

공동주택 구성재의 예상수선시기 범위 설정 연구

A Study on Forecasting the Repair Time Range of the Building Components in the Apartment Housing

이 강 희*
Lee, Kang-Hee

Abstract

Building would be deteriorated with time elapse, influenced by its geographic situation, climate and other environmental conditions. In addition, the systematic maintenance could be provided to keep the resident a recent living condition. The existing breakdown maintenance will be changed into the preventive maintenance. The preventive maintenance is required to get the repair time, the repair scope and frequency. In this paper, it aimed at providing the repair time range over the building components, utilizing the relation between the determination curve and the performance recovery through repair. Results of this study are as follows : First, the forecast of the repair time over the building components could be calculated and equalized with the deterioration and performance degree. Second, the repair time range of building components would be provided into five categories and 3rd repair time. Results of this study will set up the long-term repair plan of building, and finally keep an housing condition comfortable.

keywords : multi-family housing, condition level, deterioration degree, repair time, components

주요어 : 공동주택, 상태등급, 열화도, 수선시기, 구성재

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

건축물은 입지하고 있는 지역의 지리적 조건, 기상조건, 환경조건과 건축물이 위치하고 있는 대지의 지반조건, 하중조건, 재료특성, 유지관리 상태 및 용도변경 등의 영향에 따라 시간이 경과하면서 점차 노후화되는 특성을 지니고 있다. 따라서 공동주택의 수명을 연장하고 성능, 기능 등을 보전하기 위해서는 준공당시부터 구성재의 체계적이고 계획적인 유지관리가 요구된다. 이것을 통해 거주자의 사용공간을 쾌적하게 확보할 수 있다.

이것은 지금까지의 기능정지, 고장발생 등이 나타난 이후의 사후보전(breakdown maintenance)에 머물던 종래의 유지관리방식의 전환을 요구한다. 구성재의 고장, 혹은 기능정지가 나타난 이후에 즉각적인 대응으로는 건축물의 수명기간 동안 쾌적한 거주환경 확보를 하기에는 한계를 지닌다. 따라서 준공 이후 계획적인 유지관리 전략 수립을 통해 건물의 수명을 증진하고 쾌적한 거주환경을 확보하는 것이 필요하다.

기존의 공동주택의 유지관리의 수단으로 활용되고 있는 장기수선계획에서는 구성재의 특성을 반영한 수선시

기를 제시하지 못하고 형식적인 측면에 치우치는 경향을 보이고 있다. 이것은 구성재의 열화를 사전에 예측하고 열화에 사전 대응할 수 있도록 설계단계에서 준공이후의 성능저하를 감안하여 수선 및 교체가 용이한 예방보전방식(preventive maintenance)으로 관리체계가 전환되어야 한다는 것을 의미한다.

사전 예방적인 유지관리체제는 공동주택의 부품, 공종 혹은 구성재의 사용위치, 속성 등을 감안한 예상수선시기를 제시함으로써 수선에 대비하는 다양한 전략을 수립할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 공동주택을 구성하고 있는 부품, 공종 혹은 구성재의 예상수선시기를 제시하는 것이다. 이것은 이산적인(discrete) 수선시기를 제시하기 보다는 예상수선시기를 범위화함으로써 시간의 경과에 따라 보수 혹은 교체 등의 수선 공사를 사전에 계획할 수 있도록 예측하는 것이다.

2. 연구의 방법 및 내용

공동주택은 시간의 흐름에 따라 열화가 진행된다. 따라서 준공이후 건축물의 구성재에 대한 유지관리계획을 통해 열화에 대응하여 성능이 유지되거나 향상할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

유지관리계획에서는 준공이후 수선시기를 설정하는 것이 중요하다. 이것은 준공이후 시간의 경과에 따라 예상된 수선시기에 수선, 보수 등을 함으로써 구성재의 열화수준을 준공당시의 성능정도로 확보하지는 못하더라도 열

* 이 논문은 2005학년도 안동대학교 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

* 정희원(주저자), 안동대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

화 진행을 늦추거나 일정 수준으로 성능을 회복하는 시점으로 설명된다. 특히, 이와 같은 수선시기의 설정은 공동주택 장기수선계획 수립에 요구되는 부분이다.

이를 위해 본 논문에서는 주택부품 구성재의 예상수선시기를 작성하기 위해 다음과 같은 연구방법과 내용을 포함하고 있다. 첫째, 공동주택에 사용되고 있는 공중, 부품 혹은 구성재를 구분하였다. 이것은 건축공사, 전기공사, 기계설비공사, 정보통신공사, 조경공사 등 크게 5가지로 구분하였다.

둘째, 구성재의 예상수선시기의 예측은 크게 두 가지 측면에서 접근하였다. 하나는 구성재는 시간의 경과에 따라 열화된다는 것이다. 이것은 보수, 교체 등의 수선공사를 하더라도 이전에 확보하던 성능을 완전히 회복하지는 못한다는 것을 의미한다. 따라서 수선공사시 이전시기의 성능에 대비하는 회복율의 개념을 사용하였다. 다른 하나는 시간의 경과에 따라 열화정도에 따른 성능의 저하정도에 따라 상태등급으로 구분하였다. 이것을 이용하여 구성재의 열화도 곡선형태에서 허용규정치 도달시기 이전의 예상수선시기 범위를 산정하였다. 이것은 준공이후 구성재의 경과년수와 상태등급에 따른 예상수선시기를 설명한다¹⁾.

셋째, 상태등급에 따른 수선시기의 예측은 열화도 곡선모델을 이용하여 작성하였다. 이것은 열화도의 진행이 수선을 한 이후에도 이전의 열화도 패턴과 유사한 경향을 가진다는 것을 전제로 하고 있다. 열화도 곡선은 할인율을 적용한 수선비용과 수선시기와의 관계를 이용하여 작성하였다.

넷째, 준공이후의 공동주택 구성재에 대한 수선기록은 시간의 경과에 따라 화폐가치가 차이가 발생한다. 따라서 일관성을 유지하기 위해 구성재 수선비용에 할인율²⁾을 적용하여 사용하였다.

3. 연구의 범위

공동주택 구성재의 시간경과에 따른 예상수선시기의 예측에 사용된 자료는 공중별 구성재의 수선비용이다. 그리고 공동주택의 관리범위 가운데에서 공용부분을 대상으로 하여 공중별 구성재로 구분하여 각각의 수선이력을 조사하였다³⁾. 이들 구성재는 크게 공중별로 구분하여 세분화할 수 있다. 공중별 구분은 건축, 전기, 기계설비, 정보통신, 조경공사 등 5개로 분류하였다⁴⁾. 분석대상 구성

표 1. 공중별 세부공사내용

공중	분류	소분류
건축	창호	창호, 유리, 창호잡철
	조적	
	도장	페인트, 락카
	미장	
	방수	방수, 옥상방수, 실리콘
	수장	
	지붕	
	기타	앵글, 기타
전기	조명	
	기타	
기계설비	급배수	수도부품, 파이프
	난방	
	소화	
	위생	
정보통신	기타	모터, 펌프, 기타
	CCTV	
조경	식재	
	시설물	
	기타	

표 2. 분석대상 공동주택의 건축개요

구분	내용	구분	내용
대지면적	14,568평	용적률	87%
건축연면적	12,674평	난방방식	개별난방
세대수	940세대	층수	5층
평형구성	11평 489세대, 15평 451세대	관리방식	자치관리
위치	경상북도 A시	준공년도	1990년

재의 내용은 <표 1>과 같다.

조사대상 공동주택은 1990년에 준공한 것으로써 자치관리형태의 임대주택에서 3년 후에 분양주택으로 전환하였다. 따라서 임대주택 3년 기간 동안의 수선이력은 하자에 대한 수선기록이 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 임대기간 종료후 분양으로 전환된 시점에서 이루어진 유지관리 기록을 대상으로 분석하였다.

해당 공동주택의 세대수는 37㎡(11평) 489세대와 50㎡(15평) 451세대로 구성되어 있으며 전체 관리연면적은 41,827㎡(12,674평)이다.

II. 구성재의 열화도와 수선시기의 관계

1. 구성재의 열화형태

공동주택 구성재는 준공 후 시간의 경과에 따른 성능수준이 계속적으로 저하되는 속성을 지니고 있다. 이것은 구성재의 성능이 시간이 경과함에 따라 결국에는 수렴하는 특성을 보이게 된다. 따라서 현재의 성능수준을 이용하여 구성재의 수선, 보수시기 등을 사전적으로 예측할 수 있다. <그림 1>에서와 같이 열화 진행에 따라

1) 본 논문에서는 구성재의 준공 이후 최초 예상수선시기를 중심으로 분석, 기술하였다.
 2) 할인율은 5%, 7.5%, 10%의 경우로 상정하여 수행하였으나 각각의 할인율에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 인율은 7.5%를 적용하였다.
 3) 공동주택의 전용부분은 거주하고 있는 가구환경에 따라 다양하게 나타남으로 본 연구에서는 공용부분을 연구범위로 하고 있다.
 4) 관리사무소에서 관리한 수선이력이 있는 구성재를 대상으로 하였다. 관리사무소에 문의한 결과 임대기간 동안의 수선이력의 대부분은 하자관리를 위한 것으로 일반적인 관리 형태에서 수행되는 보수, 수선자료는 거의 없는 것으로 조사되었다. 이 기간 동안으로 수선이력은 해당 관리주체에서 보관하다 현재는 파기한 상태이다.

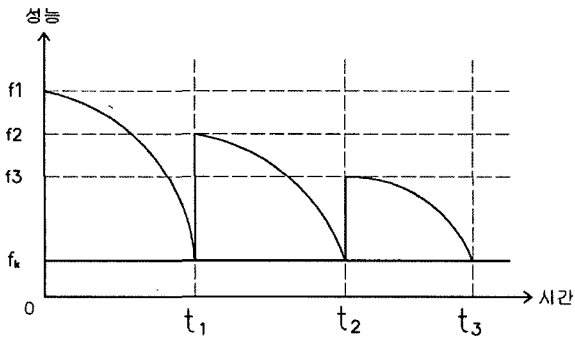


그림 1. 열화도와 상태등급과의 관계

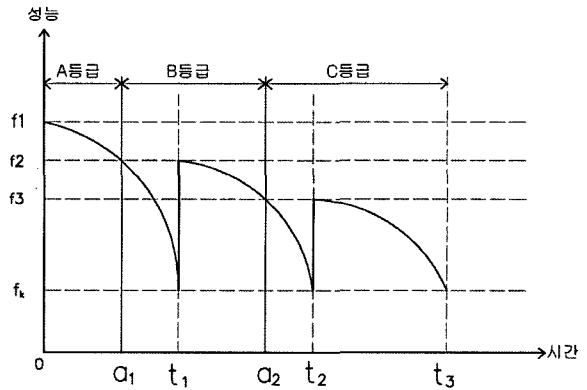


그림 2. 상태등급에 따른 수선시기

수선이 수행될지라도 성능수준은 계속적으로 우하향으로 저하되며 수렴되는 것을 알 수 있다. 그리고 t_1 시점에서 수선 등의 유지관리가 수행되더라도 성능의 회복정도는 준공당시수준까지는 미치지 못한다. 또한 t_1 시점 이후부터 t_2 까지의 열화도 진행패턴이 준공이후 t_1 까지의 진행 패턴과 동일하게 진행한다는 것을 전제로 하고 있다.

이와 같은 구성재의 성능수준과 경과시간과의 관계를 일정한 수선시기로 구분하여 설명할 수 있다. <그림 1>에서와 같이 t_1, t_2, t_3 등의 수선시기로 구분하면 각각의 수선에 따른 성능회복정도를 f_1, f_2, f_3 의 상태등급으로 설정할 수 있다⁵⁾. f_1 등급의 구성재는 준공 당시의 성능을 설명하는 것이다. 준공이후 t_1 시점에서 허용성능수준인 f_k 에 이르기까지 t_1 수선시기까지 계속적으로 성능이 저하된다. t_1 시점에서 수선이 수행되면 회복율을 감안하여 $f_2(=f_1 \times \text{성능회복율})$ 의 수준까지 성능이 회복된다. 그러나 t_1 시기 이후부터 계속적으로 성능이 저하됨으로써 한계성능수준인 f_k 에 이르는 t_2 시기에 도달한다. 따라서 t_2 시기에 수선을 하게 되고 해당 구성재는 f_3 수준의 성능을 회복하게 된다. 그러나 이와 같은 성능수준과 시간과의 관계에서 살펴보면 성능은 계속적으로 저하되는 한편, 일정수준으로 수렴하는 속성을 지니고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 성능의 지속적인 저하와 수선후의 성능회복은 회복률과 수선시기로 설명할 수 있다.

성능의 저하와 구성재 상태수준은 앞으로 발생하게 되는 수선시기와의 관계에서 설정할 수 있다. 이것은 미래에 발생하는 보수 혹은 교환 등의 수선공사를 사전적으로 대비함으로써 건축마감재의 성능을 계속적으로 유지할 수 있는 방법이다.

구성재의 상태수준을 구분할 때, 예상수선시기는 <그림 2>에서 보는바와 같이 열화도 곡선에서 도출할 수 있다. A, B, C 각각의 상태등급으로 구분할 때, 수선시기의 범위는 구성재의 상태수준으로 설정된 구간에서 찾아볼 수 있다. A상태등급은 준공 당시의 성능에서 시간의 경과에 따라 자연적으로 열화하여 B상태등급 수준으로 성능이 저하된다. 그러나 B등급수준에 도달할 때 보수

혹은 교환 등의 수선공사가 수행되지 않을 경우 열화도 허용규정치(f_k)로 급격한 노후화를 진행하게 된다. 결과적으로 건축구성재로써의 역할을 하지 못하게 된다. 따라서 A상태수준은 시간적인 변화에 따라 B상태수준에 도달하는 a_1 시점에서부터 예상수선시기의 범위로 설정할 수 있다. 즉, 상태수준을 준공당시의 수준으로 설정할 경우 준공이후부터 a_1 시기까지의 기간을 A상태등급으로 범위화할 수 있다. 반면, B상태수준의 예상수선범위는 a_1 에서부터 a_2 에 이르는 시기까지로 범위화할 수 있다.

B상태수준을 유지하는 구성재는 시간의 경과에 따라 자연적으로 C등급의 상태인 a_2 시점에서 최초의 수선시기를 맞게 된다. 이와 같이 건축마감재의 시간적인 경과에 따른 최초 수선시기는 차하위 상태등급의 시작점에서 발생하는 것으로 설정할 수 있다.

2. 열화도 곡선과 상태수준과의 관계

건축물 구성재의 열화도 진행단계, 수선비용, 성능저하과정 등과의 관계는 <그림 3>에서 같은 특징을 지니고 있다. 이때 구성재의 상태에 따른 열화도는 구성재 기능, 성능이 한계수준까지 도달한다는 가정속에서 작성할 수 있다.

<그림 3>에서 알 수 있듯이 준공이후(t_0)에서 t_1 까지는 시간적인 흐름에 따라 허용성능수준까지 열화된다. <그림 3>의 상단은 시간의 흐름과 성능의 저하정도를 나타낸 것이며 중간부분의 그림은 t_1, t_2 등의 수선시기에 따른 해당 구성재의 누적수선비용을 나타낸 것이다. 그리고 하단의 그림은 구성재의 시간의 경과에 따른 열화도 상태를 설명한 것이다. 이때 허용성능수준은 구성재의 한계성능으로 설정할 수 있다.

t_1 시점에서 해당 구성재에 대한 보수, 수선을 통해 허용성능수준까지 성능을 향상하게 된다. 이때 해당 구성재의 열화도를 일정수준으로 회복하기 위해 투입된 비용은 비례적인 관계로 설명할 수 있다.

III. 예상수선시기 산정흐름

1. 수선시기의 산정조건

<그림 3>과 같은 모델을 이용하여 구성재의 예상수선

5) 상태등급은 수선목적과 예측방법에 따라 여러 단계로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 3단계로 구분하여 설명하였다.

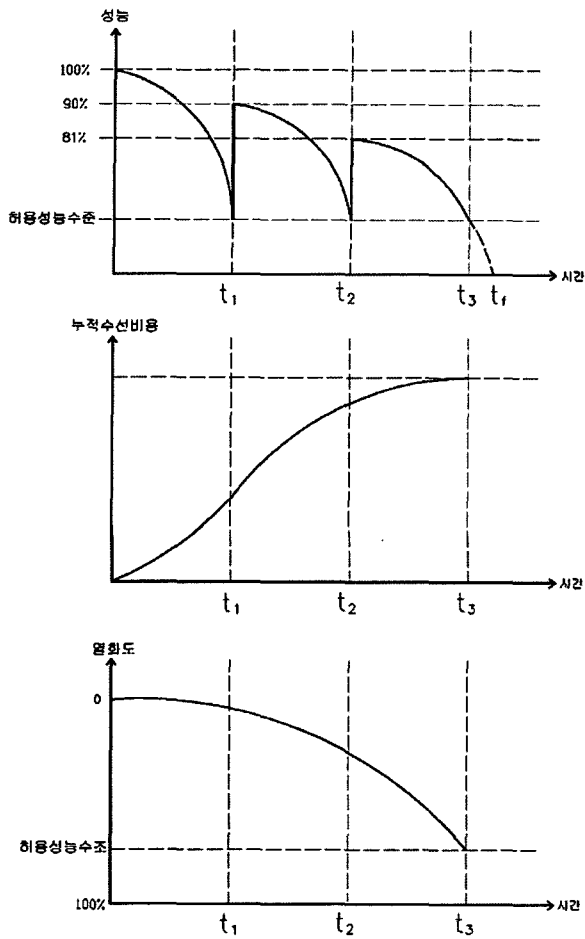


그림 3. 열화도 패턴 모델

시기를 산정하기 위해서는 다음과 같은 가정을 전제로 하여 수립한다. 첫째는 구성재의 열화는 단계적으로 시간축에 대비하여 우하향으로 진행된다. 따라서 <그림 1>에서와 같이 1단계의 열화진행은 허용성능수준 도달시점은 t_1 까지 경과한다. 열화도가 최대로 진행된 수준 대비한 시점에서의 열화도 수준을 상대적인 비율개념으로 표현할 수 있다. 즉, 건축물 구성재가 종국적인 열화도 수준에 대비하여 t_1, t_2, t_3 시점 등에서의 열화도 수준을 상대적인 개념으로 표현할 수 있다. 둘째로 구성재의 열화도를 일정수준의 성능으로 회복하기 위해서는 이에 상응하는 수준의 수선비용이 소요된다는 것이다. 이것은 열화도 수준과 일정한 회복율을 감안한 성능으로 향상시키기 위해 소요되는 수선비용은 비례적인 관계를 형성한다는 의미이다. 셋째로 열화도에 대응한 누적수선비용은 내용년한 도달시점에서 최대를 형성하게 된다. 구성재는 시간의 경과에 따라 계속적으로 수선이 이루어진다. 따라서 구성재가 종국적인 내용년한에 도달한 시점에서 누적수선비용이 최대가 된다.

이와 같은 조건을 활용하여 공동주택 구성재의 예상수선시기의 산정요소는 크게 2가지로 구성된다. 우선, 구성

재의 열화도 곡선 모델을 작성하는 것이다. 이것은 준공 후 구성재가 시간의 흐름에 따라 성능저하 정도를 설명하는 것이다. 열화도 곡선모델 작성은 수선비용과 수선시기를 매개변수로 하여 산정할 수 있다. 이것은 식 (1)과 같은 형태로 표현된다.

$$F = aT^b \quad (1)^7$$

여기서 F는 누적수선비용
T는 시간
a,b는 모수(parameter)

두 번째로 구성재의 열화도 곡선 모델을 이용하여 수선후의 성능회복율을 감안하여 열화도 곡선을 경과시간에 대응하여 계속적으로 연장하는 것이다. 즉, 준공후 진행되는 열화도의 진행형태는 수선이후에도 같은 형태로 진행한다는 것을 전제로 한다. 이때 구성재의 성능회복율을 이용하여 수선이후의 성능수준을 확인하는 것이다. 이와 같은 과정은 <그림 4>와 같이 나타낼 수 있다.

상기와 같은 열화도 진행모델을 이용하여 구성재의 예상수선시기를 예측할 수 있다. 구성재의 예상수선시기는 범위화하는 것으로 수선시기의 시작점으로 나타낼 수 있다. 구성재의 상태수준별 예상수선시기의 출발시기는 다음과 같은 과정으로 산정한다.

2. 예상수선시기 산정방법

사후보전적인 유지관리 방법의 허용성능수준은 실내환경의 악화 등 열화에 의해 악영향이 현재화된 상태를 지니는 것으로 설명한다. 그러나 사전보전적인 유지관리에서의 허용성능 규정치는 기능저하의 현재화 이전에 열화도를 계량화하는 것이 필요하다. 허용성능 규정치를 일

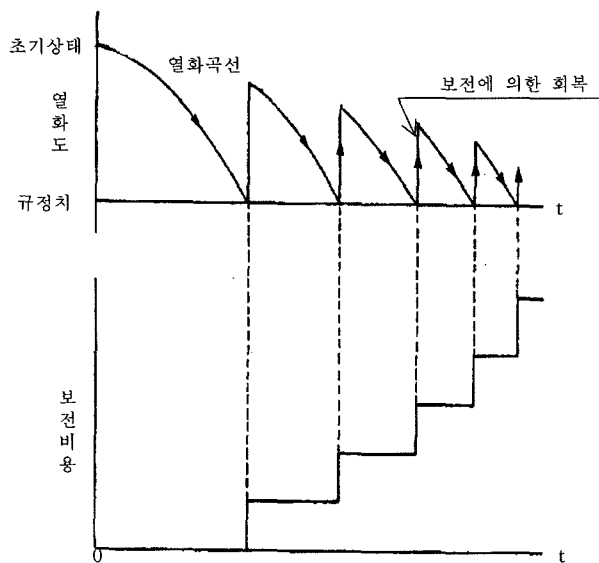


그림 4. 열화도에 따른 수선비용과의 관계

6) 이것은 Ft/F_{max} 로 표현할 수 있다.

7) 飯塚 裕, 建物の維持管理, 鹿島出版社, pp.127-132, 1982.

정하게 설정하고 사후보전적인 방법으로는 예방보전적인 방법으로는 구성재의 상태수준에 따라 열화회복을 위한 예상수선시기를 범위화하는 것이 가능하다.

구성재의 열화가 허용성능수준에 도달할 때에 수선을 하는 것으로 전제한다. 구성재의 예상수선시기를 산정하기 위해서는 구성재의 열화 진행상태를 설명하는 열화도 곡선모델을 구축하는 것이 요구된다. 열화도 곡선 모델은 1차, 2차, ..., n차 수선이 이루어지더라도 열화도 진행패턴은 일정한 것으로 식 (2)와 같이 표현할 수 있다. 이것은 t_n+1 시점에서의 상태수준은 t_n 시점에서의 상태수준에 의해 유추할 수 있음을 나타내는 것이다.

$$g_{n+1}(t) = g_n(t) \tag{2}$$

1차 수선이 x시점에서 수행되고 그 이후 t시점에서 2차 수선이 이루어지는 확률에 대해 최초 수선까지의 시간과 최초 수선으로부터 2차 수선까지의 시간의 합은 x와 x+dx의 사이에서 나타난다. 이것은 <그림 5>와 같이 설명할 수 있다. 여기에서 T_1 은 1차 열화회복을 위해 수선이 실시된 시점으로부터 2차의 허용규정치에 이르는 시간의 분포에서 도출할 수 있다.

수선에 의한 성능회복율 $\alpha(\alpha < 1)$ 까지 열화가 회복한 상태에 이르고 그 이후 어떠한 열화가 진행하였는가를 설정할 필요가 있다. 보전직후는 $(1-\alpha)$ 까지 열화가 진행된 상태임으로 그 이후의 열화곡선에서 $(1-\alpha)f$ 까지 열화가 진행된 상태에서 계속 열화가 진행된다. 이것은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$(1-\alpha)f = aT^b \tag{3}^8$$

$$T_1 = \{(1-\alpha)f/a\}^{(1/b)} \cdot m$$

여기서

m: $(f/a)^{1/b}$ 로 허용규정치에 도달하기까지의 경과시간을 의미함.

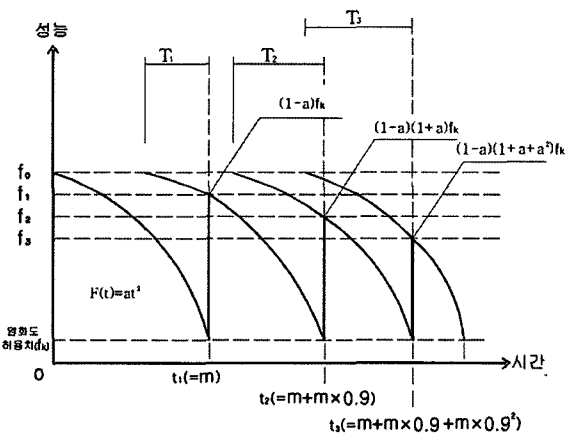


그림 5. 상태수준에 따른 예상수선시기의 범위

- α : 수선시 성능회복율
- f: 한계성능수준
- T_1 : 1차 예상수선시기의 범위
- a,b: 모수(parameter)

식 (3)은 준공이후의 1차 수선시기에 있어서의 수선범위를 나타낸 것이다. 따라서 2차 수선시기는 1차 수선시기이후의 열화도 곡선에 식 (3)과 같은 유사한 과정을 통해 수선시기를 도출할 수 있다(그림 5 참조)

식 (3)에서 $m=(f/a)^{1/b}$ 은 구성재의 열화진행에서 허용규정치에 이르기까지의 경과시간을 의미한다. 이것은 건축마감재가 열화되면서 허용성능치에 도달하기까지의 경과시간을 의미한다. 결국, <그림 5>에서 제시하고 있는 수식은 열화도 곡선모델과 성능수준과의 교차점까지의 경과시간으로 나타내는 것이다. 본 논문에서는 누적수선비용과 경과년수를 이용하여 열화도 곡선모델을 추정하였다. 따라서 교차점까지의 시간적 경과를 설명하는 m은 열화도 곡선모델에서 누적수선비용이 최대가 되는 경과년수에서 열화허용치에 도달하는 것을 이용하여 산출하였다.

다른 한편으로 보수 혹은 교환 등을 통한 성능의 회복수준을 설정하는 것이다. 성능은 완전한 보수 및 교환을 할지라도 이전단계를 완전히 회복하는 것은 불가능하다. 따라서 회복율은 이전단계에서 이루어진 보수 및 수선으로 확보된 성능수준에 대비하여 일정 수준의 성능회복 정도를 설명하는 요소이다.

준공이후에 열화도 진행에 따라 1차 수선이후 회복율을 감안한 $(1-\alpha)f$ 상태수준에 도달하는 마감재의 수선시기범위는 T_1 이다. 즉, 열화도 $(1-\alpha)f$ 의 상태는 T_1 에서 시작되는 시기부터 수선행위가 필요하다는 것을 나타낸다. $(1-\alpha)(1+\alpha)f$ 의 수준을 나타내는 2차 수선후의 상태수준은 T_2 에 해당하는 기간동안에 수선이 요구되는 것으로 설명할 수 있다. 또한 $(1-\alpha)(1+\alpha^2)f$ 상태수준으로 평가된 마감재는 T_3 에 해당하는 기간에서 수선이 요구되는 것으로 설명할 수 있다.

IV. 구성재의 수선주기와 수선율

기존의 각종 연구관련 자료에 따르면 건축부문의 창호/유리는 10년의 수선주기를 갖는 것으로 나타나고 있다. 방수는 도막방수 이외에 아스팔트방수, 시트 방수는 10년의 수선주기로 나타난다. 수장공사를 설명하는 모르터 마감은 8년의 수선주기로 약 15%의 수선율로 설명되고 있다.

전기설비, 정보통신설비 구성요소의 수선주기와 수선율은 <표 2>와 같다. 전기설비가운데 조명기구의 수선주기와 수선율은 매년 수선을 하는 것으로 제시되고 있으며 수선율은 7% 수준이다. 정보통신설비도 전기설비 구성요소와 유사한 형태를 보이고 있다. 이와 같은 경향은 매년 계속적인 점검을 통해 기능을 계속으로 유지해야 하는 것이다.

기계설비 구성요소의 수선주기와 수선율은 <표 3>과 같다. 대부분의 기계설비 구성요소의 수선주기는 5년 이하의

8) 高草木 明, “空調設備の物理的劣化の回復のための保全費用に關する調査研究”, 日本建築學會計劃係論文集 第459號, pp.27-36, 1994. 5에서 참조.

표 3. 건축부문 구성요소 수선주기와 수선율

구분 창호/유리	방수				벽체			
	아스팔트	도막방수	시트방수	모르타 마감	벽지	수성페인트	유성페인트	
1	7 (16%)			8 (16%)	8	4	6	
2	10 (10%)							
3	10 (15%)							
4	10 (10%)	5 (10%)	10 (20%)	8 (15%)	10	4	6	
5	10 (10%)	5 (10%)	10 (20%)	8 (30%)				
6	8 (10%)	5 (10%)	8 (20%)	8 (15%)	10 (100%)	5 (100%)	5 (100%)	
수선주기 (수선율)	10 (10%)	10 (10%)	5 (10%)	10 (20%)	8 (15%)	-	-	-

- 1) 耐火建築物の維持保全に関する研究(日本建築學會 建築經濟委員會)
 - 2) 部位別の修繕周期と修繕率(建設省官)
 - 3) 計劃修繕のための適性な修繕時期(日本電電公社標準)
 - 4) 修繕方式の標準(ビルの管理) 小林 清周
 - 5) マンションの修繕費(小林 清周)
 - 6) 주택법 시행규칙, 장기수선계획작성에 관한 기준
- 주1) 하단의 A(B)는 A는 부분수선, B는 수선율(%)을 나타냄. a는 내용년환을 의미함⁹⁾.

표 4. 전기/정보통신 구성요소의 수선주기와 수선율

구분	전기설비		정보통신설비		
	조명기구류 (백열등)	조명기구류 (형광등)	인터폰 (親機)	인터폰 (子機)	배선/배관
1	1(7%)	2(2%)	1(5%)	1(15%)	5(3%)
2	-	10(4.5%)	-	-	-
4	1(7%)	1(7%)	-	-	-
5	1(7%)	1(7%)	-	-	-
6			20(100%)		20(100%)
수선주기 (수선율)	1(7%)	1(7%)	1(5%)	1(15%)	5(3%)

주) 표 3의 각주와 동일.

범위에 존재하고 있으며, 수선율은 10~20%의 범위에 존재하는 것으로 나타난다. 급수관, 열교환기, 소변기, 세면기, 수세기 등의 수선주기는 5년으로 수선율은 10%이다. 순환펌프의 수선주기는 3년으로 수선율은 20% 수준이다. 대변기용 플러시밸브의 수선주기는 1년으로 수선율은 5% 수준으로 상시적인 점검, 유지가 요구되는 구성요소이다.

V. 구성재 예상수선시기 산정결과

공동주택 구성재의 수선시기는 일정의 구간으로 범위화할 수 있다. 우선, 각각의 구성재에 대한 열화도 곡선

9) 주택법 시행규칙상의 장기수선계획 작성에 관한 기준에서 제시하고 있는 수선율은 100%의 수선율을 나타내고 있어 완전교환의 의미로 판단된다.

표 5. 기계설비 구성요소의 수선주기와 수선율

구분	급수관	열교환기	순환펌프	모터	배수관	대변기	소변기
1	5(30%)		3(20%)	2(1%)	7(30%)	5(20%)	4(10%)
2		5(10%)					
4	5(10%)		3(20%)	2(1%)	5(20%)	5(20%)	5(10%)
5	5(10%)			5(20%)	5(10%)	5(10%)	
6	15 (100%)		10 (100%)		15 (100%)	20 (100%)	25 (100%)
수선주기 (수선율)	5(10%)	5(10%)	3(20%)	2(1%)	5(20%)	5(20%)	5(10%)
구분	세면기	수세기	대변기용 플러시밸브		급수/급 탕/수관		소화기 구
1	2(5%)	4(20%)	1(5%)		5(20%)		5(25%)
4	5(10%)	5(10%)	1(5%)		-		5(25%)
5	5(10%)	5(10%)	1(5%)		-		-
6	20 (100%)	20 (100%)			15 (100%)		20 (100%)
수선주기 (수선율)	5(10%)	5(10%)	1(5%)		5(20%)		5(25%)

주) 표3의 각주와 동일.

모델을 작성하는 것이 요구된다. 그리고 열화도 곡선을 이용하여 수선시의 구성재 성능회복율을 감안하여 열화도 곡선에서의 성능수준과의 관계에서 예상수선시기를 산정할 수 있다.

<그림 5>에서 알 수 있듯이 시간의 경과에 따라 t_1 시점에서는 1차, t_2 시점에서는 2차, t_3 시점에서는 3차 수선이 이루어진다. t_1 의 시점은 준공이후 열화도 곡선모델에서 열화도 허용규정치에 도달하는 경과시간을 의미한다. t_2 는 준공이후 t_1 까지 진행된 열화도 곡선모델과 같은 형태로 진행되는 것을 전제로 하여 t_1 수선이후에 열화가 진행되는 것을 나타낸 것이다. t_1 에서 t_2 까지의 경과시간은 같은 열화도 곡선모델을 갖는 것으로 회복율을 감안하여 산정할 수 있다¹⁰⁾. 마찬가지로 t_2 에서 t_3 까지의 경과시간은 앞서의 열화도 곡선모델과 수선이후의 회복율을 감안하여 산정할 수 있다¹¹⁾.

상기와 같은 t_1, t_2, t_3 등의 시기와 열화도 곡선모델을 이용하여 구성재의 예상수선시기를 산정할 수 있다. T_1 은 t_1 시점에 도달하기 이전의 예상수선시기를 구간으로 표시하는 것이다. 즉, t_1 시점 도달하기 이전 T_1 시점에서부터 수선이 예상된다는 것이다. 마찬가지로 T_2, T_3 는 각각 t_2, t_3 에 도달하기 이전의 예상수선시기를 나타낸 것이다. 이러한 예상수선시기를 구성재 각각에 적용한 결과는 다음과 같다.

건축공사는 창호, 조적, 도장 등 14개의 구성재로 분류하였다. 준공이후 처음으로 열화도 허용규정치에 도달

10) 예를 들어 수선이후의 성능회복율을 90%로 가정할 경우 t_2 까지의 시간은 $t_1 + t_1 \times 90\%$ 로 산정할 수 있다.

11) 본 논문에서 수선이후의 성능회복율은 이전단계 수준의 90%로 설정하였다.

표 6. 건축공사의 수선시기 (단위: 년)

구분	m(년)	b	수선시기			
			T ₁	T ₂	T ₃	
창호	창호	12.1	2.3	4.4	5.8	6.8
	유리	9.4	5.3	6.1	6.8	7.3
	창호잡철	11.6	3.6	6.1	7.3	8.1
조적	10.9	2.4	4.2	5.4	6.3	
도장	페인트	10.4	4.0	5.8	6.8	7.5
	락카	8.4	2.4	3.3	4.3	4.9
미장	9.4	2.7	4.0	5.1	5.8	
방수	방수	10.1	2.7	4.3	5.5	6.2
	옥상방수	11.9	6.6	8.4	9.2	9.7
	실리콘	12.3	3.5	6.4	7.6	8.4
수장	9.6	1.0	0.9	1.7	2.5	
지붕	11.6	5.9	7.8	8.7	9.3	
기타	앵글	9.7	2.4	3.7	4.9	5.6
	기타	11.9	0.8	0.8	1.7	2.6

주) m : 준공이후 허용성능 규정치까지 도달하는 시간인 1차 수선시기까지의 경과시간
 b : 1차, 2차, 3차 수선시기를 이용하여 T₁, T₂, T₃ 산정하기 위한 식 (1)과 식 (3)에서의 모수(parameter)
 회복율 : 수선이후의 이전단계 대비 성능회복율(90%로 가정).

하는 경과년수(t_i, m)는 창호 12.1년, 조적 10.9년, 방수 10.1년 등으로 10년 내외의 기간이 적정한 것으로 나타난다. 각 구성재의 교환 혹은 보수 후 이전 성능의 90%로 회복한다고 가정하였을 때, t_i 시점에 도달하기 이전의 예상수선시기 범위(T₁)는 창호 4.4년, 유리 6.1년, 창호잡철은 6.1년으로 나타난다¹²⁾.

조적의 경우는 t_i 시점에 도달하기 이전의 예상수선시기 범위(T₁)은 4.2년, 도장재 가운데 페인트는 5.8년, 락카는 3.3년으로 분석된다. 또한, 일반방수는 4.3년, 옥상방수는 8.4년, 실리콘은 6.4년의 최초수선시기 범위(T₁)을 나타내고 있다. 지붕은 t_i에 도달하기 이전의 최초 예상수선시기 범위(T₁)는 7.8년임으로 준공이후 약 3.8년이 경과하면서 예상수선시기 범위에 포함된다.

전기공사는 크게 조명부분과 기타부분으로 분류하였다. 조명부분에는 가로등 및 관리사무소의 조명기기가 포함되며, 기타부분은 전선의 전기공사의 내용이 포함된다. 전기공사에서 열화도 허용규정치에 도달하는 시기(t_i, m)가 11.2년으로 산정되었지만 t_i에 도달하기 이전의 최초 예상수선시기 범위인 (T₁)는 조명이 5.8년, 기타 전기공사는 2.9년으로 산정되었다.

기계설비는 급배수(수도, 파이프), 난방, 소화, 위생, 기타 부분으로 분류하였고, 열화도 허용규정치에 도달하는 시기(t_i, m)는 급배수(수도) 10.1년, 난방 12.8년, 소화 17.0년 등으로 산정되었다. 급배수설비 가운데 수도의 준공후 최초예상 수선시기범위(T₁)는 6.4년으로 준공이후 약 3.7년이 경과하면서 시작됨을 알 수 있다. 파이프의

12) 이것은 창호는 준공 후 7.7년, 유리는 3.3년, 창호잡철은 5.5년이 경과하면서 수선시기로 포함되는 것을 의미한다.

표 7. 전기, 기계설비공사의 수선시기 (단위: 년)

구분	m(년)	b	수선시기				
			T ₁	T ₂	T ₃		
전기	조명	11.2	3.5	5.8	7.0	7.7	
	기타	11.2	1.7	2.9	4.3	5.2	
기계	급배수	수도	10.1	5.0	6.4	7.3	7.8
		파이프	10.0	3.6	5.2	6.3	6.9
	난방(보일러)	12.8	1.3	2.3	3.7	4.8	
	소화(소화기)	17.0	2.4	6.6	8.6	9.9	
	위생	11.1	2.1	3.8	5.1	6.1	
	기타	모터	11.6	1.7	3.1	4.5	5.5
		펌프	9.4	2.3	3.4	4.5	5.3
기타		11.2	1.4	2.1	3.3	4.3	

주) m, b은 표6의 각주 참조

표 8. 정보통신, 정화조, 조경공사의 수선시기 (단위: 년)

구분	m(년)	b	수선시기			
			T ₁	T ₂	T ₃	
정보통신	CCTV	13.2	15.5	11.4	11.9	12.1
	식재	14.3	5.2	9.2	10.4	11.1
조경	시설물	0.5	4.1	0.3	0.3	0.3
	기타	9.4	1.0	0.9	1.8	2.5

주) m, b은 표 6의 각주 참조

최초예상수선시기 범위는 2.9년으로 준공이후 8.3년이 경과하면서 시작된다. 난방설비가 t_i에 도달하는 시기는 준공 후 12.8년으로 분석된다. 그러나 t_i 시점에 도달하기 이전의 최초 예상수선시기 범위(T₁)은 2.3년부터 시작됨을 알 수 있다. 위생설비의 t_i까지의 시간은 11.1년이며 최초 예상수선시기 범위(T₁)은 6.6년으로 나타나고 있다.

정보통신공사는 준공 이후 처음으로 열화도 허용 규정치에 도달하는 경과년수(t_i, m)는 13.2년, t_i 시점에 도달하기 이전의 최초 예상수선시기 범위(T₁)는 11.4년으로 산정되었다. 조경공사는 식재와 기타 시설물공사로 분류하였는데, 식재공사에서 열화도 허용규정치에 도달하는 시기(t_i, m)는 14.3년으로 산정되었고 기타 시설물공사는 0.5년으로 산정되었다. 특히 시설물공사의 열화도 허용규정치 도달시기(t_i, m)는 0.5년임으로 최초 예상수선시기 범위(T₁) 0.3년과는 차이가 발생하지 않는 것으로 나타난다. 이것은 놀이터 시설물에 대한 안전검사 및 수선을 나타내는 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 앞으로의 연구과제

준공 이후 건축물을 형성하는 구성재의 성능은 시간의 경과에 따라 점차적으로 열화되는 과정을 거친다. 이것은 건축물의 물리적 변형 뿐만 아니라, 건축물이 입지하고 있는 지역적 조건이나 사용 형태 등의 환경적 요인에 의해 나타나는 노후화 현상이다. 반면, 건축물은 오랜 기간 사용하게 됨으로써 사용측면에 있어 거주자들이 안전하고 쾌적하게 이용할 수 있도록 기능을 유지하여야

한다. 이를 위해 준공이후에 시간의 흐름에 따라 사전예 방적인 측면에서 공동주택 구성재의 유지관리가 수행되어야 한다. 이를 위해 구성재의 수선횟수, 수선시기 등을 예측하여 해당 시점에서 적절한 유지관리가 이루어지는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 공동주택의 각 구성재의 예상수선시기 방법과 사례적용한 결과를 제시하는 것이다. 연구결과는 다음과 같이 요약, 정리할 수 있다. 첫째, 수선차수에 따른 허용규정치 도달 시점은 열화도 곡선과 수선후의 성능회복율과의 관계에서 도출할 수 있다. 수선이후의 열화도 모델이 같은 형태로 이루어진가는 전제하에 2차 열화도 허용규정치까지의 도달시점(t_2)은 1차 도달시기(t_1) \times 성능회복율로써 산정할 수 있다. 마찬가지로 3차 허용규정치 도달시점(t_3)은 t_2 까지의 도달시간과 성능회복율을 이용하여 산정할 수 있다. 따라서 예상수선시기의 범위는 수선차수에 도달하는 시점에서 T_1 , T_2 , T_3 의 시간의 차감한 시점에서 t_1 , t_2 , t_3 까지의 도달시간으로 설정할 수 있다. 둘째, 1차 수선시기에 도달하기 전의 예상수선시기 범위(T_1)를 예측한 결과 건축부문에서 창호는 4.4년으로 나타난다. 이것은 준공 후 약 7.7년이 경과되면서 시작되는 것으로 판단된다. 조적부문의 1차 예상수선시기 범위(T_1)은 4.2년으로 나타난다. 1차 허용규정치 도달 시기(t_1)가 약 10.4년임을 감안할 때 준공 후 약 6.7년부터 예상수선시기로 포함되는 것으로 분석된다. 방수 부문 가운데 일반방수는 1차 허용규정치 도달시기(t_1)가 10.1년이며 T_1 이 4.3년임을 감안할 때, 준공후 5.8년부터 1차 예상수선시기에 진입하는 것으로 분석된다. 셋째, 전기, 기계설비가운데에서 조명의 1차 허용규정치 도달시기(t_1)이 11.2년이며 1차 예상수선시기 범위(T_1)가 5.8년임을 감안할 때 1차 예상수선시기는 준공후 5.4년부터 진입하는 것으로 나타난다. 수도는 1차 허용규정치 도달시간(t_1)이 10.1년, 1차 예상수선시기 범위(T_1)이 6.4년임을 감안할 때, 준공이후 3.7년부터 1차 예상수선시기에 진입하는 것으로 나타난다. 넷째, 앞서의 1차 허용규정치 도달시기(t_1 , m), 1차 허용규정치 도달시기 이전의 1차 예상수선시기 범위(T_1)과의 관계를 이용하여 T_2 , T_3 의 예상수선시기 범위를 산정할 수 있다. 즉, 2차 허용규정치 도달시기(t_2)는 t_1 과 성능회복율을 이용하여 산정할 수 있다. 그리고 2차 예상수선시기 범위(T_2)는 1차 예상수선시기 범위(T_1), 성능회복율 등을 감안하여 산정할 수 있다.

이와 같은 연구결과는 건물 준공후 혹은 전면 보수후 예상되는 수선시기를 범위화하는 특징을 지니고 있다. 지금까지의 이산적인 수선시기와는 달리 수선시기를 일정 기간으로 범위화 함으로써 관리주체는 능동적인 대응을 마련할 수 있다. 그러나 수선시기를 범위화하는데 있어서는 수선기록이 정확하게 기록되어야 한다. 즉, 수선비용이 일정금액이상에 대해서 기록을 함으로써 적은 비용이 투입되는 경상수선에 대한 부분을 명확히 분석하기란

한계가 있다. 뿐만 아니라 건축물의 규모, 유형 등에 따라 차이가 발생할 것으로 예상됨으로 지속적인 연구를 통해 유형화하는 것이 요구된다. 이것은 수선이후의 성능회복율을 일정수준으로 가정하고 열화도 진행 패턴 모델이 각각의 수선이후에 같은 형태로 진행됨을 가정하고 있는 한계를 지니고 있다. 그러나 이와 같은 연구결과는 공동주택 구성재의 내용년한 예측 뿐만 아니라 적절한 수선시기, 수선방법 등의 유지관리 전략수립에 기초가 됨으로써 공동주택 수명을 연장할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원(1994), 건축물의 최적유지관리 모형 개발(I, II).
2. 오진수 외(2002), 공동주택 마감재 수명연한을 고려한 수선주기설정에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 제35호.
3. 이강희(1995), 공동주택 설비의 유지·보수 비용의 예측 모형, 대한건축학회논문집 11권 9호(통권 83호).
4. 황종현 외(2002), 성능기반의 건축물 내용연수 추정 모델, 대한건축학회논문집 구조계 18권 10호(통권168호).
5. 日本建築學會(1988), 建築物の耐久計劃に關する考慮方案.
6. 國土開發技術研究セソ-タ(1986), 保全・耐久性向上技術の經濟性評價手法, 技報堂.
7. 高層住宅管理業協會(1993), 新・大規模修繕マニュアル.
8. 內海 仁外 1人(1991.9), 建築の LCCにおける 長期修繕計劃に關する研究 - 事務所ビルの 事業收支と 應用事例, 學術講演梗概集.
9. 田邊邦男外 1人(1991.9), 經年的からみた公的分讓集合住宅の維持管理に關する 研究-5-修繕積立金の收支と維持管理費總額, 學術講演梗概集.
10. 竹林邦久外 3人(1992.1), 某ビル更新際して劣化要因別・部位別保全費用構成に關する調査研究, 建築學會論文.
11. 岡田光井外 3人(1988.10), 建物の壽命分布推定について (2)-公共建築の維持管理に關する研究, 學術講演梗概集.
12. 出原至道外 3人(1992.8), ストックとプロによる住宅壽命の推定手法, 學術講演梗概集.
13. 宇都正哲外 1人(1991.9), 非木造建築物の壽命推定に關する研究-東京都中央區における非木造建築物の壽命實態, 學術講演梗概集.
14. 國土交通省(2002), 長期內用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発.
15. (社) 建築・設備維持保全推進協會, 建築軀體・部材・設備等の內用年數調査, 2003.
16. 高草木 明, “狀態基準豫防保全の信頼性向上効果と經濟性の分析”, 日本建築學會計劃系論文報告集 第441號, 1992, pp.43-52.
17. 高草木 明, “空調設備の更新評價に關する理論的研究”, 日本建築學會計劃系論文報告集 第435號, 1992, pp.23-31.
18. 高草木 明, “空調設備の豫防保全に關する解釋的研究”, 日本建築學會計劃系論文報告集 第430號, 1991, pp.45-53.
19. 高草木 明, “空調設備の物理的劣化の回復のための保全費用に關する調査研究”, 日本建築學會計劃系論文集 第459號, 27-36, 1994.5

(接受: 2005. 9. 9)