

# BIM기반 건축물 설계 과정에서 실시간 에너지 성능 분석을 위한 기술 개발에 관한 연구

- 열관류율 분석을 중심으로

## A Study on the Development of the Technology of Evaluating the Performance of Energy

- saving in the BIM-based Design Process in the Real Time Manner Focused on the Analysis of Coefficient of Overall Heat Transmission

이 윤 길\*                      조 원 준\*\*  
Lee, Yun-Gil                  Cho, Won-Jun

### Abstract

This study intended to introduce the method of designing an eco-friendly building based on BIM(Building Information Modeling) and BIM-based application. The proposed application aimed to generate the environmental performance of the designed alternative automatically in real-time manner in the process of architectural design. We focused on the feasibility of BIM-based eco-friendly design process and the applicability of the developed application for the architectural design practice. In this manner, in the end of paper, we proposed the so-call EcoBIM which is the performance evaluation module for the designed alternative using BIM in the real-time manner and the new design process with it. EcoBIM generate the coefficient of overall heat transmission of wall, roof and slab of the designed alternative with their physical characteristics such as thickness, thermal resistance and so on.

키워드 : 건축정보모델링, 친환경 건물, 실시간 분석

Keywords : Building Information Modeling, Eco-friendly Building, Real-time evaluation

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

에너지 문제에 대한 전 세계적인 관심은 이미 집중된 상태이며 전 세계 에너지의 약 40%를 소비하는 건축물은 에너지 문제 해결의 중심에 있다고 해도 과언은 아니다. 국내에서 조사된 바에 따르면 건축물 및 건축물 내 시설물의 에너지 소비량은 국내 에너지 총 소비량의 25%를 차지하고 있으며 이의 감축을 위하여 국가적으로 여러 가지 제도적인 장치(건물 에너지 효율 등급, 친환경건축물 인증제 등)를 수립하고 운영하고 있다.[1] 같은 맥락에서 건축물의 에너지 사용량을 줄이고 환경부하를 저감하기 위한 노력이 계속되고 있으며 그의 일환으로 건축물의 에너지 사용 성능을 분석하여 예측하는 기술의 개발

및 수행이 점차 증대되고 있는 실정이다.[2] 특히, 건축물을 설계하는 시점에 건축물의 에너지 성능을 분석, 예측하고자 하는 노력이 증대되고 있는데 이는 보통 수년에서 수십 년 이상의 내구성을 가지는 건축물의 에너지 소비량은 설계단계에서 결정되는 형상, 외피 구성, 평면 및 배치 등에 많은 영향을 받기 때문이다. 즉, 설계단계에서의 건축물의 에너지 검토는 건축물의 생애주기 동안 소비되는 에너지 사용 총량을 결정짓는 중요한 사항이 된다.[3] 현재 시행되고 있는 건물 에너지 효율 등급등과 같은 제도는 이와 같은 맥락에서 이루지고 있다고 할 수 있다.

설계과정에서 에너지 성능 분석은 생애주기를 통한 건축물의 에너지 소비량을 최소화하기 위하여 필수적인 과정이다. 그러나 이를 분석하는데 많은 시간과 과도한 비용이 소요되기 때문에 수행에 어려움이 있다. 즉, 에너지 분석을 위하여 필요시 되는 3차원 모델링에 전체 분석의 80% 정도의 시간과 노력이 소모된다. 또한 설계 과정과 분석과정이 분리되어 진행되기 때문에 분석된 내용이 신

\* 호서대 건축학과 조교수, 이학박사

\*\* (주)이제이건축사사무소, 소장

이 논문은 2011년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구입니다.(과제번호: 2011-0077)

속하게 설계안에 반영되기 어려운 실정이다.[4]

최근 BIM(Building Information Modeling)의 대두는 설계안의 에너지 성능을 분석하는데 획기적인 기여를 할 것으로 고려되고 있는데 이는 BIM을 기반으로 이루어지는 건축실무가 가지는 정보의 상호 운용성에 기인하고 있기 때문이다. 즉, 실제 건설된 건물과 거의 유사한 수치기반의 3차원 디지털 모델을 기반으로 이와 관련한 정보들이 유기적으로 연결되어 사용자의 필요에 따라 제시되기 때문이다. 또한 에너지 성능분석에 필요한 모델링 작업을 이미 설계 과정 중에 BIM을 기반으로 수행했기 때문에 이에 대한 시간과 노력을 절감할 수 있다. 이와 같은 기대를 실현하기 위해서는 건물 설계단계에서 건축물에 포함되어 있거나 연관되어 있는 성능에 대한 분석을 위하여 설계와 시뮬레이션이 통합되어야 한다.[5]

BIM이 제공하는 청사진에도 불구하고 설계단계의 BIM의 도입만으로는 최적화된 친환경 건물의 디자인 환경이 실현된다고는 볼 수 없다. 즉, 객체 기반의 3차원 모델링을 기반으로 하는 BIM 도구의 사용과 함께 친환경 설계를 위한 분석 및 가시화 도구의 활용이 도입되고 이것이 설계 단계를 통하여 실시간으로 사용될 수 있어야 가능하다. 현존하는 친환경 분석 도구는 최종 결과물의 친환경 성능을 분석하는 방식이기 때문에 친환경 분석을 기반으로 최적화된 설계안을 도출하기 어려운 상태이다. 즉, 현존하는 친환경 분석 도구는 디자인 프로세스와는 연관되지 않은 상태이다.[3] 특히, 국내 실무에서 친환경 설계에 가장 중요시되는 부분은 친환경인증에 관련된 부분이다. 이는 건축물의 허가 등에 직접적인 관련이 있기 때문이다. 그러나 친환경인증에 관련된 설계 내용이 확정되는 것은 건물 디자인의 최종단계인 실시설계 단계에서 이루어진다. 실시설계에서 친환경 관련 사항을 재검토하기 때문에 공사비와 유지비용, 필수등급의 획득 등의 관계에서 설계 안이 변경되는 경우가 많고 이 때문에 추가적인 시간, 비용이 발생하게 된다.

이와 같은 문제점으로부터 본 연구는 BIM을 기반으로 친환경 분석 기술을 개발함에 있어서 보다 설계과정과 연계된 성능분석 기술을 개발하여 불필요한 비용 및 시간을 최소화하고 최적화된 친환경 건물의 설계를 가능케 하는 방안을 제시하고자 한다. 즉, BIM 설계 초기부터 실시간 성능분석을 적극적으로 수행할 수 있는 기술을 개발하여 디자인 과정에서 실시간으로 친환경 성능분석이 가능하게 하는 것이 본 연구의 궁극적인 목표이다. 궁극적인 목표 달성을 위한 기반 연구로 본 연구는 열관류율 분석을 중심으로 수행되었다.

## 1.2 연구의 방법 및 주안점

본 연구는 이론 연구, 알고리즘 개발, 시스템 개발의 방법으로 연구가 진행되었다. 본 연구는 결과의 실현가능성에 주안점을 둔 연구로서 필요시 되는 기술을 어떻게 구현할 수 있는가에 보다 중점을 두고 연구가 진행되었다. 또한 연구의 결과물을 통하여 건축 실무 프로세스의 긍정적인 영향에 대한 고찰을 수행하였다. 본 연구는 광

범위한 친환경 분석 방법의 전부를 범위에 넣기에는 한계가 있어 친환경 인증에 가장 중요시 되는 에너지 성능 분석을 중심으로 연구가 진행되었다. 즉, 본 연구가 단순히 연구에서 그치지 않고 실무에서 활용될 수 있도록 하기 위하여 친환경 인증 업무의 중심이 되며 불필요한 시간과 노력, 비용이 상대적으로 많이 드는 에너지 절약 계획서에 관련된 내용을 자동으로 산출하는 기능 개발을 중심으로 진행되었다. 이중에서도 설비 및 시설에 관계되는 것보다는 보다 건축 설계와 관련이 많은 열관류율(벽, 지붕, 바닥)의 자동 산출을 중심으로 연구가 이루어졌다. 2.3 참조)

## 2. 이론 및 사례 연구

### 2.1 관련연구

BIM과 친환경에 연관된 최근 관련연구를 조사하여 보면 BIM기반 친환경 성능 분석에 관한 연구, BIM기반 친환경 분석기술 개발 관련 연구 그리고 친환경 건축물 인증제와 관련된 연구로 구분될 수 있다.

먼저 최근 BIM을 기반에 둔 친환경 성능 분석에 관한 연구를 살펴보도록 하겠다. 이수미(외2, 2010)는 BIM기반 기획단계에서 건물의 풍환경을 예측하고 이를 평가하는 방법을 제안하였다.[6] 이현우(외3, 2011)는 BIM의 건축부재 속성에 원단위 DB를 연계하여 BIM기반 설계안의 생애탄소량의 발생을 예측하는 연구를 수행하였다.[7] 안광호(외2, 2011)는 건축물에서 필요로 하는 요구량을 토대로 친환경 학교를 계획하기 위하여 EnergyPlus 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 최적 대안을 산출하는 연구를 수행하였다.[1] 정승우(외3, 2012)는 BIM기반 오피스 건축물의 형태별 아트리움 에너지 성능분석을 수행하여 국내 아트리움 설계 현황을 파악하고 보다 객관적인 근거를 기반으로 한 친환경 아트리움 설계에 대한 필요성을 제시하였다.[8] 상기 연구는 BIM의 상호운용성을 기반으로 설계시점에 생애탄소량을 정량적으로 예측하는 학문적 기여도가 있으나 설계과정과 해석과정이 분리되어 있기 때문에 설계과정 중에 수시로 피드백(feed-back) 제공하기 어려워 친환경 해석과정이 최적의 설계안을 도출하기 위한 과정이기 보다는 설계안의 친환경 성능을 분석하는 정도에 그치고 있다.

BIM기반 에너지 분석기술 개발 관련 연구를 살펴보도록 하겠다. 문현준(외3, 2009)은 기존의 BIM 기반 건축환경 성능분석 인터페이스를 조사하고 여기서 건물 정보 입력 값의 불확실성, 건축설계지원 프로그램과 성능분석 간의 호환성, 설계프로세스와 성능분석 인터페이스의 문제를 제시하였다.[2] 오세민(외3, 2011)은 설계단계에서 건물 에너지 소비량을 산출을 용이하게 하기 위한 데이터 변환기술을 제시하였으며 프로세스 중심의 성능 평가 방식의 적합성을 제안하였다.[3] 김영진(외3, 2011)은 BIM기반 에너지 성능평가의 상호운용성과 불확실성에 대한 연구를 통하여 BIM을 기반으로 둔 에너지 성능평가의 가능성과 이를 위해서 고려되어야 하는 문제점을 지적하였

고 이를 해결하기 위한 방안에 대하여 제안하였다.[5] 김민석(2011)은 BIM 설계 초기단계에 활용이 가능한 공간 분석 소프트웨어를 제안하였는데 이는 공간의 상호관계를 분석하는 기술로서 상용화된 BIM소프트웨어를 기반으로 설계과정과 연계되어있는 장점이 있다.[16] 김원석(외3, 2012)은 건축물 전 과정의 이산화탄소 배출량 평가의 효율성을 높이기 위한 방안 및 시스템을 제안하였다.[9] 상기 연구들은 BIM기반 설계안의 친환경 성능분석 및 설계안에 반영하기 위한 방안들을 제시하고 있으나 역시 결과중심의 분석 방법으로 설계과정과 유리되어있다. 즉, 설계과정을 통하여 실시간으로 설계자에게 해석 정보를 전달하기에는 어려운 구조로 개발된 단점이 있다.

## 2.2 관련기술 및 소프트웨어

건축물의 친환경성능을 분석하기위하여 다수의 도구들이 출시되고 사용되고 있다. 특히, 친환경 성능의 가장 기본이 되는 에너지 성능 분석도구들은 BIM과 연결되어 상용화 수준에 이르고 있다. EnergyPlus, Ecotect, Esp-r, TRNSYS 등의 소프트웨어가 출시되어 BIM 도구와 함께 활용되고 있으며 이는 친환경관련 설계자들의 의사결정에 중요한 역할을 하고 있다.[3] 최근 Autodesk사에서는 Vasari라는 BIM과 연계되는 환경 분석 시스템을 개발하고 출시 예정에 있다.[10] 또한 Revit Architecture 2013에는 개념에너지 해석(CEA, Conceptual Energy Analysis)라는 기능이 추가되어서 매스(mass) 형태의 건물 형상에 본 도구에서 제공하는 에너지 모델을 적용하여 개략의 건물 에너지 성능분석을 수행할 수 있도록 하고 있다.[11]

상기 기술들은 대부분 설계단계와는 어느 정도 분리되어 이용되고 있는 문제가 있다. 또한 이들 소프트웨어는 주로 외국에서 개발된 것으로서 설계안의 친환경 성능에 대한 전반적인 이해를 높이는 것에는 어느 정도 도움이 된다고 할 수 있으나 우리나라 현실에 부합하는 실무지향적인 데이터의 산출에는 어려움이 있다. 즉, 친환경 인증 등에 사용하기 위한 데이터의 산출위한 노력이 부가되어야 하는 어려움이 있다. 그러나 Autodesk사의 몇몇 노력은 설계과정과 긴밀히 연계된 실시간 에너지 성능 분석의 필요성을 제시하고 있다.

그림1은 에너지 관리공단에서 서비스하고 있는 열관류율을 계산하는 웹기반의 소프트웨어의 모습을 보여주고 있다. 일반적으로 사용하는 벽체 단면의 예들을 선택하고 이에 대한 두께를 입력하여 열관류율을 계산하는 시스템이다. 일일이 수작업으로 계산하는 것보다는 진보된 형태이기는 하지만 벽체 하나하나를 따로 계산해야 되는 불편함이 있으며 디자인 안을 고려하면서 동시에 분석 작업을 수행할 수 없는 단점이 있다.

재료	열전도율	두께 (mm)	열저항
<input checked="" type="checkbox"/> 실외열전달저항			0.043
<input checked="" type="checkbox"/> 티일	1.3	6	0.005
<input checked="" type="checkbox"/> 시멘트몰탈	1.4	24	0.017
<input checked="" type="checkbox"/> 시멘트벽돌	0.6	90	0.15
<input type="checkbox"/> 단열재			
<input checked="" type="checkbox"/> 방습막	0.21	0.2	0.001
<input checked="" type="checkbox"/> 시멘트벽돌	0.6	90	0.15
<input checked="" type="checkbox"/> 공기층		30	0.086
<input checked="" type="checkbox"/> 석고보드	0.18	12	0.067
<input checked="" type="checkbox"/> 벽지	0.21	0.5	0.002
<input checked="" type="checkbox"/> 실내열전달저항			0.11

열관류율 계산

총열저항= 0.3      열관류율= 3.333      확인

그림 1. 에너지 관리공단에서 서비스하고 있는 열관류율 계산하는 웹 기반 프로그램(<http://www.kemco.or.kr>)

국내에서 개발된 소프트웨어로서 (주)디씨에스의 BEET이 있다. 본 소프트웨어는 Revit에 플러그인(plug-in)되어 활용할 수 있는 기술로서 설계과정과 연계가 가능하지만 현재는 주로 건축물에 설치된 설비요소(난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 시스템 등)를 중심으로 에너지 성능을 평가하고 있는 한계가 있다.[12]

## 2.3 친환경건축물 인증제도

친환경 건축물에 대한 전 세계적인 관심이 높아짐에 따라서 이를 제도화하려는 노력이 계속되고 있다. 또한 구체적인 제도 장치인 친환경 건축물 인증제도<sup>1)</sup>등과 같은 제도 및 관련 지표에 대한 관심과 연구가 증대되고 있는 실정이다. 이권형(외2, 2011)은 BIM기반 친환경건축물 인증기준 중 에너지성능지표 개선 방안에 대하여 제시하였으며 윤정은(외1, 2011)은 친환경 건축물 인증제도와 가이드라인의 관계에 대한 분석을 수행하였다.[13][14] 문미선(외3, 2011)은 친환경 인증을 득한 업무용 건축물의 에너지성능지표 득점을 분석하여 향후 디자인 실무에 반영할 사항을 제시하였다.[15] 안광호(외2, 2012)는 국내 친환경 건축물 인증제도의 문제점을 분석하여 사용자 중심의 인증제도로 개선하는 방안에 대하여 연구하였다.[17] 정윤희(외3, 2012)는 친환경 공동주택 인증을 득한 단지의 득점을 분석하여 실질적인 단지의 친환경성능과 득점 내역을 비교하고 인증지표의 개선에 대하여 제안하였다.[18] 이병연(외1, 2012)은 친환경건축물 인증 가이드라인 개발을 촉진시킬 수 있도록 명확한 가이드라인의 목표와 체계를 제시하고자 하였다.[19] 김학건(외3, 2012)은 국내외 친환경건축물 인증제도의 운영체계 비교를 통하여 국내 상황을 파악하고 문제점을 도출하고 개선안을

1) 친환경건축물 인증제도는 지속 가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획된 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등 건축의 전 생애(Life Cycle)를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통하여 건축물의 환경성능을 인증하는 제도를 말한다.(출처: 크레비중인증원 <http://www.crebizqm.co.kr>)

제시하였다.[20] 상기연구를 통해서보면 친환경 건축물에 대한 관심이 상당히 높음을 알 수 있으며 더불어 국내 실정에 맞는 친환경 지표 및 분석 방안에 대한 개발이 필요시 됨을 알 수 있다.

건축법 제66조 제2항 및 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조 및 제22조에 따른 건축물의 에너지절약설계 기준을 보면 건축물의 설계 시 그 건축부분, 기계 설비부분, 전기설비부분 및 신재생에너지 설비부분에 대하여 에너지절약계획서를 제출하여야 한다고 명시되었다. 에너지절약계획서는 친환경인증을 위하여 필요시 되는 검토 항목 중에서 에너지 분야와 동일한 내용이며 가장 배점이 높은(12점) 항목이다. 또한 에너지절약계획서의 내용 중에 상대적으로 배점이 높은 열관류율 산출은 설계 안의 내용(규모, 재료, 향 등)과 관련이 많기 때문에 설계단계에서 검토되는 것이 타당하다. 그러나 앞서 이야기 했듯이 이를 설계단계에서 검토할 적당한 도구가 없기 때문에 불필요한 비용과 노력이 부가되는 현실이다.

### 3. 실시간 에너지 성능 분석 시스템 개발

#### 3.1 개발 개요

본 연구는 앞서 이야기 한 것과 같이 BIM 설계 초기 단계 부터 실시간 성능분석을 적극적으로 수행할 수 있는 기술을 개발하여 프로세스 중심의 친환경 성능분석이 가능하게 하는 것이 본 연구의 궁극적인 목표이다. 이를 위하여 BIM도구를 기반으로 한 실시간 친환경 성능분석 모듈을 개발하였다. 즉, 설계과정에서 바로 실시간으로 친환경 성능을 검토하고 검토된 정보를 설계자에게 전달하여 설계가 진행되면서 친환경성능이 함께 고려되는 환경을 만들고자 하였다. 앞서 논의한 것과 같이 본 연구에서는 방대한 친환경 성능 분석 중에서 실무에서 필요시 되는 에너지성능 분석에 주안점을 두어 기술 개발이 이루어졌다. 즉, 에너지절약계획서 작성을 위한 분석 항목 중에서 설계안의 변경과 관련이 많은 부분의 내용을 쉽게 산출하는 기술 개발을 중심으로 연구되었다. 즉, 벽, 지붕, 바닥 평균 열관류율에 대한 자동적인 계산이 가능하도록 하였다. 에너지절약계획서의 다른 항목은 설비 등에 관련한 부분으로서 건축 설계 프로세스와 상대적으로 영향 관계에 있기 때문에 본 연구의 범위에서는 제외하였다. 또한 실무에서 건축과 관련된 부분의 내용 산출이 상대적으로 시간과 노력이 많이 소모되기 때문에 이와 같은 점을 주로 고려하였다.

본 시스템은 기존 BIM도구를 기반으로 하는 일종의 add-on 모듈이다. 즉, 상용 BIM 저작도구인 Revit Architecture 2012(이후에는 Revit)를 기반으로 Autodesk에서 제공하는 SDK(software development kit)이용하여 Visual Studio 2008을 이용하여 C#언어로 개발하였다. 본 모듈은 Revit Architecture 2012가 실행되면 addin 파일을 읽어서 개발된 모듈이 실행되는 형식으로 구동된다.(3.5참조)

#### 3.2 개발 전략

앞서 선행연구 등을 통하여 조사 및 분석된 내용을 기반으로 본 성능 분석 시스템의 개발전략을 아래와 같이 수립하고 개발을 수행하였다.

첫째, 설계과정 중에 실시간 분석이 가능한 형태로 개발하였다. 이는 오세민(외3, 2011)이 제안한 프로세스 중심의 친환경성능평가 방식과 일맥상통하는 것으로서 설계가 모두 끝난 이후에서 완성된 설계안의 성능분석을 수행하는 것이 아니고 설계가 진행되는 과정 중에서 필요에 따라서 친환경 성능분석이 실시간으로 이루어지는 방식을 말한다. 이와 같은 방식의 친환경 분석은 설계자에게 직관적인 결과를 제공하기 때문에 분석 내용의 불확실성을 최소화하고 친환경 분석 결과가 설계안에 실시간으로 반영될 수 있기 때문에 최적의 대안을 산출하고자하는 궁극적인 목표를 위하여 효과적이라고 할 수 있다.

둘째, BIM모델러와 분석모듈의 통합한 형태로 개발하고자 하였다. 이는 사용자 인터페이스상의 직관적인 편리함과 모델링과 분석의 원활한 상호작용 방식을 제공한다. 즉, BIM모델러에서 작성된 설계안을 그대로 친환경 분석을 위하여 사용하는 것이다. 이는 친환경분석을 하기위하여 들어가는 추가적인 노력과 시간을 최소화 할 수 있으며 데이터의 손실을 최소화 할 수 있다.

셋째, 형상 정보와 부재 환경정보를 연결하여 분석에 활용한다. 즉, BIM 모델링 도구에서 사용하는 객체의 형상 또는 물성 정보와 환경정보(열저항 등)를 연결하는 데이터베이스를 구성하여 이를 친환경분석에 사용한다. 이는 앞서 이야기한 실시간 분석 및 모델러와 분석모듈의 통합을 위하여 필요한 사항이다.

넷째, 국내 현실에 맞는 데이터베이스를 구성하고자 한다. 대부분의 친환경 분석 도구는 외산으로서 국내의 친환경 인증 등에서 사용하는 기준을 고려하고 있지는 않다. 친환경분석이 실제로 실무에 적용되고 이를 통하여 최적화된 친환경 건축물이 설계되기 위해서는 국내 기준을 기반으로 한 친환경 성능분석 모듈이 개발되어야 한다. 본 연구는 국내 친환경 설계 기준을 도입하여 이를 적용하고 시스템을 개발하였다. 특히, 에너지절약계획서의 내용을 기본으로 분석이 이루어지고 분석결과가 이와 같은 형태로 출력될 수 있도록 개발하였다.

#### 3.3 시스템 구성

그림2는 시스템 전체 모듈의 구성을 보여주고 있다. 즉, 앞서 서술한 것과 같이 Revit이 저작도구로 사용되고 본 연구에서 개발된 모듈(ecoBIM)은 Revit에 Plug-in의 형태로 배치된다. 저작도구에는 기본적인 BIM 기반 라이브러리가 탑재되어 있으며 ecoBIM 모듈에는 에너지 분석을 위한 정보(물성, 열전도율, 밀도 등)가 연결되어 있다. 저작도구는 분석모듈(ecoBIM)에 설계안의 물성정보(벽체형상, 단면정보 등)를 제공하고 분석모듈은 저작도구에 분석 결과를 전달하여 이를 사용자화면에 가시화한다. 이와 같은 분석을 위해서는 BIM 라이브러리와 에너지 분석을 위한 정보가 연결되어 있다.(3.4참조)

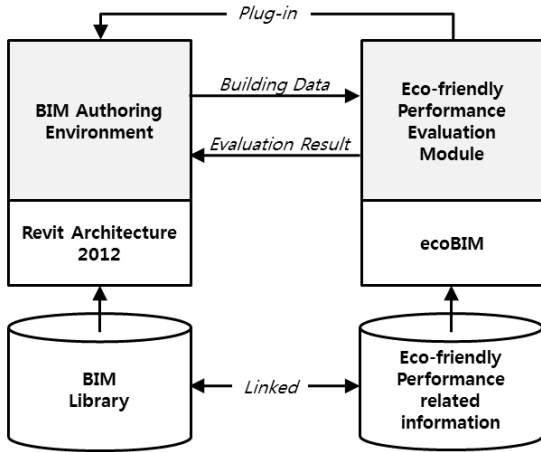


그림2. 전체 모듈 구성 체계도

### 3.4 데이터베이스 구성

그림3은 본 연구에서 구성된 데이터베이스의 구성을 개념적으로 보여주고 있다. 그림3과 같이 건축 자재의 명칭을 기본으로 자재의 열전도율(TCR, Thermal conduction rate)과 밀도(DEN, Density)의 데이터베이스와 BIM라이브러리의 벽체 구성 재료와 명칭으로 연결될 수 있도록 구성하여 분석모듈(ecoBIM)이 벽체의 정보를 읽어서 이에 해당하는 재료의 열전도율을 읽어들 수 있도록 구성한다.

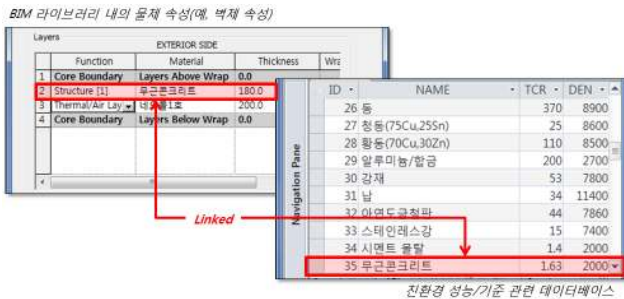


그림3. 데이터베이스 구성 개념도

### 3.5 인터페이스 구성

그림4는 열관류율 추출하는 함수를 동작시키는 사용자 인터페이스를 보여주고 있다. 본 함수는 Revit의 메뉴에서 Add-ins에 위치되며 External Tools의 하위 메뉴로 설정되었다. 이와 같이 함수를 연결하기 위해서는 그림5와 같이 특정 폴더상세 EcoBIM.addin 파일을 넣어야 한다. 본 파일은 Revit의 메뉴에서 함수를 불러올리는 메뉴를 정의하는 동시에 본 메뉴를 작동시켰을 때 관련 함수가 실행될 수 있도록 관련된 \*.dll 파일을 연결시키는 역할을 한다. 그림6은 EcoBIM.addin파일에 정의되어있는 코드(code)의 내용을 보여주고 있다.

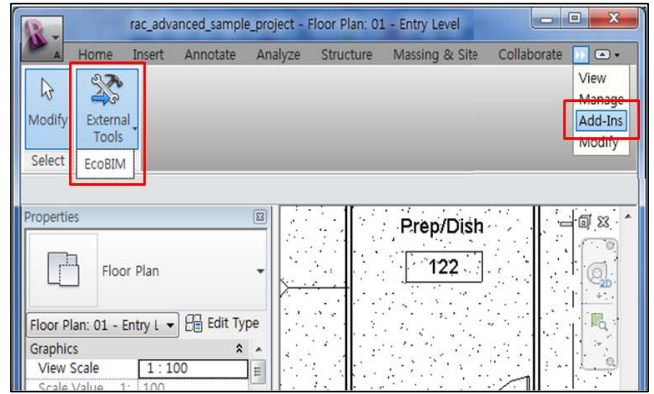


그림4. 열관류율 추출 인터페이스

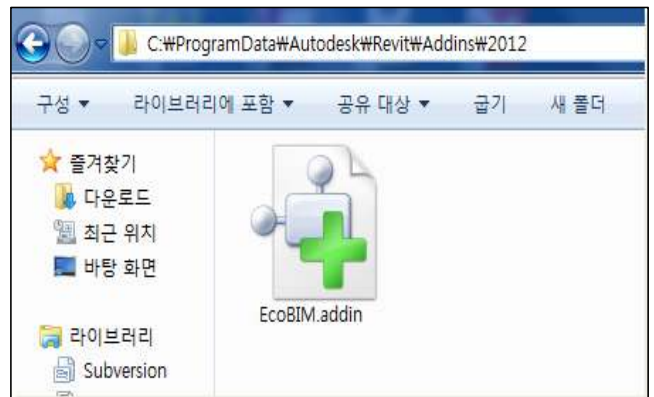


그림5. 열관류율 추출 모듈을 탑재하기 위한 addin

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" standalone="no"?>
<RevitAddIns>
<AddIn Type="Command">
<Assembly>
D:\whaoer\Dev\RevitDev\H\Lab1PlaceGroup\Lab1PlaceGroup\bin\Debug\Lab1PlaceGroup.dll
</Assembly>
<AddInId>239BD853-36E4-461f-9171-C5ACEDA4E721</AddInId>
<FullClassName>Lab1PlaceGroup</FullClassName>
<Text>EcoBIM</Text>
<VendorId>Yungil Lee</VendorId>
<VendorDescription>
Autodesk, www.autodesk.com</VendorDescription>
</AddIn>
</RevitAddIns>
```

그림6. EcoBIM.addin 파일 작성내용

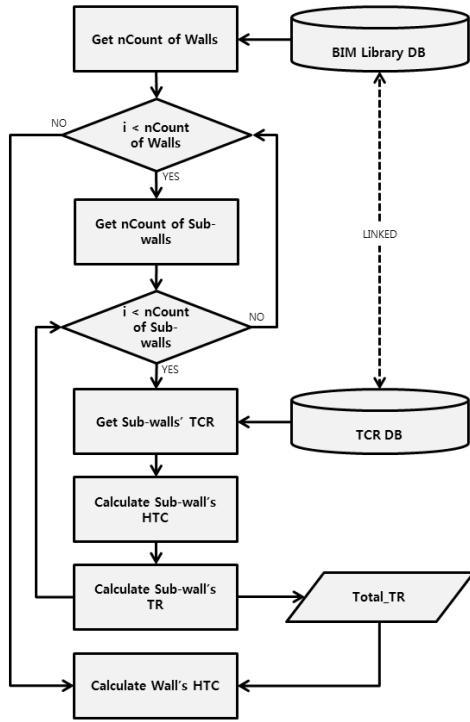


그림7. 열관류율 추출 알고리즘의 순서도(TCR: 열전도율, TR: 열저항, HTC: 열관류율)

### 3.6 열관류율 추출 알고리즘

그림7은 본 연구에서 개발된 열관류율 분석 모듈에서

벽체의 열관류율을 산출하는 알고리즘에 대한 순서도이다. 그림7에서 보이는 것과 같이 각 벽체를 이루는 각 층의 재료의 열저항을 구하고 이를 합산해서 벽체의 열관류율을 산출하게 된다. 열관류율은 재료의 열전도율을 재료의 두께로 나눈 값이다. 또한 열저항은 열관류율의 역수라고 할 수 있는데 각 벽체내의 재료의 열관류율과 열저항 산출하여 벽체의 열관류율을 산출할 수 있다.[21]

### 3.7 프로토타입 개발

그림8은 개발된 실시간 열관류율 산출하는 add-in모듈인 ecoBIM의 실행모습을 보여주고 있다. 본 모듈에서 열관류율은 세 가지 방식으로 산출될 수 있다. 첫째, 열관류율을 산출하고자하는 벽체를 클릭하면 그림8의 오른쪽과 같이 벽체의 하부 재료 각각의 정보와 열관류율이 산출된다. 둘째, ecoBIM을 구동하면 벽체 각각의 열관류율이 벽체에 숫자로 가시화된다. 그림8에서 보면 오른쪽 벽체에 “\*\*”이 표시되어 있는 것을 볼 수 있는데 이는 기준치 이하의 열관류율이 산출되어 이것을 사용자에게 제시하는 것이다. 본 열관류율 산출을 디자인을 진행하는 도중에 실시간으로 분석 및 평가가 가능하기 때문에 설계자가 전체적인 상황을 이해하고 정리하면서 디자인을 수행할 수 있기 때문에 합리적인 디자인업무를 수행할 수 있다. 셋째, 벽체, 최상층 지붕, 최하층 바닥의 평균 열관류율 및 에너지절약계획서의 평점이 시트(sheet) 형태로 저장된다. 그림8의 시트 출력 형태는 에너지절약계획서에서 사용하는 형태를 그대로 준용하였다. 벽, 지붕, 바닥의

항목	기본배점 (a)	배점 (b)(중부기준)					평점 (a*b)	값(W/m²·K)
		1.0점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
1.외벽의 평균 열관류율 Ue (W/m²·K) (창 및 문을 포함)	19	0.60미만	0.60~0.78미만	0.78~0.96미만	0.96~1.14미만	1.14~1.38미만	19	0.30638012
2.지붕의 평균 열관류율 Ur (W/m²·K) (천장 등 투명 외피 부분을 제외한 부위의 평균 열관류율)	6	0.12미만	0.12~0.14미만	0.14~0.16미만	0.16~0.18미만	0.18~0.20미만	5.4	0.12146228
3.최하층 거실바닥의 평균 열관류율 Uf (W/m²·K)	5	0.15미만	0.15~0.20미만	0.20~0.25미만	0.25~0.30미만	0.30~0.41미만	4	0.23743919

그림8. 설계과정 중에서 ecoBIM실행모습

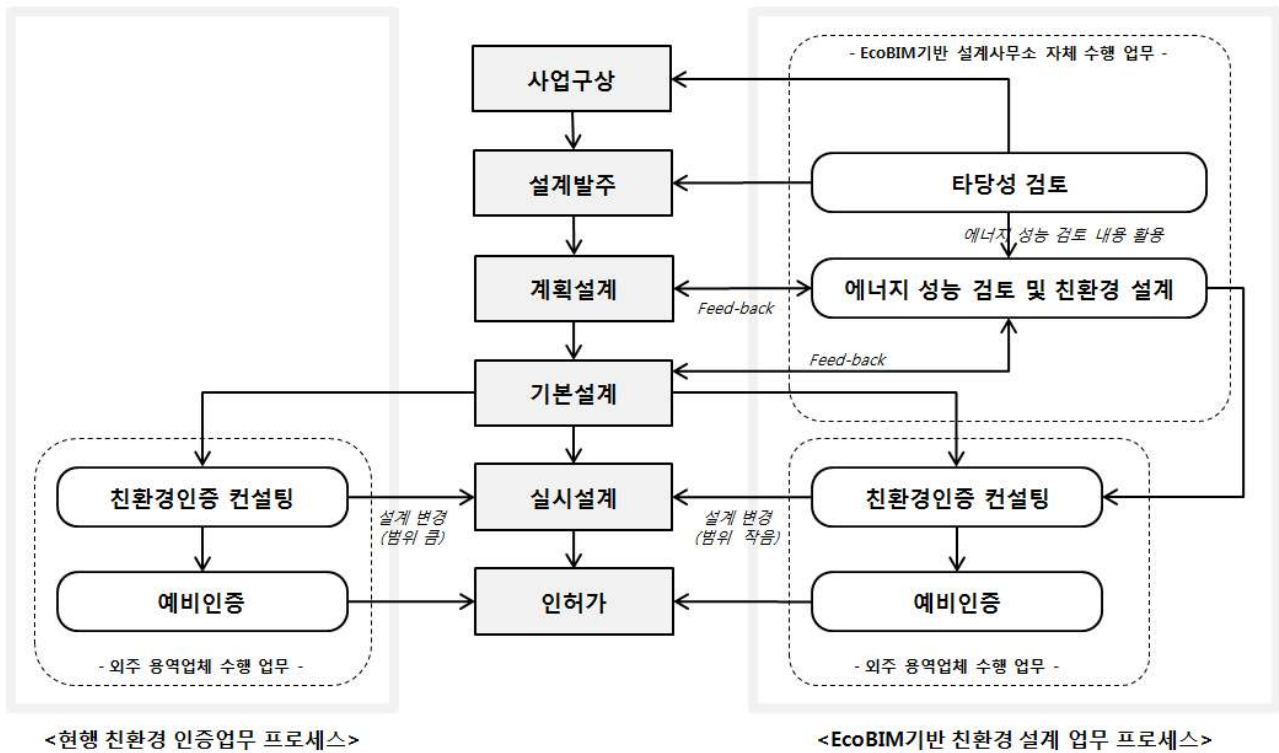


그림9. 현행 친환경 인증업무 프로세스와 ecoBIM 기반 친환경 설계 업무 프로세스 비교

평균 열관류율의 값을 ecoBIM 상에서 자동으로 산출하고 이 값을 배점기준에 비교하여 배점 및 기본배점과 배점의 값을 통하여 평점을 산출하는 방식이다. 산출된 값은 다른 계산을 추가로 하지 않고 에너지 절약계획서에 그대로 사용할 수 있다. 이와 같은 기능의 장점은 설계과정에서 설계 안의 에너지 성능을 설계자 스스로 검토할 수 있다는 것이다.

### 3.8 ecoBIM을 기반으로 한 친환경 설계 프로세스

그림9는 ecoBIM을 이용하였을 때 달라지는 친환경 설계 프로세스를 도식적으로 보여주고 있다. 기존의 친환경 인증을 위한 설계 프로세스는 실시설계를 마친 이후에 친환경 검토 전문가를 통하여 설계 안의 친환경 성능을 분석하기 때문에 이때 미처 발견하지 못했던 부족한 친환경 성능을 보완하기 위하여 많은 설계 변경이 이뤄질 가능성이 높다. 이는 설계 안을 거시적인 안목으로 이해하며 친환경 설계 업무를 진행하기 어려운 프로세스이다. 본 연구에서 제안하는 ecoBIM을 기반으로 하는 친환경 설계 업무 프로세스는 설계의 최초단계에서부터 친환경 성능 분석이 이루어지고 설계가 진행되는 과정에서 수시로 설계자가 친환경성 검토를 수행할 수 있기 때문에 인증시점에서 범위가 큰 설계변경이 이뤄지는 가능성을 줄일 수 있고 설계자가 거시적인 안목에서 친환경 성능을 극대화할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 친환경 건축물의 설계 및 시공에 대한 사회적인 요구의 증대에 부응하기 위한 기술을 개발을 목적으로 하고 있다. 즉, 설계자가 친환경 건축물 설계에 필요한 사항을 디자인 과정에서 실시간으로 파악하고 설계에 반영할 수 있는 소프트웨어 기술 개발을 주요한 연구 내용으로 하고 있다. 특히, 본 연구는 실무에서 필요시 되는 친환경 인증 업무 중에 에너지 절약계획서의 내용을 자동으로 산출하는 기술 개발을 중심으로 연구가 진행되었다. 이를 위하여 BIM모델러와 분석모듈의 통합한 형태의 실시간 분석이 가능한 모듈을 개발하였으며 국내 현실에 맞는 데이터베이스를 중심으로 형상 정보와 부재 환경정보의 연결하는 방식으로 모듈을 개발하였다.

본 연구에서 개발된 ecoBIM은 상용 BIM 저작도구인 Revit에 add-in되는 형태의 모듈로서 설계된 정보를 그대로 사용하여 분석을 수행하며 실시간으로 분석이 이루어지기 때문에 디자이너에게 직관적인 정보가 제공되며 합리적인 설계안의 산출에 도움이 된다. 본 연구는 기술개발의 가능성을 검토하는 것을 주된 목적으로 하였기 때문에 친환경 분석 항목 중에서 중요한 역할을 하는 항목 중의 하나인 열관류율의 분석하는 기능에 대한 개발로 한정하였다. 그러나 본 연구에서는 설계 과정 중에서 실시간 환경 성능 분석을 위한 기반기술의 가능성은 확인한 것으로서 향후 다양한 친환경 분석 지표와 정보를 추가할 경우 친환경 분석에 대한 실무 작업 시간과 노력을

획기적으로 감소시킬 수 있는 가능성이 있으며 이에 따라 보다 합리적인 친환경 설계 및 시공을 실현할 수 있을 것이다. 본 연구에 소개되지는 않았지만 친환경 분석의 내용 중의 하나인 벽체 면적에 대한 개구부 면적비율 역시 그림10의 함수를 이용하여 실시간으로 산출할 수 있다.

```
public double GetValueOfHTC(Document doc, Wall wall)
{
    if (wall != null)
    {
        Materials materials = doc.Settings.Materials;
        double TR = 0.0;
        double Total_TR = 0.0;
        double HTC = 0.0;
        double TCR = 0.0;

        if (materials != null)
        {
            WallType aWallType = wall.WallType;
            if (WallKind.Basic == aWallType.Kind)
            {
                CompoundStructure comStruct = aWallType.GetCompoundStructure();
                if (!comStruct.IsEmpty)
                {
                    Categories allCategories = doc.Settings.Categories;
                    Category wallCategory = allCategories.GetItem(BuiltInCategory.OST_Walls);
                    Autodesk.Revit.DB.Material wallMaterial = wallCategory.Material;

                    foreach (CompoundStructureLayer compStructLayer in comStruct.GetLayers())
                    {
                        Autodesk.Revit.DB.Material layerMaterial = doc.GetElement(compStructLayer.MaterialId) as Material;
                        if (null == layerMaterial)
                        {
                            layerMaterial = wallMaterial;
                        }
                        TCR = GetTCR(layerMaterial.Name);
                        double Thickness = compStructLayer.Width * 304.8;
                        HTC = TCR / Thickness * 1000.0;
                        TR = 1 / HTC;
                        Total_TR += TR;
                    }
                }
                double Total_HTC = 1 / Total_TR;
                return Total_HTC;
            }
        }
        return -1.0;
    }
}
```

그림 10. 벽체의 열관류율 구하는 함수

```
double height = window.Symbol.get_Parameter(BuiltInParameter.WINDOW_HEIGHT).AsDouble();
double width = window.Symbol.get_Parameter(BuiltInParameter.WINDOW_WIDTH).AsDouble();
double area = height * width;
```

그림 11. 개구부(window) 넓이 산출 함수

본 연구는 아래와 같은 연구가 추가될 것으로 생각된다. 첫째, 다양한 친환경 분석 기준의 적용에 대한 연구가 필요하다. 친환경 분석은 다양한 항목으로 평가될 수 있기 때문에 여러 가지 관점 및 기준으로 설계안을 실시간으로 평가할 수 있다면 보다 친환경적인 건물 설계가 가능할 것으로 고려된다. 둘째, 친환경성능 분석 시에 건물의 상황에 대한 고려가 필요하다. 건물의 상황은 자체의 상황과 주변상황으로 나누어 질 수 있다. 자체 상황은 건물이 외기에 접하는 상황, 설치된 시설물, 개구부의 상황 등에 대한 고려가 필요하다. 주변상황은 건물의 향,

지역, 계절, 주변 건물의 영향 등을 고려하는 것이 필요하겠다. 셋째, 실무에 적용할 수 있는 방향에 대하여 보다 심층적인 고려가 필요하다. 즉, 인증 등의 평가에 쉽게 사용할 수 있는 보고서의 작성에 대한 자동화 또는 설계자의 의사 결정을 지원할 수 있는 도구로서의 개발 등에 관하여 보다 심층적인 연구가 필요하다. 넷째, 본 연구는 기술 개발의 가능성에 주된 초점을 두고 있으나 기술의 정확성을 높이기 위해서는 보다 규모가 큰 건물을 대상으로 기존의 분석 방식과 비교 평가하여 알고리즘 및 분석 방법에 완성도를 높일 필요가 있다. 다섯째, 친환경 인증은 최소의 친환경 성능을 고려하기 때문에 보다 적극적인 친환경 성능을 보유할 수 있는 기준 및 기술 개발의 필요시 된다.

### 참고문헌

1. 안광호, 김형근, 최용석, 에너지 시뮬레이션을 통한 친환경학교의 에너지절약 계획방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제27권 제12호, 2011.12
2. 문현준, 최민석, 유승호, 박진우, BIM 기반 건축환경 성능분석 인터페이스 개선방안 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제25권 제10호, 2009. 10
3. 오세민, 김영진, 박철수, 김인한, BIM 기반 시뮬레이션 모델의 상호운용성을 이용한 건물 에너지 성능평가, 대한건축학회논문집 계획계, 제27권 제6호, 2011.6
4. 고동환, 건물 환경 성능 및 에너지 효율 평가를 통한 BIM 기반 친환경설계 프로세스 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제26권 제9호, 2010.9
5. 김영진, 오세민, 박철수, 김인한, BIM 기반 에너지 성능평가의 상호운용성과 불확실성, 대한건축학회논문집 계획계, 제27권 제6호, 2011.6
6. 이수미, 지용승, 송두삼, BIM에 기반한 계획설계 단계에서 풍환경 예측 및 평가방법의 제안, 대한설비공학회 2010년도 하계학술발표대회, 2010.6
7. 이현우, 김희서, 오민석, 한민지, BIM과 건물부재별 CO2 DB를 활용한 LCCO2산출과 환경성능평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), 제27권 제2호, 2011.2
8. 정승우, 이권형, 김인한, 추승연, BIM기반 오피스 건축물의 형태별 아트리움 에너지 성능분석에 관한 연구, 대한건축학회 춘계발표대회논문집 계획계, 제32권 제1호, 2012.4
9. 금원석, 신성우, 노승준, 태성호, 친환경 건축 대안평가방식의 건축물 LCCO2 평가 프로그램 개발, 대한건축학회 논문집 계획계, 제28권 제5호, 2012.5
10. 오토데스크사, <http://labs.autodesk.com/utilities/vasari>
11. 오토데스크사 도움말, <http://wikihelp.autodesk.com/Revit/kor/2013/Help/0001-Revit>
12. (주)디씨에스, <http://www.dcs.co.kr>
13. 이권형, 김인한, 추승연, BIM기반 친환경건축물 등급 인증기준의 에너지성능지표(E.P.I)의 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제27권 제9호, 2011.9
14. 윤정은, 임영환, 친환경 건축물 인증제도와 가이드라인의 관계 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제27권 제11호, 2011.11
15. 문미선, 박상동, 이진숙, 태춘섭, 친환경 인증 받은 업무용 건물의 에너지성능지표 특점 분석 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제27권 제11호, 2011.11



16. 김민석, BIM 설계 초기단계에의 활용을 위한 공간분석 소프트웨어 개발 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제27권 제10호, 2011.10
17. 안광호, 김형근, 최용석, BIM 기반 친환경 건축물 인증제도의 사용자 중심적인 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제28권 제1호, 2012.1
18. 정윤혜, 김종엽, 백혜선, 송옥희, 친환경 공동주택 인증단지 평가 득점분석을 통한 인증지표 개선에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제28권 제2호, 2012.2
19. 이병연, 이병호, 친환경건축물 인증제 기반 통합설계 가이드라인 체계 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, 제28권 제6호, 2012.6
20. 김학건, 김정민, 이여경, 이정형, 국가별 친환경건축물 인증제도의 비교를 통한 운영체계 제안, 대한건축학회 논문집 계획계, 제28권 제6호, 2012.6
21. 한국패시브건축협회, <http://www.phiko.kr>

---

투고(접수)일자: 2012년 12월 27일

수정일자: (1차) 2013년 2월 3일

게재 확정일자: 2013년 2월 5일