

# 도시지역 합류식 하수관거 월류수 발생특성 연구

## - 홍제천 평창배수분구를 중심으로

오경석, 호종광, 황병기  
 상명대학교 토목환경공학부  
 windkyung@smu.ac.kr

# Study on characteristics of CSOs in urban area

## -Focus on Pyungchang catchment of Hongje basin

Kyung-Seok Oh · Jong-Kwang Ho · Byung-Gi Hwang  
 Division of Civil and Environmental Engineering, Sangmyung University

### 요 약

홍제천 유역의 평창 배수분구를 대상으로 합류식 하수관거 월류수의 발생특성을 파악하고자 유량 및 오염물질 발생경향, 오염물질별 상관관계, 연간 강우유출 오염부하량 등에 대하여 살펴보았다. 강우시 오염물질의 초기세척현상은 누적오염 부하량비를 이용하여 분석하였으며, 모든 수질항목에 대하여 초기유출현상이 나타났으며, 초기 20% 유출 유량에서 오염부하가 30% 정도로 유출되고 있는 것으로 분석되었다. 또한 수질항목별 상관계수를 보면, 건기시의 상관계수는 COD와 SS가 0.4857, 월류수의 경우에는 SS와 TN의 상관계수가 0.7723으로 가장 크게 나타났다. 연간 강우에 의하여 방류선으로 배출되는 면적당 오염부하는 COD 1,202kg/ha/yr SS 494kg/ha/yr로 산정되었다.

### 1. 서론

합류식 하수관거에서 건기시 발생 하수는 전량 우수 토실에서 차집되어 하수처리장에서 처리되지만, 강우시에는 우수와 하수가 혼합되어서 일정부분(약 3Q) 만큼만 차집되어 하수처리장에서 처리된다. 차집되지 않은 유량은 월류 조각시설을 통하여 직접방류선으로 유출되며, 이 유출수를 합류식 하수관거 월류수 즉, CSOs(Combined Sewer Overflows)라 한다<sup>1)</sup>. 이 때 건기시 비교적 느린 하수의 흐름으로 인해 관거내 퇴적되어있던 침전물이 강우시 재부유되는 효과와 함께 초기세척(first flush) 효과로 인해 종종 유기물, 영양염류, 퇴적물, 미생물, 유류, 중금속이 함유된 하수가 배출되며, 간혹 독성물질이 함유되어 있는 경우도 있다<sup>2)</sup>.

따라서 본 연구에서는 합류식 하수관거 월류수 오염부하의 발생 특성 및 부하량과 오염물질의 발생특성, 오염물질별 상관관계 및 영향인자 등을 조사·분석하여 이들의 결과를 합류식 하수관거 월류수의 오염부하를 효율적으로 제어하기 위한 기초자료로 제공하는데 목적이 있다.

### 2. 연구내용 및 방법

대상지역은 서울시 종로구 홍제천 상류부의 배수분구로 선정하였으며, 홍제천의 좌우측 하안을 따라 설치된 합류식 하수관로를 통해 종로구 인근 7개구의 생활하수가 난지처리장에서 처리되고 있다. 연구지역내 하수처리지역은 구기, 평창 및 부암 배수분구로 구분되어 있으나 본 연구에서는 평창 배수분구를 대상으로 하였다.

난지 처리구역중 홍제 배수구역에 해당하는 평창 배수분구 기초 현황을 <표 1>에 나타내었다. 면적이 506ha으로 단독주택, 빌라 등이 밀집해 있는 전형적인 주거 지역 형태를 나타내고 있는 지역이다.

<표 1> 평창 배수분구 기초 현황 자료

배수 분구	면적 (ha)	인구 (명)	평균관경 (mm)	관거연장 (km)	상수도 사용량 (m3/d)
평창	506	17,555	403	7.24	7,794

본 연구의 조사대상 강우를 <표 2>에 나타내었다.

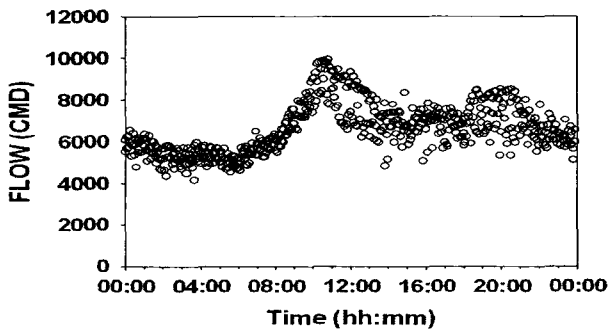
<표 2> 평창 배수분구 강우시 조사

	1차 (5월 2일 ~3일)	2차 (5월 12일 ~13일)	3차 (5월 27일 ~28일)
강우량(mm)	10.0	10.7	65.8
강우지속시간	9	15	22
최대 강우강도 (mm/hr)	2.5	2.9	12.0
평균 강우강도 (mm/hr)	1.0	0.7	2.9

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 건기시 유량 및 수질

건기시 평창 배수분구에서 2004년 6월 24일(1차), 2004년 8월 25일(2차) 2차례 조사된 시간대별 하수발생량을 (그림 1)에 나타내었다.

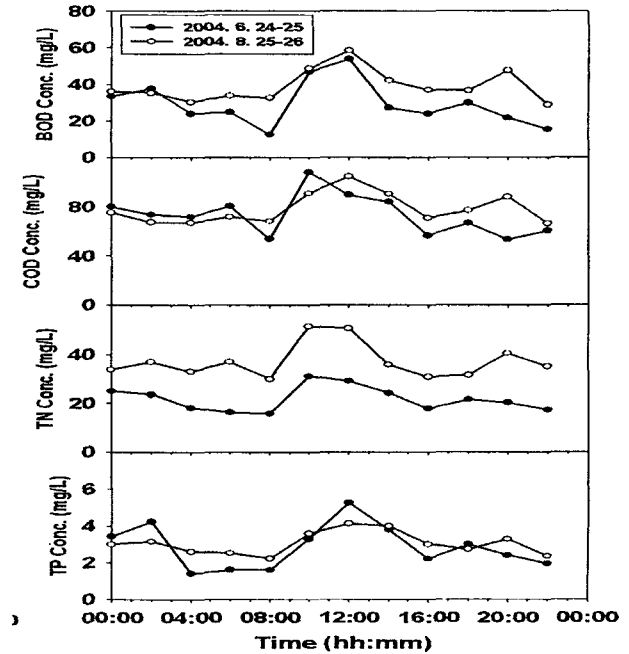


(그림 1) 건기시 시간대별 하수발생 패턴

주거지역이 80%이상을 차지하는 평창배수분구의 최대유량은 오전 11시경 9,933 m<sup>3</sup>/d로 조사되었으며, 대체적으로 활동인구가 적은 새벽녘인 오전 4시경 4,169 m<sup>3</sup>/d로 최소유량을 보이는 것으로 조사되었다. 전형적인 주거지역의 하수발생량 패턴을 보여주고 있으며, 출근시간대에 유량이 급격히 증가하여 오전 11시경 첨두 유량을 나타내고 있으며, 이는 주부들의 가사 시간이 출근시간대 바로 직후에 활성화되고 있는 것으로 판단된다.

평창배수분구의 건기시 1차, 2차 하수 수질의 시간적 변화를 (그림 2)에 나타내었다. 비강우시 1차, 2차 조사시 수질 평균 농도는 COD가 53.3mg/L, 66.3mg/L, BOD 12.4mg/L, 28.6mg/L 이고, T-N가 15.6mg/L, 29.8mg/L 이며, T-P가 1.4mg/L, 2.22mg/L로 나타났다. 수질농도는 하수량 패턴과 유사하게 변화하는 것으로 조사되었으며, 활동인구가 적은 새벽시간대에 수질농도가 낮고 인구활동이 활

성화되는 오전 8시 이후 수질농도가 높아지는 것으로 조사되었다.



(그림 2) 건기시 시간대별 수질조사 결과

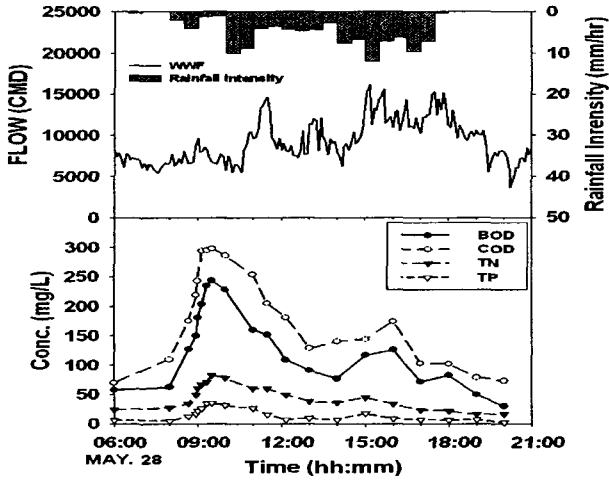
#### 3.2 강우시 유량 및 수질조사 결과

2002년 5월 27일~28일의 총 강우량은 65.77mm이며, 최대 강우강도는 5월 28일 오전 11시경 12.0mm/hr로 나타났으나, 28일 오전 6시까지의 강우량이 미비하여 하수에 영향이 거의 없다고 판단되어 그 후부터의 강우를 대상으로 평창 배수분구의 배수 유역 말단 우수토실에서 측정된 강우량, 유량, 수질 발생 특성을 (그림 3)에 도시하였다. 강우기간 중 총 강우량은 54.51mm로 나타났다.

강우시 유량변화 추이를 살펴보면, 평균 유량은 9,164m<sup>3</sup>/d 조사되었으며, 첨두 유량은 5월 28일 오후 3시 10분경 16,210m<sup>3</sup>/d 로 나타났으며, 최저 유량은 5월 28일 오후 8시 15분경 3,639m<sup>3</sup>/d로 나타났다. 수질항목의 추이 변화를 살펴보면, 5월 28일 오후 7시30분 경에 수질농도는 BOD 32mg/L, COD 62mg/L, T-N 15.1mg/L, T-P 5.2mg/L, 로 최저 농도를 나타내고 있으며, 5월 28일 오전 10시경 BOD 244mg/L, COD 298mg/L, T-N 82.4mg/L, T-P 35.3mg/L로 최고농도를 나타냈다.

이는 초기세척현상(First Flush)에 의해 수질항목이 상당히 높게 나타난 것이며, 강우초기의 높은 오염물질의 농도는 강우에 의해 희석되어 일시적으로 낮아졌다가 높은 강우강도에 의하여 급격히 상승하였으며, 이후 오염물질의 농도는 유량의 감소에 따

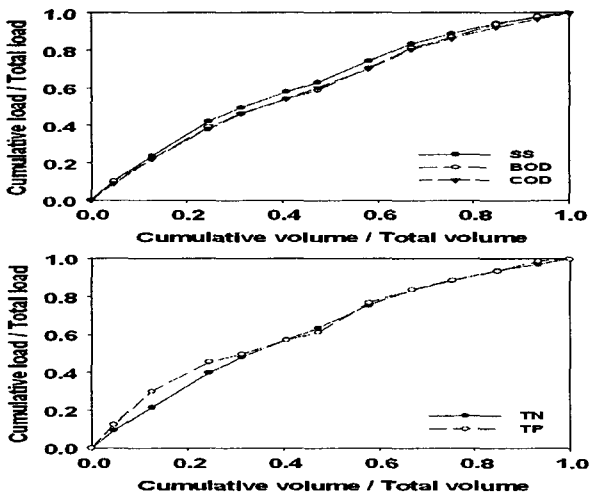
라 건기시 보다 다소 높은 경향을 보이며 점차적으로 감소하였다.



(그림 3) 강우시 유량 및 수질변화 추이(2004. 5. 28)

### 3.2 초기세척현상

강우시 오염물질의 초기세척현상은 Geiger<sup>6)</sup>(1987)가 제안한 누적오염 부하량비를 이용하여 분석하였다. (그림 4)은 강우기간중 조사기간 동안의 유량에 대한 누적유량 비를 X축으로 하고, 오염부하량에 대한 누적오염부하량 비를 Y축에 도시하였다. 그래프의 기울기가 1보다 크면 초기유출 현상이 현저한 것이며, 기울기가 1보다 작은 경우는 지속적인 유출현상으로 해석한다. (그림 4)에 나타난 것과 같이 모든 항목에 대해서 초기유출현상이 나타나고 있는 것으로 분석되었다.



(그림 4) 누적유량과 누적오염부하의 관계(2004. 5. 28)

### 3.3. 오염물질 사이의 상관관계 분석

상관계수(correlation coefficient)는 두 변수사이에 성립하는 선형관계의 정도를 수치로 표현하는 통계

치로서 양수의 경우 x의 큰 값들이 y의 큰 값들과 주로 연관됨을 뜻하고, 음수의 경우 x의 큰 값들이 y의 작은 값들과 연관됨을 의미하며, 항목별 상관계수를 <표 3>에 나타내었다.

<표 3> 건기시 및 강우시의 오염물질 상관계수

구분	DWF (n = 24)				WWF (n = 88)			
	COD	SS	TN	TP	COD	SS	TN	TP
COD	1	0.4857	0.3517	0.4035	1	0.7262	0.7387	0.6990
SS		1	0.4273	0.4458		1	0.7723	0.7028
TN			1	0.2531			1	0.6359
TP				1				1

### 3. 결론

본 연구에서는 도시지역 합류식 하수관거인 홍제천 유역의 평창 배수분구를 대상으로 합류식 하수관거 월류수의 발생특성을 파악하고자 유량 및 오염물질 발생경향, 오염물질별 상관관계 등에 대하여 살펴보았으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 건기시 유량 및 수질조사 결과, 평창 배수분구는 전형적인 주거지역의 하수발생량 패턴을 보여주고 있으며, 출근시간대 이후 하수량이 급격히 증가하는 것은 청소, 빨래 등 주부들의 가사활동에 기인한 것으로 판단된다. CSOs의 경우 초기세척현상(First Flush)에 의해 모든 수질항목의 농도가 상당히 높게 나타났으며, 강우초기의 높은 오염물질의 농도는 계속되는 강우에 의해 희석되어 점차적으로 감소하는 것으로 나타났다.
2. 강우시 오염물질의 초기세척현상은 누적오염 부하량비를 이용하여 분석하였으며, 모든 수질항목에 대하여 초기유출현상이 나타나는 것으로 분석되었으며, 초기 20% 유출 유량에서 오염부하가 30% 정도로 유출되고 있는 것으로 분석되었다.
3. 수질 항목별 상관계수분석 결과를 살펴보면, 건기시의 상관계수는 COD와 SS가 0.4857, 월류수의 경우에는 SS와 TN의 상관계수가 0.7723으로 가장 크게 나타났다.

본 연구를 통한 실측조사 결과 CSOs에 의한 오염부하가 방류선수체에 미치는 영향이 상당히 심각할 것으로 판단되며, 이에 따른 CSOs 관리 방안으로는 관거퇴적물 준설 및 세척방안과 우수유출저감 방안

을 들 수 있으며 이러한 관리 방안으로 인해 오염물질의 상당량이 저감될 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 윤현식, 신웅배, 이영대, 이두진, 2001, 빗물배수 펌프장 저류조를 이용한 합류식 하수관거 월류수(CSOs) 오염부하 삭감 산정, 대한토목학회지, 21(6-B), 735-744.
2. Field, R., O'Shea, M.L., and Chin, K.K., 1993, Integrated stormwater management, Lewis Publishers
3. APHA, AWWA, WEF, 1998, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th ed., Washington, D.C.
4. EPA, 1993, Combined sewer overflow control
5. Geiger, W.F., 1987, Flushing Effects in Combined Sewer Systems, Proceedings of the 4th International Conference on Urban Storm Drainage, Lausanne, Switzerland, pp. 40-46,
6. 이두진, 2003, 강우시 도시지역 하수도 시스템의 통합운영관리, 한양대학교 대학원 박사학위 논문.
7. 이두진, 윤현식, 신웅배, 2003, 도시지역 합류식 하수관거 월류수의 발생특성 및 오염기원 평가, 대한토목학회논문집. 23(6-B), 597-606
8. 이두진, 신웅배, 윤현식, 선상운, 광수동, 2003, 분류식 우수유출 오염부하 비교를 통한 CSOs 저감 목표 설정 기초연구, 대한환경학회지, 25(11), 1,420-1,428
9. 환경부, 1997, 도심하수관 정비기법 연구.
10. 서울특별시, 2002, 하수도 정비기본계획 보고서.