BIM을 활용한 건축물 실내공기질 관리 방안

KICEM

여창재 광운대학교 건축공학과, 석박통합과정
장향인 미래환경플랜(주) 부설연구소, 연구소장
유정호 광운대학교 건축공학과, 교수

1. 배경

실내공기질의 관심은 새집증후군(Sick House Syndrome)에 대한 문제가 급증하면서 사람들의 관심이 집중되었다. 또한 미국 알레르기천식면역학회에서 모든 질병의 50%는 오염된 실내공기로 인해 발생 또는 악화된다고 발표하였다. 미국환경보호청에서는 실내공기질 개선을 통해 생산성을 20%향상시킬 수 있고, 연간 400~2500억불의 이익을 낼 수 있다고 발표하였다.

미국은 EPA(Environmental Protection Agency)를 중심으로 실내공기질에 대한 정책, 기준, 프로그램 및 가이드를 개발하여 배포하고 있으며, CIAQ(Committee for Indoor Air Quality)를 운영하여 관련 부처 간 실내공기질 정책을 통합관리하고 있다. 캐나다는 보건부, 환경부, 노동부, 지방정부 등이 상호 협력하여 작업장 및 주거지의 실내공기질 관리지침을 정하여 관리하고 있다. 일본은 건설성, 후생성, 통산성, 임야성을 중심으로 '건강주택연구회'가 조직되어 '주택의 화학물질 오명에 대한 지침'을 제정하고 있다. 유럽은 WHO(World Health Organization)에서 제정한 '유럽 공기질 기준지침서(Air Quality Guidelines for Europe, 1997년 개정)'에 근거한 기준을 설정하여 관리하고 있다. 특히 ECA(European Chemical Agency)라고 하는 유럽공동연구를 조직하여 실내오염 문제에 적극 관여하고 있으며, 이러한 결과는 유럽규격(EN) 및 국제표준규격(ISO)에 반영하고 있다. 이뿐만 아니라 세계 각국에서는 친환경인증제도의 평가항목에 실내공기질을 반영하여 운영 중에 있다.

국내의 경우, 정부는 쾌적한 실내공기질에 대한 국민요구 증대와 국민의 안전한 실내환경조성을 위해 2015년부터 2019년까지 실내공기 오염도 10%이상 저감을 목표로 '실내공기질관리 기본계획(5년)'을 수립하여 추진 중에 있으며, 실내오염원에 대한 기준의 단계적 강화 및 신규 위해물질 관리강화와 함께 관리대상을 지속적으로 확대하고 있다. 실내공기질관리 기본계획 관리정책에서는 '신규 오염물질 관리체계 마련', '실내오염원 사전 예방 관리', '관리체계 합리적 개편', '건강영향 사전 관리' 총 4대 분야를 중점으로 과제를 추진하고 있다. 또한 정부는 실내공기질의 지속적 관리를 위해 건물 설계부터 유지관리단계별 다양한 건물인증을 시행 중에 있다.

조달청은 2009년 공시한 BIM 도입 방침에 의거하여 2010년에 1~2건의 대형공사에 BIM이 시범적으로 적용되었으며, 2011년에는 3~4건으로 확대하였다. 2012년부터 500억 원 이상 턴키 · 설계공모 건축공사에 BIM 적용을 의무화하고, 2016년 현재 조달청에서 발주하는 모든 건축공사에 BIM 적용을 의무화하였다. 이를 위해 국토교통부 '건축분야 BIM 적용가이드', 조달청 'BIM 가이드라인', 한국BIM학회의 '건축분야 BIM적용가이드', LH의 '공동주택 BIM 적용 가이드라인', 한국건설기술연구원의 'BIM기반 유지관리 정보 모델링 지침' 등이 개발 및 보급되고 있다.

실내공기질은 공기 중에 포함된 유해오염물질의 농도에 따라 평가될 수 있으므로, 적정 수준의 실내공기질 확보를 위한 대책으로는 유해물질의 발생억제, 발생된 유해물질의 제거 및 희석 등의 기술이 포함된다. 먼저 발생억제를 위해서는 배출량이 적은 건축자재 및 재료를 사용하여야 하나, 국내에서 시판되고 있는 제품들의 경우 이와 관련된 데이터 및 관리방안이 부족한 실정이다. 유해물질 제거기술이나 희석을 위한 개별환기시스템 또한 객관적 측면에서 일반적인 주거용 건물에의 적용성을 검토함으로써 도입 시 효과를 검증할 수 있어야 할 것이나, 국내에서는 이에 대한 객관적인 데이터가 관리되지 못하고 있다.

또한 BIM적용이 의무화되면서, BIM의 활용도는 증가하고

있지만, 실내공기질 분야에서 아직까지 BIM 적용에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 BIM을 활용하여 실내공기질을 관리할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 국내외 실내공기질 관련 제도와 기존의 실내공기질 연구 및 BIM관련 연구동향을 분석하여 실내공기질 분야에서 BIM을 활용할 수 있는 방법을 도출하고자 한다.

2. 국내외 실내공기질 관련 제도

1) 한국

현재 실내공기질 관리는 환경부, 교육부, 고용노동부, 보건복지부 4개 부처에서 분산관리를 하고 있으며, 환경부는 다중이용시설(어린이집, 지하역사 등 21개 시설군), 신축공동주택 및 대중교통차량의 실내공기질을 관리하고 있고, 교육부, 고용노동부, 보건복지부는 개별법에 따라 학교, 사무실, 공중이용시설(공연장, 실내체육시설 등) 등의 실내공기질을 관리하고 있다.

정부는 실내공기질의 지속적 관리를 위해 건물 설계부터 유지관리단계별 다양한 건물인증을 시행 중에 있다. 특히, 2013년 5월부터는 500세대 이상 공동주택(신축/리모델링)에 대해서는 허가 및 사업승인 단계에서 '건강친화형 주택 건설기준'의 자체평가서 제출을 의무화하고 있다. 연면적 3000㎡이상 공공시설은('14년 개정) 설계와 시공단계에서 녹색건축 예비인증과 본인증을 의무적으로 취득해야 한다. 또한 유해물질 저함유자재 사용을 필수항목으로 채택하여 실내공기질을 관리하고 있다. '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법'('15년 일부개정)은 신축공동주택의 입주 전 실내공기질 측정을 의무화하고 있으며, 적용대상(공동주택 포함)시설이 실내공기질 유지/권고기준을 만족하도록 규정하고 있다. 특히 환경부는 다중이용시설을 대상으로 시설 소유자의 자율적인 실내공기질 관리를 유도할 수 있는 방안으로 '실내공기 우수시설 인증사업'을 진행하고 있으며, 이를 통해 유지관리단계에서의 실내공기질 관리도 지속적으로 강화하고 있다.

2) 미국

미국은 EPA를 중심으로 실내공기질에 대한 정책, 기준, 프로그램 및 가이드를 개발하여 배포하고 있으며, CIAQ(Committee for Indoor Air Quality)를 운영하여 관련 부처 간 실내공기질 정책을 통합관리하고 있다. LEED(미국)의 경우 각 부위별 오염물질 저배출 자재 사용, 시공단계 및 입주단계에서의 IAQ관리계획을 평가항목으로 반영하고 있다. 이외 최소한의 실내공기 조절 수행, 담배연기 환경통제 등을 필수 평가항목으로 채택하고 있다.

3) 일본

일본은 Sick-house 문제가 부각되면서 건설성, 후생성, 통산성, 임야성을 중심으로 '건강주택연구회'가 조직되어 '주택의 화학물질 오명에 대한 지침'을 제정하고 있다. 비록 각 기관별 전문분야와 독립적인 업무를 추진하고 있으나, 기관간 비공식적 유대관계를 형성하여 실내공기질을 관리하고 있다. CASBEE(일본)는 실내오염 발생원 대책으로 화학오염물질 및 석면대책과 함께 환기량, 자연환기 성능, 외기에 대한 배려 부문의 실내공기질을 평가하고 있다.

4) 유럽

유럽은 WHO(World Health Organization)에서 제정한 '유럽 공기질 기준지침서(Air Quality Guidelines for Europe, 1997년 개정)'에 근거한 기준을 설정하여 관리하고 있다. 특히 ECA라고 하는 유럽공동연구를 조직하여 실내오염 문제에 적극 관여하고 있으며, 이러한 결과는 유럽규격(EN) 및 국제표준규격(ISO)에 반영하고 있다.

표 1. 부처별 실내공기질 관리 현황

구 분	환경부	교육부	고용노동부	보건복지부
관리대상	– 다중이용시설 – 신축공동주택 – 대중교통차량	– 학교	– 사무실	– 공중이용시설 (공연장, 실내체육시설 등)
근거법	– 실내공기질관리법	– 학교보건법	– 산업안전보건법	– 공중위생관리법
관리자 의무사항	– 공기질측정 및 관리 – 관리기준 준수의무 – 관계자 교육 – 기타 오염물질방출 건축자재 사용금지	– 공기질측정 및 측정결과 관리 – 관리기준 준수	– 공기질측정 및 측정결과 관리 – 관리기준 준수 – 오염물질방출 건축자재사용금지	– 관리기준 준수
관리기준	– 10개 항목 (PM10, CO2, HCHO, 총부유세균, CO, NO2, VOCs, 라돈, 석면,오존)	– 12개 항목 (진드기 등 추가)	– 9개 항목(라돈 제외)	– 4개 항목 (PM10, CO2, HCHO, CO)

3. 실내공기질 관련 연구동향

1970년대 초 시작된 실내 공기질 연구는 초창기에는 실내공기질의 중요성을 다루었고 1980년대 연구는 실내오염물질의 농도 조사 및 발생원 추정, 인체영향에 관한 연구를 하였다. 1990년대에 는 실내오염물질들의 위해성 평가 및 관리기술 개발, 각종 신기술을 이용한 저감방법 등에 관련된 연구가 수행되어 오고 있다. 최근 들어 2000년대에 들어서는 건축자재에서 발생되는 휘발성 유기 화합물(VOCs)의 실내오염에 대한 영향, 미생물 물질들과 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있다.

최근 들어 진행되고 있는 연구는 실내공기질과 관련된 기존의 실내건축설비 장치들과의 관련된 연구가 점차 증가하고 있으며, 주로 실내의 공기를 재순환 시키는 과정에서 실내오염물질 을 얼마나 저감시키는가에 초점을 맞추어 연구되고 있다. 특히 미국이나 유럽에서는 단순히 실내공기의 환기뿐만 아니라 난방 및 냉방시스템을 통해서 실내공기를 정화하는 방법 및 실내 거주자들의 건강을 보호하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 모델링을 통하여 실내 환기량을 예측하고, 이를 활용하여 실내오염을 저감 시키는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 국내의 경우, 건물 운영단계에서의 실내공기질 관리를 위한 실내오염물질 저감 기술 연구와 실시간 모니터링을 통한 실내공기질 관리에 방안에 대한 연구가 진행되었다.

또한 국외의 경우, 최근에 들어서 실내공기질 분야에 BIM을 활용하기 위하여 CObie를 활용하여 정보를 추출하고, 추출된 정보와 센서기반으로 측정된 정보를 결합하여 실내공기질을 관리하는 연구와 건설현장에서 BIM을 활용하여 실내공기질을 관리하는 연구 등이 이루어지고 있다. 하지만 국내의 경우, 실내공기질 관리에 BIM을 적용한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

4. BIM을 활용한 실내공기질 관리

국내의 경우 설계단계에서 실내공기질 관리는 주로 녹색건축인증 취득이나 건강친화형 주택 건설기준을 충족시키기 위하여 실내오염물질 저배출 자재의 적용에 대해서만 검토가 이루어지고 있으며, 운영단계에서 실내공기질 관리는 주로 관련법에 근거한 실내공기질 측정을 통해 수행되고 있다.

실내공기질을 관리하기 위해서는 건축주/거주자의 요구사양, 관련법규 등 제반 조건을 파악해야하며, 포름알데히드, TVOC 등 실내오염물질의 배출량이 적은 재료를 선택해야 한다. 또한 적용된 자재에 대하여 실내오염물질 방출량을 산정하고, 이를 토대로 환기방식에 따른 환기량을 산정하여 실내공기질을 관리해야한다. 실내공기질 관리를 위한 오염물질 방출량 및 환기량 산출을 위해서는 실별 재료의 구성 및 면적정보가 필요하다. 기존의 2D기반의 설계 환경에서는 엔지니어가 도면에서 직접 적용자재와 적용면적을 확인하고, 적용된 자재에 대한 방출량 정보를 찾아 방출량을 수작업으로 계산하였다. 이로 인하여 수작업으로 인한 오류 발생으로 정확도가 감소하였으며, 규모에 따라 작업시간이 비례하여 증가하였다. 또한 설계변경 시마다 관련 정보를 재생산해야하는 문제가 지속적으로 발생하였다.

하지만 BIM은 실내공기질 관리를 위한 각 실별 재료의 구성 및 정확한 면적정보를 제공할 수 있기 때문에 수작업에 의한 오류발생이 없고, 관련면적을 정보를 사용자가 작업하지 않고 자동 추출하여 사용할 수 있어 관련 업무시간을 단축할 수 있다. 또한 이러한 정보에 자재별 배출량 정보를 연계하면 정보 추출과 동시에 실내 오염 배출량을 계산할 수 있다.

자재정보, 설계정보, 오염물질별 방출 예측식을 활용하여 실내오염물질 방출량을 산출할 수 있다. 이 중 BIM에서는 각 실별로 적용 자재 및 자재별 적용 면적을 추출할 수 있다. 또한 자재별로 배출하는 오염물질 및 방출량에 대한 DB를 별도로 구축해두면, BIM에서 추출된 정보와 연계하여 방출량을 즉각적이며 효율적으로 계산할 수 있다.

실내공기질 관리를 위한 환기량 및 횟수산정에 필요한 면적, 체적, 개구부 면적, 적용 환기 시스템에 대한 정보 역시 BIM에서 다루고 있는 정보로 BIM에서 관련 정보를 추출하고, 앞서 구한 실내공기질 오염물질 방출량 정보와 연계하여 최적 환기량 및 횟수를 산정할 수 있다. BIM을 활용함으로써 기존 2D환경에서 발생하던 수작업으로 인한 오류를 방지할 수 있으며, 설계와 동시에 면적정보가 자동으로 계산되기 때문에 관련 업무시간을 단축시킬 수 있다.

운영단계에서는 건축물의 실제 사용스케줄 및 내부 사용기기의 변경, 건축물 유지관리로 발생하는 마감재의 수리 및 변경으로 인한 실내오염물질의 종류와 방출량이 지속적으로 변경된다. 따라서 BIM을 활용하면 마감재의 수리 및 변경 부위에 대한 정보를 즉시 추출하여 실내공기질 오염물질 방출량을 산정할 수 있다. 또한 예측 또는 측정된 정보를 이용하여 BIM에서 시각적으로 실내공기질의 상태를 녹색(안전), 황색(경고), 적색(위험)등으로 표현함으로써 사용자가 좀 더 쉽게 실내공기질을 관리할 수 있도록 지원도 가능하다.

5. 결론

본 고에서는 실내공기질과 관련된 각국의 정책 및 기준을 검토하였으며, 실내공기질 연구 및 실내공기질 분야 BIM적용 연구의 현황을 확인하였다. 지금까지 국내에서는 건축물의 실내공기질 관리는 사용전 단계에서의 측정 또는 운영단계에서의 측정을 통한 관리가 이루어졌다. 또한 설계단계에서 실내공기질 관리는 실내오염물질 저배출사용 자재의 적용여부만을 검토하고 있었으며, BIM을 실내공기질 관리를 위한 자재 검토 및 예측 등에 활용하는 연구는 아직까지 미흡한 실정이었다.

본 고에서는 기존 실내공기질 관련 정책, 및 제도 등에 BIM을 활용하여 검토하는 방안과 설계단계에서 적용 자재 및 적용면적 등 BIM에서 생성 및 관리되는 정보와 배출량 예측식을 접목하여 실내오염물질 배출량 예측하는 방안 그리고 운영단계에서의 적용 자재, 실별 사용기기와 재실스케쥴에 따른 실내오염물질 방출량을 예측하여 BIM에 시각적인 표현으로 관리하는 방법 등 실내공기질 관리에 대한 방안을 제시하였다.

향후 국내 녹색건축 인증 및 건강친화형 주택건설기준 등을 분석하여 실내공기질관련 관련 인증 및 기준을 BIM을 활용하여 검토할 수 있는 시스템 개발 및 BIM을 활용한 설계단계 실내오염물질 배출량 예측 방안을 연구할 예정이다. 또한 운영단계에서의 BIM을 활용한 쾌적한 실내공기질 유지를 위한 관리 방안에 대한 연구를 진행할 예정이다.

(본 고는 국토교통부 국토교통기술촉진연구개발사업의 연구비지원(16CTAP-C114926-01)에 의해 수행되었습니다.)

참고문헌

1) 서울대학교, "주거 건물의 실내공기질 향상을 위한 성능평가 및 지침 프로그램 개발, 환경부, 2007

2) Mohamed M. Marzouk, Ibrahim G. Abdelbasset, Khalid Al-Gahtani, "Tracking Indoor Air Quality of Bulidngs using BIM", 5th International/11th Construction Specialty Conference, 2015

3) Mohammed Sadiq Altaf, Zaher Hashisho, Mohamed Al-Hussein, "A method for integrating occupational indoor air quality with building information modeling for scheduling construction activities", Canadian Journal of Civil Engineering, 2014, Vol. 41, No. 3, pp. 245-251

4) 이정주, "실내공기질 관리분야 최신 동향", 한국도시환경학회지, 제4권 2호, 2004

5) 이은택, 성민기, 국내외 실내공기 환경 관련 기준 동향, 한국설비기술협회, 제21권 제1호 pp 34-40, 2004

■ 유정호 E-mail : myazure@kw.ac.kr.kr