

교육시설물 유지관리업무 성능평가방안에 관한 연구

A Method of Maintenance Performance Evaluation of Educational Facilities

손 우 경* 김 장 영** 김 선 국***
Shon, Woo Kyung Kim, Jang Young Kim, Sun Kuk

Abstract

It is important to estimate the capability for the facilities and the condition of schools continually and correctly because the structure's life is remained more longer through the effective building control and preservation. In accordance with above of that, it is required to understand the knowledge about all matters at the stage of management for educational facilities and establish the procedure of the facility management consistently. This research suggests the method, which remains consistent and objective and deals with the total functional degree by following the way to systemize the management plan of the facility estimation. The functional estimation of the existing facilities will be useful to make an plan for repair, maintain and checking of them as well as be the standard for remodeling and the educational facility duration, including long period project for building mending.

키워드 : 교육시설, 유지관리, 성능평가

Keywords : educational facility, maintenance, performance evaluation

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교육시설사업은 7차 교육과정¹⁾에 따라 교육환경의 기능적·사회적인 욕구를 충족시키기 위한 용도변경과 시설보완이 증대되고 있고, 시설물이 노후화 됨에 따라 유지관리 할 때 각종 보수공사 비용이 증가하고 있다. 그러나 정부는 지역성을 반영해야하는 교육청 교육시설공사의 특성을 무시

하고, 일률적으로 항목을 정해서 사업을 수행하도록 지침을 주고 있다. 또한 현행 교육시설물의 유지관리업무에 참여하는 기관간 정보의 분절과 검사방법의 판단기준 미비로 인하여 기관별 단독적이고 산발적인 중복점검이 이루어져서 재원의 중복투자 및 예산이 비효율적으로 집행되고 있다. 교육시설물의 유지관리에 대한 기준에 수행된 선행연구를 고찰하면 교육시설사업의 운영의 문제점을 분석하고 유지관리체계의 개선방안에 관한 연구로는 이계인의 초·중등학교 시설물 유지관리체계 개선 연구²⁾와 민창기의 학교건물의 노후화

* 정회원, 경희대학교 건축공학과 석사

** 정회원, 경기도 교육청 시설과, 경희대 박사과정

*** 정회원, 경희대학교 토목건축공학부 교수, 공학박사

1) <http://www.moe.go.kr>

2) 이계인, 초·중등학교 시설물 유지관리체계 개선 연구, 대한건축학회 논문집, Vol.12, No.10, 1996.10

에 따른 개축 판정에 관한 모델의 정립에 관한 연구³⁾ 등이 있다.

교육시설물의 장수명화는 효율적인 유지관리를 통하여 이루어질 수 있기 때문에 건축물의 성능 및 노후도에 대한 지속적이고 정확한 평가는 필수적이다. 이에 따라 교육시설물을 유지관리하는 단계에서 발생하는 정보와 요구사항을 정확히 파악하고, 후속되는 유지관리 활동이 일관되게 수행될 수 있도록 교육시설물에 대한 유지관리 업무절차와 업무체계의 확립의 요구된다. 노후된 교육시설물의 성능 및 노후도를 평가할 때, 필수적인 평가항목에 대하여 체계적인 평가방법을 따르게 함으로써 평가의 객관성과 일관성을 유지할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 기존 교육시설물의 유지관리 업무를 체계적이고 종합적으로 성능평가할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

기존 교육시설물에 대한 성능평가결과는 건축물의 장기수선계획을 포함한 체계적인 유지관리계획의 수립과 점검, 진단시 상태평가에 활용될 수 있고, 재건축판정과 교육시설물의 리모델링의 판단 척도 및 학교시설물 내구성 파악을 위한 판단 지침으로 활용될 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

교육시설관리업무는 일반적으로 시설기획단계, 설계단계, 구매관리단계, 공사단계와 시설유지관리 단계로 구성되며, 공공교육시설사업은 국립대학교 시설사업과 교육청 시설사업으로 대별된다. 본 연구에서는 자연피해 및 화재 등의 특수한 재해를 입지 않고 시간의 경과와 함께 노후화된 철근콘크리트 교육청시설물의 시설유지관리 단계에서 발생하는 노후시설의 건축분야 유지업무로 한정하였다. 본 연구를 수행하기 위한 절차는 그림 1과 같다.

첫째, 관련문헌을 조사하여 유지관리의 개념을 정립하고, 유지관리 보고서 분석과 조사를 통하여 현행 교육시설물 유지관리의 문제점을 파악한다.

둘째, 교육청 교육시설사업의 유지관리업무에 참여하는 기관별 특성을 고려하여 노후도 분야와 구조안정성 분야로 나누어 평가항목과 평가기준을 제시한다.

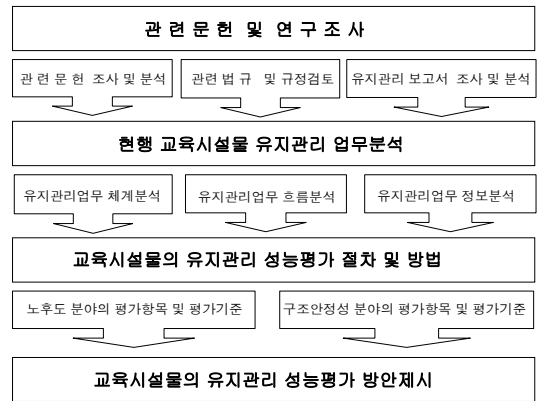


그림 2. 연구의 절차

셋째, 교육시설물의 종합성능을 체계적으로 평가하기 위하여 평가절차 및 방법을 수립한다. 각 평가항목간의 상관관계를 이용한 퍼지규칙을 적용하여 성능평가를 한다.

2. 예비적 고찰

2.1 교육시설물 유지관리 연구동향

교육을 지원하는 하드웨어로서 기능만족을 위하여 체계적인 교육시설관리는 필수적이다. 그러나 교육시설은 그 관리대상이 방대하며 종류면에서도 다양하여 교육청의 경우 1개 기관이 수천동의 건물에 대한 유지관리와 보수사업을 추진하고 있어서, 시설관리자의 수적인 부족과 교육시설의 양적 증가 등으로 인하여 많은 관리부재적 문제점을 안고 있다. 이렇듯 유지관리 업무를 수행하는 일선 학교 행정실 내의 직원 중에는 전문인력이 거의 없으며, 지역 교육청의 시설과도 전문인력이 절대적으로 부족한 실정이다. 또한 일선 학교에서는 관리책임자의 인식부족으로 청소 이외의 일상점검이나, 정비 등을 소홀히 하여 각종 시설물이 본래의 수명을 다하지 못하고 보수하거나, 교체해야 하는 사례가 빈번하다. 교육시설물을 효율적으로 유지하기 위해서는 학교시설물 관리업무를 정형화하여 유지관리 비용을 절감하고, 쾌적한 교육환경을 조성할 수 있는 체계적이고 효율적인 관리체계가 이루어져야 한다.

또한 교육시설관리의 정보화가 활발히 추진되고 있다. 정부는 교육시설관리의 정보화를 위하여 93년도 ‘초등학교 시설관리 전산화 프로그램’등을 개발하였으나, 효율성이 떨어져 개발 후 곧 사용

3) 민창기, 학교건물의 노후화에 따른 개축판정에 관한 모델의 정립, 한국교육시설학회지, Vol.4, No.4, 1997.12

하지 않게 되었다.⁴⁾ 교육시설정보화의 또 다른 시도로써 1994년 국립대학교의 시설도면, 예산, 대학시설현황의 통합관리를 위해 대학시설관리시스템을 개발하고자 하였으나 예산부족으로 도면관리는 완성하지 못하였고 예산 및 현황관리부분만 완성하여 사용하다가 데이터입력의 문제점 때문에 98년부터 사용하지 않고 있다.⁵⁾ 현재 정부는 교육행정정보시스템구축 사업을 추진 중이며, 시설유지관리를 위한 시설현황관리시스템을 구축하고 있다. 향후 각 시스템의 통합적 연계와 제공해야 하는 기능 및 정보의 범위와 업무의 흐름이 구체적으로 규명되어야 한다.⁶⁾

2.2 관련 법규 및 규정검토

교육시설물에 대한 점검 및 진단의 목적은 시설물의 현 상태를 판단하여, 상태과악 및 안정성평가의 기본 자료를 제공하며, 시설물상태와 노후화 정도에 대한 지속적인 기록의 제공, 그리고 보수 및 성능회복 작업의 우선 순위 등을 결정하기 위함이다. 점검의 종류로는 일상점검, 정기점검, 긴급점검, 정밀안전진단이 있으며, 각각의 점검항목에 따라 점검된 결과를 기준으로 등급을 결정한다. 판정된 결과에 따라 일상조치, 응급조치, 보수·보강조치, 교체조치를 하고 조치기록을 남겨두어 다음에 이용하도록 제안하고 있다. 또한 시설물의 안전점검과 적절한 유지관리를 통하여 재해 및 재난을 예방하고 시설물의 효용성을 증진 시킴으로써 공중의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진을 기여함을 목적으로 안전점검을 표 1과 같이 실시하고 있다.

표 2. 안전점검, 정밀안전진단 실시주기(시특법)

구분	세부구분	실시주기	비고
안전 점검	정기점검	반기별 1회 이상	*공동주택관리령
	정밀점검	3년에 1회 이상	
	긴급점검	필요시, 행정기관 요청시	
정밀 안전 진단		완공 후 10년 경과된 시설물은 5년에 1회(단, 공동주택은 제외)	*안전점검 결과 필요시 *정밀안전진단실시 결과 상태등급(A,B)는 다음1회에 한하여 실시면제

4) 교육부, 국민학교 시설관리시스템 구축 기본계획, 1992
 5) 교육부, 대학시설관리시스템 사용자 지침서, 1994.12
 6) 옥중호, 안병환, 전국단위 교육행정정보체계 구축사업 활용을 위한 실험적 교육시설현황관리시스템 개발에 관한 연구, 한국교육시설학회지 Vol.9, No.2, p.6, 2002.3

2.3 건물성능평가의 개념 및 개발동향

1) 건물성능평가의 개념

건물의 성능이란 “끊임없이 변화하는 사회적 환경과 인간의 요구에 대응하기 위하여 부여된 건축환경으로서의 총체적인 가치”⁷⁾라고 할 수 있다. 건물을 축조하는 과정에서 성능과 관련한 평가작업은 일정시기에만 이루어지는 것이 아니라 전과정을 통하여 계속적으로 이루어지며, 그 과정에서 중요한 것은 건물성능에 근거한 통합적인 접근방법이 필요하다. 따라서 성능평가는 그 결과를 통해 기존 건축물을 개선하기 위한 지침이 될 수 있으며 유사한 건물유형의 성능을 판단하는데 활용될 수 있다.

건물의 성능평가 기준은 정량적인 측면과 정성적인 측면으로 분류될 수 있다. 정량적인 측면의 물리적 기준은 건물의 요구조건에 의해서 외부의 자연상황이나 주변환경으로부터 대응하기 위해 각 부위들이 지녀야 하는 특별한 기준을 규정하는 것이며, 정성적 측면의 기준은 어떤 목적을 달성하기 위해 필요시 되는 시스템의 역할 또는 효용성을 의미하는 것이다. 이러한 기준에 대한 평가의 척도 문제는 평가결과의 객관성과 신뢰성에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 정량적 기준에 대한 척도 설정은 비교적 용이하지만, 정성적 기준에 대한 척도는 상대적으로 비교가 가능한 데이터에 근거해야 할 것이다. 성능평가를 할 때 평가기준 및 척도, 최적화의 제어수단 등이 다양한 유형의 체크리스트 또는 매트릭스로서 평가과정에 활용되고 있다.⁸⁾

2) 국내·외 개발동향

부문의 건물성능 평가모델들은 특정한 측면의 성능에 대해서만 집중적 평가하는 경우가 많으며 교육시설물에 대한 평가모델은 부족한 실정이다. 기존의 평가모델들은 평가대상이 되는 측에서 평가의 근거가 되는 자료들을 모두 제출하여 평가기관에서 이를 검토한 뒤 일정한 등급을 부여하는 ‘인증제도’의 성격이 강하다. 등급체계 또한 법규나 현행 기술 수준 등을 만족하는 수준을 기본

7) 정의용, 김치환, 대학 도서관 성능개선을 위한 평가와 대책, 한국퍼실리티매니지먼트학회지, Vol.2, No.1, p.48, 2000.1
 8) 김치환, CAFM system의 건물성능평가 관련기능에 대한 개념적 고찰, 한국퍼실리티매니지먼트학회지, Vol.2, No. 2, p.42~43, 2000.11

으로 하고, 성능이 얼마 더 우수한지를 평가하는 방식으로, 이러한 유형의 평가모델들은 평가대상 건물성능의 우수성을 평가하고 인증을 부여하기 위한 도구로 활용되고 있다. 따라서 대상 건물의 어느 정도의 성능을 확보하고 있는지를 파악하고, 이를 통해 건물간의 객관적인 성능을 비교하는데 이용될 수 있는 평가모델을 개발해야 할 필요성이 있다.⁹⁾ 최근 대표적인 건물 유형인 공동주택과 사무소 건물 등에 대한 성능평가모델이 국내·외에서 다양하게 개발되고 있다. 이러한 평가모델은 그 평가목적이나 결과의 활용방법에 따라 구조안정성, 거주환경성, 환경친화성 등 여러 분야의 성능에 대한 전반적 평가나 부분적 성능 평가에 이용된다. 평가목적에 따라 구분한 건물성능 평가모델 개요는 표 2와 같다.

표 2. 기존 건축물 성능평가모델 개요

평가모델	관련평가모델
환경친화성	친환경건축물 인증제도, KGBAC, KICTEAC, GBRS BREEAM, HK-BEAM, LEED, BEPAC, GBTool
구조안정성 및 거주환경성	조립식주택 성능인증제도, 공업화주택 인정기준, 재건축 판정을 위한 평가방안, 일본주택성능표시제도
구조안정성	시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침
기타	건물 에너지효율등급 인증제도, 지능형 건물인증제도

3. 교육시설물의 현황 및 업무분석

3.1 교육시설물의 현황

교육청 시설사업은 16개 시·도교육청의 초·중·고등학교 교육시설 신·증축 사업과 노후시설, 개·보수시설을 포함한다. 2001년부터 2004년까지 4년 동안에 7차 교육과정에 대비한 시설 확충비 2조 4000억, OECD국가 수준으로 학급당 학생수의 감축을 위한 1,202개 초·중·고교 신축건설비 12조 5,000억원, 노후교육시설 개·보수를 위한 교육환경개선사업¹⁰⁾비 3조 5,000억 등 총 18조 4,000억원을 교육시설 확충 및 품질개선에 투자할 계획이다.¹¹⁾

9) 시설안전기술공단, 기존 건축물의 종합성능 평가모델 개발 자문회의 보고서, p.6~7, 2002.10
 10) 교육환경개선사업은 「교육환경개선특별회계법」 제 1조에 초등학교·중학교·고등학교 및 특수교육의 노후시설의 개선과 교원편의시설의 확충 등을 위한 것으로 명시되어 있다.

노후교육시설 개·보수를 위한 교육환경개선사업은 교육적 요구에 부응하는 새로운 시설로 모두 바꾼다는 학교신축 위주의 대응에서 탈피하여 점차적으로 기존 시설의 재배치, 장기개선계획에 의한 유지 보수 업무의 중요성이 인식되고 있다. 교육환경개선사업에 필요한 사업비 소요액은 ‘학교조사실태조사’에 기초하여 산출되었다. 이 조사를 통하여 교육환경개선 10개 사업별 소요 물량과 소요예산은 표 3¹²⁾와 같다.

표 3. 교육환경개선사업 사업별 소요물량 및 소요예산

사업	단위	총소요		1996-2000년	
		물량	금액	물량	금액
계			11,723,476		5,000,000
교원편의시설확충	실	16,943	875,223	7,913	408,785
개축	실	42,461	2,552,565	30,000	1,782,270
증축	실	38,295	1,978,319	12,800	760,435
대수선	실	191,441	3,263,686	65,509	1,116,798
난방시설개선	실	191,763	697,042	57,672	209,783
화장실 개선	동	22,597	1,496,328	2,250	148,991
정화조 개선	개소	7,272	209,300	7,272	209,300
급수시설개선	개소	8,464	87,650	8,464	87,650
승압시설	교	1,838	117,720	1,838	117,720
학교외부환경개선	교	10,230	306,900	1,143	34,290
책걸상 및 사물함	천조	5,625	168,743	2,768	123,977

(서울시립대학교 법률행정연구소 1999)
 자료: 교육부 내부자료(단위: 백만원)

3.2 교육시설물 유지관리의 업무분석

1) 유지관리업무의 체계분석

유지관리 대상 건축물은 교육청에서 이루어지는 학교시설물의 유지관리 업무를 중심으로 시설물 유지관리자, 지역교육청 전담 부서, 안전관리 전문기관, 재난위험시설 심의위원회의 4단계로 분류하였으며 업무내용은 다음과 같다.

가) 시설물 유지관리자

학교건물을 1차적으로 담당하는 유지관리자는 하자 발생 가능 부분에 대해서 검사하고, 보수가 가능한 고장이나 안전성에 문제가 없는 손상은 학교 내에서 처리하고 있다. 시설물 유지관리자는

11) 옥중호, 안병환 전국단위 교육행정정보체계 구축사업 활용을 위한 실험적 교육시설현황관리시스템 개발에 관한 연구, 한국교육시설학회지 Vol.9, No.2, p.6, 2002.3
 12) 서울시립대학교 법률행정연구소, 교육환경개선사업 성과분석 및 효율적 운영방안 연구, p.31, 1999.11

건축에 대한 기술적 지식이 없기 때문에 구조적인 안정성 평가를 제외한 누수, 균열, 박락 등의 주로 마감상태를 평가하게 되며, 이상이 발견될 경우 교육청 산하 전담 부서에 연락하여 2차 조사를 의뢰한다. 그러나 시설물 유지관리자는 대부분 시설용어 및 시설관리에 익숙하지 못하여 기록한 이력내용에 대하여 신뢰도가 떨어지므로 이에 대한 대책마련이 시급하다.

나) 지역교육청 전담 부서

지역교육청 전담 부서는 현장에 방문하여 관계자의 의견 청취나 현황조사를 통해 정밀안전진단 여부를 판단하고 필요시 안전진단업체에 정밀구조안전진단을 의뢰한다. 현재 인력과 장비가 부족하여 육안검사에 치우치고 있고, 결함 발견 시에도 절차가 복잡하여 묵인하고 있는 실정이다. 또한 판정방법에 대한 그 기준이 매우 정성적이거나 모호하고, 안전진단 여부를 결정짓는 기준이 정립되지 않아서 중복업무가 빈번하게 발생하고 있다. 그러나 시설물 유지관리자, 교육청 산하의 전담 부서는 모두 비구조전문가에 해당하므로, 고도의 숙련을 요하는 구조물에 대한 안정평가를 내릴 수 없으며, 구조전문가만이 책임있는 판정을 내릴 수 있는 사안이라고 판단된다.

다) 안전진단 및 구조 전문가

지역교육청과 정밀안전진단을 위해 계약이 체결된 정밀안전진단업체는 현장시찰을 통하여 조사 대상 부위에 대한 구조물의 손상정도를 파악하여, 대상 건축물의 구조계산, 구조물의 진동해석 및 현상의 재현실험 등을 실시하고, 소요액 산출과 적합한 대책안을 해당교육청에 결과보고서를 제출한다. 진단자마다 경험에 의해 주관적이고 정성적으로 평가하고 있어 진단결과에 대한 신뢰성이 결여되고, 한정된 조사·평가의 결과로부터 건물 전체의 구조안정성을 평가할 수 없는 체계적인 방법이 없어서 객관적인 판정을 하기가 어려운 실정이다.

라) 재난위험시설 심의위원회

지역교육청과 정밀안전진단업체의 의견 차이를 좁히지 못하는 경우, 지역교육청은 재난위험시설 심의위원회에 의뢰를 하며 재난위험시설 심의위원회는 재난위험시설 개축심의, 재난위험시설물의 지정, 해체에 따른 중요사항을 사전에 심의하여 노후교사와 재난위험시설물의 해소 및 안전관리를 한다.

2) 유지관리업무의 정보분석

교육청에서 실시하였던 유지관리 업무를 점검 단계, 예비조사단계, 정밀안전진단단계, 심의단계로 분류하여 각 업무 단계별 요구되거나 발생하는 정보 및 정보를 발생시키는 조직으로 분류하여 정의하였다.

가) 예비조사

예비조사는 정밀안전진단의 실시여부를 결정하는 과정이므로 신속하고 정확하게 시행되어야 하며, 객관적인 관점에서 실시되어야 한다. 예비조사는 건물개요 조사 및 설계도서 검토와 외관조사 등을 실시하여 안정성 및 사용성에 문제가 될만한 이상증후를 파악하고, 정밀안전진단의 실시여부 또는 재건축 여부를 판단하기 위하여 실시한다. 평가절차는 그림 2와 같다.

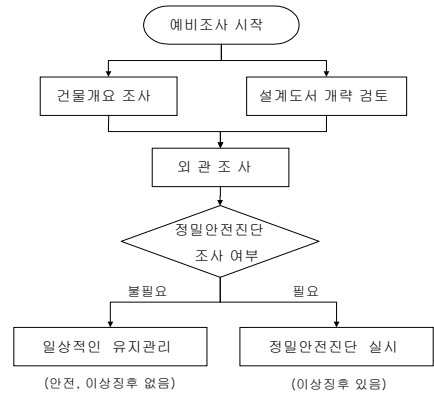


그림 2. 예비조사 평가절차

예비조사는 건물 개요와 설계도서의 적정성 여부를 조사하고, 육안으로 쉽게 발견할 수 있는 각종 노후화 증상 및 이상 증후 등을 파악하기 위한 외관조사로 구성되며, 구체적인 내용은 다음과 같다.¹³⁾

(1) 건물 개요조사

건물 개요조사는 대상 건물의 고유 조건을 조사하여 노후화 및 이상증후의 원인을 추정하기 위해 실시하며, 조사항목은 건물명 및 위치, 건물의 설계자, 시공자 및 감리 감독자, 준공년월일, 건물의 용도·규모·구조형식, 건물환경, 도서기록 보관 유무, 사용재료, 건물이력, 하자내용, 기

13) 시설안전기술공단, 재건축 판정 절차서, p.7~8, 2000. 12

계설비 · 전기설비 방식 등이 있다.

(2) 설계도서 검토

설계도서 검토는 시공당시 건축물의 설계가 적절하게 되었는지를 사전에 파악하여 이상징후의 원인 판단에 참고하고, 정밀안전진단을 실시할 경우에는 비파괴조사 결과 등을 설계도서와 비교하기 전에 설계의 적정성을 검토하기 위하여 실시한다. 설계도서가 없을 경우에는 검토가 불가능하므로 생략하며, 검토내용은 보고서 부록에 첨부된 양식 등을 이용하여 기록한다.

(3) 외관조사

외관조사는 육안관찰을 통해 구조물에 발생한 노후화 증상 및 이상징후 등을 파악하는 것으로, 건물 개요조사 및 설계도서 검토내용을 참조하여 정밀안전진단의 필요성을 판단하기 위해 실시한다. 또한, 정밀안전진단을 실시할 경우에 대비하여 조사부위의 선정과 중점 조사항목 및 조사범위 등에 대한 참고자료로 활용하기 위한 것이다. 외관조사시 중점적으로 조사하여야 할 내용은 건물 기울기, 기초의 침하, 부재의 처짐, 균열, 표면노후화, 하자상태 등이 있다.

나) 정밀안전진단

구조물의 안전진단에서 필요한 평가항목은 대단히 많아 모든 항목을 전부 평가하기는 상당히 어렵다. 현행 안전진단시 기준으로 하고 있는 안전진단세부지침에서 규정하고 있는 조사항목은 다음과 같다. 건축물의 평면, 입면, 단면, 용도 변경사항과 구조부재의 변경사항, 작용 하중조건, 기초·지반조건, 주변 환경 조건 등의 변경사항, 균열발생 상태, 구조물의 혹은 부재의 전반적인 상태 등이 있다. 또한 구조물의 변위·변형 및 균열 등의 발생 및 발견시기나 측정시기, 보수·보강상태의 조사 및 기록, 반발경도기에 의한 콘크리트의 강도 등이 필요하다고 판단하는 사항이 있다.¹⁴⁾

구조안정성 I 은 안전진단수준의 평가방법으로서 구조안정성에 대한 기초평가방법으로서 구조해석을 수행하지 않고 상세한 육안점검 및 간단한 측정으로서 구조물의 안정성을 평가한다. 또 구조안정성 II 는 정밀안전진단 수준의 평가방법

으로서 구조안정성 I 에서 사용한 일부자료와 구조해석을 위한 추가적인 자료로부터 구조해석을 수행하여 구조안정성을 평가하며 평가절차는 그림 3과 같다.

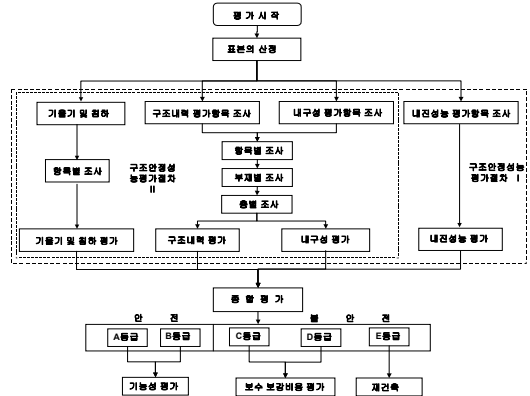


그림 3. 정밀안전진단 평가절차

3) 유지관리업무의 흐름분석

현행 교육시설물 유지관리 업무 체계는 점검단계, 예비조사단계, 안전진단단계, 공사관리단계로 나뉘어진다. 각 업무단계별 점검항목과 세부사항을 분석하면 그림 4와 같다.

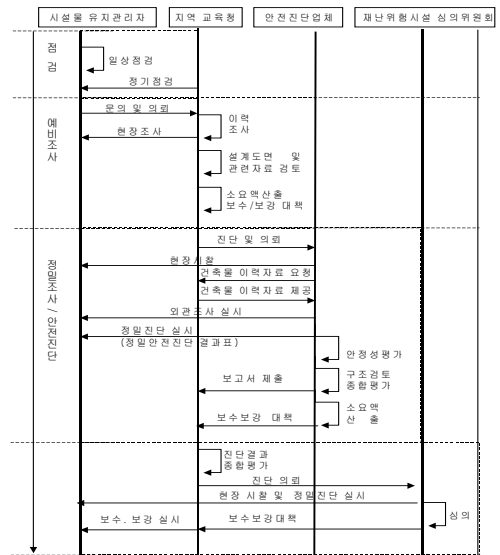


그림 4. 교육시설물 유지관리업무 흐름분석

14) 시설안전기술공단, 재건축 판정을 위한 평가방안, p.107, 2000.12

4. 교육시설물 유지관리업무 성능평가모델

4.1 개발의 개요

기존 교육시설물의 성능을 종합적으로 판단하기 위해서는 성능과 노후도를 객관적으로 측정, 평가할 수 있는 평가모델이 필요하며, 구조안정성과 건물의 노후도 등의 제반 성능에 대한 상세한 기준을 개발해야 한다. 평가결과와 신뢰성을 확보하기 위해 계량적인 방식으로 접근해야 하고, 향후에 세부적인 평가항목과 항목별 중요도를 고려한 평가기준을 평가가 목적별, 시설유형별로 정립할 필요가 있다.

손상의 원인과 종류에 따라 크게 각부 마감재별 손상과 구조물별 손상으로 나누었다. 본 연구에서는 교육시설물의 유지관리 업무에 참여하는 평가주체의 성격을 고려하여 평가주체를 설정하는 것에 초점을 맞추었다. 손상의 종류 및 원인으로 그림5에서 각부 마감재별 손상과 구조물별 손상으로 나누었는데, 각부 마감재별 손상의 성능을 평가하는 주체를 둘로 나누어 수행하는 방안을 제시하였다. 하나는 해당 건물의 유지관리를 주체로 하는 평가이며, 다른 하나는 해당 건물에 대한 교육청 전담 부서의 평가이다. 본 연구에서는 교육청 전담 부서의 평가를 보완하는 의미로 해당 건물의 유지관리자의 평가를 활용하였다. 왜냐하면 사용자 위주의 평가를 수행할 경우, 사용자들은 경제적 손익에 따라 무조건 재건축을 진행하는 혹은 반대하는 방향으로 의견이 편중되어 객관적인 자료로 활용하기 어렵기 때문이다.

4.2 평가항목의 분류

교육시설물의 성능을 평가하기 위하여 크게 각부 마감재별(비구조물별)손상과 구조물별 손상으로 구분하여 평가항목을 분류하고, 구조형식은 가장 일반적으로 사용되고 있는 철근콘크리트 구조를 대상으로 성능평가 항목을 정립하였다. 평가항목은 평가항목의 중요도, 평가의 용이성, 평가결과와 정량화 가능성, 평가항목 분류의 체계화, 평가수준의 일관성 등을 고려하여 평가항목들에 대한 유사 평가항목의 통합 조정 등을 통해서 최종적인 내용 및 평가항목 수를 선정하였다.

교육시설물에 대한 평가항목의 체계는 대분류, 중분류, 소분류 및 세분류로 구성되며, 종합성능평가를 위한 두 개의 큰 분야인 구조안정성능과 건물의 노후도(마감재)가 대분류에 속하며, 중분류

이하의 체계는(즉, 대분류) 특성을 고려하여 약간씩 다르게 구성된다. 평가항목은 건물을 종합적이며 객관적으로 평가할 수 있도록 하는 것을 목표로 하여, 평가에 소요되는 시간과 비용 등을 고려하여 도면과 외관검사를 통하여 직접 평가가 가능한 항목을 우선적으로 선정하였다. 기존의 연구를 고찰하여 각 분야별 성능평가 업무를 정의하고, 평가항목을 가설정하여 평가항목을 최종 선정하였다.

1) 건물 노후도 분야

본 연구에서의 평가항목은 대부분의 기존 연구들이 택하고 있는 부위별 분류를 바탕으로 하여, 크게 지붕, 천장, 외벽, 바닥, 창호의 5개 부분으로 나누고 각 부분별 마감상태에 대해 평가할 것으로 설정한다. 건물의 마감재를 크게 지붕, 옥상, 외장, 외부바닥 및 천장, 내부마감, 창호류의 5개 부분으로 표 4¹⁵⁾과 같이 분류하였다.

표 4. 건물 마감재에 대한 유지관리 지침의 구분

중구분	소구분
지붕, 옥상	평지붕 / 톨라이트 / 루프드레인 홈통
외장	외벽에 설치된 철물 / 금속 커튼월 / 석재붙임 콘크리트 마감 / 몰탈마감 / 도장 마감 / 설치용 부착마감 SSG구법(Structural Sealant Glazing System) / 타일붙임
외부바닥 및 천정	외부바닥 / 외부처마천정 / 발코니 철제부재의 녹과 도장 / 익스팬션조인트
내부마감	바닥 / 벽 / 천정
창호류	강제창호, 경량철제창호 / 창호철물 / 서터 / 자동문 알루미늄제 창호 / 스테인레스 창호 / 목제 창호 / 유리

2) 구조안정성능 분야

본 연구에서는 기존 안전진단보고서 및 연구자료를 참고로 하여 평가항목을 구조안정성능 I 과 II로 구분하였다. 직접적인 평가항목은 콘크리트 강도, 균열, 변위변형, 건물기울기, 기초 및 지반 침하, 콘크리트 중성화, 염분함유량, 철근부식, 표면노후화, 하중경로, 형상, 인접성의 12개 항목(소분류)으로 나누었고, 구조해석 수행시에는 철근배근, 부재단면치수, 하중 등의 자료가 추가로 필요하였다. 이러한 평가항목들은 평가단위(부재별 또는 구조물 전체)와 평가대상에 따라 구조내력, 기울기 침하, 내구성, 내진 성능의 네 개의 평가범주(중분류)로 나누었다.

15) 시설안전관리공단, 시설물 유지관리 이렇게 한다. 1999.6

4.3 평가등급의 설정

‘시설물 안전관리를 위한 특별법’과 ‘시설물의 안전진단 및 정밀안전진단지침’ 등에서 규정하고 있는 평가등급을 준용하여, 종합성능의 평가등급을 원칙적으로 네 단계로 구분하였다. A등급은 현행 규정을 만족하는 것으로서 대체적으로 양호한 성능을 보유하고 있는 상태, B등급은 관련 법령에서 규정하고 있는 기준에 약간 못미치는 성능을 보유하고 있는 상태이고, C등급은 성능이 상당히 많이 떨어진 상태로서 사용제한이 필요한 정도의 보수 및 보강이 필요하다고 볼 수 있으며, D등급은 건축물의 사용을 당장 금지해야 할 정도로 최저 성능을 보이는 것으로서 긴급 보강조치 또는 철거가 요구되는 상태로 설정하였다.

4.4 평가방법

본 연구에서는 퍼지 이론을 이용하여 구조물의 상태와 성능을 평가하고자 하였으며, 적용한 최대최소법은 간단한 연산만으로 결과를 찾아낼 수 있고 연산과정을 직관적으로 이해할 수 있기 때문에 사용이 간편한 장점이 있다. 반면에 연산이 이루어지는 항목간의 연관성을 반영하기가 힘들다는 단점을 지니고 있으며, 조합해야할 항목의 수가 기하급수적으로 늘어나면 모든 경우를 고려하는 퍼지규칙을 작성하는 것이 가장 큰 문제점으로 나타났다. 예제를 단순화하기 위하여 평가항목은 노후도 분야의 방수상태와 구조안정성능 분야의 균열상태 두 가지로 한정하였다. 진단에 의한 방수의 상태를 6, 균열의 상태는 4로 가정하고 항목간 점수 조합을 수행하였고, 방수의 상태와 균열의 상태가 지니는 상대적인 가중치는 각각 1과 3이라고 가정한다. 이에 따라 퍼지규칙에 의한 항목간 점수의 조합은 아래와 같은 절차로 이루어지게 된다.

1) 퍼지집합의 결정

최대최소법을 이용하여 항목간 점수를 조합하기 위하여 퍼지 소속 함수에 대한 정의가 선행되어야 한다. 평가항목의 상태를 임의로 8등급으로 나누고 이를 기준하여, ‘매우 불량(D)’, ‘불량(C)’, ‘보통(B)’, ‘양호(A)’의 언어변수로 대표되는 4단계의 퍼지 집합을 설정하였다. 그리고 각각의 퍼지 집합에 대하여 그림 5와 같은 소속도 함수를 정의하고, 각각의 퍼지 집합이 의미하는 상태평가의 기준은 표 5와 같이 설정한다.

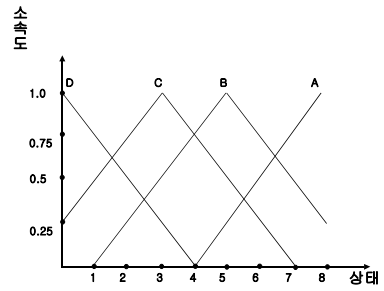


그림 5. 퍼지평가를 위한 소속도 함수

표 5. 퍼지 집합별 상태기준

상태 등급	상태			대표값
	지침	세부지침		
A	문제점이 없는 최상의 상태	-		7
B	보조부재에 손상이 있을 수 있는 보통의 상태	문제점이 있으나 간단한 보수 보강으로 원상회복이 가능한 보통의 상태		5
C	주요 부재에 손상이 있고, 긴급한 보수보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단	주요 부재에 발생한 손상정도가 고도의 기술적 판단을 요구하는 상태로 사용제한 여부를 판단이 필요함		3
D	주요 부재에 심각한 성능저하가 발생하였거나, 안정성에 위협이 있어 시설물의 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태	주요 부재의 성능저하가 심각하여 원상회복이 불가능하거나 안정성에 위협이 있어 즉각 사용금지하고 긴급한 보강이 필요한 상태		1

2) 평가가치의 퍼지화

현장조사 또는 도면검토로 얻어진 평가치를 (1)에서 설정한 소속도 함수를 이용하여 퍼지화한다. 퍼지화된 각 평가항목의 상태를 D라 하면 식1과 같이 나타낼 수 있다.

$$D = \{\mu_A(x), \mu_B(x), \mu_C(x), \mu_D(x)\} \quad (식1)$$

여기서 x 는 8단계로 조정된 평가치의 상태를 의미한다. 그림 5에서 각각의 퍼지집합에 대한 소속도를 나타내는 소속도의 함수는 다음과 같다.

$$\mu_A(x) = \frac{x-4}{4} \quad (4 \leq x < 8) \quad (식2)$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{4} & (1 \leq x < 5) \\ \frac{9-x}{4} & (5 \leq x < 8) \end{cases} \quad (식3)$$

$$\mu_C(x) = \begin{cases} \frac{x+1}{4} & (0 \leq x < 3) \\ \frac{7-x}{4} & (3 \leq x < 7) \end{cases} \quad (식4)$$

$$\mu_D(x) = \frac{4-x}{4} \quad (0 \leq x < 4) \quad (식5)$$

방수와 균열 각각의 상태치를 위해서 설정한 퍼지집합을 이용하여 그림6과 같이 퍼지화 할 수 있다.

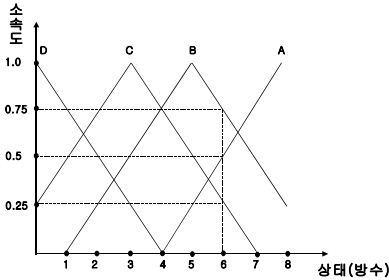


그림 6. 노후도 분야의 소속도 함수

$$D_{방수} = [\mu_A(x), \mu_B(x), \mu_C(x), \mu_D(x)] = [0.5, 0.75, 0.25, 0]$$

$$D_{균열} = [\mu_A(x), \mu_B(x), \mu_C(x), \mu_D(x)] = [0, 0.75, 0.75, 0]$$

3) 항목간 조합을 위한 퍼지규칙의 결정

퍼지 규칙에 의한 출력계의 새로운 대표값은 식6과 같이 입력계의 두 집합이 지나는 대표값의 함수로 나타나게 된다.

$$X_{A \cap B} = f(X_A, X_B) \quad (식6)$$

$$f(X_A, X_B) = \frac{\mu_A(X_A^2 + X_A) + \mu_B(X_B^2 + X_B)}{(\mu_A + \mu_B)(7^2 + 7)} * 8 \quad (식7)$$

여기서, μ_A 와 μ_B 는 A와 B 항목 각각의 중요도, X_A, X_B 는 A와 B 퍼지 집합 각각의 대표 값을 의미한다. 식7에서처럼 퍼지 규칙을 위한 수식은 입력계 퍼지 집합의 대표 값들에 대한 2차식으로 나타나게 된다.

4) 퍼지규칙을 이용한 항목간 조합

위에서 설명한 퍼지규칙을 이용하여 항목간 조합을 수행하게 된다. 방수의 상태가 '양호'이고 균열의 상태가 '보통'인 경우를 조합하면 다음과 같은 결과를 얻어낼 수 있다.

$$X_{A \cap B} = \frac{1(7^2+7) + 3(5^2+5)}{(1+3)(7^2+7)} * 8 = 5.214$$

새로운 퍼지집합의 대표값은 다음과 같이 산정할 수 있고, 새로운 퍼지집합에 대한 소속도는 다음과 같다.

$$\mu_{A \cap B} = \min [0.5, 0.75] = 0.5$$

나머지 경우에 대해서도 위와 같은 계산을 반복하여 수행하면 그 결과는 표 6과 같이 나타낼 수 있다.

표 6. 퍼지 조합 예제표

균열 \ 방수	양호(A) 0.5	보통(B) 0.75	불량(C) 0.25	매우불량(D) 0
양호(A) 0				
보통(B) 0.75	5.214(0.5)	4.286 (0.75)	3.643(0.25)	
불량(C) 0.75	3.286(0.5)	2.357 (0.75)	1.714(0.25)	
매우불량(D)0				

5) 평가결과의 비퍼지화

3)와 4)의 과정을 반복하여 항목 간 점수조합을 수행할 수 있다. 항목간 점수 조합의 결과는 서로 다른 소속도를 지니는 이산적인 직선들로 나타나게 된다. 전체 점수의 조합을 위해서 전체에 대한 무게 중심을 고려할 수 있다. 위의 표에서 얻은 결과를 하나의 그래프로 표현하면 그림 7과 같다. 위의 이산적인 결과에 대해서 무게중심을 구하면 $x = 3.524$ 로 C등급이라고 할 수 있다.

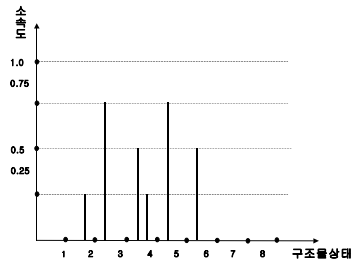


그림 7. 평가결과 비퍼지화 (예제)

4.5 평가결과 및 조치

상태등급을 점수로 변환하기 위해서는 등급에 다른 성능점수가 필요하며, 성능점수를 등급으로 변환하기 위해서는 성능점수별 평가등급 산정표를 이용하여야 한다. 안전진단세부지침에서는 노후화 상태와 안정성으로 분류하여 A~D등급의 4단계로 기준을 제시하고 있으며, 평가등급별 조치사항을 표 7과 같이 명시한다.

표 7. 건축물의 상태 및 안정성 평가등급

등급	노후화 상태	안정성	조치
A	경미한 문제점이 있으나 양호한 상태	균열이나 변형이 있으나 허용범위 이내인 상태	일상적인 유지관리
B	문제점이 있으나 간단한 보수 보강으로 원상회복이 가능한 보통의 상태	균열이나 변형이 있으나 구조물의 내하력이 설계의 목표치를 초과한 상태	지속적인 감시와 보수·보강이 필요함
C	주요 부재에 발생한 노후화 정도가 고도의 기술적 판단이 요구되는 상태로 사용제한 여부의 판단이 필요함	균열이나 변형이 허용범위를 초과하고 있으나, 구조물의 내하력이 설계의 목표치를 미달하고 있어, 고도의 기술적 판단이 요구되는 상태로 사용제한 여부의 판단이 필요	사용제한 여부의 판단과 정밀안전진단이 필요함
D	주요 부재의 노후화 정도가 심각하여 원상회복이 불가능하거나 안정성에 위협이 있어 즉각 사용금지하고 긴급한 보강이 필요한 상태	균열이나 변형이 허용범위를 초과하고 있고, 구조물의 내하력이 허용범위에 미달하여 붕괴가 심각히 우려되며, 안정성에 위협이 있어 즉각 사용금지하고 긴급한 보강이 필요한 상태	사용금지 및 보강조치가 필요함

4.6 종합성능평가

일반적으로 구조안정성 평가에서는 최소 평가점수에 근접하도록 평가결과를 산출하는데 이는 구조안정성 측면에서 그 심각성을 알리기 위해서이다. 그러나 본 지침서의 목적은 교육시설물의 종합적인 가치를 평가하는데 있으며, 따라서 각 평가항목의

평균점수에 가깝게 종합점수가 산출되도록 고안되어 있다. 전체적인 종합성능의 등급과 관계없이 구조안정성 평가 등급상 각 평가항목에서 문제가 있는 부분은 반드시 보수 보강에 의하여 성능이 회복되어야 한다. 따라서 표 7는 전반적인 평가항목 및 개소에 대한 결과이며, 국부적으로 성능이 부족한 경우, 특히 구조의 경우에는 각 개별 평가결과에 의하여 표 8과 같은 조치가 이루어져야 한다.

표 8. 평가결과 및 조치

등급	점수	종합성능
A	90점 이상	현행 법규나 기준과 동일한 상태로서 경미한 문제점이 있을 수 있으나 양호한 상태
B	70-90	현행 법규나 기준에 약간 미달하지만, 안전에는 크게 문제가 되지 않는 수준으로서 간단한 보수·보강·교체로서 원상회복이 가능한 보통의 상태
C	50-70	현행 법규나 기준에 상당히 미달하는 수준으로서 구조 및 설비의 사용제한 및 즉시 보완 및 교체가 필요함
D	30-50	현행 법규나 기준에 상당히 미달하는 수준으로서 원상회복이 불가능하거나 안정성에 위협이 있어 즉각 사용금지하고 긴급한 대책이 필요한 상태

5. 결 론

현행 교육시설사업의 유지관리업무에 참여하는 기관별 정보의 분절과 검사방법, 등급을 판단하는 기준의 미비로 인하여 기관별 단독적·산발적인 중복업무가 이루어지고 있는 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 교육시설물 유지관리업무를 체계적으로 종합성능평가하기 위하여 기존의 건축물의 성능평가기법들을 비교 조사한 후 적절한 평가방안을 설정하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구에서는 교육청시설사업의 건축분야의 유지관리업무를 중심으로 첫째, 관련문헌을 조사하여 유지관리의 개념을 정립하고, 현행 교육시설물 유지관리 사례를 바탕으로 각 단계별 업무활동 및 업무절차를 검토하면서 문제점을 도출하였다. 둘째, 교육시설물의 성능을 판단할 수 있도록 크게 노후도 분야와 구조안정성 분야로 나누어 평가항목을 제시하였고, 교육환경개선사업의 항목 가운데 많은 비중을 차지하는 방수와 구조균열을 중심으로 교육시설물의 성능평가방안을 마련하고자 하였다. 셋째, 교육시설물의 성능평가의 주관성을 배제하고 평가결과와 정확한 이해를 돕기 위하여, 퍼지 이론 등의 수리학적 모델을 적용하여 평가방법과 결과를 계량화하고자 하였다. 또한 예제에 퍼지 이론을 적용하여 객관적이고 합리적인 교육시설물 유지관리 성능평가방안으로 적합한지 검증하고자 하였다.

그러나 본 연구에서 교육시설물 분야의 성능평가부분에 있어서 한정된 조사·평가의 결과로부터 전체 교육시설물을 대표하는 평가등급으로 추론하기에는 불확실한 측면이 많았다. 향후 교육시설물의 분야의 성능 평가부분에 대한 평가항목과 평가방법에 대하여 다양한 접근이 이루어져서, 체계적인 기준과 절차에 의거하여 교육시설물의 종합성능 판정이 이루어질 때 교육환경개선과 기관별 단독적·산발적인 중복점검 문제 등을 해결하고자 하는 본래의 취지를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이계인, 초·중등학교 시설물 유지관리체계 개선 연구, 대한건축학회 논문집 Vol.12, No.10, 1996.10
2. 민창기, 학교건물의 노후화에 따른 개축판정에 관한 모델의 정립, 한국교육시설학회, Vol.4, No.4.

- 1997.12
3. 교육부, 국민학교 시설관리시스템 구축 기본계획, 1992.5
 4. 교육부, 대학시설관리시스템 사용자 지침서, 1994.12
 5. 옥중호, 안병환 전국단위 교육행정정보체계 구축 사업 활용을 위한 실험적 교육시설현황관리시스템 개발에 관한 연구, 한국교육시설학회지 Vol.9, No.2, p.6 2002.3
 6. 정의용, 김치환, 대학 도서관 성능개선을 위한 평가와대책, 한국퍼실리티매니지먼트학회지, Vol.2, No.1, p.48, 2000
 7. 김치환, CAFM system의 건물성능평가 관련기능에 대한 개념적 고찰, 한국퍼실리티매니지먼트학회지, Vol.2, No.2, p.42~43, 2000.11
 8. 시설안전기술공단, 기존 건축물의 종합성능 평가 모델개발 자문회의 보고서, p.6~7, 2002.10
 9. 서울시립대학교 법률행정연구소, 교육환경개선사업 성과분석 및 효율적 운영방안 연구, p.31. 1999.11
 10. 시설안전기술공단, 재건축 판정 절차서, 2000.12
 11. 시설안전기술공단, 시설물유지관리 이렇게 한다. 1999.6