

거주후 평가를 통한 공동주택의 실내환경 성능평가요소 분석에 관한 연구

이시내*, 박진철**, 이언구***

*중앙대학교 대학원 건축학과(bluean84@nate.com),
**중앙대학교 건축학부 교수(jincpark@cau.ac.kr),
***중앙대학교 건축학부 교수(ekrhee@cau.ac.kr)

An Analysis of Performance Assessment Factors of Indoor Environmental Quality in Multi-Family Housing Using Post Occupancy Evaluation

Lee, Si-Nae* Park, Jin-Chul** Rhee, Eon-Ku***

*Department of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(bluean84@nate.com),
**School of Architecture & Building Science, Professor, Chung-Ang University(jincpark@cau.ac.kr),
***School of Architecture & Building Science, Professor, Chung-Ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

Abstract

The objective of this study is to analyze the major factors of indoor environment that affect the satisfaction of the occupancy in multi-family residential buildings. The results of this study can contribute to improving the comfort of the residents effectively as they are applied preferentially at the design and construction stages. The indoor environment factors investigated for the analysis included thermal, light, air and the acoustic environment. The individual factors were derived from the 'indoor environment' assessment indices of the green building certificate systems of various countries. Based on these, a questionnaire was prepared to conduct the Post Occupancy Evaluation. The survey results were statistically analyzed.

Keywords : 거주 후 평가(Post Occupancy Evaluation), 실내환경(Indoor Environment), 성능평가요소(Performance Assessment Factors), 건강 및 쾌적(Comfort & Health), 거주자 만족도(satisfaction of the occupancy)

1. 서 론

일상생활의 90% 이상을 실내에서 보내는 현대인에게 있어 좋은 실내환경의 질은 건물

에서 기본적으로 갖추어야 할 조건이다. 특히 주거 건물은 거주자가 일상생활 중 많은시간을 보내는 장소이며, 더불어 최근 거주자들이 삶의 질에 대한 요구가 증가하게 되면서 실내

투고일자 : 2011년 3월 8일, 심사일자 : 2011년 3월 10일, 게재확정일자 : 2011년 4월 14일
교신저자 : 이시내(bluean84@nate.com)

환경에서의 거주자 만족도를 향상시키는 것은 매우 중요하다. 그러나 효과적으로 거주자 만족도를 향상시키기 위해서는 거주자 만족도에 상대적으로 많은 영향을 미치는 실내환경 요소를 우선적으로 고려하는 것이 필요하다.

따라서 실내환경의 성능을 평가하기 위해서는 실내환경에 대한 거주자의 만족도를 파악하는 것이 매우 중요하다. 특히, 친환경건축물의 성능평가에 있어서 실내환경의 질에 대한 거주자의 만족도를 정확히 파악하여 객관적인 지표를 결정하는 것은 평가의 신뢰도를 높이기 위해서 반드시 필요한 일이다. 그러나 대부분의 친환경건축물 인증제도에서는 거주자의 만족도와 평가항목간의 연관관계를 명확하게 밝히지 않고 있으며, 이와 관련된 연구도 매우 미흡한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 국내의 친환경건축물 인증제도 평가의 실내환경요소를 파악 및 분석하였다. 특히, 거주자들을 대상으로 설문조사를 실시함으로써 거주자들이 중요하게 생각하고 있는 실내환경의 요소와 실내환경의 만족도에 대한 상관성을 분석하였다. 이와 같은 결과를 분석하여 현재 시행 중인 친환경건축물 인증제도의 실내환경부문과 비교·분석함으로써, 새로운 평가도구의 개발 시 거주자의 주거환경 만족도를 향상시킬 수 있는 방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 실내 환경 영향요소 도출

2.1 국내의 친환경건축물 인증제도

친환경건축물 인증제도는 건물의 친환경성을 평가하는 통합적 평가도구로서 실내환경 항목을 포함하여 평가하고 있다. 본 연구에서는 실내환경의 영향요소를 파악하기 위하여 거주자의 건강과 쾌적성을 추구하는 각국의 대표적인 친환경 건축물 성능평가도구 5개 -LEED for Homes (미국)¹⁾, CSH(영국)²⁾, CASBEE(일본)³⁾, SBTool(iiSB

E)⁴⁾, 친환경인증제도(한국)⁵⁾-를 분석하여 영향인자를 분류하였다. 또한 설문조사에 사용될 요소를 도출하기 위해 분류된 영향인자를 바탕으로 표 1과 같이 계층을 분석하였다. 각 카테고리는 1-4단계로 나뉘었으며, 첫 번째 카테고리에서는 온열, 빛, 공기, 음환경으로 분류하였고, 카테고리 2는 카테고리 1의 각 환경의 질에 영향을 미치는 요소로 구분하였으며, 카테고리 3에는 영향요소를 조절하는 제어전략, 마지막으로 카테고리 4에서는 영향요소를 조절하는 건축계획방법으로 구분하였다.

표 1. 실내 환경에 영향을 미치는 영향요소

#1	#2	#3	#4	
온열 환경	실내온도	열환경 조절	외피의 열관류율	
	실내습도		일사차폐	
	기류분포		바닥 및 벽 표면의 온도	
	복사온도		기밀성능	
			환기성능	자연통풍 속도
				기계환기
제어여부	온도조절시스템 자동온도조절 시스템			
빛 환경	자연채광	채광계획	실의 전체 일조시간	
			태양입사의 방향(향)	
			복도/계단실의 채광상태	
	인공조명	인공조명 계획	눈부심 제어(현황)	
			실내조도수준	
			복도/계단실 조명상태	
조망환경 제어여부	조망환경 제어여부	실내조명기구의 질(눈부심, 깜빡임)		
		조망환경		
공기 환경	유해 물질 저감	근원 제어	조닝계획	
			친환경자재의 사용	
			자재시공기술	
	유지관리	환기	건설기간 중 베이커아웃 및 환기	자연환기
				자연통풍 속도
				기류분포
음환경	소음차단	내부소음 차단	기계환기	
			주방/욕실 환기설비	
			환기량	
			모니터링 시스템(CO2량)	
음 환경	외부소음 차단	외부소음 차단	교통소음차단	
			단지 내 소음차단	
			충격음	
	내부소음 차단	소음	경량	
			중량	
			설비	
			세대간	

1) LEED for Homes Rating System, US Green Building Council, 2008
 2) Code for Sustainable Homes, BREEAM, 2008
 3) Comprehensive Assessment System for Building Environmental

Efficiency for New Construction, IBEC, 2008
 4) Sustainable Building Tool, iiSBE, 2008
 5) Green Building Council Korea, KGBC, 2008

도출된 요소를 토대로 해당 공동주택의 거주자를 대상으로 중요도 설문조사를 실시하였다. 일반주민을 대상으로 설문조사를 실시하는 만큼 이해하기 쉽도록 표 1.의 카테고리 3과 4의 내용을 재구성하여 설문조사를 실시하였다.

3. 거주자만족에 영향을 미치는 실내 환경요소의 영향도 분석

3.1 Post Occupancy Evaluation (POE)

영향요소의 중요도의 설정은 다양한 형태로 시도되고 있다. 그 중 일반적으로 많이 알려진 선호도 조사이론 가운데 하나인 거주 후 평가이론을 이용하여 거주자의 물리적 환경에 대한 정서적, 주관적 반응특성을 평가하였다.

(1) 조사대상

본 연구를 위한 조사대상 공동주택 단지의 특징은 아래의 표와 같다.

표 2. 조사대상 아파트 개요

분류	세부사항		
위치	서울시 동작구 상도동		
아파트명	R아파트		
평형	23평형	32평형	42평형
향	북동향	동향	동향
세대수	총 1656 세대		
	167 세대	1019 세대	470 세대
입주일	2004.12		

해당 공동주택 단지는 대규모의 공동주택 단지로서 각 동의 향과 위치, 해당 층에 따라 각 세대의 실내환경 조건이 매우 다양하며, 한 단지 내에서도 각 세대마다의 실내환경이 매우 다양할 것으로 판단된다.

(2) 표집방법

선정된 조사대상 1개의 단지의 거주자 1656명을 대상으로 2010년 8월 25일부터 9월 3일까지 약 10일간 표집을 실시하였다. 설문조사는 총 1656부를 배포하고, 일부 공동주택에 편

중되어 조사가 실시될 때 발생할 수 있는 조사 결과의 왜곡을 방지하고자, 중복가입 및 미기재로 인해 활용이 불가능한 부수를 제외한 449부를 토대로 분석하였다.

3.2 설문항목의 분석

(1) 상관관계 분석

거주자의 만족도에 따른 중요도를 도출하기 이전에, 무의미한 상관관계를 갖는 요소를 도출하고자 실내환경 하위요소의 만족도와 전반적인 실내환경의 만족도간의 상관관계 여부를 분석하였다.

표 3. 온열환경 항목과 실내환경 만족도와의 상관관계

구분		전반적 실내환경의 만족도
창문의 기밀성	Pearson 상관계수	0.336*
바닥온도의 균일성	Pearson 상관계수	0.275*
단열성능이 뛰어난 벽	Pearson 상관계수	0.354*
겨울철 채광량	Pearson 상관계수	0.245*
여름철 통풍량	Pearson 상관계수	0.336*
여름철 일사차단	Pearson 상관계수	0.299*
자연채광을 통한 실내밝기	Pearson 상관계수	0.272*
건물의향	Pearson 상관계수	0.256*
실내조명의 성능	Pearson 상관계수	0.284*
눈부심	Pearson 상관계수	0.309*
전망	Pearson 상관계수	0.400*
빛 유입시간	Pearson 상관계수	0.298*
친환경자재의 사용	Pearson 상관계수	0.308*
자연환기의 성능	Pearson 상관계수	0.449*
기계환기의 성능	Pearson 상관계수	0.353*
세대간 소음	Pearson 상관계수	0.379*
층간소음	Pearson 상관계수	0.400*
외부소음	Pearson 상관계수	0.447*
교통소음	Pearson 상관계수	0.439*
설비소음	Pearson 상관계수	0.435*

* 상관계수는 유의수준 0.01보다 작게 나타났으므로 유의한 것으로 나타남

분석 결과, 모든 항목에서 유의한 양의 상관관계를 갖고 있는 것으로 나타났으며 특히 전반적인 음환경 항목이 실내환경 만족도에

미치는 영향이 매우 높은 것으로 나타났다.

(2) 다중회귀 분석

표 4. 실내환경 요소의 다중 회귀분석 결과

구분	비표준화 계수		표준화 계수	t	p	
	B	표준오차	β			
실내환경	온열환경 만족도	0.129	0.043	0.124	2.987	0.003**
	빛환경 만족도	0.228	0.043	0.222	5.357	0.000***
	공기환경 만족도	0.257	0.049	0.223	5.271	0.000***
	음환경 만족도	0.307	0.034	0.350	9.002	0.000***
온열환경	창문의 기밀성	0.188	0.037	0.215	5.129	0.000***
	바닥온도의 균일성	0.094	0.036	0.105	2.630	0.009**
	단열성능이 뛰어난 벽	0.086	0.038	0.094	2.276	0.023*
	거울철 채광량	0.159	0.028	0.219	5.666	0.000***
	여름철 통풍량	0.209	0.034	0.249	6.184	0.000***
	여름철 일사차단	0.128	0.038	0.139	3.391	0.001**
빛환경	자연채광을 통한 실내밝기	0.21	0.04	0.26	5.418	0.000***
	건물의 향	0.11	0.03	0.14	3.471	0.001**
	실내조명의 성능	0.15	0.03	0.15	4.769	0.000***
	눈부심	0.12	0.03	0.12	3.435	0.001**
공기환경	전망	0.20	0.02	0.28	8.732	0.000***
	빛 유입시간	0.19	0.04	0.24	5.082	0.000***
	친환경자재의 사용	0.135	0.035	0.168	3.814	0.000***
음환경	자연환기의 성능	0.327	0.039	0.406	8.304	0.000***
	기계환기의 성능	0.075	0.033	0.108	2.296	0.022*
	세대간 소음	0.165	0.032	0.185	5.208	0.000***
	층간 소음	0.313	0.031	0.356	10.234	0.000***
음환경	외부 소음	0.187	0.039	0.201	4.807	0.000***
	교통 소음	0.126	0.034	0.154	3.712	0.000***
	설비 소음	0.189	0.036	0.193	5.255	0.000***

각 항목의 상관계수는 *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001
이므로 유의한 것으로 나타남

회귀분석은 독립변수가 한 단위 증감함에 따라 종속변수가 어느 정도 변화하는지를 파악하여 독립변수와 종속변수의 인과관계를 파악하는 통계분석 기법으로⁶⁾ 본 연구에서는 설문내용을 토대로 다중 회귀분석을 실시하여 하위항목이 상위항목에 미치는 영향도를 분석하였다.

3.3 거주 후 평가의 연구결과

다중회귀분석 결과, 표 5와 같은 결과가 도출되었다. 상위항목인 실내환경 만족도를 100%로 하였을 때 하위항목이 상위항목에 미치는 영향도를 살펴보면, 음환경이 38.10%로 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 공기환경이 24.21%, 빛환경이 24.15%, 온열환경이 13.54% 순으로 나타났다.

표 5. 평가항목별 영향도

평가항목	영향도(%)	평가항목	영향도(%)
온열환경	13.54	창문의 기밀성	21.06
		바닥온도의 균일성	10.28
		단열성능이 뛰어난 벽	9.21
		거울철 채광량	21.45
		여름철 통풍량	24.39
		여름철 일사차단	13.61
빛환경	24.15	자연채광을 통한 실내밝기	21.85
		건물의 향	11.76
		실내조명의 성능	12.61
		눈부심	10.08
		전망	23.53
		빛 유입시간	20.17
		친환경자재의 사용	24.63
공기환경	24.21	자연환기의 성능	59.53
		기계환기의 성능	15.84
		세대간 소음	16.99
음환경	38.10	층간소음	32.69
		외부소음	18.46
		교통소음	14.14
		설비소음	17.72

6) 윤기중, 통계학, 법문사, 1996

4. 실내환경 평가요인 개선방향 제안

국내 친환경건축물 인증제도의 실내환경 물리적 요소의 배점현황과 이번 조사에서 도출된 결과의 영향도 비교·분석한 결과 다음과 같이 나타났다.

4.1 실내환경 평가요인 분석

표 6. 실내환경 배점 및 영향도 분석

구분	친환경건축물 인증제도	거주후 평가 영향도
온열환경	2점(8%)	14%
빛환경	4점(16%)	24%
공기환경	9점(36%)	24%
음환경	10점(40%)	38%
총합	25점(100%)	100%

분석결과, 공기환경 및 음환경 부문에 대해서는 친환경건축물 인증제도에서 각각 9점(40%), 10점(36%)의 높은 배점 비중을 두었으나, 온열환경 및 빛환경 부문에 대해서는 2점(8%)과 4점(16%)의 배점을 두어 조사에서도 출된 온열환경 및 빛환경의 영향도 비중인 14%, 24%에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 특히, 조사에서 거주자들이 가장 중요하게 평가한 음환경의 경우, 친환경건축물 인증제도와 비슷한 중요도를 보이며 음환경에 관련한 거주자들의 요구가 높은 것으로 판단되었다.

4.2 실내환경 하위항목 평가요인 분석

(1) 온열환경

온열환경의 분석결과, 친환경건축물 인증제도에서는 온열환경에 대한 평가가 오직 온도 제어 시스템 여부에 따라 결정되고 있는 것으로 나타났다. 반면에 거주후 평가를 통한 온열환경 요소들의 영향도에서는 거주자들이 느낄 수 있는 온열환경의 요소를 전반적으로 다루고 있으며, 그 중 겨울철 채광량이 가장 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

표 7. 온열환경 평가항목 비교 분석

구분	친환경건축물 인증제도	거주후 평가 영향도	
온열환경	창문의 기밀성	-	○
	바닥온도의 균일성	-	○
	단열성능이 뛰어난 벽	-	○
	겨울철 채광량	-	○
	여름철 통풍량	-	○
	여름철 일사차단	-	○
	온도 제어 시스템	○	-

(2) 빛환경

표 8. 빛환경 평가항목 비교 분석

구분	친환경건축물 인증제도	거주후 평가 영향도	
빛환경	자연채광을 통한 실내밝기	-	○
	건물의향	-	○
	실내조명의 성능	-	○
	눈부심	-	○
	전망	-	○
	빛 유입시간	○	○

빛환경 부문은 친환경건축물 인증제도에서는 빛 유입시간에 관련한 한 가지 요소만을 평가하고 있는 것으로 나타났다. 이에 비해 거주후 평가를 통한 빛환경 요소들의 영향도에서는 빛환경에 영향을 미치는 전반적인 요소들을 다루고 있으며, 특히 전망을 빛환경에서 가장 중요한 요소라고 응답했다. 전망은 전반적인 실내환경의 만족도와 상관계수가 또한 매우 높게 나타났는데, 이는 국내의 높은 인구밀도로 인해 층고가 높은 공동주택이 많이 보급되면서 시야의 확보가 실내환경의 만족도에 많은 영향을 미치는 중요 요인이 되었을 것이라 판단된다.

(3) 공기환경

표 9. 공기환경 평가항목 비교 분석

구분		친환경건축물 인증제도	거주후 평가 영향도
공기 환경	친환경자재의 사용	○	○
	자연환기의 성능	○	○
	기계환기의 성능		○

분석 결과, 공기환경 부문은 친환경건축물 인증제도와 마찬가지로 거주후 평가 조사 결과에서도 두 번째로 높은 중요도를 나타냈다. 친환경건축물 인증제도에서는 친환경자재의 사용에 대한 비중이 가장 높게 나타났는데 비해, 거주후 평가에서는 자연환기의 성능에 대한 영향도가 가장 높게 나타났다.

(4) 음환경

표 10. 음환경 평가항목 비교 분석

구분		친환경건축물 인증제도	거주후 평가 영향도
음환 경	세대간 소음	○	○
	층간소음	○	○
	외부소음	○	○
	교통소음		○
	설비소음	-	○

음환경 부문은 현재 친환경건축물 인증제도의 실내환경 요소 중 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 거주후 평가 조사 결과에서도 가장 중요한 요소로 조사 되었다. 특히 친환경건축물 인증제도와 거주후 평가 모두 층간소음을 가장 중요한 요소로 평가하고 있는 것으로 나타났다.

또한 거주후 평가를 통한 조사에서 대부분의 음환경 요소가 전반적인 실내환경의 만족도와 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 특히 외부소음에서 가장 큰 상관관계가 나타나 음환경이 전반적인 실내환경의 만족

도에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

4.3 소결

지금까지의 내용을 분석할 때, 실거주자가 공동주택에 있어 중요도와 만족도에 따른 평가항목과 국내의 친환경건축물 인증제도의 평가항목에는 다소 차이가 있음을 알 수 있었다.

즉, 실내환경의 물리적요소에 대한 조사 결과, 현재의 인증제도와 마찬가지로 음환경이 전체 배점에서 가장 큰 비중을 차지하고 있었는데 이는 음환경이 전체 실내환경의 만족도에 미치는 영향이 매우 크기 때문이다. 그러나, 음환경 부문에 대해서는 평가항목의 단순한 배점의 비율조정으로는 실질적인 거주자 만족도 향상을 유도하기 어려울 것으로 판단되었다. 한편, 온열환경 부문에서는 건축계획 단계에서 고려해야 할 중요한 항목을 우선적으로 고려하도록 유도해야 할 것이다. 특히, 일부 평가항목에 과도하게 집중되었던 배점을 적절히 분산시켜 일부 편중된 점수를 가진 항목만을 통해 전체적으로 높은 점수를 획득하지 못하도록 방지해야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 현재 시행 중인 친환경건축물 인증제도의 실내환경부문과 비교·분석함으로써, 새로운 평가도구의 개발 시 거주자의 주거환경 만족도를 향상시킬 수 있는 방안을 제시하는 것을 그 목적으로 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 국내외 친환경건축물 인증제도 분석결과, 국내 친환경인증제도에서 실내환경 부문의 배점이 높은 비중을 차지하고 있으나, 상대적으로 그 평가항목의 수가 매우 적어 실내환경에 대한 세밀한 평가가 부족한 것을 알 수 있었다. 또한 일부의 평가항목에 과도한 비중이 적용됨에 따라 편중된 점수획득만으로도 높은 점수 획득이

가능하게 될 것이라 판단된다.

- (2) 실내환경의 각 항목과 실내환경 만족도와 의 상관관계를 분석한 결과, 가장 큰 영향을 미친 항목은 공기환경 부문의 자연환기 성능으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 외부소음, 교통소음, 공간간 소음, 설비소음 순으로 나타나 음환경이 해당 공동주택의 실내환경 만족도에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 높은 상관관계에도 불구하고, 앞서 살펴본 바와 같이 전반적인 음환경 만족도가 매우 낮게 나타나는 것을 살펴볼 때, 음환경의 개선 시 실내환경의 전반적 만족도가 상승할 것이라 판단된다.
- (3) 빛환경 부문에서는 전망에 관한 영향도가 가장 높게 평가되었는데, 전망은 현실적으로 친환경건축물 인증제도에 반영하기에는 어려움이 있을 것으로 판단되지만 거주자들이 느끼는 영향도가 크게 나타난 만큼, 제도적으로 추가점수(가점)의 형태로 반영하는 방안이 필요할 것으로 판단된다.
- (4) 음환경 부문에서는 층간소음에 대하여 거주자들의 영향도 인식이 매우 높게 나타났는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 점수를 상향조정하는 방안보다 성능의 개선과 개선된 기술적용을 유도하는 방안이 바람직한 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구를 통하여 향후 실내환경의 만족도 향상을 위한 정책 수립 및 평가 틀 개발에 있어 기초자료로서의 이용할 수 있을 것이라 판단된다. 추후에는 본 연구의 한계인 평가대상지의 한정에 따른 해당 대상지의 주변 환경 및 조건에 의하여 설문지의 주관적 응답에 대한 제한점을 보완하여야 할 것이다.

후 기

이 연구는 국토해양부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B02)에 의해 수행되었습니다. 과제번호:06건설핵심B02

참 고 문 헌

- 1. LEED for Homes Rating System, US Green Building Council, 2008
- 2. Code for Sustainable Homes, BREEAM, 2008
- 3. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency for New Construction, IBEC, 2008
- 4. Sustainable Building Tool, iiSBE, 2008
- 5. Green Building Council Korea, KGBC, 2008
- 6. Fisk WJ. Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency. Annual Review of Energy and Environment 2000, 25:537-66
- 7. Post Occupancy Evaluation of Indoor Environmental Quality in Commercial buildings: Do green buildings have more satisfied occupants?
- 8. Che-Ming Chiang, A study on the comprehensive indicator of indoor environment assessment for occupants' health in Taiwan, Building and Environment Vol. 37, pp. 387-392, 2002
- 9. 윤기중, 통계학, 법문사, 1996
- 10. 고동환, 친환경 건축물 인증을 위한 LEED 2009에 대한 연구, 한국건축친환경설비학회 논문집 제 3권 4호, 2009
- 11. 임정아, 공동주택 리모델링 계획단계에서의 친환경 성능평가 제안, 충북대 박사학위논문, 2008