

IFC-BIM을 활용한 공동주택의 실내공기질 인증 자동화 시스템 개발

조수영¹ · 장항인¹ · 김창민¹ · 이대길¹ · 홍심희² · 유정호³

¹(주)미래환경플랜건축사사무소, ²광운대학교 대학원 건축공학과, ³광운대학교 건축공학과

Development of Indoor Air Quality Certification Automation System for the Apartment Housing Using IFC-BIM

Su-Young Jo¹, Hyang-In Jang¹, Chang-Min Kim¹, Dae-Gil Lee¹, Sim-Hee Hong² and Jung-Ho Yu³

¹Mirae Environment Plan Architects, Seoul, Korea

²Dept. of Architectural Engineering, Kwangwoon University Graduate School, Seoul, Korea

³Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Seoul, Korea

Abstract : In the field of construction, the number of times obtaining indoor air quality certifications has been increasing every year. However, there are problems such as complexity of the evaluation process, data omission and evaluation errors due to diversification of the detailed criteria of the certification. Therefore, this study proposes an automation system on evaluating the indoor air quality of apartment houses using IFC-BIM. In order to achieve the goal of the study, first, required information for the evaluation of indoor air quality certification is defined. Second, the required information is classified according to the information generation method. Third, a platform capable of calculating the credit points in the indoor air quality certification and outputting the submission documents is proposed. Fourth, The composition, function, and process of the indoor air quality certification automation system are derived. Finally, a pilot test is performed to verify productivity and reliability of the proposed method. Since the input and output of required information for the certification are automatically provided using the developed system, it is possible to improve the work environments and shorten the work time.

Key words : Indoor air quality, Apartment housing, IFC-BIM, Automation system

1. 서 론

1.1. 연구 배경 및 목적

신축 건축물에 적용되는 건축자재에 의한 새집증후군은 꾸준히 문제가 되고 있다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 건축자재에서 방출되는 오염물질에는 채실자 건강에 유해한 성분이 다량 함유되어 있기 때문에 건축자재에 의한 실내공기질 오염에 대한 위험성을 경고하였다(World Health Organization, 2002). 최근에는 건축물의 기밀성능이 높아지면서 실내에서 발생하는 오염물질의 자연스러운 외부

배출이 어려워져 실내 공기에 대한 관심이 더욱 증대되고 있다(Kim, Yeo, & Kim, 2008; Lee, Park, Park, & Choei, 2005; Lee, Jeong, Lee, Min, Kim, & Kim et al., 2013; Lim, 2007).

건축자재에 의한 실내공기질 오염을 개선하기 위한 정부의 노력으로 2015년 ‘실내공기질 관리 기본계획(현, 실내공기질 관리법)’을 수립하여 신축 공동주택과 다중이용시설에 대한 실내공기질을 관리하고 있다(Ministry of Environment, 2018). 또한, 500세대 이상의 신축 공동주택을 대상으로 건강친화형 주택건설기준을 적용하고, 3,000m² 이상 건축물을 대상으로 녹색건축인증 제도를 실시하여 건축물의 친환경 건축자재 및 실내 환기 성능에 대한 평가를 실시하고 있다(The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016; The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017).

교신저자: 장항인 (우 01905) 서울시 노원구 월계로 370 회성프라자 B동 313호
전화번호 : +82-2-6459-6036
E-mail : hijang@mrplan.co.kr

건강친화형 주택건설기준과 녹색건축인증 제도에 서 실내공기질 평가는 적용된 친환경 건축자재에 대한 종류 및 비율, 자연 환기 및 기계 환기 성능을 통한 단위세대 환기 수준에 대해 주로 평가가 이루어진다. 적용된 친환경 건축자재의 종류와 비율을 산정하기 위해서는 먼저 도면에 대한 분석이 이루어져야 하며, 분석 후 실면적, 체적, 개구부면적, 친환경 자재 사용면적 등에 대한 산출이 필요하다. 그 후 적용할 친환경 자재에 대한 제품의 선택 과정이 요구된다. 이때, 도면 분석과 면적 산출작업을 토대로 자체평가서 작성에 소요되는 업무시간은 공동주택의 경우 전체 인증업무시간의 약 40%에 해당할 만큼 높은 업무비중을 차지한다(Choi, 2013; Heo, 2016). 또한, 친환경 자재에 대한 제품 선택 과정은 시공단계 전까지 잦은 설계 변경 및 건축자재 제품에 대한 제한적 정보로 인해 건축물에 투입되는 친환경 자재의 물량 및 종류를 파악하는데 업무시간의 지연이 발생한다(Jang, & Lee, 2014; Lim, 2018). 실내공기질 기준이 강화될수록 인증 제도에서 요구하는 세부 기준이 다양해지고 평가과정이 복잡해지기 때문에 인증 평가에 필요한 정보를 산출하기 위한 업무가 더욱 많아지고 있는 실정이다. 또한, 과도한 업무로 인한 데이터 누락, 평가 오류 등과 같은 문제점이 발생하여 인증 결과의 신뢰도가 떨어지고 있다(Heo, 2016). 녹색건축인증 및 건강친화형 주택건설기준에 대한 인증 현황은 매년 증가하는 추세를 보이는데, 인증 세부정보를 효율적으로 관리하고 평가할 수 있는 방법이 요구되고 있다(Kim, 2015).

실내공기질 인증 평가에 대한 업무 환경과 신뢰도를 개선하기 위한 방법으로 건축물의 형상, 공간, 물량, 속성정보를 모두 포함하고 있는 BIM 기술이 친환경 건축에서 주목받고 있다(Go, 2010; Jang, & Jun, 2009; Lee, 2017; Lee, & Ock, 2016; Oh, Park, & Song, 2007). BIM을 활용하여 실내공기질 관련 인증을 평가할 경우 설계단계에서부터 친환경 건축자재에 대한 적용을 통해 업무시간 단축이 가능하며, BIM의 형상, 공간, 속성정보를 활용하여 인증 업무절차의 개선과 평가 오류의 감소를 가져올 수 있다. 건축 인증 평가 개선을 위한 유사 연구로 기존 연구(Lee, Kim, & Jun, 2016)에서 녹색건축인증 평가를 위한 BIM 시스템 적용방안에 관한 연구를 진행하였다. 그러나 해당 연구는 현재 인증 실정에는 적용하기 어려운 BIM 저작도구 Add-in 형태로 개발되었으며, 실내공기질 관련 인증에서 제일 요구되는 건축자재 데이터베이스에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 국제

표준 정보 모델인 IFC(Industry Foundation Classes) 파일에서 공동주택의 실내공기질 인증에 필요한 요구정보를 BIM으로부터 추출하고, 추출된 요구정보를 활용하여 인증 서류인 자체평가서를 자동으로 작성해주는 시스템을 개발한다. 또한, 건축자재에 대한 데이터베이스 구축하여 친환경 건축자재에 대한 정보를 활용한다. 이를 통해 실내공기질 관련 인증 업무의 정확성을 향상시키고, 나아가 인증 업무의 시간 단축을 통해 효율성 향상에 기여하고자 한다.

1.2. 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 공동주택의 실내공기질 관련 인증 항목에 대하여 업무의 개선과 시간을 단축하기 위한 방안으로써 IFC-BIM을 활용한 자동화 시스템을 개발하였다. 건축자재에 대한 실내공기질 문제가 부각되고 있는 공동주택을 연구 범위로 선정하였으며, 실내공기질 관련 인증 항목으로는 녹색건축인증 실내환경 분야의 3개 항목과 건강친화형 주택건설기준을 대상으로 하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구 방법은 다음 Figure 1과 같다. 첫째, 공동주택의 실내공기질 인증 항목에 대하여 평가에 필요한 요구정보를 정의한다. 둘째, 선행연구 조사를 통해 IFC 파일에서 추출 가능한 요구정보를 분석하고, IFC 파일에서 추출 불가능한 정보까지 포함하여 인증 평가에 필요한 요구정보에 대한 체계를 정의한다. 셋째, 실내공기질 인증 평가 자동화를 위해 요구정보를 활용하여 인증 평가 점수 산출 및 제출 서류 출력이 가능한 플랫폼을 제안한다. 넷째, 공동주택 실내공기질 인증 자동화 시스템의 구성, 기능

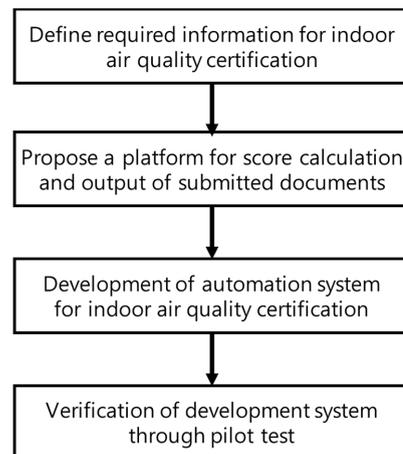


Figure 1. Research process.

및 프로세스를 도출한다. 다섯째, 개발된 자동화 시스템의 생산성과 신뢰성을 검증하기 위한 파일럿 테스트를 수행한다.

2. 실내공기질 관련 인증 항목 소개

2.1. 녹색건축인증 실내공기질 항목

녹색건축인증 제도의 7개 평가항목 중에서 실내환경 분야는 총 21점의 점수 배점이 분포해 있으며 (Table 1), 그 중 실내공기질 관련 평가 항목은 3개 항목으로 21점 중 47.6%의 배점 비중을 차지하고 있다 (Table 2). 실내공기질 항목은 거주자에게 쾌적한 실내 공기 환경을 제공하는데 목적을 두고 있기 때문에 실내 오염물질 발생량을 원천적으로 저감시키거나, 발생된 오염물질을 제거하기 위해 외기도입을 통한 환기량을 증가시키는 방법에 대한 평가가 이루어진다. 실내 공기질 관련 평가 항목은 건축자재에 대한 항목인 ‘7.1 실내공기 오염물질 저방출 제품의 적용’과 환기성능에 대한 항목인 ‘7.2 자연 환기성능 확보’와 ‘7.3 단위

세대 환기성능 확보’로 구성되어 있다(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2017).

7.1 항목은 실내공기 오염물질 저방출 제품의 적용 비율을 평가하는 ‘필수항목’으로 실내에 사용되는 건축자재(최종마감재, 접착제, 내장재) 및 불박이 가구에서 실내공기로 방출되는 폼알데하이드 및 휘발성 유기화합물 저방출 제품의 적용을 유도한다. 벽, 바닥, 천장 면적대비 친환경건축자재가 적용된 면적에 대한 비율로 평가된다. 이때, 친환경 건축자재는 최종마감재, 접착제, 그 밖의 내장재와 불박이 가구로 구분된다.

7.2 항목은 자연환기가 가능한 창 설치 여부를 평가하는 항목으로, 개폐가능한 창을 통한 신선한 외부 공기의 실내 유입 비율을 평가한다. 공동주택의 경우 전용 또는 확장 바닥면적을 기준으로 하여 개폐되는 유효 창면적의 비율로서 평가된다.

7.3 항목은 실내공기 오염물질을 효과적으로 실외로 배출할 수 있는 자연 환기설비 또는 기계 환기설비 성능을 평가하는 항목으로, 실 용도에 적합한 최소 환기량 및 일정수준 이상의 환기성능에 필요한 적정 환기

Table 1. Distribution of the Credit Points for G-SEED

Assessment	Land Use and Transport	Energy and Pollution	Materials and Resources	Water Management	Management	Ecological Environment	Indoor Environment	Total
Number of criterion	8 criteria	5 criteria	6 criteria	4 criteria	4 criteria	4 criteria	9 criteria	40 criteria
Credit points	16 points	20 points	15 points	14 points	9 points	20 points	21 points	115 points
Distribution	13.9%	17.4%	13.0%	12.2%	7.8%	17.4%	18.3%	100%
Ranking	4th	2nd	5th	6th	7th	2nd	1st	-

Table 2. The Detailed Criteria of Indoor Air Quality among Indoor Environment Field in G-SEED

Assessment	Detailed criteria	Credit points	Distribution
Indoor Environment	7.1 Application of indoor air pollutant low emission products	Required	52.4%
	7.2 Ensure natural ventilation performance	Options	
	7.3 Ensure ventilation performance of unit households	Options	
	7.4 Thermostat installation level	Options	
	7.5 Lightweight impact sound isolation performance	Options	
	7.6 Heavy impact sound isolation performance	Options	
	7.7 Sound insulation performance of inter-generational boundary walls	Options	
	7.8 Indoor and outdoor noise level of traffic noise	Options	
	7.9 Toilet water drain noise	Options	
Total		21 points	100%

설비 설치 여부를 평가한다. 실별 바닥면적, 천장고, 기준 환기 횟수를 통해 필요 환기량을 산정하고, 적용된 환기설비의 적용 길이(자연 환기설비의 경우) 또는 설계 풍량(기계 환기설비의 경우)에 따라 환기 성능 만족 여부를 평가한다.

2.2. 건강친화형 주택건설기준

건강친화형 주택건설기준은 오염물질이 적게 방출되는 건축자재를 사용하고 환기 등을 실시하여 새집증후군 문제를 개선함으로써 거주자에게 건강하고 쾌적한 실내 환경을 제공하기 위한 제도이다. 건강친화형 주택건설기준은 500세대 이상의 신축 및 리모델링 공동주택이 모두 의무적으로 실시해야 하며, 의무기준 7개, 권장기준 4개(2개 이상 의무) 항목으로 평가된다(The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017). 항목의 평가 기준에 해당되는 적용 비율에 따라 점수를 부여하는 녹색건축인증 제도와 다르게 건강친화형 주택건설기준의 의무기준에 대해서는 적용 기준에 대한 만족 여부로 평가가 이루어진다.

의무기준 1은 실내공기 오염물질 저방출건축자재 적용에 따른 평가항목으로, 녹색건축인증 제도의 7.1 항목과 유사한 항목이며 오염물질 저방출건축자재를 70% 이상 사용해야 인정받는다. 또한, 총휘발성유기화합물과 폼알데하이드 뿐만 아니라 실내마감용 도료에 함유된 유해원소에 대한 인증기준도 추가로 평가하고 있다.

의무기준 2는 신축 공동주택의 사용검사 단계까지 실내건축자재에서 발생된 오염물질 방출량을 최소화하기 위한 플러쉬아웃 및 베이킹아웃 시행 여부로 평가한다.

의무기준 3은 실내에서 발생하는 오염물질을 효과적으로 제거할 수 있는 자연 환기설비 및 기계 환기설비의 설치 여부로 평가한다. 이때, 녹색건축인증 제도

의 7.3 항목과 동일하게 실별 바닥면적, 천장고, 기준 환기 횟수를 통해 필요 환기량을 산정하고, 적용된 환기설비의 적용 길이 또는 설계 풍량에 따라 환기 성능 만족 여부를 평가한다.

의무기준 4는 실내에서 발생하는 오염물질을 효과적으로 제거하기 위해 설치된 공동주택 환기설비의 TAB(Test, Adjusting, Balancing) 시행 여부로 평가한다.

의무기준 5는 신축 공동주택에 설치된 빌트-인 가전제품과 불박이 가구에서 발생하는 총휘발성유기화합물 및 폼알데하이드 방출량의 기준 적합 여부로 평가한다.

의무기준 6은 실내공기질과 관련된 ‘일반 시공관리기준, 접착제 시공 관리기준 및 유해화학물질 확산방지를 위한 도장 공사 시공관리기준’을 만들어 체계적인 시공관리가 진행되었는지 여부로 평가한다.

의무기준 7은 ‘플러쉬 아웃방법, 환기설비 필터교환시기 및 방법, 결로방지를 위한 입주자 생활행위’에 대한 관리자 및 입주자 사용설명서 제공 여부로 평가한다.

권장기준 1부터 4에 해당되는 항목은 단위세대별로 시공부위에 따른 ‘흡방습, 흡착, 항곰팡이 및 항균건축자재’의 적용비율에 따라 적합 여부를 평가한다. 흡방습 및 흡착건축자재는 거실과 침실 벽체의 10%이상 적용해야 인정받으며, 항곰팡이 및 항균건축자재는 곰팡이 및 세균이 우려되는 부위에 총 외피면적의 5% 이상을 적용해야 인정받는다.

3. 실내공기질 인증 자동화 방법

3.1. 실내공기질 관련 인증 요구정보 정의

본 절에서는 실내공기질 인증 자동화를 위해 실내공기질 인증에 필요한 요구정보를 정의하고, IFC-BIM 추출 여부에 따라 요구정보에 대한 체계를 정의하였다(Table 3). 실내공기질 인증에 필요한 요구정보는 정보생성의 방법에 따라 크게 IFC 파일에서 직접 추출되는

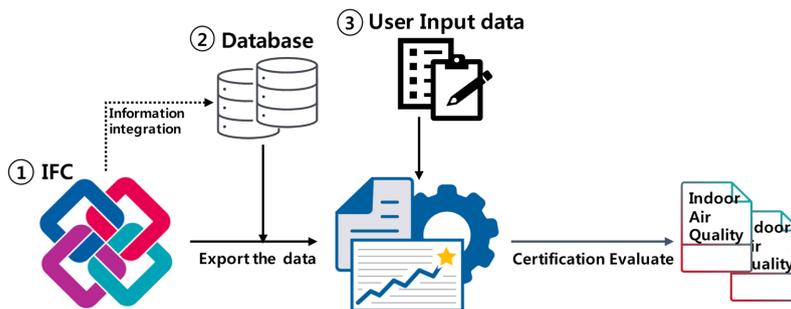


Figure 2. Classification of the required information.

Table 3. Required Information of Indoor Air Quality Certification

Category	Required information	IFC automatic extraction
Generation division	Household Type, Household Number	X
Room Name	Each room	O
Area	Area of floor, wall, ceiling, window, door and Opening area of window	O
Connect with outdoor air	Wall Area in contact with the outside air	O
Ceiling height	Length of Ceiling height	O
Number of air changes	Number of air changes defined by legal standards	△
Area of building material	Area of finishing, glue and other interior	O
Type of building material	Material name, Product name, Certification type, Expiration date, Certification documents	△
Built-in furniture	Furniture location, product name, low emission certification	X
Ventilation equipment	Ventilation Product name, Applicable length, Applied air flow rate	X
Flush-out / Bake-out	Check for Flush Out / Bak Out	X
TAB	Confirmation of TAB implementation	X
Built-in appliances / furniture performance	Confirmation of pollutant emission appropriateness	X
Construction management	Confirm construction management	X
User guide	Provides administrator and tenant user manual	X

* O - Required information can be extracted directly from IFC

△ - Required information can be extracted by linking with external DB

X - Required information can not automatically extract from IFC, User input directly

정보와 외부 데이터베이스와의 연동을 통해 추출되는 정보, 그리고 사용자의 판단이 요구되어 사용자가 직접 입력해야하는 정보로 구분된다(Figure 2). IFC-BIM 추출 방법은 선행연구(Hong, Yeo, & Yu, 2017)에서 제안된 방법을 적용하였으며, IFC 파일을 통해 직접 추출 가능한 정보는 실명, 실별 면적과 천장고 그리고 건축자재의 자재명이 있다. 외부 데이터베이스와의 연동을 통해 추출되는 정보는 IFC-BIM 데이터를 매개정보로 사용하여 정보를 추출하며, 최종마감재, 집착제, 내장재에 적용된 자재의 인증 여부, 실내오염물질 방출량, 제조업체, 제품명 등의 정보가 해당된다. 마지막으로 사용자 직접 입력하는 정보에는 환기 설비 종류 및 성능에 대한 정보와 추가로 설치되는 불박이 가구에 대한 정보, 플러쉬아웃 이행 여부, 환기설비 TAB 시행 여부, 시공관리 진행 여부, 입주자 사용설명서 제공 여부 등이 있다.

3.2. 실내공기질 인증 평가 서류 출력 플랫폼

녹색건축인증 실내공기질 항목과 건강친화형 주택 건설기준 평가 시 자체평가서와 평가점수를 산출한 근

거서류를 인증기관에 제출해야 한다. 근거서류를 작성하는 과정에서 관련 정보 입력의 오기 및 누락으로 인한 오류가 많이 발생하며, 해당 과정은 단순 반복 입력 작업의 감소가 가장 요구되는 부분이다. 본 연구에서 인증 평가를 자동화를 구현하기 위해서 인증 항목별 기준에 따라 입력되는 정보를 바탕으로 자동으로 평가 점수 산출 및 자체평가서를 생성해주는 플랫폼을 제안하였다(Figure 3). 자동 점수 산출은 각 항목별로 요구되는 IFC-BIM 추출 정보와 사용자 입력 정보를 입력 받아 산출 계산서를 통해 기준 만족 여부를 판단한다. 각 항목별 기준 만족 단계에 따라 지정된 가중치가 부여되고, 적용된 세대수 정보를 반영하여 항목별 최종 점수를 판단하게 된다. 이때, 산출계산서를 통해 점수 산출결과 완료된 후 해당 점수를 이용하여 자체평가서, 적용확인서 등의 인증 제출서류를 작성한다. 산출 계산서는 항목별 적용 기준에 따라 제공된 계산방법을 수식화 해놓은 시트를 의미하며, 단위세대별로 입력된 정보를 각각 계산하여 세대수에 따라 가중 적용한다. 인증 제출 시 필요한 서류로는 자체평가서, 적용예정 확인서(본인증시 감리확인서), 점수 산출표, 산출계산

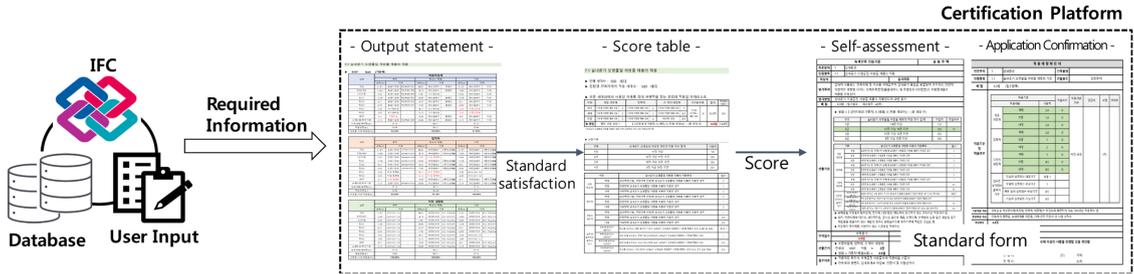


Figure 3. Process of proposed platform.

서, 인증서/시험성적서 등의 서류가 있으며, 자체평가서와 적용예정확인서는 인증 기준에서 제공되는 표준 제출양식과 동일하게 플랫폼을 구현하였다. 인증 평가 수행을 실시하면 IFC-BIM에서 자동으로 추출한 정보와 외부 데이터베이스에서 추출한 정보, 사용자가 직접 입력한 정보가 입력되어 평가 점수 산출과 제출에 필요한 구비서류 자동 생성 및 출력이 가능하도록 자동화 방안을 정의하였다.

4. 실내공기질 인증 자동화 시스템 개발

4.1. 실내공기질 인증 자동화 시스템 구성 및 기능

실내공기질 인증 자동화 시스템은 IFC-BIM에서 추

출한 정보를 기반으로 녹색건축인증의 실내공기질 항목과 건강친화형 주택건설기준 평가에 필요한 신청서 및 자체평가서, 산출 계산서, 인증서 등과 같은 증빙서류를 자동으로 생성하고 검토할 수 있는 기능을 제공한다. 시스템 메인화면은 크게 법규정보DB, 제품정보DB, 프로젝트관리 3가지로 나눌 수 있다(Figure 4). 첫째, 법규정보DB는 인증 평가에 사용되는 녹색건축인증과 건강친화형 주택건설기준에 대한 관련 규정 및 점수산정 알고리즘에 대한 정보를 제공한다. 둘째, 제품정보DB는 친환경 건축자재에 대한 제품정보를 제공하는 기능으로 친환경 자재에 대한 제품코드, 표준자재명, 제품명, 크기, 공법, 획득 인증명칭, 인증기관, 인증기간, 인증서, 제조업체 등이 제공된다. 마지막으로

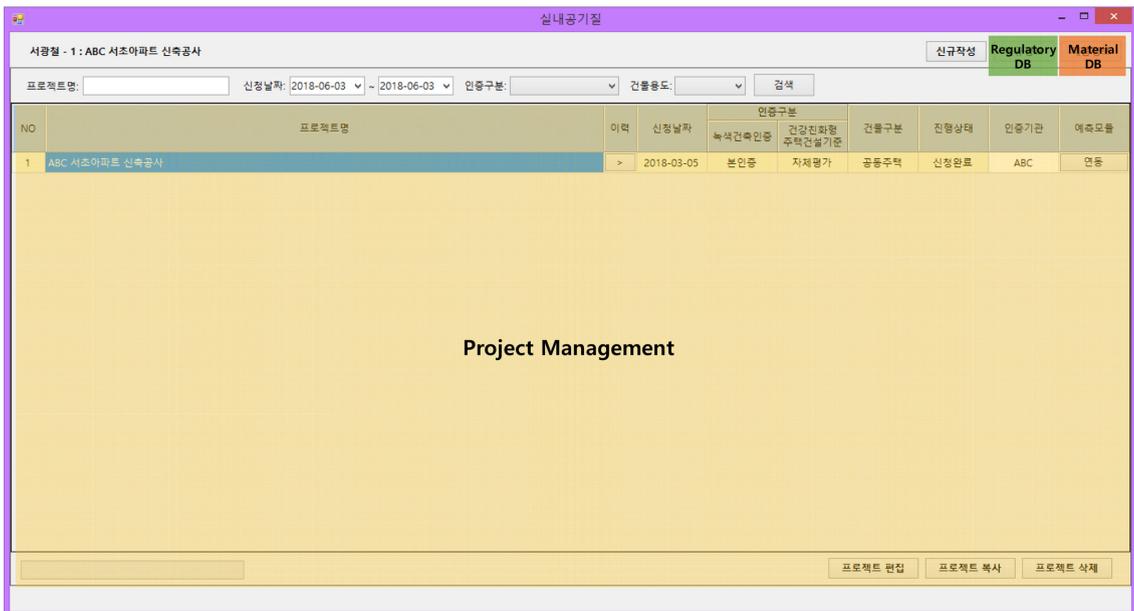


Figure 4. Main user interface of Indoor air quality certification automation system.

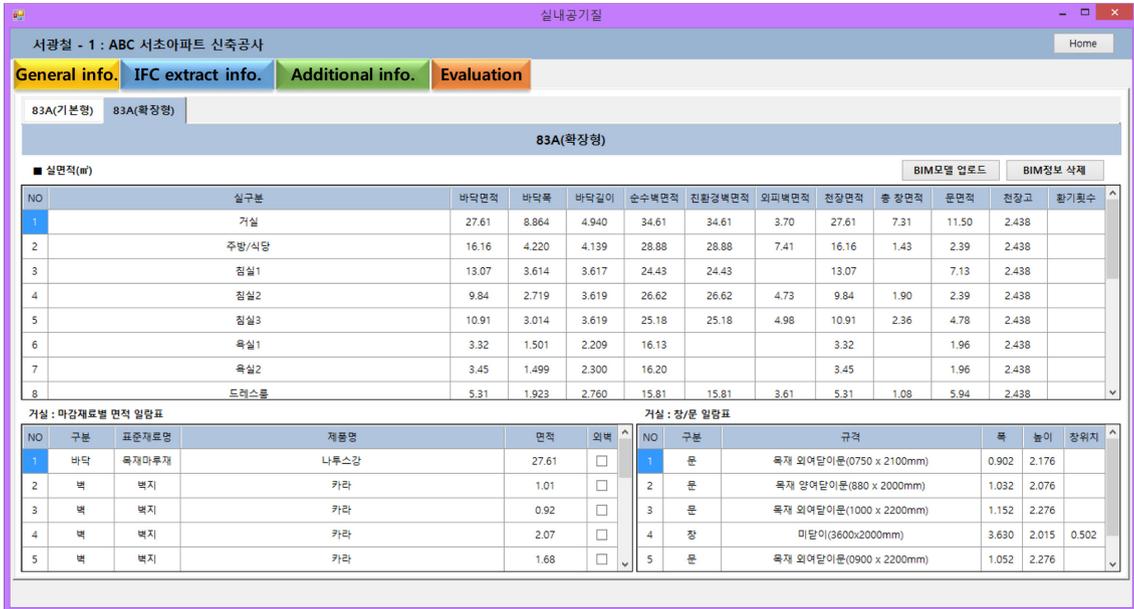


Figure 5. User interface of Project management part.

프로젝트 관리부는 각 프로젝트에 대하여 설계단계에서 발생하는 예비인증에서부터 시공단계에 발생하는 본 인증에 대한 정보를 관리할 수 있는 기능을 제공한다.

프로젝트 관리부는 본 시스템의 메인 기능을 제공하며, IFC 정보 추출, 추가 평가 정보 입력, 평가 및 서류 출력으로 기능을 나눌 수 있다(Figure 5). IFC 정보 추출을 위해서는 각 세대유형에 대한 IFC-BIM 모델을 업로드 하여 3.1절에서 정의한 요구정보에 따른 부위별 면적, 건축자재에 대한 정보를 확인한다. IFC를 통해 자동으로 추출되지 못한 정보에 대해서는 추가 평가 정보 입력 부분들을 통해 입력한다. 마지막으로 평가 및 서류 출력부에서 3.2절에서 제안된 방법에 따라 요구되는 인증에 대한 평가를 실시하며, 평가 완료 후 제출 서류 출력이 가능하다.

4.2. 실내공기질 인증 자동화 시스템 프로세스

실내공기질 인증 자동화 시스템을 활용하여 녹색건축인증과 건강친화형 주택건설기준 업무를 진행할 경우 Figure 6의 프로세스로 평가가 이루어진다. 먼저 신규 프로젝트를 생성하여 해당되는 일반사항에 대해 작성하고, 공동주택의 세대유형 및 세대수에 대한 정보를 입력한다. 이때, 기본형과 확장형을 구분하여 입력해야 평가가 제대로 이루어진다. 그 후 각 세대유형에 대한 IFC 파일을 업로드 하여 각 실에 대한 면적 정보와 자

재 정보에 대한 추출이 제대로 이루어졌는지 검토한다. 실별 면적정보와 자재 정보에 대한 검토 완료 후 단위 세대에 적용된 환기 설비에 대한 정보를 입력하고, 각 인증 제도에서 평가자 판단이 요구되는 항목에 대해 체크리스트를 통해 체크하면 작성이 완료된다. 평가 결과를 확인하고자 하는 인증 제도의 평가를 실시하고 결과 검토 후 서류를 출력하면 인증 평가가 완료된다. 평가 결과 검토 후 점수에 대해 수정이 필요한 경우 자재 정보 검토 과정부터 반복하면 된다. 녹색건축 본인증의 경우, 적용 자재 및 환기 설비에 대한 현장 사진이 증빙으로 필요하기 때문에 평가 전 단계에 현장 증빙 서류 작성하는 과정도 포함되어 있다. 따라서 본 시스템을 통해 녹색건축 예비, 본인증과 건강친화형 주택 건설기준 자체확인, 이행확인에 대한 평가가 가능하다.

5. 자동화 시스템 파일럿 테스트

5.1. 파일럿 테스트 개요

본 연구에서 제시하는 IFC-BIM을 활용한 실내공기질 인증 자동화 시스템의 성능을 검증하기 위하여 공동주택 BIM 모델을 대상으로 파일럿 테스트를 실시하였다. 파일럿 테스트 모델은 Revit 2016 버전으로 작성하고, IFC 4 표준파일 포맷으로 정보를 생성하였다. 해당 공동주택 BIM은 남양주 OO지구에 위치한

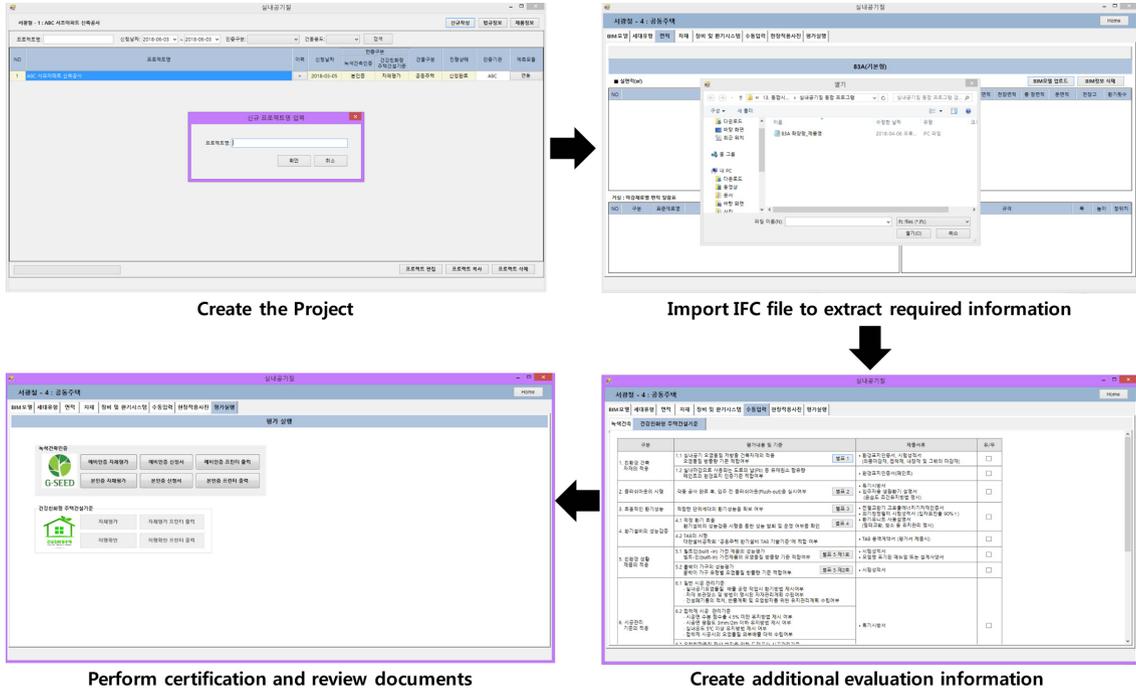


Figure 6. Evaluation process of Indoor air quality certification automation system

단지 중 하나의 세대유형(단위세대 면적 84m²)과 동일하게 모델링하였으며, 동일한 단위세대가 500세대 있는 것으로 가정하였다. 파일럿 테스트 모델에 대한 2D도면과 3D도면에 대한 이미지는 Table 4와 같다. BIM 모델링 시 형상뿐만 아니라 각 부위의 재료에 대한 표준 자재명까지 지정하여 해당 속성정보를 활용하여 시스템 상의 자재정보DB와 연동으로 각 부위에 해당되는 제품을 자동으로 추출할 수 있도록 하였다. 파일럿 테

스트 모델의 주요 실에 대한 속성 정보는 Table 5와 같다. 경력 3년차인 실무자가 파일럿 테스트를 실시하였으며, 기존 수작업 방식과 자동화 시스템 방식에 대한 작업시간을 동일하게 비교하기 위해 도면에 대한 분석은 완료한 후 작업시간을 비교하였다.

5.2. 파일럿 테스트 결과 비교

파일럿 테스트를 위해 작성한 공동주택 모델을 대상

Table 4. 2D and 3D Drawing Image for Pilot Test

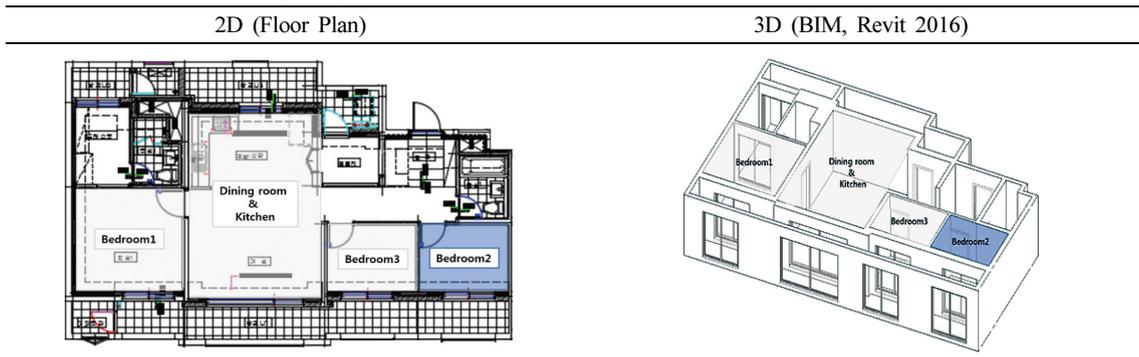


Table 5. Property Information(Building Material) of Pilot Test Model

Location	Material Name	Thickness	Material Type	Connected room
Wall	Wallpaper	0 mm	finishing	
	Wallpaper glue	0 mm	glue	Kitchen.
	Gypsum Board	9.5 mm	other interior	Powder room,
	Concrete	80 mm	-	Dress room,
	Gypsum Board	9.5 mm	other interior	Bed room1,2,3,
	Wallpaper glue	0 mm	glue	Living room
	Wallpaper	0 mm	finishing	Entrance
Floor	Wood Flooring	7.5 mm	finishing	
	Wood glue	1 mm	glue	
	Cement mortar	40 mm	-	Kitchen.
	Lightweight foam concrete	40 mm	-	Powder room,
	Insulation	30 mm	-	Dress room,
	Concrete	210 mm	-	Bed room1,2,3,
Ceiling	Gypsum Board	9.5 mm	other interior	Living room
	Ceiling paper glue	1 mm	glue	
	Ceiling paper	1 mm	finishing	

으로 본 연구에서 개발한 실내공기질 인증 자동화 시스템을 적용하여 녹색건축인증의 실내공기질 항목과 건강친화형 주택건설기준을 평가한 결과는 Table 6과 같다. 인증 평가를 위해 필요한 요구정보에 대해 수작업으로 산출한 면적 값과 자동으로 IFC-BIM에서 추출한 면적 값은 Table 7과 같다. 수작업으로 산출한 면

적 값과 자동으로 추출한 면적 값은 약 0.74%의 오차를 보였는데, 이는 건축자재의 두께에 대한 세부 모델링 차이로 인해 발생하였다. 예를 들어, 욕실의 경우 최종 마감재인 타일에 대한 두께를 고려하지 않고 0mm으로 모델링하여 바닥 면적 합계에서 오차를 보였다. 건축자재 두께 모델링으로 인해 발생한 오차는

Table 6. The Comparison of Pilot Test Results

Type of Certification	Category	Manual method	Automation method	Error
Indoor Air Quality (G-SEED)	7.1	4.8 / 6.0	4.8 / 6.0	0%
	7.2	0.8 / 2.0	0.8 / 2.0	0%
	7.3	1.6 / 2.0	1.6 / 2.0	0%
Health-friendly housing construction standard	Mandatory 1	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Mandatory 2	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Mandatory 3	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Mandatory 4	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Mandatory 5	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Mandatory 6	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Mandatory 7	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Recommended 1	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Recommended 2	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Recommended 3	Satisfaction	Satisfaction	0%
	Recommended 4	Satisfaction	Satisfaction	0%

Table 7. The Comparison of Required Information Extraction Results

Category	Manual method	Automation method	Error
Room Name	Bed Room 3	Bed Room 3	-
Material Name - Base	Gypsum Board	Gypsum Board	-
Material Name - Finishing	Wallpaper	Wallpaper	-
Material Area - Wall	26.13 m ²	26.13 m ²	0%
Material Area - Floor	10.83 m ²	10.91 m ²	0.74%
Material Area - Ceiling	10.83 m ²	10.91 m ²	0.74%
Total Wall Area	30.41 m ²	30.41 m ²	0%
Floor Area	10.83 m ²	10.91 m ²	0.74%
Ceiling Area	10.83 m ²	10.91 m ²	0.74%
Window Area	2.30 m ²	2.30 m ²	0%
Door Area	1.98 m ²	1.98 m ²	0%
Ceiling Height	2.3 m	2.3 m	0%
Area in contact with the outside air	6.9 m ²	6.9 m ²	0%

수치가 미미하여 전체 평가 점수에는 영향을 미치지 않았다. IFC-BIM 자동 추출 정보를 사용하지 않는 녹색건축인증 7.2, 7.3항목과 건강친화형 주택건설기준 의무기준 7개 항목은 평가자가 동일한 정보를 입력하였기 때문에 동일한 평가 결과를 나타내었다.

6. 결 론

본 연구에서는 IFC-BIM을 활용하여 공동주택 실내 공기질 인증 평가 자동화 시스템을 개발하기 위하여, 실내공기질 관련 인증 항목에 대한 요구정보 체계를 정의하고 평가 점수 산출 및 인증 제출 서류 출력 플랫폼을 제안하였다. 또한, 자동화 시스템에 대한 구성 및 기능, 프로세스를 도출하고, 파일럿 테스트를 실시하여 정확성을 검증하였다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 친환경 건축 인증제도 중 공동주택의 실내공기질 인증 평가 관련 제도인 녹색건축인증 3개 항목과 건강친화형 주택건설기준에 대한 평가를 위해 요구정보를 정의하고, 정보 생성 방법에 따라 요구정보 체계를 정의하였다. 요구정보 체계는 IFC-BIM에서 직접 추출되는 정보, 외부 데이터베이스와 연동 과정을 통해 추출되는 정보, 사용자 직접 입력 정보로 구분된다. 요구정보 체계에 따라 입력된 정보들을 통해 실내공기질 인증 항목별 평가 점수 산출 및 인증 제출 서류 출력 플랫폼을 구현하였다.

(2) 본 연구에서 개발한 시스템은 IFC-BIM에서 추출한 정보를 기반으로 녹색건축인증의 실내공기질 항

목과 건강친화형 주택건설기준 평가에 필요한 신청서 및 자체평가서, 산출 계산서, 인증서 등과 같은 증빙서류를 자동으로 생성하고 검토할 수 있는 기능을 제공한다. 또한, 법규정보 관리부를 통해 인증 평가 시 사용되는 기준 값 및 점수 산정 알고리즘을 제공하고, 제품정보 관리부를 통해 인증 평가 요구정보 추출에 필요한 친환경 건축자재에 대한 제품정보를 제공한다.

(3) 본 연구에서 개발한 시스템의 정확성을 검증하기 위해 공동주택 BIM 모델을 대상으로 파일럿 테스트를 수행하였다. 파일럿 테스트를 통해 대상 모델의 IFC-BIM 추출 정보의 정확성을 수작업 결과와 비교한 결과 오차율은 약 0.74%로 나타났다. 녹색건축 예비인증 실내공기질 항목과 건강친화형 주택건설기준 자체평가에 대한 평가 결과에 대해서는 정확도 100%를 나타남을 확인하였다. 또한, 인증 평가 완료까지 작업에 소요된 시간을 비교한 결과 기존 수작업의 작업 시간 대비 약 60%에 해당하는 작업시간이 단축되는 것을 확인하였다.

본 연구에서 개발한 시스템은 공동주택의 실내공기질 관련 인증 평가에 필요한 형상 및 속성정보를 자동으로 생성하고, 그 밖의 평가 정보에 대한 손쉬운 작성을 통해 인증 업무의 작업시간 단축 및 정확성 향상에 기여할 수 있다. 또한, 인증 평가에 필요한 신청서 및 자체평가서, 산출계산서, 인증서 등의 제출서류를 자동으로 생성하기 때문에 인증 업무의 비약적인 시간 단축을 가져올 것으로 기대된다.

본 연구에서는 건물의 설계단계에서 시공단계에 이

르는 과정에서 발생하는 실내공기질에 대한 관리 및 평가만을 대상으로 하였다. 추후, 건물의 운영 및 유지 관리 단계에서의 실내공기질 관리 및 평가에 대한 연구도 진행할 계획이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진 연구개발 사업의 연구비지원(1615009504)에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Choi, Y. J. (2013). Analyzing weights of certification assessment criteria on the G-SEED system using the AHP method - focused on certification standards for apartment buildings. *The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 13(6), 113-120.
- Go, D. H. (2010). A study on BIM-based sustainable design process using building performances and energy efficiency evaluation. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 26(9), 237-247.
- Heo, Y. H. (2016). *Green Building Certification with the application of BIM*. Unpublished master's thesis, Gachon University, Gyeonggi-do.
- Hong, S. H., Yeo, C. J. & Yu, J. H. (2017). Automation of information extraction from ifc-bim for indoor air quality certification. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 18(3), 63-67.
- Jang, H. S. & Lee, S. H. (2014). A comparison study on the importance and problems of assessment items of the G-SEED system. *The International Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 14(1), 113-120.
- Jang, W. J. & Jun, H. J. (2009). A study of green building technology using a BIM process is possible. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 29(1), 23-24.
- Kim, S. S., Yeo, M. S. & Kim, K. W. (2008). Numerical analysis of the indoor air quality and VOC emission from building materials with the temperature variation. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 24(3), 233-240.
- Kim, M. G. (2015). *A Study on a BIM-based Green Building Assessment in Architectural Design Process*. Unpublished master's thesis, Hanyang University, Seoul.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT) (2017). G-SEED 2016 version 1.2 commentary - New residential building.
- Lim, H. J. (2018). *A Study on the Analysis of Major Building Materials in Support of the Life Cycle Assessment of G-SEED*. Unpublished master's thesis, Hanyang University, Seoul.
- Ministry of Environment (2018). Indoor air quality management method.
- Lee, G. H., Park, C. S., Park, M. Y. & Choei, J. M. (2005). A study on the categories of construction phase factor for the improvement of indoor air quality. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 7(1), 93-100.
- Lee, G. J. (2017). A basic study for sustainable analysis and evaluation of energy environment in buildings : focusing on energy environment historical data of residential buildings, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 18(1), 262-268.
- Lee, J. S. & Ock, J. H. (2016). A study on the evaluation items of BIM process maturity measurement model, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 21(3), 281-295.
- Lee, S. H., Jeong, S. K., Lee, K. S., Min, K. W., Kim, H. S. & Kim, D. S., et al. (2013). A study on characteristics of indoor air pollutants using regression analysis in public facilities. *Journal of the Korean Society for Environmental Analysis*, 16(2), 123-131.
- Lee, Y. J., Kim, M. K., & Jun, H. J. (2016). A study on the application of BIM system for G-SEED certification assessment. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 32(12), 63-70.
- Lim, Y. W. (2007). Health risk assessment of indoor pollutants. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 29(5), 502-511.
- Oh, K. S., Park, S. H. & Song, J. W. (2007). A study on the using of BIM data and template for construction. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 17(8), 157-163.
- The Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2016). Rules for G-SEED(Green Standard for Energy and Environmental Design).
- The Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2017) Health-friendly housing construction standard. The Ministry of Land, Infrastructure and Transport notification. 2017-831.
- World Health Organization (2002). Reducing Risks, Promoting Healthy Life. World Health Report.

투 고 일: 2018. 6. 5

수정접수일: 2018. 6. 26

게재승인일: 2018. 6. 26