

초·중등 교육시설의 유지관리비 분석
- 인천광역시 초·중등학교를 중심으로 -

The Analysis of Maintenance & Repair Cost in Educational Facilities of
Primary and Secondary Schools

- Focusing on Primary and Secondary Schools in Incheon Metropolitan City -

김 영 구* 이 재 림**
Kim, Young-Gu Lee, Jae-Rim

Abstract

The purpose of this study is to provide a basis for calculation of school operation fees for normal functioning of the school facilities, and facility maintenance and repair cost through their life spans, considering remodeling of the facilities and changes of their functions.

This study analyzes maintenance and repair records during the three years from 2003 to 2005 in primary, middle and high schools in Incheon Metropolitan city and also the facility management and operation expenditure of the same schools in the city during the year of 2005, and presents quantified unit cost of each item according to the area, the age of the facilities, and the number of classroom, student, and lessons given.

The calculation can be a basis for both BTL school facility managers and the general school facility managers to budget school facility maintenance cost appropriately and the quantity of energy, water, electricity, and telephone fees calculated here can be a criteria for the managers to check the normal maintenance of their facility.

키워드 : BTL사업, 시설관리, 교육시설, 시설운영비, 생애비용

Keywords : BTL Business, the Facilities Maintenance, Education Facilities, Facilities Operation Expense, LCC

1. 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

학교교육의 목적과 목표를 원활히 달성하기 위해서는 필요한 여러 가지 여건과 환경이 상호 유기적으로 상호 조화를 이루어 협력하여야만 된다. 그 여러 여건 가운데도 특히 교육시설물의 확충과 유지 개선이 중요한 요건이라 할 수 있어 제7차 교육과정 개편과 함께 교육여건개선을 위한 급당 학생 수 하향조정 등으로 근래에 들어 교육시설물은 그 규모가 급격하게 확장되어 왔다. 이 급격히 확장된 교육시설물을 각 기능별로 원활히 유지 관리하기 위해서는 시설물의 규모와 기능에 상응하는 전문지식을 갖

춘 관리책임자를 배치하여 정기적으로 점검토록하며 일상 운영을 위한 시설물 관리운영비¹⁾와 적정한 시기에 시설물을 유지 보수를 실시할 수 있도록 시설물 유지관리비²⁾를 투자하여 교육기능의 원활함과 시설물의 물리적 기능을 유지시키기 위한 조치를 하여야 한다. 또한, 최근 민간투자법의 개정에 따라 학교시설의 민간투자사업자에게 위탁 관리하는 추세에 따라 적정 지급기준의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

이에 학교 시설물의 노후화 또는 사용 용도의 변경 등

- 1) 본 연구에서 '관리운영비'라 함은 학교 시설물을 일상적으로 운영하기 위해 소요되는 냉·난방비용, 전기료, 수도료 및 전화료 등 학교 운영비중 시설물 운영과 관련하여 지출되는 비용을 의미함.
- 2) '시설물 유지관리비'라 함은 건축물의 시간 경과에 시간 경과에 따라 발생하는 물리적 노후화를 방지하고자 투입되는 수선(보수)비용을 의미함.

* 정회원, 인천광역시 북부교육청 교육시설과장

** 정회원, 한국교원대 교육정책대학원 교수

으로 리모델링하거나 폐기될 때까지 소요되는 학교 급별 시설물 유지수선비와 시설물 관리 적정 운영비를 산출 제 시함으로써 각급학교 시설물 유지관리 예산의 적기 투자 및 민간투자사업에 의한 위탁관리 시 적정 지급비 산정에 활용될 수 있도록 함을 본 연구 목적으로 한다.

1.2 연구내용 및 방법

연구내용으로는 초·중·고등학교별로 시설물을 생애 운영하기 위한 관리운영비와 시설물을 유지관리하는 데 소요되는 시설물 유지관리비를 조사 대상학교의 지출자료를 이용하여 분석하며 이를 초·중·고등학교별, 건물 연면적별, 학급수별, 학생수별로 세분하여 비교할 수 있는 자료를 산출하여 초·중·고등학교 급별에 따른 소요 예산과 차이점을 알아보았다.

본 연구에서는 자료수집 대상으로 인천광역시 소재의 학교를 대상으로 준공연도가 각각 다른 다양한 교육시설물의 자료를 수집하여 이를 준공년도 순으로 나열하고, 그 나열된 각각의 다른 건물 자료를 단위학교 건물의 생애기간 중에서 준공 후 경과기간에 해당하는 것으로 간주하는 방법으로 진행하였다. 그리고 연구 결과의 신뢰성을 높이기 위해 비교적 자료가 잘 보존되어 있는 최근의 2003년~2005년의 3년 동안의 319개 학교에 대한 시설물 유지관리비와 2005년도 1년 동안의 관리운영비를 대상으로 수집하여 분석하였다.

2. 시설물의 유지관리업무 및 노후도의 이론

2.1 시설물 유지관리의 이론적 고찰

일반적으로 유지관리라 함은 완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상 복구하며 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동을 하는 것을 말한다.³⁾

시설물 노후화의 원인은 여러 가지 측면에서 나누어 살펴볼 수 있으나, 일반적으로 크게 물리적, 기능적, 사회적 노후와 이차적 물리적 노후로 분류한다.

첫째, 물리적 노후화란 사용 시간의 경과와 자연에 의해 노후, 파손, 마모 등과 사고 등에 의한 우발적인 손상을 들 수 있으며 그 예로는 연약지반과 설계상 잘못으로 인한 노후, 사용 경과연수에 따른 자연적 노후 및 인위적 노후, 지진이나 풍수해 등과 같은 사고에 의한 노후를 들 수

있다.

둘째, 기능적 노후란 외부환경의 변화에 대응하지 못하여 물리적 노후 정도에 관계없이 기능적인 면에서 효용이 저하된 것을 말한다. 새로운 건물에 비해 설비의 미비, 구식화, 건물과 부지의 부적합화, 디자인과 외관의 구식화, 기능상 결함 때문에 보수가 곤란하나, 개량·개조 등에 의해 어느 정도의 효용은 회복할 수 있다.

셋째, 사회적 노후화란 전술한 기능적 노후화와 같은 인과관계가 있기 때문에 명확히 구분하기 어려우나 주된 내용은 도시계획과의 관계, 지가상승에 따른 채산성 감소나 건축재료·공법의 변화 등이다. 또 이차적 물리적 노후로는 개량, 증축, 용도변경 무리한 개조 등에 의한 손상이 원인이 되어 발생하는 노후 등이 있다.

또한, 내용년수라 함은 건물의 실제상의 수명을 말하는 것으로, 노후화의 분류에 따라서 이를 다시 물리적 기능적·사회적 수명으로 구분하기도 하고, 법률적으로는 법정 내용년수로 분류하기도 하는데, 일반적으로는 각각의 노후화의 원인으로 인해 기술적·경제적으로 개량보전이 불가능하여 그 효용을 상실하는 시기의 수명을 말한다.

이를 좀 더 객관적으로 수치로 정하고 있는 법제근거를 살펴보면, 우리나라의 법인세법 시행규칙(제15조 제3항 별표 5)⁴⁾에서 건물의 구조에 따라 철근콘크리트조, 연와석조 및 블록조, 철골조, 토벽조, 목조 등으로 구분하고 각각에 대하여는 용도별로 내용년수가 정하고 있다.

2.2 시설물 유지관리의 일반적인 사항

건설교통부에서 1996년도 발행한 「건축물 유지관리 이렇게 합니다.」에서 권장하고 있는 시설물 유지관리에 필요한 계획과 과정을 살펴보면 아래와 같다.

유지관리업무를 빠르고 효과적으로 수행하기 위해서는 먼저 계획을 수립할 필요가 있다. 계획에는 일상적인 점검과 정기적인 점검·수선에 관한 사항이 있다. 일상적으로는 기기의 운전 또는 청소, 소모품의 교환, 실내 환경의 측정 등이 포함되며 건물의 기능을 충분히 발휘시키기 위해 연간계획, 월간계획에 따라서 효율적으로 업무를 진행해나가도록 한다. 특히 법규에서 의무화시킨 점검 등은 누락되지 않도록 계획에 포함시킬 필요가 있다.

고장부위를 어떻게 우선순위로, 어느 정도로 수선해나가야 하는가를 계획하는 것이다. 그러나 한정된 예산범위 내에서 모두 실시한다는 것은 현실적으로 어려운 일이므로,

3) 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제2조[정의]

4) 법인세법 시행규칙 제15조 제3항 별표 5(건축물 등의 기준내용년수 및 내용연수 범위표) 참조

계획을 세워서 효과적으로 실시해나갈 필요가 있다. 한편, 장기적인 관점에서 사전에 전문가와 충분히 상의하여 몇 년 동안 몇% 정도의 범위로 수선을 하는 것이 좋은지? 수명이 다해서 전면적인 수선이 필요한 시기는 언제쯤 돌아올 것인지? 와 같은 계획을 수립해두도록 한다.

또한, 건축물은 완성된 후부터 열화가 시작된다. 건물의 기능 또는 성능을 유지하고, 내용년수를 연장시키기 위해서는 일상적인 점검·보수 외에 정기적인 점검 보수를 빼놓지 않는다. 건축물의 청소라든지 설비 기기의 운전, 가동부분의 주유, 소모품의 교환 조정 등은 일상점검에서 행하고 그 외에는 법적으로 정해진 것을 포함하여, 고도의 전문적인 지식을 필요로 하는 것은 정기적인 점검·보수를 행하도록 한다.

건물을 점검하거나 보수할 경우에는 그 내용을 상세하게 기록하도록 한다. 건물이 과거에 실시했던 보수이력을 알고 있으면, 고장이 발생하더라도 조속히 적절한 대처를 강구할 수 있기 때문에 유지관리 사항에 대한 상세한 기록이 필요하다. 수선 또는 개축, 설비의 갱신에 필요한 자료로는 건물 준공 시에 양도받은 준공도서 및 각종서류로서 가능하면 일정한 장소에 비치하여 보관하도록 한다.

즉 시설물 유지관리 계획은 장기적인 수선계획과 점검 및 이를 기록함으로써 유지관리를 효율적으로 할 수 있도록 함에 있음을 알 수 있다.

2.3 시설물 유지관리의 유형에 대한 고찰

인천광역시 교육청 초·중·고등학교에서 현재 시행되고 있거나 향후 시행 예정인 시설물 관리유형을 관리 주체를 기준으로 구분하면 아래와 같이 분류할 수 있다.

1) 교육 시설물의 대부분을 직접 관리하는 유형

관련 법률에 의해 외부 전문 업체에 반듯이 위탁 관리하여야 하는 극히 일부의 시설(정화조의 정기적인 청소, 승강기 검사와 안전관리, 야간 당직 보안관리 등)을 제외한 교육시설물 대부분을 해당 학교에서 관리인원과 비용을 확보하여 외부 용역하지 않고 직접 관리하는 유형으로 인천광역시 학교의 경우는 시설물 유지관리의 전문적인 기능을 가진 직원이 배치된 일부 고등학교와 수선설비가 없는 소규모학교 및 도서벽지 학교의 관리 유형이다.

2) 교육 시설물의 일부분을 위탁 관리하는 유형

상기의 1)의 유형에 추가하여 소방시설의 점검과 관리, 확장실 청소와 소독, 수변전설비의 안전관리, 저수조 청소 등을 각각의 전문 용역업체에 위탁 관리하는 유형으로 인천광역시의 가장 많은 학교가 채택하고 있는 관리 유형이다.

3) 교육 시설물 대부분을 위탁 관리하는 유형

상기의 1)의 유형과 반대로 대부분 시설물의 유지관리를 외부 전문 용역업체에 위탁 관리하고, 학교 자체에서는 시설물 보전관리만 담당하는 유형으로 일부 국립대학이나 공용의 청사 등의 관리유형이다.

4) 교육시설물 BTL사업의 민간사업자 위탁 관리유형

2005년부터 시행되고 있는 BTL사업의 관리 유형으로 교육시설물을 신축한 민간사업자가 유지관리의 책임을 지고 시설물 대부분을 관리하며 해당학교는 관리비용과 시설물 임대료를 민간관리업체에게 지급하는 관리유형이다.

이와같이 학교 시설물의 유지관리에는 학교운영자가 직접 관리하는 유형부터 최근 민간투자 사업의 확대에 따라 민간사업자가 관리 운영하고 이를 국가로부터 대가를 받는 유형까지 다양하게 운영되고 있다. 따라서 국가는 현재 운영되고 있는 학교시설물에 대해 적기에 적절한 시설유지관리비를 투입하여 건물의 내구년수를 늘리고 학교 고유의 교육기능을 원활히 할 수 있는 환경을 유지하도록 하여야 한다.

3. 조사·분석결과 및 논의

3.1 조사방법 및 분석 유형

본 연구 목적을 달성하기 위해 단위학교에서 교육시설물 운영관리에 소요되는 관리비로서 경직성 경비인 물, 전력사용량, 전화사용량 및 냉난방에너지 비용 등 각종 공공요금을 조사하고 또 시설물의 물리적인 유지와 관리에 소요되는 유지관리비에 대해 이를 건물 연면적·학생 수·학급 수 등 적절한 변수를 선정·분석하였다. 조사 대상학교는 2005년도를 기준으로 하여 자료 확보가 가능한 인천광역시 교육청 소속으로 한정하였다. 수집된 자료는 초등학교 214개교 중 179개교로 83.6%, 중학교 117개교 중 93개교로 79.5%, 일반계 고등학교 82개교 중 47개교로 57.3%에 해당하는 학교를 대상으로 하였다.

본 연구에서 분석 내용은 예산 수입적인 측면에서 학교 회계의 시설보수·운영비 예산항목과 건물 경과연수에 의한 시설물 노후도 관계를 분석하였다.

이중 학교회계의 시설보수, 운영비의 분석 대상으로는

5) BTL(Build-Transfer-Lease) : 민간사업자가

시설투자의 위험을 정부에서 보장받는 조건으로 자본을 투자하여 시설을 완공 후, 정부에 기부채납한 후 일정기간 운영하면서 정부로부터 임대료를 받아 투자비 회수하는 방식을 말하며, 주로 공공시설 중에서 학교, 군 막사 등으로 수익이 발생하지 않는 공공시설이 해당된다.

학교 급별 연면적 대비 관리비 비교와 재보수 기간비교로 하였다. 이를 다시 단위 사업의 유형별 비교를 함으로서 학교급별, 단위사업별, 단위면적당 보수비를 제시하여 건물의 특성별 유지관리비에 대한 분석을 실시하였다.

이에 적용된 공종으로는 전기사용량, 수도사용량, 전화사용량을 분석하였다.

각급 학교의 자료는 해당년도에 지출된 결산서와 각종 공과금 납부자료 및 설계도면을 수집하여 분석하였으며 통계처리하는 각 학교 급별 항목별 평균값을 도출하여 제시하였다. 이에 따른 분석 대상학교의 지역별 현황과 경과연수별 현황은 <표 1>, <표 2>와 같다.

표 1. 인천광역시 각 지역구청별 학교 수

구분	강화군	옹진군	계양구	남구	남동구	동구	부평구	서구	연수구	중구	계
초등학교	10 (22)	1 (7)	23 (25)	17 (20)	25 (28)	6 (8)	38 (41)	33 (33)	18 (19)	8 (11)	179 (214)
중학교	7 (10)	0 (5)	12 (12)	9 (12)	14 (17)	2 (4)	17 (20)	15 (16)	13 (13)	4 (8)	93 (117)
고등학교	3 (5)	0 (4)	8 (10)	6 (8)	5 (10)	0 (2)	9 (16)	6 (10)	7 (11)	3 (6)	47 (82)

표 2. 조사대상학교 경과연수별 학교 수

구분	'84년 이전	'85~'87년	'88~'90년	'91~'93년	'94~'96년	'97~'99년	'00~'02년	'03~'05년	합계
초등학교	22	8	6	13	9	40	38	30	166
중학교	10	10	3	5	11	9	21	16	85
고등학교	1	2	0	1	3	12	14	9	42

※ 전체 조사 대상학교 중에서 시설물 유지보수부분 대상학교만을 선별함.

3.2 분석 결과

가) 시설물 유지보수비 분석

건물의 준공 또는 환경개선 사업 완료 후의 초·중·고등학교 급별 평균한 재보수 경과연수는 초등학교 9.8년, 중학교 10.6년, 고등학교 6.9년으로 조사되었다. 하급학교로 갈수록 경과연수가 많은 사유는 많은 수의 초·중학교가 80년대 중반 이후에 집중적으로 신설되어 1995년부터 시행된 환경개선사업의 대상을 정할 그 당시의 고등학교 시설과 비교하여 상대적으로 양호함에 따라 동 사업순위가 뒤로 미루어져 시설보수가 늦어짐에 따라 현재 시점에서는 고등학교는 그동안의 환경개선사업으로 시설이 개선되어 양호하고, 반대로 초·중학교의 건물 경과연수가 오래된 것으로 나타나고 있다.

따라서 향후 환경개선사업이나 보수공사의 예산을 우선적으로 초·중학교에 배정하여 고등학교와 비교하여 상대적으로 낙후된 시설의 개선이 시급한 실정이며, 또 앞으로 시행되는 환경개선사업은 소수학교를 선정하여 예산을 집중 투입하는 전체를 일괄 보수하는 지금까지의 방식에서 전환하여 다수학교를 대상으로 필요한 부분만을 보수하는 방법으로 전환하여야 다수의 학교가 환경개선 사업의 혜택을 받을 수 있어 부족한 교육예산의 효율적인 집행이 될 것으로 본다.

다음은 초·중·고등학교의 시설물 보수비를 건물 단위 연면적과 단위학급의 수업 1시간당으로 구분하고, 이를 다시 시설 전문분야별과 보수목적별로 나누어 각각 분석한 결과이다.

첫째, 건물 단위 연면적당 시설물 보수비를 분석한 결과는 <표 3>, <표 4>와 같다.

표 3. 학교 급별 건물 단위 연면적당 분야별 보수비(천원/m²)

구분	경과기간	연면적	비품비	건축	설비	소방	식재	전기	조경	토목	통신
초등학교	9.8년	7,832	1,049	2,485	1,020	160	114	216	0.051	993	213
중학교	10.6년	8,017	0,958	2,758	1,004	186	129	404	0.036	468	295
고등학교	6.9년	11,438	0,568	2,642	0,878	241	746	0,614	0,059	988	402

표 4. 학교 급별 건물 단위 연면적당 목적별 보수비(천원/m²)

구분	경과기간	건물 연면적	노후보수	시설보완	용도변경	시설증축	환경개선
초등학교	9.8년	7,832	11,672	6,357	0.167	0.194	1.053
중학교	10.6	8,017	12,680	1,786	0.087	0.330	1.095
고등학교	6.9년	11,438	4,168	1,170	0.064	0.291	0.794

<표 3>과 <표 4>의 결과에 의하면 초등학교의 시설분야별 보수비는 건축 2,485원(39.4%), 토목(조경, 식재 포함) 1,158원(18.4%), 기계 1,020원(16.2%), 전기 216원(3.4%), 통신 213원(3.4%), 소방 160원(2.5%), 비품구입 1,049원(16.6%)을 사용하여 계 6,301원/m²를 사용하였고, 보수목적별⁷⁾은 노후보수 11,672원(26.9%), 시설보완 6,357

6) 상급기관인 교육청에서 직접 집행한 보수비를 제외하고, 해당 학교의 학교회계에서 집행한 금액만을 대상으로 분석함(시설관리상의 일상적인 경미한 보수비를 분석대상으로 함).

7) 해당학교의 학교회계에서 집행한 보수비 금액에 상급기관인 교육청에서 직접 집행한 보수비를 더하여 분석함(해당학교의 경미한 보수에 환경개선사업 등의 대수선 비용이 포함하여 분석대상으로 함).

원(14.6%), 신규신축 23,981원(55.2%), 용도변경 167원(0.4%), 시설증축 194원(0.4%), 환경개선 1,053원(2.4%), 계 43,424원/m²를 사용하였다.

중학교의 시설분야별 보수비는 건축 2,758원(44.2%), 토목(조경, 식재 포함) 633원(10.1%), 기계 1,004원(16.1%), 전기 404원(6.5%), 통신 295원(4.7%), 소방 186원(3.0%), 비품구입 958원(15.3%)을 사용하여 계 6,238원/m²를 사용하였고, 보수목적별은 노후보수 12,680원(41.5%), 시설보완 1,786원(5.8%), 신규신축 14,603원(47.8%), 용도변경 87원(0.3%), 시설증축 330원(1.1%), 환경개선 1,095원(3.6%), 계 30,581원/m²를 사용하였다.

고등학교의 시설분야별 보수비는 건축 2,642원(37.0%), 토목(조경, 식재 포함) 1,793원(25.1%), 기계 878원(12.3%), 전기 614원(8.6%), 통신 402원(5.6%), 소방 241원(3.4%), 비품구입 568원(8.0%)을 사용하여 계 7,138원/m²를 사용하였고, 보수목적별은 노후보수 4,168원(28.9%), 시설보완 1,170원(8.1%), 신규신축 7,926원(55.0%), 용도변경 64원(0.4%), 시설증축 291원(2.0%), 환경개선 794원(5.5%), 계 14,413원/m²를 사용하였다.

위의 분석결과를 가지고 초·중·고등학교를 상호 비교한 결과 건물 단위 연면적당 시설분야별 보수비는 건축·설비·소방·통신 분야는 학교 급별 차이가 크지 않았으나, 전기 분야만큼은 수업시간과 비례하여 상급학교로 갈수록 보수비를 많이 사용하였으며, 또 보수목적별 보수비를 비교한 결과 노후부분은 건물 경과년수와 비례하여 중학교 > 초등학교 > 고등학교 순으로 정상적인 분석결과를 보여주고 있었다.

그리고 시설물 보수비의 최대값과 최소값을 비교하면 그 편차가 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 이는 최근에 신축된 시설물의 경우 보수비가 최소로 소요되는 면도 있지만, 일부 학교에서 대수선사업(시도교육청단위의 수선계획) 대상으로 선정된 것을 사유로 노후시설물의 보수를 정상적인 보수방법보다는 최소비용으로 응급처방하면서 버티는 소극적인 유지관리를 하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서 지금까지 시행하여온 일괄수선정책은 수선 후 신축된 시설물과 유사한 효과를 내는 긍정적인 면도 있지만, 그 반대로 적기에 보수하여야 할 부분을 단위학교에서 응급처방으로 버티면서 대수선 시기만을 기다리는 소극적인 관리로 시설물의 수명을 단축시키고 있으면서 또한 전체보수는 보수 후의 전시 효과를 감안하여 시설물 상태가 비교적 양호하여 보수하지 않아도 되는 부분까지 예산을 투입하는 부정적인 면을 보여주고 있다. 따라서 예산을 절

감하고 시설물을 내구년한까지 정상적으로 사용하기 위해서는 지금까지의 일괄보수정책을 노후 부분만을 적기에 보수하여 부분보수정책으로 변경할 필요가 있다.

나) 관리 운영비 분석

학교 내에서 건물을 사용하고 유지하는 데 필요한 주요 관리 유형으로는 물, 전화, 전력 및 냉난방 등에 소요되는 에너지가 있다. 각 요소별로 사용량을 학교 급별, 연면적별로 조사 분석하여 제시하였다.

(1) 학교 내 물 사용량 분석

학교에서 사용되는 물 사용량의 대부분은 학생 개개인이 사용하는 위생용수이다. 그러므로 본 연구에서는 학생들이 교내에 없는 1월과 8월의 방학기간에 물 사용량의 최소·최대값이 있을 경우에는 그 값의 선정을 배제하였다. 그리고 물 사용량의 각 분석 요소별로 산출된 각급학교의 물 사용량의 평균값은 <표 5>와 같다.

표 5. 학생 1인당 월별 물 사용량 (Lit/인)

구분	학생	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
초등학교	1,308	487	236	484	702	728	782	745	388	514	661	730	706	594
남녀공학중학	1,154	436	323	605	718	789	882	865	515	760	926	953	805	730
남자중학	1,327	406	300	554	658	708	716	652	393	517	595	660	674	569
여자중학	1,282	554	249	478	905	693	743	755	396	555	778	791	776	640
남녀공학고	809	608	383	737	1,242	1,241	1,193	1,183	888	1,130	1,194	1,272	1,077	1,006
남자고	1,177	601	409	673	915	989	1,112	1,144	720	944	1,052	1,035	863	871
여자고	1,352	603	461	927	1,155	1,373	1,340	1,275	972	1,027	1,132	1,245	960	1,039

첫째로 학생 1인당 물 사용량 분석에서 초등학교 최대 사용량은 6월에 782±306Lit, 월평균은 594±231Lit이고, 남녀공학 중학교 최대사용량은 11월에 953±533Lit, 월평균은 730±347Lit이고, 남자 중학교 최대사용량은 5월에 708±433Lit, 월평균은 569±278Lit이며, 여자 중학교 최대사용량은 4월에 905±651Lit, 월평균은 640±238Lit이고, 남녀공학 고등학교 최대사용량은 11월에 1,272±566Lit, 월평균은 1,006±480Lit이고, 남자 고등학교 최대사용량은 7월에 1,144±335Lit, 월평균은 871±301Lit이며, 여자 고등학교 최대사용량은 5월에 1,373±674lit, 월평균은 1,039±422Lit이다.

둘째로 <표 6>은 건물 단위 연면적당 월별 물 사용량을 조사 분석한 결과이다.

표 6. 건물 단위 연면적당 월별 물 사용량 (Lit/m²)

구분	연면적	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
초등학교	8,200	74.0	35.5	73.9	108.1	111.6	120.4	115.2	60.7	78.8	103.3	112.9	107.6	91.3
공학중학교	8,691	69.8	50.4	85.0	99.3	103.7	116.7	108.3	66.4	97.0	109.	118.3	105.8	93.4
남자중학교	7,926	70.3	47.8	91.7	111.1	119.1	119.3	110.8	62.2	84.4	95.7	109.3	113.5	94.6
여자중학교	7,838	102.7	42.4	85.3	161.8	125.9	138.2	138.0	77.0	101.0	134.1	140.5	142.6	115.8
공학고교	10,192	55.6	28.4	48.8	99.4	97.6	91.5	97.8	66.5	78.0	91.1	99.3	80.7	77.4
남자고	12,014	60.7	41.2	66.1	94.4	100.7	111.5	118.1	73.2	93.3	108.5	103.6	86.5	88.2
여자고	11,549	79.0	62.0	121.3	135.4	166.3	160.3	151.0	125.2	123.5	133.8	146.8	120.6	127.1

<표 6>의 건물 단위 연면적당 물 사용량 분석에서 초등학교 최대사용량은 6월에 120.4±45.9Lit, 월평균은 91.3±34.8Lit이고, 남녀공학 중학교 최대사용량은 11월에 118.3±65.3Lit, 월평균은 93.4±57.5Lit이고, 남자 중학교 최대사용량은 6월에 119.3±76.5Lit, 월평균은 94.6±48.5Lit이며, 여자 중학교 최대사용량은 4월에 161.8±122.1Lit, 월평균은 115.8±69.9Lit이고, 남녀공학 고등학교 최대사용량은 4월에 99.4±59.6Lit, 월평균은 77.4±47.4Lit이고, 남자 고등학교 최대사용량은 7월에 118.1±55.4Lit, 월평균은 88.2±41.9Lit이며, 여자 고등학교 최대사용량은 5월에 166.3±105.4Lit, 월평균은 127.1±73.5Lit이다.

분석결과를 보면 각급 학교별 최대 물 사용량과 지금까지 설계에 적용하여온 각급 학교별 물 사용량(초·중학교 40~50Lit/인*일, 고등학교 80Lit/인*일, 교사 100Lit/인*일)의 1시간당 변환량(초등학교 8Lit/hr, 중학교 8.3Lit/hr, 고등학교 13.4Lit/hr)을 상호 비교한 결과 기존의 설계 데이터가 1/2 ~ 1/3 정도 물 사용량이 많은 것으로 분석되었다.

(2) 전력사용량 분석

학교별 전력사용량의 차이는 해당 학교의 냉난방 방식의 주 에너지원이 도시가스나 석유 또는 전기냐에 따라 큰 차이를 보인다. 따라서 본 연구에서 이들 주 에너지원별로 각각을 분석하여 전력사용량을 산출하여야 하나, 자

료 수집의 어려움과 또 기 설치된 냉난방 방식을 EHP나 GHP냉난방으로 전환하는 추세를 감안하여 본 연구에서는 전기를 주 에너지원으로 하는 EHP냉난방 방식만을 대상으로 하여 초·중·고교의 학교 등급별로 건물 연면적당·학급당·수업시간당·학생 1인당 전력사용량⁸⁾을 조사 분석하였으며, 그 결과는 <표 7>과 같다.

표 7. 학생 1인당 전력사용량 (KWH/인)

구분	학생	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
초등학교	1,119	29.4	23.4	31.3	27.3	18.1	19.3	21.2	16.7	18.7	22.4	25.9	48.7	25.9
중학교	977	21.2	24.4	40.1	32.9	24.6	26.8	26.2	23.0	32.1	28.7	38.7	63.4	32.5
고등학교	827	44.8	47.3	50.5	46.8	28.9	33.4	37.7	42.0	40.8	29.2	41.7	82.0	43.8

첫째, 학생 1인당 전력사용량(KWH/인*월) 분석에서 초등학교는 최소는 5월에 18.1, 최대는 12월에 48.7±22.5, 월평균은 25.9±12.7이고, 중학교는 최소는 2월에 24.4, 최대는 12월에 63.4±37.1, 월평균은 32.5±20.4이며, 고등학교는 최소는 10월에 28.9, 최대는 12월에 82.0±59.9, 월평균은 43.8±11.6이고, 이를 월평균 전력사용량을 기준으로 나열하면 초등학교 < 중학교 < 고등학교 순으로 많이 사용하는 것으로 분석되었다(전력사용은 주로 학급단위의 학습활동에서 사용되며 학급당 학생수는 초등학교 33.4명, 중학교 40.3, 고등학교 36.4명을 참고).

표 8. 건물 단위 면적당 전력 사용량 (KWH/m²)

구분	건물 연면적	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
초등학교	8,449	4.07	3.20	4.07	3.50	2.21	2.31	2.70	2.05	2.23	2.50	3.13	6.23	3.15
중학교	8,757	2.88	2.56	3.35	2.67	1.96	2.14	2.29	1.74	2.84	2.29	3.06	5.56	2.75
고등학교	9,597	4.17	4.23	4.24	3.82	2.40	2.85	3.26	3.58	3.39	2.33	3.19	6.13	3.63

둘째, 건물 단위 면적당 전력사용량(KWH/m²*월) 분석에서 초등학교는 최소는 5월에 2.21, 최대는 12월에 6.23±3.15, 월평균은 3.15±1.05이고, 중학교는 최소는 5월에 1.96, 최대는 12월에 5.56±2.58, 월평균은 2.75±1.03이며, 고등학교는 최소는 10월에 2.33, 최대는 12월에 6.13±3.39, 월

8) 초·중학교의 방학기간은 수업활동과 관련이 적으므로 최소사용량에서 제외함.

평균은 3.63±1.29이고, 이를 월평균 전력사용량을 기준으로 나열하면 중학교 < 초등학교 < 고등학교 순으로 많이 사용하는 것으로 분석되었다(전력사용은 주로 학급단위의 학습활동에서 사용되며 학급당 건물연면적은 초등학교 252m², 중학교 362m², 고등학교 423m²를 참고).

표 9. 학교 급별 단위 학급당 전력 사용량 (KWH/학급)

구분	학급	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
		초등학교	33.5	944	755	992	864	563	595	664	520	583	697	
중학교	24.2	802	936	1,557	1,245	921	1,009	984	815	1,220	1,060	1,455	2,432	1,228
고등학교	22.7	1,605	1,689	1,813	1,639	1,028	1,198	1,355	1,500	1,460	1,035	1,486	2,904	1,562

셋째, 단위 학급당 전력사용량(KWH/학급*월) 분석에서 초등학교는 최소는 5월에 563, 최대는 12월에 1,539±640, 월평균은 814±305이고, 중학교는 최소는 5월에 921, 최대는 12월에 2,432±1,414, 월평균은 1,228±717이며, 고등학교는 최소는 5월에 1,028, 최대는 12월에 2,904±2,023, 월평균은 1,562±359이고, 이를 월평균 전력사용량을 기준으로 나열하면 초등학교 < 중학교 < 고등학교 순으로 많이 사용하는 것으로 분석되었다. 마지막으로 전력사용량 분석의 전제조건은 해당학교에서 교실 내 환경조건⁹⁾을 정상적으로 충족시킨 상태에서 사용된 전력을 기초로 통계값을 산출하여야 하나, 이번 조사 대상의 일부학교는 공공요금 부족 또는 해당시설 부족으로 정상적인 조건을 충족하지 못한 상태에서 조사되어 통계 결과를 100% 신뢰하기에는 부족함이 따른다. 그러므로 본 연구결과의 활용은 기존설비의 운영방법(간헐적인 EHP냉난방 + 자연환기로 환기량 부족)과 유사한 경우에는 한하여 비교자료로 활용이 가능하다. 따라서 교육시설물의 BTL사업에서 요구하는 실내 환경기준을 만족시키는 상태에서의 운영비 자료는 차후 연구에서는 환기장치까지 설치한 상태의 자료를 확보하여 재조사 분석이 필요하다(참고 : 교실의 난방 부하에서 환기부하가 차지하는 비율은 외기온도 -5℃에서 약 40% 정도가 되며, 이를 전열교환기형식의 강제급배기식 환기장치를 설치하여 회수할 경우 전력사용량은 상당하게 감소된다.).

(3) 전화통화료 분석

9) 학교보건법에서 정하고 있는 실내 온도 및 환기 조건

초·중·고등학교에서 각 학교별로 매월 전화 통화료를 건물 단위 연면적·단위 수업시간·단위 학급당·학생 1인으로 나누어 각 학교별 월별 사용요금을 구하고, 이를 통계 분석하였다.

표 10. 초·중·고등학교 전화 통화료

(단위 : 원)

구분	건물 단위 연면적당			단위 수업시간당		
	초교	중교	고교	초교	중교	고교
평균값	494.2	618.5	625.1	57.4	76.3	63.8

구분	단위 학급당			학생 1인당		
	초교	중교	고교	초교	중교	고교
평균값	121,890	191,970	241,650	4,208	5,810	7,229

위의 <표 10>에서 건물 단위 연면적당·학생 1인당·단위학급당 전화 통화료는 초등학교 < 중학교 < 고등학교 순으로 상급학교로 갈수록 학생 1인당 교사수의 영향으로 많은 통화요금을 나오는 것으로 분석되었다. 실제로 학교 내에서 교육활동으로 발생하는 통신요금은 인터넷망·교직원 개개인의 핸드폰 등 다양한 통신수단이 사용되어지나, 본 연구에서는 공용의 유선전화를 사용하는 통화료만을 분석 대상으로 분석하였으므로 학교 내에서 교육활동으로 발생하는 모든 통신요금을 분석하지는 못한 문제점을 안고 있어, 각급 학교에서는 본 연구의 분석결과를 비교 참고용으로만 활용하는 바람직하다.

(4) 연간 냉·난방 에너지 사용량 분석

각급 학교에서 사용하는 에너지의 근원은 교육용 및 심야전기·도시가스·LPG·경유·등유 등이다. 이들의 월별 사용량을 조사하여 여기에 석유환산계수¹⁰⁾를 곱하여 총 에너지를 산출하고, 그 총 에너지를 분모로 하여 전기 에너지를 나누어 전기에너지의 백분율로 아래와 같이 분석하였다.

건물 연면적당 연간 에너지 사용량(전력+가스+석유)은 초등학교가 116.8Mcal/m², 중학교가 110.6 Mcal/m², 고등학교가 142.3Mcal/m²를 사용한 것으로 분석되었으며, 단위학급이 연간 사용하는 에너지는 초등학교 28,320Mcal/학급, 중학교 35,520Mcal/학급, 고등학교 52,560Mcal/학급이 산출되었다.

10) 에너지관리공단의 석유환산 자료 참조

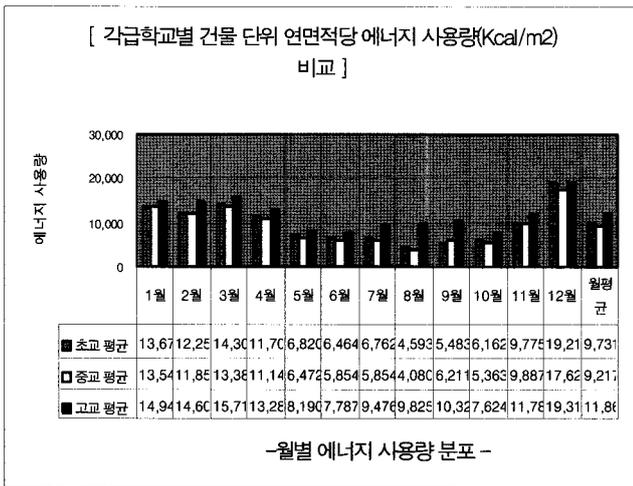


그림 1. 각급학교별 건물단위연면적당 에너지 사용량 비교

이를 다시 냉난방 방식별로 구분하면 초등학교의 건물 단위 연면적당 연간 에너지 사용량은 지역난방(20,042Kcal/m²) < 지열난방(30,555Kcal/m²) < 일반난방(34,299Kcal/m²) < EHP난방(37,443Kcal/m²) < GHP난방(53,405Kcal/m²) < 심야전기난방(147,975Kcal/m²)이고, 그 중 냉난방용 에너지는 지열난방(10,609Kcal/m²) < 지역난방(25,695Kcal/m²) < EHP난방(37,443Kcal/m²) < 일반난방(38,976Kcal/m²) < GHP난방(76,169Kcal/m²) < 심야전기난방(154,141Kcal/m²)으로 추정할 수 있다.

중학교의 건물 단위 면적당 연간 에너지 사용량은 일반난방(33,467Kcal/m²) < EHP난방(30,254Kcal/m²) < 지역난방(56,975Kcal/m²) < 심야전기난방(102,935Kcal/m²)이고, 그 중 냉난방용 에너지는 일반난방(24,096Kcal/m²) < EHP난방(30,254Kcal/m²) < 지역난방(34,755Kcal/m²) < 심야전기난방(72,054Kcal/m²)으로 추정할 수 있다.

고등학교의 건물 단위 면적당 연간 에너지 사용량은 일반난방(32,048Kcal/m²) < 지역난방(48,845Kcal/m²) < GHP난방(49,255Kcal/m²) < EHP난방(50,933Kcal/m²)이고, 그 중 냉난방용 에너지는 일반난방(29,484Kcal/m²) < 지역난방(51,776Kcal/m²) < EHP난방(50,933Kcal/m²) < GHP난방(43,837Kcal/m²)으로 추정할 수 있다.

위의 분석결과 냉난방 사용시간이 많은 고등학교의 경우에도 EHP와 GHP냉난방 기기 설치학교의 냉난방용 에너지 사용량은 비슷하였으나 초기 시설비는 GHP냉방기 쪽이 상대적으로 불리한 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구는 초·중·고등학교의 교육시설물을 신축하여 교육활동에 사용하면서 시설물의 노후화 또는 사용 용도의 변경 등으로 리모델링하거나 폐기될 때까지 시설물을 유지하고 관리하면서 필요한 유지수선비와 시설물의 정상적인 가동에 필요한 적정 운영비를 산출하는 근거를 마련할 목적으로 연구 결과 도출된 분석 내용은 다음과 같다.

가) 시설물 유지보수비 분석결과

본 연구에서 산출된 초·중·고등학교 시설물 유지보수비를 통합하여 건물 단위 연면적당 시설분야별 보수비를 구하면, 건축 2,851원(50.0%), 토목(조경, 식재 포함) 1,014원(17.8%), 기계 983원(17.2%), 전기 389원(6.8%), 통신 264원(4.6%), 소방 199원(3.5%)을 사용하여 계 5,700원/m²를 사용한 것으로 분석되었다.

나) 물·전력·전화사용량의 분석결과

(1) 물 사용량의 분석결과

첫째로 학생 1인당 물 사용량은 초등학교가 최대 782Lit/인, 월평균 594Lit/인이고, 중학교 최대 953Lit/인, 월평균 730Lit/인이고, 고등학교 최대 1,272Lit/인, 월평균 1,006Lit/인이다.

둘째로 건물 단위 연면적당 물 사용량은 초등학교 최대 120.4Lit/m², 월평균 91.3Lit/m²이고, 중학교 최대 118.3Lit/m², 월평균 93.4Lit/m²이고, 고등학교 최대 99.4Lit/m², 월평균 77.4Lit/m²이다.

(2) 전력 사용량의 분석결과 (EHP냉난방기를 설치한 학교를 대상으로 함)

첫째, 학생 1인당 전력사용량(KWH/인*월)은 초등학교는 최대 48.7KWH/인*월, 월평균 25.9KWH/인*월이고, 중학교는 최대는 63.4KWH/인*월, 월평균 32.5KWH/인*월이며, 고등학교는 최대 82.0KWH/인*월, 월평균 43.8KWH/인*월이다.

둘째, 건물 단위 면적당 전력사용량(KWH/m²*월)은 초등학교는 최대 6.23KWH/m²*월, 월평균 3.15KWH/m²*월 이고, 중학교는 최대 5.56KWH/m²*월, 월평균 2.75KWH/m²*월이며, 고등학교는 최대 6.13KWH/m²*월, 월평균 3.63KWH/m²*월이다.

셋째, 단위 학급당 전력사용량(KWH/학급*월)은 초등학교는 최대 1,539KWH/학급*월, 월평균 814KWH/학급*월이고, 중학교는 최대는 2,432KWH/학급*월, 월평균 1,228KWH/학급*월이며, 고등학교는 최대 2,904KWH/학급*월, 월평균 1,562KWH/학급*월이다.

다) 에너지 사용량 분석결과

건물 단위연면적당 연간 에너지 사용량(전력+가스+석유)은 초등학교가 116.8Mcal/m², 중학교가 110.6 Mcal/m², 고등학교가 142.3Mcal/m²를 사용한 것으로 분석되었다.

또한, 단위학급이 연간 사용하는 에너지는 초등학교 28,320Mcal/학급, 중학교 35,520Mcal/학급, 고등학교 52,560Mcal/학급이 산출되었다.

이와같이 제시된 분석결과를 참고하면 교육시설의 민간인 투자사업(BTL) 시설물 운영자와 기존 학교의 시설물관리자가 해당학교의 교육시설물을 관리하는 데 필요한 적정 규모의 예산 편성에 활용할 수 있으며, 또한 시설물 운영과정에서는 본 연구에서 산출된 에너지 사용량·상수도 사용량·전력사용량·전화요금 등의 기본 자료와 해당 시설물 운영과정에서 산출되는 자료와 수시로 비교하면 해당 시설물의 정상 유지 관리 유무를 알 수 있는 비교척도가 될 수 있다. 또한, 본 연구에서 도출된 자료를 기존의 설계 자료와 상호 비교하면서 학교 운영관리에 활용하면 적정 유지관리비용 산출의 기본 자료로 활용이 가능하다.

참고문헌

1. 이계인, 초중등학교 시설물 유지관리체계 개선 연구, 대한건축학회 논문집 제12권 제10호, 중앙대학교 석사학위논문, 1996
2. 홍세현, 국립대학 교육시설의 유지관리 및 개선방안, 산업과학기술연구소 논문집 제16권 제1호, 충북대학교 건축공학과 석사학위논문, 2002
3. 이규주, 대학시설의 유지보수공사 발생요인과 비용분석 연구, 한국교육시설학회지 제9권 제3호, 부경대학교 시설과, 2002
4. 손우경, 교육시설물 유지관리업무 성능평가방안에 관한 연구, 한국교육시설학회지 제10권 제5호, 경희대학교 건축공학과 석사학위논문, 2003
5. 서치호 외 5인, 교육시설의 리모델링을 위한 구성재료의 노후화 판정기준 작성(I), 한국교육시설학회지 제8권 제3호, 연구논문, 2000
6. 김상규, 공동주택의 유지관리 개선방향에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 제14권 제3호, 경북대학교 건축공학과 석사학위논문, 1998
7. 최준영·고은정, 건축물의 노후도 평가 방안에 관한 연구, 화성산업(주)기술연구소, 1997
8. 전명현·배준현, 공동주택의 유지관리와 수선주기에 관한 연구, 홍익대학교 학술 연구, 1995