

합류식 하수도 지역에 대형 건축물 설계시 정화조 및 전용오수관로의 비용편익분석 사례연구

오현택^{1*}, 김성태², 임병인³, 강병준⁴, 박규홍⁵

¹청주대학교 경영학부 교수, ²청주대학교 경제학과 교수, ³충북대학교 경제학과 교수,
⁴중앙대학교 산학협력단 선임연구원, ⁵중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수

A Case Study on Cost–Benefit Analysis of the Septic Tank and Exclusive Sewage Pipe Line in Designing the large Building at Combined Sewer District

Hyun–Taek Oh^{1*}, Sung–Tai Kim², Byung–In Lim³, Byong–Jun Kang⁴, Kyoo–Hong Park⁵

¹Division of Business Administration, Cheongju University, Professor

²Department of Economics, Cheongju University, Professor

³Department of Economics, Chungbuk University, Professor

⁴Industry–University Cooperation Foundation, Chung–Ang University, Senior Researcher

⁵Department of Civil Engineering, Chung–Ang University, Professor

요 약 본 연구의 목적은 합류식 하수처리구역 내에 대형 건축물을 건설하는 경우, 정화조를 설치하는 대안과 정화조를 대신하여 전용오수관로를 설치하는 대안의 경제성을 비교분석하는 것이다. 이를 위해 우리나라 대표적 대형 건축물인 롯데월드타워의 사례를 들어 두 대안 간의 비용편익분석을 수행하였다. 롯데월드타워 건물에 정화조를 설치하는 대신에 전용오수관로를 설치할 경우, 회수기간은 6.2년, 순현재가치(NPV)는 약 61.7억 원이 발생하며, B/C비율은 1.93인 것으로 나타났다. 이러한 사례분석 결과는 향후 정화조 폐쇄에 대한 정책수립과 대형 건축물 신축 시 전용오수관로 건설에 대한 타당성을 검토할 때 적용할 수 있는 유용한 지침을 제공해 줄 것으로 보인다. 향후에는 원인자부담금과 전용오수관로 관리책임 부담여부, 악취감소에 따른 경제적 효익 등을 비용편익분석에 추가적으로 고려할 필요가 있다.

주제어 : 합류식 하수도, 정화조, 전용오수관로, 순현재가치, 비용편익분석

Abstract The aim of this study is to examine the relative economic benefits between the septic tank and exclusive sewage pipe line in designing the large building at combined sewer districts. With the case study of Lotte World Tower Building, we analyze a cost–benefit between two alternatives. The research results showed 2 years of payback period, about ₩6.17 billion of NPV, and 1.93 of B/C ratio for installing the exclusive sewage pipe line in comparison with septic tank. This results provide useful guidelines for policy establishment of the septic tank closure and for plausibility of installing exclusive sewage pipe line when constructing a large building. In the future, it will be necessary to consider additional cost–benefit analysis including burden charge borne by causers, the burden of management responsibility with a exclusive sewage pipe line, and the economic benefits of reducing odor.

Key Words : Combined sewer system, Septic tank, Exclusive sewage pipe line, Net present value, Cost–benefit analysis

*This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) Grant funded by the Ministry of Science and ICT for convergent research in Development program for convergence R&D over Science and Technology Liberal Arts(NRF–2017M3C1B6070097)

*Corresponding Author : Hyun–Taek Oh(oht0452@cju.ac.kr)

Received April 28, 2019

Revised May 28, 2019

Accepted June 20, 2019

Published June 28, 2019

1. 서론

하수를 배출하는 방식에는 분류식과 합류식이 있으며 방류구역과 그 지역의 특성 등을 고려하여 배출방식을 결정하게 된다. 분류식은 우수와 오수를 각각 별개의 관로를 통해 배출하는 방식이고, 합류식은 하나의 관로로 우수와 오수를 함께 배출하는 방식이다. 국내 대도시 지역의 하수관로는 주로 합류식 하수도시스템이지만, 최근 개발된 지역은 분류식 시스템으로 건설되어 우리나라 하수도 시스템은 합류식과 분류식이 혼재된 합병식 하수도 시스템으로 볼 수 있다[1,2].

하수도법 제35조 및 시행령 제24조[3]에 의하면 강우시 월류수(CSOs)에 의한 방류구역의 오염방지를 위하여 하수관로 정비구역으로 공고한 지역 외 합류식 하수관로 지역에서는 수세식변기 설치시 정화조를 설치하도록 규정하고 있다. 그러나 합류식 하수관로 지역은 비가 오지 않을 경우 하수유입이 적어 하수가 원활히 배출되지 않고 관로 내에 퇴적될 가능성이 있으며, 반대로 비가 많이 올 경우에는 공공하수처리시설로 많은 양의 저농도 하수가 유입됨으로써 하수처리시설의 정상적인 운영에 어려움이 발생된다. 또한 정화조에서 발생하는 악취와 메탄가스 발생이 사회적 문제로 대두되고 있다.

합류식지역의 하수처리구역 내에 정화조를 두는 관례는 선진국에서는 전혀 사례를 찾아보기 어려운 것으로, 우리나라만의 특이한 하수도 발전사에 기인한다고 할 수 있다. 한국전쟁 후에 급격한 인구증가, 산업화, 도시화의 과정 속에서 빗물 배제(최대유량 기준)라는 시급한 하수도 기능에 치중하면서 공공부문의 하수관로 정비가 이루어졌다. 한편, 개인이 발생시키는 오수는 공공하수관로로 배제하도록 하되, 수세분뇨는 기존의 방식대로 정화조로 간이처리를 하도록 함으로써 공공부문의 하수 집수와 처리에 대한 책임이 개인에게 분담되는 형태로 발전되어 왔다. 이러한 하수처리 방식은 공공부문에서의 재정적인 부담을 줄이는데 큰 역할을 하였지만, 민간부문에는 어느 정도의 회생을 부담시킨 것으로 볼 수 있다.

한국건설기술연구원(2016) 조사에 따르면 서울시 하수도 악취 민원의 주요 원인은 정화조 때문인 것으로 밝혀졌다. 이에 서울시는 악취저감 대책으로 정화조 내에 공기주입 또는 황산화 박테리아 주입 등의 악취저감 기술을 적용하는 사업을 추진하고 있다. 그러나 하수관로의 다양한 수심과 유량 변화에 따른 하수흐름의 실태 조사를 통해, 국내 하수관로에 대한 근본적인 구조적 진단과 정화조 폐쇄와 같은 개선책 제시의 필요성이 지속적으로

제기되고 있다[4].

서울시는 2030 하수도정비 기본계획[5]에서 중점 추진계획 중 하나로 수세변소수의 하수도 직투입을 목표로 하고 있다. 이를 위해 분류식 지역에서는 관로정비를 통해 수세변소수 직투입이 가능하도록 정비하고, 합류식 지역에서는 소블럭 정비 시행에 따라 하수관로 정비구역으로 지정하여 개인하수처리시설 설치면제 및 방류수질기준(BOD 40mg/L)이하 관리로 정화조를 폐쇄하는 정책을 추진하려고 한다. 그러나 이러한 정화조폐쇄와 수세변소수 직투입과 같은 서울시의 장기적인 하수도정비 계획은 시범사업을 통해 검토되고 진행될 예정이므로 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 우선적으로 정화조 시설을 의무적으로 설치하도록 하는 법적 규제를 재정비함과 동시에, 정화조 폐쇄에 따른 하수관로 증설 및 하수관로 유지보수에 대한 연구도 함께 진행할 필요가 있다.

최근에 건설된 롯데월드타워에는 50,000명 기준 정화조 시설을 설치하였는데, 이는 새로 건설되는 신도시의 인구 규모에 해당된다고 할 수 있다. 따라서 서울시가 향후 하수도정비계획의 일환으로 정화조폐쇄를 고려한다고 할 때, 시범적으로 정화조시설을 설치하는 대신에 롯데월드타워에서 가장 인접한 하수처리시설까지 롯데월드타워만을 위한 전용오수관로를 건설하는 대안을 고려해 볼 만하다. 만약 전용오수관로 건설의 경제적 타당성이 입증된다면, 향후 하수도정비계획을 진행할 때, 대형 건축물에 정화조 시설을 설치하는 대신에 전용오수관로 건설을 적극적으로 추진할 필요가 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 우리나라의 대표적인 대형 건축물인 롯데월드타워의 사례를 들어, 정화조를 설치한 경우와 정화조를 대신하여 전용오수관로를 설치하는 경우의 경제적 타당성을 검토하기 위하여 비용편익 분석을 수행하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 건축물의 현황

롯데월드타워는 서울시의 도시계획상 일반상업지역, 중심지 미관지구, 제1종 지구단위계획구역에 포함되어 있다. 건물용도는 판매, 업무, 숙박, 관광휴게, 문화집회, 제1종 근생 등으로 지정되어 있고, 건물높이 555m, 지하6층/지상123층, 연면적 805,872.45㎡, 건축면적 36,471.52㎡로 계획하였다.

부패탱크식 정화조는 50,000 인조로서 지하 5, 6층에 관리층과 탱크층으로 분리되어 약 1,620 평의 면적으로

설치되어 있다. 정화조를 3개조로 분리하여 운영하며, 상부 건물에 위치한 화장실의 분뇨는 자연경사를 이용해 정화조에 유입된다. 정화조에서 처리된 최종 처리수는 방류조에서 지상레벨의 공공하수관으로 펌프로 양수하여 배출한다.

2.2 분석방법

본 연구대상인 롯데월드타워의 정화조 설치대안과 전용오수관로 설치 대안의 비교를 위해, 정부와 개별기업들이 각종 정책이나 투자사업에 대한 경제적 타당성 평가 시 적용하는 비용편익분석 방법을 사용하였다. 비용편익 분석은 현재 상황에서 새로운 대안이 시행될 경우 소요되는 추가적인 비용을 파악하고 이러한 추가적 비용을 통해 예상되는 추가적 편익을 계산한 후 이 양자를 비교하여 새로운 대안의 타당성을 평가하는 방법이다[6-8]. 비용과 편익은 비금전적인 부분도 모두 포함하고 있지만, 본 연구에서는 분석의 단순화를 위하여 금전적으로 측정 가능한 비용편익만을 포함하였다. 따라서 본 연구에서 적용한 분석방법은 재무분석에서 많이 사용되는 순현재가치법(NPV)과 유사하다[9,10].

본 연구에서 고려되는 비용편익항목들은 건설공사비, 유지관리비와 정화조시설 공간의 임대수익이다. 즉, 정화조 시설을 설치할 경우에 비해 전용오수관로를 설치할 경우 건설공사비와 유지관리비의 증감변동금액과 정화조 시설을 임대할 경우 예상되는 수익을 고려하였다. 전용오수관로 설치에 따른 악취절감효과의 편익과 전용오수관로 설치에 따른 원인자부담금과 전용오수관로 유지관리 책임의 분담여부는 고려하지 않았다.

2.3 비용 및 편익 측정방법

정화조의 공사비는 정화조 설비의 직접공사비 외에 토공사, 골조공사, 방수공사, 기계전기공사 등의 관련 건축공사비를 구하기 위해 면적당 개별 공사비 단가를 적용하여 산정하였다. 정화조의 유지관리비 중 정화조 관리비는 면적당 운영단가를 적용하였고, 그 외 인건비와 일반관리비를 포함하여 연간 관리비를 산정하였다.

전용오수관로의 공사비는 Manning의 유속공식을 이용하여 발생 오수량을 최소유속 0.6m/sec 이상으로 인근의 탄천물재생센터까지 이송할 수 있는 관경과 경사를 구한 후, 「하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령」 [11] 에서 제시된 m당 표준하수관로 시설비를 적용하여 산정하였다.

정화조 시설 공간을 임대할 경우 예상되는 임대수익은

롯데월드타워 임대료와 주변 임대료 시세를 고려하여 가능한 보수적인 관점에서 계산하였다.

3. 연구결과

3.1 오수발생량의 산정

환경부에서 고시된 「건축물의 용도별 오수발생량 및 정화조 처리대상인원 산정방법」 [12] 에 따라 용도별 오수발생량을 산정하였다. 해당건축물의 내부시설을 숙박시설, 업무시설, 문화집회시설, 판매영업시설, 관광휴게시설, 공공용시설로 구분하여 각 시설별 면적을 산정하였으며, 각 시설에 대해 단위면적당 1일오수발생량 원단위(L/m²/일)를 적용하여 각 시설별 1일오수발생량을 산정하였다. 이렇게 하여 추정된 오수발생량은 12,414 m³/일 이다.

3.2 전용오수관로의 규모 결정

하수는 물에 비하여 보통 부유물이 많이 포함되어 있지만, 수리 계산에 영향을 줄 정도는 아니므로 일반적으로 물과 같은 방식으로 수리 계산을 한다. 따라서 하수에 적용되는 수리계산식은 자연유하에서는 Manning식 또는 Kutter식을 사용하고, 압송의 경우에는 Hazen-Williams식을 사용한다[13]. 본 연구에서는 Manning식을 사용하였다.

< Manning식 >

$$\text{식1} : Q = A \times V$$

$$\text{식2} : V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

여기서, Q는 유량(m³/s), A는 유수 단면적(m²), V는 유속(m/s), n은 조도 계수, R은 경심(m), P는 유수의 윤변(m), I는 동수 경사이다.

Manning식을 이용해 만관시 최소유속 0.6m/sec를 만족할 수 있는 관경과 경사를 설계하여, 각각 600mm 와 0.0007을 구하였다. 이 경우 만관으로 오수가 흐른다면, 약 0.17 m³/sec 또는 14,700 m³/일의 유량을 수용할 수 있다.

3.3 비용 분석 및 비교

사례분석 대상인 롯데월드타워의 정화조시설 공사비와 정화조시설 연간 운영비는 다음과 Table 1과 같이 계산되었다. 공사면적과 단위당 공사원가는 사례분석 대상 건물의 설계과정에 참여한 건설회사 자료를 인용하였다.

Table 1. Construction and operation cost of septic tank

		area (m ²)	unit cost(W)	cost (W1,000)
construction cost	Earth work			700,000
	structural work	5,368	350,000	1,878,800
	waterproof work	5,142	60,000	308,520
	mechanic and electric work	5,368	100,000	536,800
construction cost of septic tank				760,000
total construction cost				4,184,120

maintenance cost	general			10,000
	septic tank	4,260	16,000	68,160
	labor			60,000
annual total maintenance cost				138,160

정화조 시설을 설치하는 데에는 토목공사(7억 원), 구조공사(18.788억 원), 방수공사(3.0852억 원), 전기기계공사(5.368억 원) 등의 기초공사비와 정화조 시설 설치비(7.6억 원) 등 총 41.8412억 원이 소요된다. 또한 정화조 유지비용으로 매년 1.3816억 원이 지출되는 것으로 추정되었다.

한편 전용오수관로를 설치하기 위해서는 인접한 하수처리 시설까지의 하수관로 공사를 하여야 하는데, 이를 위해서는 관로 설치 총거리와 관로의 크기와 유형을 결정하여야 한다.

롯데월드타워에서 인접한 하수처리시설(탄천물재생센터)까지 12차로 도로를 이용할 경우 약 6.6km의 거리가 산출된다(<https://map.Naver.com>). 이 구간은 포장도로로 하수관로 공사비 산출시 포장구간 단가를 적용해야 한다.

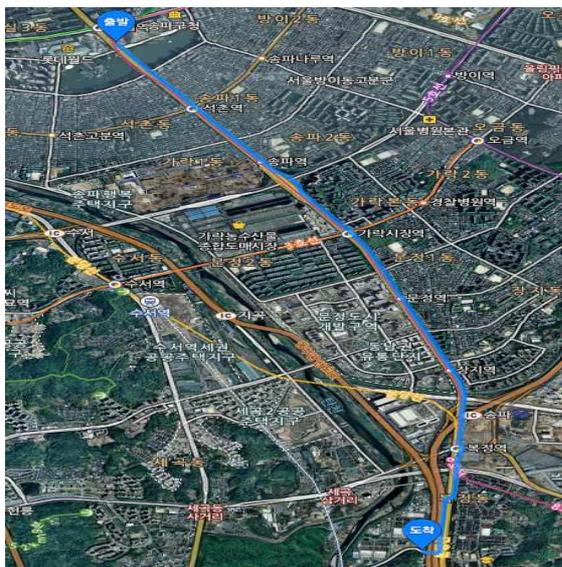


Fig. 1. Measurement of distance to sewage treatment facilities

롯데월드타워에서 하수처리시설(탄천물재생센터)까지 관로를 매설할 경우 매설 심도가 공사의 주요 인자로 작용할 수 있으므로, 앞서 고려한 최소 경사와 유동인구가 많은 지역의 오수 누수를 방지할 수 있도록 플라스틱 재질의 관로 선정이 적절한 것으로 판단된다. 따라서 Table 2 처럼 「하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령」 [11] 에서 제시된 m당 표준하수관로 시설비를 적용하면 전용오수관로 공사비는 7,402,850,400원(= 6,600m×1,121,644원/m)이 소요된다.

Table 2. Construction costs of Plastic sewer pipe

pipe diameter (mm)	construction cost(W/m)	
	Condition on Pavements	
	unpaved road	paved road
300	525,101	794,902
400	625,778	904,597
500	711,507	999,476
600	810,869	1,121,644
700	919,311	1,238,972
800	1,030,780	1,359,468

한편, 공공하수처리시설의 유지관리는 「하수처리시설 소요비용 연구」 [14] 에서 제시한 비용함수식을 적용한다.

$$* \text{유지관리비} = 349.66 \times Q^{0.7931} \times 1.101 (\text{물가상승률})$$

그러나 롯데월드타워에서 발생하는 전체 오수량은 정화조를 설치하는 경우나, 전용오수관로를 설치하는 경우 어느 경우에도 동일하므로, 공공하수처리시설의 유지관리비는 어느 대안의 경우에도 동일하게 발생할 것으로 예상되어 비용편의 분석시 제외하였다.

하수관로의 준설비, 관거보수비는 「영양군 하수도 정비기본계획」 [15] 과 「하수도계획 시 경제성 평가 방안」에 관한 연구 [16] 에서 제시한 준설비, 관거보수비 산출 기준을 적용하였다.

먼저 관거 준설비는 연 1회 시행을 전제로, 작업 1개조는 4인으로 구성, 작업 1개조 준설 능력은 200m/일, 연간 장비 교체비, 부속품 및 검사비 등의 유지비는 준설기 장비가격의 20%, 작업 1개조의 작업시간은 1일 8시간, 연 작업일 250일, 임금은 1개조 당 200,000원/일, 준설기 대당 가격은 35,000,000원으로 설정하였다.

$$* \text{연간 준설기 1대당 작업 능력: } 200 \times 250 = 50,000(\text{m})$$

$$* \text{연간 하수관거 m당 소요 인건비: } (200,000 \times 250) / 50,000 = 1,000 (\text{원} \cdot \text{m} \cdot \text{년})$$

$$* \text{연간 준설기 유지비: } (35,000,000 \times 20\%) / 50,000 = 140 (\text{원} \cdot \text{m} \cdot \text{년})$$

* 하수관거 준설 단가(소요인건비+준설기 유지비): =
 $1,000 + 140 = 1,140(\text{원}/\text{m}\cdot\text{년})$

관거 보수비는 플라스틱관 600mm 관경 m당 시설비 71,121,644원(월/m)에 「하수도계획 시 경제성 평가 방안에 관한 연구」 [16] 기준을 적용(관거 공사비의 0.3% 적용)하면 약 3,360(원/m·년)으로 추정할 수 있다. 따라서 준설비용과 관거 보수비용을 모두 고려하면 전용오수관로 유지관리비는 4,500(원/m·년)이다.

전용오수관로를 설치하고 정화조시설을 사용하지 않는 경우에는, 정화조시설 면적을 외부에 임대하여 추가적인 임대수익을 얻을 수 있다. 최근 자료에 의하면 롯데월드타워 평당(3.3m²당) 임대료는 129,000원(24층~29층)에서 136,000원(35~38층) 까지이다. 반면 동 건물 부근에 있는 잠실 오피스빌딩의 임대료는 3.3m²당 70,000~80,000원 수준이다[17]. 본 시설은 지하 5-6층에 위치하고 있으므로, 최첨단 신축건물이라 하더라도 그렇게 높은 임대료 수익을 기대하기 어려우므로 보수적으로 산정하여 3.3m²당 50,000원의 임대수익을 가정하였다. 따라서 정화조시설을 면적을 기초 공사하여 임대한다고 할 때, 다음과 같은 추가적인 공사비와 연간 임대수익을 예상할 수 있다.

* 기초공사비 = 정화조 설비 제외한 건축공사비
 $= 3,424,120,000\text{원}$
 * 연간 임대료 수익 = $(5,300\text{m}^2 \div 3.3) * 50,000 * 12\text{월}$
 $= 963,636,364\text{원}$

앞서 살펴본 비용분석 내용을 요약하면 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Summary of cost-benefit items

	items	investment year(t)	t+1
A	construction cost	4,184,120,000	
	maintenance cost		138,160,000
B	construction cost	7,402,850,400	
	maintenance cost		29,700,000
	earnings for leasing		963,636,364
	construction cost for leasing	3,424,120,000	
B vs A	additional cost for construction	6,642,850,400	
	reduction of maintenance cost		108,460,000
	additional rental return		963,636,364
	payback period(year)		6.20

A: using of septic tank
 B: installing of exclusive sewage pipe line

정화조시설을 설치하는 경우에 비해 전용오수관로를 설치하는 경우, 건설공사비는 6,642,850,400원 많이 발생하지만 연간 유지관리비는 108,460,000이 적게 발생하고, 추가적인 임대수익으로 963,636,364원을 회수할 수 있다. 투자액을 연간 비용절감액 및 임대수익 증가액으로 나누면, 회수기간은 6.20년이 된다. 따라서 전용오수관로를 설치하는 것이 정화조시설을 설치하는 것보다 비용편익측면에서 경제적이다. 이러한 비용편익분석을 플라스틱 하수관거 내용연수인 20년으로 확장하여 현재 가치 분석을 하였다. 최근 5년간 소비자물가 상승률은 평균 1.26인데, 공업제품 상품물가는 평균 0.6으로 나타나 미래 물가상승률 변동은 없는 것으로 가정하였다. 그리고 할인율은 국가 정책사업의 예비타당성 검사에 통상적으로 사용되는 5.5% 사회적 할인율을 적용하였다. 분석한 결과는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. cost-benefit analysis for exclusive sewage pipe line

reduction of maintenance cost	₩ 108,460,000
additional rental return	963,636,364
annual benefit	1,072,096,364
total benefit (20year)	21,441,927,273
present value of benefit	12,811,961,606
additional cost for construction	6,642,850,400
NPV	₩6,169,111,206
(B/C) ratio	1.93

Table 4에서 볼 수 있듯이, 전용오수관로를 설치하는 경우, 정화조시설을 설치하는 것보다 순현재가치(NPV)는 6,169,111,206원이 발생하고, B/C비율은 1.93으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 분석대상으로 선택한 롯데월드타워의 경우에는 전용오수관로를 설치하는 것이 경제적 타당성을 갖는 것으로 나타났다.

4. 결론

2005년에 악취방지법이 제정된 이후 여러 차례 개정되어 시행되고 있지만 악취민원은 2005년에 4,302건에서 2016년에 24,748건으로 오히려 크게 늘어나고 있는 추세이다. 하수도 악취민원의 경우에도 매년 증가(2010년 6,269건에서 2014년에는 11,545건으로 증가)하고 있으며, 하수도품질에 대한 설문조사에서도 악취가 가장 중요한 요인으로 지적되었다.

따라서 하수도 악취의 중요 요인 중에 하나로 꼽히는 정화조를 폐쇄하고 분뇨를 직투입하는 방안의 기술적, 경제적 타당성에 대한 연구가 수행되고 있다. 우리나라에 정화조가 약 200만개 정도 있다고 할 때, 정화조를 폐쇄하면 정화조 유지관리비용과 사회간접비용으로 연간 5,700억 원 정도의 비용절감효과를 나타낼 수 있으며 하수 악취발생률을 90% 이상 절감하여 악취 민원을 획기적으로 감소시킬 것으로 보고 있다. 그러나 이러한 정화조폐쇄 사업은 아직 시범사업 단계로 완전히 시행될 때까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 우선적으로 정화조시설 설치의무에 대한 법적인 규제를 보완하고, 하수관로에 대한 구조적인 진단과 더불어, 다양한 개선책들을 모색할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 대형 건축물을 위한 전용오수관로 건설을 가정하여, 정화조폐쇄와 수세분뇨수 하수관로 직투입에 대한 경제적 타당성을 간접적으로 분석하였다.

최근에 신축되고 있는 대형 건축물의 경우 매우 큰 정화조시설을 설치하고 있는데, 이를 대체할 전용오수관로를 신축하는 것이 경제적으로 타당한 지를 비용편익분석 방법을 사용하여 살펴보았다. 본 연구에서는 롯데월드타워 건물의 정화조 시설을 사례분석 대상으로 선정하였다.

롯데월드타워 건물은 도심지역에 위치하고 있고, 1일 추정된 오수 발생량이 12,414m³인 점을 고려하여 600mm 플라스틱관으로 전용오수관로를 신축하는 것이 적합한 것으로 판단하였다. 이에 따라 플라스틱 하수관의 내용연수 20년을 기준으로 비용편익분석을 수행한 결과, 회수기간은 6.20년, 순현재가치(NPV)는 약 61.7억 원이 발생하며, B/C 비율은 1.93인 것으로 나타났다. 따라서 롯데월드타워의 경우, 정화조를 설치하는 것보다는 전용오수관로를 신축하는 것이 경제적 타당성이 있는 것으로 나타났다. 비용편익분석과정에서 전용오수관로 설치 시 나타날 수 있는 악취감소에 따른 편익을 고려하지 않았으므로, 이러한 악취감소 편익을 추가적으로 고려할 경우 더욱 높은 경제성을 보여줄 것으로 예상된다.

본 연구의 결과는 향후 정화조 폐쇄와 대형 건축물 신축 시 전용오수관로 건설에 대한 타당성을 검토할 때 적용할 수 있는 유용한 지침을 제공해 줄 것으로 보인다.

그리고 향후에는 비용과 편익 항목에 대한 추가적인 검토가 필요하다. 예를 들어, 원인자부담금의 부담여부에 대한 타당성 검토와 전용오수관로 관리에 대한 책임 부담여부, 악취감소에 따른 경제적 효익 등을 비용편익분석 모형에 추가적으로 포함시켜 분석함으로써 본 연구를 확장시킬 수 있을 것이다.

REFERENCE

- [1] The Ministry of Environment. (2007). *A study on improvement of sewerage system standards and maintenance standard in sorted sewage system*. Report of The Ministry of Environment.
- [2] I. J. Jeon & K. K. Kim. (2018). The development of remote monitoring system for storm overflow chamber device. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(6), 61-68.
- [3] The National Law Information Center. (2018). *Sewerage Act enforcement ordinance*. No.24. <http://www.law.go.kr>.
- [4] J. I. Cho. (2018). Development of optimum system for reduction of sewage odor in urban area. *KOFST Issue Paper*, 49, 70-77.
- [5] Water Circulation Safety Bureau. (2017). *Sewer maintenance basic plan in Seoul from 2000 to 2030*. Report of Seoul, Korea.
- [6] D. Y. Kim. (2017). *An introduction to cost -benefit analysis*. 17-15-1. Issue Paper of legislation assessment. Korea Legislation Research Institute.
- [7] H. W. Ryu. (2018). The present condition of malodorant gases. *KOFST Issue Paper*, 49, 65-70.
- [8] S. J. Park. (2017). A study on improvement of feasibility evaluation for public projects. *Journal of the Korea Convergence Society* 8(2), 163-168.
- [9] The Ministry of Environment. (2003). *Instruction for cost-benefit analysis of environmental policy*. Report of The Ministry of Environment.
- [10] S. M. Han. (2015). *The Theory and Practice of Cost-Benefit Analysis*. Announcement paper. Public Investment Management Center of KDI.
- [11] The Ministry of Environment. (2018). *The practice tips for organization and enforcement of subsidy in sewer sector*. Report of The Ministry of Environment.
- [12] The Ministry of Environment. (2015). *The calculating method for sewage flow rate and the processing capacity of septic tank*. No. 2015-133. Announcement of the Ministry of Environment.
- [13] The Ministry of Environment. (2011). *Sewer facilities standards*. Report of Korean Water and Wastewater Association.
- [14] The Ministry of Environment. (2011). *The study of projected cost for sewage treatment plants*. Report of Korea Environment corporation.
- [15] Yeongyang Country Office. (2015). *The master plan for maintenance and improvement of sewage system*. Report of Yeongyang-Gun.
- [16] The Ministry of Environment. (2008). *The Study of economic evaluation in planning of sewage system*. Report of The Ministry of Environment.

[17] S. S. Kim. (2019.03.06.). Newspim, Real estate.
http://www.newspim.com/news/view/20190_0306000379.

오 현 택(Oh, Hyun Taek) [정회원]



- 1987년 8월 : 연세대학교 경영학과 (경영학석사)
- 1992년 2월 : 연세대학교 경영학과 (경영학박사)
- 1997년 9월 ~ 현재 : 청주대학교 회계학과 교수
- 관심분야 : 재무회계, 정부회계, 회계감사, 세법

· E-Mail : oht0452@cju.ac.kr

김 성 태(Kim, Sung Tai) [정회원]



- 1978년 2월 : 성균관대학교 경제학과 (경제학사)
- 1987년 6월 : University of California, San Diego (경제학박사)
- 1989년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 경제학과 교수
- 관심분야 : 재정학, 응용경제학

· E-Mail : stkim@cju.ac.kr

임 병 인(Lim, Byung In) [정회원]



- 1985년 2월 : 성균관대학교 경제학과 (경제학사)
- 2000년 2월 : 성균관대학교 대학원 (경제학박사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 경제학과 교수
- 관심분야 : 재정학, 보험경제학, 환경경제학

· E-Mail : billforest22@gmail.com

강 병 준(Kang, Byong Jun) [정회원]



- 2008년 2월 : 서남대학교 환경화학공학과(공학석사)
- 2016년 2월 : 중앙대학교 토목공학과(공학박사)
- 2016년 2월 ~ 현재 : 중앙대학교 산학협력단 선임연구원
- 관심분야 : 하수도, 자산관리, Smart water

· E-Mail : iglgl@cau.ac.kr

박 규 홍(Park, Kyoo Hong) [정회원]



- 1986년 2월 : 연세대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1993년 1월 : Northwestern University 환경공학과 (공학박사)
- 1993년 9월 ~ 현재 : 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수
- 관심분야 : 하수도, 도시물순환, 자산관리

· E-Mail : kpark@cau.ac.kr