

분류식 하수관거에서의 고도하수처리공법 적용성 해석

Application analysis of advanced sewage treatment on the separated sewer pipe

박수진* , 고종섭** , 백경원*** , 최한규 ****

Park Soo-Jin, Ko Jeong-Sup, Baek Kyung-Won, Choi Han-Kuy

Abstract

In order to examine the tailorability of advanced sewage treatment of a separated sewer pipe, we observed the quality of leaked water in a reactor. A2C affiliation and MBR affiliation decreased by over 78% in cases of BOD, COD, and SS. SBR affiliation decreased by 79.1% in a case of T-N. Overall, the efficiency of T-N on the above affiliations was low. SS had the high efficiency in MBR affiliation. In the end, examination of water quality improvement showed that the quality was improved from 20% to 90%; hence, it is expected that this treatment can protect the water resources of the Hongcheon River and makes it easier to use the water of the river.

핵심용어 : 분류식하수관거, 마을하수도, 고도하수처리, 제거효율

Keywords : *Separated Sewer Pipe, Community Sewage, Advanced Sewage Treatment Improvement of Treatment efficiency*

1. 서론

농촌지역의 수질 오염부하량은 소득증대에 따른 생활수준의 향상과 더불어 수세식 화장실의 보급 확대 및 축산시설의 증가 등으로 배수로 및 소하천의 수질이 악화되어 양질의 수자원 확보에 많은 영향을 초래하고 있다. 현재 농촌지역의 주거환경개선으로 인해 오수 발생량은 지속적으로 증가하는 추세에 있으며 1996년부터 시작된 하수처리장의 수계 부영양화 방지, 방류수 수질을 충족하기 위해 지속적으로 시설을 확충하고 있다.

따라서 본 논문은 분류식 하수관거의 대체 지역인 마을 하수도를 대상으로 하여 고도하수처리공법의 적용성과 하수도의 방류수 수질 개선효과를 평가하는데 있다. 연구를 위하여 고도하수처리공법인 SBR(Sequencing Batch Reactor), MBR(Membrane), O(Anaerobic)계열의 하수처리 시설에 대하여 수질개선 효율을 평가하였다.

2. 대상지점 선정 및 하수처리공법 적용

2.1 대상유역 선정

홍천군의 전체면적은 1,817.87km²으로 태백산맥의 크고 작은 지맥에 둘러싸인 중산간지역이며,

* 강원대학교 산업기술연구원 연구원 · 공학박사 E-mail : parksj@kangwon.ac.kr
** 비회원·강원대학교 산업대학원 토목공학과
*** 정회원·한림성심대학교 토목과 교수
**** 정회원·강원대학교 토목공학과 교수

홍천읍 시가지를 관통하는 북한강 지류인 화양강이 태백분수령부터 서쪽으로 흘러 경기도 가평군 설악면에서 북한강과 합류하고 있어 유역에 작은 평야를 이루고 있으며, 홍천군의 행정구역은 1개 읍과 9개면으로 구성되어있다. 이중 연구지점의 서석면은 홍천군 전체면적의 12.4%를 차지하며, 화촌면은 11.6%, 남면은 6.6%를 차지한다. 토지 이용은 산지가 전체면적의 84.64%를 이루고 있어 대부분 산지로 구성되어 있으며, 다음으로 전과 담이 전체면적의 9.2%를 차지한다.

2.2 수질 및 유량조사

1) 토구의 유량 및 수질조사

연구대상유역의 신설 하수처리구역의 남면 토구 1개소와 서석면 풍암의 토구에 대하여 건기기간의 유량과 수질을 조사하였으며, 조사지점은 영덕초등학교 앞 맨홀을 조사 하였다. 각 지점의 토구 수질은 표1과 같다.

표 1. 토구의 수질

방류하천	지점명	BOD(mg/ℓ)	COD(mg/ℓ)	SS(mg/ℓ)
양덕원천	영덕초등학교 앞 맨홀	91.0	79.6	203.7
내촌천	풍암리	61.5	38.9	126.8

표 1의 조사결과에서 알 수 있듯이 양덕원천 방류토구의 경우 평균적으로 3.792m³/hr로 조사되었으며, 풍암의 어른천 방류토구는 13.171m³/hr로 조사되었다. 일평균 유량대비 일최대 유량 첨두율은 풍암의 경우 109%를 최소는 63%로 조사되었으며, 양덕원은 최대 187%에서 최소 53%로 조사되었다.

2) 토구하천의 유량 및 수질조사

건기기간 동안 연구대상지점의 마을 하수도 토구 유입하천인 내촌천과 양덕원천의 상·하류에 대하여 유량과 수질을 관찰하였다. 유량은 서석면 토구 유입하천인 내촌천의 경우 상류가 0.874m³/sec, 하류는 0.991m³/sec유출이 발생하였으며, 남면 지산 토구 유입하천인 양덕원천은 상류가 2.433m³/sec, 하류는 2.777m³/sec의 유출이 발생되었다. 토구유입하천의 수질은 표 2와 같다.

표 2. 토구 유입하천의 수질(mg/ℓ)

하천	구분	BOD	COD	SS	T-N
내촌천	상류	6.5	3.5	4.0	1.722
	하류	7.7	4.1	9.4	2.105
양덕원천	상류	9.8	4.7	3.0	4.111
	하류	15.3	8.7	8.0	4.794

2.3 고도하수처리 공법 적용

본 연구는 소규모 마을하수도의 고도하수처리 공법 적용에 대한 우수성과 처리효율을 검토하였으며,

처리공법 유형별로는 SBR계열, MBR계열, A2/O계열에 대하여 적용하였다. 고도처리 유형 및 공법 적용 구역은 표 3과 같다.

표 3. 고도하수처리 공법 유형 및 적용구역

공법유형	주요공법	적용구역
A2/O 계열	A2/O, DNR, 4stage BNR	화촌면 성산마을하수도
SBR계열	PSBR, 선회와류식SBR, ICEAS	서석면 마을하수도
MBR 계열	NIX-MBR, HANT, KS-MBR	남면 마을하수도

신설 마을하수도의 경우 SBR계열과 MBR계열 공법에 대하여 검토하였으며, 기존 마을하수도 개선 구역인 화촌면 성산 마을하수도는 A2/O계열 공법에 대하여 검토하였다.

1) A2/O계열의 하수처리 수질결과

4월부터 6월까지 3개월 동안 A2/O계열의 성산면 마을하수도 방류수를 방류수조에서 채수하여 분석하였다. 성산면 마을하수도의 반응조 방류수질 및 제거율 변화는 표 4와 같다.

표 4. 반응조 방류수질 제거율(A2/O)

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P
4월	수질(mg ℓ)	12.5	19.6	15.0	20.182	2.356
	제거율(%)	89.0	74.0	83.3	17.8	12.9
5월	수질(mg ℓ)	8.0	16.3	9.1	17.922	1.739
	제거율(%)	93.0	78.6	90.2	30.2	36.1
6월	수질(mg ℓ)	7.9	16.1	8.5	17.069	1.678
	제거율(%)	93.5	79.8	91.8	35.7	50.9
평균	수질(mg ℓ)	9.4	17.2	10.7	18.325	1.908
	제거율(%)	91.9	77.6	88.6	28.3	34.0

표 4의 반응조 방류수질 제거효율을 살펴보면 평균적으로 BOD가 91.9%를 COD는 77.6%, SS는 88.6%, T-N은 28.3%, T-P는 34.0%의 제거효율을 보이고 있어 BOD와 COD, SS항목에서 77%이상의 높은 제거효율을 보였다.

2) SBR계열의 하수처리 수질결과

SBR계열의 하수처리 결과를 관찰하기위하여 7월부터 10월까지 4개월 동안 서석면 풍암 마을하수도의 반응조 유출수질 결과를 관찰하였으며, 하수처리 수질은 여과설비로 압송되는 처리수조에서 직접 채수하여 분석하였다. 표 5의 반응조 방류수질 제거효율을 살펴보면 평균적으로 BOD가 28.1%를 COD는 20.2%, SS는 74.8%, T-N은 16.0%, T-P는 79.1%의 제거효율을 보여 T-P와 SS에서 75%이상의 높은 제거효율을 보였다. 반면 BOD와 COD, T-N에서 16%에서 28.1%의 낮은 제거 효율을 보였다.

표 5. 반응조 방류수질 제거율(SBR)

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P
7월	수질(mg ℓ)	4.6	10.1	0.2	17.563	2.317
	제거율(%)	94.5	79.9	99.6	18.2	7.2
8월	수질(mg ℓ)	3.4	7.6	0.5	17.248	1.920
	제거율(%)	96.9	89.2	99.4	29.6	23.9
9월	수질(mg ℓ)	3.8	8.1	0.5	16.965	1.623
	제거율(%)	96.7	89.6	99.4	28.0	34.6
10월	수질(mg ℓ)	3.8	8.1	0.5	15.707	1.362
	제거율(%)	96.8	90.4	99.5	32.9	47.6
평균	수질(mg ℓ)	3.9	8.4	0.4	17.087	1.861
	제거율(%)	96.3	87.3	99.5	26.7	25.8

3) MBR계열의 하수처리 수질결과

MBR계열의 처리수질 관찰은 남면 지산 마을하수도를 대상으로 하였으며, MBR조에 설치된 침지식 중공사막에서 여과역세펌프를 가동하여 처리수조(방류조)에서 직접 채수하여 분석하였다. MBR계열의 반응조 방류수질 및 제거율은 표 6과 같다. 반응조의 방류수질 제거효율을 살펴보면 평균적으로 BOD가 96.3%, COD는 87.3%, SS는 99.5%, T-N은 26.7%, T-P가 25.8%를 보여 BOD와 COD, SS에서 87.3%의 높은 제거율을 보였으며, 영양염류인 T-N과 T-P는 25.8%와 26.7%의 제거율을 보였다.

표 6. 반응조 방류수질 제거율(MBR)

구 분		BOD	COD	SS	T-N	T-P
7월	수질(mg ℓ)	61.1	25.9	21.4	21.525	2.391
	제거율(%)	33.9	15.9	46.8	12.4	78.5
8월	수질(mg ℓ)	59.2	25.4	21.2	21.5	2.4
	제거율(%)	27.9	20.9	77.4	15.6	74.5
9월	수질(mg ℓ)	3.3	7.1	6.3	6.546	0.690
	제거율(%)	25.0	22.1	88.3	18.5	83.6
10월	수질(mg ℓ)	3.2	6.7	5.5	6.613	0.823
	제거율(%)	24.8	21.5	86.5	18.1	84.3
평균	수질(mg ℓ)	21.2	14.6	11.6	12.980	1.364
	제거율(%)	28.1	20.2	74.8	16.0	79.1

3. 수질개선 평가

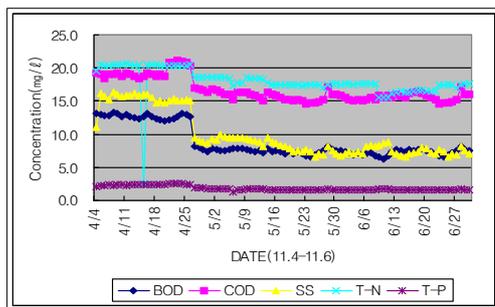
본 연구에서 선정하여 검토한 대상유역의 고도하수처리 계열의 마을 하수도 설치 운영에 따른 유입수 및 방류수의 수질을 비교하여 오염물질 처리효율을 평가 하였다.

성산면 마을하수도의 운전기간 동안 유입 및 유출수의 수질을 관찰하였으며, 유입하수 평균수질 농도는 각각 BOD가 117.3mg/ℓ, COD는 77.8mg/ℓ, SS는 97.1mg/ℓ, T-N은 25.717mg/ℓ, T-P가

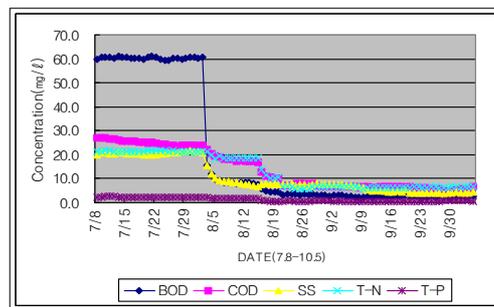
2.978mg/l로 나타났다. 수질농도는 설계대비 비교적 낮은 농도로 유입되었다. 오염물질의 제거효율을 살펴보면, BOD가 96.7%를 COD는 89.6%, SS는 99.4%, T-N은 28.0%, T-P는 34.6%, 대장균 군수가 99.63%의 오염물질 제거효율을 보였다.

다음으로 서석면 풍암 마을하수도 SBR계열의 풍암 마을하수도의 유입 및 방류수의 수질을 관찰하였으며, 인근 식당 및 가정에서 하수가 유입되어 일반적인 농촌지역 특성상 나타나는 낮은 하수 전환율에 기인하는 저농도 하수가 유입되는 것을 보이고 있다. 유입수의 평균 수질농도를 살펴보면 BOD는 129.6mg/l, COD가 95.4mg/l, SS는 110.0mg/l, T-N이 29.139mg/l, T-P가 3.403mg/l로 나타났다. 수질농도는 설계대비 낮게 유입되는 것으로 관찰되었다. 다음으로 오염물질의 제거효율을 살펴보면, BOD가 84.3%를 COD는 85.5%, SS는 89.9%, T-N은 58.3%, T-P는 62.4%, 대장균 군수가 99.8%의 오염물질 제거효율을 보였다. BOD와 COD, SS, 대장균 군수에서 84.3%에서 99.8%의 높은 처리율을 보였으며, 영양염류인 T-N과 T-P에서는 58.3%와 62.4%의 높은 제거율을 보였다.

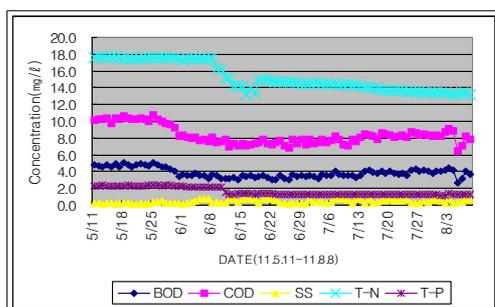
끝으로 MBR계열의 남면 지산 마을하수도 운전기간 동안 유입 및 방류수 수질을 관찰하였으며, BOD는 평균적으로 107.0mg/l, COD는 70.1mg/l, SS가 81.3mg/l, T-N이 23.433mg/l, T-P가 2.512mg/l로 나타났다. 운전 기간 중 설계농도 보다 평균 유입농도는 낮은 것으로 관찰되었다. 오염물질의 제거효율은 BOD가 96.3%를 COD_{MN}는 87.3%, SS는 99.5%, T-N은 26.7%, T-P는 25.8%, 대장균 군수가 100%의 오염물질 제거효율을 보였다. 각 마을하수도의 방류수질은 그림 1과 같다.



(a) 화촌면 상산 마을하수도



(b) 서석면 풍암의 마을하수도



© 남면 지산의 마을하수도

그림 1. 마을하수도의 방류수질

그림 1의 마을하수도 방류수질을 살펴보면, 초기 1개월 기간 동안은 오염물질의 제거가 다소 낮게 나타났으나 이후에는 방류수의 수질이 크게 개선되는 것으로 관찰되었다. 이는 초기 운전기간 동안 포기조내 미생물의 증식이 이루어지지 않아 유기물의 분해 속도가 늦어져 초기 방류수의 수질이

크게 개선되지 않은 것으로 판단된다. T-N과 T-P의 경우 SBR 계열인 서석면 풍암 마을하수도에서 높은 수질개선을 보였으며, 다음으로 SS는 MBR 계열의 남면 지산 마을하수도에서 다른 처리 공법에 비하여 높은 수질개선을 보였다. 이는 호기조에 침지식 분리막을 설치하여 처리수가 강제여과 배출되기 때문에 다른 공법에 비하여 수질개선이 높은 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문은 환경기초시설 일환으로 분류식 하수관거의 사업지역인 홍천지역을 대상으로 고도하수처리 공법계열의 수질처리 효율 및 수질 개선 효율을 평가하였다. 본 연구의 결론을 정리하면 다음과 같다.

1) 고도하수처리 공법계열의 적용성을 평가하기 위하여 반응조내 유출수질을 관찰하였으며 BOD와 COD, SS의 경우 0계열과 MBR계열에서 78%이상의 높은 제거효율을 보였다. 반면 T-P는 SBR계열에서 79.1%의 높은 제거효율을 보였으며, 전체적으로 위 계열에 대한 T-N의 제거효율은 낮은 것으로 평가되었다.

2) 마을하수도의 방류수질을 관찰한 결과, SS의 경우 남면 지산처리장 MBR계열 공법이 타 처리 공법에 비하여 방류수 수질이 크게 개선되는 것으로 나타났으며, 이는 호기조의 침지식 분리막 설치로 인한 처리수의 강제여과 배출 방식으로 수질이 크게 개선되는 것으로 판단된다.

3) 마을하수도의 유입수 및 방류수 수질을 비교 검토한 결과 수질환경보전법의 방류수 수질기준을 충족하였으며, 다음으로 오염물질항목별 개선효율은 전체적인 항목에서 적게는 약 20%에서 크게는 90%의 수질개선 효과를 보여 홍천강의 수자원 보호 및 양질의 용수이용 효과가 증대될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 고석오(2004), “하수처리설계실무 기초”, 경희대학교 출판국
2. 김선규(2009), “개인하수처리시설의 유입수 특성과 반응조 체류시간 변화에 따른 설계인자 도출에 관한 연구”, 영남대학교 석사학위논문
3. 이병지(2008), “소규모 하수처리시설 적정 방류수 수질에 관한 연구”, 한양대학교 석사학위논문
4. 이준학·정영훈·허준행 (2008), “RUSLE의 강우침식도 추정에 관한 연구”, 한국수자원학회 학술 발표회 논문집
4. 이윤상 (1992), “USLE모형을 이용한 농촌지역의 비점오염원 규모와 특성에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 석사학위논문