

공동주택의 유지관리 성능평가 동적 모델 개발

The Maintenance Performance Evaluation Dynamic Model for Apartment Buildings

김 태 희*

Kim, Tae-Hui

요 약

공동주택의 비중이 점차 확대되고, 고층화되는 추세에 따라 공동주택 유지관리의 중요성이 강조되고 있다. 이러한 필요성에 의해 최근 기존 건축물의 종합성능 평가모델이 개발되었으나, 업무의 분석이 미흡한 한계가 있다. 따라서 본 연구는 공동주택 유지관리 성능평가의 기반이 되는 유지관리 업무를 분석하여 성능평가 대상항목 도출을 목적으로 한다.

유지관리 성능평가 후보항목은 기존문헌과 업무체계를 분석하여 도출하였고, 학계 전문가 및 주택관리사를 대상으로 설문을 실시하여 성능평가의 용이성, 체계성을 보완하였다. 최종적으로 결정된 성능평가 대상항목은 운영적 유지관리 성능평가 항목 14개와 기술적 유지관리 성능평가 항목 15개 항목이다.

키워드: 공동주택, 유지관리, 성능평가, 동적 모델

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적¹⁾

근래에 들어 대량의 공동주택 특히 아파트의 공급이 증가하면서 공동주택의 비중이 높아지고 있으며, 과거 비중이 가장 높았던 단독주택은 최근 감소추세에 있다(건설교통부 2003). 이러한 추세로 볼 때 향후에도 공동주택의 비중은 더욱 증가할 것으로 예상된다. 그러나 공동주택 대량공급 및 사용 유지관리에 대비한 제반 기술 및 제도의 미비로 인해 많은 문제점이 노출되었고, 향후에는 사회적인 문제로까지 부각될 전망이다.

특히, 공동주택 유지관리 분야는 그 중요성에도 불구하고 도외시되어 관련 기술의 개발 및 연구가 미흡한 실정이고, 유지관리를 수행하는 업체 또한 영세성을 면치 못하고 있다. 이러한 현실에서 공동주택에 대한 적절한 유지관리를 기대하기 힘들고 공동주택의 소유자들은 극단적인 경우 조기 철거를 목적으로 유지관리를 도외시하는 현상마저 나타나고 있다.

따라서 효율적인 유지관리를 바탕으로 하는 공동주택의 적정 성능 유지와 성능향상을 위한 연구가 필요하고, 효율적인 유지관리를 통하여 건축물의 장수명화를 유도하기 위해서는 공동주택의 유지관리 성능에 대한 지속적이고 정확한 평가가 선행되어야 한다.

이러한 필요성에 의해 최근 공동주택의 유지관리의 중요성이 부각되면서 유지관리 및 성능평가와 관련된 연구가 다양하게 수행되었다. 대표적으로 한국시설안전기술공단에서 수행한 “기존 건축물의 종합성능 평가모델 개발” 연구(한국시설안전기술공단 외 2002)는 공동주택과 사무소 건물의 사용단계에서 각종 성능을 종합적으로 평가하는 모델을 제시하였다.

그러나 기존 건축물의 종합적인 성능평가의 일부로 유지관리 분야를 포함시켰고, 유지관리 분야 가운데 시설물의 성능유지 부분인 기술적 유지관리업무에 중요도를 크게 두고, 기술적 유지관리의 기반이 되는 운영적 유지관리 분야는 지나치게 축소되어 유지관리업무의 전반적인 평가에는 적절하지 않다. 또한 시간의 변화에 대한 성능의 변화를 고려하지 않는 정적모델(static model)로 개발되어 활용에 한계가 있다.

따라서 본 연구는 시간의 변화에 대처할 수 있는 유지관리 성능평가 동적 모델(dynamic model)을 개발하여 공동주택 유지관리 성능의 적절한 평가와 평가에 따른 적합한 대응방안의 제시를 목적으로 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 연구수행의 효율성 제고, 개발될 모델의 효율성 극대화 등을 고려하여 모델 개발의 범위를 다음과 같이 제한하였다.

모델 개발 및 적용대상 공동주택은 일반분양 공동주택 및 주

* 일반회원, 서울대 건축학과 전임강사, 공학박사

택법 시행령에서 규정하는 주택관리업자 등에 의한 의무관리대상 공동주택¹⁾이다.

모델 개발 측면에서 연구의 범위는 그림 1과 같이 운영적 관리 측면과 기술적 관리측면으로 구분하여 설정하였다. 운영적 관리측면은 생활관리, 인사 및 사무관리, 경영관리로 세분하였고, 기술적 관리측면은 시설물관리, 환경관리, 안전 및 방재관리로 세분하였다(김태희 외 2004).

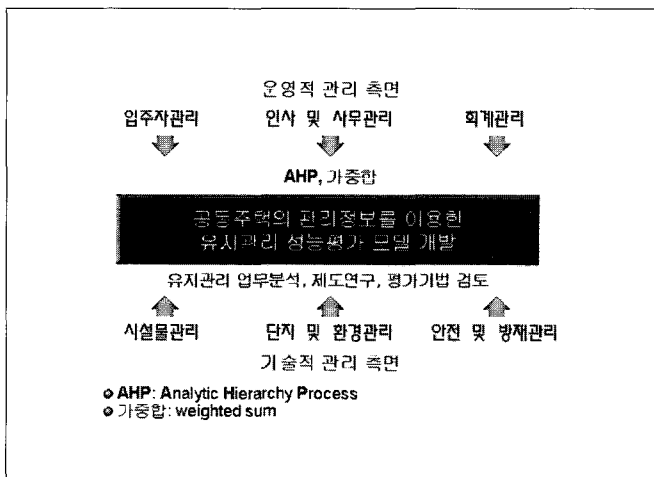


그림 1. 연구의 범위 및 절차

공동주택의 유지관리 성능평가 모델을 개발하기 위하여 본 연구에서는 연구방향 정립, 유지관리 성능평가 개념 정립, 성능평가 모델 개발 등 총 세 단계로 나누어 연구를 진행한다.

첫째, 연구방향 정립단계에서는 논문의 서론 및 예비적 고찰에 해당하는 부분으로 연구의 필요성, 연구의 범위, 국내외 기존 연구 분석을 통하여 공동주택의 유지관리 성능평가 모델 개발을 위한 연구 개념을 정립한다.

둘째, 공동주택의 유지관리 성능평가 모델 개념 정립단계에서는 기존 연구에서의 성능평가 실태를 조사하여 공동주택 유지관리 정보의 특성을 고려한 성능평가 방법론을 검토하고, 성능평가 모델의 개념을 정립한다.

셋째, 유지관리 성능평가 모델 개발단계에서는 공동주택 관리 업무를 운영적 측면과 기술적 유지관리 측면으로 나누어 각각 성능평가 모델을 개발하고, 이들을 종합적으로 평가할 수 있는 동적 모델을 개발한다.

성능평가 모델을 개발하는 과정에서 전문가를 대상으로 설문

을 실시하여 AHP기법을 이용하여 성능평가 항목의 가중치를 설정하였고, 수학적 통합모델은 가중합 방법을 활용하였다.

2. 예비적 고찰

2.1 국내외 연구동향

유지관리 성능평가와 관련된 국내 연구동향은 국가(공공)시설물의 안전관리 및 국민 시설물에 해당하는 공동주택을 중심으로 국가자원의 낭비를 억제하고, 합리적인 시설물 유지관리를 유도하기 위한 연구가 주류를 이루고 있다. 이러한 배경에는 과거에 발생했었던 공공시설물의 붕괴사건과 최근 발생하고 있는 일부 지역의 무분별한 재건축을 방지하기 위한 국가차원의 노력이 있다. 특히 기존 건축물의 종합성능 평가모델 개발 연구(한국시설안전기술공단 외 2002)는 건축물의 성능을 특수한 목적에 따라 분야별로 평가하던 기존의 방식을 한 단계 발전시켜 종합적으로 평가하도록 하여 건축물의 가치판단에 활용할 수 있도록 하였다. 그러나 유지관리 분야의 성능평가를 건축물의 종합성능 평가의 일부로 계획하고, 유지관리 계획과 이행 및 관리비를 대상으로 하여 유지관리 정보를 체계적으로 분류하고, 이를 종합적으로 평가하기에는 업무분석이 미흡한 실정이다.

국외의 연구동향은 유지관리 필요성이 큰 원자력발전소 시설물을 대상으로 하는 유지관리 성능평가 연구(S. Martorell et al. 1999)가 있고, 유지관리 시스템은 IAI의 IFCs를 기반으로 CIFM을 구현하였다(Kevin Yu et al. 2000, M.A. Hassanain et al. 2001). 그러나 국외의 연구도 주로 공공시설물의 성능평가에 집중되어 있고, 국내 공동주택의 특성과의 맞지 않아 그대로 적용하기에는 무리가 있다.

따라서 국내의 특성에 부합되고, 공동주택의 유지관리 성능을 체계적으로 평가할 수 있는 모델의 개발이 필요하다.

2.2 모델의 개념

모델이란 현실 실존물(현상)에 대한 표현 목적과 관련이 있고, 실존물의 주요 특성을 포함하는 대응물이다(김재연 1998). 현실 문제를 풀기 위하여 실존물을 실험대상으로 하면 실존물이 도시 차량의 흐름일 경우 교통혼란이 야기될 수 있다. 따라서 현실문제와 비슷한 모델을 만들어 실험을 실시하게 된다.

현실의 주요 특성을 반영하는 모델은 현실문제를 분석(analysis), 단순화(simplification), 추상화(abstraction)를 통하여 주요점을 추출하고 종합화(synthesis)하여 개발한다. 현실문제와 모델과의 관계를 도식하면 그림 2와 같다.

이러한 모델은 표현방법의 기준에 따라 표 1과 같이 다양하게 분류된다.

1) 주택법 시행령 제47조 제1항 “의무관리대상 공동주택의 적용범위”

① 300세대 이상의 공동주택

② 세대수가 150세대 이상으로서 승강기가 설치된 공동주택

③ 세대수가 150세대 이상으로서 중앙집중식 난방방식(지역난방방식을 포함한다)의 공동주택

하나의 모델은 모델을 분류하는 기준에 따라 다양하게 표현될 수 있다. 본 논문에서 제시하는 모델은 순차적으로 모델을 개발하고, 결과물로 등급 및 대응방안이 도출되기 때문에 절차적, 결과적 모델에 해당되고, 성능평가 인자가 정성 및 정량적 요인을 가지고 있어 정성적 및 정량적 모델에 해당되며, 수학적 통합모델을 활용하기 때문에 수리적 모델이고, 시간의존적 평가이기 때문에 동적모델이며, 동일한 시점의 평가결과를 이용하기 때문에 이산형 모델이고, 확률요소를 포함하기 때문에 확률 모델에 해당된다.

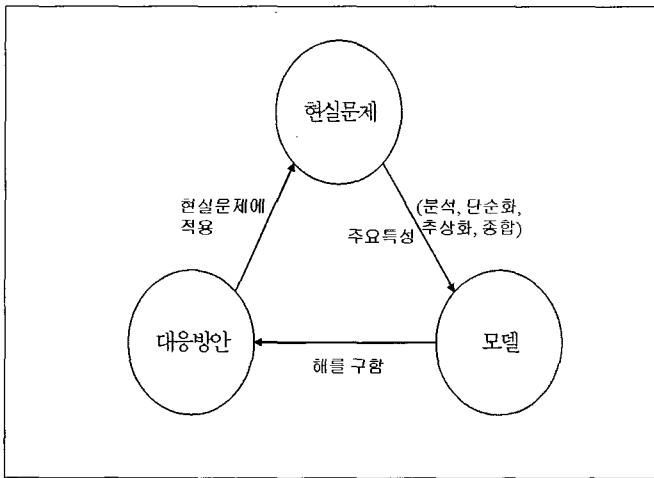


그림 2. 현실문제와 모델과의 관계

표 1. 모델의 분류

기준	모델의 종류	내용	
모델의 실체	물리적 모델	현실의 물체와 유사한 형태를 갖게 만든 것	
	수리적 모델	수식을 이용하여 현실문제를 표기	
모델의 상태와 시간과의 관계	정적 모델		
	동적 모델	이산형 모델	모델의 상태가 특정 시점에만 바뀌는 모델
		연속형 모델	모델의 상태가 시간에 대하여 연속적으로 바뀌는 모델
확률적 요소의 포함여부	확률 모델	모델이 확률적 요소를 포함	
	확정 모델	모델이 확률적 요소를 포함하지 않음	
결과물의 성격	절차적 모델	모델이 절차를 표현	
	결과적 모델	모델이 결과를 표현	
대상물의 성격	정성적 모델	정성적인 요인을 대상으로 표현	
	정량적 모델	정량적인 요인을 대상으로 표현	
후보해를 구하는 과정	순차적 모델	순차적인 방법으로 후보해를 구함	
	묘사적 모델	후보해를 펼쳐놓고 선정	

3. 성능평가 이론 및 업무분류

3.1 성능평가 이론

유지관리 성능평가에서 대상 항목의 우선순위를 결정하는 것

은 불가피하게 개입되는 사람의 주관적 평가기준과, 정보 및 자료의 부족, 그리고 각 항목에 대한 중요도의 불확실성 등을 고려해야 하는 대단히 복잡하고도 어려운 작업이다(김인호 1998).

이러한 불확실성과 관련하여 Lutz와 Chang(1990)은 건축물 성능의 체계적인 평가를 위한 광범위한 분석의 틀을 개발하였다. 이들은 기술평가(technical assessment), 수명주기비용분석(life cycle cost analysis) 및 리스크 평가(risk assessment)를 포함하는 건축물 성능의 종합적 효용(utility)을 측정하기 위해서 다속성 효용평가(multi-attribute utility assessment) 방법의 형태를 취하는 가중치법(weight scoring method)을 사용하였다. 그러나 Finch(1992)는 이들이 제시한 평가모델이 갖는 몇 가지 주요 결점을 비판하는데, 그 중 본 연구와 관련된 시간의존적 평가(time-dependent appraisal)는 의사결정자에게 변화하는 요구조건의 동적 특성(dynamic characteristics)을 평가 과정에 반영할 수 있어야 함을 주장하였다.

따라서 각 평가기준의 가중치 결정을 위해서 직접적 평가(direct rating)를 사용하는 다속성 모델의 정적 특성(static characteristics)은 성능평가 과정에서 극복되어야 할 중요한 제한사항이다.

이러한 정적 특성의 한계 외에 성능평가과정에서 고려되어야 할 또 하나의 중요문제는 평가기준의 복잡성이다. 평가기준은 계량적으로 측정될 수 있는 정량적 요소(quantitative factors)도 포함하지만 계량측정이 곤란한 정성적 요소(qualitative factors)도 포함한다. Sharif와 Sundarajan(1983)은 이러한 정량적 요소와 정성적 인자 모두를 함께 고려할 수 있는 평가모델의 설정방법을 다음 4가지로 구분하여 제시하였다(그림 3 참조).

이렇게 제시된 설정방법을 김인호(1998)는 (4)안이 각 대안에 대한 종합적 성능척도를 산출함으로써 의사결정자에게 성능평가에 대한 종합적 관점을 제공할 수 있어 적합한 것으로 평가하

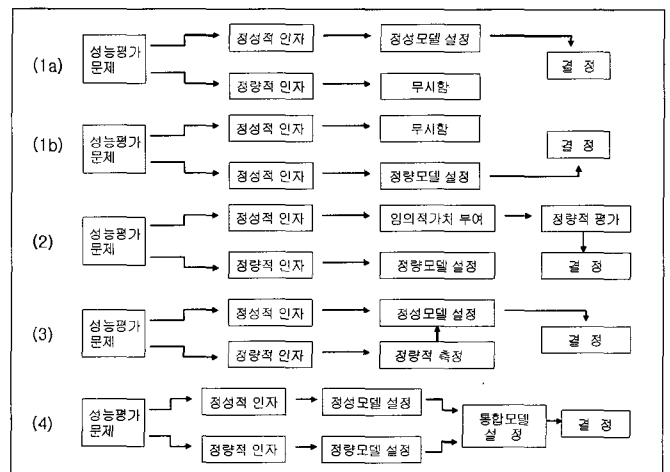


그림 3. 평가모델의 설정방법

였다.

위에서 검토한 성능평가와 관련된 이론들을 종합해 볼 때 본 연구에서는 다음과 같은 원칙을 만족하는 성능평가 모델을 구축해야한다.

- 1) 시간 의존적(동적) 평가
- 2) 성능평가의 체계성 및 용이성
- 3) 정성적·정량적 인자를 종합적인 관점에서 평가하는 통합 모델

3.2 유지관리 업무의 분류

공동주택 유지관리의 업무는 대체로 두 가지 종류의 전문지식을 필요로 하는 업무로 구성되어 있다. 하나는 운영적 지식을 필요로 하는 운영관리업무로서 생활관리·인사 및 사무관리·경영관리 등이 포함되며, 다른 하나는 기술적 지식을 필요로 하는 업무로서 시설물관리·환경관리·안전 및 방재관리 등이 이에

속한다(이원준 외 2002).

기존건축물 유지관리지침개발 연구(한국건설기술연구원 1993)에서는 협의의 유지관리와 광의의 유지관리로 구분하였다. 청소위생, 기능, 보안, 보전관리에 해당하는 작업관리는 협의의 유지관리로 정의하고, 수지, 계약, 실체관리는 광의의 유지관리로 구분하였다. 본 연구에서 분류한 운영적 유지관리는 광의의 유지관리, 협의의 유지관리는 기술적 유지관리와 유사하다.

본 연구에서 제시하는 성능평가 모델에 적용하기 위한 유지관리 업무는 표 2와 같이 운영적 유지관리 14개, 기술적 유지관리 15개 등 총 29개의 유지관리 업무로 분류하였다.(김태희 외 2004)

표 2. 유지관리 업무분류

대분류	중분류	소분류	항 목	
운영적 유지관리	생활관리	입주자 관리	1. 생활여건 점검 및 개선	
		하자관리	2. 하자 점검계획(점검 시기 및 방법) 수립 및 점검	
		관리홍보 및 대민봉사	3. 하자처리 및 하자관리대장 기록/관리	
	인사 및 사무관리	인사관리		4. 입주자 공동규범 등 공동의식 고양방안 수립
				5. 적정 자격을 갖춘 관리요원의 채용 및 배치
				6. 기술자의 정기교육
				7. 근로계약 체결 및 근로자명부 작성 관리
				8. 문서분류체계 구축
		사무관리		9. 문서대장, 문서, 각종일지 및 기록부 보존/관리
				10. 각종 보험의 가입 및 체결(산재, 국민건강, 국민연금, 고용보험, 화재보험)
	경영관리			11. 예산의 편성, 집행, 결산 및 근거자료
				12. 관리비 납부고지서 발부 및 징수
				13. 법 기준에 의한 장기수선충당금 징수
				14. 구매/공사/제조/용역 등의 계약관리 및 업체관리
기술적 유지관리	시설물관리		15. 일상/정기/특별 점검 및 기록관리	
			16. 장기수선계획의 수립, 기준준수 및 갱신	
			17. 일상적인 수선 및 기록관리	
			18. 장기수선계획에 의한 계획수선 및 기록관리	
			19. 시설물관리대장 등 시설물 실적관리	
			20. 준공도면의 비치	
			21. 조경관리 계획수립, 시행 및 기록관리	
	환경관리			22. 청소·위생 관리 계획수립, 시행 및 기록관리
				23. 수질검사, 급수탱크 청소, 도장 계획수립, 시행 및 기록관리
				24. 정화조 청소·소독 계획수립, 시행 및 기록관리
				25. 안전점검 계획수립, 점검 및 기록관리
	안전 및 방재 관리	안전관리		26. 정밀안전진단 계획수립, 진단 및 기록관리
				27. 비상연락망 및 유관기관과의 협조체계 구축
		방재 및 보안관리		28. 소방점검 계획수립, 점검 및 기록관리
				29. 방범 점검 및 일지 작성/관리

4. 성능평가 모델

4.1 성능평가 시나리오

본 연구에서 제시하는 유지관리 성능평가 모델은 성능평가 모델이 갖추어야 할 원칙을 고려하여 다음과 같은 시나리오로 개발한다(그림 4 참조).

첫째, 성능평가 항목은 성능평가의 용이성, 체계성을 확보하기 위해서 선행연구에서 제시한 29개 대표항목을 활용한다.

둘째, 정성적·정량적 인지를 포함하는 성능평가 항목의 가중치 결정을 위해서는 Saaty(1977)(1988)가 개발한 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법을 사용한다. 또한 평가 항목은 한 가지 이상의 체계를 가지고 있고 때문에 계층구조(a hierarchical structure)를 구성한다.

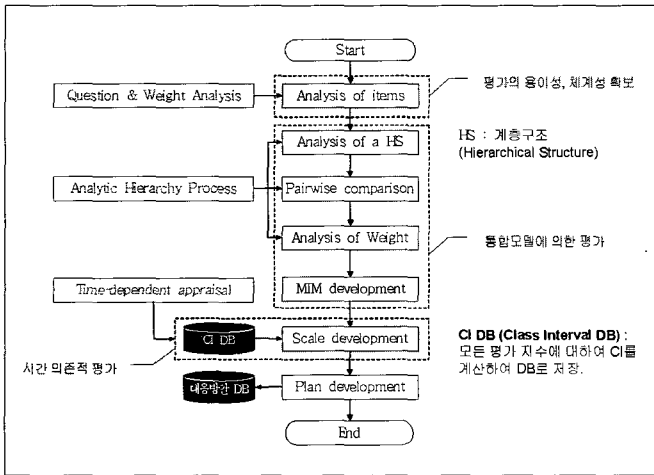


그림 4. 성능평가 시나리오

셋째, 각각의 평가항목을 종합하여 판단할 수 있는 수학적 통합모델(mathematical integration model)을 개발한다. 이 모델을 이용하여 공동주택의 유지관리 성능을 판단할 수 있다.

넷째, 도출된 성능지수를 판단할 수 있는 척도를 개발한다. 척도는 다수 공동주택의 성능평가를 실시한 후 발생하는 도수분포의 계급구간을 이용하여 산정한다. 또한 각 계급구간에 해당하는 대안을 제시하고, 척도의 동적 특성을 확보하기 위해 평가된 모든 지수값을 CI DB(Class Interval DB)에 실적자료로 입력하여 계급구간을 재산정할 수 있도록 한다.

시간 의존적 평가모델은 그림 5와 같이 기준성능, 누적분포함수(cumulative density function), 상대성능으로 구성된다. 기준성능은 기존의 성능평가 연구에서 제시하는 척도와 같은 방법으로 세부항목별 평가기준에 가중치를 적용하고, 이를 종합하여 점수에 따른 등급을 산정한다. 이후에는 누적분포함수의 계급구간에 따른 상대성능을 산정하여 기준성능을 포함하는 최종 유지

관리 성능을 도출한다. 예를 들어 기준성능이 B등급이고, 상대성능이 M(middle)등급일 경우 유지관리 종합성능은 B-M등급으로 표현한다.

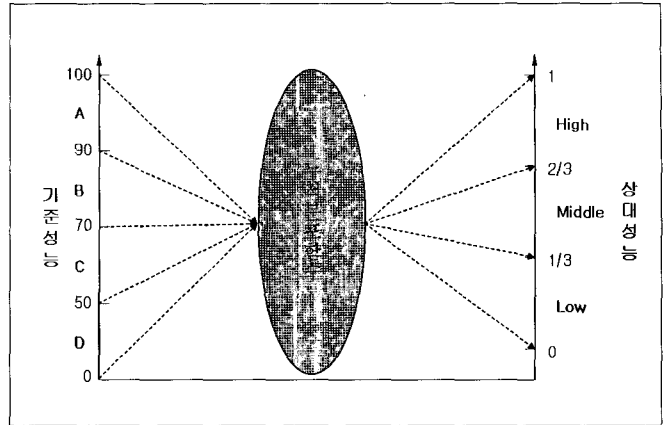


그림 5. 동적 모델의 성능 등급

4.2 계층구조 및 가중치 분석

성능평가 항목의 개별비교를 위한 계층구조는 그림 6과 같이 총 4단계로 구성된다.

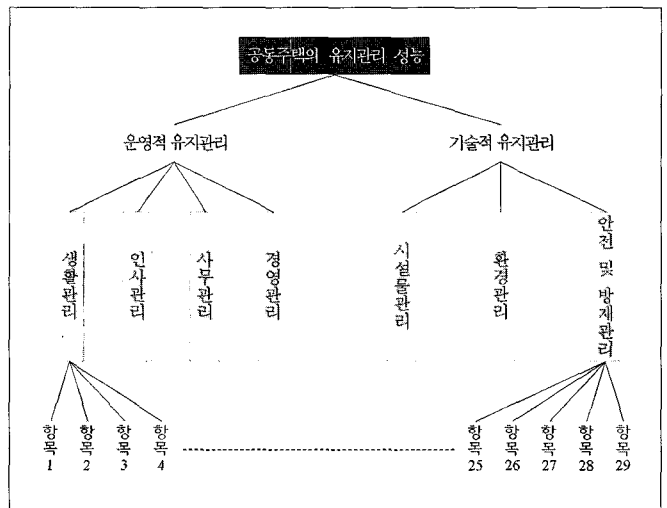


그림 6. 공동주택의 유지관리 성능평가 계층구조

공동주택의 유지관리 성능평가 항목의 가중치 설정을 위해 계층구조에 의한 AHP기법을 적용할 수 있도록 전문가 8인을 대상으로 개별비교를 실시하였고, 가중치 산정을 위해서는 전문가들의 의견을 통합해야 한다. 본 연구에서는 평가자가 작성한 개별비교행렬의 각 원소에 대하여 전체 평가자의 평가치들을 기하평균하여 통합하고, 이를 원소로 하는 단일 개별비교행렬을 구성하는 방법을 사용하였다. 기하평균을 사용하는 이유는 행렬의 역수성을 유지시키는 유일한 방법이 기하평균법이기 때문이며,

이는 Aczel & Saaty(1983)의 연구에서 증명되었다.

가중치 통합과정에서 평가자의 개별비교행렬의 일관성(consistency)을 검증하여 통합에 반영여부를 결정하게 된다. 일관성 측정은 일관성지수(CI: Consistency Index)를 산정하고, 무작위 지수(RI: Random Index)²⁾의 비율인 일관성 비율(CR: Consistency Ratio(검정통계량))을 산출하여 측정한다. CI는 다음 식 (1)과 같이 산출할 수 있고, RI는 표 3과 같고, CR은 식 (2)와 같이 산출한다(Saaty T. L. 1995).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{식(1)}$$

λ_{max} : 개별비교행렬에서의 최대 고유치

n : 완전한 일관성을 갖는 ($n \times n$)행렬의 최대 고유치(비교 항목 수)

표 3. 난수지수(RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{식(2)}$$

여기서, CR값이 0.1미만이면 응답자가 일관성을 유지하고 있음을 나타낸다³⁾. CR값이 0의 값을 갖는다는 것은 응답자가 완전한 일관성을 유지하며 개별비교를 수행하였음을 의미한다. 반면에, CR값이 0.1이상이면 일관성이 부족한 것으로 재검토가 필요함을 의미한다. 본 연구에서는 일관성이 부족한 자료 즉, 일관성이 0.1이상인 자료는 배제하고 가중치를 통합하였다.

계층구조에 따른 대분류, 중분류, 평가항목의 가중치 산정과 정과 결과는 다음과 같다.

(1) 대분류 항목

계층구조의 최상위 목표인 공동주택 유지관리 성능은 그림 6과 같이 대분류 항목으로 운영적 유지관리와 기술적 유지관리로 구분된다. 총 8명의 전문가로부터 조사된 AHP 설문지의 판단자료를 EC2000을 이용하여 분석하였고, 그 결과는 표 4와 같다.

2) AHP에서는 일관성을 검증하기 위해서 평균 무작위지수 또는 난수지수라는 것을 사용하는데 AHP에서는 일관성을 검증하기 위해서 평균 무작위지수 또는 난수지수라는 것을 사용하는데 Saaty(1980)가 제시하는 RI값은 9점 척도를 이용하여 표본크기를 100으로 하여 무작위로 만들어낸 역수행렬(reciprocal matrix)의 일관성지수값의 평균값으로 역수행렬의 차원 1에서 15까지의 값을 제시하였다.

3) AHP에서 일관성 비율의 임계치를 10%로 사용하고 있는데, Vargas(1982)는 이에 대한 타당성을 증명하였다.

여기서 일관성 비율이 0 즉, 완전한 일관성이 있는 것으로 분석된 것은 2개의 항목을 비교하였기 때문이고, 모든 자료를 활용하여 가중치 산정을 위한 통합과정에 활용될 수 있다. 그러나 전문가 8의 경우 다른 자료와의 편차가 현저히 크므로 가중치 산정을 위한 통합과정에서 삭제하였다.

표 4. 공동주택 유지관리 성능의 전문가 판단 결과

구분	일관성 비율(CR)	가중치		비고
		운영적 유지관리	기술적 유지관리	
전문가1	0.00	0.125	0.875	
전문가2	0.00	0.143	0.857	
전문가3	0.00	0.250	0.750	
전문가4	0.00	0.111	0.889	
전문가5	0.00	0.200	0.800	
전문가6	0.00	0.167	0.833	
전문가7	0.00	0.500	0.500	
전문가8	0.00	0.875	0.125	삭제

일관성비율의 측정에 의해 선정된 자료의 통합은 위에서 설명한 바와 같이 각 전문가의 판단자료를 기하평균으로 통합한다. 각 전문가의 판단자료를 통합하여 만든 개별비교행렬의 통합값은 표 5와 같고, 여기서 산출된 각 항목별 가중치는 운영적 유지관리가 0.195이고, 기술적 유지관리가 0.805로 산출되었다. 통합된 기하평균값을 EC2000을 이용하여 가중치를 산정하는 과정은 그림 7과 같다.

표 5. 각 전문가 개별비교행렬의 기하평균 및 가중치(공동주택 유지관리 성능)

구분	운영적 유지관리	기술적 유지관리	가중치
운영적 유지관리	1	1/4.120	0.195
기술적 유지관리	-	1	0.805

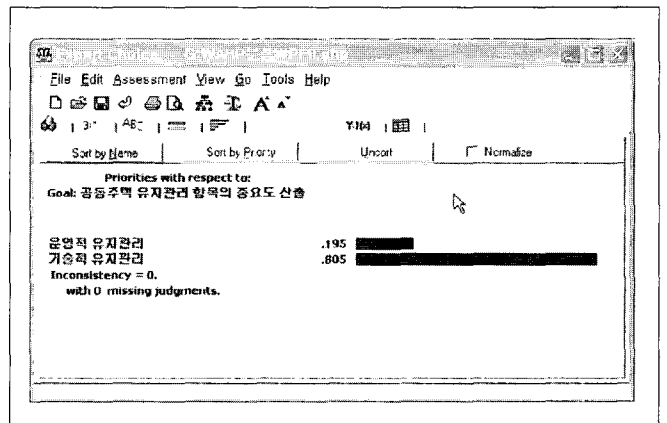


그림 7. 공동주택 유지관리 성능의 가중치 산정 결과

(2) 중분류 항목

중분류 항목은 운영적 유지관리와 기술적 유지관리로 구분되고, 그 내용은 다음과 같다.

① 운영적 유지관리

운영적 유지관리 항목의 계층구조는 생활관리, 인사관리, 사무관리 및 경영관리 등 총 4개의 중분류 항목으로 구분된다.

각 전문가들의 운영적 유지관리 항목의 분석결과는 표 6과 같고, 여기서 일관성비율인 CR값이 0.1이상인 전문가4와 전문가6은 삭제하였다.

일관성비율의 측정에 의해 선정된 자료를 통합하여 만든 개별 비교행렬의 통합값은 표 7과 같고, 여기서 산출된 각 항목별 가중치는 생활관리가 0.381이고, 인사관리가 0.215이고, 사무관리가 0.137이고, 경영관리가 0.267로 산출되었다.

② 기술적 유지관리

기술적 유지관리 항목의 계층구조는 시설물관리, 환경관리, 안전 및 방재관리 등 총 3개의 중분류 항목으로 구분된다.

표 6. 운영적 유지관리 항목의 전문가 판단 결과

구 분	일관성 비율(CR)	가중치				비고
		생활관리	인사관리	사무관리	경영관리	
전문가1	0.03	0.380	0.140	0.067	0.414	
전문가2	0.06	0.066	0.184	0.130	0.620	
전문가3	0.06	0.265	0.566	0.123	0.046	
전문가4	0.30	0.036	0.611	0.098	0.255	삭제
전문가5	0.01	0.486	0.080	0.207	0.227	
전문가6	0.51	0.277	0.335	0.101	0.287	삭제
전문가7	0.01	0.385	0.143	0.087	0.385	
전문가8	0.02	0.662	0.155	0.091	0.091	

표 7. 각 전문가 개별비교행렬의 기하평균 및 가중치(운영적 유지관리)

구 분	생활관리	인사관리	사무관리	경영관리	가중치
생활관리	1	1.763	2.667	1.513	0.381
인사관리	-	1	1.849	1/1.497	0.215
사무관리	-	-	1	1/1.710	0.137
경영관리	-	-	-	1	0.267

각 전문가들의 기술적 유지관리 항목의 분석결과는 표 8과 같고, 여기서 일관성비율인 CR값이 0.1이상인 전문가2와 전문가8은 삭제하였다.

일관성비율의 측정에 의해 선정된 자료를 통합하여 만든 개별 비교행렬의 통합값은 표 9와 같고, 여기서 산출된 각 항목별 가중치는 시설물관리가 0.561이고, 환경관리가 0.131이고, 안전 및 방재관리가 0.308로 산출되었다.

표 8. 기술적 유지관리 항목의 전문가 판단 결과

구 분	일관성 비율(CR)	가중치			비고
		시설물관리	환경관리	안전 및 방재관리	
전문가1	0.01	0.669	0.088	0.243	
전문가2	0.13	0.202	0.097	0.701	삭제
전문가3	0.03	0.659	0.079	0.263	
전문가4	0.01	0.487	0.078	0.435	
전문가5	0.05	0.547	0.109	0.345	
전문가6	0.00	0.333	0.333	0.333	
전문가7	0.00	0.600	0.200	0.200	
전문가8	0.25	0.773	0.160	0.067	삭제

(3) 성능평가 세부항목

성능평가 세부항목의 가중치를 산정하는 과정도 위의 대분류, 중분류 항목의 가중치를 산정하는 과정과 동일하게 진행되고, 산출된 가중치는 표 10과 같다.

표 9. 각 전문가 개별비교행렬의 기하평균 및 가중치(기술적 유지관리)

구 분	시설물관리	환경관리	안전 및 방재관리	가중치
시설물관리	1	4.003	1.944	0.561
환경관리	-	1	1/2.493	0.131
안전 및 방재관리	-	-	1	0.308

표 10. 세부 항목의 가중치

중분류	항 목	가중치
생활관리	1. 생활여건 점검 및 개선	0.203
	2. 하자 점검계획(점검 시기 및 방법) 수립 및 점검	0.407
	3. 하자처리 및 하자관리대장 기록/관리	0.324
	4. 입주자 공동규범 등 공동의식 고양방안 수립	0.067
인사관리	5. 적정 자격을 갖춘 관리요원의 채용 및 배치	0.400
	6. 기술자의 정기교육	0.463
	7. 근로계약 체결 및 근로자명부 작성 관리	0.138
사무관리	8. 문서분류체계 구축	0.409
	9. 문서대장, 문서, 각종일지 및 기록부 보존/관리	0.298
	10. 각종 보험의 가입 및 체결	0.293
경영관리	11. 예산의 편성, 집행, 결산 및 근거자료	0.339
	12. 관리비 납부고지서 발부 및 징수	0.125
	13. 법 기준에 의한 장기수선충당금 징수	0.198
	14. 구매/공사/제조/용역 등의 계약관리 및 업체관리	0.339
시설물관리	15. 일상/정기/특별 점검 및 기록관리	0.227
	16. 장기수선계획의 수립, 기준준수 및 갱신	0.285
	17. 일상적인 수선 및 기록관리	0.103
	18. 장기수선계획에 의한 계획수선 및 기록관리	0.160
	19. 시설물관리대장 등 시설물 실적관리	0.098
	20. 준공도면의 비치	0.127
환경관리	21. 조경관리 계획수립, 시행 및 기록관리	0.193
	22. 청소·위생 관리 계획수립, 시행 및 기록관리	0.252
	23. 수질검사, 급수탱크 청소, 도장 계획수립, 시행 및 기록관리	0.339
	24. 정확조 청소·소독 계획수립, 시행 및 기록관리	0.216

표 10. 세부 항목의 가중치(계속)

중분류	항 목	가중치
안전 및 방재관리	25. 안전점검 계획수립, 점검 및 기록관리	0.283
	26. 정밀안전진단 계획수립, 진단 및 기록관리	0.282
	27. 비상연락망 및 유관기관과의 협조체계 구축	0.081
	28. 소방점검 계획수립, 점검 및 기록관리	0.232
	29. 방법 점검 및 일지 작성/관리	0.122

4.3 성능평가 모델 및 등급

본 절에서는 4.2절에서 산정된 각 항목별 가중치를 이용하여 수학적 통합모델을 구축하고, 구축된 수학적 모델을 이용하여 동적 모델을 구축하고, 개개의 공동주택에 본 모델을 적용하여 설정 되는 등급에 대하여 고찰한다.

4.3.1 수학적 통합모델

공동주택의 유지관리 성능평가 계층구조에 따른 위계와 각 항목에 대한 가중치를 조합하여 당해 공동주택의 유지관리 복합성능지수⁴⁾를 산출하기 위해 수학적 통합모델을 설정하였다. 성능 지수 산출을 위해 사용되는 모델은 단순선형부가모델로서, 각각의 평가항목에 대한 성능은 가중치에 따라 평가되고, 종합적인 유지관리 성능은 각각의 항목에 대한 성능이 합산되어 평가된다.

계층구조의 최상위에 해당하는 공동주택의 유지관리 성능(MP)는 다음 식(3)과 같이 운영적, 기술적 유지관리 분야의 계산된 성능과 각 분야의 가중치 곱의 합계로 계산된다.

$$MP = F_a(x) W_a + F_t(x) W_t \tag{3}$$

- MP : 공동주택의 유지관리 성능
- $F_a(x)$: 운영적 유지관리 분야의 성능
- W_a : 운영적 유지관리 분야의 가중치
- $F_t(x)$: 기술적 유지관리 분야의 성능
- W_t : 기술적 유지관리 분야의 가중치

식(3)에 4.2절에서 계산된 가중치를 적용한 실질적인 공동주택 유지관리 성능은 다음 식 (4)와 같이 계산된다.

$$MP = 0.195F_a(x) + 0.805F_t(x) \tag{4}$$

여기서, 운영적 유지관리 분야의 성능 $F_a(x)$ 는 다음 식(5)와 같이 생활관리, 인사 관리, 사무관리 및 경영관리 부문의 계산된

성능과 각 분야의 가중치 곱의 합계로 계산된다.

$$F_a(x) = f_l(x) W_l + f_p(x) W_p + f_o(x) W_o + f_m(x) W_m \tag{5}$$

- $f_l(x)$: 생활관리 부문의 성능
- W_l : 생활관리 부문의 가중치
- $f_p(x)$: 인사관리 부문의 성능
- W_p : 인사관리 부문의 가중치
- $f_o(x)$: 사무관리 부문의 성능
- W_o : 사무관리 부문의 가중치
- $f_m(x)$: 경영관리 부문의 성능
- W_m : 경영관리 부문의 가중치

식(5)에 4.2절에서 계산된 가중치를 적용한 운영적 유지관리 성능은 다음 식(6)과 같이 계산된다.

$$F_a(x) = 0.381f_l(x) + 0.215f_p(x) + 0.137f_o(x) + 0.267f_m(x) \tag{6}$$

여기서, 운영적 유지관리 각 분야의 성능 $f_l(x)$, $f_p(x)$, $f_o(x)$, $f_m(x)$ 는 다음 식 (7~10)과 같이 계산된다.

$$f_l(x) = \sum_{i=1}^4 x_i w_i \tag{7}$$

$$f_p(x) = \sum_{i=5}^7 x_i w_i \tag{8}$$

$$f_o(x) = \sum_{i=8}^{10} x_i w_i \tag{9}$$

$$f_m(x) = \sum_{i=11}^{14} x_i w_i \tag{10}$$

- x_i : i번째 평가항목의 평가결과
- w_i : i번째 평가항목의 가중치

따라서, 식(7~10)을 4.2절에서 계산된 각 평가항목의 가중치⁵⁾를 적용하고, 이를 식(6)에 적용한 운영적 유지관리 성능 $F_a(x)$ 는 다음 식(11)과 같이 계산된다.

$$F_a(x) = 0.381 \sum_{i=1}^4 x_i w_i + 0.215 \sum_{i=5}^7 x_i w_i + 0.137 \sum_{i=8}^{10} x_i w_i + 0.267 \sum_{i=11}^{14} x_i w_i \tag{11}$$

5) 여기서, w1~14는 표 52에서 계산된 1~14번 항목의 가중치로서 w1=0.203, w2=0.407, w3=0.324, w4=0.067, w5=0.400, w6=0.463, w7=0.138, w8=0.409, w9=0.298, w10=0.293, w11=0.339, w12=0.125, w13=0.198, w14=0.339이다.

4) 수학적 통합모델에서 적용하는 공동주택 유지관리 성능은 기준성능을 의미한다.

기술적 유지관리 성능 $F_t(x)$ 는 운영적 유지관리 성과와 방법으로 구현하고, 그 결과는 식(12)와 같다⁶⁾.

$$F_t(x) = 0.561 \sum_{i=15}^{20} x_i w_i + 0.131 \sum_{i=21}^{24} x_i w_i + 0.308 \sum_{i=25}^{29} x_i w_i \quad \text{식(12)}$$

4.3.2 동적모델 및 등급

수학적 통합모델에 의해 각 공동주택의 유지관리 성능점수가 계산되면 동적 모델에 의한 등급을 그림 8과 같이 설정한다.

는 성능평가는 당해 공동주택의 유지관리 양부 및 다른 공동주택과의 상대비교에 의해 기존의 평가와 다르게 평가되게 된다.

상대성능을 산정하기 위한 계급구간은 일반적으로 구분할 수 있는 상(high), 중(middle), 하(low)로 구분하여 H, M, L로 표현하였고, 각각의 계급폭은 $R_x/3$ 로 하였다.

위 과정에서 도출된 상대성능은 가중치에 의한 기준성능과 함께 4.1절에서 설명한 바와 같이 표현된다. B등급의 기준성능과 상대성능에 의한 점수, 상대성능, 평가 및 대응방안의 예는 표 11과 같다.

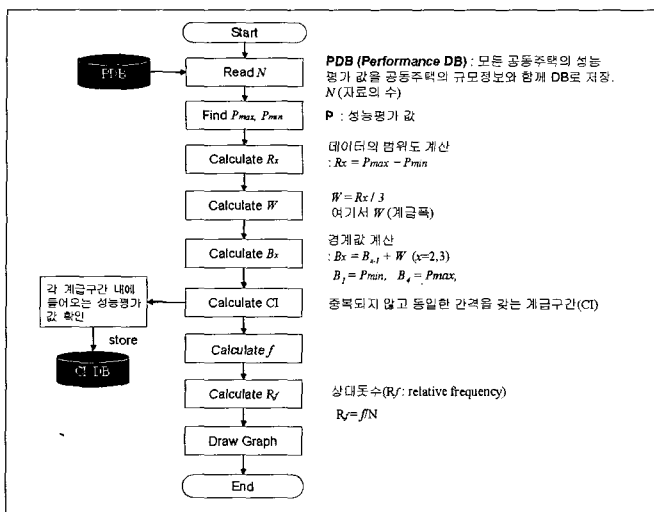


그림 8. 성능평가 동적 모델

성능평가 동적 모델은 모든 공동주택의 성능평가 값을 공동주택의 규모정보와 함께 DB로 저장한 PDB(Performance DB)를 조회하는 것으로 시작한다. PDB의 성능평가 최소값(Pmin)과 최대값(Pmax)을 찾아 자료의 범위(R_x)를 구한다. 산정된 자료의 범위와 계급의 수⁷⁾를 이용하여 계급폭(class width)을 구한다. 계급폭이 산정되면 각 계급의 경계가 되는 경계값을 구한다. 이러한 과정을 통하여 계급구간(CI: Class Interval)이 설정되면 이를 이용하여 도수분포표 및 그래프를 도시하고 계급구간에 해당하는 대응방안을 제시하고 성능평가를 마치게 된다.

본 모델을 이용하여 성능평가를 동적으로 하기 위해서는 PDB에 대상 공동주택들의 평가값이 수학적 통합모델에 의해 산정되어 저장되어야 하고, 새로운 성능평가 값이 PDB에 저장되면 일련의 과정을 반복하게 된다. 새롭게 구축된 PDB에 의해 수행하

표 11. B등급 기준성능과 상대성능에 의한 평가 및 대응방안의 예

기준성능 등급	상대 점수	상대 성능	평가	대응방안
B	70 이상 ~ 90 미만	High	-현행 법규 및 기준과 동일한 상태 -법규 및 일반적인 기준을 만족하지만 형식적인 유지관리가 일부 존재하는 보통 수준의 유지관리 상태 -유지관리 수준이 다른 공동주택에 비해 상위에 포함되는 안정된 상태	-부분적인 유지관리 체계의 조정과 개선 필요
		Middle	-현행 법규 및 기준과 동일한 상태 -법규 및 일반적인 기준을 만족하지만 형식적인 유지관리가 일부 존재하는 보통 수준의 유지관리 상태 -유지관리 수준이 다른 공동주택에 비해 중하위에 포함되어 부분적인 수준향상이 필요한 상태	-부분적인 유지관리 체계의 조정과 개선 필요
		Low	-현행 법규 및 기준과 동일한 상태 -법규 및 일반적인 기준을 만족하지만 형식적인 유지관리가 일부 존재하는 보통 수준의 유지관리 상태 -유지관리 수준이 다른 공동주택에 비해 하위에 포함되어 전면적인 수준향상이 필요한 상태	-부분적인 유지관리 체계의 조정과 개선 필요 -법규나 유지관리 기준 상황 검토

4장에서 기술한 성능평가 모델을 간략히 정리하면 다음과 같다. 첫째, 공동주택의 유지관리 성능을 객관적이 정확하게 평가하기 위해서 성능평가 방법론을 정립하였다. 둘째, 유지관리 성능평가의 대상이 되는 항목을 설정하였고, 각 항목의 가중치를 산정하기 위해서 AHP기법을 활용하여 계층구조와 가중치를 분석하였고, 가중치를 이용하여 수학적 통합모델을 구축하였다. 셋째, 시간의 변화에 대처할 수 있는 동적모델, 평가에 따른 등급 및 대응방안을 구축하였다. 이러한 일련의 과정을 요약하여 표현하면 그림 9와 같다.

5. 결론

국내 공동주택은 국민 주택보급의 확대를 위한 정책에 의해 다량으로 공급되었고, 최근 주거용 건축물 가운데 가장 높은 비중을 차지하게 되었다. 특히 1980년대 이후 고층 아파트의 공급

6) 여기서, $w_{15} \sim w_{29}$ 는 표 52에서 계산된 15~29번 항목의 가중치로서 $w_{15}=0.227, w_{16}=0.285, w_{17}=0.103, w_{18}=0.160, w_{19}=0.098, w_{20}=0.127, w_{21}=0.193, w_{22}=0.252, w_{23}=0.339, w_{24}=0.216, w_{25}=0.283, w_{26}=0.282, w_{27}=0.081, w_{28}=0.232, w_{29}=0.122$ 이다.

7) 계급의 수는 유지관리 성능평가 값을 기반으로 계급별로 대응방안을 설정하기 위하여 설정한다. 따라서 계급의 수는 계급별 대응방안의 수와 일치한다.

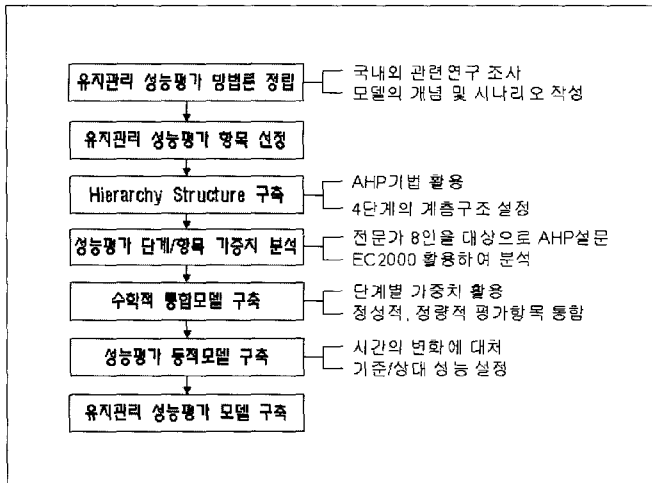


그림 9. 모델개발 흐름도

이 확대되어 1999년 기준으로 11층 이상이 73.9%를 차지하고 있다.

공동주택의 비중이 점차 확대되고, 고층화되는 추세에 따라 공동주택 유지관리의 중요성이 강조되고 있다. 이에 본 연구는 공동주택의 유지관리 업무를 기반으로 시간의 변화에 대처할 수 있는 유지관리 성능 평가모델을 개발하였다.

공동주택의 유지관리 성능평가 모델개발 과정에서 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 국내·외 공동주택의 성능평가와 관련된 연구 및 논문을 조사한 결과 공동주택의 적정 유지관리 성능 평가모델, 그리고 평가지수의 활용에 대한 연구는 미흡하였다.

둘째, 모델의 개념을 고찰하여 본 연구에서 필요로 하는 수리적, 동적 이산형, 확률 모델의 성격을 정립하고, 기존 연구에서 제시한 각종 성능평가 이론을 종합하여 성능평가 모델 개발 시나리오를 정립하였다. 성능평가 모델 개발 시나리오는 기타 다른 분야의 성능평가에도 활용될 수 있다.

셋째, 공동주택 유지관리 성능의 계층구조를 설정하고, 과학적인 의사결정 기법인 AHP기법을 응용하여 전문가를 대상으로 AHP설문을 실시하고, 단계별 각 평가항목의 가중치를 산정하였다. 그룹의사결정에 의한 가중치의 산정은 그룹의사의 통합과정이 필요하고, 본 연구에서는 AHP의 기본원리를 만족시키는 방법인 전체 평가자의 평가치들을 기하평균하여 통합하고, 이를 원소로 하는 단일 개별비교행렬을 구성하는 방법을 사용하였다.

넷째, 세부 평가항목의 평가기준과 AHP기법에 의한 가중치를 이용한 수학적 통합모델을 개발하였고, 시간의 변화에 대처할 수 있는 동적모델을 개발하여 최종 공동주택의 유지관리 성능 평가모델을 개발하였다. 수학적 통합모델의 최상위에 해당하는 유지관리 기준성능에 적용된 운영적 유지관리분야의 가중치는 0.195이고, 기술적 유지관리분야의 가중치는 0.805로 산정

되었다. 이러한 가중치의 산정결과는 공동주택의 유지관리에서 운영적 측면보다 기술적 측면이 더욱 중요성이 크고, 공동주택의 장수명화에 미치는 영향이 큰 것을 의미한다.

본 연구의 결과로 제시한 공동주택 유지관리 성능평가 모델의 한계와 다른 시설물에도 적용할 수 있는 범용적 모델로 개선하기 위한 향후 연구과제는 다음과 같다.

(1) 연구의 범위로 제한한 대상 공동주택뿐만 아니라 일부 모델의 개선을 통하여 전체 공동주택의 평가에 활용할 수 있도록 개선할 필요가 있다.

(2) 모든 건축 및 토목시설물에 적용할 수 있는 범용 모델로 발전하기 위해서는 각 시설물의 특징을 반영하는 계층구조의 분석이 필요하고, 이에 따른 평가기준의 작성이 필요하다.

참고문헌

1. 건설교통부(2003), 공동주택 안전 및 유지관리 제도개선 세미나, 건설교통부 안전기획단, 공동주택유지관리연구회, p.4
2. 김인호(1998), 건설계획과 의사결정, 기문당, p.381
3. 김재연(1998), 컴퓨터 시뮬레이션, 박영사, p.10
4. 김태희 외(2004), 공동주택의 유지관리 성능평가를 위한 업무분석, 한국건설관리학회논문집 제5권 제6호, pp.118~128
5. 이원준 외 (2002), 주택관리실무, 경록
6. 한국건설기술연구원(1993), 기존 건축물의 유지관리 지침개발, 건설교통부
7. 한국시설안전기술공단 외(2002), 기존 건축물의 종합성능 평가모델 개발, 건설교통부
8. Aczel, J. and Saaty, T.L.(1983), Procedures for synthesizing ratio judgments, Journal of Mathematical Psychology, 27(1), pp. 99-102
9. Finch, E.F.(1992), Evaluation of New Building Technology, Discussion Paper, Journal of Construction Engineering and Management, Vol.118, No.1
10. Kevin Yu et al.(2000), A development framework for data models for computer-integrated facilities management, Automation in Construction, pp.145~167
11. Lutz, J.D., and Chang, L.(1990), Evaluation of New Building Technology, Journal of Construction Engineering and Management, Vol.116, No.2
12. M.A. Hassanain et al.(2001), Development of a maintenance management model based on IAI standard, Artificial Intelligence in Engineering,

- pp.177~193
13. Saaty, T. L.(1977), A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, Journal of Mathematical Psychology, Vol.15, pp.234-281
 14. Saaty, T. L.(1980), The Analytic Hierarchy Process, New York : McGraw-Hill
 15. Saaty, T. L.(1988), Multicriteria Decision-Making-The Analytic Hierarchy Process, University of Pittsburgh, PA
 16. Saaty, T. L.(1995), Decision Making for Leaders, RWS Publications
 17. Sharif, N., and Sundarajan, V.(1983), A Quantitative Model for the Evaluation of Technological Alternatives, Technological Forecasting and Social Change, Vol.24, pp.15-29
 18. S. Martorell et al.(1999), The use of maintenance indicators to evaluate the effects of maintenance programs on NPP performance and safety, Reliability Engineering and System safety, pp.85 ~ 94
 19. Vargas, L.G.(1982), Reciprocal matrices with random coefficients, Mathematical Modelling, 3, pp.69-81
- Abstract
- 논문제출일: 2005.07.13
심사완료일: 2005.09.01

Abstract

Given the trend of increased apartment buildings and high-rise buildings, the maintenance of apartment buildings has been set a higher value. For this reason, a total performance evaluation model of the existing buildings has recently been developed. But, it has a lack of the management work analysis. The purpose of this study, therefore, is the management work analysis for items selection of maintenance performance evaluation of apartment buildings.

Candidate items of Maintenance performance evaluation was made with the existing literature and business system analysis. Easy, systemicity of performance evaluation supplemented doing question to academic experts and housing managers. Finally decided maintenance performance evaluation items are to classify 14 administrative and 15 technical items.

Keywords : Apartment buildings, Maintenance, Performance evaluation, Dynamic model
