

공공 연구원 건축물의 대수선에 따른 효과분석

Effects Analysis of Governmental Research Buildings by the Main Components and Frame Repair Activities

이 강 희* 채 창 우**
Lee, Kang-Hee Chae, Chang-U

Abstract

The research institute has a function to get the research outcome through the various experiments, data collection and analysis. Therefore, research building is important to keep the research condition or experiment environment. But buildings would be deteriorated and led into the deterrence of research. Maintenance is planned to protect the research building condition through various general repair or heavy repair. The heavy repair is generally conducted in massive repair scope or main components preparation.

In this paper, it aimed at analyzing the effect of the massive or main components repair with inputted cost and its resulted output. In order to analyze the effect of a massive repair, it used the Benefit/Cost analysis and sensitivity analysis. Results of this study are as follows : The benefit/cost analysis shows that research building whose researcher continuously live and study has good effect. On the contrary, pace of the the experimental function is not good effect in benefit/cost analysis. But the experimental function is indispensable to get the research outcom for the research goal. Therefore, the experimental function will be planned to repair and get the historical repair data because the proper repair time would be prepared to cut down the repair cost.

키워드 : 연구원, 유지관리, 대수선, 편익/비용, 민감도

Keywords : Research building, Maintenance, Heavy repair, Benefit/Cost, Sensitivity

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건물은 일반 소비재와는 달리 오랜 시간 동안 사용되는 내구재와 같은 속성을 지니고 있다. 따라서 준공 이후, 시간 경과에 따라 개·보수 등의 적절한 유지관리 활동을 통해 건물 본래의 기능을 충실이 유지할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

연구원은 사무소, 상업용 등의 일반적인 건물과는 달리, 연구목적을 설정하고, 이에 따른 다양한 실험, 실습이 이루어지는 기능이다. 특히, 실험실습을 수행하는 공간은 상시적으로

사용하기 보다는 특정 시간, 특정 목적을 위해 활용함으로써 열화 진행수준 등에서 차이를 예상할 수 있다. 반면, 일상적인 업무를 수행하는 연구원 건축물은 업무용 건축물과 같이 시간이 경과하면서 열화가 계속적으로 진행되는 현상을 갖게 된다.

이와 같이 기능적으로 차이가 발생하는 연구원 건물의 성능, 기능을 유지하기 위해서는 건물 각 부위 혹은 부품, 설비 등에 대한 지속적인 유지관리가 필요하다. 이를 위해서는 건물을 구성하고 있는 다양한 구성요소, 부품 등의 특징을 반영하는 체계적인 유지관리계획이 수립되어야 한다.

건물 기능을 유지하기 위한 전략으로는 경상수선과 대수선 등을 들 수 있다. 경상수선은 건물 기능과 성능이 저하될 경우를 대비하거나 저하되었을 때 일시적이고 즉각적인 대응을 하는 유지관리 방식이다. 그리고 이것은 건물 성능과 기능을 유지하기 위해 짧은 주기로 주기적으로 수행하는 경제적인

* Professor, Ph.D., Dept. of Architectural Eng., Andong Nat'l Univ., Korea, Main author

** Senior Researcher, Ph.D., Green Building Center of KICT, Korea

Correspondent author,

Tel: 82-31-910-0367, E-mail: cuchae@kict.re.kr

수선방식이다. 그러나 이와 같은 경상수선은 건물 열화가 계속적으로 일시적이고 단편적인 성능회복을 가능하게 하지만, 계속적으로 깊어지는 열화수준에 의해 건물 기능과 성능을 상향하는 것은 현실적으로 불가능하다. 다시 말하면, 건물은 준공 이후 열화가 진행됨에 따라 열화에 대응하는 수선을 할 지라도 준공 당시의 성능과 기능을 달성하기란 한계가 있다. 따라서 경상수선에 의한 유지관리가 한계에 이를 경우는 대수선을 통해 본래의 기능과 성능을 회복하는 방식을 활용한다.

본 연구에서는 연구원 건축물의 대수선을 통한 효과를 분석하는 것이다¹⁾. 일반적인 연구용 건축물과 실험용, 기계장치 등이 설치된 실험실과의 대수선에 따른 효과를 비교하고자 한다. 이것은 대수선에 따른 투입비용 대비 효과를 비교 분석함으로써 대수선에 대한 의사결정을 하는 자료로 활용할 수 있을 것이다.

1.2 연구의 방법 및 내용

연구원은 과학기술에 대한 연구, 실험, 토론 등이 이루어지는 공간이다. 일반적인 사무소 등의 건물에서 이루어지는 기능, 성과는 다소 상이한 측면을 지니고 있다. 준공 이후 연구원 건물의 열화가 심각하다고 판단되면 대수선 등의 유지관리가 수행된다. 본 연구에서는 공공 연구원 건물을 대상으로 대수선에 따른 비용 대비 효과를 분석하는 것이다. 연구수행을 위한 연구방법과 연구내용은 다음과 같다.

첫째, 분석대상 개별 연구원 건물의 대수선 견적자료는 골조, 마감, 설비 등으로 구분하여 산정하고 합계하였다. 이때, 골조는 전체공사의 50% 수준으로 이루어지는 것으로 전제하였다. 설비공사는 기계, 전기, 통신, 소방 부분을 합계한 것이다.

둘째, 대수선에 따른 효과는 편익/비용 분석을 활용하였다.

1) 건축법 시행령에 따르면, 대수선은 건축물의 기둥, 보, 내력벽, 주 계단 등의 구조나 외부 형태를 수선·변경하거나 증설하는 것으로 증축·개축 또는 재축에 해당하지 않는 것으로서 다음의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다. ① 내력벽을 증설 또는 해체하거나 그 벽 면적을 30제곱미터 이상 수선 또는 변경하는 것, ② 기둥을 증설 또는 해체하거나 세 개 이상 수선 또는 변경하는 것, ③ 보를 증설 또는 해체하거나 세 개 이상 수선 또는 변경하는 것, ④ 지붕틀을 증설 또는 해체하거나 세 개 이상 수선 또는 변경하는 것, ⑤ 방화벽 또는 방화구획을 위한 바닥 또는 벽을 증설 또는 해체하거나 수선 또는 변경하는 것, ⑥ 주계단·피난계단 또는 특별피난계단을 증설 또는 해체하거나 수선 또는 변경하는 것, ⑦ 미관지구에서 건축물의 외부형태(담장을 포함)를 변경하는 것, ⑧ 다가구주택의 가구 간 경계벽 또는 다세대주택의 세대 간 경계벽을 증설 또는 해체하거나 수선 또는 변경하는 것.

그리고 편익과 비용 변화에 따른 민감도 분석(sensitivity analysis)을 수행하였다. 민감도 분석은 비용과 편익이 각각 +10%에서 -10%까지의 범위에서 5%단위로 변할 때 비용변화에 따른 편익의 효과를 분석하였다.

셋째, 대수선을 통해 과학출연(연)의 환경개선 효과를 분석하기 위해 편익비용 분석의 기준시점은 2020년에 이루어지는 것으로 전제하였으며, 효과분석을 위한 분석 기간은 40년으로 설정하였다. 그리고 비용과 효과분석을 위한 할인율은 2019년의 2.02%를 활용하였다.

마지막으로 분석대상 공공 연구원은 크게 연구와 교육을 하는 연구원과 연구동, 교육연구동, 기숙사, 기계실, 전기실 등이다. 분석대상 공공 연구원 건물의 개요를 살펴보면 Table 1과 같다. 한국 A연구원의 분석대상 연구동은 연구원 종사자가 계속적으로 머무르면서 교육, 연구활동을 수행하는 것이다. 그리고 연구원 종사자의 거주공간을 제공하는 독신자 아파트를 대상으로 수행하였다. 그리고 한국 B연구원의 실험동은 연구원 종사자가 계속적으로 거주하면서 연구활동을 하기 보다는 연구목적 달성을 위해 실험, 실습을 하는 간헐적으로 이용하는 공간이다.

Table 1. Targeted Research Building

	bldg.	Constructed yr.	Function	bldg. area (m ²)	total floor area(m ²)	storey	structure
Korea A Institute	L-1	1975	R	2,407	11,453	4	RC
	L-2	1969	R	1,988	7,705	3	RC
	L-0	1983	R	1,404	6,352	4	RC
	D-1	1968	R	405	1,278	3	RC
Korea B Research Institute	Central Mech. Room	1979	Mech.	2,211	2,537	2	RC
	2 nd Utility	1993	Utility	1,645	1,694	2	RC
	DUPIC/R OBOT	1995	R	1,534	2,194	2	SS
	Main Elec.	1979	Elec.	824	824	1	RC

주1) R : 연구, Mech. : 기계실, Elec. : 전기실

주2) RC : 철근콘크리트조, SS : 철골조

2. 대수선에 따른 비용과 편익산정

2.1 비용산정

건축물은 준공 이후 시간의 경과에 따라 점차적으로 성능과 기능이 저하되기 시작한다. 이러한 열화과정 속에서 기능과 성능을 유지하기 위한 유지관리활동은 크게 경상적인 수선과 대수선 등으로 구분할 수 있다. 이 가운데 대수선은 건물 주요 구조부위의 변경으로 일상적인 경상 수선과는 구분된다.

따라서 과학출연(연)의 대수선은 일상적으로 이루어지기 보다는 20년 혹은 그 이상의 간격에서 진행되는 것으로 예상할 수 있다. 분석대상 공공 연구원 건물의 대수선에 의한 분석대상 건물은 Table 2와 같이 나타낼 수 있다.

Table 2. Heavy repair cost(thousand won)

	bldg.	cost
Korea A Institute	L-1	23,767,099
	L-2	15,989,304
	L-0	13,181,578
	D-1	14,830,769
Korea B Research Institute	Central Mech. Room	5,197,506,
	2 nd Utility	3,516,401
	DUPIC/ROBOT	4,554,720
	Main Elec.	1,709,952,

주) 전문기관에서 대수선에 필요한 비용을 산정한 결과임.

2.2 편익산정

연구원 연구동, 실험동 등의 개별건물 가치 향상은 수선 등의 유지관리 활동으로 인해 나타나는 궁극적인 결과로써 업무능률 향상, 작업환경 쾌적성 등으로 설명할 수 있다. 그러나 작업환경 혹은 업무능률 등의 요소는 정성적인 측면에서 설명이 가능하지만, 정량적인 측면에서 설명하기란 한계가 있다.

수선, 리모델링 등의 유지관리 활동을 통해 나타나는 편익 측면을 정량적으로 설명하기 위해서는 계량적인 측정이 가능하여야 한다. 연구원은 연구, 실험 등이 이루어지는 공간으로 일반 업무용 건물과 같이 임대료, 건물가격 상승 등을 추구하기 보다는 연구 프로젝트 수행을 위한 공간으로 사용된다. 따라서 개별 연구동, 실험동 등의 건물에 대한 수선, 리모델링 등의 유지관리 활동을 통해 나타나는 편익 측면을 설명하기란 한계가 있다.

일반적으로 업무용 건축물의 경우 수선, 리모델링 등을 통해 건물가격 상승, 혹은 임대료 상승 등으로 설명할 수 있다. 주거용 건축물은 임대료 상승 혹은 건물 매매가격 상승 등의 정량적인 측면에서 설명할 수 있다.

따라서 연구동, 실험동의 개별건물에 대한 리모델링, 수선 등을 통해 나타나는 편익 측면은 업무 기능을 하는 것을 전제하여 대수선 이후의 건물가격 상승, 임대료 효과 등으로 설명할 수 있다. 이것은 일반 업무용 건축물에서 리모델링 혹은 개·보수 등의 수선으로 나타나는 효과를 편익 측면으로 설명하였다.

이를 위해 기존의 업무용 건축물의 리모델링, 개·보수 등의 유지관리 활동에 의해 나타난 자료를 활용하여 연구동, 실험동 등의 개별 건물의 편익으로 설정하였다. 편익

효과로써 건물가격 상승과 건물임대료 상승으로 구분하여 편익측면의 설명자료는 다음과 같다.

첫째, 대수선, 리모델링 등을 통해 나타나는 건물가격 상승에 대한 것으로 리모델링 전과 리모델링 후의 건물가치 변화를 설명자료를 이용하였다²⁾. 이것은 서울지역에 위치한 공공건축물의 그린 리모델링을 통해 나타난 건물가치 변화자료를 활용하였다. 이때 사용한 그린 리모델링은 골조, 벽체 등 기존의 리모델링 공사에 에너지 절감을 위한 설비를 추가적으로 포함하는 공사이다. 사례에 따르면 리모델링 전과 리모델링 후의 건물가격 상승은 약 70% 정도 향상하는 것으로 나타나고 있다. Table 3은 공공 건축물의 그린 리모델링에 의한 변화를 설명한 자료이다³⁾.

Table 3. Difference between Before and After through Green Remodeling(billion)

	Before	After	etc
Building Price	5.692	10.666	
Remodeling cost	2.37		
Effect per area to Required Cost	0.0002184		Remodeling cost index per area

Table 3에서 제시한 그린 리모델링 효과는 단위 리모델링 비용 대비 연면적을 고려하여 단위면적당 건물가격 상승을 나타낸 것이다. 이것을 이용하여 수선, 리모델링 등의 유지관리 활동으로 나타난 건물 가치상승은 식1과 같이 계산할 수 있다.

건물가치 상승

$$= \text{연면적} \times \text{그린 리모델링 비용} \times 0.0002184 \quad \text{Eq.1}$$

건물가치 상승은 리모델링 등의 유지관리 행위가 종결된 시점에서 1회에 한해 발생하게 된다. 즉, 리모델링으로 인해 건물가격이 상승할 경우, 같은 금액으로 매년 상승하는 것은 아니고, 대수선공사가 종결된 시기 1회에 한해 발생하는 것으로 설정할 수 있다.

둘째, 그린 리모델링, 대수선 등의 유지관리 활동으로 인해 발생하는 업무용 건축물의 임대료 상승효과이다. 이것은 기존의 업무용 건축물에 대한 개·보수 등의 수선으로 인해 발생한 임대료 상승효과를 조사하여 설정하였다. 이를 위해 기존의 서울지역에 위치하고 있는 4개 업무용 건축물의 리모델링 전과 리모델링 후의 임대료 변화 자료를 조사하였다⁴⁾.

2) 이병호, 김동일(2017), “공공건물 그린 리모델링 효과 및 건물가치 평가에 관한 연구”, 한국건축친환경설비학회논문집 11권2호, pp.1551~161.

3) 그린리모델링은 에너지 절감을 포함하고 성능, 기능 개선을 위한 리모델링 개념이다.

Table 4. Difference between Before and After through Remodeling in Office Building of Seoul(won/pyong)

	Before Remodeling			After Remodeling		
	security deposit	monthly rent fee	monthly maintenance fee	security deposit	monthly rent fee	monthly maintenance fee
A bldg.	471,240	46,701	24,052	550,000	55,000	23,500
N bldg.	468,400	44,328	20,962	530,000	63,000	22,000
P bldg.	523,600	51,890	22,517	600,000	60,000	23,000

Table 4에서 제시한 자료를 이용하여 개별 건축물의 연면적 대비 리모델링 등의 효과를 통한 임대료 변화 수준을 분석하였다. 개별 건축물의 연면적, 리모델링 비용과 임대료 상승효과를 분석한 결과는 Table 5와 같다. Table 5에서 나타난 바와 같이 3개의 업무용 건축물의 리모델링에 따른 임대료 효과는 0.000047810(원/평)으로 제시되어, 이것을 미터법으로 환산하면 0.000014488(원/㎡)으로 나타난다(Table 5 참조).

Table 5.. Change Effect of Rent-fee through Remodeling(won/3.3㎡, won/㎡)

	total area (pyong)	Remodeling cost(billion)	Effect to Remodeling Cost(won/pyong)	Effect to Remodeling Cost(won/㎡)
A bldg.	13,144	2	0.00009249	0.000028026
N bldg.	4,005	8	0.00003415	0.000010345
P bldg.	9,989	10	0.00001679	0.000005088
mean			0.00004781	0.000014488

이것을 이용하여 리모델링 등의 수선으로 인한 효과 계산은 식2와 같다. 다만, 건물 리모델링으로 인한 임대료 상승 효과는 수선 등의 행위가 이루어지는 기간 동안은 발생하지 않음으로 수선 등의 공사가 종결된 이후에 발생하는 것으로 설정할 수 있다.

$$\text{건물임대료 상승} = \text{연면적} \times \text{리모델링 비용} \times 0.00440 \quad \text{Eq.2}$$

3. 편익비용분석 결과

3.1 한국○○○○연구원

4) 김은주(2002), “리모델링 오피스 빌딩 수익률에 미치는 영향에 관한 연구”, 건축대학교 대학원 부동산학과 석사학위 청구논문.

3.1.1 연구동(L-1)

한국 A연구원 연구동(L-1)은 전체 연면적은 11,453㎡이며 연구업무가 주요 기능이다. 대수선 시점은 2020년으로 가정하고 이후의 40년의 기간을 분석 시점을 설정하고 최종 2060년까지의 수선공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다. 이것은 개·보수 등의 수선공사가 연구원 건물의 업무 효율성 향상, 거주 환경성 개선 등의 효과를 예상할 수는 있으나, 현실적으로 정량화 하기에는 한계가 있다. 따라서 이들 편익 부분은 일반 업무용 건축물에서의 리모델링 공사를 통해 발생하는 건물가격 상승, 건물임대료 상승 부분으로 비교하였다.

2020년을 시작으로 40년 기간 동안의 총 수선비 예상금액은 23,767 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 이러한 개·보수 등의 수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 59,440 백만원, 161,691 백만원으로 편익 총계는 221,132 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Benefit/Cost effect of L-1 in Korea A Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	83,737	4.52	16.56

한국 A연구원 연구동(L-1) 건물의 수선비용과 편익효과 및 민감도 분석 결과는 Table 7과 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감 정도에 대응하는 민감도 분석결과는 비교적 양호한 것으로 나타나고 있다. 비용을

Table 7. Sensitivity Analysis of L-1 in Korea A Institute(million won, %)

Cost	Benefit	-10%	-5%	0	5%	10%
		NPV	75,363	79,550	83,737	87,924
-10%	B/C	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
	IRR	16.56	17.49	18.42	19.34	20.27
	NPV	74,175	79,550	84,925	90,300	95,676
-5%	B/C	4.29	4.52	4.76	5.00	5.24
	IRR	15.67	16.56	17.44	18.32	19.20
	NPV	72,986	78,362	83,737	89,112	94,487
0	B/C	4.07	4.30	4.52	4.75	4.98
	IRR	14.88	15.72	16.56	17.39	18.23
	NPV	71,798	77,173	82,548	87,924	93,299
5%	B/C	3.88	4.09	4.31	4.52	4.74
	IRR	14.15	14.96	15.76	16.56	17.35
	NPV	70,610	75,985	81,360	86,735	92,110
10%	B/C	3.70	3.91	4.11	4.32	4.52
	IRR	13.49	14.26	15.03	15.79	16.56

+10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 81,360 백만원, 비용편익비는 4.11, 내부수익률은 15% 수준으로 비교적 비용이 증가하더라도 충분한 효과를 예상할 수 있다. 이와 같은 결과는 한국 A연구원 연구동(L-1) 건물에 투입되는 비용에 대비해 효과가 양호하다는 것을 반증하는 것으로 판단된다. 비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소한다고 하더라도 현재가는 70,610 백만원, 편익 비용비는 3.70, 내부수익률 13.49%로 수선비용 대비 편익 효과는 비교적 높게 형성되는 것으로 분석된다.

3.1.2 연구동(L-2)

한국 A연구원 연구동(L-2)은 전체 연면적은 7,705㎡이며, 앞서의 L-1 연구동과 유사한 기능을 수행한다. 대수선 시점은 2020년으로 가정하고 이후의 40년의 기간을 분석 시점을 설정하고 최종 2060년까지의 수선공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다.

연구동(L-2)의 편익비용분석 결과, 2020년을 시작으로 40년 기간 동안 대수선비 예상금액은 15,989 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 대수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 26,902 백만원, 73,180 백만원으로 편익 총계는 100,082 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. Benefit/Cost effect of L-2 in Korea A Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	32,666	3.04	10.99

Table 9. Sensitivity Analysis of L-1 in Korea A Institute(million won, %)

Cost	Benefit	-10%	-5%	0	5%	10%
		NPV	29,399	31,032	32,666	34,299
-10%	B/C	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
	IRR	10.99	11.64	12.28	12.92	13.56
	NPV	28,600	31,032	33,465	35,898	38,331
-5%	B/C	2.88	3.04	3.20	3.36	3.52
	IRR	10.37	10.99	11.61	12.22	12.82
	NPV	27,800	30,233	32,666	35,099	37,531
0	B/C	2.74	2.89	3.04	3.20	3.35
	IRR	9.81	10.40	10.99	11.57	12.15
	NPV	27,001	29,434	31,866	34,299	36,732
5%	B/C	2.61	2.75	2.90	3.04	3.19
	IRR	9.29	9.87	10.43	10.99	11.55
	NPV	26,201	28,634	31,067	33,500	35,932
10%	B/C	2.49	2.63	2.77	2.90	3.04
	IRR	8.82	9.37	9.92	10.46	10.99

한국 A연구원 연구동(L-2) 건물의 대수선 비용과 편익 효과 민감도 분석 결과는 Table 9와 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감 정도에 대응하는 민감도 분석결과는 비교적 낮은 효과를 보이고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 31,067 백만원, 비용편익비는 2.77, 내부수익률은 9.92% 수준으로 비교적 양호한 수준을 형성하고 있다. 이와 같은 결과는 한국 A연구원 연구동(L-2) 건물에 투입되는 비용에 대비해 효과가 비교적 높다는 것을 반증하는 것으로 판단된다. 비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소하는 최악의 조건을 상정하더라도 현재가는 26,201 백만원, 비용편익비는 2.49, 내부수익률 8.82%로 수선비용 대비 효과가 양호한 수준으로 사료된다.

3.1.3 교육연구동(L-0)

한국 A연구원 교육연구동(L-0)의 전체 연면적은 6,352㎡이며 교육 및 연구업무가 주요 기능이다. 2020년을 시작으로 40년 기간 동안의 대수선비 예상금액은 13,181 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 이러한 개·보수 등의 수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 18,283 백만원, 49,735 백만원으로 편익 총계는 68,019 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Benefit/Cost effect of L-0 in Korea A Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	19,886	2.51	8.90

Table 11. Sensitivity Analysis of L-0 in Korea A Institute(million won, %)

Cost	Benefit	-10%	-5%	0	5%	10%
		NPV	17,897	18,892	19,886	20,880
-10%	B/C	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
	IRR	8.90	9.45	10.00	10.54	11.08
	NPV	17,238	18,892	20,545	22,198	23,852
-5%	B/C	2.38	2.51	2.64	2.77	2.90
	IRR	8.37	8.90	9.42	9.94	10.46
	NPV	16,579	18,233	19,886	21,539	23,193
0	B/C	2.26	2.38	2.51	2.63	2.76
	IRR	7.88	8.39	8.90	9.40	9.89
	NPV	15,920	17,573	19,227	20,880	22,534
5%	B/C	2.15	2.27	2.39	2.51	2.63
	IRR	7.44	7.93	8.42	8.90	9.37
	NPV	15,261	16,914	18,568	20,221	21,875
10%	B/C	2.05	2.17	2.28	2.39	2.51
	IRR	7.03	7.51	7.98	8.44	8.90

한국 A연구원 교육연구동(L-0) 건물의 수선비용과 편익효과 민감도 분석 결과는 Table 11과 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감 정도에 대응하는 민감도 분석결과는 비교적 낮은 수준으로 나타나고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 18,568 백만원, 비용편익비는 2.28, 내부수익률은 7.96% 수준으로 일반적인 수준을 상회하는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 한국 A연구원 교육연구동(L-0) 건물에 투입되는 비용에 대비해 효과가 비교적 양호하다는 것을 의미한다. 비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소하는 최저의 조건을 예상하더라도 현재가는 15,261 백만원, 비용편익비는 2.05, 내부수익률 7.03%로 비교적 양호한 조결과를 갖고 있는 것으로 나타나고 있다.

3.1.4 독신관(D-1)

한국 A연구원 독신관(D-1)은 전체 연면적은 7,147㎡이며 000000가 주요 기능이다. 대수선 시점은 2020년으로 가정하고 이후의 40년의 기간을 분석 시점을 설정하고 최종 2060년까지의 수선공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다.

2020년을 시작으로 40년 기간 동안의 총 수선비 예상금액은 14,830 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 이러한 개·보수 등의 수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 23,146 백만원, 62,962 백만원으로 편익 총계는 86,108 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. Benefit/Cost effect of D-1 in Korea A Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	27,031	2.82	10.14

한국 A연구원 독신관(D-1) 건물의 수선비용과 편익효과 민감도 분석 결과는 Table 13과 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감 정도에 대응하는 민감도 분석결과는 비교적 낮은 수준으로 나타나고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 25,547 백만원, 비용편익비는 2.57, 내부수익률은 9.13% 수준으로 비교적 양호한 결과를 형성하는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 한국 A연구원 독신관(D-1) 건물에 투입되는 비용에 대비해 효과가 매우 양호하다는 것을 반증하는 것으로 판단된다. 비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소한다고 하더라도 현재가는 21,361 백만원, 편익

비용비는 2.31, 내부수익률 8.10%로 양호한 결과를 갖는 것으로 사업성이 있는 것으로 나타나고 있다.

Table 13. Sensitivity Analysis of D-1 in Korea A Institute(million won, %)

		Benefit	-10%	-5%	0	5%	10%
Cost	-10%	NPV	24,327	25,679	27,031	28,382	29,734
		B/C	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82
		IRR	10.14	10.75	11.35	11.95	12.54
-5%	NPV	23,586	25,679	27,772	29,865	31,958	
	B/C	2.67	2.82	2.97	3.12	3.27	
	IRR	9.55	10.14	10.71	11.29	11.85	
0	NPV	22,844	24,937	27,031	29,124	31,217	
	B/C	2.54	2.68	2.82	2.96	3.10	
	IRR	9.03	9.58	10.14	10.68	11.23	
5%	NPV	22,103	24,196	26,289	28,382	30,475	
	B/C	2.42	2.55	2.69	2.82	2.96	
	IRR	8.54	9.08	9.61	10.14	10.66	
10%	NPV	21,361	23,454	25,547	27,641	29,734	
	B/C	2.31	2.44	2.57	2.69	2.82	
	IRR	8.10	8.61	9.13	9.63	10.14	

3.2 한국 B연구원

3.2.1 중앙기계실

한국 B연구원 중앙기계실의 전체 연면적은 2,537㎡이다. 대수선 시점은 2020년으로 가정하고, 이후 40년의 기간을 분석 시점으로 설정하여 최종적으로는 2060년까지의 대수선공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다.

2020년을 시작으로 40년 기간 동안 대수선에 의한 예상 비용은 5,197 백만원 수준으로 추정되었다. 반면, 이러한 개·보수 등의 대수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 2,879 백만원, 7,832 백만원으로 편익 총계는 10,712 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 14와 같다.

Table 14. Benefit/Cost effect of Central Mech. Room in Korea B Research Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	10	1.00	2.03

한국 B연구원 중앙기계실 건물의 대수선 비용과 편익효과 민감도 분석결과는 Table 15와 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감정도에 대응하는 민감도 분석결과는 비교적 낮은 수준으로 나타나고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 -509 백만원,

비용편익비는 0.91, 내부수익률은 1.50% 수준으로 낮은 효과를 보이고 있다. 그리고 수선비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소한다고 하더라도 현재가는 -1,030 백만원, 비용편익비는 0.82, 내부수익률 0.93%로 낮은 사업효과를 보이고 있다. 이와 같은 결과는 한국 B연구원 중앙기계실 건물에 투입되는 비용에 대비해 효과가 미미한 것으로 판단된다. 다만, 중앙기계실은 연구결과를 도출하기 위해 기계관련 실험장비, 장치 등이 위치하고 운용되는 공간으로 필수적인 기능을 담당하는 공간으로 판단하는 것이 적절하다.

Table 15. Sensitivity Analysis of Central Mech. Room in Korea B Research Institute(million won, %)

Cost \ Benefit		Benefit				
		-10%	-5%	0	5%	10%
-10%	NPV	9	9	10	10	11
	B/C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	IRR	2.03	2.34	2.65	2.95	3.24
-5%	NPV	-250	9	270	530	790
	B/C	0.95	1.00	1.05	1.11	1.16
	IRR	1.73	2.03	2.33	2.62	2.90
0	NPV	-510	-250	10	270	530
	B/C	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
	IRR	1.44	1.74	2.03	2.31	2.59
5%	NPV	-770	-510	-249	10	271
	B/C	0.86	0.91	0.95	1.00	1.05
	IRR	1.18	1.47	1.76	2.03	2.30
10%	NPV	-1,030	-769	-509	-249	11
	B/C	0.82	0.87	0.91	0.96	1.00
	IRR	0.93	1.22	1.50	1.77	2.03

3.2.2 제2유틸리티 시설

한국 B연구원 제2유틸리티 시설의 전체 연면적은 1,695 m²이다. 대수선 시점은 2020년으로 가정하고 이후의 40년의 기간을 분석시점을 설정하고 최종 2060년까지의 대수선 공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다.

2020년을 시작으로 40년 기간 동안의 대수선에 따른 예상비용은 3,516 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 이러한 개·보수 등의 대수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 1,301 백만원, 3,540 백만원으로 편익 총계는 4,842 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 16과 같다.

Table 16, Benefit/Cost effect of 2nd Utility Room in Korea B Research Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	-1,162	0.67	-0.09

한국 B연구원 제2유틸리티 시설 건물의 수선비용과 편익효과 민감도 분석결과는 Table 17과 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감정도에 대응하는 민감도 분석결과는 낮은 효과를 보이고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 -1,514 백만원, 비용편익비는 0.61, 내부수익률은 -0.541% 수준으로 일반적인 수준을 하회하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 수선비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소한다고 하더라도 현재가는 -1,749 백만원, 비용편익비는 0.55, 내부수익률 -1.026%로 수선비용 대비 사업효과가 낮은 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 한국 B연구원 제2유틸리티 시설 건물에 투입되는 비용에 대비해 사업효과는 낮은 것으로 판단된다. 그러나 제2유틸리티 시설은 연구결과를 도출하기 위한 실험, 장치, 장비 등이 운용되는 공간으로 사업효과보다는 연구결과 도출을 위한 필수적인 기능으로 판단하는 것이 적절하다.

Table 17. Sensitivity Analysis of 2nd Utility Room in Korea B Research Institute(million won, %)

Cost \ Benefit		Benefit				
		-10%	-5%	0	5%	10%
-10%	NPV	-1,046	-1,104	-1,162	-1,220	-1,278
	B/C	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
	IRR	-0.087	0.178	0.434	0.682	0.923
-5%	NPV	-1,222	-1,104	-986	-868	-751
	B/C	0.63	0.67	0.70	0.74	0.78
	IRR	-0.346	-0.087	0.164	0.407	0.643
0	NPV	-1,397	-1,280	-1,162	-1,044	-927
	B/C	0.60	0.64	0.67	0.70	0.74
	IRR	-0.588	-0.333	-0.087	0.152	0.383
5%	NPV	-1,573	-1,455	-1,338	-1,220	-1,102
	B/C	0.57	0.61	0.64	0.67	0.70
	IRR	-0.814	-0.563	-0.321	-0.087	0.140
10%	NPV	-1,749	-1,631	-1,514	-1,396	-1,278
	B/C	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67
	IRR	-1.026	-0.779	-0.541	-0.310	-0.087

3.2.3 DUPIC/ROBOT동

한국 B연구원 DUPIC/ROBOT동은 전체 연면적은 2,195 m²이다. 대수선 시점은 2020년으로 전제하고, 대수선 이후 40년의 기간을 분석시점으로 설정하여 2060년까지의 대수선 공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다.

2020년을 시작으로 40년 기간 동안 대수선 예상 비용은 4,554 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 이러한 개·보수 등의 수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 2,183 백만원, 5,938 백만원으로 편익 총계는 8,121 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수

등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 18과 같다.

Table 18 Benefit/Cost effect of DUPIC/ROBOT in Korea B Research Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	-606	0.87	1.23

Table 19. Sensitivity Analysis of DUPIC/ROBOT in Korea B Research Institute(million won, %)

Cost	Benefit	-10%	-5%	0	5%	10%
		-10%	NPV -545	-575	-606	-636
	B/C	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
	IRR	1.23	1.52	1.81	2.08	2.35
-5%	NPV	-773	-575	-378	-181	16
	B/C	0.82	0.87	0.91	0.96	1.00
	IRR	0.94	1.23	1.51	1.78	2.04
0	NPV	-1,001	-803	-606	-408	-211
	B/C	0.78	0.82	0.87	0.91	0.95
	IRR	0.68	0.96	1.23	1.49	1.75
5%	NPV	-1,228	-1,031	-834	-636	-439
	B/C	0.74	0.78	0.83	0.87	0.91
	IRR	0.429	0.704	0.971	1.230	1.482
10%	NPV	-1,456	-1,259	-1,061	-864	-666
	B/C	0.71	0.75	0.79	0.83	0.87
	IRR	0.196	0.467	0.729	0.983	1.230

한국 B연구원 DUPIC/ROBOT동 건물의 수선비용과 편익효과 민감도 분석결과는 Table 19와 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감정도에 대응하는 민감도 분석 결과는 비교적 낮은 수준으로 나타나고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 -1,061 백만원, 비용편익비는 0.79, 내부수익률은 0.729% 수준으로 낮은 효과를 보이고 있다. 그리고 수선비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소한다고 하더라도 현재가는 -1,456 백만원, 비용편익비는 0.71, 내부수익률 0.196%으로 수선비용 대비 사업효과가 낮은 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 한국 B연구원 DUPIC/ROBOT동 건물에 투입되는 비용에 대비해 사업효과가 낮은 것으로 판단된다. 그러나 대수선에 대한 판단은 연구결과 도출을 위한 실험, 장비, 장치 등이 운용되는 측면의 필수적인 기능으로 판단하는 것이 적절하다.

3.2.4 주변전실

한국 B연구원 주변전실은 전체 연면적은 824m²이며 전력공급의 안정화를 이루는 기능이다. 대수선 시점은 2020년으로 가정하고 이후의 40년의 기간을 분석 시점을 설정

하여 대수선공사에 의한 편익비용 분석을 수행하였다.

2020년을 시작으로 40년 기간 동안의 대수선 비용은 1,709 백만원 수준으로 추정되었다. 반면 이러한 개·보수 등의 수선에 의한 건물가격 상승과 건물임대료 상승 수준은 각각 307 백만원, 836 백만원으로 편익 총계는 1,144 백만원으로 예상된다. 이러한 40년 동안의 개·보수 등의 수선에 소요되는 비용과 이에 따른 편익을 계산한 결과는 Table 20과 같다.

Table 20. Benefit/Cost effect of Main Elec. Control in Korea B Research Institute(million won, %)

	Net Present Value	B/C ratio	Internal Rate of Return
Effect	-1,153	0.33	-3.21

Table 21. Sensitivity Analysis of Main Elec. Control in Korea B Research Institute(million won, %)

Cost	Benefit	-10%	-5%	0	5%	10%
		-10%	NPV -1,038	-1,095	-1,153	-1,211
	B/C	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	IRR	-3.21	-3.00	-2.79	-2.60	-2.41
-5%	NPV	-1,123	-1,095	-1,067	-1,040	-1,012
	B/C	0.31	0.33	0.34	0.36	0.38
	IRR	-3.42	-3.21	-3.01	-2.81	-2.63
0	NPV	-1,209	-1,181	-1,153	-1,125	-1,097
	B/C	0.29	0.31	0.33	0.34	0.36
	IRR	-3.62	-3.41	-3.21	-3.02	-2.83
5%	NPV	-1,294	-1,266	-1,238	-1,211	-1,183
	B/C	0.28	0.29	0.31	0.33	0.34
	IRR	-3.80	-3.60	-3.40	-3.21	-3.03
10%	NPV	-1,380	-1,352	-1,324	-1,296	-1,268
	B/C	0.27	0.28	0.30	0.31	0.33
	IRR	-3.98	-3.78	-3.58	-3.39	-3.21

한국 B연구원 주변전실 건물의 수선비용과 편익효과 민감도 분석결과는 Table 21과 같다. 이것에 따르면 전체적으로 비용과 편익의 증감 정도에 대응하는 민감도 분석결과는 낮은 효과를 보이고 있다. 비용을 +10% 증가하고, 편익의 증감이 없는 경우, 현재가는 -1,324 백만원, 비용편익비는 0.30, 내부수익률은 -3.58% 수준으로 일반적인 사업효과 수준을 하회하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 수선비용이 +10% 상승하고 편익이 -10% 감소한다고 하더라도 현재가는 -1,380 백만원, 비용편익비는 0.27, 내부수익률 -3.98%로 수선비용 대비 효과가 매우 낮은 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 한국 B연구원 주변전실 건물에 투입되는 비용에 대비해 효과가 미미하다는 것을 반증하는 것으로 판단된다. 다만, 주변전실은 연구원의 전력공급의 안정화를 위한 필수

적인 기능으로 대수선에 의사결정은 기능의 고유성, 필수성 측면에서 이루어지는 것이 적절하다.

4. 결론

연구원은 일정의 목적을 설정하고 연구목적 달성을 위해 연구, 실험, 실습 등의 활동이 수행되는 공간이다. 이러한 기능을 수행하는 건물에서는 일반적인 행정, 연구 뿐만 아니라, 고도의 실험장치, 무진동 등의 실험공간 등이 요구되기도 한다. 1990년대 이후 건축된 대부분의 과학출연(연) 건물은 다양한 연구를 진행하면서 건물, 설비 등의 열화를 경험하게 된다. 이것은 연구원 종사자의 업무효율을 저하하거나 생산성을 저해하는 요인으로 작용하기도 한다. 뿐만 아니라 실험실이 열화됨에 따라 실험조건을 충족하는데 미흡할 뿐만 아니라 실험결과에 대한 신뢰도를 저하하기도 한다. 따라서 최적 혹은 최고의 연구환경 조건을 조성하기 위한 다양한 노력이 요구된다. 본 연구에서는 연구원의 대수선을 통해 발생하는 편익을 이용하여 비용 대비 효과를 분석하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 한국 A연구원 분석대상은 연구, 교육, 거주 등의 목적을 제공하는 기능이다. 이와 같은 건물의 편익비용 분석 결과, 연구동, , 교육연구동, 독서관 등의 대부분은 비용편익비가 1.0 이상을 상회하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 내부수익률(IRR)은 대부분이 10%내외의 수준으로 비교적 양호한 것으로 나타나고 있다. 그리고 편익과 비용의 변화에 따른 효과를 평가하기 위한 민감도 분석결과는 편익비용비, 내부수익률 등은 양호한 수준으로 나타나고 있다.

둘째, 한국 B연구원의 중앙기계실, 주변전실 등의 실험, 기계, 전기관련 지원시설은 연구를 위한 지원기능을 수행한다. 이러한 지원시설의 대수선에 따른 효과를 살펴보면, 편익비용비, 현재가, 내부수익률 등은 비교적 낮은 수준으로 나타나고 있다. 중앙기계실, 제2유틸리티 시설, DUPIC/ROBOT동, 주변전실 등의 편익비용비는 1.0 이하를 하회하고 있으며, 내부수익률은 음(-)의 수치를 갖거나 매우 낮은 수준을 보이고 있다. 따라서 편익과 비용변화에 따른 민감도 분석결과도 비교적 양호하게 나타나고 있지는 않다.

셋째, 앞서의 연구원 종사자가 계속적으로 거주하는 공간과 실험, 전기, 기계 등의 지원공간의 대수선에 따른 효과를 비교하면, 연구원 종사자 거주 건물이 상대적으로 효과가 높은 것으로 나타난다. 반면, 실험, 기계, 전기 등의 지원시설은 장비설치, 실험조건 등을 충족하기 위해 많은 비용이 투입되는 반면, 편익은 낮은 것이 원인으로 추측된다.

상기와 같이 연구원 종사자가 계속적으로 거주, 연구공간과 실험, 기계, 전기 등의 지원시설에 대한 대수선 효과를 분석하였다. 실험, 기계, 전기 등의 간헐적으로 이용이 되는 공간은 대수선에 의한 효과가 낮다고 하더라도 연구 목적을 위한 필수적인 공간이다.

연구원은 실험과 응용 등의 다양한 업무가 수행되는 공간이다. 이러한 건물에 대한 대수선 등의 유지관리는 다양한 측면에서 접근하여야 할 것이다. 다만, 대수선이라는 유지관리를 위해 수선이력에 대한 보다 정확하고 정밀한 분류에 의한 데이터 관리가 필요할 것으로 판단된다. 그리고 수선이력은 수선대상, 면적, 재료, 물성 등의 다양한 자료가 축적되어 활용하는 것이 중요하다. 그리고 내용년한, 경제적인 수선, 단위수선비용 등은 건물 준공 이후 중장기적인 유지관리계획 수립에 요구되는 기초적인 정보이다.

Reference

1. Baek, H., "Economic Evaluation of the Environmental Omprovement on the Governmental Research Buildngs", Industrial Cooperation of Kunkook Univ., pp.1~24, 2011.
2. Lee, K and Chae, C., "Establishment of the Service Life of the Education Fcilities - Focused on the Roof water-proof and Floor finishings -", J. of Korean Institute of Education Vol.24 No.6, pp.27~37, 2017.
3. Lee, B., Kim, D., "Development and Implementation of the Feasibility Analysis Tool on Public Building Green Remodeling", Proceeding of AIK 37(2), pp.41~42, 2017.
4. Lee, S., Lee, J., "An Economic Evaluation Study of Office Remodeling and Green-remodeling Projects : A Simulation Approach to a Rental Office in GBD, Seoul", Journal of AIK 34(3), pp.23~34, 2018.
5. Lim, Study on the Environmental Friendly Remodelling of Office", Master degree of Ajou Univ., pp.1~88, 2001.
6. Korea Insttute of Civil Engineering and Building Technology, "Evaluation on the Environment and Safe Improvement Project of Governmental Research Buildings, pp.255~276, 2019,
7. Japan Architectural Institute, Considerations on the Building Durability of Building, 1988.
8. Japanese Construction Traing Center, Trend of the Improvement of Durability, p.21, 1984.

접수 2019. 10. 16
1차 심사완료 2019. 10. 22
2차 심사완료 2019. 11. 11
게재확정 2019. 11. 11