

# 국내 업무시설 건축 마감재의 수선을 산정 방안에 관한 연구

김선남<sup>1</sup> · 유현석<sup>1</sup> · 김영석\*

<sup>1</sup>인하대학교 건축공학과

## A Study on the Estimation Method of the Repair Rates in Finishing Materials of Domestic Office Buildings

Kim, Sun-Nam<sup>1</sup>, Yoo, Hyun-Seok<sup>1</sup>, Kim, Young-Suk\*

<sup>1</sup>Department of Architectural Engineering, Inha University

**Abstract :** Business facilities among domestic architectures have rapidly been constructed along with domestic economic development. It is an important facility taking the second largest proportion next to apartment buildings among current 31 building types of fire department classification of 2012 year for urban architectures. The expected service life of business facilities is 15 years, but 70% of those in urban areas have surpassed the 15 year service life as of the present 2014. Thus, the demand for urgent rehabilitation of such facilities is constantly increasing due to the aging and performance deterioration of the facilities' main finishing materials. Especially, the business facilities are being used for the lease of company office or private office, and such problems as aging and performance deterioration of the facilities could cause less competitive edge for leasing and real estate value depreciation for the O&M (Operation & Management) agent and the owner, respectively. Therefore, an effective planned rehabilitation as a preventive measure according to the standardized repair rate by the number of years after the construction is in need in order to prevent the aging and performance deterioration of the facilities (La et al, 2001). Nonetheless, domestic repair/rehabilitation standards based on the repair rate are mainly limited to apartment buildings and public institutions, resulting in impractical application of such standards to business facilities. It has been investigated and analyzed that annual repair rate data for each finishing material are required for examination of the applicability of the repair rate standard for the purpose of establishment of a repair plan. Hence, this study aimed at developing a repair rate computation model for finishing materials of the facilities and verifying the appropriateness of the annual repair rate for each finishing material through a case study after collecting and analyzing the repair history data of six business facilities. The results of this study are expected to contribute to the planning and implementation of more efficient repair/rehabilitation budget by preventing the waste of unpredicted repair cost and opportunity cost for the sake of the business facilities' owners and O&M agents.

**Keywords :** Office Building, Repair rate, Long-term Maintenance Plan

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

국내 건축물 중 업무시설은 국가 경제발전 및 산업구조의 변화와 더불어 급속도로 보급되기 시작하여 2012년 수도권 기준 소방대상물 현황(KOSIS 2013) 31개종 중 공동주택(12,812개소) 다음으로 많은 비중(12,364개소)을 차지하고 있

는 주요 시설물이다. 그러나 2014년 현재 수도권지역 업무시설 중 70% 이상이 사용기간 15년 이상으로 주요 건축 마감재의 노후화와 기능저하가 시작되는 등 수선이 시급한 업무시설이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 특히, 업무시설은 사옥 또는 임대사무실의 목적으로 활용되고 있어 시설물의 노후화와 기능저하가 초래될 경우 건축주와 유지관리 주체에 게 임대 경쟁력 저하 및 부동산 가치 하락 등의 문제점을 가져올 수 있다.

이와 같은 시설물의 노후화와 기능 저하를 예방하기 위해서는 준공 후 경과연수에 따라 수선율을 기준으로 한 예방적 차원의 계획 수선을 필요로 한다(La et al, 2001). 이러한 수선율을 기준으로 하는 국내의 수선기준(주택법시행규칙, 조달청고시, 교육청 수선기준 등)들은 그 대상의 범위가 주로

\* Corresponding author: Kim, Youngsuk, Department of Architectural Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

E-mail: youngsuk@inha.ac.kr

Received October 8, 2014; revised November 3, 2014

accepted December 15, 2014

공동주택과 공공기관 그리고 교육시설물에 국한되어 있어 업무시설에 해당 기준을 적용하기에는 한계성이 있으며, 현업에서의 수선계획 수립을 위한 수선율 기준의 적용성 제고를 위해서는 필수적으로 연간단위의 마감재별 수선율 데이터가 요구되고 있는 것으로 조사·분석되었다. 따라서 본 연구의 목적은 6개소 업무시설의 실제 수선이력데이터를 수집 및 분석하여 업무시설을 대상으로 한 건축 마감재의 수선율 산정 모형을 개발하고 사례적용을 통해 도출된 마감재별 연간단위 수선율의 적정성을 검증하는 것이다. 본 연구의 결과물은 업무시설의 건축주 및 유지관리 주체들로 하여금 발생 가능한 돌발적 보수비용과 기회비용의 낭비를 예방케 함으로써 보다 효율적인 유지보수 예산의 계획과 집행을 가능하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 업무시설의 건축 마감재의 수선율 산정 모형을 수립하고 마감재별로 연간단위의 수선율을 제시하고자 다음 Fig. 1과 같은 방법과 절차로 연구를 수행하였다. 또한 연구의 범위는 인천지역 6개소 업무시설의 수선이력데이터를 기반으로 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형을 수립하고 사례적용을 통해 도출된 연간단위의 마감재별 수선율을 검증 및 제안하는 것으로 한정하였다.

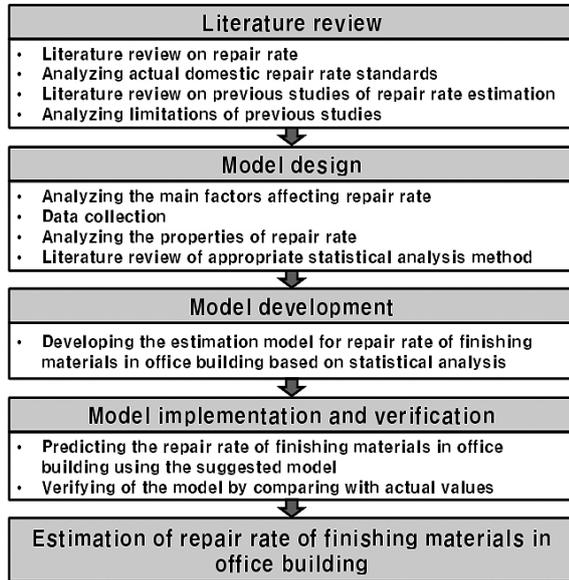


Fig. 1. The methods and procedures of this study

## 2. 업무시설 건축 마감재의 수선율 관련 예비적 고찰

### 2.1 수선율의 이론적 고찰

건축용어사전에서는 수선율을 “수선 계획을 입안할 때 가 상되는 지표, 건축물의 특정 부분이나 부위의 전면 수선 주

기 기간 내에 발생하는 예측할 수 없는 파손이나 고장에 대 한 수선으로 전면 수선비(比)의 일정률이다.”라고 정의하고 있다.

즉, 수선율은 장기수선계획의 일환으로써 건물 내용연 수 내의 건물 각 부분의 개산(概算)공사비의 장기적인 계 획, 기술적 자료로 생애비용 검토의 지원 자료로써 유효 하다(Modern construction related terms compilation committee 2009). 이처럼 수선율은 건물이 준공되어 폐기되 기까지의 사이에서 행해지는 건물 특정부분이나 마감재의 보 수·교체 행위를 기준 하는 중요한 지표자료이다.

## 2.2 수선율 관련 기존 기준 및 문헌 조사

### 2.2.1 국내 시설물의 수선율 기준 현황 분석

본 연구에서는 업무시설 건축 마감재의 수선율을 산정하는 데 가장 적합한 기준을 수립하고자 현행 법규와 공공기관에 서 사용하고 있는 기준들을 분석하였다. 시설물 수선 기준으 로는 법에 따라 고시된 기준(주택법-공동주택)과 공공기관 (조달청), 그리고 별도로 교육기관(교육청) 등에서 사용하고 있는 기준 등이 있다. 먼저, 국가 물품관리법 제16조의 2에 의한 조달청 내용연수 고시 제2011-18호에서는 국가소유의 물품과 시설물 1,565개 항목에 관한 내용연수를 규정하고 있 으며, 이중 건축 시설물과 관련된 항목은 벽 패널 외 53건인 것으로 조사되었다(Table 1).

Table 1. Durable years notified by public procurement service

Serial number	Item number	Name of product	Durable years
318	30161505	Wall-Panel	8
319	30161801	Built-in closet	8
320	30171505	Metal door	8
321	30181502	Bidet	6
322	30181504	Washbasin	7

또한 공동주택을 대상으로 2003년에 제정된 주택법 시행 규칙 제26조의 장기수선시행규칙을 조사한 결과, 다음 Table 2와 같이 총 6개 공종, 28개 부위, 147종의 공사종류별로 수 선방법, 수선주기, 수선율 기준을 명기하고 있다.

Table 2. Standards for long-term maintenance plan of apartment building

Classification	Finishing method	Repair range	Repair period(year)	Repair rate(%)
Floor	(1) Mortar finishing	Partial	5	15
		Overall	20	100
	(2) Tile finishing	Partial	10	15
		Overall	20	100

마지막으로 교육시설인 서울지역 A초등학교의 시설물 유 지관리 지침서를 조사하였다(Table 3). 해당 지침서에서는 특

정 교육시설물을 대상으로 한 공종별 수선방법, 수선주기, 수선율을 제시하고 있음을 알 수 있다(Ahn 2007).

Table 3. Guideline for long-term maintenance plan of seoul "A" school

Classification	Finishing method	Repair range	Repair period(year)	Repair rate(%)
Floor	(1) Mortar finishing	Partial	5	15
		Overall	20	100
	(2) Tile finishing	Partial	8	10
		Overall	30	100

국내 수선율 관련 기준들을 분석한 결과 1)조달청 내용연수 고시는 국가소유 시설물에 대한 이용가능 연수만을 산정하고 있으며 업무시설 마감재와는 상이한 점이 다수 존재한다. 2)장기수선계획의 수립기준과 3)교육시설 유지관리 지침서 또한 각기 공동주택과 교육시설만을 대상으로 하고 있어 대상 목적 시설물의 상이점으로 인해 업무시설 건축 마감재의 수선율로 그 결과를 적용하기에는 한계성이 있다. 이에 더하여 2)장기수선계획의 수립기준과 3)교육시설 유지관리 지침서의 내용을 살펴보면 같은 공종이더라도 기준하고 있는 수선주기와 수선율이 상이한 것을 확인할 수 있으며 어떠한 방법론을 이용하여 해당 마감재의 수선주기와 수선율을 도출하였는지 그 근거 또한 명확하지 않으므로 상기 법규와 기준들을 업무시설 마감재의 수선 기준으로 그대로 활용하기에는 문제점이 있는 것으로 분석되었다.

### 2.2.2 수선 기준 관련 기존 연구문헌 분석

기존 수선 기준 관련 연구문헌 분석 결과, 선행 연구는 Table 4에서 볼 수 있듯이, 크게 1)기존 장기수선계획 법규에 전문가 집단의 의견과 시설물 사용실태를 비교한 값의 보정치를 적용한 특정 시설물의 수선율과 수선주기(Lee et al, 2009)와 2)실적자료를 산술평균하여 이를 이론적 모형에 적용·분석한 사무소 건축물 마감재의 내용연수와 예상 수선 범위의 설정(Lee and Chae 2006, 2007)으로 분류할 수 있었다. 그러나 선행 연구 1)에서는 장기수선계획 법규에 보정치를 가감하여 수선기준을 산정하였기에 다소 객관성이 미흡하며, 선행 연구 2)는 1990년대 중반에 준공된 업무시설들을 대상으로 실적자료를 수집 및 분석한 결과로써 현시점에서 그 결과를 적용하기에는 마감재의 특성이나 내구성 측면에서 상이점이 다수 존재하고 또한 이론적 모형을 이용한 분석방법은 현업 적용성에 다소 한계성이 있는 것으로 분석되었다. 이에 본 연구에서는 상기 국내 각종 수선율 기준과 기존 연구 외에 현업의 업무시설 유지관리 실태와 수선기준 산정 현황을 알아보기 위하여 업무시설 유지관리(FM; Facility Management) 전문가와의 면대면 인터뷰를 실시하였다.

Table 4. Former researches on repair rate estimation

Former researches	Estimation method
A Study on the Establishment of Maintenance Standards (Repair Periods and Rates) of Educational Facilities (Lee et al. 2009).	Corrections are applied to the existing long-term repair plan regulations.
Study on the Analysis of the Service life in the Office Building Finishings (Lee, K. H. and Chae, C. U. 2006).	Service life and repair time range of the finishings are estimated using the arithmetic mean method and the theoretical model.
Study on Forecasting the Repair Time Range of the Finishings in Office Building (Lee, K. H. and Chae, C. U. 2007).	

업무시설 FM 전문가와 인터뷰를 통하여 업무시설 유지관리 실태와 수선기준 산정 현황을 조사한 결과, 현행 일정 규모 이상의 업무시설들은 전문 FM업체에 위탁되어 유지 및 관리되고 있으며 통상 건축주와 2년 주기로 위탁관리 계약을 맺고 연간단위로 수선비, 광열수비(光熱水費), 소모품비, 노무비 등이 책정되어 운영되고 있는 것으로 확인되었다. 이때 수선비 책정은 FM업체에서 매년 연말 차기년도의 수선계획을 수립하여 이를 건축주에게 제시하고, 협의를 통해 수선비 예산을 확보하게 되는데 이를 위한 수선계획 수립 방법은 FM전문가의 주관적인 판단에 의하거나 전년도 수선비에 평균 할인율을 적용하여 책정되는 것으로 조사되었다. 이처럼 수선비를 책정하는데 있어 FM전문가의 주관적인 기준과 통상적인 할인율 적용이 활용되는 이유는 현재 유지관리 실적 자료와 업무시설 특성이 반영된 객관적인 수선율 기준이 부재하기 때문인 것으로 조사되어 업무시설만을 대상으로 한 연간단위의 건축 마감재별 수선율 도출이 시급한 것으로 분석되었다.

## 3. 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형 개발

### 3.1 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형 개발을 위한 고려사항

본 연구에서는 앞서 언급된 수선율 관련 국내 기준과 기존 연구문헌 분석 그리고 업무시설 FM전문가와와의 인터뷰를 통해 도출된 문제점을 개선하기 위한 업무시설 건축 마감재의 수선율을 산정 모형을 개발함에 있어 필수적으로 요구되는 고려사항을 다음과 같이 정의하였다.

1) 실제 수선이력데이터의 통계적 분석을 통한 수선율 산정 기준 구축

국내 공공기관에서 활용되고 있는 수선기준들은 공동주택과 국가부속시설 그리고 교육시설물을 대상으로 수선기준을 제시하고 있으나, 그 수선기준의 산출근거가 명확하지 않고 업무시설에 대한 기준은 부재하다는 문제점이 있다. 또한 수선율 관련 기존 연구들은 1)장기수선계획 법규에 보정치를 가감하여 수선기준을 산정하였기에 다소 객관성이 미흡하며,

2)실적 데이터를 이용하여 객관적인 방법으로 분석하였다 하더라도 이론적 모델을 통해 예상수선시기 범위와 내용연한을 제시하고 있어 현업 적용성에 한계성이 있다. 따라서 업무시설의 수선율 기준은 실제 업무시설 수선이력데이터를 객관적 기준에 의해 수집하고, 보다 과학적이고 정량적인 분석기법을 활용하여 구축되어야 할 것으로 사료된다.

2) 신규 업무시설의 특성이 반영된 수선율 기준 구축

과거 업무시설 관련 기존연구 Lee and Chae(2006, 2007)에서는 업무시설의 수선이력데이터를 바탕으로 통계적 방법과 이론적 모델을 이용하여 업무시설 마감재의 내용연한과 예상수선시기 범위를 제시하였다. 그러나 기존연구의 결과는 분석대상 표본이 1990년대 중반에 준공된 업무시설들을 대상으로 수집 및 분석된 것으로 현시점에서 그 결과를 적용하기에는 마감재의 특성이나 내구성 측면에서 상이점이 다수 존재하는 문제점을 지니고 있다. 따라서 신규 업무시설의 특성을 반영한 수선율 기준이 필요하며, 이를 위해 최근 준공된 업무시설 표본을 대상으로 수선이력데이터를 수집 및 분석하고 새로운 분석기법을 활용한 수선율 기준이 수립되어야 한다.

3) 지역적 특성과 환경조건이 고려된 수선기준 구축

일반적으로 시설물이 입지하고 있는 지역의 기상조건이나 환경조건 등은 건축물의 열화에 크게 영향을 미친다(Lee and Chae 2006). 이러한 점을 반영한 수선율 기준 구축을 위해서는 분석대상의 표본을 동일 지역의 업무시설들로 선정하여 지역성과 환경성을 고려하여야 한다.

4) 연간 단위의 수선율 제시

국내 수선율 관련 법규와 각개부처에서 사용하고 있는 기준들은 일정한 주기를 기준으로 부분 수선율과 교체주기를 제시하고 있으며, 기존 연구들에서는 예상수선시기 범위와 내용연한을 제시하고 있다. 이는 거시적인 관점의 LCC 산정에는 유의할 수 있으나, 현행 일정규모 이상의 업무시설들은 전문 FM업체에 위탁되어 연간단위로 수선비가 책정 및 운영되고 있기에 연구결과의 활용성 및 현업 적용성 측면에서 연간단위의 건축 마감재별 수선율이 필히 제시되어야 할 것으로 사료된다. 다음 Table 5는 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형 개발을 위한 고려사항을 요약 및 정리한 것이다.

Table 5. Factors influencing the model

Factor	Details
Objectivity	Analyzing actual repair history data
	Using statistical analysis technique
Novelty	New research based on previous study
	Targeting adequate numbers of recently completed office building data
Regional influence	Analyzing office building's repair data in the same area
Usability	Presenting annual repair rate

3.2 업무시설 장기수선 이력데이터 수집 및 분석

본 연구에서는 지역성과 환경성이 고려된 업무시설 건축마감재의 수선율 산정 모형을 구축하기 위하여 인천 지역에 위치한 업무시설 6개소(Table 6)를 대상으로 수선이력데이터를 수집하였다. 현재, 대상 업무시설 6개소는 전문 FM업체에게 위탁되어 운영되고 있으며, 본사 사옥과 임대사무소로 활용되고 있다. 대상 업무시설 6개소의 준공 후 47개월간의 수선 이력데이터를 수집하였으며, 총 810건의 수선행위 데이터로 구성되어 있다. 이 가운데 “건설산업기본법”에 따라 시공사의 하자로 인한 보수작업 190건을 제외하고 본 연구에서는 620건의 데이터가 사용되었다.

Table 6. The Summary of the office buildings

Classification	A	B	C	D	E	F
Site	Incheon	Incheon	Incheon	Incheon	Incheon	Incheon
Structure	SRC+RC	SRC	SRC	SRC	SRC	SRC
Exterior finishing	Curtain wall	Curtain wall	Curtain wall& Wooden panel	Curtain wall& Wooden panel	Curtain wall	Curtain wall
Floors	15F+B1	10F+B1	4F+B1	3F+B1	3F+B1	3F+B1
Total floor area (㎡)	16,512	35,484	16,697	14,149	9,071	5,313
Use	Lease	Owned & Lease	Owned	Owned	Owned	Owned
Completion year	2010	2010	2010	2010	2010	2010
Number of repair times	108	188	166	99	25	34

수집된 수선이력데이터의 수선행위를 분석하기 위하여 620건의 수선이력을 다음 Table 7과 같이 26개소의 장소, 9개소의 부위, 32개의 공종, 47가지의 세부마감재로 구분하였다.

Table 7. Classified actual repair data of the office buildings

Category	Items
Place	office, meeting room, corridor, hall&roby, toilet, lounge, entrance, under ground parking lot , outside, restaurant, cafeteria, electrical room, machine room, fitness club, ping-pong room, exterior, storage, deck, staircase, kitchen, E/V front room, roof, shower room, studio, dressing room
Section	ceiling, wall, floor, door, exterior, stairs, railings, other
Work Type	stone, doors, gypsum board, paint, outside, automatic doors, pottery, gypsum cement board ceiling, fabric, veneer, wallpaper, roll carpet, sheet molding compound ceiling, flooring, tile, deluxe tile, curtain wall, waterproofing, metal sheet, masonry, steel gypsum panel, carpet tile, access floor, panels, shutters, glass, sound-absorbing material, steel railings, toilet partitions, plastering, signage, other

Finishing Material	Stone(dry method), stone(wet method), plaster board, resin coating, aqueous paint, oil paint, gypsum cement board, fabric, fire doors, glass doors, outside, wooden door, automatic door, sink, flooring, tile, deluxe tile, exposed concrete, external silicone, waterproof sheet, curtain wall glass, stone cement grout, exterior panels, waterproof coating, oil stain paint, painted lane, sidewalk, asphalt, curb, steel gypsum panel, wallpaper, tile cement grout, roll carpet, sheet molding compound ceiling, carpet tile, access floor, shutters, glass walls, glass, curtain wall frame, steel railings, plastering, signage, veneer wall, car stopper, sound-absorbing material
--------------------	--

먼저 업무시설 장소별 수선행위 빈도를 분석한 결과 전체 수선이력데이터 620건 중 복도, 사무실, 회의실, 외장, 홀 및 로비, 주출입구, 화장실, 지하주차장, 외곽, 기계실, E/V전실 순으로 수선행위 빈도가 높은 것으로 조사되었다(Table 8). 다음으로 업무시설 부위별 수선행위 빈도를 분석한 결과, 벽체, 개구부, 바닥, 천정, 외장, 난간, 도기, 계단, 사인물 순으로 수선행위 빈도가 높은 것으로 조사되었다. 이중 “개구부”는 문짝 처짐 및 도어체크 등의 단순조정 수선이 대부분이었으며, 천정의 경우 전기 및 설비 작업에 따른 2차적 수선행위가 주된 것으로 분석되었다. 마지막으로 업무시설 마감재별 수선행위 빈도를 분석한 결과 수성도장, 텍스, 강화유리도어, 타일, 방화문, 합성수지도장, 석재건식마감재, 외장재 실리콘 순으로 수선행위 빈도가 높은 것으로 나타났다.

### 3.3 업무시설 건축 마감재의 수선을 산정 방법론 선정

#### 3.3.1 업무시설 건축 마감재의 수선을 특성 파악

본 연구에서는 업무시설 건축 마감재의 객관적인 수선을 산정 모형 개발에 앞서 건축 마감재들의 수선을 특성을 파악하고자 하였다. 먼저, 수집된 620건의 수선이력데이터 중 수선 빈도가 30건 이상인 마감재들을 분석대상 마감재로 선정하였다. 수선 빈도가 30건 이상인 마감재는 1)수성도장(105건, 16.94%), 2)텍스(74건, 11.94%), 3)강화유리도어(71건, 11.45%), 4)타일(59건, 9.52%), 5)방화문(57건, 9.19%), 6)합성수지도장(53건, 8.55%), 7)석재건식마감재(51건, 8.23%)인 것으로 나타났다. 선정된 마감재들 가운데 3)강화유리도어

와 5)방화문은 수선 및 교체보다는 단순조정 등의 행위가 대부분인 것으로 분석되어 본 연구의 범위에서 제외하였다. 향후 업무시설의 건축 마감재별 수선이력데이터가 보다 체계적으로 수집 및 축적될 경우 단순 조정행위가 이루어지는 자재 이외의 대부분의 건축 마감재에 대한 연간단위의 수선율 도출이 가능할 것으로 기대된다. 두 번째로, 분석대상으로 선정된 업무시설 마감재들의 준공 후 44개월간의 수선이력데이터를 정리하여 월간 누적 수선율을 산출하였다. 누적 수선율은 표본 업무시설 6개소에서 발생한 수선작업을 총합한 것으로 6개소의 각 마감재별 물량을 합산하여 백분율화한 것이다. 산출된 누적 수선율의 정규분포 여부를 파악하기 위하여 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)를 분석한 결과, 5개 마감재 모두 왜도 값이 0에 가까운 것으로 나타났다. 이는 정규분포와 거의 동일한 형태의 좌우대칭으로 판단할 수 있다. 다음으로 첨도를 분석한 결과 모든 마감재의 첨도 값이 0보다 작으므로 정규분포보다 완만한 형태임을 알 수 있다(Table 9).

Table 9. Result of descriptive statistics on the finishing materials

Classification	Gypsum cement board ceiling	Aqueous paint	Resin paint	Tile	Stone finishes (dry method)
N	44	44	44	44	44
Range	1.403	3.951	1.484	1.324	1.480
Minimum	0.003	0.008	0.020	0.007	0.001
Maximum	1.406	3.959	1.504	1.331	1.481
Sum	30.952	73.875	32.613	24.911	33.248
Average	0.703	1.679	0.741	0.566	0.756
Standard deviation	0.459	1.323	0.422	0.388	0.465
Dispersion	0.210	1.749	0.178	0.151	0.216
Skewness	0.053	0.207	-0.014	0.217	-0.113
Kurtosis	-1.357	-1.276	-0.790	-0.993	-1.44

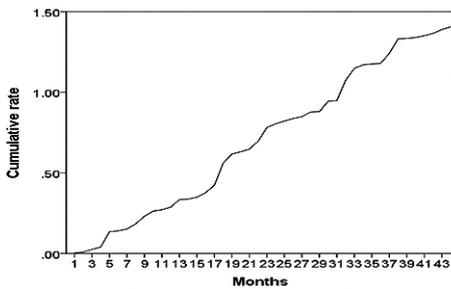
마지막으로, 각 마감재별 준공 후 44개월간의 누적 수선율을 순차도표로 나타내었다(Fig. 2). 순차도표를 살펴보면 모든 마감재들의 수선율은 상향추세를 가지고 증가하는 것을 확인 할 수가 있다. 이중 수성도장과 합성수지도장 마감재의 순차도표는 계단형태의 성장 추세선을 나타내고 있는데 이는

Table 8. Result of frequency analysis on actual repair data

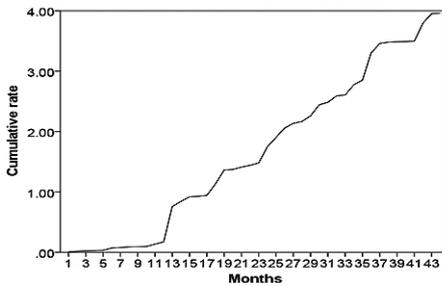
Unit: Cases, (%)

Place	Content									
	Corridor	Office	Meeting	Hall, Lobby	Entrance	Toilet	External	Underground parkin-g lot	Outside	Other
	94,(15)	93,(15)	65,(11)	43,(7)	40,(6)	32,(5)	30,(5)	30,(5)	25,(4)	168,(27)
Work Section	Wall	Door	Floor	Ceiling	External	Rail	Other	-	-	-
	200,(32)	144,(23)	130,(21)	106,(17)	30,(5)	5,(1)	5,(1)	-	-	-
Finishing Material	Aqueous paint	Gypsum cement board ceiling	Glass door	Tile	Fire door	Resin paint	Stone finishes (dry method)	Curtain wall glass	External silicone	Other
	105,(17)	74,(12)	71,(11)	59,(10)	57,(9)	53,(9)	51,(8)	14,(2)	12,(2)	124,(20)

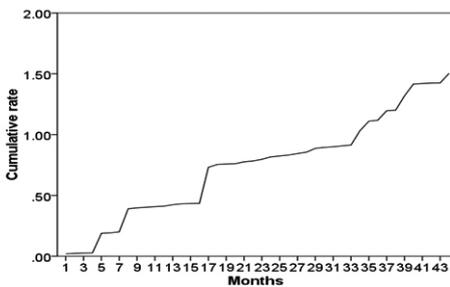
도장 공종의 수선작업 특성상 구(舊) 도장면과 신(新) 도장면의 이색 현상을 감안하여 파손, 마모, 오염구간 등을 포함한 일정구간을 한 번에 도장하기 때문에 수선율 추세선이 계단 형태로 증가하는 것으로 분석되었다. 나머지 텍스, 타일, 석재 마감재는 상향추세를 가지고 선형이 변화하는 것으로 나타났다. 이처럼 건축 마감재의 수선율은 시간을 기준으로 일정한 형태의 상향패턴을 나타내며 증가하는 것을 확인 할 수가 있는데 이는 통계학적 기법을 이용하여 충분히 예측 가능할 것으로 조사 및 분석되었다.



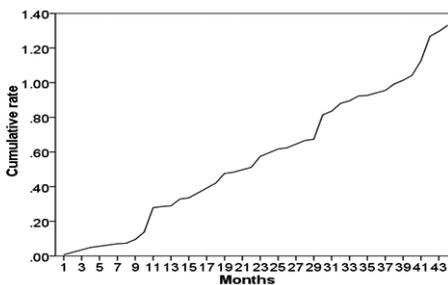
a) Gypsum cement board ceiling



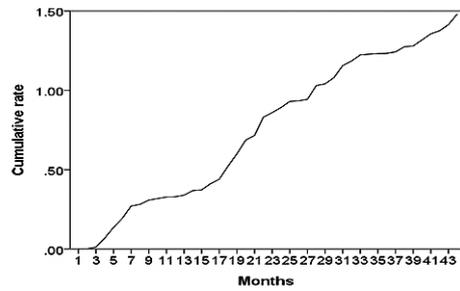
b) Aqueous paint



c) Resin paint



d) Tile



e) Stone finishes(dry method)

Fig. 2. Sequential diagram on accumulated repair rate

### 3.3.2 업무시설 건축 마감재 수선율 산정 분석기법 선정

본 연구에서는 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정에 적합한 통계학적 분석 기법을 선정하기 위하여 정량적 분석 기법인 1)다중회귀분석, 2)ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average)분석, 3)선형 회귀분석, 4)지수평활Winters 가법모형을 분석하였다. 분석결과, 수선이력을 다중회귀분석으로 분석할 경우 잔차의 독립성과 다중 공선성 문제를 충족하지 못하게 되는 시계열 분석 자료로서의 단점이 나타나 결국 통계적으로 유의하지 못한 결과를 얻게 된다. 다음으로 ARIMA모형을 사용하여 수선이력을 분석할 경우, 수집된 수선율 데이터가 47개월분인데 반해 ARIMA분석에 필요한 최소 데이터는 50개 이상이므로 정상화된 R<sup>2</sup>값의 설명력이 부족하게 나타났으며, 이를 다양한 방법으로 정상화시켜 수선율을 예측하더라도 예측된 값이 실제 데이터와 편차가 매우 크게 나타났다. 이와 더불어 ARIMA분석은 분석과정이 복잡하여 실무 적용성에 어려움이 있다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 다중회귀분석기법과 ARIMA모형을 제외하고 추세를 가진 시계열자료 분석에 적합하고 분석과정이 편리한 선형회귀분석기법과 지수평활 Winters가법 모형을 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정에 적합한 분석기법으로 선정하였다. 또한, 수선율 예측에 정확성을 제고하기 위하여 선형회귀분석은 선형모형, 2차모형, 성장모형, S모형으로 구분하여 분석을 실시하고자 한다.

#### (1)추세적 선형 회귀분석

추세적 선형 회귀분석 기법은 시간을 독립변수로 하여 시간이 경과함에 따라 종속변수의 평균수준이 변화한다는 가정 하에 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며, 선형추세에 의한 시계열 예측을 할 수 있다.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_t \quad (1)$$

식 (1)에서  $\beta_0 + \beta_1 t$ 는 시계열의 평균수준과 시간 간의 직선 관계를 나타내므로 시계열의 평균수준은 시간의 경과에 따라

선형모형에서 변화한다. 이 관계의 기울기는  $\beta_1$ 이고 또 시간 값이 0인 곳에서 절편은  $\beta_0$ 이다(Kim 2012). 다음 식 (2)는 선형회귀분석의 선형모형, 2차 모형, 성장모형, S모형을 나타내는 식이다.

$$\begin{aligned} \text{선형모형: } \hat{y}_t &= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t & (2) \\ \text{2차 모형: } \hat{y}_t &= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \hat{\beta}_2 t^2 \\ \text{성장모형: } \hat{y}_t &= e^{(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t)} \\ \text{S 모형: } \hat{u}_t &= e^{(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t/t)} \end{aligned}$$

주)  $\hat{\beta}_0 = \beta_0$ 의 최소제곱 추정값,  $\hat{\beta}_1 = \beta_1$ 의 최소제곱 추정값,  $\hat{\beta}_2 = \beta_2$ 의 최소제곱 추정값,  $\hat{y}_t =$ 예측값

(2) 지수평활 Winters모형

지수평활 Winters모형은 선형추세와 승법계절변동을 갖는 시계열을 예측하기 위해서 사용되는 방법으로서 가장 좋은 지수평활기법이다(Kim 2012). 계절요인을 고려하기 위해서는 Winters 가법모형과 Winters 승법모형을 사용할 수 있으며, 일반적으로 분산의 동질성을 보이는 시계열데이터는 가법 계절모형을 사용하고 (식 3), 반대의 경우에는 승법계절모형이나 혼합한 모형을 사용하는 것이 타당하다고 할 수 있다 (Choi 1995, Kim and Son 2006, Bae and Kim 2011). 다시 말해, Winters 가법모형은 선형이고 계열의 수준에 따르지 않고 계절효과가 있는 시계열에 적합하다(Rho 2011).

$$\begin{aligned} \text{지수평활 Winters 가법모형} & & (3) \\ \text{수평패턴 평활식: } S_t &= \alpha(X_t - I_{t-L}) + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \\ \text{추세패턴 평활식: } b_t &= \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \\ \text{계절패턴 평활식: } I_t &= \beta(X_t - S_t) + (1-\beta)I_{t-L} \\ \text{예측모형: } F_{t+m} &= (S_t + b_t m)I_{t-L+m} \end{aligned}$$

주)  $S_t =$ 수평평활식,  $X_t =$ 실제값(관찰값),  $I_t =$ 계절패턴평활식,  $b_t =$ 추세패턴평활식,  $L =$ 주기,  $m =$ 예측기간

3.4 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형 개발

본 연구에서는 수선율 산정에 적합한 추세적 선형회귀분석(선형모형, 2차 모형, 성장모형, S모형)과 지수평활 Winters 가법 분석기법을 이용하여 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형을 개발하였다. 수선율 산정 모형은 크게 1)수선이력데이터의 수집, 2)연구대상 마감재의 선정, 3)시간적 단위로 정형화한 누적 수선율 산출, 4)각 기법을 이용한 실증분석, 5)산정된 수선율의 정확성을 비교·검증, 6)최종적으로 수선율 산정 단계로 나누게 되는데 다음과 같은 방법을 통해 구분할 수 있다.

첫째, 업무시설 수선이력데이터를 수집하고 세부 마감재별로 구분한다.

둘째, 마감재별로 구분된 데이터 중 수선 빈도가 30건 이상인 마감재를 선별한다.

셋째, 선별된 마감재의 수선이력을 해당 마감재의 전체 물량 대비 백분율로 산출하고 시간적 단위(년, 월, 주, 일)로 기준하여 누적 수선율(식 4)로 변환하는 정형화 작업을 수행한다.

$$L.C.P.R = P.C.P.R + (T.Q/W.Q \cdot 100) \quad (4)$$

주)  $L.C.P.R =$ 최종 누적 수선율,  $P.C.P.R =$ 이전 누적 수선율,  $T.Q =$ 해당 수선작업 물량,  $W.Q =$ 해당 마감재의 전체물량

넷째, 정형화 작업을 통해 얻어진 각 마감재별 누적 수선율을 지수평활 Winters 가법모형으로 분석하여 관측된 누적 수선율과 마감재별 실제 누적 수선율과의 예측 정확도(평균절대백분비율오차: MAPE; Mean Absolute Percentage Error) (식 5)를 비교한다. 또한 선형 회귀분석의 선형모형, 2차 모형, 성장모형, S모형 분석을 실시하여 설명력 (결정계수;  $R^2$ ) (식 6)이 높은 모형을 선형회귀분석 대표모형으로 선정한다.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{A_i} \quad (5)$$

주)  $A_i = i$ 기간의 실제 값,  $F_i = i$ 기간의 예측 값,  $e_i = A_i - F_i$ ,  $n =$  자료 개수

$$R^2 = \frac{\Sigma(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\Sigma(Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (6)$$

다섯째, 지수평활 Winters 가법모형과 선형회귀분석 대표 모형으로 수선율을 예측하고 실제 수선율과 비교·검증을 실시하여 수선율 예측 정확도가 높은 모형을 해당 마감재의 수선율 산정 모형으로 최종 선정한다.

마지막으로, 해당 마감재의 수선율 산정 모형을 통해 수선율을 산정한다. 상기 과정을 다음 Fig. 3과 같은 모형으로 도출할 수 있으며, 도출된 모형을 통해 업무시설 건축마감재의 수선율을 산정을 실시하였다.

4. 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형 적용 및 검증

4.1 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형 적용

본 연구에서는 업무시설 건축마감재를 대상으로 제시된 수선율 산정 모형을 적용하여 업무시설 건축마감재 수선율 산정 적격성 여부를 확인하였다. 본 모형을 기반으로 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 결과는 다음과 같다.

1) 제 1 단계: 데이터의 수집

본 단계에서는 앞서 연구대상으로 선정된 업무시설 6개소에서 발생한 47개월간의 수선이력데이터를 분류하여 총 620건의 수선이력 데이터를 수집하였다.

2) 제 2 단계: 연구대상 마감재 선정

수집된 620건의 수선이력데이터를 마감재 별로 분류하여,

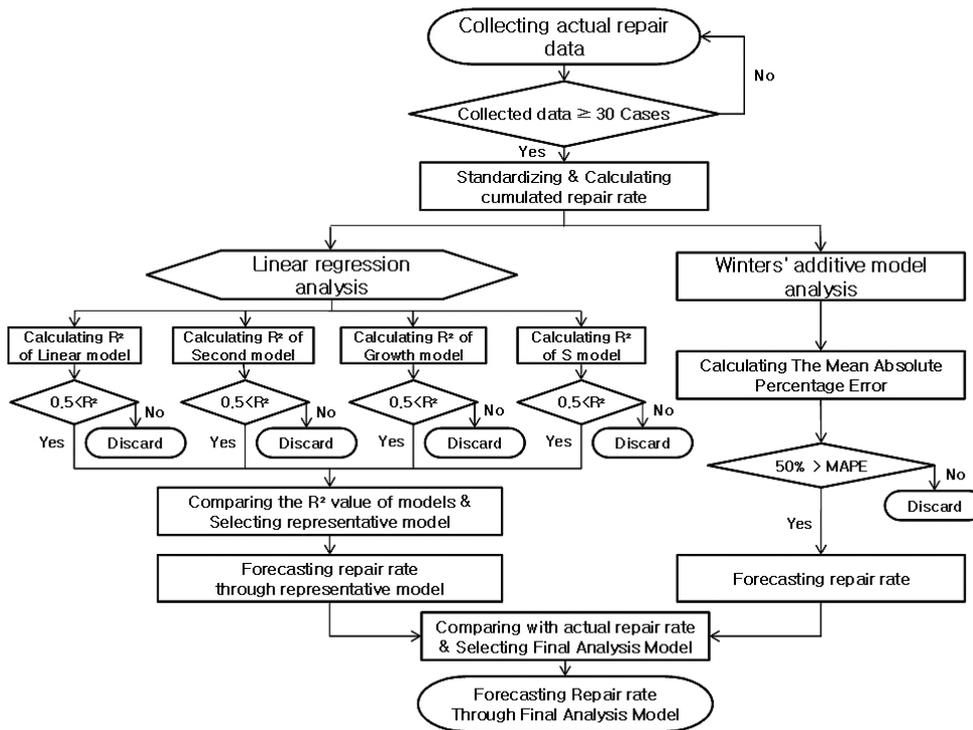


Fig. 3. Repair rate computation model for finishing materials in office building

이 가운데 수선빈도가 30건 이상인 수성도장(105건), 텍스(74건), 타일(59건), 합성수지도장(53건), 석재건식마감재(51건)를 분석대상 마감재로 선정하였다. 강화도어와 방화문은 단순조정의 행위가 주를 이루고 있어 수선을 산출에 어려움이 있어 본 연구에서 제외 하였다.

3) 제 3 단계: 시계열 정형화 및 누적 수선을 산출

본 단계에서는 수성도장, 텍스, 타일, 합성수지도장, 석재건식마감재의 준공 후 44개월간의 수선이력데이터를 월간(月間)단위로 정형화 하여 44개월간의 누적 수선을 산출하였다(Fig. 3).

4) 제 4단계: 지수평활 Winters가법모형을 이용한 실증 분석

제3단계에서 산출된 대상 마감재별 누적 수선을 지수평활 Winters가법 모형으로 분석하였다. 첫 번째로, 텍스 마감재를 대상으로 지수평활 Winters 가법을 이용하여 준공 후 44개월간의 누적 수선을 분석하였다. SSE(Sum of Squared Error, 잔차의 제곱합)가 최소화되는  $\alpha=1.000$ ,  $\beta=0.001$ ,  $\gamma=0.001$ 에서 최적의 모델을 선정, 분석한 결과 R²값

이 0.995, 정확도를 나타내는 MAPE<sup>1)</sup> 값이 11.69로 좋은 예측 값을 나타내고 있다. 다음 Fig. 4-a)은 텍스 마감재의 준공 후 44개월간의 수선율을 분석한 결과이다. 다음으로 본 연구에서는 수성도장 마감재를 대상으로 지수평활 Winters 가법을 이용하여 누적 수선을 분석하였다. SSE가 최소화 되는  $\alpha=0.837$ ,  $\beta=0.000$ ,  $\gamma=0.001$ 에서 최적의 모델을 선정 분석결과 R² 값이 0.995, MAPE값이 35.282로 합리적인 예측값을 나타내고 있다(Fig. 4-b). 다음으로 합성수지 도장 마감재를 분석한 결과, SSE가 최소화되는  $\alpha=0.999$ ,  $\beta=0.000$ ,  $\gamma=0.001$ 에서 최적의 모델을 선정, 분석하였고, R² 값이 0.986, MAPE값이 9.726으로 높은 정확도의 예측 값을 나타내고 있다(Fig. 4-c). 네 번째로 타일 마감재를 분석한 결과, SSE가 최소화 되는  $\alpha=0.999$ ,  $\beta=0.000$ ,  $\gamma=0.999$ 에서 최적의 모델을 선정, 분석하였고 R²값이 0.994, MAPE값이 10.592인 것으로 나타나 정확도가 높은 예측 값을 나타내고 있다 (Fig. 4-d). 마지막으로 본 연구에서는 석재건식 마감재를 분석하였다. SSE가 최소화 되는  $\alpha=1.000$ ,  $\beta=0.001$ ,  $\gamma=0.001$ 에서 최적의 모델을 선정, 분석한 결과 R²값이 0.998, MAPE 값이 20.042으로 합리적인 예측 값으로 나타났다(Fig. 4-e). 마감재별 지수평활 Winters가법 분석의 종합결과 5개 마감재 모두 MAPE값이 합리적인 예측값 이상의 판정으로 다음 단계로 수선을 예측 단계로 지속하였다.

1)  $0\% \leq MAPE < 10\%$ : 높은 정확도의 예측치,  $10\% < MAPE < 20\%$ : 좋은 예측치,  $20\% < MAPE < 50\%$ : 합리적인 예측치,  $50\% < MAPE$ : 부정확한 예측치 (Lewis, C. D 1982).

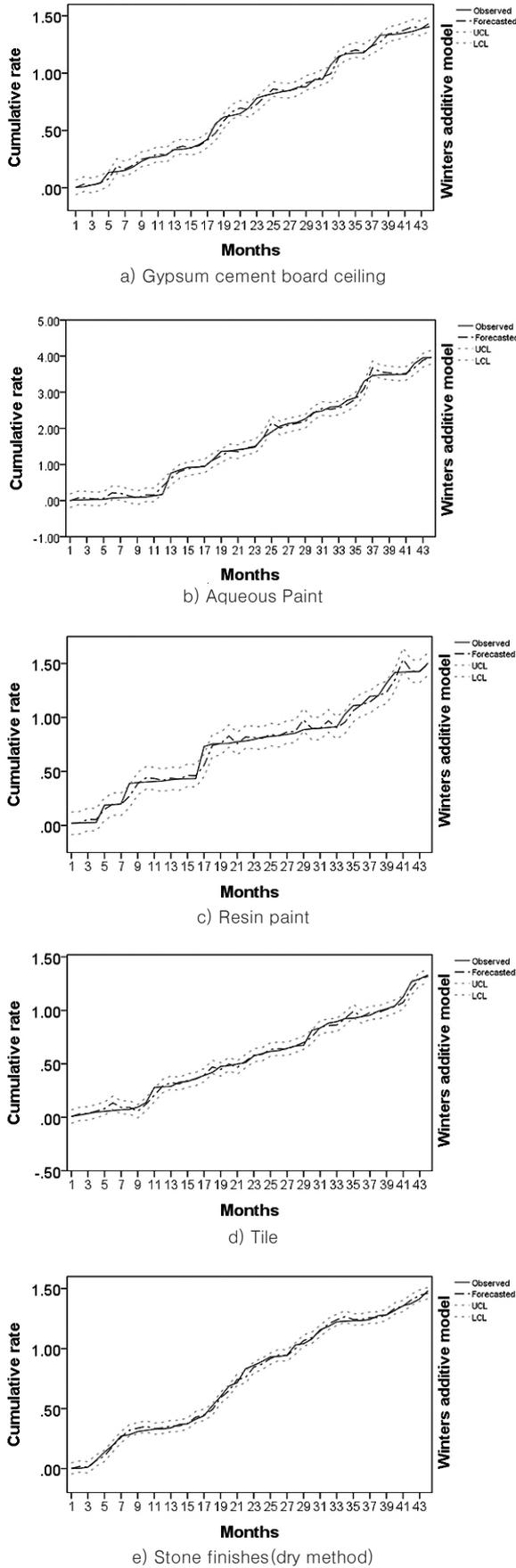


Fig. 4. Result of winters' additive model

5) 제 5단계: 선형회귀분석 모형을 이용한 실증 분석

3단계에서 산출된 대상 마감재별 누적 수선율(Fig. 2)을 추세적 선형회귀분석 기법인 선형모형, 2차 모형, 성장모형, S모형으로 분석하여 추세적 선형 회귀분석을 실시하여, 4가지 모형 중 적합도가 높은 모형을 대표모형으로 선정하였다.

첫 번째, 텍스 마감재를 분석한 결과, 다른 모형(2차, 성장, S모형)에 비해 선형모형의 R<sup>2</sup>값이 0.991, 수정된 R<sup>2</sup>값이 0.991로 높은 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 반면 2차 모형 역시 R<sup>2</sup>값이 0.991, 수정된 R<sup>2</sup>값이 0.991로서 높은 설명력을 가지고 있으나, 값의 P값이 0.05 하에서 유의하지 않으므로 적합모형에서 제외하였다. 이에 따라 텍스 마감재의 수선율 산정 대표 선형회귀분석 모형으로 선형모형을 선정하였다.

두 번째로, 수성도장 마감재를 분석한 결과, 2차 모형의 R<sup>2</sup>값이 0.987, 수정된 R<sup>2</sup>값이 0.986로 높은 설명력을 가지고 있는 것으로 나타나 수성도장 마감재의 수선율 산정 대표 선형회귀분석 모형으로 2차 모형을 선정하였다.

세 번째로, 합성수지 도장 마감재의 누적 수선율을 4가지 선형회귀 분석 모형을 통해 분석한 결과, 선형 모형의 R<sup>2</sup>값이 0.963, 수정된 R<sup>2</sup>값이 0.962로 높은 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 상수의 P값이 유의하지 않으므로 판정되어 본 선형모형에서 상수를 제외한 선형모형을 대표 선형회귀분석 모형으로 선정하였다.

네 번째로, 타일 마감재의 준공 후 44개월간의 누적 수선율을 상기 과정과 같이 분석한 결과 2차 모형의 R<sup>2</sup>값이 0.989, 수정된 R<sup>2</sup>값이 0.988로 높은 설명력을 가지고 있는 것을 알 수가 있다. 따라서 타일 마감재의 대표 선형회귀분석 모형은 2차 모형으로 선정하였다.

마지막으로, 석재건식마감재를 분석한 결과 2차 모형의 R<sup>2</sup>값이 0.983, 수정된 R<sup>2</sup>값이 0.982로 높은 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 석재건식마감재의 대표 선형회귀분석 모형은 2차 모형으로 선정하였다.

다음 Table 10은 상기 내용을 정리한 표이다.

Table 10. Result of linear regression models

Finishing Material	Model	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	F Value (P Value)	Coefficient(P값)		
Gypsum cement board ceiling	Linear	0.991	0.991	4540.748 (0.000)	-0.096 (0.000)	0.036 (0.000)	
	Second	0.991	0.991	2253.785 (0.000)	-0.083 (0.000)	0.034 (0.412)	3.86E-005 (0.000)
	Growth	0.704	0.697	99.838 (0.000)	-2.830 (0.000)	0.089 (0.000)	
	S	0.822	0.818	99.838 (0.000)	-0.082 (0.431)	-7.452 (0.000)	

Aqueous Paint	Linear	0.987	0.978	1888.852 (0.000)	-0.612 (0.000)	0.102 (0.000)	
	Second	0.987	0.986	1523.953 (0.000)	-0.324 (0.000)	0.064 (0.000)	0.001 (0.000)
	Growth	0.816	0.812	186.853 (0.000)	-3.123 (0.000)	0.126 (0.000)	
	S	0.579	0.569	57.880 (0.000)	-0.515 (0.017)	-8.178 (0.000)	
Resin paint	Linear	0.963	0.962	1090.925 (0.000)	0.016 (0.519)	0.032 (0.000)	
	Second	0.963	0.961	533.047 (0.000)	-0.010 (0.797)	0.033 (0.000)	-1.79E-005 (0.838)
	Growth	0.679	0.672	98.005 (0.000)	-2.267 (0.000)	0.072 (0.000)	
	S	0.702	0.695	99.089 (0.000)	-0.083 (0.453)	-5.662 (0.000)	
Tile	Linear	0.984	0.963	2517.817 (0.000)	-0.109 (0.000)	0.030 (0.000)	
	Second	0.989	0.988	1792.114 (0.000)	-0.043 (0.038)	0.021 (0.000)	0.0002 (0.000)
	Growth	0.810	0.805	178.837 (0.000)	-2.982 (0.000)	0.087 (0.000)	
	S	0.690	0.683	93.657 (0.000)	-0.412 (0.002)	-6.197 (0.000)	
Stone finishes (dry method)	Linear	0.981	0.980	2145.906 (0.000)	-0.050 (0.016)	0.036 (0.000)	
	Second	0.983	0.982	1169.487 (0.000)	-0.099 (0.002)	0.042 (0.000)	0.00014 (0.036)
	Growth	0.584	0.574	58.952 (0.000)	-2.887 (0.000)	0.093 (0.000)	
	S	0.865	0.868	269.192 (0.000)	-0.089 (0.391)	-8.790 (0.000)	

먼저 지수평활 Winters 가법모형의 마감재별 추정오차를 살펴보면 ①텍스 마감재는 45, 46, 47개월에 7% 이하, ②수성도장 마감재는 해당기간에 1% 이하, ③합성수지도장 마감재는 해당기간에 31% 이하, ④타일 마감재는 해당기간에

4% 이하, ⑤석재도장 마감재는 해당기간에 2% 이하의 예측 정확도를 나타내고 있다. 반면, 대표 선형회귀분석 모형의 각 마감재별 추정오차를 살펴보면 ①텍스 마감재는 45, 46, 47개월에 11% 이하, ②수성도장 마감재는 해당기간에 22% 이하, ③합성수지도장 마감재는 해당기간에 34% 이하 ④타일 마감재는 해당기간에 6% 이하, ⑤석재도장 마감재는 해당기간에 38% 이하의 정확도를 나타내고 있다.

지수평활 Winters 가법모형과 대표 선형회귀분석 모형의 추정 오차율 결과를 종합해 볼 때, 지수평활 Winters 가법모형이 대표 선형 회귀분석 모형보다 예측 정확도가 더 높은 것으로 나타났다.

지수평활 Winters 가법모형으로 예측된 텍스, 수성도장, 타일, 석재 건식 마감재의 예측치는 오차율이 7% 이하로 상당히 높은 예측 정확도를 나타내고 있다. 반면, 합성 수지도장 마감재 경우 오차범위가 두 자리 수인 것으로 나타났는데, 이는 도장 마감재의 특성상 구(舊) 도장면과 신(新) 도장면의 이색 차이로 인하여 수선을 요하는 구간을 포함한 일정구간을 한꺼번에 도장하기 때문에 오차율이 큰 것으로 분석되었다.

7) 제 7단계: 수선율 산정

수선율 산정 모형의 제 6단계를 통해 텍스, 수성도장, 합성수지도장, 타일, 석재 마감재의 수선율 산정에 적합한 분석기법으로 지수평활 Winters 가법모형이 선정되었다. 따라서 본 단계에서는 해당 지수평활 Winters 가법모형을 활용하여 대상 마감재들의 5개년 간의 연간 수선율을 예측 산정하였다.

이는 지수평활 예측기법과 관련된 기존연구들의 예측범위를 고찰한 결과를 바탕으로 수집된 자료의 사분위점 구간인 약 25%범위까지 예측한 것이다. 최종적으로 업무시설 건축마감재별 수선율을 예측·산정한 내용은 다음 Table 12 와 같다.

Table 11. Estimation and verification results of winters' additive model and representative linear regression model

Classification Materials	month	Actual accumulate repair rate (Unit:%)	Analysis result of winters' additive model (Unit: %)			Analysis result of linear regression models (Unit: %)			Remarks
			Forecasting	Error	Error rate(%)	Forecasting	Error	Error rate(%)	
Gypsum cement board ceiling	45	1.41152	1.47161	0.06009	4	1.52400	0.11248	8	Linear
	46	1.41438	1.50538	0.091	6	1.56000	0.14562	10	
	47	1.43718	1.53841	0.10123	7	1.59600	0.15882	11	
Aqueous Paint	45	3.96647	3.94427	-0.0222	1	4.58100	0.61453	15	Second
	46	3.97415	4.01169	0.03754	1	4.73600	0.76185	19	
	47	4.00484	4.06285	0.05801	1	4.89300	0.88816	22	
Resin paint	45	1.69986	1.50129	-0.19857	12	1.44000	-0.25986	15	Linear
	46	1.89601	1.54445	-0.35156	19	1.47200	-0.42401	22	
	47	2.28046	1.57689	-0.70357	31	1.50400	-0.77646	34	
Tile	45	1.37345	1.31411	-0.05934	4	1.28675	-0.0867	6	Second
	46	1.40164	1.34216	-0.05948	4	1.32504	-0.0766	5	
	47	1.42279	1.41148	-0.01131	1	1.36371	-0.05908	4	
Stone finishes (dry method)	45	1.50778	1.53567	0.02789	2	2.07653	0.568745	38	Second
	46	1.54940	1.57872	0.02932	2	2.13136	0.581956	38	
	47	1.58782	1.59263	0.00481	0	2.18647	0.598649	38	

Table 12. Estimated Annual repair rate of finishing materials in domestic office building

Classification	Year	1year	2years	3years	4years	5years
		Upper confidence limit	0.4%	0.9%	1.3%	1.6%
Gypsum cement board ceiling	Forecasting	0.4%	0.9%	1.3%	1.5%	1.9%
	Lowest confidence limit	0.3%	0.8%	1.2%	1.5%	1.7%
	Upper confidence limit	0.6%	1.9%	3.3%	4.5%	6.1%
Aqueous Paint	Forecasting	0.4%	1.8%	3.1%	4.3%	5.5%
	Lowest confidence limit	0.2%	1.6%	3.1%	4.1%	4.9%
Resin paint	Upper confidence limit	0.6%	1%	1.3%	1.8%	2.4%
	Forecasting	0.5%	0.8%	1.2%	1.6%	2%
	Lowest confidence limit	0.4%	0.7%	1.1%	1.4%	1.6%
Tile	Upper confidence limit	0.4%	0.7%	1%	1.5%	2%
	Forecasting	0.3%	0.6%	1%	1.5%	1.8%
	Lowest confidence limit	0.2%	0.5%	0.9%	1.4%	1.6%
Stone finishes (dry method)	Upper confidence limit	0.4%	1%	1.3%	1.7%	2.2%
	Forecasting	0.4%	0.9%	1.3%	1.7%	2.1%
	Lowest confidence limit	0.3%	0.9%	1.3%	1.6%	1.9%

### 5. 결론

본 연구에서는 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 기준의 부재와 기존 연구문헌들의 한계성을 파악하여 이에 대한 개선방안으로 실적자료를 이용한 객관적인 업무시설 수선율 산정 모형을 개발하였다. 또한 개발된 모형의 적정성과 효용성을 검토하였으며, 해당 모형을 통해 업무시설 건축 마감재의 수선율을 산정하였다.

본 연구의 결론과 기대효과는 다음과 같다.

1) 국내 수선율 기준 관련 법규를 조사한 결과, 현행 기준들은 시설물의 사용목적과 주요마감재의 상이점 그리고 불명확한 수선율 산정 기준 등으로 인하여 업무시설 수선율 산정 기준으로 활용하기에는 한계성이 있는 것으로 나타났으며, 기존연구들의 수선율 산정기준은 장기수선계획 법규에 보정치를 가감하거나, 수선실적을 산술평균 계산한 결과를 이론적 모델에 적용하여 예상수선시기 범위와 내용연한을 산정하고 있어 현업 적용성에 어려움이 있는 것으로 분석 되었다. 또한, 업무시설 유지관리 실태와 수선기준 산정현황을 추가 조사한 결과, 유지관리주체의 주관적인 기준에 의하여 이뤄지고 있는 것으로 나타났다.

2) 본 연구에서는 인천 지역에 위치한 업무시설 6개소를 분석 표본으로 선정하여 준공 후 47개월간의 수선이력데이터 810건을 수집하였다. 이 중 시공사의 하자로 인한 수선이력 190건을 제외한 620건의 수선행위를 장소별, 부위별, 마감재별로 분석한 결과 장소별 수선행위 빈도는 복도, 사무실, 회의실, 외장, 홀 및 로비, 주출입구, 화장실, 지하주차장, 외곽, 기계실, E/V전실 순인 것으로 나타났으며, 부위별 수선행위 빈도는 벽체, 개구부, 바닥, 천정, 외장, 난간, 도기, 계단, 사인물 순인 것으로 조사되었다. 장소별 수선행위 빈도는 수성도장, 텍스, 강화유리도어, 타일, 방화문, 합성수지도장, 석재

건식마감재, 외장재 실리콘 순인 것으로 나타났다.

3) 620건의 수선이력데이터 중에서 수선행위가 30건 이상인 마감재를 대상으로 수선율의 특징을 파악한 결과 수선율은 정규분포의 형태를 나타내며, 상향추세의 선형임을 확인하였다. 이를 통해 추세적 선형 분석에 적합한 시계열 분석기법으로 선형회귀분석과 지수평활 Winters가법 모형이 적합한 것으로 분석되었다.

4) 선형회귀분석과 지수평활 Winters가법 모형을 기반으로 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형을 개발하였다. 수선율 산정 모형을 통해 수성도장, 텍스, 타일, 합성수지도장, 석재건식마감재를 연구대상 마감재로 선정하여, 지수평활 Winters 가법모형으로 예측 모형을 분석한 결과, 각 마감재별 R<sup>2</sup>값은 0.986~0.998로 매우 높게 나타났으며, MAPE는 합성수지 도장 마감재가 9.726, 타일 마감재가 10.592, 텍스가 11.69인 것으로 나타나 예측 모형의 정확도가 높은 것으로 분석되었다. 나머지 수성도장, 석재건식 마감재의 MAPE 또한 35.28과 20.04로 합리적인 예측 값 이상인 것으로 분석되었다. 다음으로, 추세적 선형 회귀분석 기법을 이용하여 각 마감재별 선형 회귀모형을 분석한 결과, 모든 마감재의 R<sup>2</sup>값이 0.963~0.991인 것으로 나타나서 높은 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그리고 텍스, 수성도장, 합성수지도장 마감재는 선형 모형이 적합한 것으로 분석되었으며, 타일과 석재건식 마감재의 경우 2차 모형이 적합한 것으로 나타났다. 이를 통해 각 마감재별 45~47개월 치의 수선율을 예측하여, 실제 수선이력과 비교 검증한 결과 지수평활 Winters 가법모형이 선형회귀분석 모형보다 높은 예측 정확도를 나타내는 것으로 분석되었다.

5) 수선율 산정 모형의 최종단계로써 지수평활 Winters 가법모형으로 각 마감재별 5개년 연간 수선율을 산정한 결과 텍스 마감재는 5년 동안 1.9%, 수성도장 마감재는 5년 동안 5.5%, 합성수지도장 마감재는 5년 동안 2%, 타일마감재는 5년 동안 1.8%, 석재도장 마감재는 5년 동안 2.1%인 것으로 나타났다. 본 연구에서 제안하는 업무시설 건축 마감재의 수선율 산정 모형과 연간 수선율은 업무시설 시공자와 건축주 그리고 FM전문가들에게 있어서 돌발적인 보수비용과 기회비용의 낭비를 예방하고 명확한 연간단위 LOCC비용을 산정하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### References

Ahn, J. (2007). "A Study on the Maintenance Plan of School Facilities and Repair System Development.", Department of Education Policy Graduate School of Korea National University of Education Master's Degree thesis, pp. 41-46.

- Bae, J. and Kim, Y. (2011). "A Study on the Most Appropriate Time Series Forecasting Model in Hotel Food Industry.", *Journal of The Korea Academic Society of Tourism and Leisure*, 23(6), pp. 119-135.
- Choi, B. (1995). "Univariate Time Series Analysis.", Sekyungsa.
- Ha, H., Song, C. and Kim, Y. (2007). "A Case Study on the Prediction of Sinking Funds for Long-Term Maintenance Expenses through the Analysis of BTL School Projects", *Korean Journal of Construction Engineering and management*, KICEM, 8(6), pp. 207-215.
- Jeon, I., Shon, J., Kim, K. and Kim, J. (2004). "A Study on the Improvement of Public Facility Management System Using Life-cycle Management", *Korean Journal of Construction Engineering and management*, KICEM, 5(2), pp. 55-63.
- Kim, Y. (2012). "PASW(SPSS) Time Series Analysis.", Kyowoosa, pp. 23-158.
- Kim, Y. and Son, E. (2006). "Forecasting Demand For Gyeongju Tourist by Seasonal ARIMA Model.", *Korean Journal of Hospitality Administration*, 15(1), pp. 309-326.
- La, H., Kim, T., Han, C. and Kim, S. (2001). "A Web-based Long-Term Repair Planning System for Apartment House.", *Proceedings of KICEM Annual Conference*, KICEM, 11, pp. 495-500.
- Lee, K. and Chae, C. (2006). "Study on the Analysis of the Service life in the Office Building Finishings.", *Journal of Architectural Institute of Korea, Architectural Institute of korea*, 22(11), pp. 139-147.
- Lee, K. and Chae, C. (2007). "A Study on Forecasting the Repair Time Range of the Finishings in Office Building.", *Journal of Architectural Institute of Korea, Architectural Institute of korea*, 23(2), pp. 23-30.
- Lewis, C. (1982). *Industrial and Business Forecasting Method*, London: Butterworth.
- Lee, E., Kim, J. and Son, J. (2007). "Development of Maintenance Management System Module in BTL Project for Educational Facilities", *Korean Journal of Construction Engineering and management*, KICEM, 8(5), pp. 132-141.
- Lee, M., Jung, Y. and Park, T. (2009). "A Study on the Establishment of Maintenance Standards (Repair Periods and rates) of Educational Facilities.", *Journal of Architectural Institute of Korea, Architectural Institute of korea*, 25(9), pp. 145-152.
- Modern Construction Related Terms Compilation Committee. (2009). *Architectural Word Dictionary*, Sungandang, <<http://naver.com>> (Sep. 15, 2014).
- Oh, D., Song, C. and Kim, Y. (2008). "A Study on the Correlation Analysis between Office Building Deterioration and Management Costs.", *Journal of Architectural Institute of Korea, Architectural Institute of korea*, 24(11), pp. 135-142.
- Rho, H. (2011). "Using SPSS/Excel, Easy to Understand Time Series Analysis.", Hakhyunsa, pp. 87-101.
- Statistical yearbook. (2013) *Facilities Subject to Fire-Fighting Regulation*. <<http://kosis.kr>>.

**요약** : 국내 건축물 중 업무시설은 국가 경제발전 및 산업구조의 변화와 더불어 급속도로 보급되기 시작하여 2012년 수도권 기준 소방대상물 현황 31개종 중 공동주택 다음으로 많은 비중을 차지하고 있는 주요 시설물이다. 그러나 2014년 현재 수도권지역 업무시설 중 70% 이상이 사용기간 15년 이상으로 주요 건축 마감재의 노후화와 기능저하가 시작되는 등 수선이 시급한 업무시설이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 특히, 업무시설은 사옥 또는 임대사무실의 목적으로 활용되고 있어 시설물의 노후화와 기능 저하가 초래될 경우 건축주와 유지관리 주체에게 임대 경쟁력 저하 및 부동산 가치 하락 등의 문제점을 가져올 수 있다. 이와 같은 시설물의 노후화와 기능 저하를 예방하기 위해서는 준공 후 경과연수에 따라 수선율을 기준으로 한 예방적 차원의 계획 수선을 필요로 한다(La et al, 2001). 이러한 수선율을 기준으로 하는 국내의 수선기준들은 그 대상의 범위가 주로 공동주택과 공공기관 시설물에 국한되어 있어 업무시설에 해당 기준을 적용하기에는 한계성이 있으며, 현업에서의 수선계획 수립을 위한 수선율 기준의 적용성 제고를 위해서는 필수적으로 연간단위의 마감재별 수선율 데이터가 요구되고 있는 것으로 조사·분석되었다. 따라서 본 연구의 목적은 6개소 업무시설의 실제 수선이력데이터를 수집 및 분석하여 업무시설을 대상으로 한 건축 마감재의 수선율 산정 모형을 개발하고 사례적용을 통해 도출된 마감재별 연간단위 수선율의 적정성을 검증하는 것이다. 본 연구의 결과물은 업무시설의 건축주 및 유지관리 주체들로 하여금 발생 가능한 돌발적 보수비용과 기회비용의 낭비를 예방케 함으로써 보다 효율적인 유지보수 예산의 계획과 집행을 가능하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

**키워드** : 업무시설, 수선율, 장기수선계획