상별 CSOs의 오염부하 및 배출특성을 파악하기 위하여 인구 20만 규모인 A시를 대상지역으로 선정하였다. A시의 하수처리구역은 6개로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 합류식 배제방식(우·오수 분리벽 설치)으로 이루어진 3개의 하수처리구역(유역면적 425ha)을 대상으로 조사를 실시하였다.

강우시 CSOs 유량 및 수질을 조사하기 위하여 Fig. 1과 같이 강우시 CSOs가 최초로 발생하는 지점인 빗물배수펌프장을 조사지점으로 선정하였다. 청천시에는 우·오수 분리벽이 설치되어 있어 우수와 계곡수

만이 빗물배수펌프장을 통하여 Fig. 1에서 보이는 관거를 따라 하천으로 방류된다. 그러나 CSOs발생시에는 최초발생지점이며, CSOs도 관거를 따라 주변하천으로 방류하게 된다.

조사기간은 2007년 12월에서 2008년 6월까지 실시되었으며, 청천시와 강우시로 구분하여 측정 및 분석을 실시하였다. 강우시에는 선행강우와 대상강우 사이의 기간이 3일 이상인 강우사상에 대해서만 실시하였다. 시료의 채취는 강우가 시작되었을 때 시료를 채취하기 시작하여 강우초기 1시간 이내에는 5~15분 간격으로 시료채취를 하였으며, 초기 강우에 의한 세척이 끝난 이후에는 시간간격을 30분~1시간 간격으로 늘려 시료를 채취하였다. 측정은 강우 종료 후 4시

간까지 측정하였다. 청천시에는 24시간 동안 2시간 간격으로 실시하였으며, 유량측정과 동시에 시료를 채취하였다.

유량 측정은 자동연속측정 및 data 저장이 가능한 SIGMA 910, 920 모델 및 PCM4(NIVUS)를 사용하였으며, 시료채취는 무균 채수병에 채수 후 4℃로 유지할 수 있는 아이스박스에 시료를 보관 후 신속히 실험실로 운반하여 분석을 실시하였다. 수질 분석항목으로는 BOD5, COD, SS, T-N, T-P, Total coliform, Cu, Zn 항목으로 총 8가지 항목에 대하여 측정을 실시하였다. 수질분석은 Standard Methods(APHA, 2005)에 준하여 실시하였다.

선행건기일수 파악 및 강우량 자료는 무인자동기상관측장비(Automatic Weather Station, AWS)의 자료를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 강우사상

본 연구에서는 건기 2회, 우기 5회의 강우사상을 측정하였으며, 강우사상은 Table 1에 정리하였다.

선행 무강우 일수의 경우 1차 측정시 13일, 2차 측정시 13일, 3차 측정시 11일, 4차 측정시 7일, 5차 측정시에는 5일이었다. 3차 강우량은 40mm로 연구기간동안 가장 많은 강우량이 내렸으며, 4차 강우량은 30mm의 강우량을 나타내었다. 5차 강우량의 경우 강우량은 30mm이나 최대 강우강도가 20mm/hr로 파악기간 중 가장 높은 강우 강도를 나타내었다. 본 연구기간 동안의 강우강도는 2006-2010년의 기상연보 통계자료와 대부분이 유사하게 나타나 본 지역의 오염물질의 유출특성을 나타내기에는 충분하다고 판단된다(기상청, 2006-2010).

Table 1. Description of rainfall events monitored in this research

	Date	Rainfall(mm)	Max. rainfall intensity(mm/hr)	Rainfall duration(hr)	Antecedent dry day(day)
Dry weather	07.12.20(1st)	-	-	-	-
	08.1.29(2nd)	-	-	-	-
Wet weather	08.2.22(1st)	2	1	3	13
	08.4.23(2nd)	10	2	11.3	13
	08.5.18(3rd)	40	10	8	11
	08.5.28(4th)	30	9	7	7
	08.6.2(5th)	30	20	7	5

3.2 강우사상에 따른 오염물질 유출특성 및 오염부하

3.2.1 강우시 유량 및 수질 발생 특성

CSOs는 측정된 강우사상 중 2mm의 강우량이 내린 1차 강우를 제외한 2~5차 강우시에 발생하였으며, Fig. 2는 CSOs가 발생한 2~5차 강우사상에 대한 강우량, 유량 및 오염물질의 농도변화를 나타낸 것이다.

CSOs의 발생은 누적 강우량이 약 5mm이상에서 발생하였으며, 유량은 CSOs가 발생하는 시점부터 급증하여 침투유량을 나타낸 후 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다.

수질변화는 유량보다 빠른 상승추세가 나타나거나 유량과 매우 유사한 변화를 보였다.

특히, CSOs발생에 의한 침투유량이 나타나기 전 침투

농도가 나타나는 것으로 조사되었다. 이는 Diaz-Fierros et al.(2002)과 최성현 등(2002)의 연구결과와 유사한 것으로 초기 CSOs발생시 세척효과 및 관거퇴적물의 침식 등이 활발하게 발생하여 오염물질의 농도가 급증하였으나, 유량의 증가로 오염물질의 농도가 점차 희석되었기 때문으로 판단된다.

2~4차 강우시에는 CSOs발생에 의한 유량증가와 함께 유기오염물질의 농도가 급증하는 것으로 나타났다. 그러나, 5차 강우의 경우 BOD와 COD의 농도는 소폭 증가하였고, SS 농도만 급증하여 본 연구기간 동안 가장 높은 농도인 782.3 mg/L의 농도를 나타내었다. 이는 연구기간동안 단기강우강도로 최대인 20mm/hr의 강우량이 내리면서 유속의 급격한 증가와 함께 배수펌프장 내부의 관거바닥에 퇴적되어 있던 흙 등이 부상하면서 BOD 및 COD의 농도는 희석

되었고, SS 농도만 급증한 것으로 판단된다.

대장균군수의 경우 하수도 방류수 수질기준인 3,000 MPN/ml 이하로 나타나, CSOs의 하천방류시 대장균군수로 인한 영향은 미미한 것으로 판단된다.

Fig. 3은 건기시와 강우시의 오염물질의 분산을 나타낸 것이다.

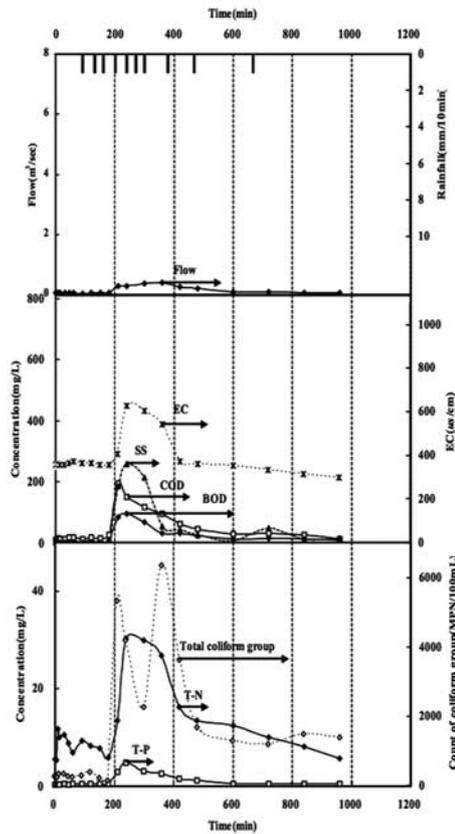
CSOs가 발생하지 않은 1차 강우의 경우 오염물질의 농도범위가 건기시와 비슷하거나 낮은 것으로 나타났

지만, CSOs가 발생한 경우에는 확률빈도 50%에 해당하는 중앙값(median)이 매우 높은 것으로 나타났다.

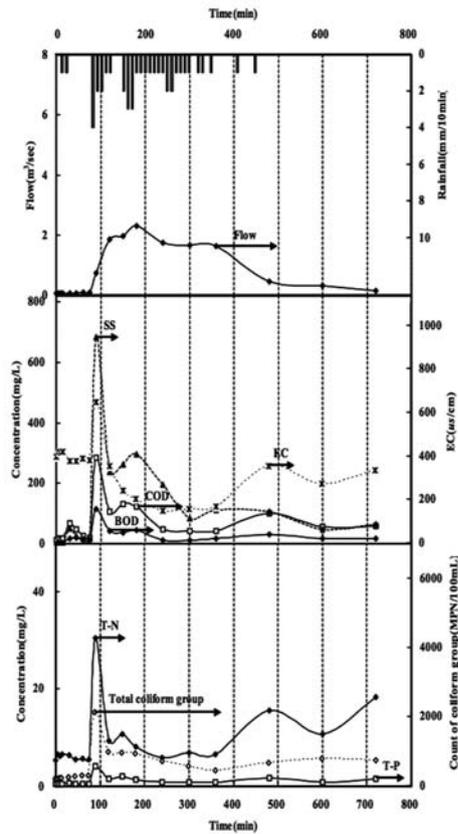
다른 항목들과는 달리 T-N은 건기시가 더 높은 농도를 나타내었다. 이는 질소의 경우 대부분이 용존상태로 존재하여, 강우에 의한 지표유출이나 퇴적물 교란에도 불구하고 강우유출수내 농도가 크게 증가하지 않은 것으로 판단된다(이두진 등, 2004).

Table 2. Event mean concentration for dry and wet weather

		Rainfall(mm)						
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	Cu	Zn
Dry weather	1st	3.0	6.2	3.0	12.215	0.384	0.030	0.021
	2nd	4.2	11.4	2.9	8.993	0.355	0.011	0.021
Wet weather	1st	2.7	5.5	4.1	10.487	0.241	0.018	0.025
	2nd	41.8	82.5	94.8	19.337	2.061	0.044	0.039
	3rd	27.0	80.2	183.7	8.819	1.240	0.014	0.021
	4th	11.6	43.1	167.2	8.149	1.008	0.015	0.017
	5th	7.9	37.8	486.7	7.528	1.555	-	-



2nd rainfall



3rd rainfall

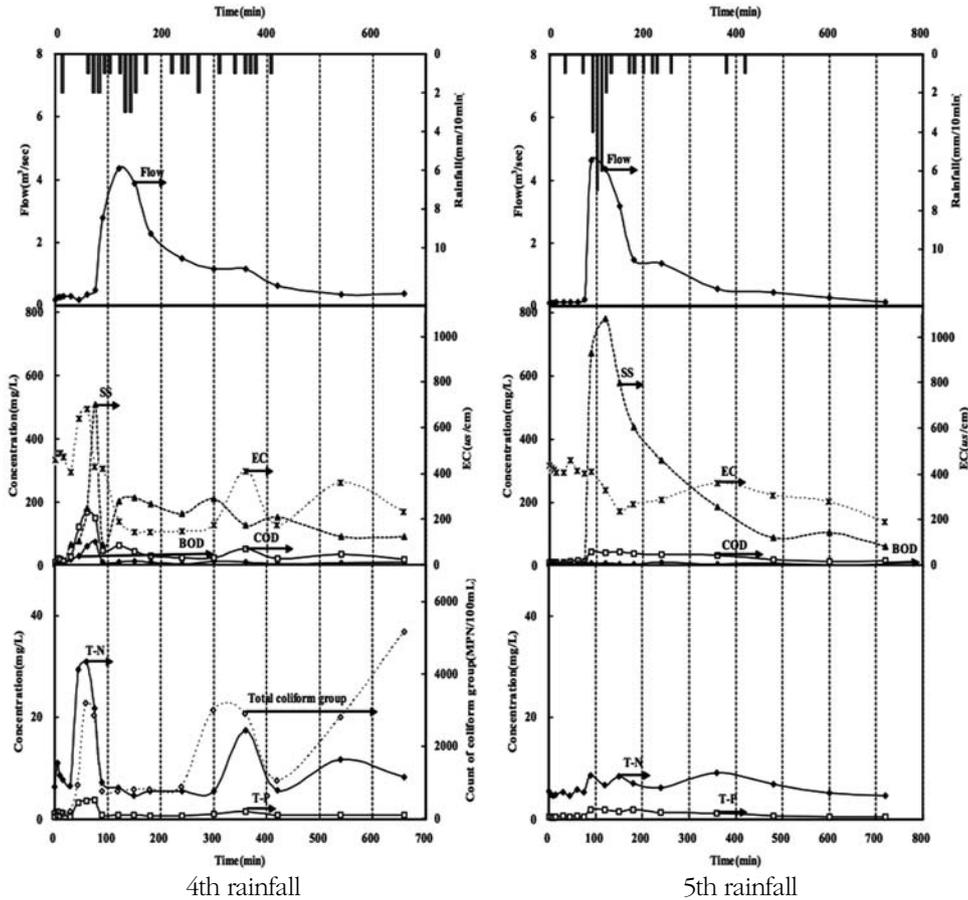


Fig. 2. Hydrographs and pollutographs with rainfall events.

3.2.2 유량가중평균농도

강우에 의해 유출되는 월류수 및 우수유출수의 수질은 일반적으로 강우초기에 유량증가와 함께 급격히 증가하다가 유량이 감소함에 따라 완만히 감소하는 경향을 나타낸다. 따라서 월류수 및 우수유출수의 특성을 파악하기 위해서는 유량을 고려하여 농도변화를 해석하는 것이 수계에 미치는 영향을 파악하는데 중요한 의미를 가진다고 볼 수 있다. 산술평균농도 이외에 유량을 고려한 유량가중평균농도(event mean concentration, EMC)는 해당구간의 유출유량에 대한 총 오염부하비를 통하여 다음과 같이 구할 수 있다(이두진 등, 2005).

유량가중평균농도(EMC)

$$= \frac{\text{총유출오염부하량}}{\text{총유출유량}}$$

(1)

Table 2는 청천 및 강우시의 EMC를 정리한 것으로 CSOs가 발생하지 않은 1차 강우의 EMC는 청천시와 유사한 것으로 나타났으나, CSOs가 발생한 2~5차 강우의 경우에는 EMC의 범위가 BOD 7.9~41.8 mg/L, COD 37.8~82.5 mg/L, SS 35.5~94.8 mg/L로 높은 EMC를 나타내었다. 이는 CSOs가 발생함에 따라 오염물질의 농도증가가 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. T-N, Cu, Zn의 경우에는 CSOs가 발생하여도 청천시의 EMC와 차이가 미미한 것으로 조사되었다.

3.2.3 오염부하량

일반적인 초기 침투농도와 유량에 기초한 데이터의 해석은 지속적인 강우시 수체에 흘러 들어가서 영향을 미치는 오염물질의 부하를 고려할 때 바람직하지 못한 방법으로 보고되고 있다. 따라서, 유출수의 수질 보다는 강우기간동안 발생하는 유출수의 오염부하량을 고려해야 하는 것으로 보고되고 있다(이두진 등,

2005). Table 3은 청천과 강우시 오염 부하량을 나타낸 것이다. 청천시와 CSOs 미발생 강우(2차 강우)는 오염 부하량의 차이는 미미한 것으로 나타났으나, CSOs 발생 강우시의 경우 CSOs 미발생 강우에 비해 매우 높은 오염 부하량을 갖는 것으로 나타났다. 청천시 평균과 비교하여 강우시의 오염부하량을 비교하

면 BOD 328~1,255배, COD 25~129배, SS 83~2,009배, T-N 4~12배, T-P 14~51배, Cu 5~11배, Zn 5~13배로 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 강우시 유출되는 오염물질 중 SS의 양이 가장 많은 것으로 나타나, 신봉순 등(2004)의 연구결과와 유사한 것으로 나타났다.

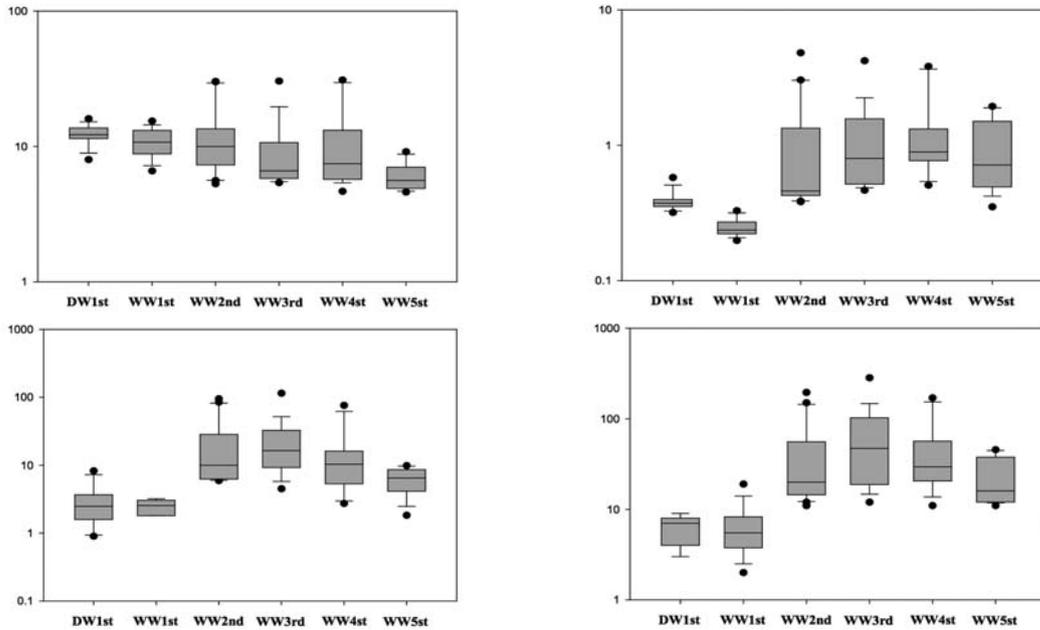


Fig. 3. Box plots for water quality constituents.

3.2.4 초기세척효과

초기세척효과란 강우초기에 오염물질들이 초기유출수에 다량 함유되어 고농도로 유출되는 현상을 말한다. 초기세척효과의 경우 강우강도가 약하거나, 강우사상이 빈번하게 발생할 때, 그리고 대유역 면적에서는 그 특성이 잘 나타나지 않는 것으로 알려져 있다. 초기세척효과에 대한 분석은 도시지역의 비점오

염관리에서 저감방안계획수립을 위한 저류용량산정과 밀접한 관계가 있기 때문에 매우 중요한 자료가 된다(Brezonik et al., 2002; Mounira et al., 2008; Kim et al., 2007).

유출부피에 따른 오염물의 분포와 초기세척효과를 평가하기 위하여 Bertrand -Krajewski 등(1998)은 무차원의 M(V)곡선을 나타내었으며, 이 곡선은 강우강

Table 3. Total discharged loads for dry and wet weather

		Total discharged loads(kg)						
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	Cu	Zn
Dry weather	1st	11.01	22.89	11.25	45.18	1.42	0.11	0.08
	2nd	12.82	34.84	8.87	27.46	1.08	0.03	0.06
	ave.	11.92	28.87	10.06	36.32	1.25	0.07	0.07
Wet weather	1st	3.70	7.62	5.71	14.66	0.34	0.02	0.04
	2nd	371.67	732.84	842.03	171.78	18.31	0.39	0.35
	3rd	1,255.96	3,725.70	8,538.37	409.86	57.62	0.67	0.97
	4th	627.05	2,336.69	9,063.61	441.69	54.62	0.83	0.91
	5th	328.55	1,569.85	20,212.22	312.62	64.59	-	-

Table 4. Value of b for characteristic M(V) curves for water quality constituents

구 분		"b"Value						
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	Cu	Zn
Wet weather	2nd	0.596	0.661	0.516	0.974	0.649	0.975	1.114
	3rd	0.537	0.589	0.598	0.852	0.703	0.852	1.006
	4th	0.878	0.706	1.062	1.031	0.954	1.015	0.910
	5th	0.859	0.888	0.794	0.906	0.885	-	-

도, 하수관거의 조건, 퇴적물의 양에 따라 달라진다. M(V)곡선은 다른 강우패턴에서 배출되는 오염물을 비교하기 위하여 사용되고 있다. M(V)곡선에서 세로축이 총 유출오염부하량에서 유출부피에 해당하는 오염부하량을 의미하며, 가로축은 총 유출부피에서 유출된 부피의 비율을 의미한다. Bertrand-Krajewski et al.(1998)은 배수구역에서의 저류시설 설계용량산정을 위해 b값을 M(V)곡선을 6개의 영역으로 구분하였으며, 초기세척현상을 평가하기 위하여 오염부하의 80%가 총유출유량의 30%에 해당하는 첫 번째 영역인 $0 < b \leq 0.185$ 를 초기세척으로 정의하였다. b가 1

보다 크면 오목형으로, 작으면 볼록형으로 휘어진다. 여기서, F(X)는 초기세척을 만족할 수 있는 오염물

$$F(X) = b \cdot X \ln(F(X)) = b \cdot \ln(X) \quad (2)$$

의 분율(%)이며, b는 초기세척계수, X는 그 오염물질의 양을 포함하고 있는 유출유량의 분율(%)이다. Table 4에 본 연구의 b값을 나타내었다. BOD, COD, SS 및 T-P의 경우 상기에서 초기세척으로 정의한 $0 < b \leq 0.185$ 의 범위는 만족시키지 못하였지만, T-N, Cu 그리고 Zn의 b값보다높은 것으로 나타났다. 이는 입

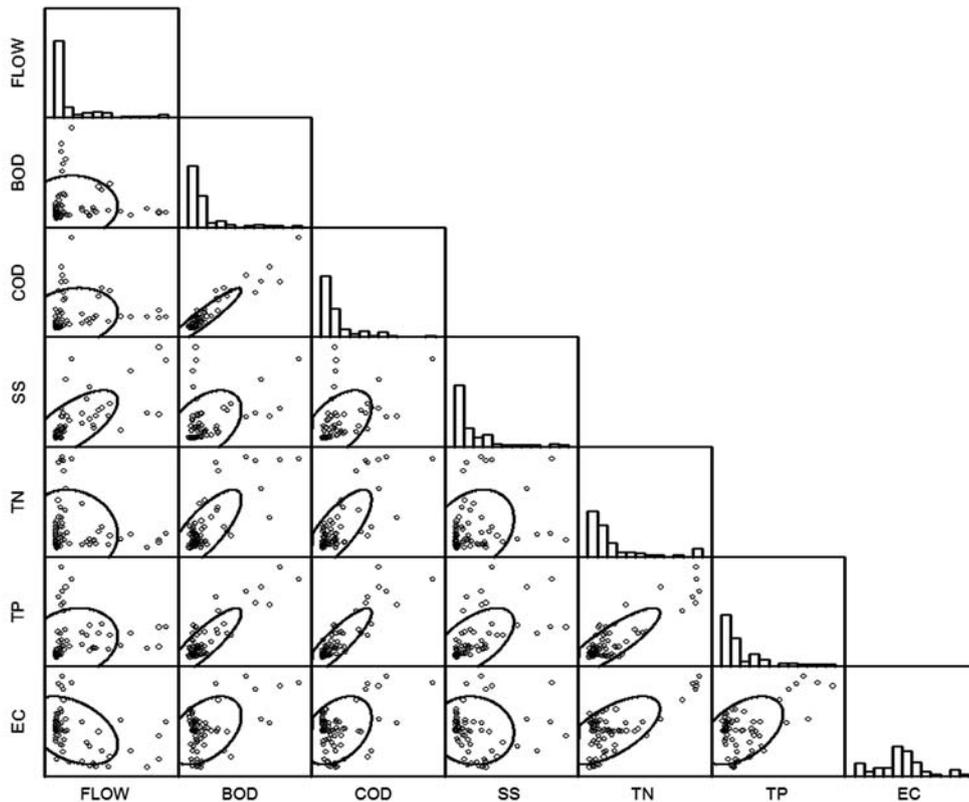


Fig. 4. Scatterplot between flow and water quality constituents in stormwater.

Table 5. Pearson's correlation coefficients between flow and water quality constituents in stormwater

	Q	BOD	COD	SS	T-N	T-P	EC
Q	1.000						
BOD	-0.001	1.000					
COD	0.151	**0.939	1.000				
SS	**0.696	**0.439	**0.527	1.000			
T-N	-0.120	**0.768	**0.763	0.269	1.000		
T-P	0.164	**0.865	**0.878	**0.600	**0.859	1.000	
EC	**0.407	**0.439	**0.380	-0.059	**0.642	**0.490	1.00

자성 물질과 연관되는 BOD, COD, SS 그리고 T-P의 경우 용존성 물질(T-N, Cu, Zn)보다 강우초기에 유출되는 정도가 크기 때문인 것으로 판단된다(이두진 등, 2004).

CSOs가 발생한 2~5차 강우시 강우유출수와 수질간 상관도 분석을 실시하였으며, 상관도 분석은 윈도우 SYSTAT version 10.2 통계 프로그램을 사용하였다. 각 변수간의 상관관계는 Pearson상관계수로 나타내었으며 +1은 완전상관, -1은 완전역상관을 나타낸다. 다중비교 검정시 임의오차가 발생하기 때문에 사후검정으로 bonferroni 검정을 실시하였다. Fig. 4는 본 과업에서 CSOs가 발생한 2~5차 강우시 측정된 74개의 유량 및 수질사이의 관계를 나타내는 산점도를 나타낸 것이며, Table 5는 유량 및 수질에 대한 상관도 분석결과이다. 유량과 오염물질의 상관관계를 살펴보면 SS가 유량과의 상관관계가 높고 유의한 것으로 나타났으나, 유량과 다른 수질항목과의 상관관계는 거의 없는 것으로 나타났다. 기존 연구에서는 초기 세척으로 인하여 유량과 수질항목간의 상관관계가 높은 것으로 나타났으나, 본 연구에서는 초기세척효과가 미미하여 유량과 수질항목간의 상관관계가 기존 연구와 다르게 나온 것으로 판단된다(Kim et al., 2007).

EC(Electrical Conductivity)의 경우 유량과 역상관관계가 나타난 것은 유량 증가시 희석효과로 인하여 EC 농도가 감소하고, 유량이 점차 감소하면서 EC농도가 증가하는 경향을 보이기 때문으로 판단된다. 수질인자간 상관관계를 살펴보면 유기물질인 BOD와 COD 간에 높은 상관성을 나타내고 있으며, 부유물질인 SS와도 다소 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한, BOD와 COD는 영양염류인 T-N과 T-P와의상관계수도 높은 것으로 나타났다. SS의 경우 T-P과의 상관계수가 높은 것으로 나타났다. 인의 경우 입자에 쉽게 부착되어 이동하는 성질이 있는 것으로 알려져 있어,

관거를 유하하는 동안 관내퇴적물에 상당량이 흡착하게 되고, 퇴적되어 있던 고형물이 강우시 증가된 유량에 의해 재부유, 유출되면서 SS와 T-P의 상관관계가 높은 것으로 판단된다(이두진 등, 2004).

4. 결론

본 연구에서는 강우에 따른 합류식 하수관거에서의 오염물질 유출 특성 및 오염부하와 오염물질간의 상관관계를 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) CSOs가 발생하였을 때와 발생하지 않았을 때의 오염물질 농도특성을 비교하면, CSOs가 발생한 경우에는 T-N을 제외한 오염물질의 농도가 확률빈도 50%에 해당하는 중앙값(median)이 매우 높은 것으로 나타났다. 그러나, T-N의 경우 지표면 세척효과에 따른 고형물질에 영향을 받지 않고 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) CSOs 발생시 청천시 오염부하량과 비교하면 BOD 328~1,255배, COD 25~129 배, SS 83~2,009배, T-N 4~12배, T-P 14~51배, Cu 5~11배, Zn 5~13배로 증가하는 것으로 나타났으며, 특히, 강우시 유출되는 오염물질 중 SS의 양이 가장 많은 것으로 나타났다.
- 3) 초기세척계수(b) 범위가 BOD 0.537~0.878, COD 0.589~0.888, SS 0.516~1.062, T-N 0.852~1.031, T-P 0.649~0.954, Cu 0.975~1.015 및 Zn 0.90~1.114로 나타났다. 이는 입자성 물질과 연관되는 BOD, COD, SS 그리고 T-P의 경우 용존성 물질(T-N, Cu, Zn)보다 강우초기에 유출되는 정도가 크기 때문인 것으로 판단된다.
- 4) 유량과 오염물질의 상관관계를 살펴보면 SS가

유량과의 상관관계가 높고 유의한 것으로 나타났으나, 수질항목과의 상관관계는 거의 없으므로 나타났다. 이는 초기세척효과가 미미하여 유량과 수질항목간의 상관관계가 낮은 것으로 판단된다. EC의 경우 유량과 역상관관계가 나타난 것은 유량 증가시 희석효과로 인하여 EC농도가 감소하고, 유량이 점차 감소하면서 EC농도가 증가하는 경향을 보이기 때문으로 판단된다.

- 5) 수질인자간 상관관계를 살펴보면 SS와 T-P의 상관관계수가 높은 것으로 나타났다. 이는, 인의 경우 입자에 쉽게 부착되어 이동하는 성질이 있는 것으로 알려져 있어, 관거를 유하하는 동안 관내 퇴적물에 상당량이 흡착하게 되고, 퇴적되어 있던 고형물이 강우시 증가된 유량에 의해 재부유, 유출되면서 SS와 T-P의 상관관계가 높은 것으로 판단된다.

참고문헌

- 기상청 (2006) 기상 연보
기상청 (2007) 기상 연보
기상청 (2008) 기상 연보
기상청 (2009) 기상 연보
기상청 (2010) 기상 연보
김영철, 안익성, 이명재 (2007) 농촌 소도시의 CSOs 발생패턴분석 및 관리대책에 관한 연구, 한국물환경학회지, 23(4), 543-550
신봉순, 임재명, 최승철, 원철희, 김병욱 (2004) 강우시 CSOs 및 SSD가 하천수질에 미치는 영향에 관한 기초연구, 대한상하수도학회 · 한국물환경학회 공동 추계학술발표회논문집, pp. P 548-P 553.
이두진, 김주환, 우형민, 안효원 (2005) 오염부하 물질수지 분석을 통한 합류식 하수관거 적정 차집용량 결정(I) -오염부하 물질수지 분석- 대한상하수도학회지, 19(5), 547-556.
이두진, 신용배 (2004) 강우유출 모델을 이용한 합류식 하수관거 월류수 저류시설의 용량결절에 관한 연구(I) -월류수 발생특성 분석-, 대한환경공학학회지, 26(3), pp. 362-369
조덕준, 김진하 (2006) 소규모 도시유역 합류식 하수관거 월류수 특성화 및 최적 저류지 용량 결정, 한국물환경학회지, 22(2), 314-320.
최성현, 최승철, 원철희, 김병욱, 임재명 (2002) 강우시 합류식 하수관거의 유출특성 및 차집유량 산정, 대한상하수도학회 · 한국물환경학회 공동 추계학술발표회논문집, pp. G 141- G144.
환경관리공단 (2008) 구리초기우수저류시설 시범설치공사 기대효과 분석
환경부 (2005) 하수도 시설기준
환경부 (2007a) 합류식하수도월류수(CSOs)오염부하 저감시설 설치 타당성 조사용역 보고서
환경부 (2007b) CSOs와 SSOs관리를 위한 계획수립지침개발 보고서
APHA, AWWA, WEF (2005) Standard methods for the examination of water and wastewaters, 21st ed., Washington, D.C.
Bertrand-Krajewski, J.L., Chebbo, G., and Saget, A. (1998). Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon, Wat. Res., 32(8), pp. 2341-2356.
Brezonik, Patrick L., and Stadelmann, Teresa H. (2002) Analysis and predictive models of stormwater runoff volumes loads, and pollutant concentration from watersheds in the Twin Cities metropolitan area, Minnesota, USA, Wat. Res., 36(7), pp. 1743-1757
Diaz-Fierros, T.F., Puerta, J., Suarez, J., and Diaz-Fierros, V.F. (2002) Contaminant loads of CSOs at the wastewater treatment plant of a city in NW Spain, Urban Water, 4(3), 291-299
Kim G.H., Yur J.H., and Kim J.K. (2007) Diffuse pollution loading from urban stormwater runoff in Daejeon city, Korea, Journal of Environmental Management, 85(1), pp. 9-16.
Mounira Kafi, Gasperi, J., Moilleron, R., Gromaire, M.C., Chebbo, G. (2008) Spatial variability of the characteristics of combined wet weather pollutant loads in paris, Wat. Res., 42(3) pp. 539-549.