학교시설 수선주기 및 수선율 예측에 관한 기초적 연구

A Preliminary Study on the Prediction of School Facilities Repair Frequency and Rate

정영한* 이재승** 조봉호***
Jung, Young-Han Lee, Jae-Sung Cho, Bong-Ho

Abstract

This study is to present an engineering solution for the repair frequency and repair rates of a building. The existing data for the repair frequency and repair rates are used to draw the probability distribution for the generalized repair frequency and repair rate in a building. The suggested methodology can be widely used for most buildings to estimate the legal repair frequency and repair rates . Also, the methodology can be applied to resolve the risks on the maintenance costs in LC (Life Cycle) plans or LCC (Life Cycle Cost) analysis. As the future studies, there are the multiple regression analysis including the parameters on incurred costs and the decision methods on efficient repair and replacement.

키워드 : 수선주기, 수선율, 확률분포, 생애주기
Keywords : repair frequency, repair rate, probability distribution, life cycle

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축물의 생애주기(life cycle)계획에 있어 설정된 내용연수 내에서 건축물에 대한 경제적 설계 및 자원의 효율적 이용은 과거나 현재나 기술적 관심의 대상이 되고 있다. 금융적인 변동성은 시간의 흐름에 따른 변동성 데이터를 바탕으로 한 시계열 분석(time series analysis)이나 다른 조건이 일정한 경우 투입요소의 변동을 가정한 민감도 분석(sensevity analysis) 등 다양한 예측분석도구를 활용하여 생애주기설계에 반영하고 있으나 학교시설을 구성하는 각 부재에 대한 수선주기 및 수선율 산정은 개별건축물의 특성이나 새로운 건축시스템의 기능을 충분히 반영하지 못하고 있는 실정이다. 현재 국내에서는 주택법의 장기수선계획 수립기준을 근거로 하여 일련의 조정과정을 거쳐 적용하고는 있으나 상기 언급한 문제점들이 지속적으로 대두되고 있다. 이러한 문제점들에 대해 건축설비 분야에서는 고장발생에 대한 확률적 해석을 통해 건물서비스의 품질을 향상시키려는 공학적 접근법이 있어 왔다. 반면 건축물의 전체 시스템에 대해서는 이러한 접근이 어려운 측면이 존재하고 있다. 즉, 학교시설의 초기품질, 열화양상, 실거주자의 사용패턴 등 다양한 변수를 감안하여 이를 추정하고 예측·적용하는 기술적인 난이성에서 그 이유를 찾을 수 있다. 또한 데이터의 활용적인 측면에서 생각해 보면 학교시설물의 수선주기 및 수선율을 추정하기 위해 수집되어야 하는 데이터의 보존방식에 있어서도 문서보존연한 5년 또는 그 이전에 멸실되어 충분한 데이터를 획득하지 못하는 것에서도 기인한다고 볼 수 있다(김종록 외, 2010).

건축물의 생애주기 동안 수선에 소요되는 비용은 전체 LCC(life cycle cost)의 약 40%를 점유할 만큼 건축물의 소유자나 이용자 양측에게 경제적인 의사결정이 요구되는 비용항목이기도 하나 대규모 학교시설을 보유한 기관이 운영에 소요되는 예산의 책정과 수립에도 많은 어려움을 겪고 있는 이유도 수선주기 및 수선율의 예측에 대한 기술적 난이성에 찾아볼 수 있다.

본 연구에서는 수집된 데이터에 대한 특성치를 도출하여 수선주기 및 수선율을 예측할 수 있는 공학적 해법에 대한 기초연구로서 생애주기계획의 일부항목에 대한 불확실성을 정량적으로 해석할 수 있는 기법을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 제시하는 기법은 학교시설의 정책적 수선주기 및 수선율 산정에 관한 것으로 수선주기 및 수선율

* (주)OUR MRO 기술이사, 공학박사
** 한남대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자 (jaesung@hnu.kr)
*** 아주대학교 건축공학과 교수, 공학박사
이 논문은 2010년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

을 범용화하여 사용할 경우에 유효하게 적용될 수 있다.

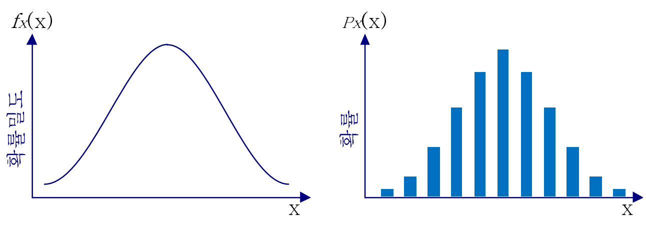
분포의 확률적 특성치 분석 시에는 교육청의 시설이력자료를 근거로 한 원시데이터를 기본으로 하여 수행하고 아울러 특성치에 관한 기본적인 분석 값을 제시하도록 한다. 그리고 데이터의 불확실성을 설명하기 위해 확률적 특성치을 적용하여 예측값(define forecasts)을 도출해 낸다. 또한 여러 종류의 시뮬레이션 소프트웨어 중 엑셀 스프레드시트에 애드인(add-in)이 가능한 크리스탈볼(crystall ball)를 사용하였다.

2. 확률분포와 특성치

확률분포는 현상이나 상태를 측도축(정량화 가능한 수치축, 무게, 길이, 금액 등)에 맞추고 이러한 현상이 일어날 가능성을 망라해서 기술하는 수학모델로서 여기에는 이산(離散)적으로 기술하는 경우와 연속(連續)적으로 기술하는 경우가 있다. 또한 측도축에 맞추어진 평균과 분산 등의 분포특성을 수치화하는 것이 가능한데 이것을 특성치라 부른다.

2.1 확률분포 (probability distribution)

불확실한 현상에 있어 예상되어진 결과를 어떠한 추치로 기술하려 하고자 할 때 이에 대한 추치를 확률변수 (random variable)라 부르고 확률변수의 정량적 기술로서 확률분포가 있다. 확률분포는 2가지 종류로 나눌 수 있는데 연속한 확률변수의 경우는 확률밀도함수(probability density function; PDF)라 부르고, 이산적인 확률변수의 경우는 확률함수(probability mass function; PMF)라 부른다. 다음 그림은 확률밀도함수와 확률함수를 비교한 것으로 확률밀도함수의 종축은 밀도로서 물리적으로는 의미가 없다. 반면 확률함수의 종축은 확률에 대한 의미를 지닌 정보이다(龜田弘行, 1977).



(a) 확률밀도함수 (b) 확률함수

그림 1. 확률밀도함수와 확률함수의 비교

이러한 함수의 누적을 구하여 확률분포의 성질을 완전히 기술하는 것이 가능하다. 식으로 표기하면 다음과 같다.

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f_x(\xi) d\xi$$

$$F(x) = \sum_{all\, x_i \le x} p_x(x_i)$$

FX(x) 는 누적분포함수(cumulative distribution function; CFD)라고 부르며 확률밀도함수와 확률함수의 구별없이 사용되어진다. 또한 누적분포함수는 비초과확률(非超過確率)이라고도 부른다. 이는 변수 x이상 범위의 확률이며 이하와 같다.

$$G_x(x) = \int_{x}^{\infty} f_x(\xi) d\xi$$

누적확률분포는 연속한 함수로 이의 도함수(導函數)로서 확률밀도함수가 존재하고, 이하와 같은 식으로 표현이 가능하다(龜田弘行, 1988).

$$\frac{dF_X(x)}{dx} = f_X(x)$$

$$\frac{dG_X(x)}{dx} = -f_X(x)$$

확률밀도함수로부터 임의의 범위에 확률을 구하기 위해서는 변수의 구간 (u, v에 넣을 확률)을 기준으로 이하와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$P(u < X \le v) = \int_{u}^{v} f_x(x) dx$$

또한, 확률함수로부터 임의의 확률을 구할 때 이하와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$P(u < X \le v) = \sum_{u < x_i \le v} P_x(x_i)$$

2.2 특성치(main descriptor)

확률분포를 기술하는 특성치로 평균치(mean value), 최빈치(mode), 중앙치(median), 분포(variance), 변동계수(coefficient of variation; COV), 외도(skewness coefficient) 등이 있다(東京大學敎養學部統計學敎室, 1994).

2.2.1 평균치

확률변수의 가중평균으로 기대치(expected value)라고도 부른다. 평균치는 확률밀도함수 등의 분포를 나타내는 도형의 중심거리에 대응하는 것으로 확률변수의 일차적률 혹은 일차모멘트라고도 부른다. 평균치 μ_x는 이하와 같다.

$$\mu_x = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f x(x) dx$$

$$\mu_x = E(X) = \sum_{x_i} x_i p_X(x_i)$$

2.2.2 중앙치

초과·비초과확률이 같은 확률변수치를 중앙치라고 부르며 이는 초과확률 또는 비초과확률이 0.5인 경우이다. 확률밀도함수가 대칭의 경우에는 중앙치가 평균치에 일치하고, 비대칭인 경우에는 중앙치와 평균치가 다르게 된다. 중앙치 x_m은 이하와 같이 된다.

$$x_m = F_X^{-1}(0.5)$$

여기서 F_X^{-1}은 F_X의 역함수 이다.

2.2.3 분산과 표준편차

고르지 못한 지표에 대해 아래의 식에 대한 값을 구하기 위한 것을 분산이라고 부르며 분산은 분포를 표시하는 도형의 중심축 주변의 관성모멘트에 대응하는 것으로 확률변수의 2차적률 혹은 이차모멘트라고 칭한다.

$$var(X) = E[(X - \mu_X)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 f_x(x) dx$$

$$var(X) = \sum_{x_i} (x_i - \mu_x)^2 p_X(x_i)$$

분포의 평방근을 표준편차(standard deviation)라고 부르며 아래와 같다.

$$\sigma_X = \sqrt{var(X)}$$

표준편차의 대상으로 있는 확률변수와 차원이 같고 데이터의 흩어진 정도를 보는 경우에는 분포보다 편리하다.

2.2.4 변동계수

평균치에 대한 상대적인 흩어짐, 혹은 변동성의 크기를 비교하기 쉬운 정보로서 표시하는 것이 변동계수이다. 변동계수δ_X는 표준편차σ_X를 평균치로 무차원한 것으로 아래와 같다.

$$\delta_X = \frac{\sigma_X}{\mu_X}$$

2.2.5 왜도

확률분포에 대한 비대칭성의 정도를 표시하는 무차원 지표로서 왜도가 있다. 왜도θ는 아래와 같다.

$$\theta = \frac{E[(X - \mu_X)^3}{\sigma_X^3} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_X)^3 f_x(x) dx}{\sigma_X^3}$$

$$\theta = \frac{\sum_{x_i} (x_i - \mu_x)^3 p_X(x_i)}{\sigma_X^3}$$

특성치로 임의의 확률분포를 완전히 기술하는 것은 어렵다. 다만 함수형을 규정하고 있는 확률분포(예를 들어 정규분포, 극치분포)에 대한 것은 한계가 없다.

2.2.6 적률

평균치 및 분포는 중심축 주변의 관성모멘트라는 것이 설명한다.

이것을 보다 일차원적으로 기술하면 확률변수 X의 k차 적률로 표현이 가능하고 아래와 같다.

$$E(X^k) = \int_{-\infty}^{\infty} x^k f(x) d_x$$

$$E(X^k) = \sum_{x_i} x_i^k p_X(x_i)$$

3. 특성치 분석과 확률분포의 적용예시

3.1 시설이력자료의 특성치 분석방법

3.1.1 분석절차

분포를 결정하기 위해서는 분포의 분석을 통해 얻어진 모델의 임의성 및 다양한 변수가 필요하다.

아래 그림은 가능한 선택사양을 통한 흐름이다. 단계별로 살펴보면 특성치를 분석하는데 있어 다양한 데이터를 사용하게 된다(日本材料學會, 1987).

사용되는 데이터는 과학적 경험치, 조사치, 컴퓨터데이터베이스, 문서, 심지어는 컴퓨터 시뮬레이션값 일 수 있다. 이 단계에서 다음과 같은 확인사항을 들 수 있다.

(1) 재현성이 있는 과거의 자료인가?

(2) 무작위적인 데이터샘플인가?

(3) 현재의 문제와 데이터의 관련성은?

(4) 다른 모델에 있어 매개변수의 독립여부?

후속 흐름으로 다변수일 경우 다변량 분포 상관 모델링을 실시하며 단변수일 경우 이산분포와 연속분포 중에 하나를 선택하여 분포적합도를 1~5순위까지 도출하여 선택분포의 적합성을 판정하게 된다.

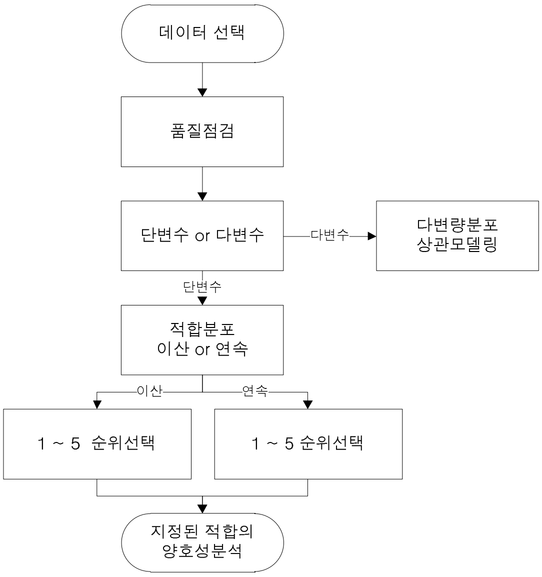


그림 2. 분포결정절차

3.1.2 데이터의 수집과 기본분석

데이터의 수집은 수선교체에 대한 재현성, 무작위성, 문제와의 관련성, 매개변수의 독립성을 가진 데이터를 활용하여 정책적인 참고자료로 활용할 경우를 가정하여 C 교육청의 시설관리자료 중 동일유형의 시설물에 가장 많은 수선발생 유형을 보였던 맑은 유리수선에 대한 데이터를 그 대상으로 하고 상기에서 획득되어진 지식을 기반으로 분석을 수행하였다.

표 1.데이터 기본현황 (N=114)

항 목	min	max	mean
수선주기 (년)	1	49	5.60
수 선 율 (%)	0.13	16.34	4.58

직관적으로 수선주기와 수선율은 상관성을 가진다고 판단하는 것이 일반적이나 아래 그림에서 나타내는 바와 같이 실제 데이터의 선형적인 해석치를 보면 상관성은 R^2=0.003으로 거의 없다고 판단된다. 개별적인 데이터의 통계적평균치를 사용하는 결정론적 방법의 잠재적인 리스크를 간접적으로 시사하고 있다.

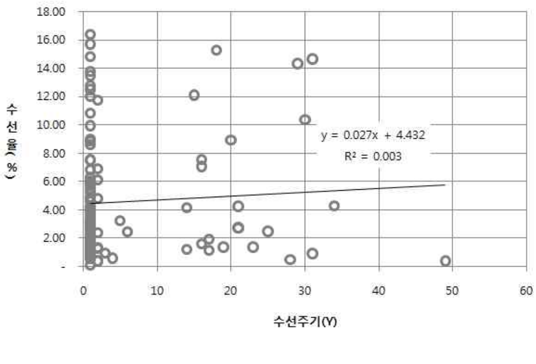


그림 3 .수선주기와 수선율 상관관계(예: 맑은유리)

3.2 특성치 분석결과

3.2.1 적합분포순위

(1) 수선주기

상기의 데이터를 근간으로 미래형 리스크 분석프로그램인 크리스탈볼(crystal ball)을 이용하여 카이스퀘어 테스트(chi-square test)를 실행한 결과 아래의 표와 같이 수선주기에 적합한 분포의 순위를 얻을 수 있었다. 도출된 매개변수는 각각의 분포별 난수발생에 사용될 함수식과 연관을 갖는다.

표 2. 수선주기 분포적합순위
(Ranked by: Chi-Square)

Rank	Distribution	Chi-Square	Parameters
1	Geometric	239.4435	Probability=0.1784
2	Neg Binomial	491.5996	Probability=0.35681 Shape=2
3	Poisson	773.2050	Rate=5.60526
4	Discrete Uniform	1009.2390	Minimum=1 Maximum=49
5	Binomial	1435.7617	Trials=16 Probability=0.35033

(2) 수선율

상기의 데이터를 근간으로 미래형 리스크 분석프로그램인 크리스탈볼(crystal ball)을 이용하여 앤더슨 달링 테스트 (anderson-darling test)을 실행한 결과 아래의 표와 같이 수선율에 적합한 분포의 순위를 얻을 수 있었다. 도출된 매개변수는 각각의 분포별 난수발생에 사용될 함수식과 연관을 갖는다.

표 3. 수선율 분포적합순위
(Ranked by: Anderson-Darling)

Rank	Distribution	Chi-Square	Parameters
1	Lognormal	10.4211	Mean=4.77738 Std. Dev.=5.72208 Location=0.10834
2	Gamma	11.6842	Location=0.12639 Scale=3.83392 Shape=1.09195
3	Weibull	8.9474	Rate=0.21815
4	Exponential	13.1579	Likeliest=2.82691 Scale=2.66809
5	Max Extreme	40.9474	Mean=3.89596 Scale=2.30969

3.2.2 최적분포의 분석

(1)수선주기

수선주기의 최적분포는 아래 그림과 같은 Geometric분포로 표현된다.

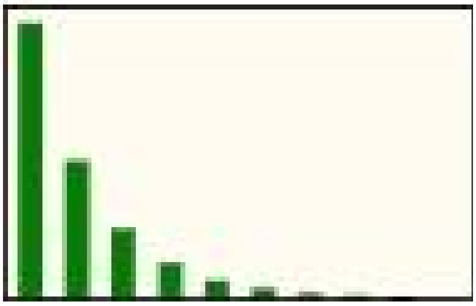


그림 4. 수선주기 최적분포형 (예: 맑은유리)

수선주기의 최적분포인 Geometric Distribution의 통계적 특성치는 아래표와 같으며 5.61년을 중심으로 5.08년의 변동성을 갖는 것으로 나타났다.

표 4. 수선주기 최적분포의 통계적 특성치

Statistics	Values
Mean	5.61
Median	4
Mode	0
Standars Deviation	5.08
Variance	25.81
Skewness	2.01
Kurtosis	9.04
Coeff. of Variability	0.9064
Minimum	1
Maximum	179
Range Width	178

(2) 수선율

수선율의 최적분포는 아래 그림과 같은 Lognormal 분포로 표현된다.

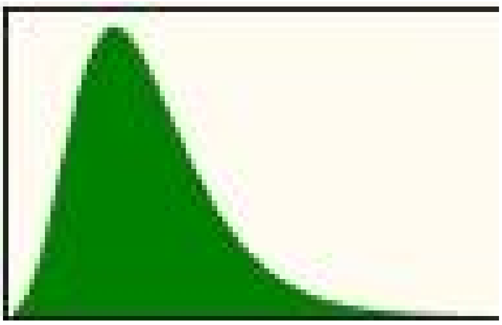


그림 5.수선율 최적분포형 (예: 맑은유리)

수선율의 최적분포인 Lognormal Distribution의 통계적 특성치는 아래표와 같으며 4.78%를 중심으로 5.72%의 변동성을 갖는 것으로 나타났다.

표 5. 수선율 최적분포의 통계적 특성치

Statistics	Values
Mean	4.78
Median	3.06
Mode	1.23
Standars Deviation	5.72
Variance	32.74
Skewness	5.12
Kurtosis	72.19
Coeff. of Variability	1.20
Minimum	-0.11
Maximum	Infinity
Range Width	-

3.3 전문가의 의견의 분석방법

3.3.1 분포의 선택

전문가의 의견을 근거로 하여 확률적 특성을 가정할 때 일반적으로 삼각형분포(triangular distribution)가 널리 이용되고 것을 감안하면 전문가 의견의 값은 최소값, 최빈값, 최대값 3개의 모수를 가진다. 시뮬레이션을 수행했을 때 대부분의 값이 최빈값 근처이고 최소값과 최대값에 가까울수록 확률이 적어지도록 난수를 발생하게 된다.

3.3.2 분포적용을 위한 방정식

삼각형분포는 세 개의 입력 모수들(parameters)에 의해 삼각형으로 구성되며 삼각형분포에 적용되는 방정식은 하기와 같다. 여기서 사용된 변수 a는 최소값, b는 최빈값 그리고 c는 최대값이다.

데이터의 배열식(fomat)은 아래와 같다.

Triangular(min, most_likely, max) or

Triangular(a, b, c)

확률밀도함수(probability density function)는 아래의 식(1) 및 식(2)와 같다.

$$\text{if } a \le x \le b \qquad f(x) = \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} \tag{1}$$

$$\text{if } b < x \le c \qquad f(x) = \frac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} \tag{2}$$

where a=min, b=most likely, c=max

누적분포함수(cumulative distribution function)는 하기의 식(3), 식(4), 식(5), 식(6)과 같다.

$$\text{if } x < a \qquad F(x) = 0 \tag{3}$$

$$\text{if } a \le x \le b \qquad F(x) = \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)} \tag{4}$$

$$\text{if } b < x \le c \qquad F(x) = 1 - \frac{(c-x)^2}{(c-a)(c-b)} \tag{5}$$

$$\text{if } c < x \qquad F(x) = 1 \tag{6}$$

모수제약(parameter restrictions)은 식(7)과 같다.

$$a \le b \le c \text{ , } a < c \tag{7}$$

변역(domain)은 식(8)과 같다.

$$a < x < c \tag{8}$$

기대치(mean)는 식(9)와 같다.

$$\frac{a+b+c}{3} \tag{9}$$

최빈치(mode)는 아래의 값을 취한다.

b

분산(variance)은 아래의 식(10)과 같다.

$$\frac{a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc}{18} \tag{10}$$

3.3.3 시뮬레이션 적용방법

삼각형분포는 개략적인 모델링 도구로서 이용되어지고 있으며 그 분포범위는(a에서 c)그리고 추측상의 b의 분포범위로 산정되어진다. 이는 기하학으로부터 통계적인 속성으로부터 얻어낸 것이다. 삼각형분포는 직관적인 모수의 정의와 사용속도에 있어 유연성을 제공한다.

삼각형분포에 있어 상세한 최소치와 최대치를 대신해서 아래의 그림과 같이 5%, 최빈치(likeliest) 그리고 95%를 이용할 수 있으며 다른 선택으로 10%, 최빈치, 90%를 허용할 수 있다.

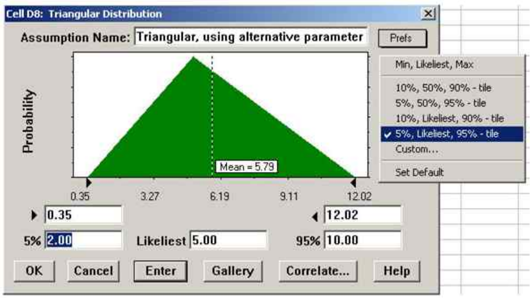


그림 6. 시뮬레이션을 위한 분포선택화면

4. 수선주기 및 수선율 시뮬레이션 적용예시

4.1 시뮬레이션 제약

상기 도출한 수선주기 및 수선율의 특성치를 근거로 수선주기의 최적분포인 Geometric Distribution과 수선율의 최적분포인 Lognormal Distribution의 확률분석을 실시하였다. 몬테카를로 시뮬레이션 수행에 따른 매개변수의 제약은 하기와 같다.

(1) 수선주기

Geometric(p)

확률은 반드시 0과 1사이에 존재한다.

(2) 수선율

Lognormal(μ,σ)

분포 매개변수들은 상세화 된 매개변수 형식으로 변환될 수 없다. 또한 평균은 반드시 3E+304보다 작거나 같다. 그리고 평균과 표준편차는 반드시 0보다 크다.

4.2 시뮬레이션 결과

확률분포상의 패턴을 명확히 인지하기 위해 기술적 권사항인 시뮬레이션의 반복회수 3,000회를 실시하여 도출된 결과이다.

(1) 수선주기

시뮬레이션을 통해 도출된 수선주기는 예측값의 Percentile 10, 90을 구간으로 설정하였으며 모델의 확실성이 91.80%인 경우 1년에서 13년 사이에 수선이 발생한다. 아래그림은 시뮬레이션 결과를 도시한 것이다.

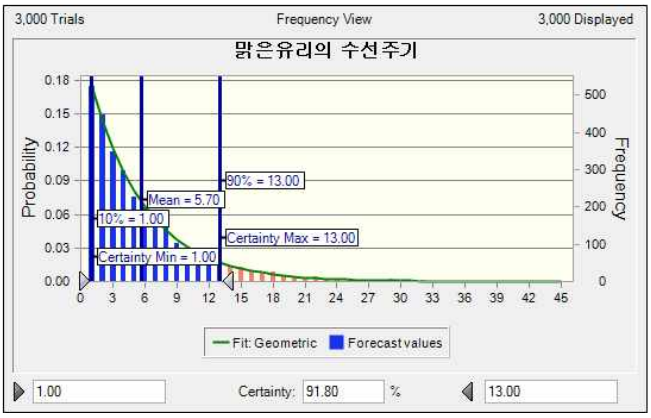


그림 7. 수선주기 시뮬레이션 결과 (예: 맑은유리)

(2) 수선율

시뮬레이션을 통해 도출된 수선율은 예측값의 Percentile 10, 90을 구간으로 설정하였으며 모델의 확실성이 90.64%인 경우 0.93%에서 9.85% 정도의 수선율이 발생한다. 아래그림은 시뮬레이션 결과를 도시한 것이다.

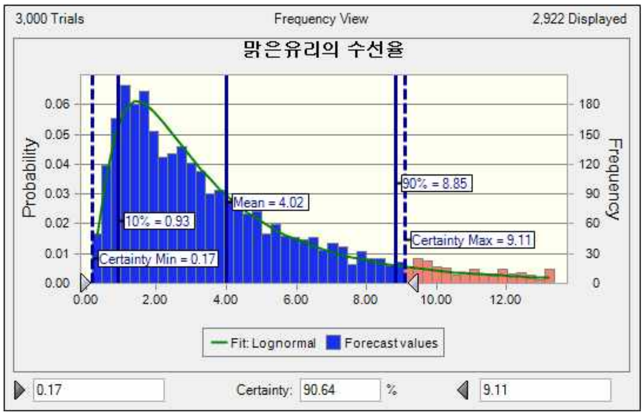


그림 8. 수선율 시뮬레이션 결과 (예: 맑은유리)

5. 수선주기 및 수선율에 대한 LCC분석

LCC분석을 위하여 충청남도교육청의 이력자료를(2002년~2006년) 크리스탈볼을 이용하여 액체방수의 수선주기 및 수선율을 도출하고 이를 근거로 LCC를 산출하였다.

이력자료에 대한 3,000회 반복의 입출력으로 얻어진 시뮬레이션 결과값을 이용하여 $-\sigma$, $+\sigma$의 구간을 신뢰성 구간으로 설정하고 도출된 수선주기 및 수선율을 주택법, 충남교육청, 대전시교육청의 기준과 비교하고 LCC분석을 통해 신뢰성을 평가하였다.

5.1 수선주기 및 수선율 분석

액체방수에 대한 수선주기와 수선율의 조사·분석한 결과는 표6과 같다.

표 6. 액체방수의 수선주기 및 수선율 비교

적용기준	주택법		충남교육청		대전시교육청		본연구			
항목							Min		Max	
	주기	수선율	주기	수선율	주기	수선율	주기	수선율	주기	수선율
	(년)	(%)	(년)	(%)	(년)	(%)	(년)	(%)	(년)	(%)
수치	5	18	3	6.48	6	12.6	4.16	3.29	8.11	9.65

5.2 LCC 분석결과

LCC분석결과는 표7 및 그림9와 같이 충청남도교육청의 LCC(현재가격 기준)는 32.39천원, 주택법 54.09천원, 대전시교육청 29.87천원, 본 연구 Min 12.35천원 Max 17.53천원으로 충남교육청 자체기준에 비해 주택법은 67.0% 높게 나타났으며, 대전시교육청 7.8%, 본 연구에서 제안한 신뢰성영역 Min의 경우 61.9%, Max의 경우 45.9% 정도 낮은 것으로 분석되었다.

표 7. 액체방수의 LCC

적용기준	주택법	충남 교육청	대전시 교육청	본연구	
				Min	Max
65년경상가격 (단위:천원)	308.20	166.67	151.93	66.86	104.25

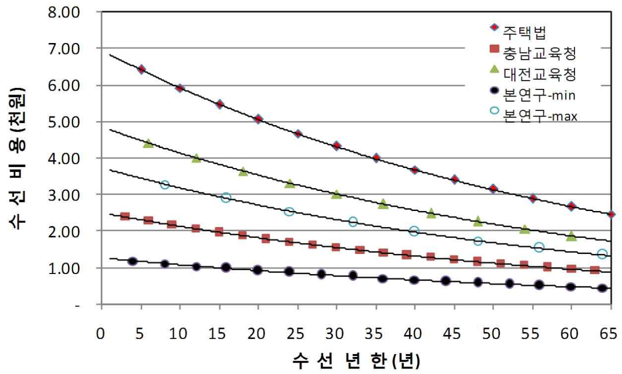


그림 9. 액체방수의 LCC

6. 활용방안

6.1 학교시설 설계업무의 적용

계획년수의 기간, 건축물을 유지하기 위해서는 건축물을 구성하는 부재 또는 시스템에 대해서도 그 기능을 계속해서 발휘할 수 있도록 기간을 설정할 필요가 있다. 그 기간을 부재 또는 시스템의 기대내용년수 라고 말한다(BELCA, 2005).

그 기대내용년수를 채우기 위해서는 유지보전에 있어서 불필요한 공사가 없도록 부재간의 독립화, 부재간의 기대내용년수를 효과적으로 조정할 필요가 있다.

기대내용년수가 짧은 부재 또는 시스템에 대해서는 상대적으로 수선의 빈도가 크기 때문에 시공이 용이하게 하는 설계가 필요하다.

기대내용년수는 건축물의 부재 또는 시스템의 성능저하와 함께 안전성의 저하, 수선비·운용비의추가, 교환부품의 부족, 수선불능, 등의 문제가 없도록 통상범위내의 Maintenance로 지장없이 그 기능을 발휘하면 기대할 수 있는 부재와 시스템의 내용년수인 것이다. 당연하지만 물리적 내용년수 이하의 년수가 된다. 내용년수에 대해서는, 건축물의 입지환경, 지역환경 등 지역성의 영향이 큰 부분에 대해서는 지역성을 고려한 내용년수를 채택해야만 한다.

주요구조물과 같이 갱신이 불가능한 부위에 대해서는 그 부재 또는 시스템의 기대내용년수를 계획년수 이상이 되도록 설정해야만 한다.그리고 계획년수의 기간 중에 갱신이 발생되었을 때는 예를 들어 계획년수가 40년일 경우 부재 또는 시스템의 기대내용년수를 20년으로 계획하여 부재 또는 시스템을 선택해 갱신 후 기대내용년수와

계획년수가 끝나는 시기를 일치가 되도록 설정할 필요가 있다.

또 기대내용년수가 짧은 부재나 시스템일수록 수선이 용이하도록 계획하는 것이 중요하다.

현재의 수선공사 대부분은 수선의 대상이 되는 부위의 공사비보다 불필요한 공사비가 많은 액수를 차지한다. 또한 불필요한 공사에 의해 건축물의 구체에 악영향을 미치는 등 건축물의 성능을 악화시키게 된다. 즉 설계시 계획내용년수에 적합한 생애주기설계를 지원하고 복수의 설계 대안중 수선주기와 수선율에 대한 분석도구로서 활용과 더불어 새로운 건축재료 및 시스템의 도입 시 수선주기 및 수선율 추정을 가능하게 한다.

6.2 확률적 변동범위에 대응한 예방보전체계 확립

(1) 예방보전의 효과

기존의 수선주기는 확정적으로 수선주기를 하나의 값으로만 지정하고 있어 비용투입에 대한 융통성확보와 기회손실비용방지가 불가능하였다.

도출된 신뢰구간을 기본으로 시설상태를 감안한 수선을 행할 경우 기회손실비용을 방지하여 수선비용절감이 가능하다.

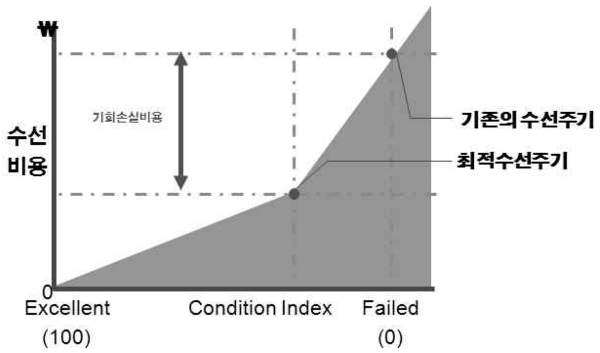


그림 10. 수선시기에 따른 기회손실비용 발생

7. 결 론

학교시설의 수선주기 및 수선율 예측에 대한 공학적 해법에 대한 기초연구로서 취해진 방법으로는 수집된 기존의 수선주기 및 수선율에 관한 원시데이터를 이용하였으며 이를 활용하여 데이터분포에 대한 특성치를 분석하고 확률적인 분석을 위한 적합분포를 본 논문에서 제시된 절차에 따라 도출하였다.

본 연구에서 제시하는 기법은 정책적 수선주기 및 수선율 산정하기 위해 학교시설의 수선주기 및 수선율을 범용화하여 사용할 경우에도 유효하게 적용될 수 있다. 또한 건축물의 생애주기계획이나 LCC분석 시 수선비용 항목에 대한 리스크 분석에도 활용가능하다.

향후의 연구로서는 학교시설의 비용발생상 변인을 추가한 다중분석이나 경제적인 수선과 교체에 대한 의사결정기법에 대한 연구를 들 수 있다.

참고문헌

1. 김종록 외, 건축물 수선교체주기 산정현황과 개선방안에 관한, 한국건축시공학회 논문집, (10)1, 2010
2. BELCA, 建物のライフサイクルと維持保全, BELCA, 2005
3. 龜田弘行, 確率·統計の基礎, 伊東學, 1977
4. 龜田弘行, 黑田勝彦, 確率·統計の應用, 伊東學, 1988
5. 東京大學敎養學部統計學敎室偏, 東京大學出販會, 1994
6. 日本材料學會偏, 實用信頼性工學, 養賢堂, 1987

<용어설명>

○기회손실비용(penalty cost)
시간의 가치를 고려하지 않아 적정시점 이후에 발생하는 초과발생 비용.

○결정론적방법(deterministic method)
예측한 그대로 동작하는 사고방식이다. 어떤 특정한 입력이 들어오면 언제나 똑같은 과정을 거쳐서 언제나 똑같은 결과를 내놓게 됨.

○민감도분석(sensevity analysis)
미래의 상황이 불확실한 상황이라면 이용되는 모든 변수가 확실한 상황임을 가정하고 분석하는 자본예산은 오류를 발생시킨다. 이러한 오류를 감소시키기 위하여 다른 조건이 일정한 경우에 어느 한 투입 요소가 변동할 때 그 투자안의 순현재가치가 어느 정도 변동하는가를 분석하는 것을 민감도분석이라고 함.

○몬테카를로 시뮬레이션(monte-carlo simulation)
몬테카를로 시뮬레이션이란 불확실한 상황하에서의 의사결정을 목적으로 확률적 시스템의 모의실험에 이용되는 절차를 말한다. 몬테카를로 시뮬레이션의 핵심은 모형의 확률요소들에 대한 실험인데 이는 확률적 또는 우연결과를 발생시켜 주는 도구를 이용하여 수행된다. 모의적 표본 추출법(simulated sampling technique)이라고도 한다.

○시계열분석(time series analysis)
통계숫자를 시간의 흐름에 따라 일정한 간격마다 기록한 통계계열을 시계열 데이터라고하며 연구목적에 따라 특정한 원인에 의거하여 나타나는 변동부분만을 분리하여 추출하거나 또는 소거(消去)하는 일이 필요하게 된다. 이와 같은 통계기술을 사용하는 연구를 시계열분석이라고 함.

○원시데이터(source data)
개인이나 조직에 의해 발생하거나 생성되는 데이터.

○애드인(add-in)
특정 응용 소프트웨어의 기능을 확장하기 위해 그것과 결합하여 사용하는 소프트웨어로 단독으로는 사용하지 못함.

○확률함수(probability function)
변수가 불연속적인 경우에 변수가 취할 수 있는 값의 확률 또는 연속적일 때는 확률밀도를 이 변수의 함수로 보고 이를 확률함수라고 함.