

# 실측을 통한 신축공동주택의 주요 VOCs 물질 농도에 관한 연구

김 창 남<sup>†</sup>, 김 용 경, 이 성 진  
(주)코오롱건설 기술연구소

## A Study on Concentration of Volatile Organic Compounds in Newly-Apartment House by Measurement

Chang Nam Kim<sup>†</sup>, Young Kyoung Kim, Sung Jin Lee  
Construction Research Team, Kolon Engineering and construction, Yongin 449-815, Korea

**ABSTRACT:** Because of the high airtightness and insulation of the building, indoor environment has been largely polluted resulted from insufficient ventilation and occurrence of new air pollutant. These factors have made worse indoor air quality and caused symptoms of the SHS(Sick House Syndrome), MCS(Multi Chemical Sensitivity).

The purpose of this study is to present the fundamental strategies for improving the Indoor Air Quality(IAQ) in newly-constructed apartment buildings. To investigate the concentration of indoor air pollutants such as Formaldehyde and VOCs, the field measurement were conducted.

**Key words:** Newly apartment houses(신축공동주택), Indoor Air Quality(실내공기질), Bake-out(베이크 아웃), Ventilation System(환기시스템)

### 1. 서 론

거주자의 실내공간에서의 체류시간은 하루의 80%이상으로 거주자의 건강에 직접적으로 영향을 주는 실내 환경에 대한 중요성이 점점 커지고 있다. 특히 일반 성인의 하루 호흡량은 12m<sup>3</sup>로 환기가 제대로 이루어지지 않고 있는 기밀성이 우수한 건축물의 실내 공기질은 무엇보다 중요한 문제라 할 수 있다. <sup>(1)</sup>

최근, 신축공동주택에 입주한 거주자들이 일시적 또는 만성적인 두통, 눈, 코, 목 등이 이상과 구토, 어지러움, 가려움증 등 건강의 이상을 일으

키는 새집증후군(Sick House Syndrome)은 가장 큰 실내공기환경문제로 대두되었고, 이러한 실내 공기질의 관리 및 개선을 위해 환경부에서는 2004. 5. 30일부터 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」을 시행하였다. 이에 시공자는 입주 3일 전부터 60일간 입주민과 해당 지자체에 실내 공기질의 측정결과를 공고해야할 의무를 갖게 되었다.

이러한 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」이 시행된지 4년 정도의 시간이 경과된 시점에서 실내공기질의 현상환은 어떻게 변화되었고 어느 정도에 이르렀는지 살펴보고 분석해보는 연구는 현시점에서 매우 의미있을 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」 시행이후 최근 1년에서 2년사이 입주를 실시한 당사 공동주택 및 주상복합을 그 대상

<sup>†</sup> Corresponding author  
Tel: +82-31-329-0643, fax: +82-31-329-0651  
E-mail address: changnam97@kolon.com

Table 1 측정 신축공동주택 개요

구분	지역	측정시기	측정세대	형상	비고
A	대구	06.4	4	관상형	
B	대전	07.1	15	관상형/탑상형	
C	부산	07.2	10	관상형	
D	경기	07.2 / 07.3	4	탑상형(주상복합)	환기장치 효과실험
E	경기	08.3 / 08.4	19	관상형/탑상형	bake-out 효과실험

으로 하여, 실내공기질 측정결과를 비교 분석하였고 궁극적으로 신축공동주택의 실내공기환경 개선을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

## 2. 실내공기질 측정개요 및 방법

### 2.1 측정개요

본 연구는 2006년에서 2008년에 입주를 시작한 당사의 공동주택 및 주상복합건축물을 그 대상으로 입주 전 실내공기질을 측정하였다. 측정지역 및 세대는 Table 1과 같다.

### 2.2 측정방법

각 현장의 측정은 기술연구소와 실내공기질 측정대행업체가 동시에 수행하였으며 2004년 6월 고시된 실내공기질 공정시험방법에 따라 Tenax-TA tube와 DNPH-cartridge를 이용하여 측정대상 오염물질인 6개 VOC물질 (Formaldehyde, Toluene, Benzene, Ethylbenzene, Xylene, Styrene)을 포집하였다. 측정전에는 30분환기와 5시간밀폐를 실시하였고 공정시험방법에 따라 오후 1시에서 5시사이에 포집을 실시하였으며 이에 대한 분석은 GC/MS(Gas Chromatography & Mass Spectrum)와 HPLC(High Performance Liquid

Chromatography)를 이용하여 분석하였다. GC/MS와 HPLC 분석조건을 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

## 3. 측정결과 및 분석

### 3.1 형상별 비교

대전에 위치한 B단지과 경기도에 위치한 E단지의 경우, 탑상형과 관상형아파트가 동시에 존재하는 아파트 단지이다. 이 두단지를 대상으로 하여 탑상형과 관상형의 형상차이에 따른 측정 평균값을 Fig. 1에 나타내었다. 오염물질마다 권고 기준 값이 달라서 각각의 기준값을 중심으로 비율로 나타내었다. 전반적으로 VOCs농도가 환경부 권고기준 이하로 나타났으며, 형상별로 실내공기질 측정결과를 분석한 결과, Formaldehyde를 제외한 모든 VOC물질에서 타워형이 관상형보다 다소 높게 나타났거나 유사한 농도수준으로 나타났다. 이는 관상형의 경우 평면상 맞통풍이 가능하여 환기가 순조롭게 이루어진 반면, 타워형은 맞통풍이 어려운 평면구조로 인해 환기가 잘 이루어지지 않았던 것으로 사료된다.

### 3.2 지역별 비교

대구에 위치한 A단지, 대전에 위치한 B단지,

Table 2 GC/MS-VOCs 분석기기 분석조건

운전인자	조건			
열탈착 장치 (TD)	탈착 온도	Desorption Temp, Time	280℃,30Min	
		Cold trap Temp, Time	-11℃,30Min	
	탈착유량:44ml/min, Split ratio-1:1			
가스크로마토그래피 (GC)	주입기온도	280℃	운반기체	HeGas
	오븐온도	300℃	Column	BP-1
	split Ratio	50:1	Carrier GF	54.4ml/min
질량분석계 (MS)	인터페이스	240℃	이온화방법	EI
	이온원온도	200℃	질량범위	40~350(m/z)

Table 3 HPLC-포름알데히드 분석기기 분석조건

운전인자	조건
Column	RP-8(GP250×4.6mm)
이동상	Water:THF(8:2) : Acetonitrile = 3 : 7
유량	1.0 mL / min
오븐온도	40℃
검출기	360nm(UV)
시료 주입량	20μl

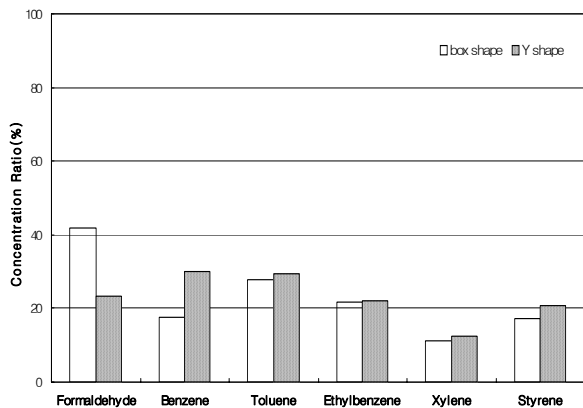


Fig. 1 Concentration Ratio according to Building shape

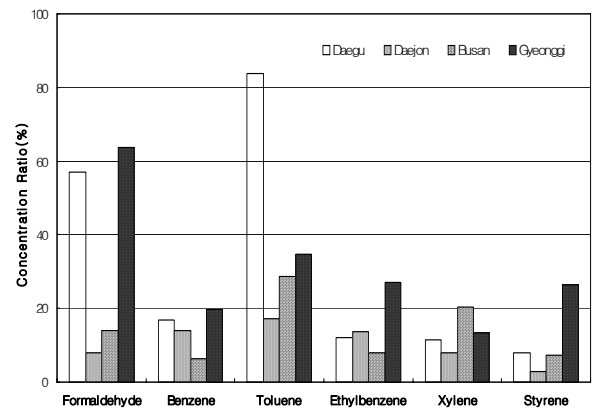


Fig. 2 Concentration Ratio according to Apartment location

부산에 위치한 C단지, 경기도에 위치한 E단지를 대상으로 하여 지역별 실내공기 오염농도 수준을 비교분석 하여 Fig. 2에 나타내었다. 판상형과 탑상형이 동시에 존재하는 B와 E단지의 경우 그 영향요소를 줄이기 위하여 판상형 세대 측정결과만을 이용하였다. 전반적인 농도는 환경부 권고 기준 이하의 농도로 나타났으며 세대수나 현장수가 부족하여 지역별 실내공기 오염농도수준을 대표하기에는 무리가 있지만, 지역별 실내공기 오염농도 차이가 존재하는 것으로 나타났고 이는 지역적 환경요인에 기인한 것으로 사료된다.

### 3.3 세대위치별 비교

형상별로 층고(저층부, 중층부, 고층부)에 따른 실내공기 오염물질 농도수준을 분석하여 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다. 층고의 구분은 10층 이

내를 저층부로, 20층 이내를 중층부로, 20층 이상을 고층부로 구분하였다. Fig. 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 실내공기중의 VOCs농도는 대상세대의 주동내 높이에 따른 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 공동주택의 실내 온/습도가 증가할수록 오염물질 방출량도 높아지기 때문이며, 일반적으로 저층부에서 고층부로 갈수록 실내농도가 다소 상승하는 것으로 보고되고 있다.<sup>(2)</sup> 본 연구의 분석결과에서도 고층부로 갈수록 실내 VOCs 농도가 높아지는 경향을 보이고 있는데, 이는 고층건물에서 발생하는 연돌효과와 일사조건의 차이에 따라 상층부의 온습도 조건이 저층부에 비해 다소 높아지는 경향에 의한 결과로 예측된다.

### 3.4 환기시스템 가동에 따른 비교

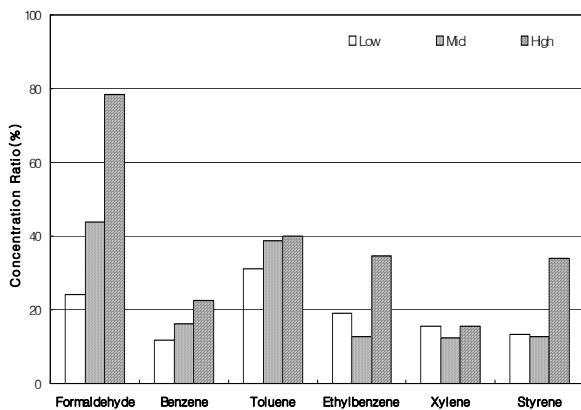


Fig. 3 Box shape Concentration Ratio according to Story type

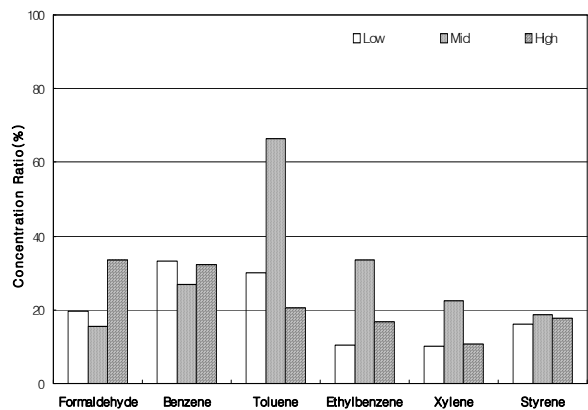


Fig. 4 Y shape Concentration Ratio according to Story type

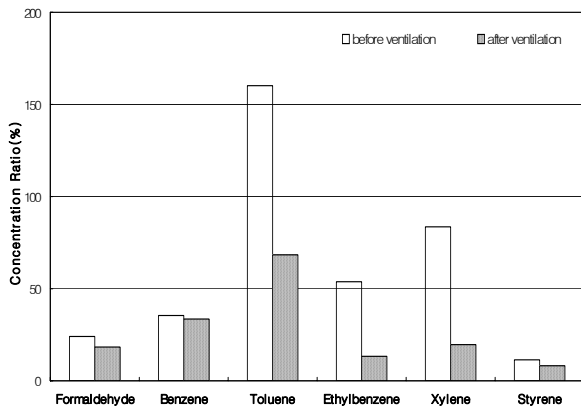


Fig. 5 Concentration Ratio according to ventilation

환기시스템을 가동하기 전 측정결과와 가동한 후의 측정결과를 비교하여 환기시스템의 실내공기 오염농도 저감성능을 평가하였다. 대상단지는 D단지로 한정하였고, 설치된 환기시스템은 덕트형 각실 급배기 방식이며 2주 동안 0.7회/h의 환기량을 유지한 채 환기시스템을 가동하였다. 이때 주방환기는 가동하지 않았다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 전반적으로 환기시스템을 가동함에 따라 실내공기 오염농도가 낮아졌으며, 특히 Toluene과 Ethylbenzene의 경우 70%가 넘는 오염물질 감소율을 보였다.

### 3.5 Bake-out 실시에 따른 비교

E단지에 Bake-out을 실시하였고, Bake-out 실시 전과 실시 후에 실내공기질을 측정하여 Bake-out의 실내공기 오염농도 저감성능을 평가하였다. Bake-out은 7일간에 걸쳐 실시하였고 30±1℃를 온도유지조건으로 설정하였다. Bake-out 실시 전과 실시 후의 실내공기 오염농도를 Fig 6.에 나타내었다. 전반적으로 두드러지게 높은 오염농도 감소율을 보였으며, 특히 Formaldehyde의 경우 70%가 넘는 감소율을, Styrene의 경우 90%가 넘는 오염농도 감소율을 보였다. 이는 위 물질들이 휘발성이 강한 접착제에 대부분 포함되어 Bake-out에 의해 저감되었을 것으로 사료된다.

## 4. 결론

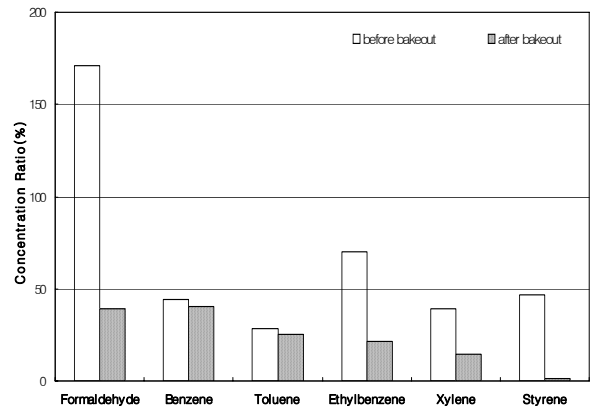


Fig. 6 Concentration Ratio according to bake-out

본 연구에서는 최근 1년에서 2년사이 입주를 실시한 당사 공동주택 및 주상복합을 그 대상으로 하여, 실내공기질 측정결과를 비교 분석해 보았고 궁극적으로 신축공동주택의 실내공기환경 개선을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 탑상형 아파트의 경우 일반적으로 맞통풍이 어려운 평면구조로 인해 환기가 어려운 것으로 알려졌다. 본 연구의 측정결과 탑상형 아파트가 판상형 아파트보다 실내공기 오염농도가 다소 높게 나타나 맞통풍이 어려운 탑상형 아파트의 경우 이에 대한 자연환기 계획이 필요한 것으로 나타났다.

(2) 각 지역별 실내공기 오염농도 수준을 비교한 결과 지역적 환경요인으로 인해 지역별 농도 차이가 나타났다. 하지만 본 연구의 특성상 세대 수 및 대상 단지 수가 적어 지역별 실내공기 오염농도 수준을 대표하기에는 다소 무리가 있는 것으로 판단되며, 이에 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(3) 세대 위치에 따른 실내공기 오염물질 농도 수준을 비교한 결과, 저층부에서 고층부로 갈수록 농도가 다소 상승하는 것을 알 수 있다. 이는 고층건물에서 발생하는 연돌효과와 일사조건의 차이에 따라 상층부 온도 조건이 저층부에 비해 다소 높아지는 경향에 의한 결과로 분석되었다.

(4) 환기시스템의 실내공기 오염농도 저감성능을 평가한 결과, Toluene과 Ethylbenzene의 경우

70%가 넘는 오염물질 감소율을 보이는 등 환기 시스템을 가동함에 따라 실내공기 오염농도가 전반적으로 낮아지는 결과를 나타냈다.

(5) 7일간의 Bake-out 실시에 따른 실내공기 오염농도 저감성능을 평가한 결과 전반적으로 두드러지게 높은 오염농도 감소율을 보였으며, 특히 Formaldehyde의 경우 70%가 넘는 감소율을, Styrene의 경우 90%가 넘는 오염농도 감소율을 보였다. 이는 위 물질들이 휘발성이 강한 접착제에 대부분 포함되어 Bake-out에 의해 저감되었을 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

1. Han, K. W., Lee, Y. G., 2006, A study on the Actual Condition of the Indoor Air Quality in the New Apartment House, Journal of AIK, vol. 22, Issue 9, pp. 267-274.
2. Lee, Y. G., 2004, A study on Concentration of Volatile Organic Compounds in the Apartment House, Journal of KIEAE, vol. 4, No. 3, pp. 129-136.
3. Kjell, A., et al., 2000, The Right to Healthy Indoor Air, Report on WHO Meeting., EUR/00/5020494.
4. Kim, K. W., Kang, D. H., 2004, A study on Modeling Application for Indoor Air Quality Evaluation, Proceedings of the SAREK, pp. 668-673.
5. Kim, T. Y., Lee, Y. G. and Han, K. W., 2003, Contribution ration of Pollutant Source to Concentration of Room Center, Proceedings of the AIK, pp. 809-812.
6. Lee, Y. G., Kim, C. N., 2004, A Field Survey on Indoor Air Quality of the Existing Apartment Houses, Journal of the AIK, Vol. 20, No. 11, pp. 330-337.
7. Chung, C. Y. et al., 2004, Measurement Study on Indoor Organic Compounds Air Pollution in Winter, Journal of the AIK, Vol. 20, No. 5, pp. 175.
8. TIwata., 2003, Aldehydes and VOCs in newly-built unoccupied houses in Tokyo, Proceedings of the Healthy Building, pp. 154-159.
9. R. Funaki., 2003, Measurements of aldehydes and VOCs from electronic appliances by using small chamber, Proceedings of the Healthy Building, pp.319-324.