

공동주택 건축마감자재 오염물질 방출에 관한 연구

김민우, 이충근[†], 황동규, 이성연

두산건설(주)기술연구소

A Study of Pollutants emitted from Apartment finishing Materials

Min-Woo Kim, Chung-Keun Lee, Dong-Gyu Hwang, Seong-Yeun Lee

ABSTRACT: Construction company's role is getting bigger recently because of interest of indoor air quality problem. The using environment-friendly building finishing material is the most benefit method to reduce pollutants in house. It is confirmed the actual condition of environment-friendly building finishing material such as wallpapers, wooden flooring boards, glues, paints, adhesives, plaster boards that are used the work of apartment construction in 2006-2007.

It shows that environment-friendly materials have excellent grade mostly, general materials have pass I, passII grade mostly and are high TVOC emission.

Key words: Indoor air quality(실내공기질), Formaldehyde(포름알데히드), Total Volatile organic compounds(총휘발성유기화합물), Environment-friendly building finishing materials(친환경건축마감재), Small chamber(소형챔버)

1. 서론

최근 새집증후군(SBS : Sick Building Syndrome)과 화학물질과민증(MCS : Multiple Chemical Sensitivity)의 증상이 초래되면서 실내공기질에 대한 관심이 높아지고 있다. 환경부는 2004. 5. 30일 부터 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'을 시행하여 시공자는 입주 3일 전부터 60일간 입주민과 해당 지자체에 실내공기질의 측정 결과를 공고해야 할 의무가 있다. 따라서 시공자는 시공 후부터 입주 전 까지 오염물질 방출량을 저감시키기 위해 다양한 방법을 시도하고 있다. 저감 방안은 환기, 베이 크아웃, 기능성제품 사용, 친환경자재 사용 등 여러 가지가 있다.

환기는 가장 쉬우면서 경제적인 방법으로 창과 외부 문을 개방시켜 자연환기를 하거나 세대 내에 설치된 환기장치를 이용하여 강제환기를 실시하는 것이다. 베이크아웃은 온돌문화의 우리나라 실정에 적합한 방법으로 보일러를 이용하여 집안을 30 ~ 35℃ 정도로 가열시켜 단 시간동안 건축자재에 내포된 오염물질의 분자 운동을 활발히 함으로써 휘발시키는 것이다. 또한 시중에 기능성제품으로 광촉매나 바이오 세라믹과 같은 종류가 있으나 아직까진 보편적으로 많이 사용하지 않고 있다.

최근에는 예전에 비해 일반자재보다 벽지, 온돌마루, 접착제, 페인트 등 건축자재의 오염물질이 저방출 되는 친환경제품을 많이 사용하고 있다.

시공자 입장에서선 실내공기질 저감방안으로 친환경자재를 많이 사용하고 있는데 실제 시공 되는 자재가 오염물질 저방출이 아닐 경우 저

[†] Corresponding author
Tel.: +82-2-510-3498; Fax: +82-2-510-3594
E-mail address: yckun@doosan.com

감효과를 얻기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 '06년 ~ '07년간 현장에 반입되는 자재를 대상으로 소형챔버실험을 통해 오염물질 방출량을 확인함으로써 친환경자재의 현 실태를 파악하고, 친환경자재의 Database를 구축하는데 궁극적인 목적이 있다.

2. 실험개요 및 방법

2.1 실험 개요

실험대상 샘플은 '06년 ~ '07년 준공된 아파트 현장에 시공된 자재로 벽지(180종), 온돌마루(17종), 페인트(5종), 접착제(13종), 폴(8종), 석고보드(4종)로 총 227종이며 Table 1과 같다. 당사 IAQ실험실에서 실험했으며 샘플 반입과정은 시공 당시 현장에서 직접 보내 주었고, 현장 여건에 따라 완전 밀봉한 상태로 보낸 경우도 있고 그렇지 못한 경우도 있었다. 벽지는 각 현장 별로 디자인과 색상이 다양하고 종류가 많아서 여러 벽지업체의 비율을 나눠서 실험하였고 그 외 자재는 사용된 현장에서 중복되는 경우가 많아 실험 수량이 많지 않다.

2.2 실험 방법

공정시험법에 제시된 소형챔버법으로 소형챔버 내의 공기 농도와 챔버를 통과하는 공기의 적산유량 및 시험편의 표면적을 구하여 시험대상인 건축재료의 단위면적 당 총휘발성유기화합물(TVOC) 및 포름알데히드(HCHO) 방출량을 측정하는 방법이다. 챔버 조건은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 와 상대습도 $50 \pm 5\%$ 이고 크기는 스테인

Table 1 Experimental sample kinds & quantity

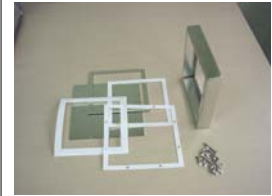
kinds	quantity(ea)
wallpaper	180
wooden flooring board	17
paint	5
adhesive	13
glue	8
plaster board	4
Total	227



small chamber



sample test chamber



sample holder

Fig 1. Small chamber system

리스강 재질의 20L인 것을 사용했으며 구성은 Fig 1과 같다. 실험하기 전에 샘플테스트챔버와 샘플홀더는 메탄올로 깨끗이 세척한 뒤 오븐에 260°C 로 15분간 가열처리하고 테프론은 80°C 로 15분간 가열처리한 후 사용한다. 포집된 총휘발성유기화합물과 포름알데히드는 각각 HPLC와 GC/MSD, TDS 장비를 이용하였다.

2.3 측정 및 분석방법

본 실험에서 HCHO의 포집은 오존을 제거하기 위해 요오드칼륨으로 충전된 오존스크러버를 DNPH Cartridge 전단에 연결하고 SIBATA MP- Σ 100H 펌프로 0.13 l/min , 40분간 포집 (5.2 l)하였다.

VOCs는 Tenax TA 흡착관에 SIBATA MP- Σ 30H 펌프로 0.13 l/min , 40분간 포집 (5.2 l)하였다. 실험 전 흡착관 컨디셔닝은 30

Table 2 Laboratory equipment

Equipment	Analysis method
HPLC	Agilent 1100
	- Injection volumn : 20 μ l
	- ACN : H ₂ O = 50 : 50
	- Column : XDB-C18 4.6×150mm, 5Micron
	- Flow : 1ml/min
GC/MSD	Agilent 6890N/5973 inert
	- HP-5(30m×0.25mm×1.8 μ m)
	- Column flow : 1ml/min
	- MS ion source temp : 230 $^{\circ}$ C
	- Column temp rate : 45 $^{\circ}$ C (5min)→5 $^{\circ}$ C/min→180 $^{\circ}$ C (10min)→7 $^{\circ}$ C/min→250 $^{\circ}$ C (5min)

0 $^{\circ}$ C로 12시간 동안 실시하였다. 만약 채취 후 1시간 이내에 분석하지 못할 경우, 알루미늄 호일 등으로 밀봉한 후 분석 시까지 4 $^{\circ}$ C로 냉장 보관하였다.

시료 분석은 HCHO는 HPLC를 사용하였고, TVOC는 Gerstel TDS과 GC/MSD를 사용하였다. 각각 분석장비의 조건은 Table 2와 같다.

2.4 시험편 제작

고체일 경우 시험편을 165×165mm 크기로 만들고 시험편 표면적의 147×147mm를 제외한 부

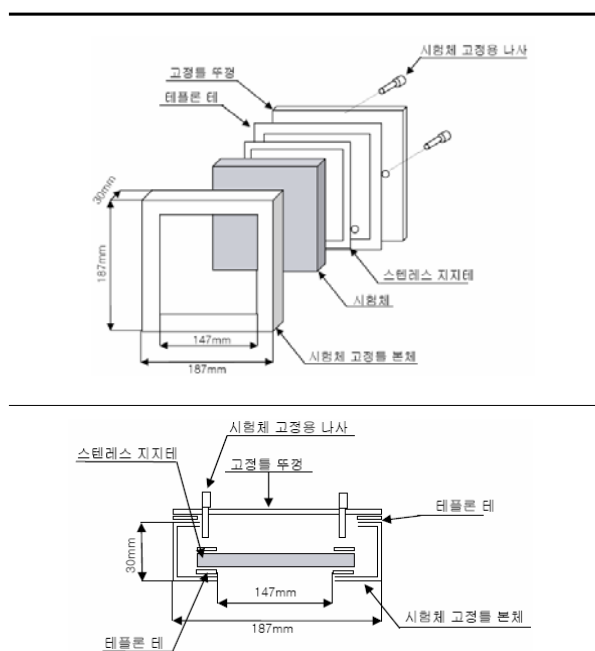


Fig 2. Sample size

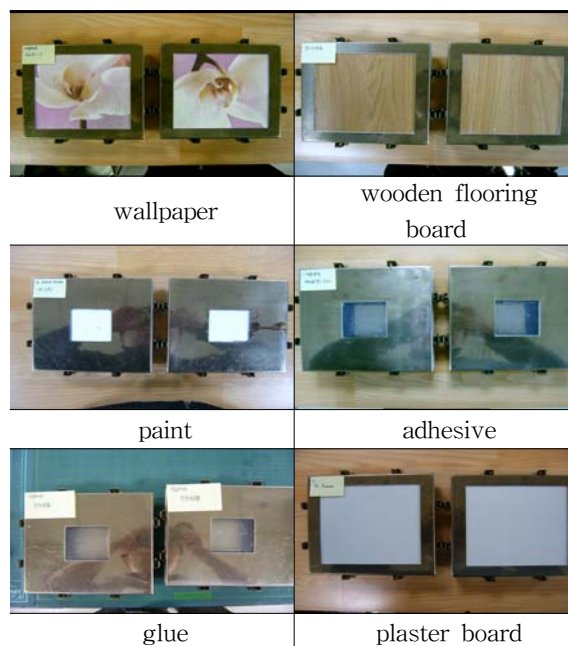


Fig 3. Sampling

분은 알루미늄 호일로 쓴다. 액체일 경우 유리 판에 300g/m² 도포하여 건조시킨 뒤에 챔버 내에 설치한다. 시험편 크기와 샘플홀더에 끼워진 모습은 각각 Fig 2와 Fig 3과 같다.

3. 실험결과

건축마감자재 인증등급은 HCHO와 TVOC를 5등급으로 구분하였으며, 내용은 Table 3과 같

Table 3 Grade classification

classification		general material, paint(mg/m ² · h)	adhesive (mg/m ² · h)
excellent	HCHO	under 0.015	under 0.03
	TVOC	under 0.1	under 0.25
very good	HCHO	0.015~0.05	0.03~0.12
	TVOC	0.1~0.2	0.25~0.5
good	HCHO	0.05 ~0.12	0.12~0.4
	TVOC	0.2~0.4	0.5~ 1.5
pass I	HCHO	0.12 ~0.6	0.4~2
	TVOC	0.4~2	1.5~5
pass II	HCHO	0.6~1.25	2~4
	TVOC	2~4	5~10
out of grade	HCHO	over 1.25	over 4
	TVOC	over 4	over 10

다. 실험결과 벽지는 총 180종 중 99종은 오염 물질을 미량 방출했고 그 외 나머지 대부분은 TVOC가 다량 방출되었다. 도표는 Table 4와 같고 괄호 안 숫자는 일반자재 수량이다.

Table 4 Wallpaper experimental result

classification	emission factor(mg/m ² · h)		wallpaper (ea)
	HCHO	TVOC	
excellent	HCHO	under 0.015	101
	TVOC	under 0.1	
pass I	HCHO	0.12~0.6	1
	TVOC	0.4~2	68(60)
pass II	HCHO	0.6~1.25	9(7)
	TVOC	2~4	
out of grade	HCHO	over 1.25	2(2)
	TVOC	over 4	
total			180

온돌마루는 총 17종 중 16종은 오염물질을 미량 방출했고 1종의 포름알데히드가 다량 방출했으며 도표는 Table 5와 같다.

Table 5 Wooden flooring board experimental result

classification	emission factor(mg/m ² · h)		wooden flooring board(ea)
	HCHO	TVOC	
excellent	HCHO	under 0.015	16
	TVOC	under 0.1	
pass I	HCHO	0.12~0.6	1
	TVOC	0.4~2	
total			17

페인트는 총 5종 중 4종은 오염물질을 미량 방출했고 1종은 TVOC가 다량 방출했으며 도표는 Table 6과 같다.

Table 6 Paint experimental result

classification	emission factor(mg/m ² · h)		paint(ea)
	HCHO	TVOC	
excellent	HCHO	under 0.015	4
	TVOC	under 0.1	
pass I	HCHO	0.12~0.6	1
	TVOC	0.4~2	
total			5

접착제는 13종 모두 오염물질이 미량 방출했고 도표는 Table 7과 같다.

Table 7 Adhesive experimental result

classification	emission factor(mg/m ² · h)		adhesive (ea)
	HCHO	TVOC	
excellent	HCHO	under 0.03	13
	TVOC	under 0.25	
total			13

폴은 8종 모두 오염물질이 미량 방출했고 도표는 Table 8과 같다.

Table 8 Glue experimental result

classification	emission factor(mg/m ² · h)		glue (ea)
	HCHO	TVOC	
excellent	HCHO	under 0.03	8
	TVOC	under 0.25	
total			8

석고보드는 4종 모두 오염물질이 미량 방출했고 도표는 Table 9와 같다.

Table 9 Plaster board experimental result

classification	emission factor(mg/m ² · h)		plaster board(ea)
	HCHO	TVOC	
excellent	HCHO	under 0.015	4
	TVOC	under 0.1	
total			4

4. 결론

'06 ~ '07년간 현장에 반입된 친환경자재에 대한 소형챔버실험을 실시하여 오염물질 방출량을 확인 해 보았다. 자재는 당사 아파트 현장에 직접 시공된 것을 대상으로 현장에서 직접 보내 주었고, 실험방법은 환경부에 고시된 다중이용시설등의 실내공기질관리법의 공정시험법으로 소형챔버법에 의한 건축자재 방출 오염물질 측정방법으로 실험했다. 벽지의 일부는 일반자재가 포함되었고 나머지는 전부 친환경자재에 해당된다. 실험결과는 다음과 같다.

- (1) pass I, pass II 등급에 해당되는 자재는 각각 벽지 43%, 온돌마루 6%, 페인트 20% 차지하였다.
- (2) pass I, pass II 등급에 해당되는 자재 중 벽지 2종, 온돌마루 1종은 포름알데히드의 방출량이 높고 그 외 나머지 자재는 모두 TVOC 방출량이 높았다. 이에 따라 자재 내의 TVOC 방출량이 높은 것으로 판단된다.
- (3) 벽지의 경우 pass I, pass II 등급에 해당된 것은 대부분 일반자재이며 친환경자재보다 일반자재가 오염물질 방출량이 높음을 알 수 있었다.
- (4) 접착제, 폴, 석고보드는 오염물질 방출량이 낮았다.

위 실험결과를 토대로 일반자재보다 오염물질 저방출인 친환경자재를 사용함으로써 실내공기질을 향상시키는데 도움이 될 것으로 판단된다.

실험결과에 대한 제한점은 다음과 같다.

- (1) 친환경자재이지만 오염물질 방출량이 높은 경우는 현장에서 송부하는 과정에서 자재를 개별적으로 밀봉하지 않아 오염상태에 노출될 수가 있고, 실험실에 반입 후 자재 보관을 철저히 하지 않은데서 오차가 발생할 가능성이 있다.
- (2) 당사 아파트 현장에 사용된 자재를 대상으로 실험한 내용이므로 벽지는 종류가 다양하지만 나머지 자재는 사용된 현장이

중복되어 종류가 다양하지 않다.

- (5) 일부 벽지 제품과 벽지 외 나머지 자재 경우 수량이 많지 않아 실험 데이터를 일반화하기엔 제한점이 따른다.

추가로 내부 마감자재 뿐 만 아니라 세대 내에 배치되는 가구에서도 적지 않은 양의 오염물질이 방출되므로 향후 이에 대한 연구를 해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Choi, S. H., 2007, A study on the characteristics of pollutants emitted from environment-friendly building finishing materials, Proceeding of the KIAEBS pp. 105-108
2. Kwon, Y. C., 2007, A study on major pollutants emitted from building finishing materials in Korea, 8th international symposium on Eco- Materials Processing and Design(ISEPD)
3. Kim, S. S., 2008, Numerical analysis of the indoor air quality and VOC emission from building materials with the temperature variation, Architectural institute of Korea pp. 233-240
4. Kim, J. K., 2007, A study on the finishing materials for reduction of indoor pollution, Magazine of the Korean institute of interior design, pp. 303-313
5. Park, J. C., 2006, A study on the data base pollutants emission from environment-friendly building materials