

공사 중 발생하는 콘크리트 폐수처리를 위한 이동식 오수처리 시설의 적용 및 적정성 평가

정우석 · 길경익[†]

서울과학기술대학교 건설시스템공학과

Application and Adequacy Evaluation of Mobile Sewage Treatment Facilities for Concrete Wastewater Treatment Generated during Construction

Wooseok Jeong · Kyungik Gil[†]

Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea

(Received : 22 March 2023, Revised : 11 April 2023, Accepted : 11 April 2023)

요약

공사 중 발생하는 일부 콘크리트 폐수는 작업자, 관리자, 사용자가 인지하지 못하는 비점오염원의 형태로 우수/오수관을 통해 유입되어 관리가 쉽지 않고 콘크리트 철거시 물과 결합되어 나오는 건설오니들은 일시적으로 소량 유출된다. 이러한 특성 때문에 건설오니는 관리가 되지 않는 상태로 비점오염원의 형태로 하천 및 우수/오수관에 유입되고 있는 실정이다. 본 연구는 도로상 기설치된 콘크리트 옹벽 철거공법에 D.W.S공법(Diamond Wire Saw)을 적용하였고, 이로 인해 발생된 콘크리트 오폐수를 이동식 오수처리 시설을 통해 물리/화학적 처리를 실시하고 제거효율 및 유출수의 폐수배출 허용기준에 만족하는지를 검토하였다. 이에 공사중 이동식 오수처리 시설을 통해 물리/화학적 처리로 BOD 73.5%, SS 89.1%제거를 통한 공사중 오폐수의 유출수 농도 기준을 만족하고자 한다. 또한 공사진행시 이동식 오수처리 시설을 통한 물리화학적 처리 및 공사중 발생하는 오폐수 처리에 대한 환경보전비 산정의 적정성 및 경제성 분석에 대해 검토하고자 한다.

핵심용어 : D.W.S공법, 이동식 오수처리 시설, 공사중 발생하는 오폐수 처리

Abstract

Some concrete wastewater generated during construction is in the form of non-point pollution sources that workers, managers, and users are unaware of, and it is not easy to manage as it flows through sewage pipes. Due to these characteristics, construction sludge is inflow into rivers and sewage pipes in the form of non-point pollution sources in an unmanaged state. This study applied the D.W.S method to the concrete retaining wall removal method installed on the road, and the resulting concrete wastewater was physically and chemically treated through a mobile sewage treatment facility, and it was examined whether it met the removal efficiency and wastewater discharge acceptance standards. Accordingly, it is intended to meet the standards for effluent concentration of wastewater during construction by removing 73.5% of BOD and 89.1% of SS through physical and chemical treatment through portable sewage treatment facilities during construction. In addition, we would like to review the adequacy and economic analysis of calculating environmental conservation costs for physicochemical treatment through portable sewage treatment facilities and sewage treatment generated during construction.

Key words : D.W.S method, portable sewage treatment facility, sewage treatment generated under construction

[†]To whom correspondence should be addressed.

Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea
E-mail : kgil@seoultech.ac.kr

• Wooseok Jeong Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea / Graduate student
(jseok73@hanmail.net)

• Kyungik Gil Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea / Professor (kgil@seoultech.ac.kr)

1. 서 론

최근 2021년 6월 K시 재건축 철거 현장 붕괴, 모 아파트 슬래브 붕괴에 따라 중대재해 처벌법 등 안전 강화에 대한 현장 관리가 강화되고 있다. 많은 회사들이 HSE (Health, Safety and, Environment)와, ESG(Environmental, Social and Governance)와 관련한 안전, 환경에 많은 관심과 투자를 실시하고 있는 상황이다. 그러나 이러한 대책들이 많은 사고가 발생된 후에 천재가 아닌 인재의 형태로 대책이 마련이 되고 있다. 안전분야는 피해상황이 일시적, 대규모, 급속도로 현상이 발생함으로 사람들에게 피해정도가 강력하게 인식이 되나, 환경분야는 피해상황이 눈에 띄지 않을 정도로 서서히 진행되고, 피해원인 규명이 모호함으로 피해에 대한 대책 및 환경관리가 다소 소극적이 되는 것이 현실이다. 특히 공사중 발생하는 임시시설에 대한 환경관리는 지속적인 관리가 되지 않으므로, 설치의 유무가 관리 대상이지 시설물 설치의 정량적인 허용기준 진후에 대한 관리가 현실적으로 어렵다. 일례로 터널 시공 시 지속적으로 발생하는 오수처리 시설을 통해 관리되고 있지만, 임시적인 콘크리트 깨기, 절단, 건설오니의 오수처리는 등한시 되는 것이 현실이며, 현장특성상 직접해서 처리하는 것이 어려워 이것이 수치적으로 환산 관리하는 것이 어렵다. 배출기준도 환경영향 평가대상인 도로확장의 경우 연장 L=10km 이상 여부에 따라 환경청이나 지자체에서 허가 관리주체가 상이하며, 기준도 허가 조건에 따라서 상이하다. (환경영향 평가법 시행령 [별표3], 2021) 또한 물환경보전법 시행규칙 [별표13]의 폐수배출 허용기준과 공공하수처리시설의 방류수 수질기준인 하수도법 시행규칙 [별표1]의 방류수 수질기준이 상이하여 관리에 어려움이 있다.(Kim, 2021) 터널 현장에서는 시공시 발생하는 건설오니를 처리하기 위해 여과막을 활용한 터널 폐수처리 시설을 설치운영 하였으며,(Kim et al., 2014) 산업현장, 건설현장에서 발생하는 오수, 폐수, 침출수 등 다양한 오폐수를 처리하기 위해 다기능 일체화 정화장치를 설치 운영하기도 하였다.(Chung et al., 2015).

기존 문헌에 따르면 콘크리트 교각의 친환경적 해체공법 개발로 환경오염의 주범인 냉각수와 슬러지를 최소화 할 수 있는 천공 및 유압적으로 대상 부재를 해체하는 공법을 제시하였다.(Lee et al., 2004) 또한 도심지 고가교의 친환경 건식 절단해체 공법 개발로 구동장치와 집진장치로 구성된 친환경 건식해체 기술(Eco Diamond Cutting System, EDCS)을 제안하였다.(Park, 2014) 본 연구에서는 콘크리트 옹벽 철거를 위해 기존 다이아몬드 와이어 쏘우 공법(D.W.S공법)시공시 냉각수에서 발생하는 폐수와 건설오니을 이동식 오수처리 시설로 환경관리를 개선하고자 하였다.

현장에서는 구조물을 완성하기 위해 직접공사비 형태로 재료비, 노무비, 경비의 형태로 투입이 되고 있으며, 이를 관리하기 위한 간접공사비중 산업안전보건관리비 및 환경보전비는 공사비의 약 0.5~1.5%정도 책정이 되어 있다. 최근 산업안전보건관리비는 안전관리 분야 강화에 따라 입찰시 설계가로 입찰하고 있으며, 정부의 관련부서의 집중 점검, 관련 공단의 지원을 통해 최대한 예산을 확보하며 많은 회사에서 관심을 받고 있으나, 상대적으로 환경관리는 도급가 또는 임의가격(PS)항목으로 입찰하여 환경관리비 투자에 소극적인 것이 현실이다. 또한 많은 건설회사들이 본사에 안전을 전담하는 부서는 있으나, 환경은 상대적으로 적은 인원으로 관리되고 있다.

민원/환경/시공/경제성 등을 고려한 가장 적합한 콘크리트 철거 공법(Park, 2014; Kim 2007; Lee et al., 2004)을 선정하였으며(Table 1), 본 연구 실시된 현장에서는 작업성 및 대규모 아파트 단지 소음/진동 민원성을 고려하여 D.W.S (Diamond Wire Saw)공법으로 적용하였다. 콘크리트 구조물의 철거시 발생하는 콘크리트 건설오니에 대한 폐수는 관련법에 의거하여 배출허용기준 관점에서 물리적/화학적 처리를 통해 관리목표 오염물질 항목인 BOD, SS, TN, TP 항목에 대한 처리 효율의 결과를 분석하고, 현장에서 공사중 발생하는 건설오니에 대한 환경관리 및 효과에 대해 분석하고자 한다.

Table 1. Concrete demolition method

Division	Hand-Breaker	Large Breaker	Crusher	D.W.S	blasting
Summary	Breaking work of small structures that are difficult to enter equipment with a hand breaker	Breaking of large structures by installing a breaker on a backhoe	Appropriate for thin structures by attaching a front cleave to the backhoe	The structure is cut and dismantled after drilling through a diamond wire chain.	After drilling, gunpowder is installed to destroy structures/arms.
Construction cost (per m ³)	70,000(won)	43,000(won)	43,000(won)	250,000(won)	6,000~33,000 (won)
Workability	Poor	Good	Poor	Good	Good
safety	Poor	Good	Good	Moderate	Moderate
Constructability	Poor	Poor	Good	Moderate	Moderate
Environment	Noise/Particle	Noise/Particle	Noise/Particle	dust/Water quality	Noise/Vibration

* standard market unit price for construction in the second half of 2022.

2. 연구방법

2.1 콘크리트 구조물 처리개요

해당 공사는 2021년 9월 15일부터 11월 14일까지 2개월 간 진행 되었으며, 공사위치는 서울시 D구 소재의 도로상에 위치하였다. 시공내용은 기시공된 캔틸레버식 옹벽(도로와 높이차 1.5~2.0m, L=600m)의 돌출된 부분을 철거하고 보도블럭을 설치하여 주민 보도공간을 확보하는 공사로서 공사비는 1,357백만원이며, 이중 콘크리트 오폐수 처리공정인 이동식 오수처리 비용은 약 65백만원이다.

콘크리트 철거에 사용된 다이어몬드 와이어 쏘우 공법(D.W.S)은 크레인으로 인양가능한 크기로 절단부를 표시(marking)하고, 직경 75mm로 천공한 후 해당공간으로 다이어몬드 와이어 쏘우 체인을 고속회전시켜 콘크리트를 블록으로 절단하는 공법이다. 이 공법은 습식공법으로 냉각수를 공급하면서 콘크리트 코어 천공 및 절단시 콘크리트 폐수가 발생되며, 배수로 또는 흙으로 스며들어 토양오염의 피해를 주는데 해당 공사가 임시적 또는 소량으로 발생되어 환경관리가 미흡한 것이 현실이다. 해당 현장의 공사중 오폐수 처리기준은 현장 위치가 서울시 D구로 해당되어 배출허용기준(폐수)은 1일배출량 2,000M3이하 “나”구역에 해당된다(Table 2.). 이에 본 연구는 콘크리트 절단시 발생하는 콘크리트 오폐수를 수집하여 침전 및 약품투입을 통한 물리/화학적 처리로 오폐수 제거효율을 분석하고 항목별 검토를 통한 최적의 경제성으로 targeting 수질항목을 정해 환경오염을 최소화하는데 목적이 있다.

2.2 시험방법

이동식 오수 처리시설의 구성은 물리적 처리(침전)인 침사지 및 집수조와 화학적 처리를 위한 PH조정제, 응집제, 폴리머 투입으로 반응조, 응집조로 구성되었다. 이후 침전시설을 통해 농축조의 슬러지를 처리하고, 오수 처리수는 방류조를 통해 반출하였다(Fig. 1). 해당 현장의 투입약품은 분말성 음이온성 고분자 응집제, 황산철, SJ-PAC1260를 일 1회 투입 유지관리 하였다. 공사시 발생하는 오수에 대하여 가배수로를 형성하고, 미리 설치된 불투수막을 통해 임시 침사지로 유도하여 약 24시간 침전을 실시하였다, 시료는 이동식 오수처리 시설 투입전 집수조에서 시료채취, 오수처리 시설을 거친 방류조에서 시료를 채취하였다. D.W.S공법은 연장 600m 콘크리트 옹벽의 블록별 천공, 절단, 인양운반 반복작업으로 해당공중시 발생하는 콘크리트 폐수의 수질특성과 이동식 오수처리 시설의 효과를 확인하기 위하여 공사기간 60일간 총 5회에 걸쳐 시료채취 후 실험실에서 실험을 실시하였다. 짧은 공사기간동안 장비 배치 및 준비등을 고려하여 작업량 및 시공효율이 낮은 공사초기에 1회, 공중이 활발히 진행되는 시기에 4회에 걸쳐 시료 1L씩을 채취하여 이동식 오수처리 시설의 BOD, TSS, TN, TP의 처리 효율성을 측정하였다.

2.3 공사중 오폐수 처리기준

공사중 오폐수 처리기준은 현장 위치 고려한 배출허용기준(폐수)은 Table 2의 “나”구역에 해당되고, 기준도 물환경보전법 시행규칙 [별표13]에 근거한 폐수배출 허용기준

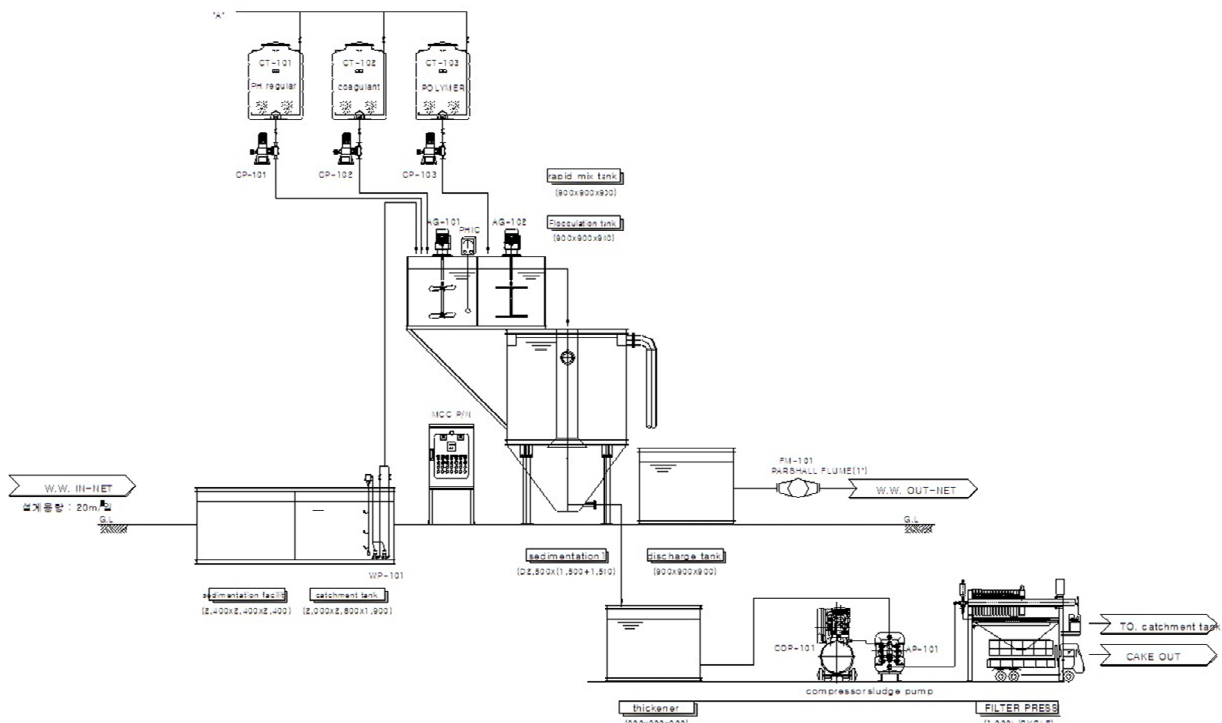


Fig. 1. Portable sewage treatment facility flow chart

으로 관리된다. 공사중 배출허용 기준은 공사 착공전 환경영향평가서상 협의사항으로 본 연구 대상 현장은 도로연장 L=6.8km에 해당하므로 한강유역 환경청(도로확장 연장 L=10km 이상)이 아닌 지자체 환경담당부서에서 협의를 진행하였다. 폐수배출 허용기준 항목과 공공하수처리시설의 방류수 수질기준의 항목 및 관리기준(Table 2, Table 3)이 상이하여 현행 폐수배출 허용기준이 미비하여 재정비 필요하다는 의견이 있기도 하다(Kim, 2021). 물환경보전법 시행규칙의 배출허용 기준의 비교사항에서는 “공공하수도의 유입시키지 아니하고 공공수역으로 배출하는 사업장에 대한 배출허용 기준은 하수종말 처리시설의 방류수 수질기준을 적용한다.(개정 2000. 10. 23)”라고 명기되었다. 공사 중 발생하는 폐수는 이동경로가 불명확하여 일부는 공공하수도에 유입되고, 일부는 공공수역으로 흘러들어가 이에 본 연구에서는 BOD, SS는 폐수배출 허용기준(물환경 보전법 시행규칙 별표13)을 기준으로 결과를 분석하였고, TN, TP는 폐수배출 허용기준 항목에 없어 하수도법 시행규칙 [별표1]에 적용된 방류수 수질기준을 적용하여 분석을 실시하였다.

Table 2의 물환경보전법 시행규칙 [별표13]에 의거 수질 및 수생태계 환경기준에 따라 환경부장관의 고시로 지역에 따른 배출허용기준(폐수) 적용을 위한 청정지역, 가지역, 나지역, 특례지역으로 구분된다. 해당 현장 서울시 “D”구로 “나”지역에 해당된다.

Table 3의 하수도법 시행규칙 [별표1]에 의거 수도법의 상수원 보호구역, 환경정책 기본법, 물환경 보전법에 지역 고시에 따른 구분된다. 해당 현장은 III지역으로서 물환경 보전법 제22조 제2항에 따라 고시된 중권역중 한강.금강.낙동강.영산강.섬진강 수계에 포함되는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역(I지역 및 II지역을 제외한다)으로 구분된다.

3. 연구결과

이동식 오수처리 시설 유입전 및 처리후에 대한 농도를 실험을 통해 얻었으며, 제거율은 유입전후 농도를 차이를 유입전 농도로 나누어 백분율로 나타낸 처리효율식을 산정하였다. 발생농도가 다소 작으며, BOD수질항목은 배출 허용기준 이내로 유입되었음을 알 수 있다. 또한 TN, TP항목은 배출허용기준이 없어 하수도법 시행규칙 [별표1]의 근거한 하수종말 처리시설의 방류수 수질기준을 적용하여 수질을 분석하였다.

3.1 유기물질 및 부유물질

Fig. 2의 (a)에는 콘크리트 폐수를 이동식 오수처리 시설에 넣었을 때의 유입수와 유출수의 BOD항목을 측정된 결과를 나타내었다. 4회 측정된 결과 유입수의 평균농도는 18.5 mg/L, 유출수의 평균농도는 3.5mg/L로 나타나 약 73.5%의 제거효율을 나타내었다. 유입수 BOD농도가 물환경 보전법 시행규칙의 BOD 배출허용기준인 120mg/L보다 낮게 들어와 배출허용기준은 당연히 만족하였으나, 하수처리장 기준으로 봤을때는 방류수 배출기준(III지역 기준, 10mg/L)까지 만족시킨 것으로 유의미한 제거능을 가진 것으로 판단된다. Fig. 2의 (b)에는 TSS 항목에 대한 이동식 오수처리장치의 성능을 평가하였다. 공사장 콘크리트 폐수의 특성상 TSS가 매우 높게 나타났으며, 5회 실험결과 유입수의 평균농도는 약 9,743mg/L로 나타났으며, 유출수의 평균농도는 1,066mg/L로 나타나 약 89%정도 제거되는 것으로 나타났다. TSS의 경우는 오수처리장치로 유입된 농도가 약 2,960mg/L~22,500mg/L로 나타나 콘크리트 절삭과정에서 부유물질이 상당부분 발생한 것으로 판단되었다. 오수처리장치에서 약품에 의한 응집처리 기작에 의해 부유물질이 침전되었으나, 워낙 유입수의 농도가 고농도로 들어왔기 때문에 배출허용기준(120mg/L)으로는 총 5회 중 4회를

Table 2. Wastewater discharge standards for BOD, TOC and SS

Division		More than 2,000m ³ per day(mg/L)			Less than 2,000m ³ per day(mg/L)		
Water pollutant items		BOD	TOC	SS	BOD	TOC	SS
regional division	clean area	30below	25below	30below	40below	30below	40below
	‘GA’area	60below	40below	60below	80below	50below	80below
	‘NA’area	80below	50below	80below	120below	75below	120below
	special case area	30below	25below	30below	30below	25below	30below

Table 3. Water Quality Standards at more than 500m³/d of STPs

Division		BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	note
More than 500M3 of sewage treatment capacity per day	I area	5below	15below	10below	20below	0.2below	
	II area	5below	15below	10below	20below	0.3below	
	IIIarea	10below	25below	10below	20below	0.5below	
	IVarea	10below	25below	10below	20below	2below	

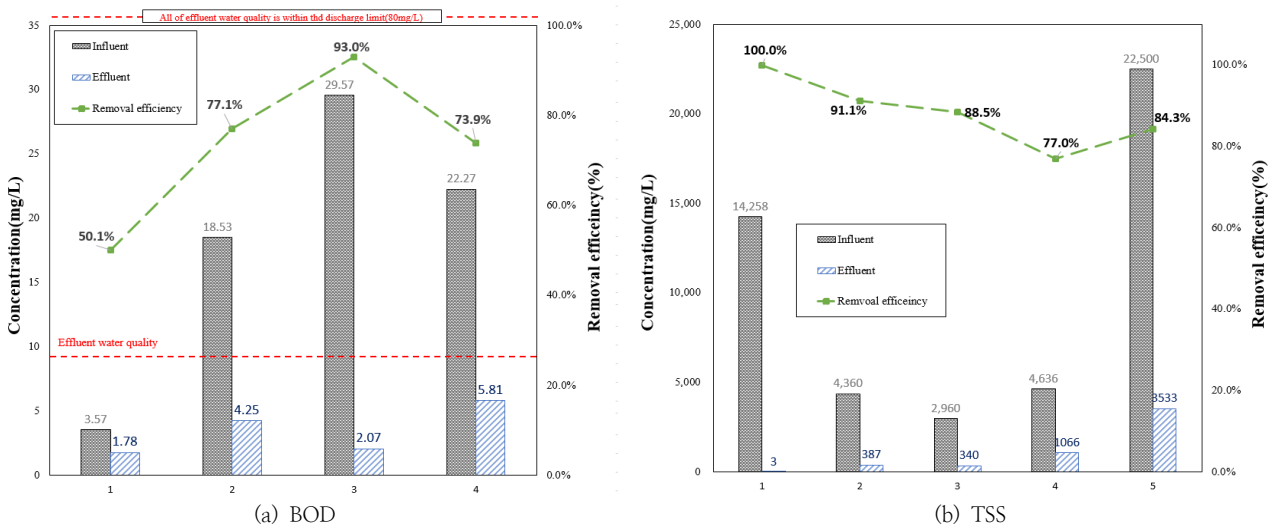


Fig. 2. Effluent concentration and removal efficiency of BOD, TSS

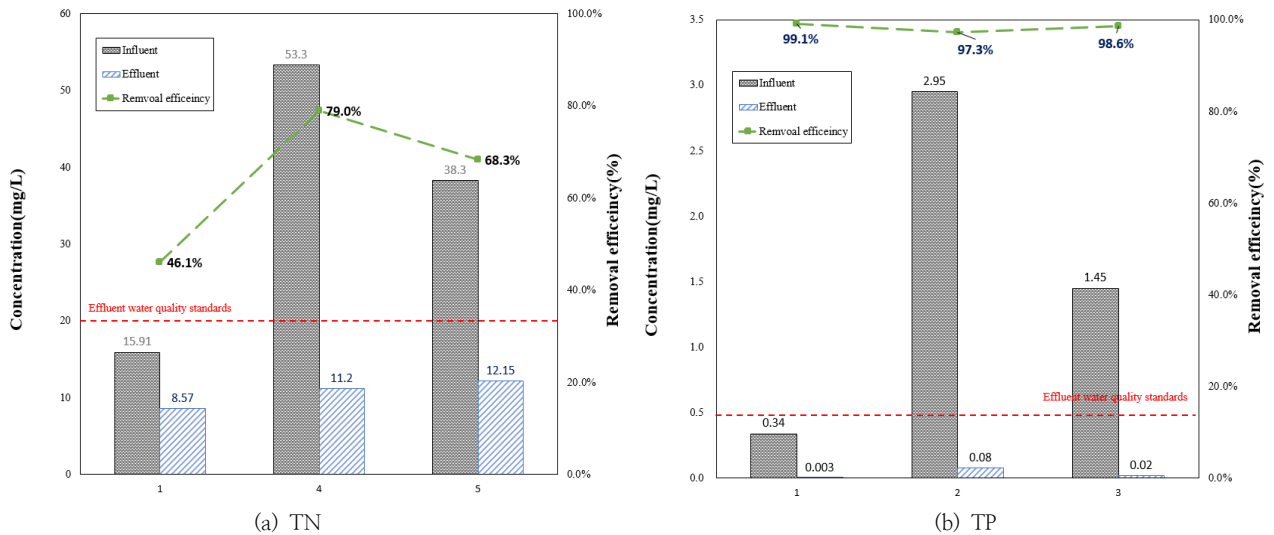


Fig. 3. Effluent concentration and removal efficiency of nutrients

초과하는 것으로 나타났다. 추후 운전시에는 유입수 농도에 따라 약품량을 조절하여 TSS를 추가적으로 관리할 필요가 있는 것으로 판단된다.

3.2 영양염류

Fig. 3의 (a)에는 콘크리트 폐수를 이동식 오수처리 시설에 넣었을 때의 유입수와 유출수의 총 질소(TN)항목을 측정한 결과를 나타내었다. TN의 경우 배출허용기준 “나”지역에 해당하는 오염물질 항목이 아니므로, 하수처리장 방류수 수질기준 만족여부만 판단하였다. 그래프에서 확인할 수 있듯이 3회 실험결과 모두 유출수가 방류수 수질기준인 20mg/L 미만으로 유출되는 것을 확인하였다. 3회 실험의 평균 유입수 농도는 35.8mg/L로 나타났으며, 약 10.6mg/L로 유출되어 약 70.3%가 제거되는 것으로 나타났다. 앞서 분석한 유기물질과 부유물질의 제거능에 비교하면 상대적으로 제거효율은 낮은 것으로 나타났는데 이는 이동식 오

수처리 시설의 제거기작이 생물학적처리 기반이 아닌 물리화학적 처리 방식인 약품응집으로 처리하기 때문에 미생물에 의한 생물학적 제거 기작을 기반으로 하는 질소항목은 제거가 원활히 되지 않은 것으로 판단되었다. Fig. 3의 (b)에서는 총 인(TP)에 대한 처리효율을 나타내었다. TP는 5회 실험을 진행하였으나, 4회/5회의 데이터는 검출이 되지 않아(N.D) 1~3회의 데이터로 제거효율을 분석하였다. 3회 실험결과 평균적으로 유입수는 1.6mg/L로 시설로 들어와 약품처리 후 약 0.034mg/L로 배출되어 약 97.8%가 제거되는 것을 확인하였다. 인의 경우도 방류수처리기준을 충분히 만족하는 것으로 나타났으며, 질소보다 약품응집에 의해 제거가 잘 될 수 있기 때문에 고효율의 처리효과를 보인 것으로 판단된다.

3.3 환경보전비 투입의 적정성 평가를 위한 경제성 분석

해당 공사인 옹벽콘크리트 철거 공사의 환경보전비 예산

이 공사비 14억의 약 5%인 0.6억이 오폐수 처리비로 투입되어 통상적인 환경보전비(공사비의 약 1%-공사성격별로 직접공사비율로 산정, 환경관리비의 산출기준 및 관리에 관한 지침-국토부)의 약 4~5배정도 투입되었다. TN과 TP는 배출허용기준 항목에도 없으며, BOD항목은 공사중 발생하는 오폐수가 배출허용기준 이하로 발생되어 예산 초과 투입의 측면도 있지만, 이러한 오폐수가 하수처리장으로 유입되었을 때, 환경적 측면의 거부감으로 민원이 지속적으로 발생된다. 또한 하수처리장에서 처리할 시 필요한 추가 비용을 고려할 때 사전에 현장에서 오염원을 중심으로 집중적으로 처리하는 것이 타당할 것으로 분석된다.

본 연구에서 활용한 이동식 오수처리 시설이 경제적으로 투입할 가치가 있는지 확인하기 위해 편익/비용 분석을 진행하였다. 편익/비용 비율이란 총 편익과 총 비용의 할인된 금액의 비율, 즉, 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나누는 것이며, 일반적으로 편익/비용 비율 ≥ 1.0 이면 경제성이 있다고 판단된다(Layard, P. R. G., 1994).

$$\text{편익/비용 비율}(B/C) = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

여기서, B_t : t 시점의 편익

C_t : t 시점의 비용

r : 할인율

n : 분석기간

이동식 오수처리 시설을 활용할 때 발생하는 비용과 편익

을 구분하여 나타내었다(Table 4). “비용”항목으로는 인건비, 장비대여비, 약품비를 사용하였고, “편익”항목으로는 수질환경개선편익, 시민건강개선편익, 하수처리장 건설을 하지 않음으로써 예방되는 건설비용과 유지관리비용을 편익으로 사용하였다. 비용편익 분석은 2022년부터 30년간의 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 계산하였고, 이때 사회적 할인율은 4.5%를 활용하였다(Lee and Gil, 2021; KWWA, 2019).

B/C분석결과를 정리하여 나타내었는데 총 편익의 현재가치는 537,382천원으로 나타났으며, 총 비용의 현재가치는 459,778천원으로 나와 순현재가치가 77,603천원으로 나타났다(Table 5). 편익/비용 분석결과는 1.17로 경제성이 충분히 있는 것으로 나타났다. 특히, 환경분야에서 편익/비용 분석결과는 대부분 1을 넘지 않는데 Fig. 4에 기존 환경분야에서의 B/C분석결과와 본 연구결과에서의 B/C 분석결과를 함께 나타내었다. 기존 생태하천 복원사업, 유역하수도 정비계획사업, 노후하수처리장 개선사업 등의 B/C 분석결과를 평균적으로 계산해보면 약 0.556정도로 나타났지만 본 연구결과의 B/C분석은 1.17로 나타난 점에서 매우 고무적이라 할 수 있다(KWWA, 2019).

Table 5. Results of net present value and B/C analysis

Division	Results
Present value of total benefits (KRW)	537,382 Thousand
Present value of total cost (KRW)	459,778 Thousand
Net present value (KRW)	77,603 Thousand
B/C ratio	1.17
internal rate of return (%)	3.1

Table 4. Calculation of cost/benefit according to application of mobile wastewater treatment facility

Division	Annual mount (Thousand)	Methods(references)
Cost	labor cost	• 31,600won/hr*2hr*20day*4month = 5,040,000 won/yr
	equipment cost	• 34,000won/hr*8hr*20day*4month = 21,760,000 won/yr
	drug cost	• Coagulant aid polymer = 6,912won • Neutralizer ferric poly = 36,000won • PACS = 9,900won Total = 52,812won*4month= 211,248won/yr
Benefit	water environment improvement benefit	• BOD = 39,397*12month = 472,764 • TP = 18,114*12month = 217,363 Total = 690,128won/yr
	Civil health improvement benefits	• France sewage disease prevention rate =0.87% • Dobong-gu annual medical expenses = 49,313,189,000won • Dobong-gu sewage prevention benefits = 428,412won • Benefits of this study = 428,412won*0.019% = 83,271won/yr
	Sewage treatment plant average construction benefit	• C=94.39*Q0.568= 517,500,798won (Q= 20ton/d)
	Sewage treatment plant maintenance benefit	• C=0.022*Q0.964= 395,017won/yr (Q= 20ton/d)

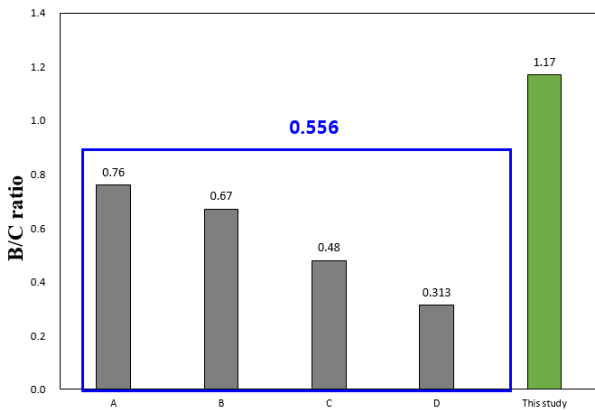


Fig. 4. B/C analysis for the portable sewage treatment facilities
 *A: Yongbongcheon Ecological River Restoration Project (2016)
 B: Yongdam Dam Unit Basin Sewerage Maintenance Plan (2015)
 C: Ansan-si sewage treatment water reuse facility private investment project (2011)
 D: Research report on benefit calculation for facility improvement of old sewage treatment plant (2016)

4. 결 론

본 연구에서는 공사중 발생된 콘크리트 웅벽 제거시 발생하는 오폐수에 대해 이동식 오수처리 시설을 도입하여 오폐수를 처리하였고, 도입여부에 대한 적정성 평가를 위해 수질성능과 이에 따른 경제성 효과를 분석하였다.

- 수질 성능의 경우 유기물질과 부유물질에 대해서는 유효한 효과를 얻었으나, TSS의 경우 배출허용기준을 일부 초과하는 경우가 발생하였다. 이는 콘크리트 폐수의 특성상 TSS가 워낙 고농도로 유입되었기 때문으로 판단되며, 유입수 농도에 따라 약품량을 조절할 필요가 있음을 확인하였다. 이외 BOD, TN, TP의 경우 모두 배출허용기준 또는 하수처리장 방류수 기준을 충분히 만족하는 결과를 보였다. 특히, 약품침전에 의해 제거되는 기작의 특성상 TP가 매우 고효율(98%)로 제거되는 것을 확인하였고, 상대적으로 TN의 제거효율(70%)은 낮은 것을 확인하였다.
- 경제성 효과 분석에서는 비용대비 편익의 효과를 분석하여 경제성 여부를 판단하는 B/C분석을 실시하였다. 비용항목으로는 인건비, 장비비, 약품비를 산출하여 1년에 약 4개월을 활용한다는 가정하에 비용을 산정하였다. 편익항목의 경우 이동식 오수처리 시설을 도입함으로써 개선되는 수환경개선편익과 시민건강개선 편익 그리고 하수처리장을 별도로 건설하지 않음으로서 예방되는 건설비와 유지관리비를 편익으로 활용하였다. 분석결과 B/C값이 약 1.17로 나타났으며, 해당수치는 환경분야에서 매우 높은 B/C값으로 판단되어 이동식 오수처리 시설의 경제성은 충분히 있는 것으로 판단된다.

또한, 설계시 현장관리자 및 관리감독자가 환경에 대한 예산을 시기 적절하게 사용하기 위해서 산업안전보건관리비처럼 2019년도부터 설계적용된 낙찰율 배제 적용으로 설계가로 입찰에 적용하는 것의 검토가 필요하다. 환경오염은

눈에는 잘 보이지 않지만 근로자, 시민의 몸에 장기간 축적이 되어 건강에 해를 끼치는 요소가 된다. 추후에는 법과 제도적인 측면에서 오수 배출허용기준에 대한 항목과 기준도 검토하여 현장내 공사중 및 완성시에 관리기준으로 명확한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2017R1D1A1B06035481).

References

- Layard, P. R. G. (1994). Cost-benefit analysis. Cambridge University Press.
- Yi, J. H. & Koo, J. K. (2013). Comparative Analysis of Wastewater Management Technologies for Construction Sites, *J. of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 13(2), pp. 157-162 [DOI <http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2013.13.2.157>] [Korean literature]
- Park, K. C. (2014). Performance Evaluation and Development of Eco-friendly Dry Cutting Demolition Method for Urban Overhead-bridge. The Graduate School of Gyeonggi University, [Korean literature]
- Kim, B. H. (2007). A Study on improving method selection process to enhance removal environment of downtown buildings. The Graduate School of Chung-Ang University, [Korean literature]
- Lee, C. S., Kwon, J. K., Chung, B. J., Kim, T. H. (2004). Development of Environment-Friendly Demolition Methods of RC Pier. *Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 8(4), pp. 97-105 [Korean literature]
- Ministry of Labor, (2009). Standard safety work guidelines for dismantling work. notice from the Ministry of Labor, 2009-41 [Korean literature]
- Daegu Regional Environmental Office, (2016). Management Guide for Environmental Impact Assessment Consultation Contents. [Korea literature]
- Korea Land and Housing Corporation Housing Research Institute, (1996). A Study on the Demolition Method of Structures. [Korean literature]
- Kim, D. W. (2021). "Current standards for wastewater discharge are insufficient...Reorganization required". *Water Journal*, 2021(7)
- Lee, JW, Gil KI. (2020). Suggestions for Cost Improvement of High concentration Linked Treatment in Municipal Wastewater Treatment Plant, *J. of Wetlands Research*, 22(2), pp. 139-144 [DOI <http://doi.org/10.17663/JWR.2020.22>].

- 2.139] [Korean literature]
- Korea Water and Wastewater Association, (2019). A study on the cost estimation plan for sewage treatment facilities such as food wastewater. [Korean literature]
- Boo, G. C. (2017). The Efficiency Assessment through the B/C Analysis According to the Food Waste Disposal Method, Master's Thesis, Jeju National University, Jeju, Korea. [Korean Literature]
- Kim, M. S., Kim, M. S., Kim, J. H., Choi, Y. H., & Park, J. W. (2014). Study of wastewater purification using micro filtration membrane under construction, *J. of The Korean society for Railway Research*, 2014(05), pp.581-586. [Korean Literature]
- Chung, H. I., Lee, J. Y., & Lee, J. J. (2015). Purification, Treatment and Reuse of Waste Water by Multi Integral Equipment, *J. of Korean Geo-Environmental Society Conference*, 2015(09), pp.331-334. [Korean Literature]