전략적 자산관리를 위한 시나리오기반 정수장 LCC 분석

Scenario-Based Water Purification Plant LCC Analysis for Strategic Asset Management

이찬욱* · 유도근**

Lee, Chan Wook*, and Yoo, Do Guen**

Abstract

Recently, strategic asset management (SAM) for water infrastructure has emerged in Korea and abroad. Strategic asset management requires measures to predict the costs that may occur during a facility's life cycle, addressing them with minimal maintenance costs through timely budget injections. In this study, life cycle cost (LCC) analysis was performed by setting up scenarios for maintenance costs and analysis period changes that may occur during a facility's life cycle by dividing water purification facilities into 13 sections and 42 divisions. As a result of the application of the scenario, the maintenance costs incurred by the filtering facility were maximized. In addition, as the initial repair time for each water treatment facility was advanced, maintenance costs increased from a section perspective, but items decreased from a detailed perspective. Therefore, it is deemed necessary to adjust the appropriate timing of repair and replacement processes to develop strategic asset management measures in the future.

Key words : Life Cycle Cost, Asset management, Water Purification Facility

요 지

최근 국내외에서는 물 인프라에 대한 전략적 자산관리(Strategic Asset Management, SAM)의 중요성이 대두되고 있다. 전략적 자산관리를 위해서는 시설물의 생애주기 동안 발생할 수 있는 비용을 미리 예측하고 적시적인 예산 투입을 통해 최소의 유지관리비용으로 처리할 수 있는 대응책이 필요하다. 본 연구에서는 정수시설을 13개의 대분류, 42개의 중분류로 구분하여 생애주기 동안 발생 할 수 있는 유지관리 비용에 대한 시나리오와 분석기간 변동에 따른 시나리오를 수립하여 LCC분석을 수행하였다. 시나리오 적용 결과 여과설비에서 발생하는 유지관리 비용이 가장 많이 발생하였다. 또한, 정수시설물별 최초 보수시기를 앞당김에 따라 대분류관점에서는 유지관리비용이 증대 되었으나 세부적인 관점에서는 오히려 감소되는 항목도 발생하였다. 따라서 향후 전략적 자산관리 대책 수립을 위해서는 적절한 보수 및 교체시기의 조정이 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 생애주기비용, 자산관리, 정수시설

1. 서 론

우리나라 상수도는 1908년 뚝도정수장을 신설하여 서울 사대문 안과 용산 일대에 하루 $12,500 m^3$ 의 수돗물을 공급하기 시작하였다. 이후 1960년대 이후로 경제발전과 함께 지속적인 양적 확대가 이루어져 왔으며 최근에는 도시지역 뿐만 아니라 농어촌 지역까지 상수도 보급이 확대되며 2014년 기준 98.6%

의 국민이 물 공급의 혜택을 받고 있다. 이처럼 과거에는 국내 상수도 시스템은 지속적인 양적 발전의 비중이 높았으나 점차 운영관리 시설개량 등의 비중이 확대되고 있다.

우리나라의 상수관로 중 매설 후 21년 이상된 관은 32.4%가 되었으며, 정수시설 역시 20년 이상된 정수장이 전체(486개소)의 59% (286개소)를 차지(ME, 2016)할 정도로 노후화에 대비한 개선이 필요한 실정이다. 시설물의 노후화에 따른

*정회원, 수원대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail: skyblue985@naver.com)

Member, Master's course, Department of Civil Engineering, The University of Suwon

**교신저자, 정회원, 수원대학교 공과대학 토목공학과 조교수(Tel: +82-31-229-8676, Fax: +82-31-220-2522, E-mail: dgyoo411@suwon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, The University of Suwon

적시적인 개량 및 유지 보강의 투자가 이뤄지지 않는다면 해당하는 비용은 기하급수적으로 증가됨으로 효율적인 시설물에 대한 관리가 필요한 시점이다. 국의 선진국의 경우 이러한 시설물의 노후화를 국내에 비해 먼저 겪게 됨에 따라 상수도시설을 최적 운영 및 관리가 필요한 사회기반시설물로 고려하기 시작하였으며, 생애주기비용(Life Cycle Cost, 이하 LCC)개념을 적용한 자산관리시스템을 도입하고 있다. 이러한 관점에서 최근 국내외에서는 물 인프라에 대한 전략적 자산관리(Strategic Asset Management, SAM)의 중요성이 대두되고 있다. National Asset Management Steering Group (2000), U.S. EPA (2002), WRF (2007)는 최적의 자산관리란 비용을 최소화 및 최적의 서비스수준을 제공하기 위한 목적으로 다양한 물리적 자산에 대한 관리, 재무, 경제, 공학 등의 다양한 활동들을 조합하여 적용하는 것이라고 정의하였다. 이러한 전략적 자산관리의 주요 쟁점은 비용이라고 할 수 있다. 따라서 시설물의 생애주기비용산정을 통해 미래 발생할 수 있는 비용을 정량화하고 적절한 시점에 투자 및 관리가 필요하다. 본 연구에서는 K-water (2003)에서 제시한 정수장시설물에 대한 교체 및 수선 주기를 기준으로, 항목 별 생애주기비용분석을 수행하였다. 또한, 유지관리비용과 관련한 시나리오와 시설물의 생애주기를 고려한 분석 주기 변경 시나리오를 가정하여 생애주기비용을 산정하고, 시나리오별 차이점을 비교분석 하였다.

2. 방법론

2.1 Life Cycle Cost (LCC)

일반적으로 시설물의 내구년수 동안 활용되는 총 유지관리비용은 초기 설정한 공사비를 초과하게 된다. 또한, 시설물은 유지관리비용의 투자 수준에 따라 노후화의 진행속도 및 수명이 증대될 수 있다. 따라서 시의적절한 유지관리비용의 투자는 해당하는 시설물의 생애동안의 발생하는 비용의 절감으로 이어지게 된다. 이러한 의사결정의 한 요소가 되는 것이 생애전반에 걸친 생애주기비용분석이라고 할 수 있다.

일반적으로 LCC란 Fig. 1과 같이 시설물의 생산에서 철거에 이르는 모든 항목에 대한 비용을 계산한다(K-water, 2003).

Fig. 1. Definition of Life Cycle Cost (K-water, 2003)

2.2 LCC분석을 위한 기본 데이터

LCC분석을 위한 자료는 크게 기본자료(할인율, 사용자비용), 초기투자비용 데이터, 운영 및 유지관리비용, 해체/교체비용으로 구분될 수 있다. 할인율은 LCC사용자에 따라 상황에 적합하게 설정 가능하며 정수장에 있어서의 사용자 비용은 물 수용가들이 해당하는 시설물을 활용함에 따른 투자비용을 의미한다. 초기투자비용은 설계, 감리, 시공비용을 의미하며 해당 데이터는 타 항목에 비해 데이터 관리가 잘되어 있어 산출하는데 큰 문제가 발생하지 않는다. 만일 과거 자료가 누락되었거나 정확히 산정되어 있지 않은 경우에는 [산업통상자원부고시 제2019-20호 “엔지니어링사업대가의 기준(MOTIE, 2019)]]과 [국토해양부고시 제2009-769호” 건설공사감리대가기준(MLTM, 2009)]]으로 직접적인 산출이 가능하므로 비교적 신뢰도가 높다고 할 수 있다. 그러나 운영 및 유지관리 비용에는 보수비용과 교체 및 보강비용이 대부분을 차지하고 있으며 미래에 발생할 비용을 예측하는 방법에 따라 그 비용은 크게 달라지게 된다. 따라서 본 연구에서는 시나리오별 변동성을 분석하기 위하여 상대적으로 신뢰도가 높은 초기투자비용을 제외한 운영 및 유지관리비용을 활용한 LCC분석을 수행하고 여러 가지 시나리오를 대입하여 그 차이를 비교분석 하였다.

2.3 방법론(LCC분석 절차)

제안된 방법론의 절차는 Fig 2와 같다. 모든 항목의 비용산정이 가능하지 않은 경우가 많으므로, 본 연구에서는 유지관리비용과 해체교체비용만을 활용하였으며 K-water (2003)의 자료(Table 1)를 토대로 LCC분석을 수행하였다. 해당 자료에서는 정수장의 시설물을 구체, 혼화기, 응집기 등의 42개의 중분류와 이를 포함하는 13개의 대분류로 구분하였

Fig. 2. LCC Analysis Procedure

Table 1. Repair Data by Water Purification Facility Classification (K-water, 2003)

Large Classification	Division	Initial repair period (Year)	Cycle (Year)	Repair ratio (%)	Quantity	Unit price (1,000won)
	Medium Classification					
Receiving well	Globe	13	8	54	576	616
A settling pond	Globe	12	8	47	23004	102
Clean water reservoir	Globe	12	9	47	8414	168
Basslerge	Scraper/Hoist	6	4	35	2	18244
Mixing tank	Globe	12	9	47	205	234
	Flash Mixer	4	5	48	2	16267
Condenser	Globe	12	9	47	1080	240
	Aggregator	6	5	76	36	7339
Filtering installations	Globe	13	14	47	1.116	3709
	Lower catchment	11	9	50	1	76122
	Filters	3	2	35	1070	163
Water supply pump	Water supply pump	5	3	32	6	37818
	Run off valve	5	3	30	6	7414
	Crane/hoist	5	4	30	1	18244
Dosing device	Chemical tank	9	6	47	42	3288
	Slaked lime feeding	5	5	41	2	24507
	Activated carbon feeding	5	4	41	3	12406
	Polymer coagulant feeding	6	3	39	3	11574
Sludge thickener	Globe	19	9	54	112	3741
	Sludge treatment facilities	7	5	24	11	74748
	Sludge Drawing Valve	3	3	38	4	0
	Drain pump	4	3	40	3	1
Collection facilities	Globe	11	9	49	1920	225
	Recovery tank pump	5	2	26	2	23323
	Sludge pump	5	2	28	2	10796
	Crane/hoist	6	7	25	1	18244
Chlorine Injection Facility	Carburetor	5	2	20	2	18046
	Neutralization Facility (Neutral Solution Transfer Facility)	6	4	12	1	10742
	Front and rear chlorine injector	6	2	15	2	6052
	Crane/Hoist	8	6	15	2	18244
	Chlorine Storage Tank	6	6	10	12	3388
Dehydration maneuver	Dehydrator	4	3	45	2	113135
	Sludge Storage Tank Agitator	10	5	32	1	16266
	Submersible pump	4	2	48	2	939
	Sludge Supply Pump	3	2	34	2	0
	Polymer Supply Pump	4	2	31	2	12012
	Follicle washing water pump	4	2	30	3	1315
	Miscellaneous water pump/Axial water pump	4	2	34	2	842
	Conveyor	4	2	31	1	8347
	Cake Hopper	5	3	30	2	23923
	Air compressor	3	3	33	2	1693
	Crane/Hoist	6	6	36	2	18244

다. 시설별 보수비용, 보수비율, 교체비용, 그리고 교체비율은 K-water (2003)에서 제시된 자료를 활용하였으며, 해당 자료는 전문가 설문 등을 통하여 설정된 값이다. 다음으로는 시설물의 비용을 현재가치로 환산하기 위하여 할인율 및 물가상승률을 적용하였으며 Construction Contract Management Institute (2000)에서 제시하고 있는 통상적 할인율 6%와 우리나라의 소비자 물가상승률(2007년~2018년)의 평균치인 2.2%로 가정하였다. 그러나 LCC분석 목적에 따라 변경할 해당하는 값은 변경할 필요가 있다. 마지막으로 유지관리비용의 변동성을 분석하기 위한 시나리오를 수립 및 적용하여 최종 LCC를 산정한다.

3. 적용 및 결과

3.1 적용 시나리오

자산관리에 있어서의 LCC분석의 목적은 원자재와 인건비 등의 상승으로 요구되는 성능을 만족하기 위한 유지 관리와 보수에 소요 되는 비용의 비중을 파악하고, 시설물의 공용기간 동안 운영 및 유지관리비용 등 미래에 발생할 수 있는 비용까지를 고려한 설계를 위한 비용과 관련된 의사결정을 위한 접근법이라고 할 수 있다. 따라서 최초보수시기 및 보수시기에 따른 LCC와 시설물 연한에 따른 발생비용을 분석하고자 Tables 2 및 3과 같이 시나리오를 수립하였다. Table 2의 Scenario 1은 나머지 3가지 시나리오와의 비교를 위한 항목이다. Scenario 2는 정수시설 대분류내 중분류에서의 항목별 최초보수주기를 최소인 값으로 변경한 시나리오이며 Scenario 3, 4 각각 중분류 항목별 최초보수주기를 평균 및 최대값으로 가정한 시나리오이다. 이때, 최소, 평균, 최대 값은 중분류 항목내의 최초보수주기를 활용하여 산정하였다. Table 3은 분석기간 변동에 따른 시나리오로서 Scenario 1은 분석기간을 100년으로 가정하였으며 Scenario 2 및 3은 각각 50년, 25년으로 시설물들의 내구연한을 적절히 고려하여 가정하였다.

Table 2. Scenario A Assumption

Scenario A	1	2	3	4
Initial Repair Cycle	Same	Minimum value	Average value	Maximum value
Repair Cycle	Same	Same	Same	Same

Table 3. Scenario B Assumption

Scenario B	1	2	3
Analysis Period (years)	100	50	25

3.2 적용 및 결과

앞서 가정된 시나리오를 적용하기 위하여 본 연구에서는 물가상승률 2.2%를 입력 데이터로 활용 하였으며, LCC 분석 시작년도는 현재(2019년)를 기준으로 미래 100년동안의 비용을 분석하였다. 할인율은 생애주기동안 발생하는 비용을 증가의 현재가치로 환산하기 위한 계수로서 통상적으로 사용되는 6%를 적용하였으나 시설물의 상황 및 용도에 따른 변동이 있을 수 있으므로 필요시 특성에 맞게 변경하여 사용하여야 하며 현재가치 환산식은 Eq. (1)과 같다.

$$PV = \frac{A}{(1+X)^n} \quad (1)$$

여기서, Present value (PV)는 현재가치, A는 현재 원가를, X는 할인율을 의미하며 n은 분석 년도이다. 위의 식을 활용하여 미래의 비용을 현재가치로 환산하였으며, 이후 나올 LCC의 총액은 현재부터 분석기간(100년)동안 필요한 비용을 현재의 가치로 환산한 결과이다.

Scenario A를 적용한 결과는 Tables 4~5, Fig. 3과 같다. Table 4는 정수시설을 13가지 항목의 대분류로 구분하였을 경우의 LCC총액 결과이다. 초기 값인 Scenario 1의 경우 여과설비 27.97%, 침전지 18.51%, 농축조 7.06%, 응집지 9.18% 순으로 정수시설의 60% 이상을 상기의 구성요소가 차지하고 있었으며 여과설비의 교체시기 및 보수시기가 다른 구성요소에 비해 작은 편은 아니므로 물량 및 단가에 의한 결과로 판단된다. 이하 침전지, 농축조, 응집지 또한 비슷한 형태를 띄고 있으므로 보수/교체 시기보다 물량 및 단가가 더 지배적이라는 것을 알 수 있다. Scenario 2의 경우 대분류별 보수/교체비용 산정결과를 살펴보면 여과설비 31.51%, 농축조 13.18%, 침전지 14.64%, 탈수기등 7.92% 순으로 정수시설의 60% 이상을 상기의 구성요소가 차지하는 결과를 나타내었다. Scenario 3의 경우 보수주기를 평균값으로 통일 시킨 경우이며 여과설비 30.17%, 침전지 16.52%, 농축조 12.47%, 탈수기등 7.50% 순으로 정수시설의 60% 이상을 상기의 구성요소가 차지하였다. Scenario 4는 보수주기를 최대값으로 통일한 경우이며 여과설비 26.54%, 침전지 19.96%, 정수지 10.41%, 농축조 9.72% 순으로 정수시설의 60% 이상을 상기의 구성요소가 차지하고 있다.

총액적인 관점에 바라보면 Scenario 2는 216.93억, Scenario 3은 192.21억, Scenario 4는 159.09억으로 예상되었으며 초기(Scenario 1)는 171.55억원으로 예측되었다. Table 4는 13가지 대분류를 더 세분화한 42가지의 중분류 항목으로 구분한 것으로서 시나리오별 정수시설의 구성요소간의 구성비율이 일부 있었다. 또한, 총량적인 관점(대분류)에서는 보수기간을 적게(최소값) 할수록 LCC비용이 상승 하는 것을 알 수 있으나 세부적인 관점(중분류)에서의 개별 생애주기 비용이 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 따라서, 향후 정수장

Table 4. Application Results of Water Purification Facility LCC by Scenario A (large classification)

Large Classification	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3		Scenario 4	
	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)
Receiving well	5.2	3.03	5.2	2.4	5.2	2.71	5.2	3.27
A settling pond	31.75	18.51	31.75	14.64	31.75	16.52	31.75	19.96
Clean water reservoir	16.56	9.65	16.56	7.63	16.56	8.61	16.56	10.41
Basslerge	1.07	0.62	1.07	0.49	1.07	0.56	1.07	0.67
Mixing tank	1.71	1	1.95	0.9	1.86	0.97	1.34	0.84
Condenser	15.75	9.18	17.02	7.85	11.58	6.03	11.43	7.19
Filtering installations	47.98	27.97	68.35	31.51	57.99	30.17	42.22	26.54
Water supply pump	9.57	5.58	9.57	4.41	9.5	4.94	9.57	6.02
Dosing device	3.5	2.04	7.01	3.23	6.59	3.43	5.57	3.5
Sludge thickener	12.12	7.06	28.59	13.18	23.97	12.47	15.47	9.72
Collection facilities	8.79	5.12	9.95	4.59	9.17	4.77	7.74	4.86
Chlorine Injection Facility	2.68	1.56	2.72	1.26	2.54	1.32	2.31	1.45
Dehydration maneuver	14.86	8.67	17.17	7.92	14.42	7.5	8.86	5.57
Total	171.55	100	216.93	100	192.21	100	159.09	100

Fig. 3. Total LCC of Water Purification Plant According to Scenario A

시설물에 있어서의 전략적 자산관리를 위해서는 적절한 보수주기 및 교체주기의 의사결정이 필요할 것으로 나타났다. 결과적으로 모든 항목에서 여과설비의 유지관리 비용이 가장 많이 드는 항목으로 나타났다. 그러나 탈수기등, 응집지의 경우 보수주기를 최소값으로 하였을 때 LCC총액의 변동이 있었으며 전략적인 자산관리를 위해서는 이와 같은 요소들을 찾아 시의 적절한 보수비용 및 기간을 설정할 필요가 있을 것으로 판단된다.

지금까지 분석기간은 100년으로 가정하여 유지 및 교체비용을 분석하였다. 그러나 시설물의 내구연한은 일반적으로 20-40년으로 제시되고 있다. 따라서 Scenario B와 같이 분석기간을 50년, 25년으로 변경한 시나리오를 수립하고 적용하였다. 적용결과 Scenario 1은 Scenario A와 마찬가지로 동일한 값(171.55억원)을 보였다. Scenario 2(분석주기 50년)과 Scenario 3(분석주기 25년)의 유지관리비용 LCC총액은 각각 93.05억원, 60.58억원이 투자되어야 할 것으로 나타났다(Table 6

Table 5. Application Result of Water Purification Facility LCC by Scenario A (middle classification)

Classification of water treatment facility		Senario 1		Senario 2		Senario 3		Senario 4	
Large Classification	Medium Classification	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)
Receiving well	Globe	5.20	3.03	5.20	2.40	5.20	2.71	5.20	3.27
A settling pond	Globe	31.75	18.51	31.75	14.64	31.75	16.52	31.75	19.96
Clean water reservoir	Globe	16.56	9.65	16.56	7.63	16.56	8.61	16.56	10.41
Basslerge	Scraper/Hoist	1.07	0.62	1.07	0.49	1.07	0.56	1.07	0.67
Mixing tank	Globe	0.56	0.33	0.79	0.37	0.71	0.37	0.56	0.35
	Flash Mixer	1.15	0.67	1.15	0.53	1.15	0.60	0.77	0.49
Condenser	Globe	3.94	2.29	5.21	2.40	3.70	1.93	3.94	2.47
	Aggregator	11.81	6.88	11.81	5.44	7.88	4.10	7.50	4.71
Filtering installations	Globe	37.10	21.62	56.38	25.99	49.93	25.98	37.10	23.32
	Lower catchment	1.66	0.97	2.75	1.27	2.54	1.32	1.66	1.05
	Filters	9.22	5.37	9.22	4.25	5.52	2.87	3.46	2.18
Water supply pump	Water supply pump	7.76	4.52	7.76	3.58	7.76	4.04	7.76	4.88
	Run off valve	1.37	0.80	1.37	0.63	1.30	0.67	1.37	0.86
	Crane/hoist	0.44	0.26	0.44	0.20	0.44	0.23	0.44	0.28
Dosing device	Chemical tank	1.42	0.83	3.27	1.51	3.19	1.66	2.55	1.61
	Slaked lime feeding	0.76	0.44	1.29	0.60	1.26	0.65	0.99	0.62
	Activated carbon feeding	0.68	0.40	1.16	0.54	1.04	0.54	0.92	0.58
	Polymer coagulant feeding	0.65	0.38	1.28	0.59	1.11	0.58	1.11	0.70
Sludge thickener	Globe	2.21	1.29	7.78	3.59	6.89	3.59	4.61	2.90
	Sludge treatment facilities	9.91	5.78	20.81	9.59	17.08	8.88	10.86	6.82
	Sludge Drawing Valve	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Drain pump	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Collection facilities	Globe	6.03	3.52	7.19	3.31	6.78	3.53	6.03	3.79
	Recovery tank pump	1.63	0.95	1.63	0.75	1.39	0.73	0.97	0.61
	Sludge pump	0.85	0.49	0.85	0.39	0.72	0.38	0.50	0.32
	Crane/hoist	0.28	0.16	0.29	0.13	0.28	0.14	0.23	0.14
Chlorine Injection Facility	Carburetor	1.23	0.72	1.23	0.57	1.08	0.56	0.92	0.58
	Neutralization Facility (Neutral Solution Transfer Facility)	0.20	0.12	0.22	0.10	0.20	0.11	0.20	0.13
	Front and rear chlorine injector	0.32	0.19	0.32	0.15	0.32	0.17	0.29	0.18
	Crane/Hoist	0.48	0.28	0.50	0.23	0.50	0.26	0.48	0.30
	Chlorine Storage Tank	0.44	0.25	0.44	0.20	0.44	0.23	0.42	0.27
Dehydration maneuver	Dehydrator	9.71	5.66	11.61	5.35	9.49	4.94	5.39	3.39
	Sludge Storage Tank Agitator	0.35	0.20	0.48	0.22	0.46	0.24	0.35	0.22
	Submersible pump	0.12	0.07	0.12	0.06	0.10	0.05	0.06	0.04
	Sludge Supply Pump	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Polymer Supply Pump	1.15	0.67	1.18	0.54	0.98	0.51	0.63	0.39
	Follicle washing water pump	0.55	0.32	0.56	0.26	0.52	0.27	0.47	0.29
	Miscellaneous water pump/Axial water pump	0.09	0.05	0.09	0.04	0.07	0.04	0.04	0.03
	Conveyor	0.36	0.21	0.40	0.19	0.35	0.18	0.21	0.13
	Cake Hopper	1.48	0.86	1.74	0.80	1.48	0.77	1.00	0.63
	Air compressor	0.13	0.08	0.13	0.06	0.13	0.07	0.08	0.05
	Crane/Hoist	0.92	0.54	0.86	0.40	0.82	0.43	0.63	0.40

Table 6. Application Results of Water Purification Facility LCC by Scenario B (large classification)

Large Classification	Scenario 1 (100year)		Scenario 2 (50year)		Scenario 3 (25year)	
	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)	LCC (100 million won)	Configuration ratio (%)
Receiving well	5.2	3.03	2.40	2.58	1.46	2.41
A settling pond	31.75	18.51	14.85	15.96	8.92	14.72
Clean water reservoir	16.56	9.65	7.87	8.46	5.26	8.68
Basslerge	1.07	0.62	0.58	0.62	0.41	0.67
Mixing tank	1.71	1	0.91	0.98	0.65	1.07
Condenser	15.75	9.18	8.50	9.14	6.20	10.24
Filtering installations	47.98	27.97	23.51	25.27	13.67	22.56
Water supply pump	9.57	5.58	5.18	5.57	3.79	6.26
Dosing device	3.5	2.04	3.24	3.48	2.35	3.88
Sludge thickener	12.12	7.06	11.25	12.09	7.12	11.76
Collection facilities	8.79	5.12	4.34	4.66	2.88	4.76
Chlorine Injection Facility	2.68	1.56	2.35	2.52	1.85	3.05
Dehydration maneuver	14.86	8.67	8.07	8.68	6.02	9.93
Total	171.55	100	93.05	100	60.58	100

Fig. 4. Total LCC of Water Purification Plant According to Scenario B

및 Fig. 4). 분석기간을 줄임에 따라 발생하는 유지관리비용의 총액은 감소하였으나 분류별 구성비율에 있어서는 비용투자 시 고려하여야 할 정도의 중요도를 나타내었다. 예를들어, 응집지, 농축조 등은 총 LCC대비 구성비율이 분석주기가 감소함에 따라 증대되었으나 착수정의 경우 오히려 감소하는 추세를 보였다. 이러한 점을 적절히 고려한다면 장기간에

있어서 투자계획을 수립하는데 유익할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 정수시설물의 생애주기동안 발생할 수 있는 비용을 산정하고 보수주기 및 분석주기의 변동을 가정

한 시나리오를 토대로 LCC분석을 수행하였다. 분석 결과 보수주기가 작을수록 생애주기비용의 총액은 증가하였으나 중분류관점에서는 오히려 금액이 감소된 구성요소가 있었다. 뿐만 아니라 분석주기를 25, 50년으로 변경 할 경우 구성요소별로 LCC비용 총액대비 비율이 감소하거나 증대되는 경향을 확인하였다. 보수주기의 기간이 각 구성요소별로 다르며 소요되는 금액 또한 큰 폭으로 다르므로 이와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. 따라서 향후 전략적 자산관리를 위해서는 적절한 보수주기의 타협점을 찾아야 할 것으로 나타났다. 또한, 본 연구의 내용을 토대로 분석기간을 조정하는 등의 시나리오를 수립한다면 향후 시설물의 유지관리비용 절감에 있어서 더욱 전략적인 계획 수립이 가능할 것으로 판단된다.

유지관리비용은 보수 및 교체비용 뿐만 아니라 보강, 사용 자소비비용 등 매우 다양한 항목들이 존재하나 본 연구에서는 주요 비용인 보수 및 교체비용만을 고려하였다. 그러나 향후 실제 적용을 위해서는 위와 같은 고려하지 않은 항목들(시공비, 해체비 등)에 대해서도 추가적으로 고려하는 등의 작업이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 극한재난대응기반기술개발사업의 연구비 지원(2019-MOIS31-010)에 의해 수행되었습니다.

References

- Construction Contract Management Institute. (2000). Retrieved from <http://www.concm.net>
- K-water. (2003). *Study on the application of LCC analysis technique for cost reduction of water supply construction project*.
- Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE). (2019). *Engineering business cost standards*. Notification No. 2019-20.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM). (2009). *Standards for construction supervision*. Notification No. 2009-769.
- Ministry of Environment (ME). (2016). *Waterworks statistics*.
- National Asset Management Steering Group. (2000). *International infrastructure management manual (IIMM)*.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2002). *Fact sheet: Asset management for sewer collection systems*.
- Water Research Foundation (WRF). (2007). *Sustainable infrastructure management program learning environment (SIMPLE)*.

Received	September 25, 2019
Revised	September 25, 2019
Accepted	October 14, 2019