

노후 공동주택 리모델링의 경제성을 고려한 친환경 실내 마감재료 선정 방안

Selection Method of Eco-friendly Finishing Materials Considering Cost Efficiency for the Aged Housing Remodeling Projects

김기현*[○] 김경래** 김주연***
Kim, Ki-Hyun Kim, Kyung-Rai Han, Ju-Yeoun

요약

최근 주택성능등급표시제, 친환경건축물인증제도 등 실내공기질에 관련한 제도가 생겨나고 공동주택 거주자 또한 실내공기질에 대한 인식을 새롭게 하고 있다. 또한, 최근의 공동주택의 실내 마감재료에 친환경 소재가 적용되고 있으나 그 가격이 고가이므로 거주자로 하여금 경제적 부담을 가중시키게 된다. 따라서 실내 마감공법 별로 적용되는 모든 주재료 및 부재료에 대해서 친환경성과 경제성을 복합적으로 고려할 필요가 있다. 본 논문에서는 노후 공동주택 리모델링 마감공사 시 환경적인 요인, 경제적인 요인을 복합적으로 고려하여 효율적인 실내 마감재료를 선정하는 방안을 제안하고자 한다.

키워드: 리모델링(Remodeling), 친환경성(Sustainability), 경제성(Cost Effectiveness), 마감재료 선정(Selection of Finishing Materials)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

노후 공동주택의 리모델링 공사에 적용되는 실내마감재료의 독성물질로 인하여 실내 공기환경이 악화되고 거주자의 건강 및 생활환경에 좋지 않은 영향을 미치고 있다. 오염된 실내공기로 인해 새집증후군(Sick Building Syndrome)과 같은 현상이 발생하여 쾌적한 실내공기질 확보가 사회적 이슈로 되면서 거주자의 관심이 높아지고 있다. 환경부의 '친환경상품에 관한 일반국민 여론조사 보고서'¹⁾에 따르면 일반국민의 과반수이상(57.9%)이 친환경 상

품에 관심을 갖고 있는 것으로 조사되었다. 그리고 최근 주택성능등급표시제도, 친환경건축물인증제도 등 환경 관련 제도가 생겨나고 실내공기질에 대한 거주자의 인식이 새로워지면서 2004년 이후에 완공된 공동주택의 실내 마감재료에는 친환경 소재가 전면적으로 사용되고 있다. 따라서 친환경 소재를 활용한 건축물 실내마감의 중요성이 부각되고 있다. 하지만 이러한 친환경 마감재료는 일반 마감재료에 비해 고가이므로 공동주택에 친환경 실내 마감재료를 적용하는 것은 분양가 상승효과를 일으켜 거주자로 하여금 경제적 부담을 가중시키게 된다. 또한 공동주택의 실내 마감공사는 마감방법 및 시공방법에 따라 사용되는 재료가 달라지고 매우 다양한 재료가 복합적으로 사용된다. 그러므로 실내 마감공법 별로 적용되는 모든 주재료 및 부재료에 대해서 친환경성과 경제성을 복합적으로 고려할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 노후 공동주택 리모델링 마감공사 시 환경적인 요인, 경제적인 요인을 복합적으로 고려하여 효율적인 실내 마감재료를 선정하는 방안을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

환경적인 요인 및 경제적인 요인을 복합적으로 고려하였을 때 가장 효율적인 친환경 마감재료를 선정하기 위해 본 연구에서는 실내 마감공사의 공법을 조사하여 공법별

* 일반회원, 아주대학교 건축공학과 박사과정
hkim@ajou.ac.kr
** 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사(교신저자)
kyungrai@ajou.ac.kr
*** 종신회원, 아주대학교 건축학부 연구교수, 공학박사
hanzzu@freechal.com

본 연구는 첨단도시개발사업 노후 공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술개발과제('06~'07) 친환경 소재를 이용한 리모델링 시공 및 관리기술개발 연구결과의 일부임. 과제번호 05 건설핵심 D06

1) 2005년 10월 환경부, 국정홍보처에서 일반국민을 대상으로 친환경 상품에 대한 관심도, 친환경상품 사용 만족도, 친환경상품 구입 의향, 친환경상품의 구입적정가격 및 지불 최대가격 등을 조사/분석한 자료임.

적용되는 친환경 소재를 주재료, 부재료 모두 포함하여 파악하였다. 이들 친환경 소재의 친환경 성능을 조사하여 친환경 등급기준을 설정하고 이에 따라 친환경성 평가를 실시하였다. 또한, 공법별로 다양하게 적용되는 복합재료의 가격을 파악하여 경제성을 평가한 후 이를 복합적으로 고려하였다.(그림 1 참조)

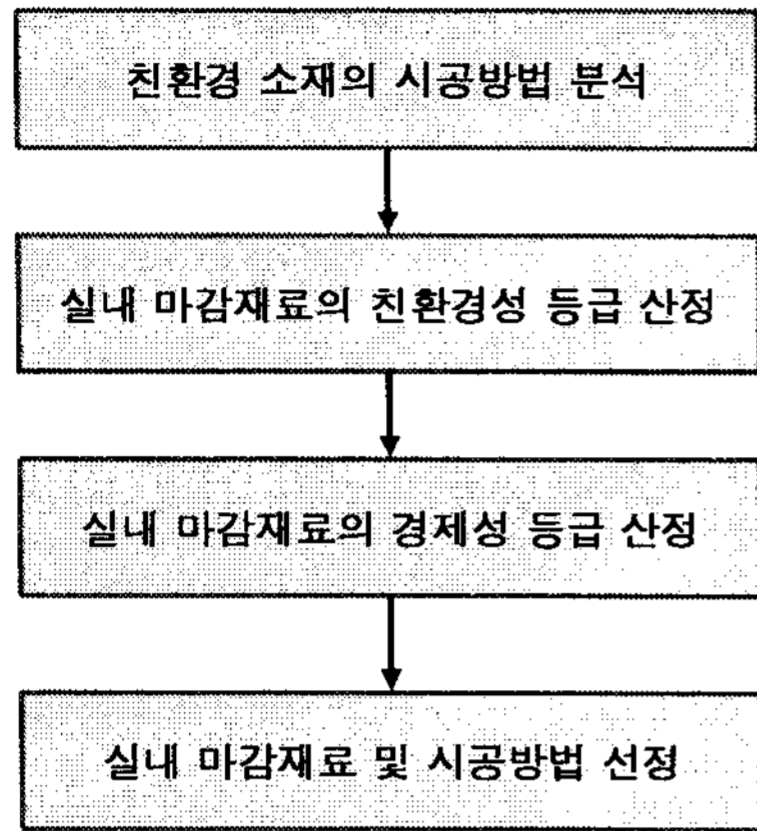


그림 1. 연구 프로세스

2. 친환경 실내마감재료 선정방안

2.1 실내 공기질 측면의 친환경성

실내 공기오염으로 인해 거주자의 각종 질병을 유발하고 생활환경에 악영향을 미치는 사례가 빈번히 발생함에 따라 국내·외 많은 국가에서 실내 마감재료에 대한 친환경성을 평가하여 친환경 소재를 등급별로 선정하고 있다. 각 국가별 실내 공기질 측면의 오염물질 규제를 살펴보면 다음 표 1과 같다.

표1. 국가별 친환경 상품 평가기준

국가	평가대상 오염물질
한국	VOCs, HCHO
캐나다	VOCs, HCHO
일본	HCHO
미국	VOCs, 스티렌, HCHO
핀란드	VOCs, HCHO, 벤젠 등 발암물질 냄새, 카세인
독일	VOCs, HCHO, 벤젠 등 발암물질

표 1에서 볼 수 있듯이 일본을 제외한 모든 국가에서 친환경 상품 평가기준으로 VOCs(휘발성 유기화합물)와 HCHO(포름알데히드) 저방출 성능을 공통적으로 사용하고 있는 것을 알 수 있다. 국내의 경우는 공기청정협회에서 휘발성유기화합물 총량 및 포름알데히드 방출량을 기준으로 친환경 상품의 등급을 정하여 발표하고 있다. 따라서 본 연구에서도 실내 마감재료의 친환경성을 휘발성유기화합물 총량과 포름알데히드 방출량을 기준으로 산정하고자 한다.

2.2 친환경 소재의 시공방법 분석

최근 공동주택의 마감도면 및 마감재료 목록표를 기준으로 친환경 소재의 시공방법을 조사하여 각 시공방법별 적용되는 실내 마감재료를 파악하였다. 표 2와 같이 공동주택 실내 구성 요소를 벽 및 천장, 바닥으로 구분하고 각 구성 요소별 주로 사용되는 마감방법을 조사한 후 적용되는 자재를 목록화 하였다.

표2. 시공방법 별 실내마감재료 목록

부위	마감공법	자재목록
벽 및 천장	석고보드마감	석고보드, 석고본드, 벽지(종이, 실크), 도배풀
	벽지 마감	벽지(종이, 실크), 도배풀
	페인트 마감	페인트
바닥	마루바닥 마감	바닥마루, 접착제
	PVC계 장판지 마감	PVC계 장판지
	천연소재 바닥재 마감	천연소재 바닥재

이러한 실내 마감재료의 친환경 성능과 경제성을 평가하여 가장 효율적인 실내 마감 방법을 제안하고자 한다. 이를 위하여 표 3에서 볼 수 있듯이 자재 생산 업체를 대상으로 친환경 제품의 휘발성유기화합물 및 포름알데히드 방출량, 제품의 단가정보를 조사하여 분석하였다.

표3. 조사된 자재 샘플

부위	자재	업체수	제품수
벽 및 천장	벽지 및 천장지	6개	30개
	페인트	3개	11개
	석고보드	2개	2개
	접착제	7개	8개
바닥	마루재	7개	16개
	PVC계 장판	1개	7개
	천연소재 장판	3개	3개

2.3 친환경소재의 친환경성 및 경제성 지수 산정

친환경 소재의 친환경 등급을 산정하기 위해 각 소재의 친환경 성능을 점수화 하는 기준의 정립이 필요하다. 따라서 소재의 친환경 성능을 다음과 같은 일반적인 기준을 활용하여 점수화 하였다. 점수변환 기준은 우선 데이터의 범위가 허용범위를 초과하는 항목(Outlier)은 제거한 후 Raw Data를 이용하여 히스토그램을 작성하고 히스토그램의 분포형태에 따라 아래의 점수화기준을 적용한다.

- 1) 정규분포를 가정한 $x \pm s$ 로 구간 설정(Distribution range)
- 2) Max-Min 구간을 절대적 기준으로 분할(Strict limits)
- 3) 상대적인 Ranking에 의한 5등분(Relative ranking)
- 4) 통용되는 일반적 기준으로 구간 설정(Common percent scale)

실내 마감재료의 친환경성에 대한 부분은 국내를 비롯하여 해외 선진국에서도 실내 공기질 관점에서 TVOC(휘발성 유기화합물의 총량), HCHO(포름알데히드)을 규제하고

이를 근거로하여 평가하고 있다. 따라서 본 연구에서 실내 마감재료의 친환경성을 나타내는 지수를 TVOC(휘발성 유기화합물의 총량)방출량 평가점수와 HCHO(포름알데히드) 방출량 평가점수를 합하여 산정한다. 친환경 평가점수는 친환경 성능이 가장 좋은 제품의 경우 5점을 부여하고 가장 취약한 제품일 경우 1점으로 부여한다. 다만, 실내 마감재료는 시공방법에 따라 여러 복합재료가 다양하게 적용되는 특징이 있어 복합재료 각각의 오염물질 방출량의 합계를 구하여 평가한다. 따라서 각 소재의 휘발성유기화합물 총량 및 포름알데히드 방출량을 조사하여 소재의 친환경 성능을 점수화하여 EI(Environmental Index)를 산정한다.

$$EI(\text{Environmental Index}) = \sum(\text{TVOC 방출량 평가점수}) + \sum(\text{HCHO 방출량 평가점수})$$

실친환경 소재의 경제성은 제품의 m²당 단가를 조사하여 단가자료를 활용한다. 복합재료의 재료비, 시공비를 모두 고려하고 제품가격 점수를 산정하여 지수를 산정한다. 경제성 지수는 가격이 가장 비싼 제품을 5점, 가장 싼 제품을 1점으로 점수를 부여하였다.

$$CI(\text{Cost Index}) = \sum(\text{실내 마감재료의 가격점수})$$

3. 친환경 실내마감재료 선정결과

3.1 경제성을 고려한 친환경 소재의 선정

경제성 측면에서 가장 효율성이 좋은 친환경 소재를 선정하기 위해서는 친환경 지수(EI)와 경제성 지수(단가)를 복합적으로 고려하여야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 ECI(Environmental-Cost Index)를 산정하고 $ECI = EI(\text{Environmental Index}) / \text{단가}(\text{Unit Cost}) * 100$ 으로 산정한다. 위의 공식에서 알 수 있듯이 ECI가 큰 친환경 제품은 가격에 비해 친환경 성능이 우수한 제품이라고 볼 수 있다. ECI가 높은 제품을 공동주택 실내 마감재료에 우선적으로 적용하는 것은 경제적인 측면에서 가장 효율적인 방안이 된다.

3.2 경제성을 고려한 친환경 소재의 시공방법 선정

실내 마감재료 시공방법에 따라 다양한 재료가 복합적으로 사용되므로 이들 재료 모두를 대상으로 친환경성, 경제성을 동시에 고려하여 가장 효율적인 시공방법을 선정하는 것이 가능하다. 시공방법 별 다양하게 적용되는 재료 모두를 대상으로 앞서 도출한 ECI가 가장 큰 제품의 Data를 합산하여 각 공법의 통합된 ECI를 산출한다. 각 공법의 통합된 ECI를 비교하여 가장 효율적인 실내 마감공법을 선정할 수 있다. 표 5는 앞서 분류한 실내 마감 공법 별 사용되는 모든 소재를 대상으로 ECI를 산정하여 가장 효율적인 마감 방법을 선정한 표이다.

벽 및 천정과 같은 경우는 벽지마감이 경제적인 측면에서 효율이 가장 우수(ECI: 0.273)한 결과를 나타냈으며, 실크벽지가 두 번째 대안으로 나타났다. 페인트는 시공방법이 간단하고 단가도 저렴하나 다른 마감재료에 비해 공기오염

표4. 공동주택 실내 마감재료 시공방법 별 ECI 분석결과

부위	마감 공법	자재 종류	TVOC 방출량 (mg/m ²) (1)	TVOC 방출량 점수 (2)	HCHO 방출량 (mg/m ²) (3)	HCHO 방출량 점수 (4)	EI (2)+(4)	단가 (원/m ²) (5)	ECI ((2)+(4))/(5)
벽 및 천장	석고보드 마감	석고보드	0.001	5	0.001	5	10	1,850	0.541
		석고본드	0.064	3	0.005	5	8	588	1.361
		종이벽지	0.021	5	0.001	5	10	2,180	0.459
		도배풀	0.074	3	0.003	3	6	750	0.800
	계		0.16	4	0.01	4.5	8.5	5,368	0.158
	종이벽지 마감	종이벽지	0.021	5	0.001	5	10	2,180	0.459
		도배풀	0.074	3	0.003	3	6	750	0.800
	계		0.095	4	0.004	4	8	2,930	0.273
	실크벽지 마감	실크벽지	0.016	5	0.001	5	10	4,180	0.239
		접착본드	0.064	3	0.005	5	8	588	1.361
	계		0.08	4	0.006	5	9	4,768	0.189
페인트 마감	페인트	0.074	4	0.005	1	5	406	0.153	
계		0.074	4	0.005	1	5	406	0.153	
바닥	마루바닥 마감	바닥마루	0.025	4	0.015	4	8	33,308	0.024
		접착본드	0.064	3	0.005	5	8	588	1.361
	계		0.089	3.5	0.02	4.5	8	33,896	0.024
	PVC계 장판지 마감	PVC계 장판지	0.001	5	0.001	5	10	10,600	0.094
	계		0.001	5	0.001	5	10	10,600	0.094
	천연소재 바닥재 마감	천연소재 바닥재	0.001	5	0.001	5	10	17,000	0.058
계		0.001	5	0.001	5	10	17,000	0.058	

물질을 많이 방출하고 있어 친환경성에서 높은 점수를 얻지 못하였다.

바닥 마감과 같은 경우는 PVC계 장판지가 가장 높은 ECI 값(0.094)을 나타냈다. 최근 친환경 PVC계 장판지의 친환경 성능이 좋아지면서 천연소재 바닥재와 더불어 최고 등급의 친환경 성능을 보이고 있다. 하지만 실내 마감재료 및 마감공법의 선정은 친환경성, 경제성 이외에 다른 많은 요소에 의해 결정되므로 ECI가 높은 재료나 소재가 반드시 최적의 대안이 되는 것은 아니다. 특히 실내 마감재료 및 마감공법의 선정은 거주자의 취향 및 의장성 등 개인적인 선호에 따라 크게 달라진다. 비록 이와 같은 실내 마감재료 및 공법의 선정방안이 의장성이나 거주자의 취향을 고려하지 않았다 하더라도 친환경성과 경제성을 복합적으로 고려하여 성능을 정량적인 점수로 표현하였으므로 실내 마감재료의 선정 또는 마감공법의 선정시 충분한 의사결정을 지원할 수 있다고 판단된다.

4. 결론

실내 공기질을 개선하기 위한 방안으로 여러 가지 대안을 생각할 수 있으나 본 연구에서는 실내 오염물질 저 방출 성능을 가진 친환경 재료를 적용함으로써 실내 공기오염원을 제거하는 방법을 적용하였다. 하지만 친환경 재료는 일반재료보다 고가이므로 무조건적인 친환경 소재의 적용으로 실내 공기질은 개선시킬 수 있으나 경제적인 측면에서 한계점을 나타내 거주자의 경제적인 부담을 가중시킬 수 있다. 최근 친환경 상품에 대한 사회적 관심이 높아지고 있고 친환경건축물인증제도, 주택성능표시제도 등 친환경제도에서 요구하는 친환경성을 확보하는 것은 물론 분양가 상승요인을 제거하여 공동주택 거주자의 경제적인 부담을 줄여주는 것 또한 중요한 요소이다.

따라서 실내 마감재료의 선정 및 마감재료 시공방법을 선정할 때 친환경성과 경제성을 동시에 고려하여 최적의

대안을 선정할 필요가 있다. 본 연구를 통하여 제안되는 실내 마감재료 및 마감공법은 거주자 및 노후 공동주택 리모델링 시공사의 의사결정에 도움을 줄 수 있으며, 친환경성 및 경제성을 동시에 고려하였을 때 가장 효율적인 대안을 찾을 수 있는 방안이 된다. 또한 본 연구에서 산정한 ECI를 통해 친환경 실내 마감재료의 우선순위를 도출하여 목록화 함으로써 노후 공동주택 리모델링 뿐 만 아니라 공동주택 신축에 활용가능하다.

참고문헌

1. 강금식, 엑셀활용 현대통계학, 전영사, 2003.
2. 대한주택공사, "건축공사표준시방서 1986 ~ 2006".
3. 류지연, "환경친화적 리모델링을 위한 계획에 관한 연구", 서울대학교 대학원 공학석사 학위논문, 2003. 2.
4. 이재성, "2005 친환경 건축자재 목록집", 에코뉴스, 2005.
5. 한국퍼실리티매니지먼트 학회, "리모델링의 이해", 기문당, 2003.
6. 환경부, 친환경 상품에 관한 일반국민 여론조사 보고서, 2005.
7. LEED, Green building rating system™ version 2.1, U. S. Green Building Council, 2002.
8. Michael A. Lacasse, "Materials and technology for sustainable construction", Building Research and Information, 1999.
9. Nick Raynsford, "The UK's approach to sustainable development in construction", Building Research and Information, 1999.
10. Richard C. Hill, et al., "Sustainable construction: principles and a framework for attainment", Construction Management and Economics, 1997.

Abstract

"Eco-friendly construction" is an emerging issue in the building industry. Main purpose of the eco-friendly construction is to sustain the health and environment of building residents and to minimize the harmful effect on their environment. Apartment residents have great concern on eco-product, since many cases are reported that Sick Building Syndrome is caused by toxic substance from building materials. Environmental performance is to meet through using the highest grade eco-friendly materials. However, generally eco-friendly materials are more expensive than normal materials. Therefore using eco-friendly materials at public housing project is limited to economical aspect. The purpose of this paper is development of eco-friendly material selection model considered cost efficiency. The selection of Eco-friendly finishing materials and their methods are constructed to consider environmental performance level and cost index compositively. Development of eco-friendly material selection method is economic and reasonable one when public housing is constructed.

Keywords : Remodeling, Sustainability, Cost Effectiveness, Selection of Finishing Materials
