

현장실험을 통한 공동주택의 실내공기환경 평가

A Evaluation Study on Indoor Air Quality of the Apartment House through Field Measurement

박용승* · 배상환* · 유복희^o** · 홍천화***

Park, Yong-Seung · Bae, Sang-Hwan · Yoo, Bok-Hee · Hong Cheon-Hwa

Abstract

In recent days, IAQ(Indoor Air Quality) is regarded as one of the most important environmental factors as well as thermal and acoustic comfort. Various architectural materials are applied and air-tightness of the building is more strengthening to save energy consumption. This is why the air quality of the newly built houses became worse. In this study, contaminants(CO, CO₂, Radon, TVOCs, HCHO) density was measured in a newly built house and evaluation was carried out by ASHRAE and EPA Standards. As a result, CO, CO₂, TSP and Radon density of the newly built house was in a range of ASHRAE and EPA Standards, but it turned out TVOCs and HCHO density exceeds almost 3~5 times in comparison with that of ASHRAE and EPA Standards.

키워드 : 공동주택, 실내공기환경, 휘발성유기화합물

Keywords : Apartment House, Indoor Air Quality, Volatile Organic Compounds

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

건축기술의 발달은 건축물을 점차 고단열화, 고기밀화로 만들어 왔으며, 실내 공기환경은 이로 인해 상대적으로 악화되어 왔다. 더욱이 건물의 유지관리 측면에서 단순히 에너지소비를 경감시키기 위하여 외기 도입량을 차단하거나 경감시킴으로써 결과적으로 실내 공기환경이 악화되었다. 일례로, 최근 몇 년간 일본에서 신축했거나 개축 또는 리모델링 한 주택에 입주

한 사람이 갑자기 혼수상태에 빠진 사고가 보고된 바 있는데, 이런 사고는 벽지나 바닥재, 접착제 등 전자재에 포함된 화학물질이 원인인 것으로 밝혀져 이에 대한 주의가 크게 요구되고 있다.

특히 열효율을 높이기 위해 알루미늄 샷시나 시스템창호를 이용하면서 단열, 밀폐성이 높아져 밀폐된 공간에서의 주택 알레르기 현상이 일어난 확률도 높아지고 있다. 두통, 현기증, 구토 증 등 각종 신체장애현상을 일으켜 「화학물질 과민증」 혹은 「신축병」으로도 불리는 신축 알레르기현상은 지붕, 벽, 바닥 등에 사용한 건축자재나 새로 들여 놓은 가구에 포함된 화학물질이 원인인 것으로 밝혀지고 있다.

이러한 실내공기환경과 관련하여 과거 우리나라

* 대림산업 기술연구소 대 리
** 대림산업 기술연구소 과 장
*** 대림산업 기술연구소 부 장

라에는 '지하생활공간 공기질 관리법'으로 다중이용시설의 지하공간에 대해서만 실내공기질을 유지·관리하도록 되어 있었으나, 최근(2003년 4월말)에는 기존의 '지하생활공간 공기질 관리법'을 확대하여 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'으로 제정하여 일반 건축물(공동주택 및 연립주택 포함)에서도 입주시점에서 일정수준의 실내공기질을 유지하도록 명시하고 있다.

이러한 배경에서, 본 연구는 입주예정인 공동주택을 대상으로 실내공기환경 실태파악을 통해 개선방안의 수립 및 필요성을 검토하였다.

2. 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 실내공기환경의 실태파악을 위해 입주예정인 공동주택에 대한 평가를 수행하였다. '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에서는 신규입주대상 공동주택의 오염물질중 TVOCs와 HCHO에 대해서만 규정하고 있으나 실내공기환경의 종합적인 평가를 위해 CO, CO₂ 라돈, 부유분진, TVOCs 및 포름알데히드 등의 오염농도에 대한 평가를 수행하였으며, 이를 기초로 실내공기환경 개선방안을 제시하였다.

2. 실내공기환경 평가항목 및 평가기준

미국의 경우는 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)와 ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)에서 주로 작업환경 조건에 대한 환경기준을 규정하고 있으며, EPA에서 대기환경기준을 담당하고 있다. ASHRAE에서는 ASHRAE Standard 55 1992에서 재실자를 위한 온열환경 조건을, 그리고 Standard 62 1999에서 실내공기의 질이 고려된 실내공기환경 유지를 위한 환기규정을 제시하고 있다.

주요국가의 실내공기환경 기준은 다음과 같다.

표 1. 주요국가의 실내공기환경 기준

오염물질	실내환경(Indoor Air)	작업환경(Workplace)						
CO	10ppm(일본건축법)	50ppm(OSHA, TWA) 50ppm(일본산업위생학회) 10ppm (일본사무소위생기준/위생법)						
HCHO	0.1ppm(ASHRAE) 0.081ppm(WHO Europe) 0.1ppm(스웨덴·신축주거)	1ppm(ACGIH, TLV TWA) 2ppm(ACGIH, STEL) 2ppm(일본 산업위생학회)						
Radon	4pCi/m ³ (EPA/주택) 2.7pCi/m ³ (WHO) 2.9pCi/m ³ (스웨덴, 주택)	-						
TSP	0.15mg/m ³ (일본건축법) 0.12mg/m ³ (WHO, 8시간평균)	0.15mg/m ³ (일본사무소위생기준)						
CO ₂	1,000ppm(일,건축기준법) 920ppm(WHO, Europe) 1,000ppm(ASHRAE)	1,000ppm(일, 사무소위생기준) 5,000ppm(OSHA TWA) 5,000ppm(일, 산업위생학회)						
VOCs	0.2~0.6mg/m ³ (핀란드 FISLAQ)	<table border="1"> <tr> <td>벤젠</td> <td>10ppm(OSHA TWA) 0ppm(NIOSH TWA) 10ppm(ACGIH TLV) 0.63(EPA)</td> </tr> <tr> <td>톨루엔</td> <td>200ppm(OSHA TWA) 100ppm(NIOSH TWA) 100ppm(ACGIH TLV)</td> </tr> <tr> <td>크실렌</td> <td>2.1(Europeam WHO) 100ppm(OSHA TWA) 100ppm(NIOSH TWA) 100ppm(ACGIH TLV)</td> </tr> </table>	벤젠	10ppm(OSHA TWA) 0ppm(NIOSH TWA) 10ppm(ACGIH TLV) 0.63(EPA)	톨루엔	200ppm(OSHA TWA) 100ppm(NIOSH TWA) 100ppm(ACGIH TLV)	크실렌	2.1(Europeam WHO) 100ppm(OSHA TWA) 100ppm(NIOSH TWA) 100ppm(ACGIH TLV)
벤젠	10ppm(OSHA TWA) 0ppm(NIOSH TWA) 10ppm(ACGIH TLV) 0.63(EPA)							
톨루엔	200ppm(OSHA TWA) 100ppm(NIOSH TWA) 100ppm(ACGIH TLV)							
크실렌	2.1(Europeam WHO) 100ppm(OSHA TWA) 100ppm(NIOSH TWA) 100ppm(ACGIH TLV)							

3. 실내공기환경 현장측정 방법 및 결과

1. 측정방법 및 개요

서울지역에 위치하는 초고층 공동주택(주상복합) 건축물에 대한 실내공기환경 측정은, 앞에서 언급한 바와같이 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'의 공정시험법에서 설정될 것으로 예상되는 기준을 적용하였다. 즉, 초기 60분동안 환기창을 개방하여 오염물질을 초기화 한 후, 5시간 동안 창문을 닫고 오염물질이 축적된 상황을 측정하도록 하였으며, 측정시 온습도조건은 실내온도 27℃, 실내상대습도는 42%로 나타났다.

실내공기환경 측정항목은 일반적으로 실내공

기환경에서 관심대상이 되고 있는, CO, CO₂, 부유분진, 라돈, 포름알데히드(HCHO) 및 휘발성유기화합물(TVOCs)로 국한하였다. 평가대상 세대는 30층 규모 건축물의 중간층에 위치하며, 외기에 1면이 면하는 조건을 대상으로 하였다.

측정세대 평면도 및 측정장비 설치장면은 다음과 같다.

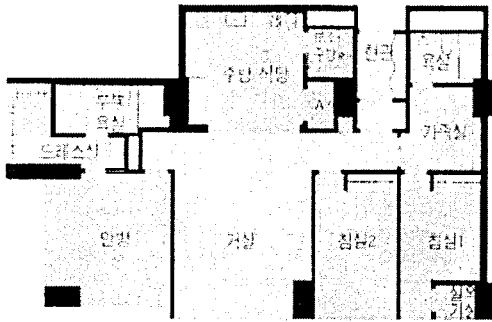


그림 1. 평가대상 공동주택 평면도

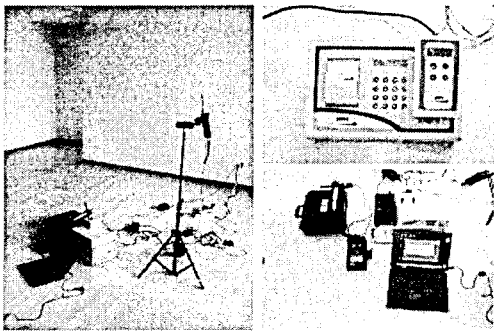


그림 2. 실내공기환경 측정장면

2. 실내공기환경 측정결과

평가대상 공동주택에 대한 실내공기환경 측정 결과는 다음과 같다.

- ① 이산화탄소는 330~490 ppm으로 나타나 관련기준으로 적용되고 있는 1,000 ppm을 충분히 만족하는 것으로 평가되었다.
- ② 일산화탄소에 대한 측정결과, 측정시간대에서 전혀 나타나지 않거나 간혹 1 ppm 정도로 나타나 관련기준인 10 ppm에 충분히 만족하는

것으로 나타났다.

③ 라돈에 대한 측정결과, 8시간 측정결과 1.3 pCi/ml로 분석되었는데, WHO 기준치가 2.7pCi/ml 임을 감안할 때 환경기준에 충족하는 것으로 평가되었다.

④ 부유분진에 대한 측정결과, 평균 0.05 mg/m³으로 나타나 WHO에서 규정하고 있는 8시간 평균값 0.12 mg/m³을 만족하는 것으로 분석되었다.

⑤ 포름알데히드에 대한 측정결과, 환기창 밀폐 후 5시간후 0.49 ppm으로 나타나 ASHRAE에서 설정한 기준인 0.1 ppm을 초과하는 것으로 나타났다으며 환기창 밀폐 후 20여분만에 ASHRAE 기준을 초과하는 것으로 평가되었다.

⑥ 휘발성유기화합물(TVOCs)에 대한 측정결과, 환기창을 1시간 동안 개방한 초기시점에서는 60 ppb정도로 나타났으나, 환기창 밀폐 후 5시간 후 시점에서는 1,450 ppb내외로 나타났다. 휘발성유기화합물에 대해서는 현재까지 VOC 종류 및 TVOCs에 대한 기준이 명확하지 않아 절대적인 평가가 어려운점이 있으나, 일반적으로 TVOCs는 0.2~0.6 mg/m³로 규제되고 있는데 이를 ppb 단위로 환산하면 대략 200~300 ppb 정도로 보고되고 있으므로, 이를 기준으로 적용하는 경우 관련기준을 대략 5배 정도는 초과하는 것으로 분석되었다.

이상의 평가결과를 요약하면, 본 연구에서 수행한 신축 공동주택의 입주시점에서의 실내공기환경은 CO, CO₂, 라돈, 부유분진 등은 관련기

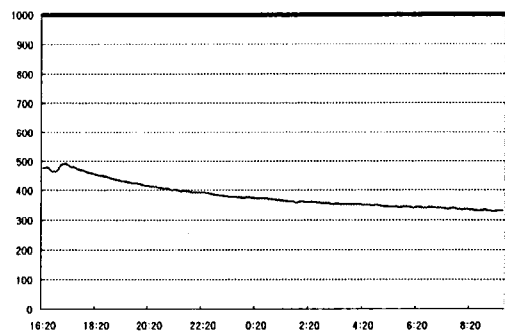


그림 3. 이산화탄소 측정결과(단위:ppm)

준을 충족하는 것으로 나타났으나, TVOCs 및 HCHO는 관련기준치를 3~5배 정도 초과하는 수준으로 친환경 건축자재의 적용, 환기시스템의 고려 등의 다각적인 대안마련이 시급한 것으로 분석되었다.

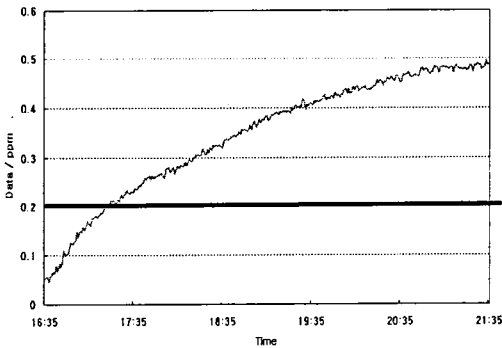


그림 4. 포름알데히드(HCHO) 측정결과(단위:PPM)

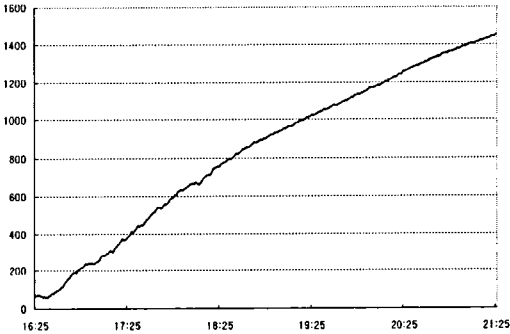


그림 5. 휘발성유기화합물 측정결과(단위:ppb)

4. 결론 및 제언

입주예정인 공동주택을 대상으로 실내공기환경 실태파악을 통해 개선방안의 수립 및 필요성을 검토하기 위한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 측정세대의 이산화탄소는 330~490 ppm으로 나타나 관련기준을 충분히 만족하는 것으로 평가되었고, 일산화탄소는 전혀 나타나지 않거

나 간혹 1 ppm정도, 라돈은 8시간 측정결과 1.3 pCi/ml로 환경기준을 충족하는 것으로 평가되었다. 또한, 부유분진에 대한 측정결과, 평균 0.05 mg/m³으로 나타나 WHO에서 규정하고 있는 8시간 평균값 0.12 mg/m³을 만족하는 것으로 분석되었다.

(2) 포름알데히드에 대한 측정결과, 환기창 밀폐후 5시간후 0.49 ppm으로 나타나 ASHRAE에서 설정한 기준인 0.1 ppm을 초과하는 것으로 나타났으며, 휘발성유기화합물(TVOCs)에 대한 측정결과, 환기창 밀폐후 5시간후 시점에서 1,450 ppb 내외로 나타났다.

이상의 현장실험 결과를 통해, 현재의 일반적인 신축 공동주택의 실내공기환경은 라돈, 부유분진, 이산화탄소 및 일산화탄소 등의 농도는 기준치에 적합한 것으로 파악되나, 휘발성유기화합물 및 포름알데히드에 대해서는 관련 기준치를 훨씬 상회하는 수준으로 파악되며, 따라서 현시점에서 고려할 수 있는 공동주택내 발생하는 화학물질에 대한 대응 방안의 수립이 절실히 요구되고 있다.

현재, 실내공기의 화학물질 발생을 억제할 수 있는 가장 적극적이고 시급한 방법은 실내의 건축에 대한 오염원을 줄이는 것으로 판단된다.

즉, 얼마나 많은 우량 건축재를 확보할 수 있는냐하는 문제일 것이다. 그러나, 국내의 자재 관련업체의 대응수준은 매우 미흡한 단계이며, 이것은 친환경자재 즉, 포름알데히드 및 VOCs가 포함되지 않은 제품에 대한 개발의욕의 부재, 정보의 미흡, 행정적·사회적 지원 기반 형성의 부재 등 복합적인 원인으로 분석된다. 또한, 주택업계의 강력한 수요와 요구가 없었다는 것도 주요 원인으로 생각된다.

따라서, 건축자재 분야의 신소재 개발을 유도하고 친환경적 건축자재의 개발을 촉진시키기 위해서는 관련업체와의 효과적인 협력체계가 어느 때보다도 필요한 시점이며, 주택업계에서도 환경산업 부문에 대한 적극적인 대처체계를 형성하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김신도 외, 실내공간의 VOCs 특성 및 제어방안에 대한 기초조사, 환경부, 2000
2. 김윤신 외, 실내외 고기종 휘발성 유기화합물(VOCs)의 농도조사에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 제9 권 제4호, 1993
3. 박진철 외, 건축자료에서의 실내공기 오염물질 발생 농도 측정연구, 한국건축설비학회지, 창간호, 1998
4. 한국공기청정협회, 실내 VOCs 토론회 자료집, 2000
5. 한국공기청정협회, 실내공기환경 전문가과정, 2003