



우수저류조의 형상과 도류벽 및 자갈채움에 따른 SS 제거효율

SS Removal-rate Efficiency of Storm-water Detention Storage Tank Depending upon Length, Inside Training Wall and Gravel Filling

이종태^{1*} · 서홍준² · 서경아¹

Lee, Jong Tae^{1*} · Seo, Hong Joon² · Seo, Kyung A¹

1 경기대학교 토목공학과, 2 (주)일승 수자원부,

(2008년 9월17일 접수, 2009년 6월29일 1차수정, 2009년 10월5일 2차수정, 2009년 10월10일 채택)

Abstract

An experimental study is performed on reducing the pollutants supplied by storm water through enhancing efficiency of SS from the detention storage tank where CSOs are kept temporarily before discharge to the receiving water system. SS removal efficiency is investigated in accordance with various conditions of the detention pond—such as its length, the existence of training wall, and the use of gravel filling. The removal efficiency is strongly affected by the detention pond's length until the critical falling distance of the suspended solids is reached. For cases where the tank has a length longer than this critical condition, the removal rate shows less sensitivity. To enhance the SS removal efficiency of tanks of shorter than the critical length, we studied alternative types of tank in which inside training walls are installed. The results showed improvement of 14 to 37% in removal efficiency in 2hours detention(2 training walls). The important factor in achieving a high SS removal rate is ensuring the critical length of the detention pond, but for the cases where the basin length cannot be guaranteed, baffles or a gravel filling scheme may be introduced to attain considerable efficiency. The results of studying and comparing different storage tank conditions show that, in terms of elimination efficiency, a storage tank with gravel filling and training walls > a storage tank with gravel filling > a storage tank with training walls > an empty tank. The experimental results should contribute to development of related further research, by empirically verifying the already assumed importance of critical falling distance, training walls, and gravel filling schemes.

Key words : Storm water, Detention storage tank, CSOs, combined sewer system, training wall, gravel filling

주제어 : 우수, 저류조, CSO, 합류식하수망, 도류벽, 자갈채움

1. 서론

도시개발과 산업화로 인하여 도시배수구역에서는 홍수 도달시간의 단축, 침투량과 오타부하량의 증가 등의 문제가

가중된다. 이런 문제를 해결하기 위한 방안으로 하수도망의 확충, 배수펌프장의 신설, 하수처리시설 용량의 증대, 침투, 저류시설의 도입 등이 강구되고 있다. 특히 도로와 운동장 및 공원 등의 지하공간을 이용하는 저류시설은 침투유출량

* Corresponding author Tel:+82-2-390-5152, Fax:+82-2-393-8424, E-mail: jilee@kyonggi.ac.kr(Lee, J.T.)

의 저감뿐만 아니라 수질개선에도 크게 기여할 수 있다.

저류에 의한 오염물의 제거에 관한 연구로서 Randall 등 (1982)은 저류지에 의한 수질개선 효과와 저류지의 용량 결정 및 설계시 고려해야 할 사항과 위치선정 방법 등에 대해 연구하였다. 그는 침강에 의한 오염물의 제거와 관련하여 저류시간에 따른 SS의 제거율 및 타 오염물의 상관성 등에 대해 연구하였으며, 오염물 침강능력이 저류지에서 주요 설계 사항을 지적하였다. Hey(1982)는 Elyn 호수로 유입되는 오염물을 일시 저류시킴으로써 수질개선을 도모하였으며, Geiger(1987)는 저류지에 의해 합류지에서 발생하는 오염물의 효과적인 제거방법에 대해 기술하였다. Rushton과 Dye(1990)는 저류지내 유입되는 오염물의 일반적인 특성과 저류를 위한 유입구 형태의 변화에 따른 오염물의 제거율에 대해 연구하였다. Zarriello(1990)는 저류지내에서 저류시간의 증가에 따른 오염물의 제거에 대해 연구하였다.

저류시설은 유출을 지연시키는 기능 이외에, 미립 운반물질을 침전시켜 오염물의 상당량이 제거됨은 알려진 사실이지만, 강우초기시에 발생하는 오염부하량을 저감하기 위한 저류지 규모, 형태 및 체류시간에 따른 각 오염성분별 제거효율 등에 관하여서는 더욱 지속적인 연구가 요구되는 분야이다.

국내의 연구로서 이종태 등(1992,1998,2000)은 하수의 다양한 조건의 저류로 오염물질을 경제적으로 제거할 수 있음을 보여주었다. 한편, 이시진(1996)은 하수처리장의 수질 개선을 위한 기초조사로서 저류시간에 따른 침전관내의 오염물 거동에 대해 연구하였다. 신웅배와 윤현식(1998)은 도심지 합류식 하수관거 월류수 오염물질 침강특성에 대한 연구를 수행하였으며, 윤현식 등(2001)은 빗물배수 펌프장 저류조를 이용한 합류식 하수관거 월류수 오염부하 삭감 산정에 대한 연구를 하였다. 또한, 이두진 등(2003, 2004)은 도시지역 합류식 하수관거 월류수의 발생특성 및 오염원에 대한 평가방법과 분류식 우수유출 오염부하 비교를 통한 CSOs 저감목표 설정에 대한 기초연구를 수행하였다. 또한, 이두진과 신웅배(2004)는 강우유출 모델을 이용한 합류식 하수관거 월류수 저류시설의 용량결정에 관한 연구를 월류수 발생특성 분석 및 저류조 설계를 중심으로 수행하였다.

이 연구에서는 BOD, COD 등 주요 오염성분과의 상관성이 큰 SS의 농도변화를 저류조의 길이와 도류벽 및 자갈채움의 영향을 고려한 다양한 조건에서 SS의 제거효율을 실험에 의하여 분석함으로써 합류식 하수도에서의 초기 월류수를 저류조에 차집함으로써 예상되는 수질개선 효과를 판단하기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 저류조 실험

저류지는 우기를 제외한 기간에는 항상 비어 있는 공간으로 존재하는 건식저류지(dry pond)와 항상 어느 정도의 물을 저류하고 있는 습식저류지(wet pond)로 구분하여 생각할 수 있다. 도시 배수구역에서 인위적으로 계획되는 저류공간은 대부분 건식 저류지이므로 본 연구에서도 이 형식을 대상으로 하였다. 이때, 유입 우수를 일정 수심으로 저류하면서 일정 유량을 월류시키는 흐름저류(flow detention) 방식으로 하였다.

저류지의 처리용량을 초과하는 홍수량은 결국 하천으로 월류되지만, 강우초기에 합류식 우수거로부터 저류지에 차집되는 CSOs에 오락부하량이 주로 집중됨을 고려하면 이를 차집하여 침전처리하는 것만으로도 총오탁부하량에 대한 제거율이 상당할 것으로 판단된다. 강우시 도시지역의 유출 과정을 통하여 이송되는 부유물질, SS는 그 표면에 인, 중금속 등의 다른 오염물질들을 흡착하여 운반하므로 수질에 큰 영향을 미치는 중요한 요소이므로 저류지에 의한 SS의 침전은 이들을 동시에 제거시킬 수 있음으로써 수질을 개선시키고 관리하는데 유용한 방법이 될 수 있다. 이때 저류지내에서의 SS 거동은 주흐름방향의 유속과 침강속도 및 침강길이 등으로 이해될 수 있다. 그러나 저류조내의 유체 운동은 3차원적임으로 SS의 거동도 이에 영향을 받을 것이며 그 주요 영향 인자들 중에는 저류조의 기하학적 특성치들이 포함된다.

따라서, 이 연구에서는 저류지의 기하학적 형상이 SS제거 효율에 미치는 영향을 분석하기 위하여 일정폭과 깊이의 조건에서 길이(L)를 변화시켜가며 각 경우의 SS 농도분포를 측정 비교하는 실험을 실시하였다. 또한, 저류조에 도류벽을 설치하여 유로 길이와 체류시간을 늘려줌으로써 발생하는 SS 제거효율을 분석하였으며 자갈채움의 조건과의 비교검토 실험을 실시하였다.

저류조는 폭 8m, 깊이 6m를 원형으로 하여 축척 1:40을 기준으로 폭 20cm, 깊이 15cm 및 길이는 20cm부터 180cm까지 변할 수 있도록 아크릴로 모형을 제작하였다. 저류조에 원수를 공급하는 수조는 500 l 용량으로 하였으며, 모형수조의 깊이와 길이는 SS의 침강속도와 침강거리를 고려하여 결정하였다. SS는 생화학적 변화에 무관한 미립의 구조토를 선택하였으며 공급수조에서 완전 혼합의 상태로 저류조에 공급토록 하였다. 이때 공급수조 내의 SS 분포를 항상 고르게 유지시키기 위하여 프로펠러를 지속적으로 회전시켜 혼합하였다. 공급수조와 저류조 사이의 연결은 직경 1.5cm의 고무튜브를 이용하였고, 유입부에는 유량조절 밸브를 설치하여, 저류조내의 수위를 일정하게 유지하도록 유

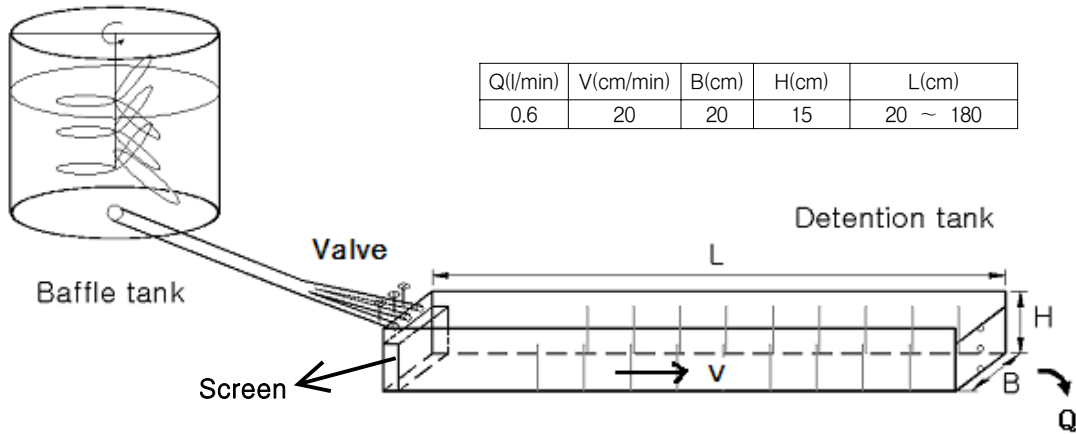


Fig. 1 Detention tank and flow control system

출량을 결정하였다. 이 때 유입수가 깊이방향으로 혼합되도록 정류벽을 수조의 시작부분에 설치하였다.

일반적으로 정체상태의 원통수조에서 SS는 약 2시간의 저류로 70% 이상의 제거효율을 보이는데, 이 실험에서는 이를 고려하여 유량 및 유속을 결정하였다(Randall, 1982, 송치홍, 1997). 즉, 실험은 일정한 흐름조건에서 유속 2.0cm/min, 유량 0.6 l/min으로 실시하였다. 한편, 자갈채움 저류조에는 유입부로부터 깊이방향으로 2/3 지점까지 입경 10~15mm, 공극률 약 40%의 거칠고 불규칙한 형상의 쇠석으로 충전하였다.

3. 저류시설의 형태에 따른 오염물 제거 실험

3.1 수조길이에 따른 SS의 자연침강 제거실험

저류조의 길이에 따른 수질의 개선효과를 검토하기 위하여 저류조의 폭과 깊이는 각각 20cm와 15cm로 일정하게 놓고

저류조 길이의 변화에 따른 SS 제거율의 변화를 분석하였다.

Fig. 2는 저류조의 길이별 조건에서 각 출구에서의 지체시간에 따른 SS 제거율을 나타낸 것으로서, 20~40cm에서는 초기 농도의 약 30~40%의 제거율을 보였다. 그러나 60cm 이상에서는 2시간 이상 경과시 대부분의 경우에서 70% 이상의 제거율을 보여줌을 알 수 있었다. 수조의 길이가 60cm 일 때 SS의 침강시간과 하수의 이동속도에 의하여 결정되는 임계침강거리를 만족하는 것으로 분석되었으며, 이후 L의 증대에 따라 제거율이 증대되는 경향을 볼 수 있었으나 선형적인 경향을 발견하기 어려웠다. 특히 L이 150cm 이상의 경우에서 SS 제거율은 120분 내외의 시간대에서 오히려 감소하는 현상을 보였는데 이는 침강되었던 SS의 재부상 등의 영향으로 추정된다. 오염물질의 제거 효율은 침강거리에 의해 지배되며, 임계 침강거리 이상의 경우에서 수조의 길이는 큰 의미가 없는 것으로 분석되었다. 따라서 이 연구에서는 수조길이 60cm와 이보다 짧은 수조의 경우에 대하

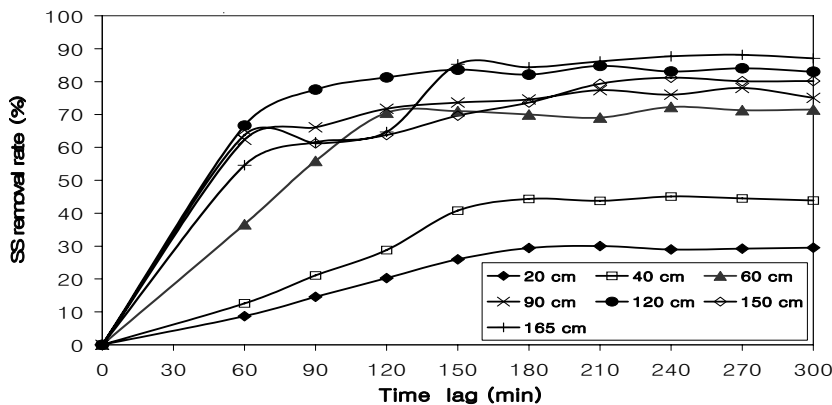


Fig. 2. SS removal-rate according to the detention tank length

Table 1. SS removal-rate according to the detention tank length(unit : %)

Time(min)	Length(cm)						
	20	40	60	90	120	150	165
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	8.73	12.59	36.66	62.34	66.67	63.77	54.59
90	14.56	21.11	55.89	66.10	77.58	61.27	61.59
120	20.32	28.80	70.55	71.75	81.29	63.77	64.73
150	25.98	40.80	71.03	73.63	83.63	69.66	85.27
180	29.44	44.35	70.03	74.58	82.16	73.64	84.37
210	30.02	43.77	69.07	77.40	84.79	79.37	86.15
240	28.99	45.10	72.33	76.04	83.10	81.20	87.68
270	29.23	44.50	71.32	78.06	84.08	80.11	88.16
300	29.53	43.87	71.51	75.08	83.01	80.19	87.07

<Notes> Shadow sector have removal-rate bigger than 70%.

여 집중 검토하였다. 즉, L/B가 1.5, 2.0, 3.0인 세가지 경우를 Case1, Case2, Case3 로 구분하여 보다 구체적인 실험을 실시하였다.

3.2 저류조 내의 제거율 분포

저류조 내의 SS 농도분포 및 제거율 분포를 저류지의 종방향의 위치(X)별, 시간별 변화에 대하여 실험결과를 검토하였다. 이를 위하여 임계 침강거리를 갖는(Case3) 저류조에서 유량 0.6 l/min, 유속 2.0cm/min으로 물이 흐를 때, 위치 및 시간별 SS 농도를 측정하고 제거율을 산정하였다. 채수 시간은 0분, 30분, 60분, 90분, 120분, 150분, 180분으로 채수지점은 유입부에서부터 길이방향으로 10cm 간격으로

각각 바닥으로부터는 1cm, 7cm, 13cm 되는 지점이며, 각 단면의 중앙에서 각각 채수하여 초기농도(SS; 70ppm)에 대한 비율로서 제거율을 산정하였다(Fig. 3). Fig. 4에는 저류조 내의 각 위치(X)에서의 시간에 따른 SS 제거율의 변화를 나타내었다. 등제거율 곡선들을 비교해 보면 유입부로부터 멀어질수록 깊이 방향의 제거율의 편차가 증가되는 경향을 보이고 있으며, 이는 초기 완전혼합상태의 SS가 저류지의 종방향으로 이동하면서 수면에서부터 침강되어 나가는 과정으로 이해될 수 있다. 또한, 담수이후 약 120분 이후부터 저류조 출구에서의 제거율은 60% 이상으로 크게 개선되고 있음을 알 수 있었다.

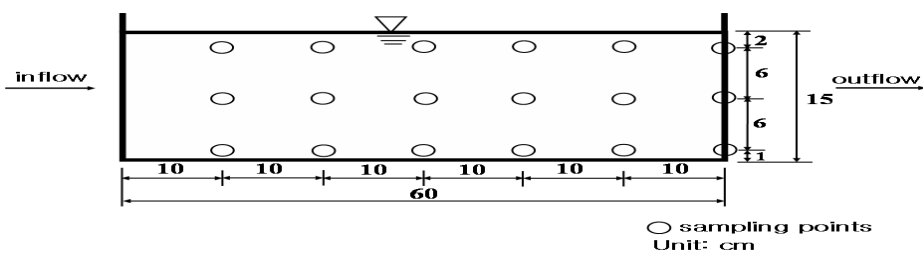
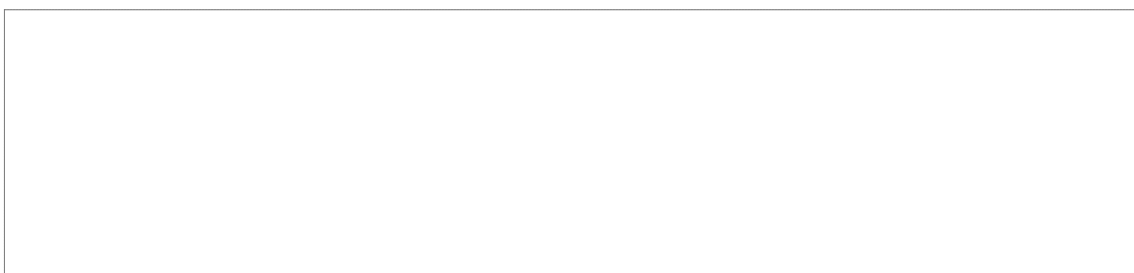
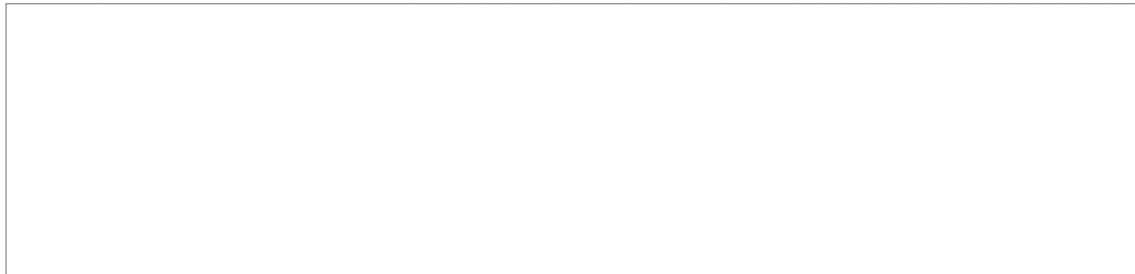


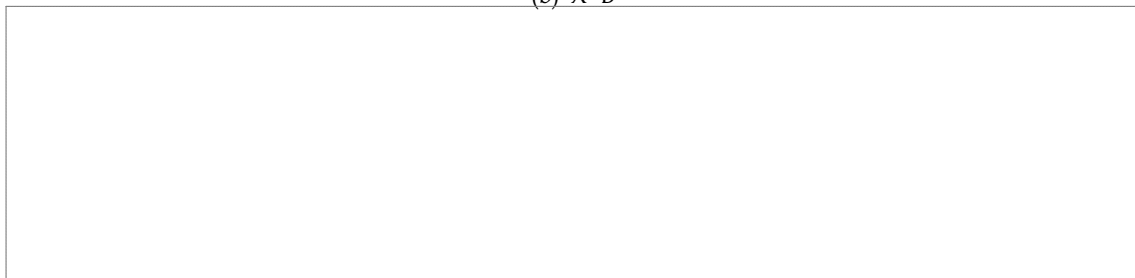
Fig. 3. Locations of sampling



(a) X=0.5B



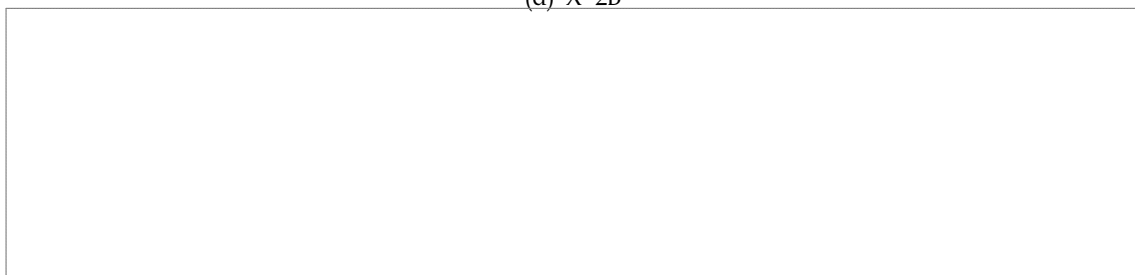
(b) $X=B$



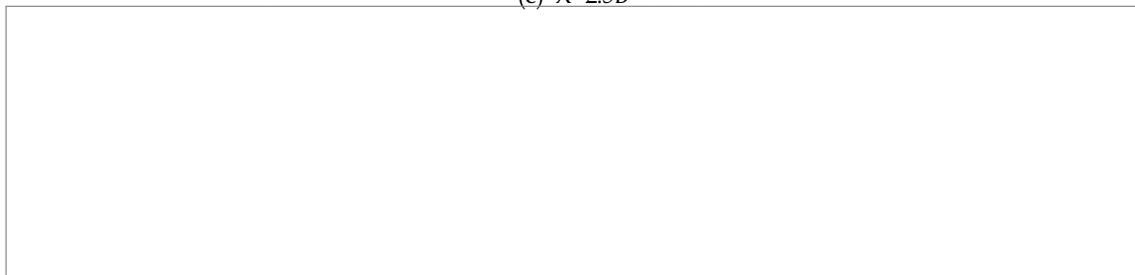
(c) $X=1.5B$



(d) $X=2B$



(e) $X=2.5B$



(f) $X=3B$

Fig. 4. Equal SS removal-rate curves (Case 3)

4. 도류벽 설치에 의한 오염물 제거 실험

4.1 도류벽 설치에 따른 오염물 제거 실험

저류지의 입지 제약조건 또는 공사비 절감을 위하여 저류조의 길이가 임계 침강거리 이하로 제약되는 경우에 예상되는 오염물 제거율의 저하를 극복하기 위하여 저류조 내에서 지체시간을 늘리는 방안으로 도류벽을 저류조 내에 설치하고 이에 따른 오염물 제거효율에 대하여 검토하였다. 본 연구에서는 저류조의 길이를 3가지 Case로 하고 각 경우에 대해 도류벽을 1개 또는 2개를 설치하고 제거율 실험을 실시하였다 (Fig. 5). 특히 Case1 및 Case2의 경우는 임계 침강거리를 확보하지 못하고 있으므로 도류벽의 설치로 인한 개선 효과를 실험분석 하였다.

먼저, Case1인 평면형상비(L/B)가 1.5일 때 도류벽 1개 설치 저류조 및 도류벽 2개 설치 저류조의 SS 제거율 실험을 실시하였다. 분석 결과 도류벽 1개 설치 저류조의 경우에는

2시간 지체 후 약 34%의 제거율을 보여주었고, 도류벽 2개 설치 저류조의 경우는 약 55%의 제거율을 보였다. 제거율은 도류벽 1개 설치로 약 14%, 2개 설치로 빈 저류조의 경우에 비해 약 35% 향상되었음을 알 수 있었으며, 이는 도류벽의 설치로 침강거리를 증대시킬 수 있었던 것에 기인하는 것으로 판단된다 (Fig. 6).

또한 Case2의 횡단면 형상비(L/B)가 2.0인 경우에서 빈 저류조, 도류벽 1개 설치 저류조 및 도류벽(2개) 설치 저류조의 SS 제거율 실험을 실시하였다. 도류벽 1개 설치 저류조의 경우에는 2시간 지체일 때 약 44% 정도의 제거율을 보여주었고, 도류벽 2개 설치 저류조의 경우는 약 66%의 제거율로서 빈 저류조의 29%보다 각각 15%와 37%의 증가된 값을 보여 도류벽 설치로 제거율이 크게 개선된 것으로 나타났다 (Fig. 7).

한편, Case3의 2시간 지체조건에서 도류벽 1개 설치 저류조의 경우에 2시간 체류시 약 72%, 도류벽 2개 설치시 약 75%의 제거율을 보였다. 즉, 이 경우에는 도류벽의

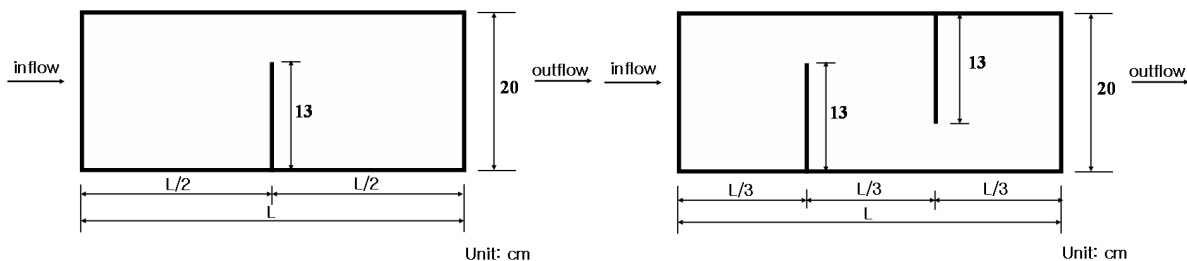


Fig. 5. Detention tank with training walls

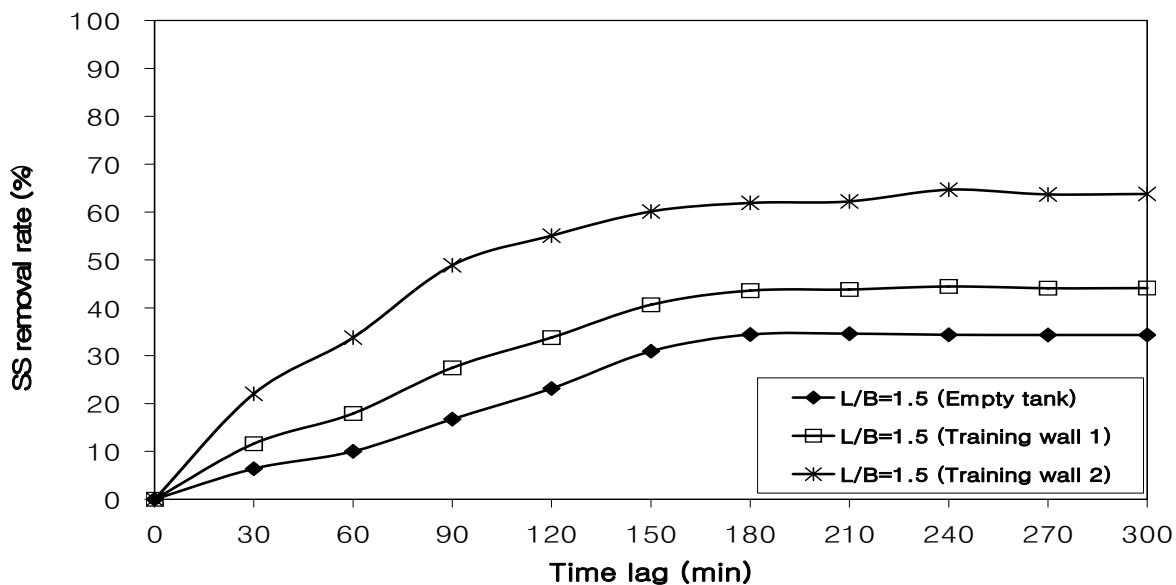


Fig. 6. Change of SS removal-rate over time (Case1)

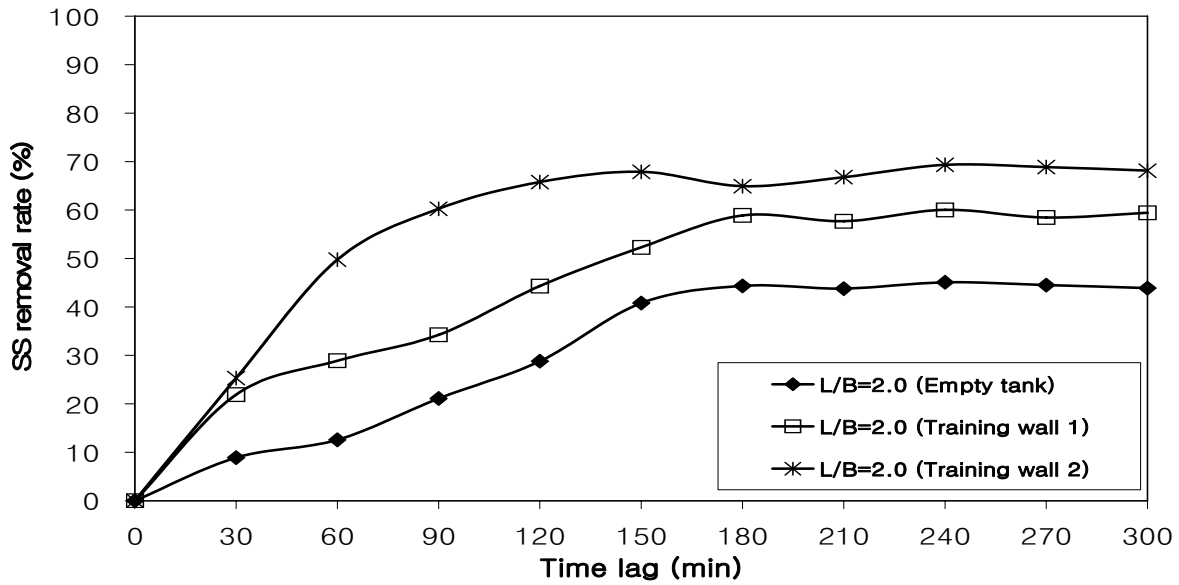


Fig. 7. Change of SS removal-rate over time(Case2)

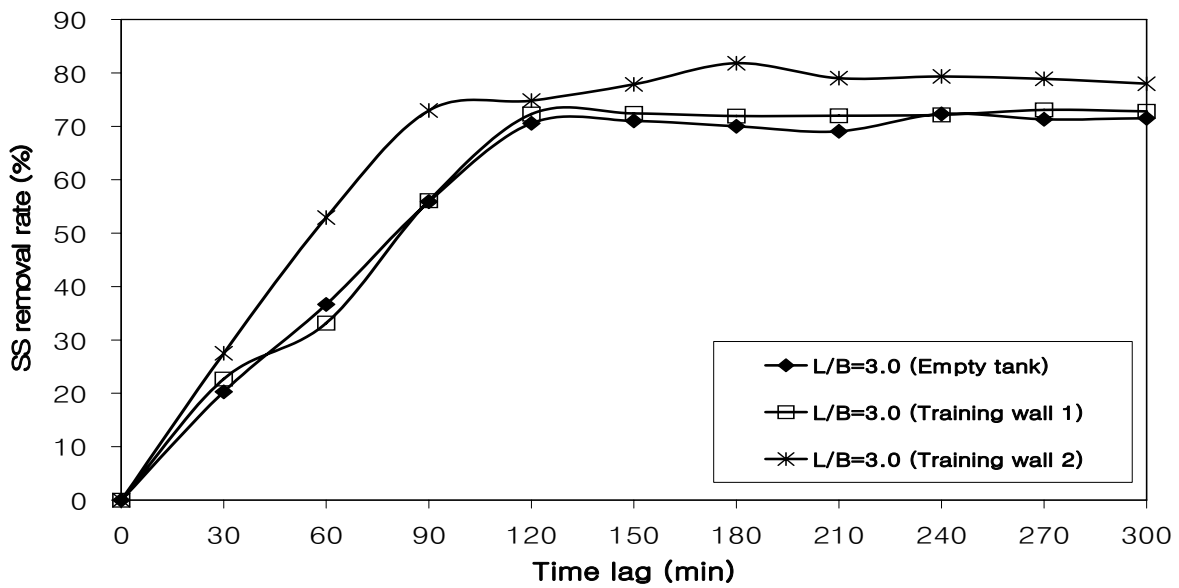


Fig. 8. Change of SS removal-rate over time(Case3)

효과가 앞의 경우에 비해 작았으며, 빈 저류조(71%)만으로도 충분히 SS를 제거할 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 8).

4.2 도류벽의 효과분석

저류조의 형상과 도류벽의 설치에 따른 오염물질의 제거율을 유입수와 유출수의 수질성분을 지체시간(0~300분)별로 측정하고 그 결과를 종합하여 정리하였다(Fig. 9 and Table 2).

이상의 실험으로부터 같은 형상(크기)의 저류조에서 도류벽설치의 경우가 빈 저류조보다는 제거율이 높은 것을 확인할 수 있었다. 저류조의 길이가 짧아 제거율이 낮았던 수조의 경우에서 도류벽(2개설치)의 설치로 약 68% 이상(지체시간 300분)의 제거율을 얻을 수 있었다. 즉, 이중 도류벽을 설치한다면 Case2가 Case3의 빈저류조에 근사한 제거효과를 얻음으로써 저류조의 길이를 약 1/3 줄일 수 있음을 알 수 있었다(Fig. 9).

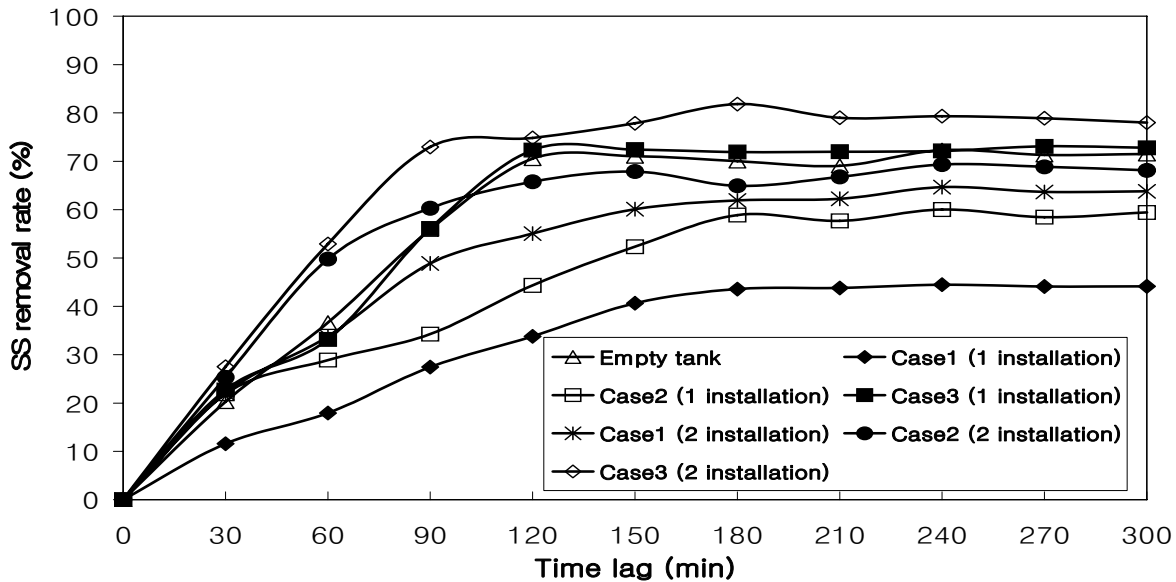


Fig. 9. Comparison of SS removal-rate curves for detention tank with training wall

Table 2. Effects of training wall and shape ratio(L/B) on SS removal-rate(%)

Time(min)	Non		One		Two		
	Case3	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	20.30	11.60	21.89	22.70	22.03	25.32	27.51
60	36.66	17.93	28.88	33.15	33.77	49.78	52.91
90	55.89	27.46	34.25	56.10	48.89	60.28	72.96
120	70.55	33.78	44.33	72.31	55.05	65.77	74.83
150	71.03	40.65	52.32	72.41	60.11	67.89	77.86
180	70.03	43.58	58.89	71.92	61.91	64.92	81.82
210	69.07	43.81	57.69	71.98	62.24	66.78	79.01
240	72.33	44.46	60.02	72.16	64.67	69.32	79.35
270	71.32	44.10	58.46	73.10	63.67	68.87	78.90
300	71.51	44.13	59.43	72.80	63.78	68.12	77.99

따라서, 부지확보 등 경제성을 감안해 볼 때 Case2 이하의 조건인 저류조의 경우에는 도류벽의 설치가 오염물 제거율 향상에 효과적인 것으로 분석되었다. 한편, Case3의 경우에는 도류벽이 없더라도 약 70% 이상의 SS 제거율을 보여 도류벽의 설치효과는 저류조가 길어짐에 따라 체감되는 경향을 보였다.

5. 자갈채움 저류조의 오염물 제거실험

5.1 자갈채움 단순 저류조

저류조에 자갈이라는 매개체를 넣어 하수가 저류조를 통

과되는 동안 자갈과 접촉하여 발생하는 SS 제거효과를 검토하였다. 이때, 자갈은 저류조 길이의 2/3 구간에 충전 하였으며 다양한 경로로 자갈층을 이동한 물은 나머지 1/3 구간에서 정류되어 배출 할 수 있도록 하였다. 실험 분석 결과 자갈 채움조의 경우 지체시간 2시간일 때 Case1, Case2의 짧은 수조에서도 약 64% 및 약 76%의 높은 SS 제거율을 보여주었다. 특히, 초기 SS 제거율의 개선이 뚜렷하였다(Fig. 10, Table 3).

5.2 자갈채움 도류벽 저류조

저류조에서의 물의 이동거리와 지체시간을 늘려주는 도

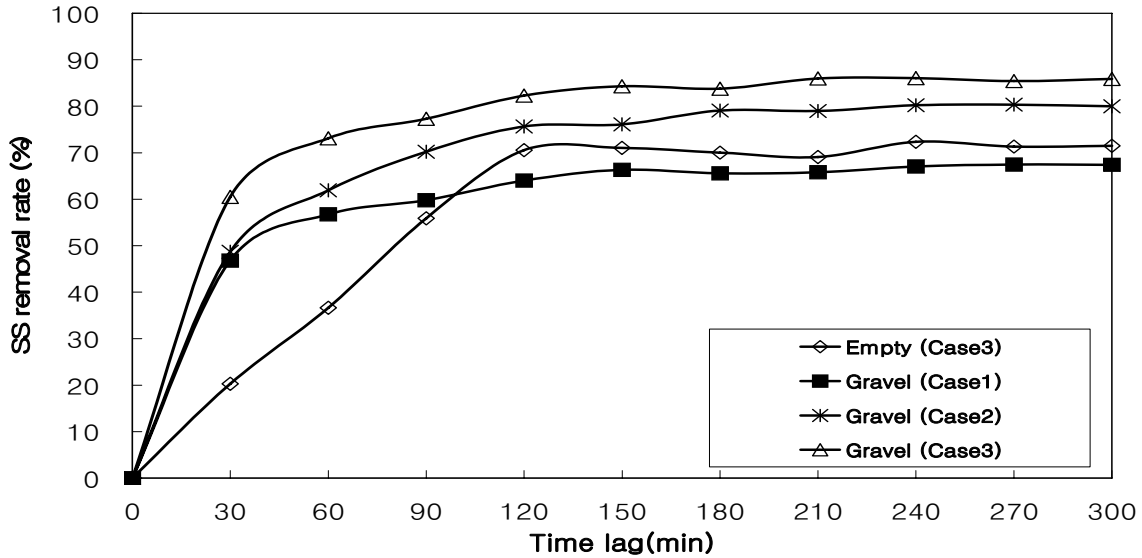


Fig. 10. Comparison of SS removal-rate curves for gravel filled detention tank

Table 3. SS removal-rate(%) of gravel filled detention tank

Types Time(min)	Length(cm)	Gravel filling			
		Case3	Case1	Case2	Case3
0		0.00	0.00	0.00	0.00
30		20.30	46.80	48.70	60.50
60		36.66	56.73	61.89	73.12
90		55.89	59.78	70.22	77.29
120		70.55	64.02	75.65	82.30
150		71.03	66.32	76.10	84.30
180		70.03	65.57	79.07	83.78
210		69.07	65.79	78.98	85.99
240		72.33	67.02	80.21	86.04
270		71.32	67.46	80.35	85.41
300		71.51	67.39	79.98	85.87

류벽이 있는 자갈채움저류조에서의 SS 제거효율을 살펴 보았다. 저류조 길이의 3등분 지점에 도류벽을 2개 서로 엇갈리게 설치하고, 유입부부터 유출부쪽으로 2/3되는 지점까지 자갈을 채워 실험하였다. 실험은 Case1, Case2의 규격을 갖는 수조에 대하여 실시하였으며 그 결과를 빈 수조 (Case3)의 경우와 비교하였다. 분석결과 Fig. 11에서 알

수 있는 바와 같이 지체시간 2시간일 때 Case1 및 Case2에서 70% 이상의 높은 SS 제거율을 보여주었으며, 이 시간 이후의 제거율은 수조의 길이와 관계없이 유사한 제거율을 보였다. 한편, Case1, Case2에서 이미 제거율이 70%를 상회하였으므로 Case3에 대한 자갈채움 실험은 의미가 없는 것으로 생략하였다(Table 4).

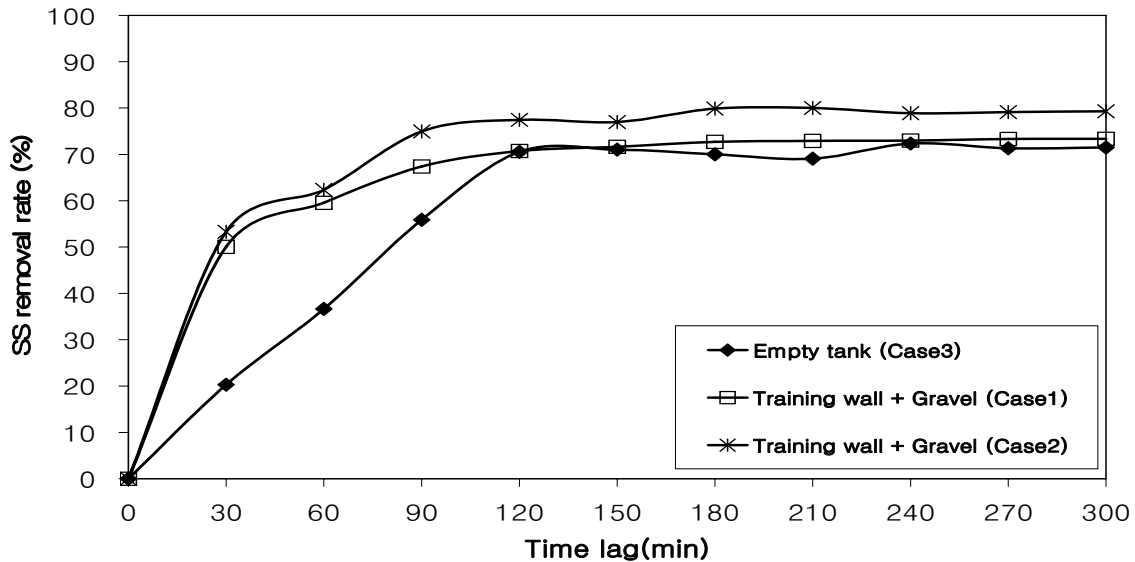


Fig. 11. Comparison of SS removal-rate(%) curves for tank with gravel filling and training wall(Case1)

Table 4. SS removal-rate(%) for tank with gravel filling and training wall

Time(min)	Classification Length(cm)	Empty tank		
		Case3	Case1	Case2
0		0.00	0.00	0.00
30		20.30	50.05	53.30
60		36.66	59.54	62.35
90		55.89	67.38	74.98
120		70.55	70.74	77.45
150		71.03	71.65	76.98
180		70.03	72.72	79.87
210		69.07	72.91	80.02
240		72.33	72.97	78.91
270		71.32	73.31	79.15
300		71.51	73.36	79.32

이상의 실험결과에서 알 수 있는바와 같이 자갈채움의 경우에서 도류벽에 의한 추가개선효과는 크지 않은 것으로 나타나 도류벽 설치의 필요성은 낮다고 판단된다.

6. 결과 분석 및 고찰

6.1 실험 조건별 제거율

(1) Case1

평면형상비(L/B)가 1.5인 경우에 대하여 빈수조, 도류벽

설치 수조(도류벽 1개/2개), 자갈채움수조, 도류벽이 있는 자갈채움저류조의 SS 제거율 실험결과를 비교하였다. 빈수조와 도류벽 1개 설치 수조의 경우에는 2시간 체류시 각각 23%와 34% 정도의 제거율만을 보여주었다(Fig. 12). 도류벽 2개 설치의 경우는 약 55%의 제거율을 보였고, 자갈채움수조의 경우에는 64% 이상의 제거율을 보였다. 한편, 도류벽이 있는 자갈채움 저류조의 경우에는 70% 이상의 SS 제거율을 나타내어 도류벽이 있는 자갈채움 방식으로 제거효율을 크게 향상시킬 수 있었다.

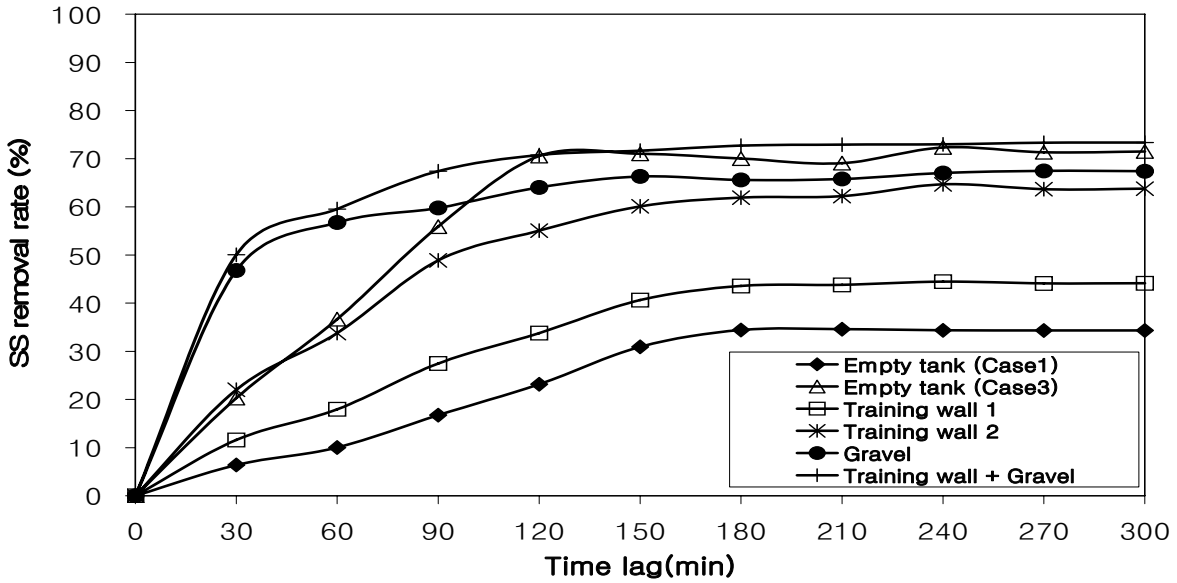


Fig. 12. Comparison of SS removal-rate curves(Case1)

(2) Case2

평면형상비(L/B)가 2.0인 경우에는 빈수조, 도류벽 설치 수조(도류벽 1개/2개), 자갈채움저류, 도류벽이 있는 자갈채움저류조의 SS 제거율 실험을 실시하였다. 빈수조의 경우 2시간 채류시 약 29% 정도의 제거율을 보였고, 도류벽 1개 설치 수조는 44% 정도의 제거율을 보였지만, 도류벽 2개 수조는 거의 66%에 달하는 제거율을 보여주었다. 자갈 채움수조(76%)와 도류벽이 있는 자갈채움의 경우에는 약 77%의 제거율을 각각 나타냈다(Fig. 13).

(3) Case3

평면형상비(L/B)가 3.0인 경우에 빈수조, 도류벽 2개 설치 수조, 자갈채움저류조로 SS 제거율 실험을 각각 실시하였다. 실험결과 경우 모두 70% 이상의 제거율을 나타내었다(Fig. 14). 특히 자갈채움의 경우는 80% 이상의 제거율을 보여주었다. 그러나 이 경우에는 빈수조만으로도 충분히 SS를 제거할 수 있는 조건으로 사료되며 도류벽 및 자갈채움의 효용성은 낮은 경우로 판단된다.

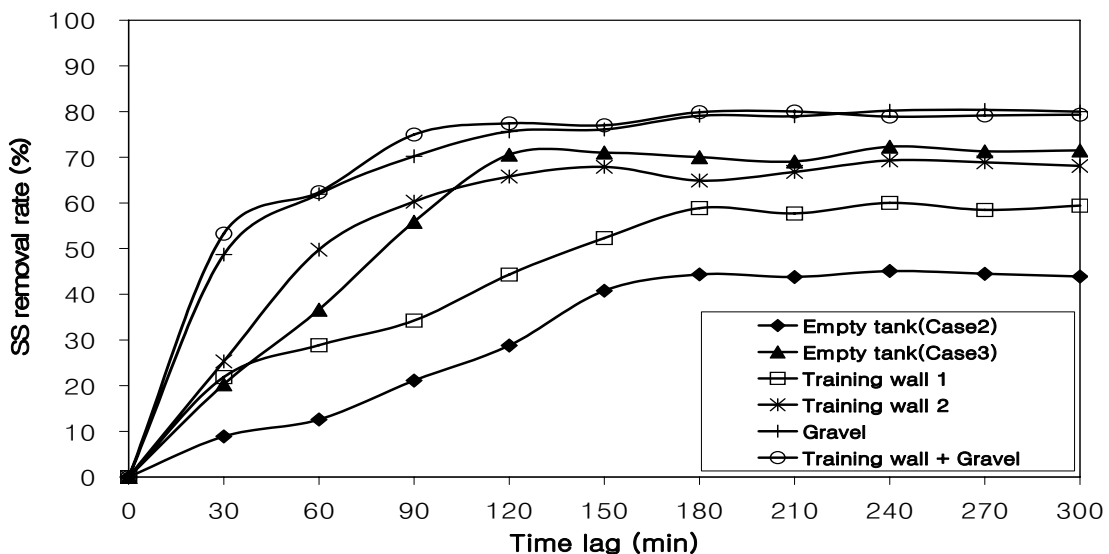


Fig. 13. Comparison of SS removal-rate curves(Case2)

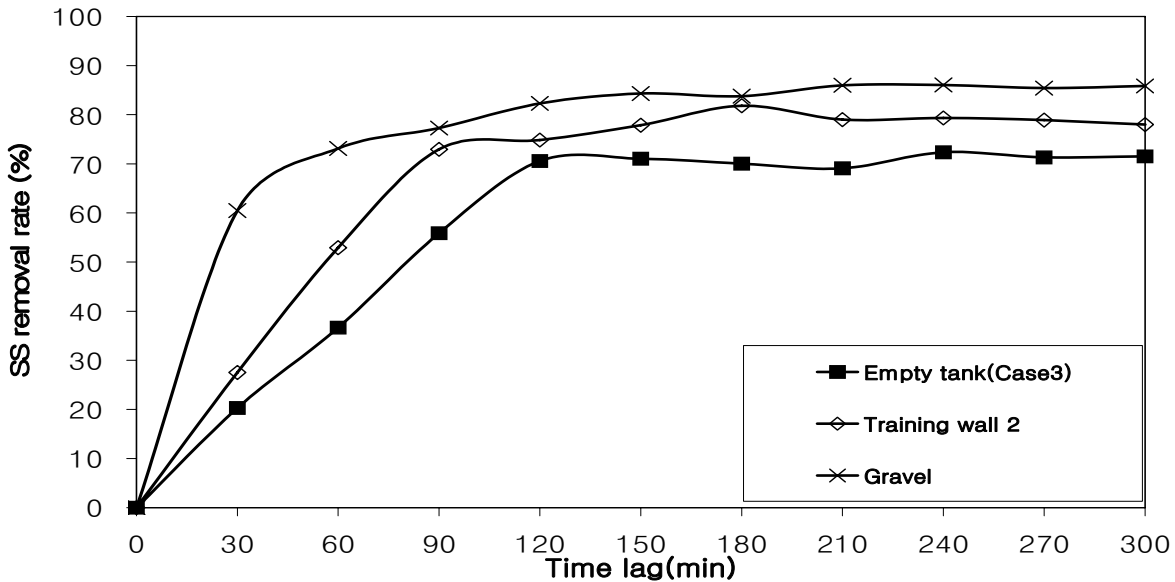


Fig. 14. Comparison of SS removal-rate curves(Case3)

7. 결론

본 연구에서는 도시지역의 우수유출수 CSOs 를 모의하기 위한 합성 조정시료를 이용하여 초기우수 오염부하량의 저감효과를 저류지의 길이, 도류벽의 설치 및 자갈채움의 각 조건에 따라 실험 분석 하였다.

(1) SS 제거율은 저류조의 길이가 임계침강거리 보다 짧은 경우에는 낮은 제거율은 보였으나 그 이상의 길이를 확보한 경우에는 제거율의 변화를 크게 보이지 않았다.

(2) 임계침강거리보다 짧은 저류조(Case1, Case2)에 도류벽 2개를 설치함으로써 제거율을 14%~37% 향상시킬 수 있었다. 즉, 저류조에 의한 SS 제거효율은 임계 침강거리의 확보가 중요하며, 지형적 여건으로 그 길이의 확보가 부족한 경우에는 도류벽 또는 자갈채움 방식으로도 유사한 효과를 기대 할 수 있었다.

(3) 같은 규격의 조건에서는, 도류벽이 있는 자갈채움저류조 > 자갈채움저류조 > 도류벽저류수조 > 빈저류조 순으로 제거율이 높은 것을 알 수 있었다.

(4) 본 연구에서는 그동안 알려진 저류조의 침강거리, 도류벽 및 자갈채움 방식에 의한 CSOs 의 오염물질 제거효과를 SS에 관한 다양한 실험 결과로 제시함으로써, 관련 연구에 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설기술혁신사업(03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구단의 연구 성과입니다.

참고문헌

1. 송치홍(1997), 합류식 하수도에서 저류지에 의한 수질 개선 효과 분석, 경기대학교 석사학위논문.
2. 신웅배, 윤현식(1998), "도시심지 합류식 하수관거의 월류수 오염물질 침강특성.", *한국물환경학회지*, 제14권, 제4호, pp.425~432.
3. 윤현식, 신웅배, 이영대, 이두진(2001), "빗물펌프장 저류조를 이용한 합류식 하수관거 월류수(CSOs) 오염부하 삭감 산정.", *대한토목학회논문집*, 제21권, 제6-B호, pp.735~744.
4. 이두진, 신웅배(2004), "강우유출 모델을 이용한 합류식 하수관거 월류수 저류시설의 용량결정에 관한 연구(I)-월류수 발생특성 분석.-", *대한환경공학회지*, pp.362~369.
5. 이두진, 신웅배, 윤현식, 선상운, 곽수동(2003), "분류식 우수유출 오염부하 비교를 통한 CSOs 저감목표 설정 기초연구.", *대한환경공학회지*, pp.1420~1428.
6. 이두진, 윤현식, 선상운, 곽수동, 이동훈(2004), "강우유출 모델을 이용한 합류식 하수관거 월류수 저류시설의 용량결정에

- 관한 연구(II)-저류조 설계를 중심으로-”, *대한환경공학회지*, pp.370~380.
7. 이두진, 윤현식, 신응배(2003), “도시지역 합류식 하수관거 월류수의 발생특성 및 오염기원 평가.”, *대한토목학회논문집 제23권*, 제6-B호, pp.597~606.
 8. 이시진(1996), 기흥 하수종말처리시설 기본 및 실시설계를 위한 수질분석 및 생분해성 실험보고서, 경기대학교 환경문제연구소, pp.13~27.
 9. 이종태(1992), 도시홍수재해방지를 위한 내수처리 시스템 분석 및 설계기법의 개발, 한국과학재단, pp.3-82~92.
 10. 이종태, 송치홍, 강태호(2000), “저류지에 의한 우수의 수질 개선 효과 연구.”, *한국수자원학회논문집 제33권* 제3호.
 11. 이종태, 송치홍, 서홍준(1998), “저류조에 의한 하수 수질개선효과에 관한 실험 연구.”, *한국수자원학회 학술발표회*.
 12. Geiger, W.F.(1987), “Prefilling of Detention Basins and Its Effect on Overflows.”, *Proceedings of 4th International Conference in Urban Storm Drainage*, IAHR, pp.119~120.
 13. Hey, D.L.(1982), “Some Detention Ideas, Proceedings of the Conference on Storm water Detention Facilities.”, ASCE, pp. 138~145.
 14. Randall, C.W.(1982), “Stormwater Detention Ponds for Water Quality Control.”, *Proceedings of Conference on Stormwater Detention Facilities*, ASCE, pp.220~204
 15. Rushton, B.T. and Dye, C.W.(1990), “Hydrologic and Water Quality Characteristics of a Wet Detention Pond.”, *Symposium Proceedings on Urban Hydrology*, Monroe County, New York, AWRA.
 16. Zarriello, P.J.(1990), “Effects of Increases Retention Time on Storm-runoff Quality in a Normally Dry Flow-detention Basin.”, *Symposium Proceedings on Urban Hydrology*, Monroe County, New York, AWRA.