

교육시설 내용년한 산정 연구 - 옥상방수와 바닥마감재를 대상으로 -

Establishment of the Service Life of the Education Facilities - Focused on the Roof water-proof and Floor finishings -

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

Abstract

Educational facilities have an affect to make a decently learning environment. After constructed, it needs a maintenance plan to keep the performance or function which provide the repair time, repair scope and ratio. But the fundamental data are so insufficient that the field worker can't provide the maintenance plan and has no choice use the other data which concerned with apartment or office building. Above all, the service life is indispensable to make a repair plan because the repair time and scope would be provided within the service life.

This study aimed at providing the method to make a service life of component in educational facilities and applying the method into the roof proof and floor finishing. Results are shown that first, it is important to set the 1st repair time after constructed. when it proposes the three ways with the probability approach, choice probability model and cumulative cost function. Second, the service life of roof proof is provided with about 35 years. In addition, the service life of the floor finishing is about 40 years. These result would be utilized to conduct the repair plan under the service life.

키워드 : 교육시설, 옥상방수, 바닥마감, 학교, 내용년한, 추정방법

Keywords : educational facilities, roof proof, floor finishings, school, service life, estimation method

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

교육시설은 학업성취 등에 영향을 미치는 질적인 요소로써 점차적으로 기존 교육시설의 노후화, 기능 저하 등에 대한 개선이 요구되고 있다. 이것은 학습 공간 시설로써 학생이 학기 중 집중적으로 사용하는 것으로, 일반 공동주택과는 달리 사용시간, 사용면적, 사용빈도 등의 측면에서 차이가 발생한다. 반면, 현장에서 이루지는 유지관리는 경

험적인 수준에서 대응하는 것이 일반적이며, 수선, 보수 등을 수행하는 의사결정을 위한 대안이 부족한 실정이다. 또한, 시설 유지관리를 위한 관련 규정, 기준은 매우 모호하거나 체계화되어 있지 않고 있다.

현재 많은 교육시설 가운데 오랜 경과기간을 지니고 있는 시설에 대한 신축 혹은 재건축이 쟁점으로 대두되고 있다. 그러나 경제적, 사회적, 환경적, 교육적 여건 등으로 인해 적극적인 추진에는 한계를 보이고 있다.

이와 같이 교육시설 유지관리를 위한 여러 가지 방안이 추진되고 있으나, 시설 유지관리계획 수립과 실행을 위한 기초자료가 부족한 실정이다. 현재, 교육시설 유지관리를 위한 수선기준은 공동주택 장기수선계획 수립기준에서 제시하고 있는 자료를 활용하는 것이 대부분이다. 공동주택에서 사용하는 수선지침을 학교시설물에 적용하는 것은 건물 유형, 사용시간, 사용자 특성 등을 감안할 때, 상이함

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

** Senior Researcher, Korea Institute of Construction Technology
Corresponding Author,

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

This work was supported by a Research Grant of Andong National University.

으로 현실적으로 문제의 소지를 안고 있다.

유지관리계획을 수립하기 위해서는 건축물을 구성하고 있는 부재, 부품 등의 수명, 내용년한을 예측하는 것이 우선이다. 부재, 부품의 전체적인 수명기간 동안 수선주기를 설정하고, 이에 따른 수선범위, 수선율을 계획하게 된다. 따라서 본 연구에서는 교육시설을 구성하고 있는 공간, 부위 등의 내용년한을 설정하는 방법을 제시하는 것이다. 또한, 내용년한 산정방법은 옥상방수, 바닥마감재를 대상으로 적용하여 내용년한을 예측하였다. 이와 같은 내용년한 산정방법과 사례는 옥상방수, 바닥마감재 이외의 다른 부재, 부위에 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 설정된 내용년한 기간 동안 유지관리를 위한 수선주기는 개·보수 등의 계획수립에 기초적인 자료로서 활용할 수 있을 것이다.

1.2 연구의 방법 및 내용

건축물은 준공 후 시간 흐름에 따라 열화되기 시작한다. 그리고 구성하는 부재 혹은 부품은 매우 다양하고 각각의 내용년한이 상이하다. 내용년한은 부재 혹은 부품의 성능이 더 이상 발휘하지 못하는 기간까지로 설명할 수 있다. 본 연구에서는 교육시설의 내용년한을 설정하기 위해 다음과 같은 연구방법과 내용으로 수행되었다.

첫째, 내용년한 추정방법은 준공 이후 나타난 1차 수선 시기를 산정하는 것이 필요하다. 1차 수선시기를 산정하는 방법으로는 수선시기와 수선비용과의 3차원적인 모델, 수선여부를 확률적인 모델로 구성하는 방법, 준공이후 첫 수선시기를 평균값으로 산정 등의 3가지 방법을 들 수 있다. 준공 이후 나타난 첫 번째 수선 시기는 앞서의 3가지 방법으로 산정된 값을 산술평균하여 준공 후 1차 수선시기로 설정한다. 상기와 같은 3가지 방법으로 접근한 것으로 분석결과의 편기성(bias)을 방지하기 위함이다. 1차 수선시기를 이용하여 수선행위 이후에 이전단계에서 가지고 있는 최대의 성능 및 기능에 대한 일정의 회복률을 가정하여 내용년한을 산정할 수 있다.

둘째, 내용년한은 1차 수선시기를 이용하여 2차, 3차, 4차 등의 수선시 회복을 설정에 따라 성능수준이 결정된다. 본 연구에서는 수선 이후의 성능회복율은 60%수준으로 전제하였으며, 2차 수선 이후까지의 기간으로 내용년한을 설정하였다. 내용년한 산정방법 사례적용은 옥상방수, 바닥마감재를 대상으로 수행하였다.

셋째, 옥상방수, 바닥마감재에 대한 수선시기, 수선방법, 수선범위, 수선비용 등의 수집된 수선이력 자료는 준공 이

후의 시간 흐름에 따라 시계열적으로 정리하였다. 그러나 문서보존 기한이 5년으로 설정되어 이전의 수선기록 자료 확보에는 한계가 있다. 따라서 보존기한 이전 수선이력은 학교시설담당자 면담과 추론을 통해 수집하였다.

Table 1. Frequency of schools in the collected data

	roof proof	floor finishings
elementary	15	28
middle	48	13
high	13	21

1.3 연구의 범위

본 연구에서는 교육시설 가운데, 옥상방수, 교실 바닥마감재를 연구범위로 설정하였다. 그리고 크게 초등학교, 중학교, 고등학교 등으로 구분하여 자료를 정리, 분석하였다. 수선이력 자료 수집 학교는 크게 초등학교, 중학교, 고등학교로 조사대상 학교 숫자는 <Table 1>과 같다.

수선 이력자료를 시간적인 측면에서 시계열적으로 정리할 때, 시간적인 차이에 따른 화폐가치 차이가 발생한다. 이것을 고려하여 수선비용의 할인율은 2.6%로 설정하였다.

2. 기존문헌 고찰

일반건축물과 마찬가지로 교육시설물의 유지관리 대응은 크게 사전예방방식(preventive maintenance)과 사후보전방식(breakdown maintenance)으로 구분할 수 있다. 사후보전은 부품, 부재의 기능 정지, 성능 정비 등의 현상이 현상학적으로 나타났을 때, 개·보수, 교체 등의 즉각적인 유지관리행위를 하는 것이다. 반면, 사전예방은 기능정지 등의 현상이 나타나기 전에 기능정지 혹은 불량현상이 나타날 시기를 예측하여 기능정지 발생이전에 적극적으로 대응하는 방식이다. 두 가지 방식가운데 사후보전적인 방식은 성능저하로 인해 2차적인 성능저하 등이 발생할 우려가 있으므로 일정의 성능을 계속적으로 유지하기에는 한계가 있다. 따라서 예방보전적 측면에서 계획적으로 성능을 일정수준 유지하게 하는 것이 중요하다.

교육시설을 구성하고 있는 부품, 부재, 설비 등의 내용년한을 제시한 연구는 매우 드문 형편이다. 대부분의 연구는 수선주기, 수선율에 대한 것으로써 설문조사 자료를 분석한 결과를 제시하고 있다. 손세관(2010)은 학교시설물의 부재, 부품 등을 크게 구조, 외부마감, 내부마감, 설비 등으로 구분하여 각각의 수선율과 수선주기를 제시하고자 하였다¹⁾. 이 연구에서는 학교시설물을 구성하는 부재, 부

위, 부품에 대해 설문조사자료를 통계처리하여 수선주기와 수선율을 정량적인 데이터로 제시하고 있다. 시멘트 액체 방수의 경우 수선주기는 최소 4년, 최대 8년이며, 이때 수선율은 각각 3%, 10% 수준인 것으로 나타나고 있다.

서치호외 5인(2001)은 초등학교 시설의 개보수 이력 자료를 통해 부재, 재료 등의 노후화 진행정도를 분석하였다²⁾. 본 연구는 기존의 노후교육시설에 대한 개보수현황 파악과 구성재료, 구법상의 문제점, 성능개선을 위한 방안을 도출하는 것에 초점을 두고 있다. 이를 위해 이 연구에서는 실태조사를 통해 부재, 재료의 열화도 진행정도를 분석하였다. 이 연구에서는 기능정지 이후에 수선을 하는 사후보전방식의 한계점을 지적하고 있으며, 구성재료에 대한 전면적인 교체와 같은 시설관리방식의 전환을 요구하고 있다. 그리고 수선시기이전 혹은 이후에 발생하는 기능정지를 제거하기 위해서는 기대수명과 이에 따른 수선주기가 필요함을 암시하고 있다.

김송화 외 4인(2007)은 기존 교육시설의 유지관리를 위한 시설 분류체계를 재료, 부재 등의 공종이외에 공간, 부위를 포함하는 방안을 제시하였다³⁾. 이 연구에서는 공간 혹은 부위에 따른 분류체계를 사용함으로써 유지관리비 산출, 수선주기 제시 및 활용에 효과가 있을 것으로 판단하고 있다. 이춘경(2007)은 학교시설물 유지관리 실태 및 문제점을 도출하고 있다. 그는 초등학교, 중등학교 시설관리 종사자에 대한 면담조사를 실시하였다. 조사결과, 기존에 제시되었던 학교시설물 유지관리 편람의 재정비와 전문 인력 육성, 배치가 시급한 것으로 나타나고 있다. 또한, 표준화된 유지관리 프로세스, 유지관리 데이터 이력 축적 등이 필요한 것으로 제시하고 있다⁴⁾.

이 이외에도 국외문헌에서 기존의 옥상방수, 바닥마감재의 수선주기, 수선율, 내용년한을 분석한 결과를 수집하였다. 국외의 옥상방수, 바닥 마감재의 내용년한을 살펴보면 다음과 같다. <Table 2>는 옥상방수와 관련한 수선주기,

- 1) 손세관(2010), “BSI를 활용한 교육시설물 수선주기·수선율 산정방법 및 신뢰성 향상방안에 관한 연구”, 홍익대학교 박사학위 논문.
- 2) 서치호외 5인(2001), “교육시설의 리모델링을 위한 구성재료의 노후화 판정기준 작성(I)-초등학교 시설의 개·보수이력에 관하여-”, 한국교육시설학회지 제8권 제 3호, pp7~14.
- 3) 김송화외 4인(2007), “교육시설물의 효율적 유지관리 체계정립을 위한 분류기준 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집(2007-11), pp403~408.
- 4) 이춘경외 2인(2007), “학교시설물 유지관리 효율화를 위한 지원체계구축 방안 연구-대전광역시 초·중등학교를 중심으로-”, 대한건축학회논문집 구조계 제23권 제8호(통권 236호), pp191~199.

Table 2. Surveyed data of roof proofing in Japan

area	type	scope	time(yr)	ratio(%)
roof proofing (exterior)	mortar finishing	partly	5	15
		fully	15(10 in winter)	100
	tile	partly	10(5 in winter)	15
	mortar block	partly	8(5 in winter)	10
	asphalt proofing	partly	7	16(15)
		fully	20	
	mortar proofing	partly	5	14
		fully	10	100
	type	time(yr)	ratio	full repair
	asphalt proofing	10	10	30
	expansion line	10	10	30
	floor clinker tile	5	15	15
	floor mortaring	10	10	30
	clinker tile & mortar	10	15	30
	brickwork	10	10	30
	aluminum	20	15	40
	type	scope	time(yr)	ratio(%)
	asphalt proofing	partly	10	15
		fully	25(20)	100
	expansion line	partly	3	15
fully		25	100	
2 nd mortaring	partly	5	15	
	fully	15(10)	100	
clinker tile	partly	10(5)	15	
	fully		100	
mortar block	partly	8(5)	15	
	fully	25	100	
type	scope	time(yr)	ratio(%)	
mortar finishing	partly	5	15	
	fully	15	100	
	etc	5	15	
tile	partly	10	5	
asphalt proofing	partly	10	10	
	fully	25	100	
polymer screen proofing	partly	5	10	
	fully	15	100	
polymer sheet proofing	partly	10	20	
	fully	20	100	

출처) Economic committee of Archi. Institute of Japan(1995), Standard of Repair Approach, AIJ.

수선율을 조사한 자료이다. <Table 2>에서 제시하고 있는 일본자료에 의하면, 옥상방수에 대한 수선시기는 전면 교체가 약 20년 내외로 설정되어 있다. 아스팔트 방수의 경우 교체시기는 약 25~30년 정도로 설정되는 것으로 조사되었다.

<Table 3>은 영국의 옥상방수 내용년한을 조사한 것이

다. 이것에 의하면, 아스팔트는 36년, 합성고무는 24년, 타일은 63년 등으로 나타나고 있다.

Table 3. Service life of roof proofing in UK(year)

materials	service life (yr)	materials	service life (yr)
PVC	26	synthetic rubber	24
highly polyester	23	tile	63
asphalt	36	cement	36

출처) BCIS(2006), Life Expectancy of Building Components-Surveyors' experiences of buildings in use.

<Table 4>는 일본의 바닥마감재 수선시기, 수선율을 조사한 결과이다. 인조석 마감의 전면교체는 약 30년, 리놀륨 전면교체는 18년 등으로 나타나고 있다. 모르타르 마감의 경우 전면교체는 약 20년으로 제시되고 있다. 타일의 전면교체는 30년, 비닐시트는 25년의 교체시기를 지니고 있는 것으로 조사되었다.

Table 4. Repair time and ratio of floor finishings in Japan

	type	scope	time(yr)	ratio(%)
floor finishings	mortar finishing	partly	5	15
		fully	20	100
	tile	partly	7	14
		fully	30	100
	imitation stone grinding	partly	8	15
		fully	30	100
	flooring block	partly	7	15
		fully	25	100
	upper deck	partly	8	16
		fully	25	100
	linoleum	partly	6	14
		fully	18	100
	rignoid mortar	partly	4	16
		fully	15	100
	rubber tile	partly	5	15
		fully	18	100
	underground, toilet water proofing	partly	10	30
	tile		10	30
	mortar plastering		10	30
	mortar		5	30
	vinyl sheet		10	25
	vinyl tile		10	20
	wooden composite flooring		15	30
	synthetic screen proofing		10	30
	mortar	partly	5	15
		fully	25	100
	tile	partly	7	10
		fully	30	100
imitation stone grinding	partly	10	15	
	fully	30	100	

marginal deck	partly	8	15
	fully	30	100
linoleum	partly	10	10
	fully	25	100
vinyl asphalt tile linoleum tile	partly	6	10
	fully	20	100
mortar	partly	5	5
	fully	20	100
tile	partly	10	10
	fully	30	100
imitation stone grinding	partly	15	10
	fully	30	100
flooring block	partly	10	15
	fully	25	100
carpet	partly	5	10
	fully	15	100
elastic flooring	partly	7	10
	fully	20	100
rubber tile	partly	10	10
	fully	20	100

출처) Economic committee of Archi. Institute of Japan(1995), Standard of Repair Approach, AIJ.

<Table 5>는 영국의 바닥마감재 내용년환을 조사한 것이다. 이것에 따르면, 콘크리트 바닥 슬래브의 내용년환은 약 75년 내외수준을 갖는 것으로 나타나고 있다. 조사된 내용년환을 살펴보면, 타일은 50년, 비닐시트는 15년, 라텍스 시멘트는 20년, 목재 마감의 경우 약 50년 내외로 나타나고 있다.

Table 5. Service life of floor finishing in UK(year)

material	service life	material	service life
concrete slab	75/73/72/ 70/66	tile	50
precast con'c slab	72/72/76	vinyl tile	15
wood	71/51/49	linoleum	20
cement 25mm thickness	40	vinyl sheet	15
granite con'c 20mm	50	carpet	10
latex cement	20	chipboard	30
epoxy	12	MDF(washboard)	30
terrazzo	50	plastic (washboard)	24

이와 같은 기존 문헌에서 제시된 각종 내용년환은 학교시설물 고유 특성을 반영하여 제시된 결과이기 보다는 해당 부위의 속성측면에서 일반적으로 지녀야 하는 내용년환 수준을 제시하는 것이다. 따라서 교육시설에 적합한 내용년환 산정방법, 내용년환 제시가 필요하다. 부재, 부품 등의 내용년환을 설정하고 내용년환 기간 동안의 수선시기, 수선범위 등의 유지관리계획을 수립하는 것이 적절하다.

3. 내용년한 산정 방법

옥상방수, 바닥마감재 등의 내용년한은 사용재료, 시공 기술, 시공기능자들의 수준 등을 종합하여 평가하여 추정할 수 있다. 여기에는 사용자재 초기 성능, 시공수준, 기능공의 기술숙련도 정도 등이 종합적으로 고려되어야 한다. 그리고 건축물이 위치하고 있는 장소의 지리적 여건, 습도, 일사광 등의 자연적 조건, 대기오염정도, 사용자의 사용조건, 자동차 매연 등의 인위적 조건 등을 고려하여야 한다. 이러한 건축물 자체의 조건과 외부 환경적 조건에 따라 내용년한을 고려하여야 한다. 그러나 이것은 공사 관련 기술의 자료, 시공·설계상의 기술 자료 등이 계속적으로 축적되는 것을 전제로 한다⁵⁾. 이와 같은 접근은 내용년한 산정 결과가 정확성을 가지고 있을지라도 공사 관련 기술의 자료 및 시공·설계·유지관리과정 등의 관련자료 축적이 풍부하여야 추정이 가능하다는 단점이 있다. 따라서 내용년한 산정에 반영될 수 있는 체계적이고 지속적인 자료가 축적되어 있지 않은 경우는 통계적인 방법을 이용하여 산정할 수 있다. 이것은 과거부터 현재에 이르기까지 수행되어온 유지관리가 앞으로도 계속적으로 진행된다는 것을 전제를 하고 있다. 전자의 경우는 내용년한 산정결과가 비교적 정확하다는 장점을 지니고는 있으나, 여기에 반영되어야 하는 자료 확보, 내용에 한계점을 지니고 있다. 반면, 후자는 정확성 측면에서는 전자보다는 다소 제한을 가지고는 있으나, 기존의 수선시기, 수선비용 등의 간결한 자료를 통계적인 방법으로 산정할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

따라서 내용년한 산정과정에서 반영되는 다양한 자료의 한계를 감안하여 통계적인 접근방법을 사용하는 것이 적합하다. 이것은 3가지 방법으로 출발하여 내용년한을 산정할 수 있다. 첫 번째는 통계적인 도구로써 정규확률 분포를 이용하는 것, 두 번째는 수선시기와 수선여부를 이용하여 선택확률 개념을 활용하는 방법, 마지막으로 수선비용과 경과년수로 하는 3차 함수식의 모델로 작성하는 것 등이다⁶⁾. 확률론적인 방식은 내용년한에 대한 기간 설정을 연

5) 이와 같은 마감재의 조건 혹은 환경에 대한 시공·설계 등의 기술자료가 준공당시부터 계속적으로 축적되면 다양한 인자의 내용년한에 대한 영향도 등을 체계적으로 분석, 평가할 수 있다.
6) 첫 번째, 두 번째의 방법론은 확률론적인(probabilistic) 접근방식이며 세 번째 방법론은 결정론적인(deterministic) 방법이다. 확률론적인 방법은 수선시기에 대한 시점을 가능성이 높다는 것이며 결정론적인 접근방법은 시계열상에서 하나의 시점에 발생한다는 방법이다.

속분포(continuous distribution)의 형태로 제시되는 것으로 이산분포(discrete distribution)의 형태로 나타나지는 않는다. 이들 세 가지의 접근방식을 설명하면 다음과 같다.

3.1 확률분포 이용

수선빈도를 시계열적으로 분포하면 종형(bell type)의 일정 형태를 갖게 된다. 수선이 이루어진 시점을 시간적인 흐름속에서 확률론적으로 추정하는 방법이다. 이것은 표본 정규분포 등의 확률분포로 표현할 수 있으며, 평균, 표준편차 등의 수치를 통해 산정할 수 있다. 따라서 평균적인 수선시기를 중심으로 일정범위내로 나타낼 수 있다. 일반적으로 수선빈도는 준공 이후부터 점차적으로 증가하는 양상을 보이면서 대표치를 갖는 수선시기에 가장 많은 빈도를 보이다가 그 이후에는 점차 수선빈도가 줄어들게 되는 경향을 보인다.

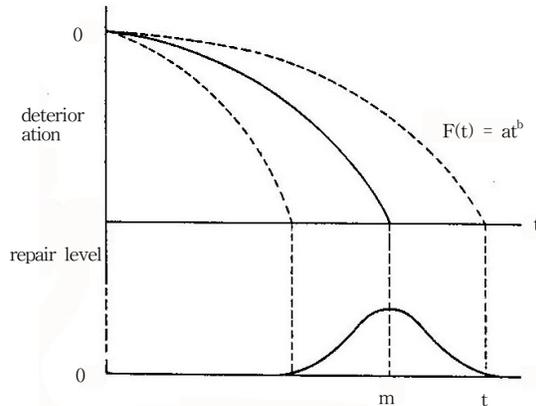


Figure 1. Normal Distribution curve and repair frequency

이와 같은 수선시기의 수선빈도는 와이블 분포(Weibull distribution)의 형태를 지니게 된다. 와이블 분포(Weibull distribution)는 확률적인 신뢰구간 및 신뢰계수를 구하기 위해서는 복잡한 계산과정을 거쳐야 한다. 따라서 와이블 분포의 계산과정의 한계에 따라 표준정규분포를 이용하여 평균적인 수선시기를 산정하는 것이 효과적이다⁷⁾.

3.2 수선여부와 수선시점을 활용

개·보수, 교환 등의 수선은 준공 후 경과년수의 시간적인 흐름에서 파악할 수 있다. 이때, 시간적인 흐름에서 수선행위가 발생한 것과 발생하지 않은 것을 대비하여 수선

7) 본 연구에서는 와이블 분포를 이용하기 위한 데이터의 수와 신뢰성이 미약하다. 따라서 와이블 분포의 계산과정의 복잡함과 자료의 한계로 인해 표준정규분포를 이용하는 것이 바람직하다.

에 대한 선택여부로 정리할 수 있다. 이것은 경과년수에 따른 수선행위 여부로써 선택확률모델(choice probability model)로 분석할 수 있다⁸⁾. 즉, 시간적인 흐름속에서 수선행위 여부에 대한 선택을 변인으로 활용하여 수선행위가 발생할 확률이 가장 높은 시점을 산정하는 것이다. 이것은 수선시기와 수선행위를 활용한 모델로써 (식1)와 같이 표현할 수 있다. 이것은 선택과 미선택의 관계를 활용하여 확률적으로 높은 시기를 수선시기로 설정하는 것이다.

$$P(t) = \frac{\exp(t)}{\sum \exp(t)} \quad (\text{식1})$$

3.3 수선비용과 경과년수 관계

이것은 수선비용과 수선시기를 함수관계로 활용하는 것이다. 학교시설물 이력자료를 살펴본 결과, 준공 후 경과년수가 짧은 것에서 긴 부분까지 다양하게 나타나고 있다. 이것을 반영하여 4차 이상의 다항식을 이용하기 보다는 3차함수를 이용하는 것이 효과적인 것으로 판단된다⁹⁾.

수선시기와 수선비용과의 관계는 크게 두 가지 형태로 나타난다. 하나는 시간의 흐름에 따라 누적수선비용이 최대를 형성하는 시기와 두 번째로 시간 흐름에 따라 단순 증가하는 형태로 구분된다. 전자에서 수선시기와 수선비용과의 관계에서 누적수선비용이 최대를 형성하는 시기를 도출할 수 있다. 누적수선비용이 최대가 되는 시기까지 수선비용이 계속적으로 증가하는 구간을 의미하며, 이후부터는 점차적으로 감소하는 경계를 의미한다. 따라서 수선비용의 증감변화가 발생하는 시기를 활용하는 것이다. 수선비용과 수선시기와의 관계를 3차 함수식으로 정리하면 (식3)과 같이 표현된다.

$$Y = a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 \quad (\text{식2})$$

여기서 Y : 누적수선비용, X : 경과년수

3.4 내용년한 산정

상기와 같은 3가지 접근방법을 통해 옥상방수, 바닥마감재의 준공 이후의 1차 수선시기를 산정할 수 있다. 3가지 방법에서 산출된 1차 수선시기는 처음으로 나타나는 개·

8) 본 연구에서는 선택확률모델을 직접적으로 활용하기 보다는 3차 함수식을 이용하여 각각의 마감재에 대한 수선시기를 설정하였다.

9) 할인율은 시간의 경과에 따라 화폐의 환산가치를 의미한다. 본 연구에서 누적수선비용은 준공이후 시간의 흐름에 따른 수선비용으로 할인율은 2.41%로 설정하였다

보수 혹은 교체 등의 수선행위가 발생하는 시기 혹은 확률이 높은 시점을 의미한다. 따라서 산출된 수선시기를 이용하여 산술평균한 수치를 1차 평균수선시기(t_1)로 설정하였다. 그리고 산술평균한 1차 수선시기(t_1)를 이용하여 옥상방수, 바닥마감재의 내용년한을 산출하기 위해서는 보수 및 교체 등의 수선행위로 인해 개선되는 기능 및 성능의 회복정도를 가정하는 것이 필요하다.

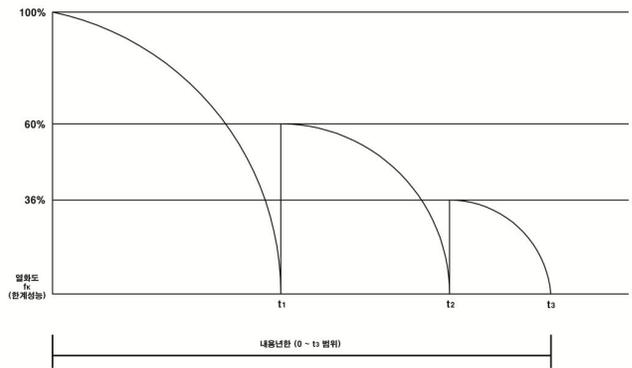


Figure 2. Service life in the Relation between the deterioration and recovery rate 60%

본 연구에서는 수선행위 후 성능 및 기능의 회복율은 이전 단계의 60%수준으로 회복하는 것으로 가정하였다. 그리고 60%수준의 회복율을 지니고 있더라도 시간의 경과에 따른 자연적인 열화도를 감안하면 일정수선횟수에 따라 기능 및 성능이 일정수준으로 도달한다. 이것은 열화도 곡선의 형태가 60%의 크기로 계속적으로 줄어든다는 것을 의미한다. 따라서 시간 흐름에 따라 계속적인 수선이 이루어지면 종국적으로는 성능이 완전히 제거하는 시점(t_n)에 도달하게 된다¹⁰⁾. 따라서 거주환경을 저해하지 않고 일정수준을 유지하는 성능에 이르는 시기를 내용년한으로 설정하는 것이 바람직하다. 내용년한은 크게 성능이 완전히 제거되는 시기와 일정수준의 기능 및 성능을 유지하는 시기까지로 구분할 수 있다. 성능 및 기능이 완전히 제거되는 종국적인 내용년한은 (식4)와 같이 계산할 수 있다.

$$\text{종국적인 측면의 내용년한} = \frac{\text{평균 1차 수선시기}}{1 - \text{수선이후의 회복율}} \quad (\text{식4})$$

그러나 식4와 같은 방법으로 산정할 경우, 기능 및 성능이 완전히 열화되어 거주환경을 형성하는 역할을 충분히 수행하지 못한다는 단점을 지니고 있다. 따라서 수선행위,

10) 성능 혹은 기능이 완전히 제거된다는 것은 내구성이 0에 가깝게 되는 것이다.

회복율을 감안하는 동시에, 일정 수준의 기능 및 성능(f_k)을 전제로 하여 분석하는 것이 필요하다¹¹⁾. 60%의 수선 이후의 성능회복율을 가정하는 경우, 1차 수선시기에는 약 60%수준을 형성한다. 2차 수선시기에는 약 36%의 성능수준을 형성하는 것으로 준공당시 절반 수준에 그치고 있다. 이와 같이 성능회복율을 이용하여 내용년한은 2차 수선 이후 자연적인 열화가 진행되는 시기까지로 설정하였다. 따라서 옥상방수, 바닥마감재 내용년한의 시간적인 범위는 $0 \sim t_3$ 으로 설명할 수 있다(Figure 2 참조).

4. 산정결과

4.1 옥상방수

수집된 수선시기, 수선비용 자료를 활용하여, 내용년한을 산정하였다. 내용년한을 산정하기 위해 필요한 1차 수선시기를 분석한 결과는 다음과 같다.

초등학교 옥상방수 1차 수선시기를 산출한 결과는 Table 6과 같다. 초등학교 옥상방수의 1차 수선시기는 18.6년으로 분석되었다. 이것을 이용하여 1차 수선시 성능회복율 60%를 감안하여 내용년한을 산정할 수 있다. 내용년한 산정결과는 약 36.5년으로 산정할 수 있다.

Table 6. Results of the 1st repair time of roof-proof in elementary school

school	1 st repair time ¹⁾	Repair or not ²⁾	cumulative cost ³⁾	mean
DL	24	30.2	15.0	23.1
GP	21	23.1	14.5	19.5
GS	20	21.2	7.3	16.1
GD	14	19.1	27.2	20.1
DJ	21	23.3	9.2	17.9
MS	23	25.2	13.0	20.4
SS	24	35.1	9.2	22.8
SY	8	12.7	1.2	7.3
SD	24	26.6	10.5	20.3
SW	18	23.3	6.6	15.9
SJ	38	13.1	23.8	25.0
YD	15	2.9	4.7	7.5
JM	22	27.2	11.0	20.1
CD	14	22.7	8.9	15.2
HD	41	13.6	28.0	27.5
mean				18.6

주1) 최초수선시기

주2) 경과년수에 따른 수선여부

주3) 경과년수와 누적수선비용과의 함수

11) 이것은 한계성능으로 설명할 수 있다. 한계성능은 해당 부품이 지니고 있는 성능이 거주환경에서 일정한 역할을 하는 최소한의 수준이라고 할 수 있다.

Table 7. Results of the 1st repair time of roof-proof in middle school

school	1 st repair time ¹⁾	Repair or not ²⁾	cumulative cost ³⁾	mean
KR	12	18.2	4.0	11.4
KN	29	31.2	10.6	23.6
GW	21	21.0	11.6	17.9
GP	21	22.1	7.0	16.7
KS	18	26.8	6.6	17.1
GJ	10	10.7	15.1	11.9
GA	23	23.5	11.1	19.2
KR	15	16.2	24.6	18.6
NW	18	21.3	11.9	17.1
NK	29	38.6	19.6	29.0
NS	19	21.5	7.4	16.0
DC	17	18.5	6.1	13.8
DJ	18	20.6	8.4	15.7
MI	17	21.9	11.6	16.8
MK	12	16.5	7.6	12.0
MC	23	25.6	16.0	21.5
MS	12	18.6	3.9	11.5
BM	21	20.7	7.6	16.4
BL	15	17.1	5.5	12.5
BW	29	35.8	15.1	26.6
SD	34	10.5	22.0	22.1
SW	20	20.5	7.1	15.9
SI	16	19.0	6.3	13.8
SC	16	16.7	5.7	12.8
SN	17	23.4	5.8	15.4
SR	10	18.5	10.3	12.9
SDL	25	8.6	16.8	16.8
SL	20	22.1	8.0	16.7
SM	19	19.6	6.8	15.2
SBP	22	22.8	11.3	18.7
SS	20	24.6	11.7	18.8
SSU	22	29.9	14.7	22.2
SY	20	20.4	7.1	15.9
YK	17	17.9	5.9	13.6
YD	20	22.8	12.5	18.4
YS	19	5.7	7.0	10.6
YL	27	29.1	15.8	24.0
YSU	29	13.8	18.7	20.5
OG	20	24.9	13.5	19.5
OJ	16	19.7	25.7	20.5
YG	18	20.1	6.2	14.7
JS	19	20.3	32.8	24.0
JSIL	23	24.1	9.0	18.7
JSAN	17	21.4	5.9	14.8
CW	53	32.3	34.1	39.8
PS	10	14.3	3.5	9.3
HD	36	12.8	24.4	24.4
Mean				17.7

주1) 최초수선시기

주2) 경과년수에 따른 수선여부

주3) 경과년수와 누적수선비용과의 함수

중학교 옥상방수 1차 수선시기를 산출한 결과는 Table 7과 같다. 중학교 옥상방수의 1차 수선시기는 17.7년으로 분석되었다. 이것을 이용하여 1차 수선시 성능회복율 60%를 감안하여 내용년한을 산정할 수 있다. 내용년한 산정결과는 약 34.7년으로 산정할 수 있다.

고등학교 옥상방수 1차 수선시기를 산출한 결과는 Table 8과 같다. 고등학교 옥상방수의 1차 수선시기는 18.6년으로 분석되었다. 이것을 이용하여 1차 수선시 성능회복율 60%를 감안하여 내용년한을 산정할 수 있다. 내용년한 산정결과는 약 36.5년으로 산정할 수 있다.

Table 8. Results of the 1st repair time of roof-proof in high school

school	1 st repair time ¹⁾	Repair or not ²⁾	cumulative cost ³⁾	mean
GD	36	11.3	21.1	22.8
GA	34	11.3	21.3	22.2
DG	21	6.1	8.2	17.0
DS	20	6.1	7.9	16.7
MD	13	2.5	4.5	16.5
BS	14	4.2	5.2	12.2
SBS	11	2.8	4.4	9.8
SMCPT	30	9.1	17.9	27.3
YJ	12	3.9	4.7	12.2
YD	33	10.1	20.8	21.3
YR	20	6.1	9.1	16.9
YM	31	9.3	24.2	21.5
HSGJ	28	8.7	15.8	26.1
mean				18.6

주1) 최초수선시기

주2) 경과년수에 따른 수선여부

주3) 경과년수와 누적수선비용과의 합수

4.2 바닥마감제

00교육청에서 제시하고 있는 바닥 마감 수선이력자료를 활용하여, 내용년한을 산정하였다. 내용년한을 산정하기 위해 필요한 1차 수선시기를 분석한 결과와 이를 활용한 내용년한 산정결과는 Table 9와 같다.

초등학교 바닥마감제 1차 수선시기를 산출한 결과는 Table 9와 같다. 초등학교 바닥마감제 1차 수선시기는 22.0년으로 분석되었다. 이것을 이용하여 1차 수선시 성능회복율 60%를 감안하여 내용년한을 산정할 수 있다. 내용년한 산정결과는 약 43.1년으로 산정할 수 있다.

중학교 바닥마감제 1차 수선시기를 산출한 결과는 Table 10과 같다. 중학교 바닥마감제 1차 수선시기는 19.9년으로 분석되었다. 이것을 이용하여 1차 수선시 성능회복율 60%를 감안하여 내용년한을 산정할 수 있다. 내용년한 산정결과는 약 39년으로 산정할 수 있다.

Table 9. Results of the 1st repair time of floor finishing in elementary school

school	1 st repair time ¹⁾	Repair or not ²⁾	cumulative cost ³⁾	mean
GS	22.0	26.0	15.8	21.3
GN	27.0	35.4	18.3	26.9
GY	37.0	12.6	23.4	24.3
GJ	11.0	13.7	19.8	14.8
GH	15.0	15.6	6.3	12.3
GS	30.0	9.6	19.3	19.6
GC	22.0	22.1	8.9	17.7
NS	29.0	9.6	18.0	18.9
DS	24.0	30.3	15.3	23.2
DJ	24.0	12.4	16.0	17.5
MD	29.0	31.5	17.2	25.9
MH	20.0	21.0	8.2	16.4
MB	22.0	25.7	17.0	21.6
SS	20.0	21.3	12.4	17.9
SK	41.0	23.0	26.1	30.0
SBG	51.0	25.2	34.0	36.7
SJ	17.0	18.8	7.0	14.3
SW	22.0	25.0	13.6	20.2
SG	20.0	23.5	14.1	19.2
SWOL	15.0	19.2	9.9	14.7
YK	22.0	27.5	13.3	20.9
YM	27.0	35.6	17.3	26.6
YC	32.0	10.1	20.4	20.8
YS	26.0	35.6	18.1	26.6
YL	20.0	25.8	15.8	20.5
ORN	26.0	38.5	15.7	26.7
JC	47.0	22.7	30.3	33.3
CP	42.0	14.0	28.0	28.0
mean				22.0

주1) 최초수선시기

주2) 경과년수에 따른 수선여부

주3) 경과년수와 누적수선비용과의 합수

Table 10. Results of the 1st repair time of floor finishing in middle school

school	1 st repair time ¹⁾	Repair or not ²⁾	cumulative cost ³⁾	mean
GS	37	12.6	23.4	24.3
DL	26	8.5	16.2	16.9
DD	52	33.2	33.8	39.7
DI	14	20.1	10	14.7
DM	5	4.7	11.8	7.2
SGJI	30	29.8	12.2	24.0
SH	37	11.7	24.2	24.3
SY	24	7.4	14.8	15.4
SS	40	15.3	25.4	26.9
YH	30	9.3	11.6	17.0
YK	37	19	24.3	26.8
WS	8	10.6	3.9	7.5
CW	17	19	7.9	14.6
mean				19.9

주1) 최초수선시기

주2) 경과년수에 따른 수선여부

주3) 경과년수와 누적수선비용과의 합수

고등학교 바닥마감재 1차 수선시기를 산출한 결과는 Table 11과 같다. 고등학교 바닥마감재 1차 수선시기는 21.0년으로 분석되었다. 이것을 이용하여 1차 수선시 성능회복율 60%를 감안하여 내용년한을 산정할 수 있다. 내용년한 산정결과는 약 41.2년으로 산정할 수 있다.

Table 11. Results of the 1st repair time of floor finishing in high school

school	1 st repair time ¹⁾	Repair or not ²⁾	cumulative cost ³⁾	mean
DG	8	9.8	18.6	12.1
DDSM	8	9.8	18.6	12.1
DW	30	14.7	19.2	21.3
RRA	40	19.6	26	28.5
MRSU	9	12.9	4.1	8.7
SGG	38	12.5	24	24.8
SIB	24	30.3	14.8	23.0
SB	22	25	9.9	19.0
SMCPT	34	13.7	21.6	23.1
SW	29	7.9	11.7	16.2
SG	20	23.9	12.8	18.9
SM	25	14.4	15.9	18.4
SL	24	14.1	15.1	17.7
SJJDC	41	10.2	18.2	23.1
YSGH	21	22.9	12.8	18.9
YIDJI	22	25	13.9	20.3
OS	44	26.9	28.4	33.1
WS	26	30.4	21.9	26.1
JH	31	15.9	19.9	22.3
CW	22	8.8	13.7	14.8
HI	49	30.4	32.7	37.4
mean				21.0

주1) 최초수선시기

주2) 경과년수에 따른 수선여부

주3) 경과년수와 누적수선비용과의 함수

5. 결론

모든 건축물은 준공 후 여러 요인에 의한 열화가 진행된다. 반면, 학교시설에서 생활하고 있는 학생들은 쾌적하고 편리한 공간에서 학습활동이 이루어지게 하는 것이 필요하다. 이와 같이 학교시설의 열화진행과 동시에 학생은 쾌적한 학습공간 확보가 요구된다. 본 연구에서는 내용년한을 산정하는 방법을 제안하고, 교육시설 가운데 옥상방수와 바닥 마감재의 내용년한을 제시하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 내용년한은 사용성 측면에서 한계에 도달하는 시기까지로 설명할 수 있다. 이것을 산정하기 위해서는 준공 이후 수선이력 자료를 활용하여 1차 수선시기를 설정하고 수선 이후의 회복율을 고려하여 연속적인 열화도 곡선을 예상

할 수 있다. 따라서 1차 수선시기(t_1)와 회복율을 고려한 일정 성능이하 도달 시기(t_k)까지를 내용년한으로 설정할 수 있다. 준공 이후 1차 수선시기는 경과년수에 따른 1차 수선시기의 평균, 경과년수와 누적수선비용과의 관계, 수선여부에 대한 확률함수 등 3가지 방법을 이용할 수 있다.

둘째, 교육시설의 옥상방수의 내용년한을 산정한 결과, 초등학교는 약 36년, 중학교는 34년, 고등학교는 36년의 내용년한을 갖는 것으로 나타난다. 전체적으로 약 35년 내외의 내용년한을 갖는 것으로 예상된다.

셋째, 바닥마감재의 내용년한을 산정한 결과, 초등학교는 약 43년, 중학교는 39년, 고등학교는 41년 정도의 내용년한을 갖는 것으로 나타난다. 전체적으로 바닥마감재는 40년 내외의 내용년한을 갖는 것으로 분석된다.

본 연구에서 사용한 자료는 00교육청에서 제공하는 수선이력을 활용하였다. 수선이력에는 준공 이후의 개·보수 등의 유지관리 자료가 기록되고 있음에도 불구하고, 사용재료, 공·구법 등의 정밀한 자료를 포함하고 있지 못하다. 따라서 본 연구에서는 사용재료, 공·구법 중심의 내용년한을 제안하기에는 한계를 지니고 있다. 따라서 준공 이후의 사용재료 물성, 경과년수, 학교별 사용 특성 등의 다양한 요인과 수선이력이 보다 세부적이고 구체적으로 정리하여 개별 대상의 수선시기를 분석하는 것이 필요할 것이다. 뿐만 아니라 수선기록에 대한 자료축적과 상세를 통해 다양한 연구방법으로 내용년한을 예측하고 정확성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

그리고 성능수준을 설정하는데 있어서는 물리적인 현상을 실증적으로 확인하는 것이 필요하다. 이를 위해 열화도를 정량적으로 예측하고 이것을 현상학적으로 확인할 수 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

References

1. BCIS(2006), Life Expectancy of Building Components-Surveyors' experiences of buildings in use.
2. Economic committee of Archi. Institute of Japan(1995), Standard of Repair Approach, AIJ.
3. Oh, S.J., Kim,S.S., Jun, J.Y, and others(1998), "A Study on the Running Cost model of the Office Buildings in Korea", Proceedings of AIK, Vol. 18, No1, pp.1153~1158
4. Lee, K.H.(2001), " A Study on the Factor Analysis of Maintenance Cost of Domestic Apartment Housing" J. of AIK in Planning area, Vol. 17, No 9, pp.321~328.
5. Lee, K.H.(2002), "A Study on the Space Size Analysis in aspect of Maintenance Cost in the Multifamily Housing-

- Focused on the Central Heating System using the Gas-”, J. of AIK in Planning area, Vol. 18, No 7, pp.51~58.
6. Lee, K.H.(2006), “A Study on Forecasting the Repair Time Range of the Building Components in the Apartment Housing”, J. of Korea Housing Association, Vol. 17, No. 2, pp.19~26.
 7. Lee, K., Jang, J. and Chae, C.(2005), “A Study on the Service life of the Building Components in the Apartment Housing”, J. of Korea Housing Association, Vol. 16, No. 5, pp.67~74.
 8. Korea Institute of Construction Technology(1994), Optimal Maintenance Model of Building(II).
 9. Cho, C.H., Lee, W.R.(2008)), “A Survey Study on the Maintenance & Operations Costs of Elementary, Middle and High School Facilities ”, J. of AIK in Planning area, Vol. 24, No. 4, pp.87~96.
 10. Cha, K.H., Choi, Y.J., Lee, M.H., Jung, Y.H, Park, T.G. (2009), “A Study on Methods to Estimate Maintenance Costs Applying Building Area Coefficients ”, Proceedings of AIK in Structural area, Vol 29, No.1, pp.665~668.
 11. Architectural Institute of Japan(1988), Consideration on the Building Service Plan.
 12. Japanese Center of Development Technology(1986), Economic Assessment Method for Conservation and Improvement of Building, Kibodang.
 13. Japanese Housing Research Center(1988), Survey and Investigation on the Guideline for Repair Plan of Mansion.
 14. Japanese Construction Training Center(1984), “ trend of the Durability Improvement Research. p.21.
 15. Woochiwoomi(1991), “A Study on the Long Term Repair Plan based on the LCC”-Example of the Office Building-“, Proceedings of AIJ.
 16. Mansion Maintenance Center(2003), Scheduled Repair Plan.
 17. Mansion Maintenance Center(2003), Manual on the Repair Cost Cumulation.
 18. Architectural Institute of Japan(1988), Repair Standard of Building Service Life Plan.

접수 2017. 4. 19
1차심사완료 2017. 7. 4
2차심사완료 2017. 8. 15
계재확정 2017. 8. 15