

우오수분리벽을 이용한 합류식 하수관거의 오염물질 제어효과

Pollutant Control using the Separation Wall between Stormwater and Sewage in a Combined Sewer System

이광춘¹ · 최봉철² · 임봉수^{2,*}

Lee, Kuang Chun¹ · Choi, Bong Choel² · Lim, Bong Su^{2,*}

1 (주)협신기업
2 대전대학교 환경공학과

(2004년 3월 20일 접수; 2004년 7월 29일 최종수정논문 채택)

Abstract

This research is to determine the stormwater effects on sewer concentrations by measuring and comparing the flow and pollutant concentrations during dry and rainy periods in the existing BOX type combined sewer pipes. The monitoring was carried out in two sites, which are the Daesachen outfall having PE separation wall in BOX type combined sewer pipes and the Yongunchen outfall not having separation wall. The average flow-weighted BOD concentration in Yongunchen outfall is 2-fold lower than in Daesachen outfall because of the dilution effect from ravine water. However, the pollutant mass loading is 16 fold higher in Yongunchen outfall than in Daesachen outfall because of more flows. According to the research, the separation wall controls 52% pollutant mass during a storm period (11.5 mm/hr rainfall intensity). Therefore, the Yongunchen combined sewer system (CSS) need separation wall to control and to prevent more pollutant input in stream. In Daesachen area, the maximum sewer flow rate during a storm period measured about 10 fold bigger than average sewer flow during dry periods. Also the concentrations between rainy and dry periods increase approximately 33 fold for BOD and 120 fold for SS. In Yongunchen area, it increases about 9 fold for the maximum flow rate, 18 fold for BOD and 22 fold for SS during a storm. Therefore, the research is concluded that the separation wall between stormwater (or ravine water) and sewage can decrease the dilution effect in CSS and control the pollutant loading.

Key words: separation wall between stormwater and sewage, average flow-weighted concentration, overflowing pollutant mass loading

주제어: 우오수분리벽, 유량가중평균농도, 월류오염부하량

*Corresponding author Tel: +82-42-280-2531, FAX : +82-42-284-0109, E-mail: bslim@dju.ac.kr (Lim, B.S.)

1. 서 론

2002년 말 기준 우리나라의 하수도 보급률은 처리 인구를 기준으로 75.8%이며, 하수관거 총연장은 75,859km로서 하수관거 보급율은 65.3%이다. 우수와 오수를 동시에 배제하는 합류식 관거는 45,680km (62.0%), 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식은 30,179km(39.8%)로 합류식 하수관거가 주를 이루고 있다(환경부, 2002).

기존의 합류식 하수관거 체계는 관거의 오점, 관거 부실, 합류식 하수관거에 유입되는 계곡수와 불명수·침입수로 인한 하수종말처리장의 과부하 및 비효율적 운영, 초기강우시 합류식 하수관거의 월류수(CSOs: Combined Sewer Overflows)로 인한 하천의 수질오염증가, 건기시 유속저하로 인한 토사나 침전 부유물로 인한 차집관거의 스크린 폐쇄, 하천의 건천화 등 각종 문제점을 안고 있다(김갑수, 2002; 이현동, 2001; 박노연, 2003). 따라서 이와 같은 합류식 하수관거의 문제들을 해결하기 위해서는 체계적인 하수관거 계획 및 관거정비, 엄밀한 유지관리체계 수립, 건기시 계곡수와 불명수의 배제, 초기강우시 월류수의 저감대책 수립 등의 대책이 시급하다.

특히, 최근에는 하천환경과 관련하여 초기강우시 합류식 하수관거의 월류수가 하천환경오염의 여러가지 원인 가운데 하나로서 주목을 받고 있다. 합류식 하수관거의 월류수는 강우시 필연적으로 발생할 수밖에 없다고 할 수 있으나, 건기시 관거내의 유속저감에 의한 관거 내 퇴적오염물 증가, 차집관거 유입부의 토사 및 이물질 퇴적, 청소 및 유지관리 소홀 등에 의해 초기강우시 하천에 오염부하량을 증가시키는 주된 원인이라고 할 수 있다. 합류식 관거에서 배출되는 COD 오염부하는 물질수지를 통해 검토한 자료(이두진, 2003)에 의하면 월류수 오염부하와 하수처리장 방류수 부하가 비슷하거나 같은 조사결과(Field, 1993)를 보였으며, 월류수 SS 오염부하는 하수처리장 방류수 부하에 비해 약 6배나 높았다. 이와같은 결과는 유역에 대한 총량오염관리 관점에서 볼 때 강우유출에 의한 오염부하를 무시할 수 없음을 의미한다.

CSOs의 오염부하를 줄이기 위해 일본은 하수관거 재정비 프로젝트를 꾸준히 추진하고, 1982년에 공

표된 CSOs 저감을 위한 시범지침과 설계매뉴얼에서 CSOs 저감목표를 연간 발생부하량의 5% 미만으로 저감시킨다는 정책을 수립하였다(Inoue, 2001).

미국의 경우도 1994년에 연방정부에서 공포한 CSOs관리정책에서 방류선의 수질기준 달성을 위해 Nine minimum control을 이행하고 장기적으로 관리계획을 수립하고 있다(EPA, 2001).

우리나라의 경우 1990년 후반부터 CSOs가 방류선에 미치는 영향에 대한 연구가 시작되었기 때문에 장기적인 모니터링이 이루어지지 않았고, 월류를 근절하는 우수토실이나 차집관거 설비용량의 적절성에 대한 기존조사가 부족한 실정(환경관리공단, 2001)이므로 월류수에서 발생하는 오염물질 제어방안에 대해 많은 연구와 사업들이 요구되고 있다.

본 연구는 합류식 하수관거에서 발생하는 위와 같은 문제를 해결하기 위해 사용되고 있는 우오수분리벽의 초기강우시 월류수의 수질과 유량을 측정하고, 합류식 하수관거내에 우오수분리벽이 설치되어 있는 지점과 설치되어 있지 않은 지점을 비교하여, 월류수를 통해 하천으로 배출되는 오염물질을 저감시키는 우오수분리벽의 오염물질 제어효과를 제시하고자 한다.

2. 조사 및 방법

2.1. 조사대상

합류식 하수관거내에 강우시 월류수의 오염물질을 제어하기 위해 우오수분리벽을 설치할 때 어느 정도의 효과가 있는지를 조사하기 위해 조사대상은 우오수분리벽이 설치되어 있지 않은 용운천 토구지점과 설치되어 있는 대사천 토구지점을 설정하였다. 용운천 유역은 유역면적이 2.6km²이고, 약 50% 정도가 녹지지역이고 나머지는 주거 및 상가지역이 혼재한 지역적인 특성을 가지고 있다. 대사천 유역은 유역면적 3.15km²이고, 약 50% 정도가 녹지지역이고, 나머지 용운천 유역과 유사하게 주거 및 상가지역이 혼재한 지역적인 특성을 가지고 있다. 계곡수는 합류식관거 내에 별도의 우오수분리벽을 설치하여 하천으로 유출시키고 있다. Fig. 1은 대전시 합류식 하수관거에 우오수분리벽이 설치되지 않은 용운천 토구지점(3련 BOX 4.5 × 3m)과 설치되어 있는 대사천 토구지점(2련 BOX 3 ×

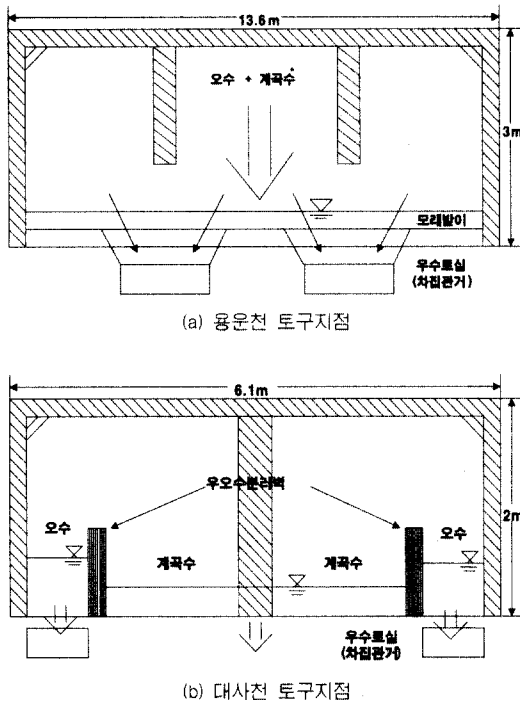
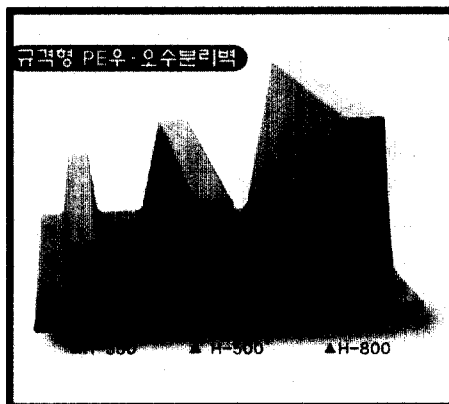


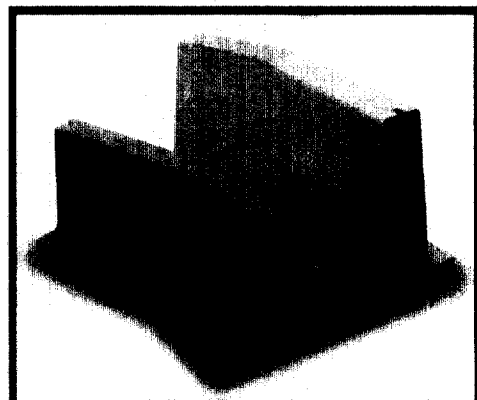
Fig. 1. 조사대상 토구지점의 단면도.

2m)의 단면도를 나타낸 것이다.

계곡수량과 오수량을 건기시 2시간, 우기시 5-10분 간격으로 유량측정 및 시료채취하여 오염물질 농도를 분석하고, 월류수 및 차집오염부하량, 유량가중평균 농도를 비교·분석하였다.



(a) 직선형



(b) 굴곡형

Fig. 2. 우오수 분리벽의 종류.

Fig. 2는 H회사가 2002년경부터 본격적으로 정부 조달품으로 등록하여 전국에 보급하고 있는 우오수분리벽 제품으로서 페플라스티나 페비닐 등의 재활용 PE(Polythlene)를 소재로 만든 친환경제품이다. 우오수분리벽은 높이에 따라 3가지 크기로 제품화되어, 그 모델은 높이가 800, 500, 350mm에 따라 각각 H-800, H-500, H-350이며, 굴곡구간에는 굴곡형을 시공현장에서 길이와 각도를 측정한 후 신속히 제작 및 설치가 가능하다.

2003년 12월말까지 우오수분리벽은 전국적으로 30여개의 지방자치단체, 50여개의 BOX형 합류식 하수관거에 총 설치연장은 약 90km 이상으로 보급·설치되어 있으며 우오수분리벽에 의한 BOX형 합류식 하수관거의 오수와 우수의 분리가 어려운 문제점 개선에 큰 효과를 보이고 있다(임봉수, 2001; 최봉철, 2003). 우오수분리벽이 설치되어 있는 청주지역의 미평천 지점은 계곡수량이 오수량보다 6.4배 많게 측정되었는데 계곡수량이 오수량보다 큰 지역일수록 건기시 계곡수와 오수를 충분히 효과적으로 분리하고 있음을 보여주었다(최봉철, 2003). Fig. 3은 1련 BOX내 우오수분리벽의 설치 단면도의 한 예를 나타낸 이다.

2.2. 조사방법

본 연구의 수질측정은 수질오염공정시험법(환경부, 2000)과 Standard Method (APHA, 1998)에 의하여 수행하였으며, 수질항목은 BOD, COD_{Cr}, SS, T-

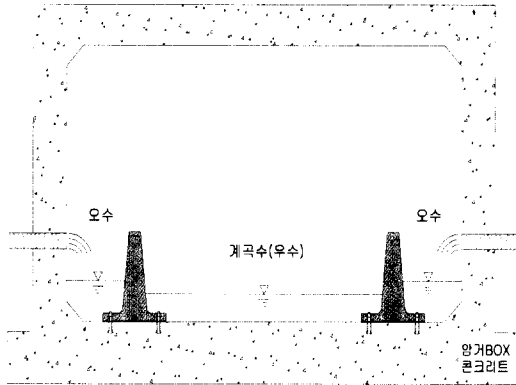


Fig. 3. 1선 BOX내 우오수분리벽 설치 단면도

N, T-P를 측정하였다. 유량측정의 경우 대전지역은 용운천과 대사천 토구지점의 계곡수, 청주지역은 유속·단면적 측정방법을 사용하였으며, 대사천 토구지점의 오수량은 연속자동측정 유량계(FLO-TOTE)를 사용하여 측정하였다.

총월유량 계산은 유량과 월류수의 측정시간 간격을 곱하여 체적으로 계산하였다. 즉 강우시 월류시점과 월류되지 않고 다시 차집관거로 유입되는 종점을 관찰하여 월류시점의 유량과 월류종점까지의 유량에 월류시간을 모두 곱하여 총월유량(m³)을 산정하였다(신응배, 1997).

유량가중평균농도는 월류수의 유량, 측정농도, 월류시간 간격을 곱하여 모두 합한 값에 총월유량으로 나누어 월류시간사이의 평균농도를 구하고, 이때의 유량가중평균농도에 월류량을 곱하여 월류시 발생하는 월류오염부하량(kg)을 산정하였다(이태홍, 2002).

$$\text{유량가중평균농도(mg/l)} = \frac{\text{강우사상별 총오염물질 발생량(kg)}}{\text{강우사상별 총강우 유출량(mg/l)}} = \frac{\sum Q \cdot C_t}{(\sum Q t)}$$

$$\text{월류오염부하량(kg)} = \text{유량가중평균농도} \times \text{총월유량(m}^3\text{)}$$

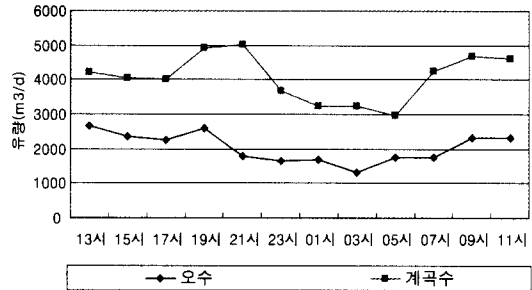


Fig. 4. 건기시 대사천 지점의 시간별 오수 및 계곡수량 변화.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대사천 지점의 분석결과

3.1.1. 건기시

Fig. 4는 2003년 8월 13일부터 건기시 대사천 토구지점에서 하루 중 2시간별 토구지점에서 분리되어 배출되는 오수량과 계곡수량 변화를 나타낸 것이다. 건기시 하루 중 평균 오수량은 2,036m³/d로 나타났으며, 오전 9시를 기점으로 오수량이 급증하여 오후 13시에 최대오수량을 나타낸다. 그리고 건기시 오수는 우오수분리벽에 의해 계곡수와 분리되어 차집관거로 전량 차집되는 것으로 나타났다.

이때 대사천 지점으로 유입되는 계곡수량도 2시간 간격으로 오수측정과 동시에 측정하였는데 평균 4,072m³/d이었으며, 오수량보다 약 2배 많은 계곡수량이 하천으로 유입되는 것으로 조사되었다.

3.1.2. 우기시

Table 1은 2003년 8월 6일 우기시 대사천 지점에서 오수량과 수질측정결과를 나타낸 것으로 두줄(=)로 표시된 선은 강우강도 11.5mm/hr일 때 월류시점과 월류구간의 자료이다. 14시에 비가 오기 시작하여 14시 12분경에 월류가 시작되었고 14시 23분경에 월류가 종료되었다. Fig. 5는 월류시점과 월류종점의 오수량 측정결과를 나타낸 것이다. 월류시점 14시 12분경의 유량은 3,893m³/d로 이는 건기시 최대오수량 1,334m³/d의 약 3배가 차집관거로 차집됨을 나타낸다.

Table 1. 우기시 대사천 지점의 오수량 및 수질측정결과

시간	유량 (m ³ /D)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	비고
14:00	450	27	52	26	13.7	1.9	
14:03	597	83	114	32	11.3	18.3	월류전
14:08	861	98	152	82	11.4	1.7	
14:13	5,355	138	222	140	24.5	4.3	
14:18	9,455	149	264	254	12.9	7.5	월류시점 ~ 월류종점
14:20	10,239	69	134	234	8.9	2.7	
14:25	1,011	94	146	162	7.2	3.5	
14:35	434	85	118	126	6.9	3.6	월류종료 이후
14:55	965	34	52	38	6.4	0.2	
15:30	778	24	42	16	4.5	1.1	
평균	3,014	80	130.0]]	111	11	5	-

총월류량은 55.2m³(27.6m³ 2곳)에 대해 강우량당 월류량은 4.8m³/mm이고, BOD기준으로 유량가중평균농도 115.6mg/l, 월류오염부하량 6.4kg, 강우량당 오염부하량 0.3kg/mm로 나타났다.

3.1.3. 대사천 지점의 오염부하 제어효과

Table 2는 우오수분리벽이 설치된 대사천 지점에서 실측치와 설치되지 않았을 경우의 가정치를 이용하여 월류오염물질의 제어효과를 비교한 것이다.

합류식 하수관거내에 우오수분리벽이 설치되어 있는 대사천 지점은 건기시 계곡수와 오수를 효과적으로 분리하여 오수는 전량 차집관거로 유입되고 계곡수는 하천으로 유출되지만, 우기시 강우강도 11.5 mm/hr일 때 계곡수는 하천으로 유출되고 오수는 실측결과 유출오염부하의 약 52%의 오염물질이 차집되는 효과를 나타낸다.

만약 우오수분리벽이 설치되어 있지 않다면 건기시 약 63%, 우기시 강우강도 11.5mm/hr일 때 오수와 계곡수가 합류되어 약 21%정도로 낮은 차집효과를 나타낼 것으로 판단되므로 우오수분리벽에 의한 오수와 계곡수의 분리효과와 오염물질 제어효과가 크다고 판단된다.

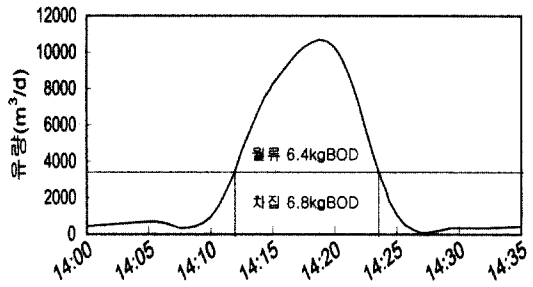


Fig. 5. 우기시 대사천 지점의 월류량 및 오염부하량의 비교 (실측).

3.2. 용운천 지점의 분석결과

3.2.1. 건기시

Fig. 6은 2002년 8월 13일부터 건기시 용운천 토구 지점의 하루 중 2시간별 유량변화를 나타낸 것이다. 건기시 하루 중 평균 오수량은 15,927m³/d로 나타났으며, 오전 7시를 기점으로 유량이 급증하여 오전 9시에 최대유량(18,147m³/d)을 나타낸다.

용운천 토구지점을 중심으로한 유역면적에 유입되는 별도의 계곡수는 관거 유입전의 위치를 6개로 선정하여 1회 측정하였는데 총계곡수량은 2,588m³/d로 측정되었으며 평균 BOD는 약 3mg/l이하로 측정되었다. 이 결과로 용운천 지점의 계곡수를 배제한 건기시 평균오수량은 계산상으로 13,339m³/d이었으며 오수량은 계곡수량의 약 6.2배 정도로 계곡수량은 오수

Table 2. 대사천 지점에서 우오수분리벽의 오염부하 제어효과

우오수	지 점	월류체적 (m ³)	유출 오염부하 (kgBOD)	차집 오염부하 (kgBOD)	월류 오염부하 (kgBOD)(%)	제어효과	
설치한 경우 (실측)	건기시	오수 2곳	2,036	19	전량차집	없음	100%
		계곡수	4,072	12	하천유출	없음	100%
	우기시	오수 2곳	218	13.2	6.8	6.4	52%
		계곡수	12,216	27	하천유출	하천유출	100%
설치하지 않은 경우(가정)	건기시	오수 + 계곡수	6,108	98	62	36	63%
	우기시	오수 + 계곡수	18,244	519	111	408	21%

량에 비해 적은 편이다.

3.2.2. 우기시

Table 3은 2003년 8월 6일 우기시 용운천 토구지점에서 측정된 유량과 수질분석결과이며 Fig. 7은 용운

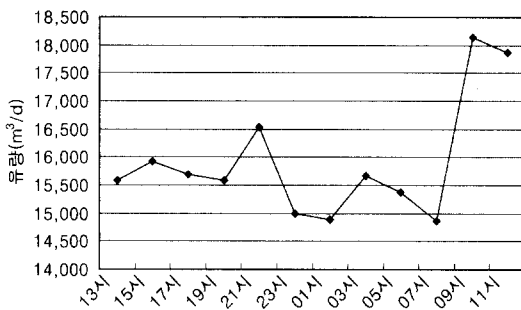


Fig. 6. 건기시 용운천 지점의 시간별 유량변화.

Table 3. 우기시 용운천 지점의 유량 및 수질측정결과

시간	유량(m ³ /d)	BOD(mg/l)	COD(mg/l)	SS(mg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)	비고
14:00	22,139	39	62	31	15.5	1.4	월류전
14:10	25,014	62	78	38	17.3	2.7	
14:20	141,513	83	132	84	19.9	4.7	월류시점 ~ 월류종점
14:30	98,437	82	129	87	20.8	3.9	
14:40	69,486	80	126	88	19.5	2.0	
14:50	62,662	49	82	62	18.4	2.5	
14:53	60,829	28	61	26	12.6	1.4	
14:57	57,981	25	52	21	11.8	2.2	
14:59	54,678	22	49	21	11.8	2.5	
15:05	48,267	34	60	35	10.8	2.2	월류종료 이후
15:10	45,372	39	67	47	10.7	2.8	
15:30	32,674	32	62	43	8.9	2.4	-
15:50	21,757	32	62	44	8.4	2.9	
평균	56,985	47	79	48	14	3	

천 토구지점의 월류시점과 월류종점의 오수량 측정결과를 나타낸 것이다. 14시에 강우가 시작하여 14시 13분경에 월류가 시작되었고 15시 25분경에 월류가 종료되었다.

월류시점의 유량은 36,664m³/d로 건기시 최대오수량(18,147m³/d)의 약 2배가 차집관거로 차집되는 것으로 나타났으며, 우기시 최대유량은 141,513m³/d로 건기시 보다 우기시 유량이 약 8배 정도 증가하였다. 측정된 총월류량은 1,651m³, 강우량당 월류량은 144m³/mm이고, BOD기준 유량가중평균농도 62.5mg/l, 월류오염부하량 101.2kg, 그리고 강우량당 오염부하량 8.8kg/mm로 나타났다.

3.2.3. 용운천 지점의 오염부하 제어효과

Table 4는 우오수분리벽이 설치되어 있지 않은 용운천 지점의 실측값과 우오수분리벽을 설치했을 경우

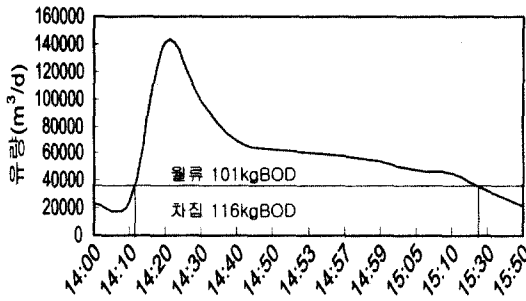


Fig. 7. 우기시 용운천 지점의 월류량 및 오염부하량의 비교 (실측).

의 가정치를 이용하여 우수수분리벽의 제어효과를 나타낸 것이다.

합류식 하수관거에 우수수분리벽이 설치되지 않은 용운천 지점은 계곡수와 오수가 합류되어 건기시 전량 차집관거로 유입되지만 강우강도 11.5mm/hr에 해당하는 우기시 조사한 시기에 53%의 차집효과를 나타냈다. 이는 오수와 계곡수의 희석에 의한 것으로 차집부하량 116kgBOD는 계곡수량이 포함되어 건기시 부하량 667kgBOD보다 약 6배 이상 희석되어 유입되므로 하수처리장의 유입농도를 저하시켜 처리효율을 저하시킬 수 있으며, 하천으로 월류되는 오염부하는 계곡수보다 훨씬 높은 부하량이 유입되므로 하천에 미치는 악영향은 더욱 크다고 할 수 있다.

만약 용운천 지점에 우수수분리벽을 설치하여 계곡수와 오수를 효과적으로 분리한다고 가정하더라도 우수가 오수관거에 어느정도 유입되므로 실제 제어효과는 100%가 될 수 없지만 실측된 53%보다 높은 오염물질 제어효과가 기대된다.

3.3. 대사천 지점과 용운천 지점의 비교분석

3.3.1. 유량과 오염부하량의 비교

Table 5는 대사천 지점과 용운천 토구지점에서 배출되는 유량과 오염부하량을 각각 비교하여 나타낸 것이다.

대사천 지점은 우기시 최대유수량이 20,478m³/d로 건기시 평균유수량 2,036m³/d에 비해 약 10배 증가하였고, 오염부하량은 BOD기준 약 33배, SS기준 120배 증가하는 것으로 나타났다. 용운천 지점은 우기시 계곡수와 오수가 합류된 것으로 최대 유량은 141,513m³/d로 건기시 평균 유량 15,927m³/d에 비해 약 9배 증가하였으며, 오염부하량은 BOD기준 약 18배, SS기준 약 22배 증가하였다.

이와 같이 용운천 지점보다 대사천 지점에서 건기시에 대한 우기시의 오염부하량의 비율이 훨씬 높은 것은 대사천 토구지점은 우수수분리벽에 의해 오수와 계곡수의 혼합이 이루어지지 않고, 강우시 침전된 퇴적물이나 일부 우수의 유입으로 오염부하량이 증가한 것으로 예상된다. 용운천 토구지점은 우수수분리벽이 설치되지 않았으므로 계곡수와 오수가 혼합되어 희석의 효과가 작용하여 부하량이 상대적으로 감소된 것으로 보여진다. 이 결과로 볼 때 우수수분리벽은 합류식 하수관거에서 계곡수 혹은 우수의 희석을 줄일 수 있으므로 오염물질 제어효과가 더 크다는 것을 보여준다고 판단된다.

3.3.2. 월류오염부하량의 비교

Fig. 8은 대사천 지점과 용운천 토구지점의 우기시 강우강도 11.5mm/hr일 때 월류수의 오염부하량을 비

Table 4. 용운천 지점에 우수수분리벽을 설치시 오염부하 제어효과

우오수 분리벽	지 점	월류체적 (m ³)	유출 오염부하 (kgBOD)	차집 오염부하 (kgBOD)	월류 오염부하 (kgBOD)	제어효과 (%)	
설치한 경우 (가정)	건기시	오수	13,339	667	전량차집	없음	100%
		계곡수	2,588	8	하천유입	하천유입	100%
	우기시	오수	13,339	667	전량차집	없음	100%
		계곡수	128,174	385	하천유입	하천유입	100%
설치하지 않은 경우(실측)	건기시	오수 + 계곡수	15,927	105	전량차집	없음	100%
	우기시	오수 + 계곡수	4,286	217	116	101	53%

Table 5. 대사천과 용운천 토구지점에서 유량과 오염부하량 비교

구분	대사천			구분	용운천		
	유량(m ³ /d)	오염부하량(kg)			유량(m ³ /d)	오염부하량(kg)	
		BOD	SS			BOD	SS
건기시 평균(A)	2,036	84	40	건기시 평균(A)	15,927	631	543
우기시 최고(B)	20,478	2,818	4,804	우기시 최고(B)	141,513	11,703	11,887
B/A	10.1	33.3	120.1	B/A	8.9	18.5	21.8

교한 것이다. 대사천 지점의 오수가 흐르는 지점에서 측정 한 결과, BOD기준 유량가중평균농도는 115.6mg/l이고, 용운천 지점의 유량가중평균농도는 62.5mg/l로 약 2배 정도의 차이를 보인다. 그 이유는 용운천 지점은 오수와 계곡수가 희석되어 대사천 지점보다 용운천 지점의 유량이 훨씬 크기 때문이다.

또한 월류오염부하량을 보면 대사천 지점은 6.4kgBOD, 용운천 지점은 101.2kgBOD으로 오수와 계곡수가 합류되어 흐르는 용운천 지점이 대사천 지점보다 약 16배 많은 오염물질이 월류되어 하천으로 방류되는 것으로 나타났다. 이는 용운천 지점에 합류식 하수관거내 우오수분리벽을 설치한다면 강우량에 따라 부하량의 크기는 다를 수도 있지만 상당량의 월류수를 제어할 수 있음을 보여준다.

4. 결론

합류식 하수관거내에 우오수분리벽이 설치된 지점과 설치되지 않은 지점에서 건기시와 우기시로 나누어 유량과 수질을 측정하여 비교·분석함으로써 우오수분리벽의 오염물질 제어효과에 관해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 강우강도 11.5mm/hr일 때 합류식 하수관거내에

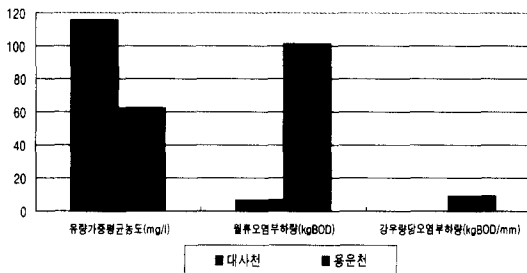


Fig. 8. 토구지점에서 월류오염부하량의 비교.

우오수분리벽이 설치되어 있는 대사천 토구지점의 BOD기준 유량가중평균농도는 용운천 지점보다 약 2배 높게 나타났지만 월류오염부하량은 용운천 지점이 대사천 지점보다 약 16배 높게 나타났는데 이는 우오수분리벽이 설치되어 있지 않고 오수와 계곡수가 합류되어 흐르는 토구지점이 우오수분리벽이 설치된 토구지점 보다 많은 오염물질이 하천으로 방류됨을 나타낸다.

2. 대사천 토구지점은 우오수분리벽이 설치되어 있는 지점으로 우기시 강우강도 11.5mm/hr일 때 계곡수는 전량 하천으로 유출되며, 오수는 우오수분리벽에 의해 약 52%의 오염물질 제어효과가 있는 것으로 판단된다. 용운천 지점은 우오수분리벽이 설치되어 있지 않은 지점으로 강우강도 11.5mm/hr일 때 나타난 오염물질 제어효과는 오수와 계곡수가 희석된 결과치이므로 만약 우오수분리벽을 설치하여 건기시와 우기시 계곡수를 전량 하천으로 유출시키고 오수를 차집관거로 더 많이 차집하면 월류 제어효과는 훨씬 클 것으로 판단된다.

3. 대사천 토구지점은 우기시 최대유량은 건기시 평균오수량에 비해 약 10배, 오염부하량은 BOD기준 약 33배, SS기준 약 120배 증가하는 것으로 나타났으며 용운천 토구지점은 우기시 계곡수와 오수가 혼합된 최대유량은 건기시 평균유량에 비해 약 9배, 오염부하량은 BOD기준 약 18배, SS기준 약 22배 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 우오수분리벽이 설치되어 있는 대사천 지점은 설치되어 있지 않은 용운천 지점에 비해 계곡수(혹은 우수)로 인한 오수의 희석을 줄일 수 있어 오염물질 제어 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

참고문헌

김갑수 (2002) 관거의 기능향상을 위한 고찰, 환경기술, (주)산업개발, 2(4), pp.18-37.

박노연 (2003) 합류식 하수관거 월류수(CSO) 처리시설의 현황, 상하수도학회지, 17(2), pp. 204-210.

임봉수, 김은동, 이광우, 이광춘 (2001) 하수차집관거 내에 토사와 계곡수 유입방지를 위한 대안, 대한환경공학회 2001년 추계학술연구발표회 논문집(1), pp. 2-3.

이현동 (2001) 환경친화적인 CSOs제어와 하수관거의 모니터링시스템 구축방안, 건설기술정보, 한국건설기술연구원, pp. 39-45.

이태홍, 최봉철, 황문장, 임봉수 (2003) 합류식 하수관거의 침투수/유입수 분석 및 월류수에 대한 조사, 2003년 공동추계학술발표회 논문집, 대한상하수도학회 · 한국물환경학회.

신용배, 윤현식, 배우근, 김상래, 배요섭 (1997) 도시유역 합류식 하수관거 월류수의 오염부하량 산정, 대한환경공학회 97년 추계학술연구발표회 논문집, pp. 449.

이두진, 신용배, 윤현식, 선상운, 박수동 (2003) 분류식 우수유출 오염부하 비교를 통한 CSOs저감목표 설정 기초 연구, 대한환경공학회지, 25(11), pp.1420-1428.

최봉철, 임봉수, 이광춘(2003) 합류식 하수관거에서 우수 분리벽을 이용한 계곡수 분리 효과, 2003년 공동추계학술발표회 논문집, 한국물환경학회 · 대한상하수도학회, pp. 611-614.

환경부 (2000) 수질오염공정시험방법.

환경부 (2003) 하수도 통계.

환경관리공단 (2001) 도심지 합류식 하수관거 월류수 및 분류식 우수관거 우수유출 오염부하 기초조사 연구.

APHA, AWWA, WEF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Ed., Washington, D.C.

EPA (2001) *Implementation and Enforcement of the Combined Sewer Overflow Control Policy*.

Field, R., O'Shea, M.L., and Chin, K.K. (1993) *Intergrated Stormwater Management*, Lewis Publishers.

Inoue, Y., Nakazato, T., Nomura, N., and Otuka, M. (2001) *CSO Abatement Strategy in Japan, Watershed 2001*, EWA, WEF and JSWA.