

대형건축물의 유출지하수 활용을 위한 평가 프로세스구축에 관한 연구

A Study on the Evaluation Process Development for the Use of Outflowing Groundwater in Large-Scale Buildings

김 재 엽* 이 동 진**
Kim, Jae-Yeob Lee, Dong-Jin

Abstract

Recently, as a countermeasure to the buoyancy of a building, the use of permanent drainage methods have been on the increase, and these provide benefits both in terms of economical feasibility and efficiency. When a permanent drainage method is applied, some underground water can drain out. Korea has been designated by PAI (Population Action International) as a water-stressed country, and the use of outflowing groundwater is required for the efficient oversight of water resources. However, the evaluation process on the practical use of underground water is currently insufficient. Therefore, the amount of outflowing groundwater put to practical use and the standard for the water quality were examined in this research, with the aim of establishing an appraisal process on the practical use of underground water drainage. In addition, standards for the assessment of the treatment process and the application cost of underground water drainage were developed. On this basis, an evaluation process on the use of outflowing groundwater was developed and applied in the field. The application result proved that it was possible to assess the initial investment cost and the maintenance and management cost in the field, and these can be compared to the costs when supplied water is used, which makes it possible to apply in the field.

Keywords : Outflowing groundwater, Permanent drainage method, Evaluation process

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

최근 들어 많은 건축물들이 대형화 되어가는 추세에 있으며 지하층의 깊이 또한 증가하고 있다. 이러한 경우, 건축물은 지하에 존재하는 지하수위로 인해 상당히 큰 부력을 받게 되며, 이는 건축물의 내외적 안전에 중요한 요소로 작용하게 된다. 이러한 부력에 대한 대응방법으로 여러 방법이 있으나, 최근에는 경제성 및 효율성 측면에서 영구배수공법의 사용이 증가하고 있다. 영구배수공법은 건축물에 접하는 지하수를 외부로 배수시켜 건축물에 작용하는 부력을 근본적으로 제거하는 방법으로 영구배수공법의 사용 시 유출지하수가 발생하게 된다.

또한 우리나라는 국제인구행동연구소(PAI)에서 지정한 물 부족 국가로 효율적인 수자원 관리를 위하여 유출지하수의 활용이 요구되고 있지만 유출지하수의 활용사례나 활용에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수자원의 낭비를 막고 보다 효율적으로 자원을 활용하고자 하는 방안으로 대형건축물의 현장단위에서 유출되는 지하수의 활용여부를 결정할 수 있는 평가 프로세스를 구축하는 것을 목적으로 하였다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 유출지하수의 경제적인 활용을 위하여 최소한의 수처리 과정을 거치도록 유출지하수의 활용용도를 중수적합용도로 한정하였다.

유출지하수의 처리공정은 전문가의 의견을 토대로 우수한 표준 처리공정을 참고하여 과정을 최소화 하였다. 활용비용 산정은 수처리 설비업체 및 영구배수공법 시공업체에서 일반적으로 사용하고 있는 비용을 기준으로 산출하였다. 이를 바탕으로 평가프로세스를 구축하였다.

또한 평가 프로세스를 구축한 후 현장에서의 활용가능 여부를 판단하기 위해 7개 현장에 적용하여 경제성을 분석하였다.

* 충주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
** 충주대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자(gjdj1@naver.com)

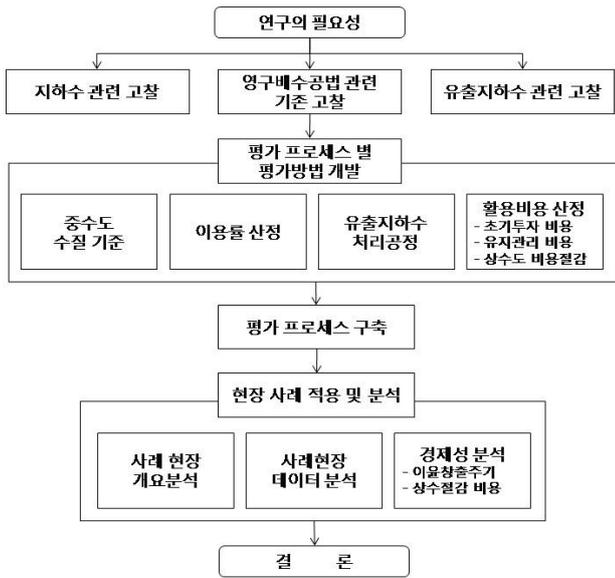


그림 1. 연구 절차

2. 영구배수공법 및 유출지하수 고찰

2.1 지하수의 영향 및 건축물 부력방지 공법

지반 굴착공사는 물론이고 건축물 유지관리 중에도 지하수처리는 매우 중요하며, 지하수처리를 잘못하였을 경우 굴착공사 중 지하수위 저하와 인접건물, 지하매설물 및 도로 침하, 기초지반의 교란에 따른 지내력 감소, 지하 건축물의 부상, 구조적 균열, 누수로 인한 철근 및 콘크리트 부식, 구조물의 이동과 침하 등의 문제가 발생한다.

따라서 지하구조물 건설을 계획할 경우 굴착 공사 시는 물론이고 건축물이 완공된 이후에도 지하수와 관련된 문제가 발생되지 않도록 지하수와 주변 환경에 대해 철저히 검토하여 지하수 처리 대책을 세워야 한다. 이러한 문제점을 방지하기 위하여 다음 그림 2와 같은 공법을 사용하게 된다.

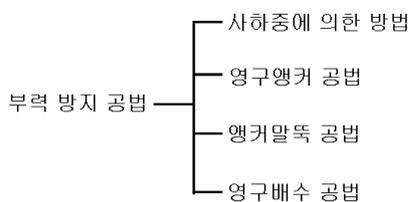


그림 2. 부력방지의 종류

2.2 영구배수공법

2.2.1 영구배수공법의 특성

영구배수공법의 대표적인 방법으로 전단면 자갈포설형식, 부분트렌치(Trench), 배수재에 의한 형식으로 나눌 수 있다.

다음 표 1)과 같이 전단면 자갈포설 형식과 부분트렌치 형식은 시공조건, 시공성, 경제성에서 공사 기간이 지연되며 관리가 어려워 현재는 거의 사용되지 않는다.

표 1. 주요 영구배수공법 비교

구분	전단면 자갈포설 형식	부분트렌치형식	배수재에 의한 형식
공법 개요	굴착완료 후 전단면 자갈(쇄석)을 포설하고 자갈층 내에 설치한 공관으로 배수	굴착후 기초지반에 트렌치를 굴착하고 트렌치내에 다발관 및 자갈(쇄석)을 포설하여 주배수로 설치	굴착완료 후 버림 콘크리트내에 설치한 드레인 보드로 집수 및 유도배수 시킨 후 배수재에 의한 배수
시공 조건	기초지반 하부 전단면을 일정한 깊이로 굴착	최종 굴착면 하부에 트렌치 굴착	기초시공기준면을 굴착하지 않고 직접 시공
시공성	암반기초 지반 굴착 과다에 따른 시공성 저하 및 토공량 증가	트렌치가 기초와 간섭될 경우 지내력 저하	트렌치를 굴착하지 않기 때문에 굴착공정 생략
경제성	하	중	상

2.2.2 영구배수공법 현황 및 적용 실태

본 연구를 위하여 45개 현장 자료를 수집분석하였다. 그 중 부력방지대책에 대한 자료를 분석한 결과 그림 3과 같이 45개 현장 중 영구배수공법을 적용한 현장이 40개 현장, 영구앵커공법을 적용한 현장이 5개 현장으로 나타났다. 이와 같이 영구앵커공법보다 영구배수공법이 많이 사용되는 이유는 영구앵커공법의 경우 단위면적당 공사기간이 영구배수공법보다 많이 소요되며, 앵커체 부식 및 긴장력의 변화에 따른 하자발생의 여지가 있기 때문으로 사료된다.

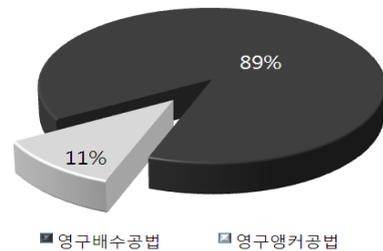


그림 3. 부력방지 공법 적용 현황

영구배수 공법의 공법별 적용 실태는 부력방지대책을 적용한 45개 현장을 방문하여 얻은 자료 중 영구배수공법의 종류에 대한 자료를 정리한 결과 그림 4와 같이 나타났다. 32개 현장 중 PDD판 + 판형 배수재(Drain board)공법을 적용한 현장은 21개 현장으로

1) 대한토목학회 토목기술강좌(Ⅱ), 제4권 제1호, pp.437~488, 1999

가장 많았고, 판형 배수재 공법은 6개 현장, DCS(Dual Chamber System)공법은 3개 현장, 망상배수공법(Network Drainage System)과 양면 판형 배수재(Public Drain board) + 집수 배수(Hall Drain)공법을 적용한 현장은 각각 1개의 현장이다.

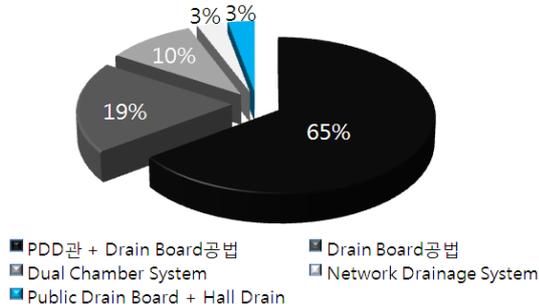


그림 4. 공법별 적용 실태

판형 배수재 공법은 옹벽 및 구조물에 설치하여 물을 배수관 또는 양수관으로 흐르게 하는 배수시스템으로 구조물에 증가하는 수압을 감소시켜 누수로 인한 손상을 감소시켜주고, 지반 안정을 도모해 주는 반영구적인 배수공법이다. 또한 PDD공법은 판형 배수재를 통해 집수하고, 집수와 배수 역할을 동시에 하는 이중의 PDD관을 통해 집수정도로 신속하게 배수시킬 수 있기 때문에 매트기초 또는 기초 바닥 슬래브에 영구적으로 작용하는 양압력을 가장 효율적으로 배제하는 영구배수공법이다.

2.3 유출지하수

2.3.1 유출지하수 처리 실태

조사된 45개의 자료 중 11개 자료에서 유출지하수 처리실태를 확인할 수 있었다. 그러나 11개 현장 중 유출지하수를 활용하는 현장은 1개의 현장에 불과했다.

지하수법으로 유출지하수 감소대책 수립·시행과 유출지하수 이용계획을 고시하고, 건축허가 단계에서 담당공무원에 따라 요구되는 경우도 있으나 대부분은 강요되지 않고 있는 실정이다. 이는 건축주, 시공사의 입장에서 비용문제(초기투자비용 및 유지관리비용)때문에 꺼리고 있기 때문이다. 그러나 건축 허가 시 친환경 점수를 70점 이상 획득해야 하지만 지하수를 활용할 경우 친환경 점수 3점을 부여한다.

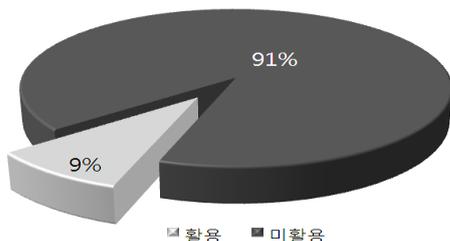


그림 5. 유출지하수 처리 실태

2.3.2 지하수법 시행규칙

- 1) 법 제9조의2제1항에서 "건설교통부령이 정하는 규모 이상의 건축물"이라 함은 특별시 또는 광역시에 건설하는 건축물로서 그 층수가 21층 이상이거나 연면적이 10만제곱미터 이상인 건축물을 말한다.
- 2) 법 제9조의2제2항에서 "건설교통부령이 정하는 규모"라 함은 다음 각 호의 구분에 의한 지하수 유출량의 규모를 말한다.
 - ① 지하철 역사 1개소 : 1일 300톤
 - ② 터널 1개소 : 1일 300톤
 - ③ 제1항의 규정에 의한 건축물 1동 : 1일 30톤
- 3) 법 제9조의2제2항의 규정에 의하여 유출지하수의 이용계획을 수립하여 신고하고자 하는 자는 별지 제12호의2서식의 유출지하수이용계획신고서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 시장·군수에게 제출하여야 한다.2)

3. 유출지하수 활용 프로세스별 평가방법

3.1 활용 가능한 유출지하수의 수질기준

유출지하수의 활용용도는 하수도법 시행규칙에 따라 중수도를 설치관리하는 자는 중수도의 수질을 수질기준에 맞도록 유지관리하여야 한다. 따라서 중수적합용도로 한정 하였으며, 다음 표 2³⁾는 유출지하수의 활용 가능한 수질기준으로 나타낸 것이다.

표 2. 중수도의 수질 기준

구분	수세식 화장실용수	살수용수	조경용수	세차청소용수
대장균 군수	불검출/100mL	불검출/100mL	불검출/100mL	불검출/100mL
전류염소 (결합)	0.2mg/L 이상 일것	0.2mg/L 이상 일것	-	0.2mg/L 이상 일것
외관	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것			
탁도	2NTU를 넘지 아니할 것			
생화학학적산소요구량 (BOD)	10mg/L를 넘지 아니할 것			
냄새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것			
pH	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5
색도	20도를 넘지 아니할 것	-	-	20도를 넘지 아니할 것
화학적 산소요구량 (COD, Mn기준)	0.2mg/L를 넘지 아니할 것			

- 2) 지하수법 시행규칙 제9조의2(유출지하수의 이용)
- 3) 수도법 시행규칙 제4조 관련 별표 1

3.2 유출지하수 이용률 산정

유출지하수의 경우 수질을 음용수 기준에 부합시키기 위해 고도처리 과정까지 거칠 경우 경제성 측면에서 불리해지게 된다. 따라서 처리과정을 최소화 할 수 있도록 중수적합 용도 범위 내에서 사용하는 것으로 하였으며, 이는 표 3⁴⁾과 같다. 중수적합용도로 가정용이 약 30%, 업무용이 61%, 상업용은 28%로 나타났다.

표 3. 세부 용도별 사용수량

구분	사용수량 비율(%)								합계
	중수 부적합 용도					중수 적합 용도			
	목욕	세면	세탁	주방	기타	화장실(세척)	청소, 살수, 세차	소계	
가정용	14	10	20	20	6	27	3	30	100
업무용	-	5	-	18	16	50	11	61	100
상업용	72					25	3	28	100

3.3 유출지하수 처리공정

유출지하수의 수질이 부적합한 경우 복잡한 처리과정으로 인하여 경제적이지 못하므로 최소한의 과정으로 처리하는 것이 좋다. 또한 수질이 중수도의 수질에 어느 정도 부합하더라도 함유하고 있는 부유물의 제거가 필요하다. 이를 위하여 전문가와의 면담과 우수의 표준처리 공정을 참고하여 다음 표 4와 같이 유출지하수 처리공정을 최소화했다. 처리방법은 저류조, 침전조여과, 염소소독으로 분류했으며, 이는 위의 표 3의 중수적합용도 범위 내에서 사용하는 것으로 구축하였기 때문에 가장 최소한의 처리 공정으로 산출하였다.

표 4. 유출지하수 처리 공정

구분	저류	후처리	
정의	사용하기 위하여 저류함	단시간의 중력침전으로 제거되지 않은 물질을 제거하고 위생상으로 안전한 수질이 되게 함	
제거물질	-	실트, 점토	대장균
제거입자경(mm)	-	< 0.074	-
처리법	저류조	침전조 여과	염소소독

3.4 유출지하수 처리공정에 의한 활용비용 산정

3.4.1 초기투자비용

초기투자비용은 수처리 설비 시공업체 및 영구배수공법 시공업체에서 일반적으로 사용하고 있는 비용을 기준으로 다음 표 5과 같이 산출하였다. 각 용량에 맞는 설치비용으로 초기 설치비용이 10m²는 400만원, 20m²는 500만원, 30m²는 600만원, 40m²는

700만원, 50m²는 800만원으로 나타났다. 또한 펌프가격은 용량과 관계없이 비처리는 100만원, 침전조여과는 200만원, 침전조여과 + 소독조는 300만원으로 일정하며, 여과기는 침전조여과와 침전조여과 + 소독조에서만 추가된다.

표 5. 초기투자비용

용량(m ²)	설치비용(천원)	펌프(천원)	여과기(천원)	합계(천원)	
10	4,000	비처리	1,000	-	5,000
		침전조여과	2,000	1,300	7,300
		침전조여과+소독조	3,000	1,300	8,300
20	5,000	비처리	1,000	-	6,000
		침전조여과	2,000	1,300	8,300
		침전조여과+소독조	3,000	1,300	9,300
30	6,000	비처리	1,000	-	7,000
		침전조여과	2,000	1,300	9,300
		침전조여과+소독조	3,000	1,300	10,300
40	7,000	비처리	1,000	-	8,000
		침전조여과	2,000	1,300	10,300
		침전조여과+소독조	3,000	1,300	11,300
50	8,000	비처리	1,000	-	9,000
		침전조여과	2,000	1,300	11,300
		침전조여과+소독조	3,000	1,300	12,300

3.4.2 유지관리비용

유지관리비용은 다음 표 6과 같이 펌프 교체주기는 10년이며, 여과기 필터의 경우 카본필터를 기준으로 교체비를 산출하였다. 또한 염소소독제는 중수도 수질기준에서 제시한 잔류염소량 0.2mg/L를 기준으로 산출하였다.

펌프 교체비는 10년 기준 100만원으로 산출하였고, 필터 교체비는 연간 20만원으로 산출하였다. 전기요금은 일반용전력(갑)을 기준으로 고압A를 적용하여 한전사이버에서 제공하고 있는 계약종별 전기요금에 따라 계상되었다. 염소 소독제는 침전조여과 + 소독조의 산출 시에 추가로 들어가는 비용이다.

표 6. 유지관리비용

펌프 교체비(원/연간)	필터 교체비(원/연간)	전기요금	하수도세(원/m ³)	염소소독제(원/m ³)
100,000	200,000	수량에 따라 상이. 단, 일반용전력 '갑' 고압A 적용	170	30

3.4.3 상수도 사용요금

상수도 사용요금 중 유출지하수와 비교기준은 상수도 사용요금, 하수도사용요금과 물이용 부담금의 합으로 하였으며, 물이용 부담금은 업종에 관계없이 1m³당 160원이며 상수도 사용요금과 하수도 사용요금은 각각 다음 표 7⁵⁾, 8⁶⁾과 같다.

4) 건설교통부, 중수도 기술개발 연구, 1994

표 7. 상수도 사용요금

업종	사용구분(㎡)	㎡당 단가(원)
가정용	0 ~ 30이하	320
	30초과 ~ 40이하	510
	40초과 ~ 50이하	570
	50초과	790
업무용	0 ~ 50이하	470
	50초과 ~ 300이하	600
	300초과	680
영업용	0 ~ 100이하	800
	100초과 ~ 200이하	900
	200초과 ~ 1,000이하	1,100
	1,000초과	1,260
대중목욕탕	0 ~ 500이하	270
	500초과 ~ 2,000이하	320
	2,000초과	430

표 8. 하수도 사용요금

업종	사용구분(㎡)	㎡당 단가(원)
가정용	0 ~ 30이하	160
	30초과 ~ 50이하	380
	50초과	580
업무용	0 ~ 50이하	260
	50초과 ~ 300이하	390
	300초과	440
영업용	0 ~ 30이하	170
	30초과 ~ 50이하	410
	50초과 ~ 100이하	650
	100초과 ~ 200이하	790
	200초과 ~ 1,000이하	850
	1,000초과	880
대중목욕탕	0 ~ 500이하	180
	500초과 ~ 2,000이하	220
	2,000초과	250

4. 평가 프로세스 구축 및 사례연구

4.1 평가 프로세스 구축

활용 프로세스별 평가방법을 토대로 다음 그림 6과 같이 플로 우차트의 형태로 평가 프로세스를 구축하였다. 모든 과정이 만족 할 경우 전문가 회의를 거쳐 최종적으로 유출지하수 활용에 대한 여부를 결정하게 된다.

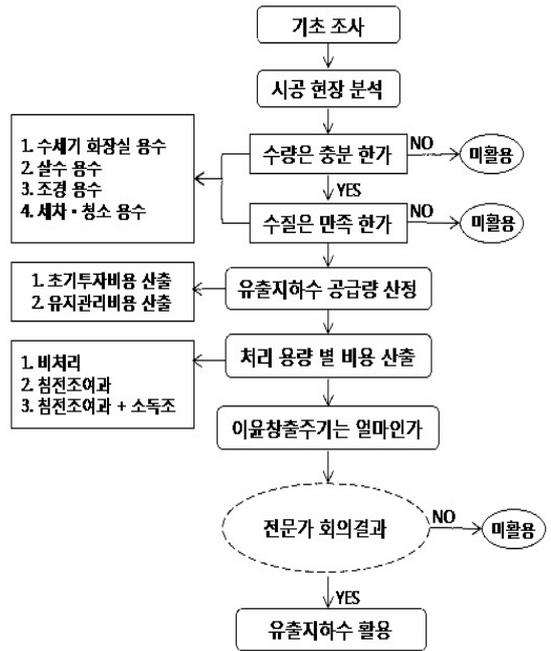


그림 6. 유출지하수 활용에 대한 평가 프로세스

4.2. 사례연구를 위한 자료 분석

4.2.1 사례개요

사례현장 개요는 다음 표 9와 같이 설비 시공업체와 영구배수 공법 시공업체의 데이터를 통해 7개 현장의 사례 조사를 실시하였다. 사용인원에 따른 필요수량을 (식1)을 이용하여 산출하였다. 1인 1일 평균 사용수량은 공동주택의 경우 160~250ℓ /day의 중간 값인 200ℓ /day을 적용하여 산출하였다. 필요중수수량은 3.2 유출지하수 이용률 산정에서 가정용을 기준으로 산출하였다.

$$Q_d = N \times q \quad (식1)^7$$

Q_d : 1일 급수량 [l/d]

N : 급수대상인원 [명]

q : 건물 종류별 1일 1인당 사용 수량 [l/d · c]

표 9. 사례현장 개요

항목	유출 수량 (㎡/day)	세대수	사용인원 (4인기준)	필요수량 (㎡/day)	필요중수 수량 (㎡/day)
A	84	497	1,988	397.6	119.3
B	298	951	3,804	760.8	228.2
C	596	652	2,608	521.6	156.5
D	370	706	2,824	564.8	169.4
E	534	620	2,480	496	148.8
F	688	567	2,268	453.6	136.1
G	563	931	3,724	744.8	223.4

5) 서울시 상수도 사업본부(<http://arisu.seoul.go.kr/>)

6) 서울시 상수도 사업본부(<http://arisu.seoul.go.kr/>)

7) 남재성 외, 건축설비, 도서출판 서우, pp.87, 2007.3

4.2.2 사례현장 데이터 분석

7개 현장의 수량에 따라 달라지는 항목에 대하여 대상 현장에 적용한 결과 다음 표 10과 같이 나타났다. 각 현장의 용량을 고려하여 펌프 제원에 따른 토출량을 산출하였다. 또한 토출량과 유출수량으로 펌프 1일 가동시간을 산출하였다. 펌프출력은 각 현장에 사례에 적합한 펌프를 적용하여 펌프출력을 산출하였다.

표 10. 사례현장 데이터 분석

항목	수처리 용량(m³)	유출수량 (m³/day)	토출량 (m³/hr)	펌프 출력 (Kw)	펌프 가동시간 (hr/day)
A	14	84	6.3	2.2	5.1
B	33	298	9.1	3.9	5.4
C	32	596	9.8	4.2	7.0
D	20	370	8.4	3.6	5.7
E	22	534	9.8	4.2	7.2
F	25	688	7.7	3.8	6.6
G	44	563	10.8	4.8	5.9

산출된 펌프 가동 시간을 토대로 전기사용료를 산출하였다. 산출방법은 한전 사이버의 전기요금 계산 프로그램을 사용하였으며, 사용기간은 월별 1일부터 30일까지 사용하는 것으로 하였다.

전기사용료는 매월의 사용료를 합산하여 1년 주기로 산출하였다. 그 결과 표 11과 같이 나타났다. 수처리 용량과 펌프가동시간이 가장 적은 A현장의 사용료가 약 17만원으로 가장 적게 나타난 반면, 수처리 용량이 가장 높은 G현장은 약 43만원으로 가장 높게 나타났다.

표 11. 펌프가동시간 연간 전기사용료 분석(천원)

	1년	2년	4년	6년	8년	10년
A	169	339	679	1,019	1,359	1,699
B	237	475	951	1,428	1,903	2,379
C	347	695	1,391	2,086	3,782	3,477
D	342	685	1,371	2,056	2,742	3,428
E	347	695	1,391	2,086	3,782	3,477
F	345	690	1,380	2,040	2,760	3,450
G	429	859	1,719	2,578	3,438	4,298

4.3 경제성 분석

4.3.1 유출지하수/상수도 사용요금 비교

7개의 현장의 유출지하수 사용 시와 상수사용 시와의 10년간의 사용요금을 분석한 결과 그림 7과 같이 나타났다. 유출지하수의 사용요금은 초기투자비용과 유지관리비용의 합계로 산정하였고, 상수도 사용요금은 상·하수도 처리비용과 물이용 부담금의 합

으로 산정하였다. 초기투자비용은 수처리시설 설치비와 펌프 설치비의 합으로 산정하였으며, 각 현장의 수처리 용량의 조건에 맞는 값을 적용하였다. 유지관리비용은 각 현장의 전기사용료, 펌프 및 필터 교체비, 염소소독제 등의 값을 합산한 것이다.

상수도와 유출지하수의 10년간의 사용요금을 비교해 본 결과 상수도의 사용요금이 더 많은 것으로 나타났다. 특히 B현장의 상수도 사용요금은 유출지하수 중 처리비용이 가장 높은 침전조여과+소독조보다 약 27만원 높은 것으로 나타났다.

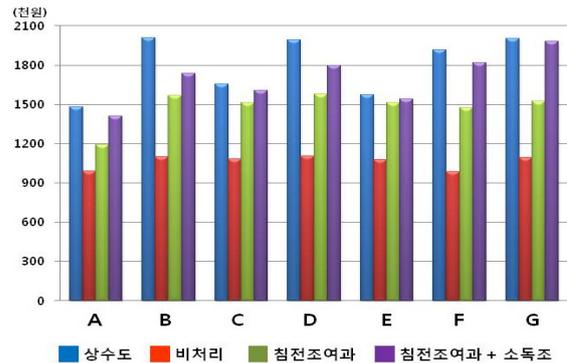


그림 7. 10년간 상수도 및 중수도 사용요금(천원)

4.3.2 이윤창출주기

산출된 값을 토대로 초기투자비와 연간 이윤창출을 위한 비용을 표 12와 같이 나타냈고, 상수도 값은 연간 기준으로 정하였다. 7개의 현장 중 수처리 용량이 가장 높은 G현장의 비용절감산출주기가 0.4년으로 가장 짧게 나타났다. 이윤창출주기는 최소 0.4년에서 최대 3.9년으로 수처리 용량이 많을수록, 수처리 공정이 단 순할수록 주기가 단축되는 것으로 나타났다.

표 12. 연간 이윤창출주기

구분	비처리	침전조여과	침전조여과 + 소독조
A	0.6	0.8	3.7
B	0.5	0.8	1.9
C	0.7	1.8	3.8
D	0.6	0.8	3.8
E	0.8	1.9	3.9
F	0.5	0.8	1.9
G	0.4	0.7	1.8

4.3.3 상수절감 비용

펌프의 교체 주기인 10년을 기준으로 상수절감비용을 산출한 결과 표 13과 같이 최소 약 20만원에서 최대 약 9백만원으로 나타남으로서 대형건축물의 유출지하수 활용 가능성은 매우 큰 것으로 나타났다.

표 13. 10년간 상수절감비용(천원)

	비처리	침전조여과	침전조여과 + 소독조
A	4,896.8	2,897.9	689.7
B	9,106.5	4,426.7	2,761.1
C	5,707.1	1,091.8	268.1
D	8,870.3	4,142.3	1,326.6
E	4,984.7	665.4	250.4
F	9,184.1	4,433.9	983.6
G	9,123.5	4,825.5	242.6

5. 결 론

본 연구에서는 유출되는 지하수의 활용 여부를 결정할 수 있는 평가 프로세스를 구축하였다. 이를 위해 유출지하수의 활용용도를 중수적합용도로 한정하고, 활용 프로세스별 평가방법으로 수량과 수질기준을 조사하였다. 또한 수처리 공정과 비용 산정기준을 개발하였다. 이를 토대로 플로차트의 형태로 평가 프로세스를 구축하고 현장에서의 활용 가능 여부를 판단하기 위해 7개의 현장사례에 적용하여 경제성 분석을 하였다.

그 결과 연간 이윤창출비용은 최소 0.4년에서 최대 3.9년으로 나타났으며 이는 유출수량이 많을수록, 수처리 공정이 단순할수록 주기가 단축되는 것으로 나타났다. 또한 현장사례의 데이터를 통해 상수절감비용을 산출해 본 결과 10년간(펌프 교체기간이 10년에 1회) 상수절감비용이 최소 약 20만원에서 최대 약 9백만원으로 건축물의 유출지하수 활용 가능성은 매우 큰 것으로 나타났다.

이를 통하여 본 연구의 평가 프로세스로 유출지하수의 활용에 대한 평가가 가능하여, 건축물에서의 유출지하수 활용에 대한 평가기준으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 이러한 연구 결과는 수처리 설비업체 및 영구배수공법

업체의 데이터를 기준으로 한 것이기 때문에 현장 적용 시의 조건 변화에 따라 분석이 달라질 것으로 예상된다. 또한 경제성 분석 시 친환경 인증점수 등 정성적 항목에 대한 부분이 고려되지 않아, 향후 실제 현장에 적용을 위해서는 유출지하수 활용에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 중수도 기술개발 연구, 1994
2. 공영효 외1인, 택지지구 소요 중수량의 통계적 산정 및 광역 중수도 경제성 분석, 대한건축학회 논문집(계획계), pp.227~234, 2004.7
3. 김갑수, 중수도 기술 및 관리, 한국그린빌딩협의회, 그린빌딩 한국그린빌딩협의회지, pp.18~25, 2002.1
4. 김이호 외5인, 대형시설물 유출지하수 수처리 및 활용 연구, 건설기술연구원, 2001.7
5. 나옥호 외3인, 대구시 하수종류에 따른 하수처리장 운전상태 및 중수도 시설 도입 방안에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(계획계), pp.861~864, 2003.10
6. 남재성 외, 건축설비, 도서출판 서우, pp.87, 2007.3
7. 대한토목학회 토목기술강좌(II), 제4권 제1호, pp.437~488, 1999
8. 박근우 외2인, 유출지하수 열원 지열히트펌프의 냉난방 성능 분석에 관한 연구, 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, pp434~441, 2007.2
9. 서울시 상수도 사업본부(<http://arisu.seoul.go.kr/>)
10. 염병우 외11인, 대형시설물 등의 유출 지하수자원 활용방안 연구, 건설교통부 한국건설교통기술평가원, 2002.9
11. 이철, 지하구조물 공사 중 부력의 검토와 대책, 대림기술정보, pp.72~75, 2000
12. 전수월, 위락시설의 중수도 경제성분석 및 활성화 방안 연구, 한경대 산업대학원 석사학위논문, 2006.2

(접수 2010.4.30, 심사 2010.5.26, 게재확정 2010.6.2)

요 약

현재 건물 부력에 대한 보호조치로 경제성 및 효율성 측면을 고려하여 영구배수 공법의 사용이 증가하고 있다. 영구배수공법은 건축물에 접하는 지하수를 외부로 배수시켜 건축물에 작용하는 부력을 근본적으로 제거하는 공법으로, 영구배수공법 사용 시 유출지하수가 발생하게 된다. 또한 우리나라는 국제인구행동연구소(PAI)에서 지정한 물 부족 국가로 지정되어 유출지하수의 활용이 요구되고 있지만 이에 대한 평가프로세스가 아직 충분하지 않다. 따라서 본 연구는 현장 적용 사례를 통해 현장 단위에서 유출되는 지하수의 활용여부를 결정할 수 있는 평가 프로세스를 구축하고 경제성을 분석하였다. 그 결과 상수도과 비교한 10년간 상수절감 비용을 통해 유출지하수의 활용이 가능한 것으로 나타났다.

키워드 : 영구배수공법, 유출지하수, 평가프로세스