

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** 황영규***
Kim, Ki-Hyun Kim Kyung-Rai Hwang Young-Gyu

요 약

최근 주택성능등급표시제, 친환경건축물인증제도 등 실내공기질에 관련한 제도가 생겨나고 공동주택 거주자 또한 실내공기질에 대한 인식을 새롭게 하고 있다. 이러한 시대적 흐름에 발맞추어 최근 신축되거나 리모델링 되는 공동주택에는 친환경 실내마감재료가 적용되고 있다. 하지만, 친환경 실내 마감재료는 일반재료에 비해 그 가격이 고가이며, 분양가 상승을 야기한다. 또한 친환경 마감재료 적용으로 인한 분양가 상승은 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, 친환경성, 경제성, 마감자재 선정

1. 서 론

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 상품에 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

* 일반회원, 아주대학교 건축학부 박사과정, hkim@ajou.ac.kr

** 종신회원, 아주대학교 건축학부 부교수, 공학박사(교신저자), kyungrai@ajou.ac.kr

*** 종신회원, 아주대학교 건축학부 박사과정, A+CM DNC 소장, acpm@chollian.net

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발 사업 과제번호 (05건설핵심 D6)지원으로 수행되었음.

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

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 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).

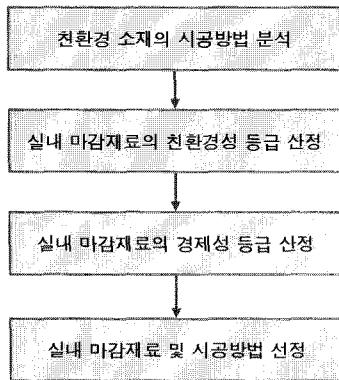


그림 1. 연구 프로세스

2. 실내 마감재료 적용 현황 및 문제점

2.1 실내 공기오염의 실태

최근의 환경부 등에서 실시된 신축 공동주택 등에서 실내 공기 오염에 대한 실태 조사의 결과²⁾를 보면 다음 표 1과 같다.

표 5. 공동주택 실내공기 오염실태 조사결과 (단위 : $\mu\text{m}^3/\text{m}^3$)

구분	평균 농도	최대값	최소값	비교기준(일본, 홍콩권고기준)	오염물질 초과비율
포름알데히드	105.4	308.5	2.26	일본 : 100	46.7% 초과
톨루엔	127.3	768.9	6.54	일본 : 260	13.8% 초과
에틸벤젠	30.0	391.3	ND	일본 : 3,800	
자일렌	59.6	427.3	ND	일본 : 870	
벤젠	2.4	14.13	ND	홍콩 : 16.1	

* ND : 검출안됨 (No Detection)

이 조사결과에 의하면 포름알데히드 농도가 조사대상 총 90개소의 46.7%인 42개 지점에서 일본 권고기준 ($100\mu\text{m}^3/\text{m}^3$)을 초과

한다. 이처럼 신축주택 또는 새로 리모델링 한 공동주택에서 새 집증후군을 일으키는 포름알데히드와 톨루엔(휘발성 유기화합물의 일종)이 기준치를 초과하고 있다. 신축주택에서 새집 증후군을 일으키는 주된 오염원은 휘발성유기화합물(VOCs)와 포름알데히드(HCHO)이며, 바닥재, 벽지, 접착제 등의 건축마감재와 실내에 설치된 각종 가구가 대표적인 오염 발생원이다. 특히, 최근의 실내 내장재 고급화 추세에 따라 MDF, 합판류 및 실크 벽지와 같이 접착제가 많이 들어간 화학제품의 사용이 크게 늘어나면서 실내 공기질은 과거에 비해 더욱 악화되었으며, 외부 소음차단과 건축물의 에너지 성능 향상을 위해 건축물의 기밀성능 향상에 따른 환기량의 감소도 실내공기질의 저하에 큰 몫을 하였다.³⁾ 즉, 현재 사용되고 있는 건축자재는 자재별로 정도의 차이는 있지만 대부분 화학물질을 함유하고 있다. 하지만, 최근 실내 공기질에 대한 사회적 관심이 증대됨에 따라 공동주택 건설 분야에서도 친환경 자재의 사용이 대부분의 실내 마감재료로 확대 적용되고 있다(김기현 외 2006).

2.2 실내 마감재료 적용 현황 및 문제점

공동주택 건설에 참여하는 설계자, 시공자 등 건설공사 참여자는 친환경 실내 마감재료의 선정의 기준을 마련하여 적용하고 있다. 공동주택 설계자 및 시공자의 친환경 재료 선정방식은 친환경상품인증원에서 평가 받은 자재의 휘발성 유기화합물 방출량과 포름알데히드 방출량 평가결과를 토대로 하여 선정하고 있으며, 친환경상품인증원의 평가는 개별 실내 마감재료에 대한 평가이다. 하지만, 실제 공동주택 마감재료는 그 시공방법에 따라 다양한 마감재료가 사용되고 있고, 친환경상품평가기준에 의해 최우수 등급의 친환경 재료라 하더라도 시공방법에 따라 달리 사용되는 접착제 등의 부자재에 의해 실내 공기질은 악화될 수 있다. 따라서 쾌적한 실내 공기질 확보를 위해서는 마감방법에 따라 적용되는 모든 재료를 파악하여 이들을 포괄한 복합재료의 개념으로 친환경 자재를 평가하여야 한다. 뿐만 아니라 실내 마감에 적용되는 모든 재료를 최고 등급의 친환경 자재를 적용한다면 실내 공기질 성능은 확보될 수 있지만 일반자재보다 고가인 친환경 자재의 무조건적 적용은 경제성 측면에서 한계가 있다. 그러므로 친환경 실내 마감재료의 선정에 있어 친환경성과 경제성을 동시에 고려할 수 있는 평가방법이 필요하다.

2) 전국의 신축 1년 이내 공동 주택을 대상으로 포름알데히드와 4종의 휘발성 유기화합물에 대하여 조사 (2004, 2~4)

3) 국무조정실, 교육인적자원부, 행정자치부, 산업자원부, 보건복지부, 환경부, 노동부, 건설교통부 관계부처 합동, "실내공기질 관리 기본계획, 2004.

3. 친환경 실내마감재료 선정방안

3.1 실내 공기질 측면의 친환경성

실내 공기오염으로 인해 거주자의 각종 질병을 유발하고 생활 환경에 악영향을 미치는 사례가 빈번히 발생함에 따라 국내·외 많은 국가에서 실내 마감재에 대한 친환경성을 평가하여 친환경 소재를 등급별로 선정하고 있다. 독일 미국 등 주요 선진국은 이미 1980년대 말부터, 일본의 경우는 1990년 중반부터 실내 공기질 및 새집증후군과 관련된 건강주거 환경의 확보가 본격적인 사회문제로 부각 되었으며, 실내 공기질에 따른 환경위해의 문제 인식과 그에 대한 대처방안을 제시하기 위해 다각적 접근이 시도되고 있다. 각 국가별 실내 공기질 측면의 오염물질 규제를 살펴보면 다음 표 2와 같다.

표 2. 국가별 친환경 상품 평가대상

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

각 국가마다 측정방법이나 규제의 강도는 차이가 있으나 표 2에서 보는 바와 같이 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 휘발성 유기화합물 총량과 포름알데히드 방출량을 기준으로 실내 공기질을 평가하고자 한다.

3.2 친환경 소재의 시공방법 분석

공동주택 실내 마감재료는 적용 공법에 따라 사용되는 자재가 달라지고 다양한 자재가 복합적으로 적용되는 특징이 있다. 따라서 실내 마감에 관한 디테일 도면과 시방서를 기준으로 실내 마감공법을 검토하였다. 최근 공동주택의 마감도면 및 마감재료 목록표를 기준으로 친환경 소재의 시공방법을 조사하여 각 시공 방법별로 적용되는 실내 마감재료를 파악하였다.

표 3과 같이 공동주택 실내 구성 요소를 벽 및 천장, 바닥으로 구분하고 각 구성 요소별 주로 사용되는 마감방법을 조사한 후

표 3. 실내마감 시공방법 및 특징

부위	시공방법	상세도	특징
벽	석고보드 마감		최근 건식벽체 시공에 많이 사용되는 방식으로 석고보드 위 벽지를 시공하는것이 일반적이다.
	노출 콘크리트 & 모르터 마감		벽 마감방식 중 쉽고 저렴한 방법이며 벽지 또는 페인트로 마감함.
바닥	판넬히팅		대표적인 바닥 마감방식으로 단열재와 난방을 위한 배관을 시공하고 온돌마루나 강화마루로 마무리 함.
천장	석고보드 마감		천장에 석고보드를 이용해 바탕을 처리하고 그 위에 천장지 또는 페인트로 마감함.

표 4. 실내마감 시공방법별 사용 자재 목록

부위	시공방법		
	마감공법	주자재	부자재
벽 및 천장	석고보드마감	석고보드 벽지(종이, 실크)	석고보드, 전분계 도배물, 접착제
	벽지 마감	벽지(종이, 실크)	전분계 도배물, 접착제
	페인트 마감	페인트	
바닥	마루바닥 마감	바닥마루	바닥마루 용 접착제
	PVC계 장판지 마감		PVC계 장판지
	천연소재 바닥재 마감		천연소재 바닥재

적용되는 자재를 목록화 하였다. 이러한 실내 마감재료의 친환경 성능과 경제성을 평가하여 가장 효율적인 실내 마감 방법을 제안하고자 한다. 이를 위하여 표 5에서 볼 수 있듯이 자재별 매출액 상위 생산 업체를 대상으로 친환경 제품의 휘발성 유기화합물 및 포름알데히드 방출량, 제품의 단가정보를 조사하여 분석하였다.

표 5. 조사된 자재 샘플

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

3.3 지수 산정을 위한 정량화 기법

친환경 소재의 친환경 등급을 산정하기 위해 각 소재의 친환경 성능을 정량적인 점수로 표현하기 위해서 통용되는 기준의 정립이 필요하다. 따라서 소재의 친환경 성능을 다음과 같은 일반적인 기준을 활용하여 점수화 하였다. 점수변환 기준은 우선 데이터의 범위가 허용범위($\pm 3\sigma$)를 초과하는 항목(Outlier)⁴⁾은 제거한 후 기초자료를 이용하여 히스토그램을 작성하고 히스토그램의 분포형태에 따라 아래의 점수화기준을 적용한다.

- 1) 정규분포를 가정한 평균 및 편차($x \pm s$)로 구간 설정(Distribution Range) - 샘플의 분포가 정규분포 형태일 때 사용하는 방법
- 2) Max-Min 구간을 절대적 기준으로 분할(Strict Limits) - 샘플의 분포가 등분포 일때
- 3) 상대적인 구간에 의한 5등분(Relative Ranking) - 샘플의 분포의 특정한 패턴이 보이지 않을 때
- 4) 통용되는 일반적 기준으로 구간 설정(Common Percent Scale) - 샘플의 분포를 연구자가 예측 가능하며 연구자 임의로 샘플의 간격을 구분하여 점수화 함.

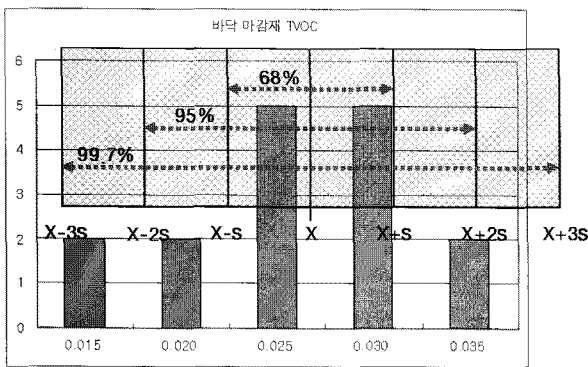


그림 2. 기초자료의 히스토그램

그림 2와 같이 기초자료의 히스토그램을 작성한 후 해당 항목의 히스토그램 분포 패턴이 위의 4가지 기준 중 해당하는 패턴을 판단한다. 그림 2와 같이 정규분포형태의 데이터 패턴인 경우 “정규분포를 가정한 $x \pm s$ 로 구간 설정”의 방법에 따라 평균을 중심으로 $\pm 1s$, $\pm 2s$ 를 구간 설정의 기준으로 한 후 각 구간마다 한 단계씩의 점수를 부여한다.

3.4 친환경 지수 산정

실내 마감재료의 친환경성에 대한 부분은 국내를 비롯하여 해

외 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(Environmental Index)

$$= \Sigma(\text{TVOC 방출량 평가점수}) + \Sigma(\text{HCHO 방출량 평가점수})$$

친환경성을 평가하는 지수는 실내 공기질 측면의 성능을 평가하는 지수로서 실내 마감에 사용되는 모든 재료의 TVOC와 HCHO를 합산하여 평가한 결과라 할 수 있다.

3.5 경제성 지수 산정

친환경 소재의 경제성은 제품의 m^2 당 단가를 조사하여 단가 자료를 활용한다. 복합재료의 재료비, 시공비를 모두 고려하고 제품가격 점수를 산정하여 지수를 산정한다. 점수를 산정하기 위한 기준은 친환경 지수 산정의 경우와 같이 데이터의 분포를 바탕으로 점수부여 기준을 정한 다음 구간을 나누어 점수를 부여하였다. 경제성 지수는 가격이 가장 비싼 제품을 5점, 가장 싼 제품을 1점으로 점수를 부여하였다.

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

4. 친환경 실내마감재료 선정결과

4.1 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 $ECI = EI$ (Environmental Index) /

4) 단가의 기재오류로 인해 제외된 데이터는 1건임.

단가 (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. 표 5는 조사된 샘플의 자재별 ECI 평가 결과이다. 종이벽지의 경우 친환경 성능이 가장 우수한 2번과 6번 제품의 경우 가격이 고가였다. 하지만, 10번, 11번 제품의 경우는 친환경 성능이 최우수 제품이 비해 2단계 낮지만 가격이 매우 저렴해 경제성이 우수하였다. 벽지의 경우(종이벽지, 실크벽지) ECI의 분포가 상대적으로 고른 반면, 접착제와 페인트의 경우는 ECI지수가 다소 낮은 결과가 나왔다. 이는 휘발성 유기용제를 사용하는 건축재료인 접착제와 페인트는 다소 환경적인 성능이 다른 건축재료에 비하여 떨어진다고 판단되며, 친환경성을 확보한 제품의 개발이 요구된다.

PVC계 장판지의 경우는 최근들어 친환경성을 확보한 제품이 많이 개발되었고 경제성 또한 확보하고 있어 마루 제품보다 다소 높은 ECI를 기록하였다. 현재 공동주택 실내 마감재료로 사용되는 제품 중 많은 제품이 친환경제품인증기준을 통과하여 성능에 따라 등급이 매겨지고 있다. 2005년 기준으로 친환경상품으로 등록된 제품의 수가 130여개 정도이며 점점 증가하는 추세에 있다. 따라서 다양한 친환경 제품 중 최적의 대안을 찾아낼 수 있어야 한다.

따라서, TVOC방출량과 HCHO방출량을 서로 비교분석하여 거주자가 판단할 수 있는 허용기준 내에서 가장 경제성이 우수한 대안을 찾을 수 있다. 표 5는 조사된 실내 마감재료 중 친환경상품인증평가 기준에 미달하는 제품은 경제성이 아무리 우수하더라도 분석에서 제외하였다. 법적인 성능을 비롯해 기준이 되는 성능을 충족하지 못하는 제품의 경제성 평가는 무의미하다.

친환경 소재의 ECI 값을 그래프로 표현하여 분석결과를 의사결정의 기준으로 삼을 수 있다. ECI 값의 기울기가 급격히 증가하는 지점(성능상승이 뚜렷하여 다른 제품과 성능구분이 확연한 지점)에서 실내 마감재료를 구분할 수 있지만 ECI 상위그룹을 중심으로 심층적인 분석이 필요하다. 예를 들어, 종이벽지의 경우는 10번, 11번 제품이 타 제품보다 상대적으로 높은 ECI 값(8.0)을 기록했고 14번 제품의 경우 5.0의 ECI 값이 도출되었다. 이들 제품의 친환경성능과 경제성을 비교해보면 10번, 11번 제품의 친환경 지수는 8점이고, 경제성 지수는 1점이다. 14번 제품의 경우 친환경 지수는 10점이고 경제성 지수는 2점을 기록하였다. 이는 14번 제품이 10번, 11번 제품보다 친환경 성능은 좋으나 제품가격이 비싸다는 결과이다. 만약 노후 공동주택 거주자

표 5. 실내 마감재료 분석 결과

구분	자재 No.	TVOC	TVOC	HCHO	HCHO	EI	단가 원/m ²	CI	ECI
		방출량 (mg/m ²)	방출량 점수	방출량 (mg/m ²)	방출량 점수				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(2)+(4)	(5)	(6)	((2)+(4)) / (6)
종이벽지	1	0.058	2	0.001	5	7	696	5	1.40
	2	0.016	5	0.001	5	10	647	5	2.00
	3	0.058	2	0.001	5	7	400	4	1.75
	4	0.058	2	0.001	5	7	351	4	1.75
	5	0.040	3	0.001	5	8	276	3	2.66
	6	0.016	5	0.001	5	10	412	4	2.50
	7	0.040	3	0.001	5	8	291	3	2.66
	8	0.040	3	0.001	5	8	221	2	4.00
	9	0.058	2	0.002	4	6	216	2	3.00
	10	0.007	5	0.003	3	8	194	1	8.00
	11	0.040	3	0.001	5	8	194	1	8.00
	12	0.039	4	0.001	5	9	212	2	4.50
	13	0.039	4	0.001	5	9	212	2	4.50
	14	0.021	5	0.001	5	10	213	2	5.00
실크벽지	1	0.058	2	0.002	4	6	459	3	2.000
	2	0.058	2	0.002	4	6	450	3	2.000
	3	0.058	2	0.002	4	6	412	2	3.000
	4	0.039	4	0.001	5	9	455	3	3.000
	5	0.021	4	0.001	5	9	449	3	3.000
	6	0.021	4	0.001	5	9	412	2	4.500
	7	0.021	4	0.001	5	9	418	2	4.500
	8	0.021	4	0.001	5	9	412	2	4.500
	9	0.039	4	0.001	5	9	382	1	9.000
	10	0.016	5	0.001	5	10	412	2	5.000
접착제	1	0.073	2	0.027	3	5	903	5	1.000
	2	0.174	1	0.007	4	5	651	2	2.500
	3	0.024	5	0.036	2	7	840	4	1.750
	4	0.03	4	0.005	5	9	714	3	3.000
	5	0.064	3	0.005	5	8	588	1	8.000
페인트	1	0.200	1	0.050	1	2	3,450	2	1.000
	2	0.200	1	0.050	1	2	3,267	2	1.000
	3	0.052	4	0.004	2	6	5,000	5	1.200
	4	0.200	1	0.050	1	2	3,694	2	1.000
	5	0.200	1	0.050	1	2	3,521	2	1.000
	6	0.200	1	0.050	1	2	3,211	2	1.000
	7	0.200	1	0.050	1	2	3,250	2	1.000
	8	0.039	5	0.003	3	8	4,362	4	2.000
	9	0.054	4	0.004	2	6	3,889	3	2.000
바닥마루	1	0.030	3	0.004	1	4	31,794	2	2.000
	2	0.015	4	0.043	1	5	31,645	2	2.500
	3	0.020	4	0.010	4	8	66,750	5	1.600
	4	0.020	4	0.032	2	6	33,336	3	2.000
	5	0.022	4	0.032	2	6	31,679	2	3.000
	6	0.022	4	0.015	4	8	59,000	4	2.000
	7	0.022	4	0.015	4	8	33,308	3	2.667
	8	0.015	4	0.043	1	5	28,766	1	5.000
	9	0.033	3	0.020	3	6	31,687	2	3.000
	10	0.028	4	0.015	4	8	40,878	3	2.667
	11	0.028	4	0.020	3	7	31,246	2	3.500
	12	0.025	4	0.018	4	8	42,392	3	2.667
	13	0.030	3	0.018	4	7	31,489	2	3.500
	14	0.030	3	0.004	5	8	31,285	2	4.000
	15	0.031	3	0.020	3	6	27,655	1	6.000
	16	0.025	4	0.015	4	8	29,356	1	8.000
장판지	1	0.001	5	0.001	5	10	14,900	3	3.333
	2	0.002	4	0.001	5	9	11,000	2	4.500
	3	0.001	5	0.001	5	10	12,200	2	5.000
	4	0.005	1	0.002	4	5	7,500	1	5.000
	5	0.001	5	0.001	5	10	11,100	2	5.000
	6	0.003	3	0.001	5	8	9,700	1	8.000
	7	0.009	1	0.001	5	6	9,500	1	6.000
	8	0.001	5	0.001	5	10	17,000	4	2.500
	9	0.001	5	0.001	5	10	18,010	4	2.500
	10	0.001	5	0.001	5	10	19,000	5	2.000

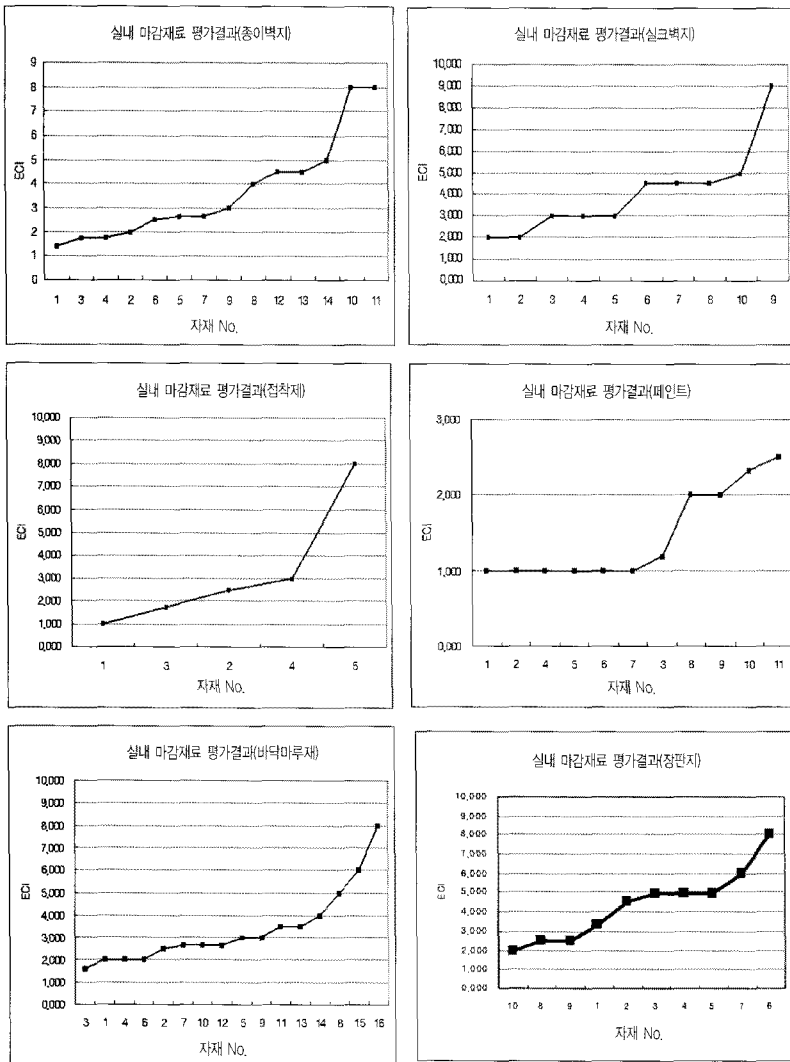


표 3. 실내 마감재료 평가결과(그래프)

가 14번 제품의 선정에 따른 추가가격을 부담할 수 있는 수준이라면 10번, 11번 제품보다 14번 제품을 선정할 수 있다. 이와 같이 ECI 값이 높은 제품의 순서로 경제성과 친환경성을 분석하고 거주자의 경제적 부담의 한계점을 기준으로 실내 마감재료를 선정할 수 있다. 이처럼 공동주택 거주자 또는 시공자, 설계자의 의사결정을 지원할 수 있는 기능을 갖추어 친환경 실내 마감재료의 최종적인 선정과정에서 의사결정 대안을 제시할 수 있어야 한다. 최종 의사결정자로 하여금 평가된 대안을 대상으로 최종적인 선정의 의사결정을 지원할 수 있어야 한다.

4.2 실내 마감공법에 따른 복합재료의 평가

실내 마감재료 시공방법에 따라 다양한 재료가 복합적으로 사용되므로 이들 재료 모두를 대상으로 친환경성, 경제성을 동시

에 고려하여 가장 효율적인 시공방법을 선정하는 것이 가능하다. 시공방법 별 다양하게 적용되는 재료 모두를 대상으로 앞서 도출한 ECI가 가장 큰 제품의 관련자료를 합산하여 각 공법의 통합된 ECI를 산출한다. 각 공법의 통합된 ECI를 비교하여 가장 효율적인 실내 마감공법을 선정할 수 있다. 표 6은 앞서 분류한 실내 마감 공법 별 사용되는 모든 소재를 대상으로 ECI를 산정하여 가장 효율적인 마감방법을 선정한 표이다. 각 마감방식에 따라 최우수 등급의 자재가 사용되었다고 가정하고 복합재료의 ECI를 평가한 결과이다.

벽 및 천장과 같은 경우는 벽지마감이 경제적인 측면에서 효율이 가장 우수(ECI: 8)한 결과를 나타냈으며, 실크벽지가 두 번째 대안으로 나타났다. 페인트는 시공방법이 간단하고 단가도 저렴하나 다른 마감재료에 비해 공기오염 물질을 많이 방출하고 있어 친환경성에서 높은 점수를 얻지 못하였다.

바닥 마감과 같은 경우는 PVC계 장판지가 가장 높은 ECI 값(10)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 실

내 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.

5. 결론 및 향후연구

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 경제적

표 6. 공동주택 실내 마감재료 시공방법 별 ECI 분석결과

부위	마감공법	자재종류	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	석고보드마감	석고보드	0.001	5	0.001	5	10	3	3.33
		석고본드	0.064	3	0.005	5	8	1	8
		종이벽지	0.021	5	0.001	5	10	1	10
		도배플	0.074	3	0.003	3	6	1	6
	계		0.16	4	0.01	4.5	8.5	1.5	5.67
	종이벽지 마감	종이벽지	0.021	5	0.001	5	10	1	10
		도배플	0.074	3	0.003	3	6	1	6
	계		0.095	4	0.004	4	8	1	8.00
	실크벽지 마감	실크벽지	0.016	5	0.001	5	10	2	5
		접착본드	0.064	3	0.005	5	8	1	8
	계		0.08	4	0.006	5	9	1.5	6.00
	페인트 마감	페인트	0.074	4	0.005	1	5	1	5
계		0.074	4	0.005	1	5	1	5	
바닥	마루바닥 마감	비단마루	0.025	4	0.015	4	8	2	4
		접착본드	0.064	3	0.005	5	8	1	8
	계		0.089	3.5	0.02	4.5	8	1	6
	PVC계 장판지 마감	PVC계 장판지	0.001	5	0.001	5	10	1	10
	계		0.001	5	0.001	5	10	1	10
	천연소재 바닥재 마감	천연소재 바닥재	0.001	5	0.001	5	10	2	5
계		0.001	5	0.001	5	10	2	5	

인 부담을 가중시킬 수 있다. 최근 친환경 상품에 대한 사회적 관심이 높아지고 있고 친환경건축물인증제도, 주택성능표시제도 등 친환경 제도에서 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 뿐만 아니라 공동주택 신축에 활용가능 할 것으로 사료된다. 하지만 향후 보다 합리적인 실내 마감재료의 선정을 위해서는 경제성, 친환경성에 대한 가중치를 고려한 선정방법이 제시될 필요가 있다.

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.

논문제출일: 2007.11.20

심사완료일: 2008.04.14



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
