

Effect of separation walls on reduction of suspended solids loading in a combined sewer system

합류식 하수관거내 우수분리벽 설치에 따른 부유물질 제어효과

Chungjin Kwon · Bongsu Lim*

권충진 · 임봉수*

Department of Environmental Engineering, Daejeon University

대전대학교 환경공학과

Abstract : The purpose of this study is to investigate CSOs(combined sewer overflows) control in the combined sewer with/without separation wall. There is the high correlation between sewage velocity and suspended solid(SS) loading in the sewer without it. The SS/BOD ratio was about 3 times in the area with it, while it was about 5 times in the area without it. Therefore, the accumulated deposit within the sewer has influenced high SS loading in the sewer without it. This study showed that the separation wall installed acquired an acceptable efficiency in controlling the accumulated deposit in the combined sewer. According to this study, the BOD control effect was about 38 % in the sewer with the separation wall, whereas it showed about 24 % in the sewer without it. In this case, it was anticipated that the high pollutant control effect would be expected if the separation wall was installed in the combined sewer.

Key words : Combined sewer, CSOs, Sewage velocity, Separation wall, SS loading

주제어: 합류식 하수관거, 합류식 하수관거 월류수, 하수 유속, 우수분리벽, 부유물질 부하량

1. 서론

합류식 하수관거는 오수와 우수를 하나의 관거로 이송 및 배제하도록 한 관거 시스템으로서 강우시 우수의 관거 유입으로 인해 관거 내 유량이 증가하며, 이 때 증가된 유량은 차집관거를 통해 차집되어 하수종말처리장으로 이송되는데 차집관거의 차집용량(3Q)을 초과한 유량은 월류하여 수계로 유입되게 된다.

이러한 합류식 하수관거 월류수(CSOs; Com-

bined Sewer Overflows)는 다량의 오염물질을 포함하고 있으며, 특히 우리나라는 하천변을 따라 차집관거가 설치되어 있어 관거가 하천으로 갈수록 경사가 완만해지며 이에 따라 유속이 느려지는 특징을 갖고 있어 하류관거에서 퇴적물의 침전이 많이 발생한다. 충청시 합류식 하수관거 내에서 낮은 유속으로 인하여 퇴적물이 축적되고 강우시 일시적으로 증가된 유량으로 인해 전단력이 상승함에 따라 퇴적물이 재부유를 일으켜 CSOs 발생시 월류하게 되어 수계의 오염부하를 가중시키게 된다(이 등, 2005). 따라서 CSOs의 제어를 위해서는 강우시 지표에서 유입되는 비점오염원 물질보다는 CSOs의 근원적인 문제인 하수관거내의 퇴적물을 제어하는 것이 필요하다.

* Received 31 August 2012, revised 30 November 2012, accepted 4 December 2012.

* Corresponding author: Tel: 042-280-2531, Fax: 042-284-0109, E-mail: bsllim@dju.kr

하지만 합류식 하수관거에 존재하는 퇴적물을 제거 하는데 아직까지 적절한 대안이 없는 상황이다.

CSOs의 수계 내 유입으로 인하여 발생하는 문제점에 대한 해결 방법으로 최근 하수관거 말단부에 초기우수 저류시설을 설치하여 강우시 발생하는 CSOs를 일부 저감시키는 초기우수 저류시설이 환경부 하수도시설기준 내 우수체수지 계획에 마련되어 있다(한국상하수도협회, 2011). 이는 관거 내부에서 발생하는 근본적인 문제점을 해결하기 보다는 강우시 관거로 유입되는 우수에 의한 유량증가에 초점을 맞춰 문제점을 해결하고자 하는 방안이 대부분 제시되고 있다.

우오수분리벽은 합류식 하수관거 내에 설치하여 오수와 우수를 분리하는 역할을 하는 분리벽으로 재활용 PE(Polythlene)를 소재로 만든 제품으로 청천시에는 오수는 차집관거로 차집되며 계곡수는 하천으로 유입되도록 설계되어 있다. 또한 합류식 관거 내에서 별도로 형성한 오수거로 유하되는 오수의 유속증가로 인하여 퇴적물의 침전이 저감되어 강우시 CSOs의 제어에 큰 효과가 있다. 우오수분리벽은 CSOs의 관리를 관거 외부에서 해결하고자 하는 기존의 다른 CSOs 제어방안과는 다르게 CSOs의 주요 원인이라고 할 수 있는 관거 내부의 문제점을 관거 내부에서 직접적이고 효과적으로 해결할 수 있는 방법을 제공한다는 점에서 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 위와 같은 점에 착안하여 기존의 합류식 하수관거 내 우오수분리벽 설치 유무에 따른 CSOs의 제어효과와 우오수분리벽의 설치로 인하여 CSOs에 큰 영향을 미치는 퇴적물의 영향을 분석하여, 우오수분리벽이 합류식 하수관거 내부에서 CSOs제어에 효과적인 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 조사대상지역

우오수분리벽 설치지역과 미설치된 지역의 CSOs 제어효과를 분석하기 위해 하수관거 토구

지점으로 각각 1지점을 선정하였다. 우오수분리벽이 설치된 합류식 하수관거 지점인 대사천 유역은 대전시의 3대 하천 중 대전천의 지류로 유역면적은 1 km²이며, 토구는 이런 사각형 합거로 되어 있으며, 양쪽에 우오수분리벽이 설치되어 있어 중앙으로 계곡수가 흐르고 양측 가장자리로 오수가 흐르게 되어있다. 총 폭은 280 cm 이고, 오수가 흐르는 지점은 좌측 70 cm, 우측 60 cm이며 계곡수가 흐르는 중앙은 120 cm이다. 우오수분리벽이 미설치된 지점은 유등천의 지류인 과례천 유역으로 유역 면적은 7 km²으로 토구는 이런 사각형합거로 되어 있다. 토구 말단에 초기우수 저류시설이 설치되어 있으며, 강우 강도 2 mm/hr을 기준으로 저류용량은 1,720 m³이다(유, 2010).

월류수의 조사 일정은 청천시 2회, 강우시 3 회로 하였으며, 장마기간을 기준으로 전후로 나누어 조사일정을 결정하였다. Fig. 1은 조사지점의 유역 및 측정지점을 나타낸 것이고 Fig. 2는 대사천에 설치된 우오수분리벽을 나타낸 것이다.

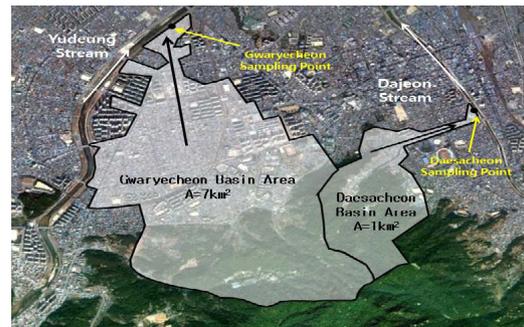


Fig. 1 Basin of investigation point.

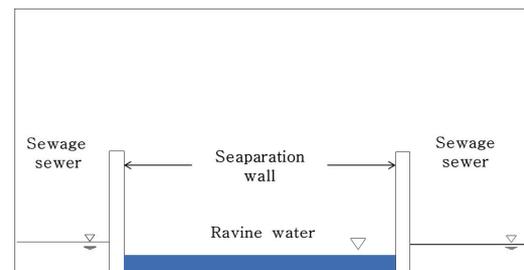


Fig. 2 Separation wall installed in Daesacheon.

2.2 조사방법

토구지점에서의 유량측정은 유속-단면적 측정방법을 사용하였으며 수질분석항목은 수질오염공정시험법(환경부, 2009)에 의하여 수행하였다. 강우량은 기상청 관측자료 중 지역별상세 관측자료(AWS)를 이용하였다. 강우시 하수관거 토구에서 월류시점과 월류되지 않고 다시 차집관거로 유입되는 종점을 관찰하여 월류수를 산정하였다. 월류시점의 유량과 월류되었다가 다시 월류가 끝나는 종점까지의 유량에 월류시간을 곱하여 총 월류량(m³)을 산정하였다.

대사천 지점과 과례천 지점은 청천시 3시간 간격으로, 우기시 5-10분 간격으로 유량을 각각 측정하였다. 이때 시간최대유량을 구하기 어려운 여건이므로 청천시에는 3시간 간격으로 측정된 유량을 비교하여 하루 중 최대유량을 시간최대유량으로 가정하였다.

월류시점과 종점사이의 유량, 측정농도, 시간을 곱하여 모두 합한 값에 총 월류량으로 나누어 유량가중평균농도(EMC : event mean concentration)를 구하여 월류구간 사이의 평균농도(mg/L)를 산정하였으며 이때의 유량가중평균농도에 월류량을 곱하여 월류시 발생하는 월류오염부하량(kg)을 산정하였다. 이 두 가지 계산식은 아래와 같다.

유량가중평균농도(mg/L)=

$$\frac{\text{강우사상별 총오염물질발생량(kg)}}{\text{강우사상별 총강우유출량(m}^3\text{)}} = \frac{\sum Q \cdot C_i}{\sum Q}$$

월류오염부하량(kg) =

$$\text{유량가중평균농도(mg/L)} \times \text{총월류량(m}^3\text{)}$$

3. 결과 및 고찰

3.1 강우시 오염부하량의 증가와 특성

3.1.1 우오수분리벽 설치지역(대사천)

청천시 2011년 5월 5일, 8월 30일 2회에 걸쳐 대사천지점의 오수량 및 계곡수량을 측정하

였다. 전체 평균 오수량은 3,794 m³/d 이며, 계곡수량은 620 m³/d로 오수량이 약 6배 정도 많이 발생하는 것으로 조사되었다.

Fig. 3은 2011년 8월 30일에 청천시 대사천 지점 토구에서 하루 중 3시간 간격으로 오수량과 계곡수량의 변화를 나타낸 것이다. 청천시 오수의 평균 유량은 3,264 m³/d로 전량 차집되며, 오수의 경우 사람들의 사회 활동이 활발한 낮에 발생량이 많은 것으로 나타났으며 계곡수량은 시간에 관계없이 비슷한 발생량을 보였다. 오수의 수질은 평균적으로 BOD 50 mg/L, CODmn 64 mg/L, SS 37 mg/L, TN 4.73 mg/L, TP 2.92 mg/L로 나타났다. 계곡수의 경우 평균 BOD는 3.3 mg/L로 나타나 청천시 우오수분리벽 설치지역에서 계곡수 관거내로 오수가 유입되지 않음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

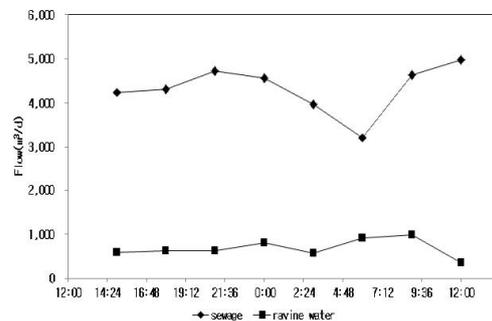


Fig. 3 Hourly change of sewage and ravine water during the dry period at Daesacheon.

Table 1은 2011년 11월 5일 강우시 대사천 지점에서 오수량과 수질측정결과를 나타낸 것이다. 선행건기 일수는 4일이며, 1시 55분에 월류를 시작하여 3시에 월류가 종료되었다. 당일 강우지속 시간은 2.8 hr, 강우강도 4.1 mm/hr, 유효강우량은 0.4 mm로 나타났다. Fig. 4는 강우시 시간에 대한 강우량, 유량 그리고 수질에 대한 변화를 나타낸 것이다. 월류시작 후 35분 이후에 월류량이 최고로 나타났으며, 월류 초반에 20분내에 SS가 가장 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 한편, 하수도법 시행규칙(환경부, 2007)의 강우시 월류수 BOD 농도기준(40 mg/L이하 유지)을 감안하였을 경우 월류시점에서 20분 이내에서 월류수의 농도기준 이하로 나타났다.

Table 2는 대사천 지점에서 청천시 2회 평균 오염부하량, 강우시 3회 평균 오염부하량을 비교한 것이다.

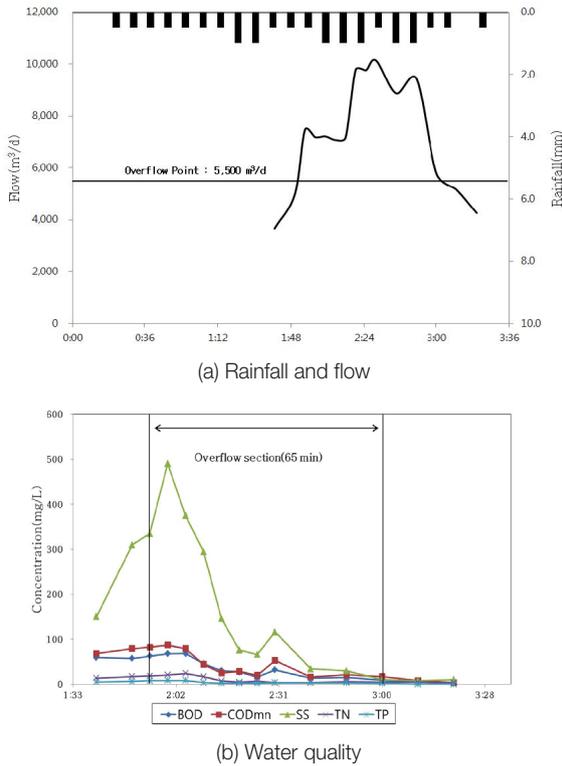


Fig. 4 Changes of water quality and sewage flow during the wet period at Daesacheon.

Table 1 The result of wastewater quality and quantity during the wet period at Daesacheon

Time	Flow(m ³ /d)	BOD(mg/L)	CODmn(mg/L)	SS(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	Remarks
1:40	3,670	59.3	68	150	13.82	4.93	Before overflows
1:50	4,974	57.1	79	310	17.09	6.32	
1:55	7,468	62.4	82	335	18.36	7.88	overflows (65 min)
2:00	7,189	67.8	87	490	20.71	8.59	
2:05	7,220	68.4	79	375	24.01	8.57	
2:10	7,082	46.0	44	295	16.64	3.85	
2:15	7,168	30.3	25	146	7.28	2.48	
2:20	9,781	27.4	29	76	4.46	2.37	
2:25	9,761	15.9	20	66	6.14	2.34	
2:30	10,137	31.8	53	116	3.78	3.30	
2:40	8,875	13.7	16	34	4.12	3.16	
2:50	9,436	15.2	21	30	5.52	3.33	
3:00	5,799	8.9	17	10	4.74	2.17	After overflows were finished
3:10	5,156	5.9	8	8	4.31	0.37	
3:20	4,259	2.8	4	10	3.02	0.11	

청천시와 강우시를 비교해보면 강우시에는 청천시보다 평균 유량이 약 3.1배정도 증가하며, 오염부하량은 BOD기준 약 4.7배 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 강우시 최대오수량은 18,073 m³/d로 청천시 평균오수량에 비해 약 4.8배 증가하며, 오염부하량은 BOD기준 약 12.3배 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 강우시 SS는 약 38.2배 증가한 것으로 나타났으며 BOD에 비해 약 3배 가량 높은 부하량을 보였으며, 이는 지표면의 SS가 강우시 하수관거로 유입되어 월류된 것이라 생각된다. 강우시 SS 부하량은 강우유출수에 대하여 매우 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 비점오염물질의 영향을 크게 받은 것으로 사료된다. 이는 도시 소유역에서 하수관거 월류수의 배출특성 중 합류식 하수관거에서 고형물과 유기물이 건기하수에 비하여 강우시에 영향이 매우 크다는 연구결과가 이를 뒷받침하고 있다(여 등, 2005).

3.1.2 우오수분리벽 미설치지역(과례천)

Fig. 5는 우오수분리벽이 미설치된 과례천의 청천시 2회 측정결과에서 하루 중 3시간별 BOD의 변화를 나타낸 것이다. 청천시 과례천

의 하수량을 측정된 결과 하루 중 평균 하수량은 31,856 m³/d로 나타났으며, 2011년 5월 5일 21시에 41,588 m³/d로 최대 하수량을 나타냈다.

청천시 과례천 지점의 수질측정결과 평균적으로 BOD 76 mg/L, CODmn 100 mg/L, SS 66 mg/L, TN 16.5 mg/L, TP 6.58 mg/L로 측정되었다. 같은 대전지역의 합류식하수 관거인 천석교 지점의 수질은 BOD 71 mg/L, CODcr 282 mg/L, SS 39 mg/L, TN 21 mg/L, TP 2.6 mg/L와 비교할 때 대동소이하게 나타났다(임봉수 등, 2007).

과례천 지역의 인구는 124,723명으로 대전시 중구의 하수량을 이용하여 1인당 하수배출량을 계산한 결과 247 L이었는데, 과례천 지역의 일하수발생량은 30,695 m³/d으로(대전광역시,

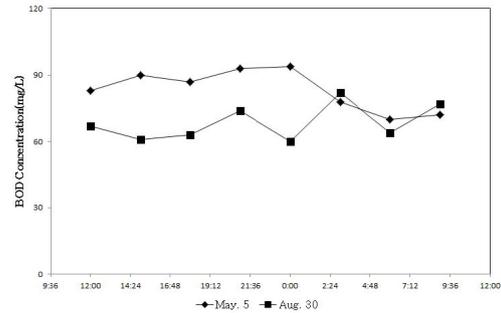


Fig. 5 Hourly change of sewage and ravine water during the dry period at Gwaryecheon.

2011) 이는 실측 평균 하수량인 30,079 m³/d과 유사하게 나타났다.

Table 3은 강우시 3차 측정자료 중 2011년 11월 5일 과례천 지점에서 오수량과 수질측정자료

Table 2 The comparison of pollutant loading rate in Daesacheon when dry period and wet period

	Flow(m ³ /d)	BOD(kg/d)	CODmn(kg/d)	SS(kg/d)	T-N(kg/d)	T-P(kg/d)
Average value at dry period(A)	3,795	84	127	90	8.7	3.9
Maximum value at dry period	4,509	377	436	241	19.00	14.99
Average value at wet period	11,735	396	497	2,194	108	36
Maximum value at wet period(B)	18,073	1,036	1,292	3,420	203	59
B/A ratio	4.8	12.3	10.2	38.2	23.3	15.3

Table 3 The result of wastewater quality and quantity during the wet period at Gwaryecheon

Time	Flow(m ³ /d)	BOD(mg/L)	CODmn(mg/L)	SS(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	Remarks
1:26	45,280	56	88	186	15.33	4.21	Before overflows
1:30	50,350	68	90	220	15.83	4.51	overflows (210 min)
1:35	68,018	73	104	300	17.59	5.37	
1:40	79,747	74	102	470	19.93	5.15	
1:45	89,878	83	106	400	15.74	5.14	
1:50	84,240	66	98	460	15.02	4.85	
1:55	84,370	70	100	310	16.60	5.29	
2:00	99,684	64	98	285	16.09	5.02	
2:10	121,414	63	88	290	13.17	4.46	
2:20	126,144	112	146	630	20.63	7.10	
2:30	127,440	78	92	220	4.66	4.21	
3:00	194,400	63	90	195	4.04	3.63	
3:30	275,400	45	49	170	4.83	1.74	
4:30	181,656	10	13	63	3.48	0.67	
5:00	52,920	12	14	59	6.06	1.02	
5:30	42,336	14	18	5	1.05	0.64	Afteroverflows were finished

를 나타낸 것이다. 선행건기 일수는 4일이며, 1시 30분에 월류를 시작하여 5시에 월류가 종료되었다. 당일 강우 지속시간은 3.5 hr, 강우강도 4.0 mm/hr, 유효강우량은 3.5 mm로 나타났다. Fig. 6은 강우시 월류시간에 대한 강우량, 유량 그리고 수질에 대한 변화를 나타낸 것이다.

강우시 과례천 지점 월류수의 평균유량은 116,832 m³/d로 나타났으며, 월류시간 중 최대 유량은 275,400 m³/d로 나타났다. 월류수의 평균 수질은 BOD 63 mg/L, CODmn 85 mg/L,

SS 291 mg/L, TN 12.33 mg/L, TP 4.16 mg/L로 나타났다. 월류시점으로부터 약 2시간 후에 월류량이 가장 크게 나타났으며, 월류수 BOD농도는 월류시점으로부터 2시간 후에 40 mg/L이하로 나타났다.

Table 4는 과례천 지점에서 청천시 2회 평균 오염부하량, 강우시 3회 평균 오염부하량을 비교한 것이다.

청천시와 강우시를 비교해보면 강우시에는 청천시보다 평균 유량이 약 19배정도 증가하며, 오염부하량은 BOD기준 약 27배 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 강우시 최대오수량은 1,282,010 m³/d로 청천시 평균오수량에 비해 약 43배 증가하며, 오염부하량은 BOD기준 약 71배 증가하는 것으로 나타났다.

SS의 경우 오염부하량은 청천시에 비해 강우시 342배 증가하는 경향을 보였으며, SS/BOD 오염부하량 비율에 비하여 약 5배 높은 오염부하량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 우수분리벽이 설치된 대사천의 비율인 3배에 비하여 더 높은 증가율을 보였다. 우수분리벽의 설치시 오수관거내 유속증가로 인한 SS의 퇴적 감소로 강우시 유출되는 퇴적물이 미설치지역보다 상대적으로 낮게 나타나 차이가 난것으로 보여진다. 따라서 CSOs의 제어를 위해서는 관거내 퇴적물의 제어가 필요하다고 생각된다. 한편, 강우시 관거 외부로 유출되는 퇴적물량이 유출되는 총 부유물질에 대해서 차지하는 비율은 하수처리구역에 따라 다르나 약 30 ~ 80 % 정도 차지하는 것으로 나타나 이를 뒷받침하고 있다(임 등, 2011; Lim et al, 2012).

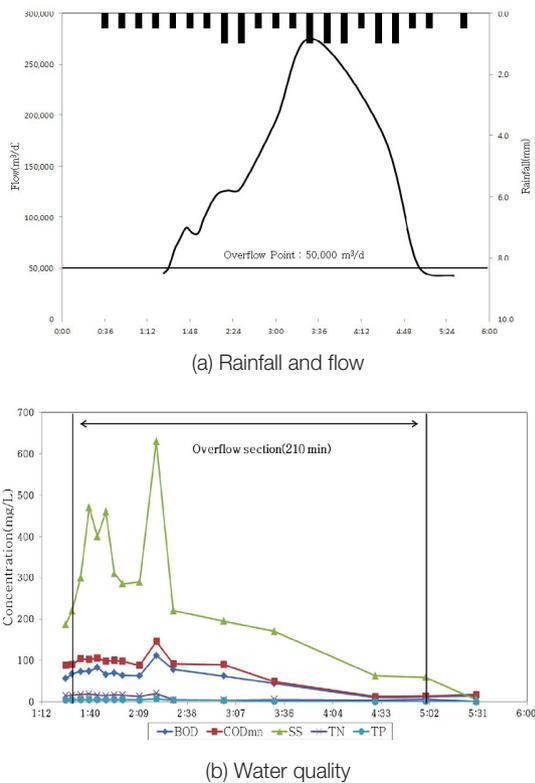


Fig. 6 Changes of water quality and sewage flow during the wet period at Gwaryechon.

Table 4 The Comparison of pollutant loading rate in Gwaryechon when dry period and wet period

	Flow (m ³ /d)	BOD (kg/d)	CODmn (kg/d)	SS (kg/d)	T-N (kg/d)	T-P (kg/d)
Average value at dry period(A)	30,079	2,231	2,835	1,873	481	199
Maximum value at dry period	39,097	3,161	31,531	66,414	28,689	2,602
Average value at wet period	577,235	64,188	90,604	274,885	191,379	10,640
Maximum value at wet period(B)	1,282,010	157,840	215,199	637,013	639,799	18,545
B/A ratio	43	71	76	342	39	46

3.2 강우시 관내 유속과 SS 부하량의 관계

3.2.1 우오수분리벽 설치지역(대사천)

Fig. 7은 강우시 관내 유속에 따른 유출되는 SS부하량의 관계를 그림으로 나타낸 것이다. 대사천 지점의 유속에 따른 유출 SS 부하량의 상관관계(R^2)값이 약 0.15로 매우 낮은 값을 보였다. 이는 우오수분리벽의 설치로 인해 오수관거 내 퇴적물이 적어 강우시에 유출되는 SS가 적어 낮은 상관관계를 보인 것으로 판단된다.

우오수분리벽이 설치된 대사천 지점의 총월류량 401 m³에 대하여 SS 기준으로 유량가중평균농도는 144 mg/L, 월류오염부하량은 58 kg, 강우량당 월류오염부하량은 4.1 kg/mm로 나타났다.

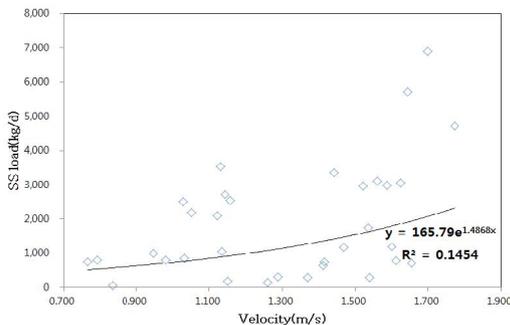


Fig. 7 The relation between SS loading and water flow velocity in Daesacheon.

3.2.2 우오수분리벽 미설치지역(과례천)

다음 Fig. 8은 과례천 지점에서 관내유속에 따라 유출되는 SS 부하량의 관계를 그림으로 나타낸 것이다. 과례천 지점의 유속에 따른 유출 SS 부하량의 상관계수(R^2)값이 약 0.60으로 우오수분리벽이 설치된 지점(0.14)에 비해 높은 상관관계를 나타내었다. 이는 우오수분리벽이 미설치된 지역은 설치된 지역에 비하여 관거내 SS가 많이 퇴적되어 있으며, 강우시 퇴적물이 유출되어 CSOs 내 오염부하 증가에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

우오수분리벽이 설치된 과례천 지점의 총월류량 24,565 m³에 대하여 SS 기준으로 유량가중평균농도는 156 mg/L, 월류오염부하량은 762 kg, 강우량당 월류오염부하량은 54 kg/mm로 나타났다.

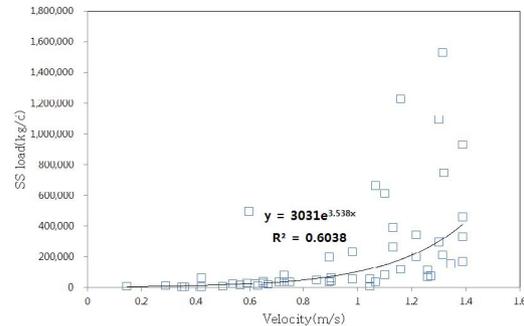


Fig. 8 The relation between SS loading and water flow velocity in Gwaryechon.

과례천 관거의 경우 차집관거 부근부터 서대전역 부근까지 구배불량으로 인하여 다량의 퇴적물이 쌓여 있으며, 퇴적물 구간의 길이가 너무 길어 정확한 측정을 하기에 어려움이 있어 차집관거에서 400 m 정도 안쪽에 있는 일부구간(길이 : 200 m, 폭 3.4 m)을 기준으로 하여 퇴적물을 조사하였다. 청천시 과례천 합류식하수관거 내 퇴적물 구간의 평균 유속은 2회 측정시 평균 유속은 각각 0.28 m/s, 0.31 m/s로 하수도 시설기준에서 합류식 하수관거의 유속 0.8 m/s에 못 미치는 것으로 나타났다. 합류식하수관거 내 유속 0.8 m/s의 유지는 관내 퇴적물과 관련되어 있으며, 이 지점에 우오수분리벽 설치시 유속증가를 개략적으로 산출하였다. 수심의 변화가 크지 않다는 가정에 유속-단면적 공식을 적용하여 우오수분리벽의 설치시 퇴적물 구간의 유속을 산출하면 0.97 m/s, 1.05 m/s으로 현재 유속에서 약 3.4배 정도 유속이 증가되는 효과를 볼 수 있을 것으로 나타났다. 따라서, 합류식 하수관거내에 우오수분리벽 설치시 오수관거 내 유속 증가로 퇴적물이 쌓이는 것을 방지하여 CSOs에 의한 유출 SS 부하량을 제어하는데 큰 효과가 있을 것으로 본다.

3.3 월류수 제어효과

3.3.1 우수수분리벽 설치지역(대사천)

다음 Table 5는 3차 강우시 우수수분리벽의 설치 유무에 따른 제어효과를 설치된 지역은 실측된 자료를 토대로 미설치지역은 가정치를 이용하여 월류오염물질(BOD부하)의 제어효과를 비교한 것이다. Fig. 9는 오염부하 제어효과를 쉽게 이해하기 위해 그림으로 나타낸 것이다. 청천시 오수는 전량 차집관거로 차집되며 계곡수는 수계로 유출되지만, 강우시 계곡수와 일부분의 우수는 수계로 유출되고 오수의 실측결과 유출오염부하 9.8 kg BOD 중에 3.7 kg BOD가 차집되고, 6.1 kg BOD가 하천으로 유출되므로 우수수분리벽에 의해 38 %의 오염물질이 차집되는 제어효과를 보였다. 하지만 우수수분리벽이 미설치된 경우 오수와 우수 혼합되어 30 %의 낮은 차집효과를 나타낼 것으로 판단된다. 한편

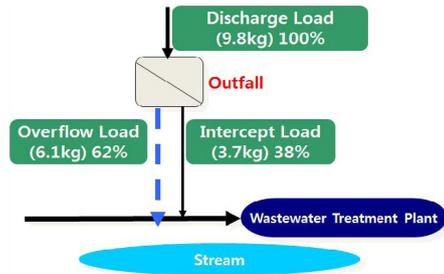


Fig. 9 CSOs control effect at Daesacheon with separation wall.

대사천의 2003년 측정자료에 의하면 52 %의 제어효과를 나타냈으며, 대전시의 우수수분리벽이 설치된 합류식지역인 석교에서 2006년 측정된 자료의 경우 약 79 %의 높은 제어효과를 보였다 (이, 2004; 임 등, 2007). 대사천 지점은 계곡수 상류 대전동물원에서 계곡수를 차단하여 활용함으로써 강우시 계곡수의 유출량이 상당량 줄어들어 본 연구기간 중에는 제어효과가 타년도에 비해 낮게 나타난 것으로 생각된다.

Table 5 Control effects of BOD load for separation wall at Daesacheon

	Period	Flow type	Volume (m ³)	Discharge load (kg BOD)	Intercept load (kg BOD)	Overflow load (kg BOD)	Control efficiency(%)
Measure w/wall	Dry	S	168	8.4	to intercept	none	100
		R	30	0.1	to stream	to stream	100
	Wet	S	651	9.8	3.7	6.1	38
		R	132	1.2	to stream	to stream	100
Forecast w/o wall	Dry	S + R	198	8.5	8.5	none	100
	Wet	S + R	783	11.0	3.3	8	30

Note) S: Sewage, R: Ravine water

Table 6 Control effects of BOD load for separation wall at Gwaryecheon

	Period	Flow type	Volume (m ³)	Discharge load (kg BOD)	Intercept load (kg BOD)	Overflow load (kg BOD)	Control efficiency(%)
Forecast w/wall	Dry	S	27,668	2,275	to intercept	none	100
		R	2,411	5	to stream	to stream	100
	Wet	S	7,465	1,232	to intercept	none	-
		R	27,877	75	to stream	to stream	100
Measure w/o wall	Dry	S + R	30,079	2,280	to intercept	none	100
	Wet	S + R	35,342	1,308	312	996	24

Note) S: Sewage, R: Ravine water

3.3.2 우오수분리벽 미설치지역(과례천)

다음 Table 6은 3차 강우시 과례천 지점의 제어효과를 분석한 것이다. Fig. 10은 오염부하 제어효과를 쉽게 이해하기 위해 그림으로 나타낸 것이다. 강우시 유출오염부하 1,308 kg BOD 중에 312 kg BOD가 차집되고, 996 kg BOD가 하천으로 유출되므로 우오수분리벽에 의해 24%의 오염물질이 차집되는 제어효과를 보였다. 과례천 지점에 우오수분리벽을 설치할 경우 청천시에는 오수는 전량차집되고 계곡수는 수계로 유출되며, 강우시에는 우수의 일부분이 계곡수와 수계로 유출되어 차집관거로 유입되는 양은 훨씬 줄어들게 될 것이다. 다만 현실적으로 합류식 하수처리구역에서는 우오수분리벽을 설치하더라도 우수가 오수관로에 유입되므로 실제 제어효과는 100%가 될 수는 없지만 설치하지 않는 24% 경우보다는 훨씬 높을 것으로 판단된다.

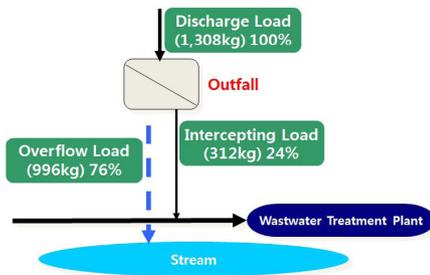


Fig. 10 CSOs control effect at Gwaryecheon without separation wall.

4. 결론

- 1) 강우시 관내 유속과 유출되는 SS 부하량의 관계에서 우오수분리벽이 설치되어 퇴적물이 적은 지점(대사천)에 비해 우오수분리벽이 미설치된 지점(과례천)이 높은 상관관계를 나타냈다. 이는 관거내 퇴적물의 재부유에 의한 유출이 CSOs에 영향을 높게 준 것으로 보여진다.
- 2) 우오수분리벽이 설치된 지역에서 청천시에 비해 강우시 평균 유량이 약 3.1배 정도

증가하며, 오염부하량은 BOD 기준 약 4.7배, SS는 약 38배 증가하는 것으로 나타나 SS/BOD는 약 3배 높은 부하량을 보였다. 미설치지역의 경우 평균 유량은 약 19배 정도 증가하며, 오염부하량은 BOD 기준 약 27배, SS는 342배 증가하는 것으로 나타나 SS/BOD는 약 5배 높은 오염부하량을 보였다. 이 경우 강우시 우오수분리벽이 설치된 지역이 미설치 지역의 오염부하량 보다 낮게 나타났으며, 특히 SS/BOD 비율이 설치지역에서 낮게 나타나 우오수분리벽의 설치로 인하여 합류식 하수관거내 퇴적물의 제어에 큰 효과가 있음을 알 수 있다.

- 3) 우오수분리벽이 설치된 경우 우오수분리벽에 의한 BOD 제어효과는 38%를 보였으며 미설치된 지역은 24%로 나타났지만, 미설치지역에 우오수분리벽 설치시 24% 보다 훨씬 높을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 대전환경기술개발센터의 2011년도 연구개발사업 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Daejeon Metropolitan City (2011) 2010 Daejeon Statistical Yearbook, 46, pp. 54-61.
- Yur, J.H., Kim, G.H. (2005) Discharge Characteristics of Sewer Overflow from Small Urban Watersheds, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, 25(1B), pp. 75-82.
- Ryu, B.R. (2010) Performance of First Flush Storage Tank, Hanbat University Industrial Academic Cooperation Foundation, p. 10.
- Lee, D.J., Kim, M.N. (2005) Characteristics of Transformation Process of Wastewater in Sewer, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 27(9), pp. 911-916.
- Lee, K.C. (2004) Pollutant Control Using the Separation Wall between Stormwater and Sewage in a Combined Sewer System, Master Thesis, *Daejeon University*, pp. 53-54.

- Lim, B.S., Kim, D.Y., Lee, K.C. (2007) Comparison of Pollutant Control in Combined Sewer Overflows and Separated Sewer Overflows using the Separation Wall, *Journal of Korea Society on Water Quality*, 23(4), pp. 458-466.
- Lim, B.S., Kim, D.Y., Lee, K.C. (2011) Effect and Control of the Sediment in the Combined Sewer on CSOs, *Journal of Korea Society on Water Quality*, 27(1), pp. 36-43.
- Korea Water and Wastewater Works Association (2011) Design of Sewage Treatment Plants, pp. 171-183.
- Ministry of Environment (2009) Korean Standard Methods of Water Pollution.
- Ministry of Environment (2007) Sewage Law Enforcement Regulation, The two clause of article 25, p. 10.
- Lim B. S., Kwon C. J., Kim D. Y. and Lee K. C. (2012) Control of the Sediment in the Combined Sewer Using the Separation Wall during Rainfall, The 3rd International Conference on RainWater Harvesting & Management, p. 234.