

Green BIM기반 초기설계 단계에서 타입별 아트리움의 규모산정에 관한 연구

정승우¹ · 이권형¹ · 김인한² · 추승연^{1†}

¹경북대학교 건축·토목공학부, ²경희대학교 토목건축대학

Analysis on Green BIM based Atrium Sizes in the Early Design Stage

Seung-Woo Jeong¹, Kweon-Hyoung Lee¹, In-Han Kim², and Seung-Yeon Choo^{1†}

¹School of Architecture & Civil Engineering, Kyungpook National University, Korea

²Department of Architecture Engineering, Kyung Hee National University, Korea

Received 3 December 2012; received in revised form 8 January 2013; accepted 8 January 2013

ABSTRACT

This study for establishing specific standards of atrium design aims to discuss design of atrium to consider energy performance atrium in office buildings. In order to evaluate a type and a scale of atrium at the early design stage, modeling details of mass design were set as standards of conceptual design. In the experiment, Project Vasari was used to analyze modeling and energy consumption, based on the LOD 100-step suggested by AIA, because there is no guideline to specify a level of modeling details at each design process. From this analysis, the correlation among a simple-typed atrium and scale and energy load was considered. The result of this research is as follows: First, the single-sided atrium reduced energy the most, and it was followed by three-sided, two-sided, four-sided and continuous-typed ones. On the whole, they could decrease energy by up to about 15%. Also, the atrium with a wide facade facing in the south was more favorable to reduce energy. Second, planning the atrium within 10~30% of the whole building area was more energy efficient. Third, rather than the depth, adjusting the length in designing an atrium could reduce cooling and heating loads by 1.5% per 1m. As explained above, energy performance evaluation considering types and planning elements of atrium helps to assess alternatives in a reasonable way. In particular, considering the use of building needs to be preceded to select a type of atrium, although it is also important to consider its planning elements.

Key Words: Atrium, Cooling and heating load, Energy performance analysis, Green BIM

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

세계적으로 환경에 대한 경각심이 커지면서 건

축계에서도 저탄소 녹색성장에 대한 인식과 그린 빌딩에 대한 연구가 급증하고 있다. 이렇게 친환경 건축물에 대한 관심이 BIM(Building Information Modeling)과 결합하여 Green BIM으로 나타나고 있다. 특히 오피스 건축물은 규모가 크고 도시 중심에 위치하기 때문에 인접지역은 물론 도시 전체에 큰 영향을 끼치고 있다. 또한, 오피스 건축물은

[†]Corresponding Author, choo@knu.ac.kr
©2013 Society of CAD/CAM Engineers

토지효율을 극대화하기 위해 수평적 구조 문제를 수직적으로 해결하므로 환경적 부담과 에너지 대량소비, 밀폐된 구조, 실의 쾌적성 악화 등의 문제가 대두되고 있다. 이에 오피스 건축물은 내부 환경악화를 아트리움의 자연채광과 자연환기를 통하여 개선하고자 노력하고 있으나, 적절한 아트리움 계획 및 기준이 없어 추상적 개념과 건축가의 직관으로 계획되고 있는 실정이다.

현재 ‘건축물의 에너지절약설계지침’에서는 아트리움에 대한 표준 규정이 없고 권장사항으로만 분류되어 있다. 또한, 아트리움은 건축물마다 그 규모와 형태, 배치가 다양하여 합리적인 계획이 어려울 뿐만 아니라 아트리움 타입에 따라 에너지소비량 차이가 클 것으로 사료된다.

따라서 본 논문은 오피스 건축물의 아트리움 설치 유형에 대하여 알아보고, BIM기반 3D 모델링 및 에너지 성능분석 시뮬레이션을 실행하여 냉난방부하와 아트리움 타입 및 규모의 상관관계에 대하여 연구하고자 한다.

본 연구를 통해 아트리움의 친환경 계획시 개념적이고, 주관적인 판단에서 벗어나 보다 합리적이고 객관적인 아트리움 규모 산출 근거를 제시할 수 있을 것으로 판단된다. BIM의 초기 설계 단계에서부터 BIM기반 모델링 및 에너지 성능분석 시뮬레이션의 활용성을 극대화하여 적절한 아트리움 계획으로 에너지소비량 절감을 유도하고 아트리움 설계에 대한 체계적인 기준과 친환경 건축물 인증 등급에 대한 객관적 판단 기준의 토대를 마련하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 오피스 건축물 아트리움에 대해 에너지 성능분석을 하여 아트리움 설계에 대한 체계적인 기준을 마련하기 위한 연구로서, 에너지성능을 고려한 아트리움 설계에 관하여 논하고자 한다.

오피스의 규모는 통계청의 자료에 따라 오피스 건축물이 가장 많이 밀집된 서울특별시 강남구와 관악구의 오피스를 기준으로 산정하였다. 해당지역의 2003년 이후 신축된 모든 오피스 건축물을

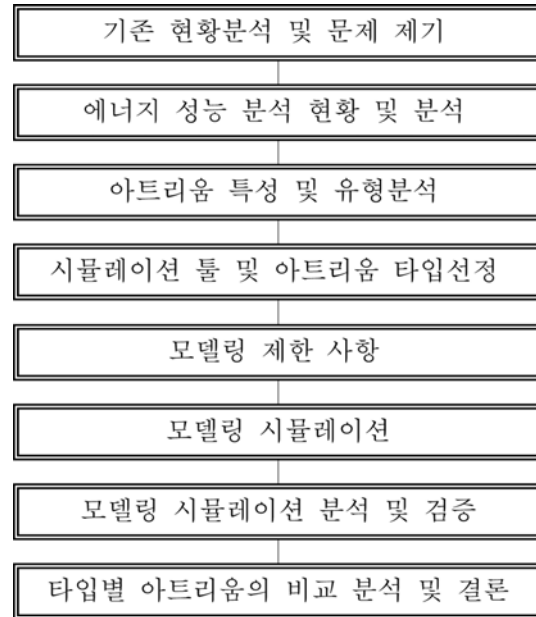


Fig. 1 Study flow chart

대상¹⁾으로 하고, 건물 규모의 평균치를 시뮬레이션 대표 타입으로 설정하였다. 그리고 아트리움을 다섯가지 타입으로 분류하고 이를 바탕으로 타입별 오피스 건축물을 모델링 한다. 모델링 디테일은 개념설계 단계에 적합하도록 LOD 100단계²⁾까지 모델링하고 에너지 성능분석 시뮬레이션을 시행한다. 실험결과와 객관적인 판단을 위하여 오피스의 체적, 층수 등의 모든 조건을 동일하게 유지하고 아트리움의 타입과 규모를 변경하여 시뮬레이션을 실시한다. 에너지 분석 틀은 Project Vasari를 사용하고, 아트리움 타입별로 에너지 성능을 분석하여 아트리움 타입 및 냉·난방부하와의 상관관계에 대하여 결론을 도출하였다.

2. 아트리움 특성 및 에너지 성능평가

2.1 아트리움의 특성 및 유형

아트리움은 오랜 시간동안 여러가지 기능과 개념의 변화를 거쳐 현대에는 일반적으로 유리로 덮은 개방공간으로 인식되고 있다. 현대 아트리움의

¹⁾친환경 건축물 인증제도 정보시스템(<http://greenbuilding.re.kr>) - 인증제고 연혁을 보면 2003년부터 업무용 친환경 건축물 인증기준 시행함

²⁾추승연, 이권형, 박성경, 「Green BIM 가이드라인 개발을 위한 모델링 수준(Level of Development) 설정에 관한 연구-에너지 성능평가를 중심으로-」, 대한건축학회 논문집, 28권, 6호, p.p. 37-47, 2012

용도와 건물과의 관계, 형태, 규모는 매우 다양하기 때문에 아트리움의 역할 및 형태를 하나로 정의하기 어려우나, 일반적으로 아트리움은 공간이 가지는 특성에 따라 문화적, 경제적, 수용적, 휴식적 기능 등 다양한 특성을 가지고 있으며, 건물 전체를 조합하는 성질을 가지고 있다.³⁾

아트리움의 유형은 Table 1과 같이 단순형 아트리움으로 단면형, 2면형, 3면형, 4면형, 연속형 아트리움이 있고, 평면상으로 건축물과 접한 면의 수에 따라 명칭과 형태가 달라진다. 접한 면이 한 개이면 단면형, 두 개이면 2면형, 세 개이면 3면형, 네 개이면 4면형이 되고, 연속형 아트리움은 건축물의 중심에 선형 형태로 배치되는 형태이다.

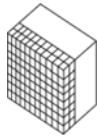


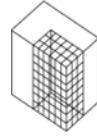


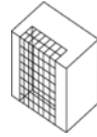


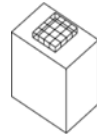





단순형 아트리움외의 복합적으로 아트리움이 설치된 유형은 형태 및 성질, 규모가 다양하고 분류

할 수 있는 기준이 명확하지 않기 때문에 본 논문에서는 배제하고 단순형 아트리움 유형을 Table 1과 같이 분류하고 아트리움 대표 타입으로 선정하였다.

2.2 에너지 성능평가 기준

미국에서는 LEED 인증에 따라 친환경 건축물 인증이 이루어지고 있으며 LEED에서는 인증을 위해 3D 시뮬레이션 성능분석을 요구하고 있다.⁵⁾ 또한, BIM 모델링 지침으로는 미연방 조달청 GSA (General Services Administration)에서 개발한 ‘BIM Guide for Energy Performance’를 통해 BIM 기반 에너지성능 분석에 관한 기준을 마련하고 있다.⁶⁾ 이에 따라 BIM 기반 건축물의 에너지성능 분석을 통해 건축 설계요소의 평가가 가능하다. LEED 및

Table 1 Type of Atrium⁴⁾

아트리움 유형	형태	평면도	설명	대표 건물	비고
단면형			아트리움이 건축물의 한쪽 전(全)면에 면한 형태		Irwin Bank, Columbus, Indiana
2면형			건축물에 아트리움의 두 면이 접하며 건물 내부로 관입된 형태		Ford Foundation, New York
3면형			평면상에서 아트리움이 건물의 세면에 접하고 있는 형태		Children's Hospital of Philadelphia
4면형			건물의 중정부분이 오픈되어 아트리움이 건축물 중심에 배치된 형태		Exeter Academy Library
연속형			건물을 선형으로 관통하여 둘로 분할된 건물 내부를 연결하는 형태		Hennepin County Courthouse

³⁾이지영, 이경선, 「아트리움 공간의 친환경적 활용 사례 연구」, 대한건축학회논문집, 26권, 9호, pp. 123-132, 2010

⁴⁾Richard Saxon, 『아트리움건축』, 기문당, 1994

⁵⁾LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition

⁶⁾GSA, BIM Guide for Energy Performance Version 1.0, 2009. 02

BIM Guide for Energy Performance는 국제 에너지 관리 코드인 「ASHRAE Standard 90.1 - 2010」의 매개변수를 바탕으로 에너지성능 분석이 진행되고 있다.

국내의 경우 친환경건축물 인증기준이 있으나 3D 시뮬레이션 성능 평가에 대한 항목은 없으며, 에너지성능 평가는 EPI(Energy Performance Index)를 따르고 있다. EPI는 건축 재료의 열관류율을 위주로 한 단열 성능에 대한 체크리스트 방식을 따르고 있어 건축 계획적 특성에 대한 고려는 미약한 실정이다. 또한, 건축물 에너지설계절약기준의 건축부문 설계기준에서 자연채광이나 환기에 관한 내용은 존재하지만 특정 기준 없이 권장사항으로만 분류되어 있다.

Table 2는 친환경건축물 인증기준의 업무용 건

축물 인증심사기준(제5조 관련)에서 실내 환경 조성에 관한 항목이다.⁷⁾ 이는 개별적으로 제어하는 단위공간의 면적을 20 m² 이내라 보고 기준층 업무공간에서 개인이 제어 가능한 정도에 따라 배점에 가중치를 곱하는 방식으로 되어 있다. 그러나 자연채광과 자연환기가 주목적인 아트리움을 실내 환경 조성에 관한 내용만으로 평가하기에는 적합하지 않다. 이에 본 논문에서는 ASHRAE Standard를 기준으로 시뮬레이션을 실시하였다.

국·내외 에너지 성능 평가 기준을 살펴보았듯이 건물과 공간 타입에 따라 분류하거나 실내 환경의 개별적 조절 정도에 따라 분류되어 있을 뿐, 아트리움에 관한 기준은 미흡한 실정이다. 이에 본 논문은 아트리움의 타입 및 규모와 냉·난방부하 간의 상관관계에 관하여 연구하고자 한다.

Table 2 Office building certification criteria (under section 5)

부문	범주	평가항목	세부평가기준
실내 환경	공기환경	공기정화작업 실시	공기정화작업 실시를 통한 실내오염원 제거 여부
		자연환기 설계 고입 및 쾌적한 실내공기환경 조성	거주자가 직접외기를 도입할 수 있도록 조절 가능한 환기장/환기구의 설치 여부를 평가
	쾌적한 실내 환경조성	건물내 거주자에게 휴식 및 재충전을 위한 공간 마련	거주자에게 휴식 및 재충전을 위한 식재 공간/휴게 공간이 조성되어 있는지를 평가
		거주자를 위한 쾌적한 실내 환경 조성	거주자에게 실내환경조절방식의 제공여부를 통해 평가

Table 3 Comparison of simulation tool⁸⁾

툴	장점	단점
Ecotect	· 설계자를 위한 Tool로 시각적 결과물 표현이 우수하여 데이터의 직관적 판단이 용이함 · IFC/gbXML 호환 가능	· DOE-2엔진이 아닌 자체 개발된 분석 엔진을 사용하여 신뢰도가 떨어짐
Energy Plus	· 다양한 모듈로 구성되어 프로그램간의 확장성이 우수하고 다양한 분석이 가능함	· BIM 툴과 연동을 위한 Generator(컨버터) 필요 · 매개변수 입력이 복잡하고 분석시간이 오래걸려 초기설계단계에서 대안 검토하기에는 부적합
IES VE	· 여러 모듈의 활용으로 다양한 환경 성능 분석이 가능	· 결과 그래프 표현이 미흡
Green Building Studio	· Web기반 툴로써 누구나 손쉽게 성능분석이 가능 · 서버로부터 시뮬레이션 결과를 통보받는데 시간이 소요됨	· 특정지역의 기후데이터 설정 불가
Project Vasari	· DOE-2엔진 사용 · gbXML/IDF 변환 가능	· 매스 디자인만 지원하고 있어 디테일한 모델링 불가

⁷⁾ 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 국토해양부고시 제2009-1294호, 2009.12

⁸⁾ 이권형, 김인한, 추승연, 「BIM기반 친환경건축물 등급 인증기준의 에너지성능지표(E.P.I)의 개선방안에 관한 연구」, 대한건축학회 논문집, 27권, 9호, pp. 13-21, 2011

2.3 시뮬레이션 툴 선정

본 절에서는 연구의 시뮬레이션을 실시하기에 적합한 툴 선정에 관하여 논하고자 한다. Ecotect는 쉬운 인터페이스로 구성되어 초보자들도 쉽게 사용할 수 있다. 그러나 BIM 툴에서 모델링 한 데이터를 IFC/gbXML로 변환하여 불러오는 과정에서 정보의 손실이 발생하는 단점이 있다.

Energy Plus는 다양한 모듈로 구성되어 프로그램 간의 확장성이 우수하고 다양한 분석이 가능하다. 그러나 세부적인 매개변수 입력을 요구하므로 실시설계단계에서는 적합하나 다양한 대안을 요구하는 개념설계단계에서 많은 대조군을 형성하기에는 적합하지 않다.

Project Vasari는 rvt 확장자를 사용하여 Revit BIM 툴과 연동 시 Ecotect처럼 정보손실이 발생하지 않고, 본 연구는 아트리움의 초기 디자인단계에서 형태 및 규모를 평가하기 때문에 매스 디자인 수준의 모델링 디테일만으로도 충분하다. 또한, Project Vasari는 DOE-2 엔진을 사용하고, ASHRAE Standard 2007을 기준으로 매개변수 입력 정보 값을 사용하고 있어 정확한 데이터 결과 값을 도출할 수 있다. 이에 본 연구의 적합한 시뮬레이션 툴로서 Project Vasari를 채택하였다.

3. BIM모델링 및 에너지성능 시뮬레이션

3.1 대표 타입 선정

본 절에서는 오피스 건축물의 규모 및 아트리움의 규모와 대표타입 선정 과정에 관하여 기술하겠다. Table 4는 통계청 자료를 기반으로 광역시 이상 도시의 오피스 건축물 분포현황에 관한 표이

고, 오피스 건축물의 분포가 가장 높은 서울특별시를 대표 도시로 선정하였다.

Table 5는 서울특별시의 25개 구(區) 중에서 상위 6개 구(區)의 오피스 건축물 분포 현황이다. 본 연구의 대상지로는 이 중에서 상위 13%를 차지하고 있는 강남구와 관악구로 선정하였으며, 국내 친환경 건축물 제도에서 업무용 친환경 건축물 인증 기준이 2003년부터 시행되었으므로 2003년 이후 서울특별시 강남구와 관악구에 신축된 건물을 대상으로 한정하였다.

2003년 이후 서울특별시 강남구와 관악구 지역에 신축된 오피스 건축물의 규모에 관하여 상위 10%, 하위 10%를 제외하고 표본을 추출하여 규모를 정하였다. 추출한 표본의 평균치는 길이 25 m, 깊이 16 m, 높이 36 m이며, 이를 대표 타입 오피스 건축물의 규모로 정하였다. 이후 향은 남향으로 동일하게 설정¹⁰⁾하고 2면형 아트리움만 남동쪽(2면-1), 남서쪽(2면-2)으로 나누어서 Table 6과 같이 규모가 정해진 오피스 건축물에 단순형 아트리움의 규모 및 타입별로 설치하였다.

3.2 모델링 제한 사항

본 논문의 실험은 초기 디자인단계에서 아트리움의 타입 및 규모를 평가하는 것으로 매스 디자인의 모델링 디테일을 개념 설계의 수준으로 정하였다. 그러나 설계 단계별 모델링 디테일 수준에 관하여 명시된 지침이 없어 AIA에서 제시하는 LOD 100단계로 모델링하였다. LOD 100단계는 국내 개념설계의 수준으로 매스 형태의 볼륨, 건축물의 유형이 정의되며, 전체 건물의 면적, 높이, 체적, 위치, 향 등을 설정하여 모델링하는 단계이다.¹¹⁾

Table 4 Distribution of Business Building by Metropolitan City as of 2012⁹⁾

	서울(40%)	부산(18%)	대구(14%)	인천(13%)	광주(8%)	대전(7%)	전체
업무용	140,987	66,494	49,462	47,654	28,906	28,999	358,202

Table 5 Distribution of Business Building by Metropolitan City as of 2012

	강남구(7%)	관악구(5%)	송파구(4%)	강서구(4%)	양천구(3%)	노원구(2%)	전체
업무용	9,830	6,418	5,831	5,103	3,755	3,214	140,987

⁹⁾통계청 (<http://kostat.go.kr>), 건축물 현황 통계

¹⁰⁾건물 향이 타입별 아트리움에 미치는 영향은 아주 미세하여 국내에서 일반적으로 배치되는 남향으로 결정

¹¹⁾이권형, 김인한, 추승연, op.cit., pp. 9-21

Table 6 Typical type of Atrium

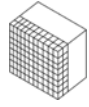
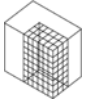
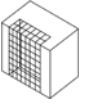
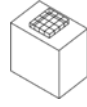
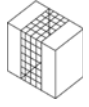
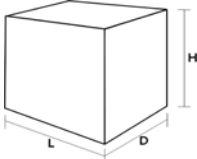
분류	단 면	2면-1,2	3 면	4 면	연 속
이미지					
층수 / 건물 높이	9 층 / 36 m				
건물 체적	14,400 m ³				
오피스 창호비율	40%				
건물방향	남 향				
아트리움 바닥면적(m ²)	100	156	156	156	144
아트리움 체적(m ³)	3,600	5,616	5,616	5,616	5,184
오피스 규모 (mm)				L = 길이 (25,000) D = 깊이 (16,000) H = 높이 (36,000)	

Table 7 Office type data¹²⁾

Parameter	Default Value
Occupancy Schedule	Common Office 8 am - 5 pm
Lighting/Equipment Schedule	Office Lighting 6 am - 11 pm
People/100 sq. M.	3.5
People Activity Level	Standing, Light Work, Walking
People Sensible Heat Gain (W/person)	73
People Latent Heat Gain (W/person)	59
People Sensible Heat Gain (Btu/person)	250
People Latent Heat Gain (Btu/person)	200
Lighting Load Density (W/sq. ft.)	1.00
Equipment Load Density (W/sq. ft.)	1.30
Electrical Equipment Radiant Percentage	0.3
Condition Type	Heated and Cooled
OA L/S Person	10
OA Flow Per Area (cu. M./hr/sq. M.)	3.7
Unoccupied Cooling Set Point (F)	82

Table 8 Atrium type data¹³⁾

Parameter	Default Value
Occupancy Schedule	Retail Facility 7 am - 8 pm
Power Schedule	Retail Lighting 7 am - 8 pm
People/100 sq. M.	3.5
People Sensible Heat Gain (Btu/hr)	225
People Latent Heat Gain (Btu/hr)	105
Lighting Load Density (W/sq. ft.)	0.93
Power Load Density (W/sq. ft.)	1
Electrical Equipment Radiant Percentage	0.5

또한, 오피스 건축물의 기본 모델링 조건은 Table 7, Table 8과 같이 ASHRAE Standard를 기준으로 한 오피스 및 atrium의 매개변수 기본 정보에 따라 LOD 100단계를 기반으로 모델링 한 후, 형태별 atrium에 따라 오피스 건축물의 냉·난방 부하에 관하여 실험하였다.

¹²⁾<http://wikihelp.autodesk.com/Revit/enu/2012> 참조

¹³⁾<http://wikihelp.autodesk.com>

3.2.1 LOD 100단계 모델링 수준

LOD(Level of Development)는 IPD에서 정의하는 프로젝트 발주방식과 통합설계 프로세스에서 BIM기반 설계프로세스의 단계를 모델링 수준으로 정의하는 것이며, IPD의 설계프로세스와 동일한 단계를 가지며, BIM에서의 LOD(Level of Development)는 AIA Document E202TM-2008을 통해 정의하고 있다.¹⁴⁾ Table 9는 LOD의 단계별 로 모델링 수준에 관한 내용이다.

본 논문에서는 초기설계 단계의 BIM적용을 위하여 모델링 수준을 초기 계획설계 시점으로 설정하였으며, LOD 100단계를 바탕으로 형상정보 위주의 전체 건물의 면적, 높이, 체적, 위치, 향을 모델링 하였다.

Table 9 LOD (Level of Development) contents of stage¹⁵⁾

LOD	LOD 단계별 BIM 통합모델의 모델링 수준
LOD 100 conceptual	매스의 형태의 볼륨, 건축물의 유형이 정의되며, 전체 건물의 면적, 높이, 체적, 위치, 향 등이 설정되는 개념 설계의 수준이다.
LOD 200 approximate geometry	주요 건축일반 시스템이 결정되고 형태 및 공간관계가 정의된다. 개략적인 연면적, 건폐율, 용적률, 층수, 층고, 주 구조, 외피구조, 설비시스템 등이 도출된다.
LOD 300 precise geometry	모든 건축요소들이 모델링되어 엔지니어 요소를 포함한 주요 빌딩 시스템이 확정되고, 구체적인 시스템이 결정되는 단계이다.

3.2.2 위치정보와 날씨 정보의 제한 사항

Project Vasari는 ASHRAE Standard의 지역정보와 위치정보를 구글 맵과 연동하여 우리나라의 위치정보 및 날씨정보를 제공하고 있다. 본 연구의 실험을 위해 Project Vasari에서 제공하는 서울특별시의 위치정보와 날씨정보를 사용하였다. 그리고 Fig. 2는 오피스의 냉난방 스케줄 정보에 관한 데이터이고, x축은 사용 시간대, y축은 최대 부하량에 대한 사용률이다.

본 논문에 적용한 ASHRAE Standard 에너지 성능분석 방식은 3차원 공간형상 정보와 열적 Zone정보, 매개변수 값을 사용하여 부하를 측정하는 방식으로 친환경건축물인증제도, EPI, 건축물에너지효율등급 등 국내 기준에는 재실에 관한 별도의 기준이 없어 ASHRAE Standard를 기준으로 Project Vasari에서 제공하는 Default 값을 사용하였다. 재실자에 관한 정보는 Table 10과 같이 오피스에서 재실자의 행동별 1인 열량 값을 사용하였다.

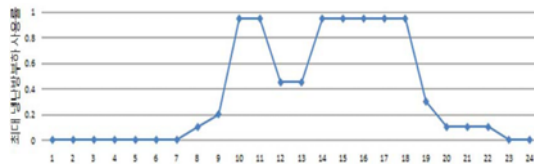


Fig. 2 data regarding cooling and heating schedule information of office¹⁶⁾

Table 10 Quantity of heat per head depending on the behaviors of occupants¹⁷⁾

Activity	Total Heat (Btu/H)		Low Radiant %	High Radiant %
	Sensible Gain/Person	Latent Gain/Person		
Seated in theater	225	105	60	27
Seated in theater, night	245	105	60	27
Seated, very light work	245	155	60	2
Moderately active, office work	250	200	58	38
Walking, standing	250	250	58	38
Sedentary work	275	275	49	35
Light bench work	275	475	49	35

¹⁴⁾추승연, 이권형, 박선경, op.cit., pp. 37-47

¹⁵⁾AIA, AIA Document E202TM-2008 참고 인용 (이미지 출처 : Vectorworks Architect, D.C. Riverside Office Building)

¹⁶⁾http://wikihelp.autodesk.com/Revit/enu/2012/Help/Revit_User's_Guide/3156-Referenc3156/3187-Energy_A3187/3190-Schedule3190 2012.11.27. 기준

¹⁷⁾<http://wikihelp.autodesk.com> 2012. 07. 02. 기준

Table 11 SI Value of Material¹⁸⁾

	R-value W/(m ² · °K)	단위밀도 kg/m ²	열용량 J(m ² · °K)
외벽	0.33	669.35	1.075
바닥	0.25	602.93	1.203
지붕	0.20	227.82	0.095
창	U-value: 0.8, SHGC: 0.45, Tvis: 0.62		
HVAC	Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP Boilers 84.5 eff		
환기량	15 CFM (Cubic Feet per Minute)		

3.2.3 매개변수 입력 조건

시뮬레이션을 위한 오피스 건축물 매개변수의 입력 값은 Table 11과 같다. 본 실험은 아트리움의 형태 및 규모에 따른 냉·난방부하 값을 도출해야 하므로 주요 건축 요소의 재료가 가지는 성능은 배제하였으며, 각 요소의 시공방법은 경량 시공으로 통일하였다. 외벽은 일반 온대 기후 단열재를 사용하였고, 지붕은 일반 단열재를 사용하였다. 창은 코팅없는 이중창을 사용하였고, 바닥과 슬래브에는 단열재를 사용하지 않았다.

모델링 제한 사항에 맞춰서 건축물 요소의 재질과 시공방법을 설정 후 3.1장의 Table 6에 제시된 오피스 규모를 기준으로 아트리움을 타입별로 설치하였다. 그 후, 아트리움의 규모를 변경하고 냉·난방부하에 관하여 시뮬레이션을 실행하였다.

4. 에너지 성능 최적화를 위한 타입별 아트리움 규모산정

4.1 시뮬레이션 결과

아트리움의 형태와 규모변화에 따른 건물 전체 냉·난방부하값에 관하여 에너지 성능분석 시뮬레이션을 하였다. 각각의 아트리움 타입은 그 형태와 규모에 따라 냉·난방부하에 큰 영향을 미치고 있었으며, 타입별 건물 전체의 1년간 평균 부하값은 다음과 같다.

Table 12 Average Load by Type of Atrium (measure: thousand MJ)

단면	2면-1	2면-2	3면	4면	연속
	1,854	2,003	2,009	1,967	2,018

변화요소에서 단면형 아트리움은 깊이만 설정하였고 연속형 아트리움은 길이만 설정했기 때문에 요소별 비교는 불가하다. 그러나 단면형 아트리움은 다른 아트리움에 비해 평균부하값이 가장 적게 나타났고, 평균부하값이 가장 높은 연속형 아트리움보다 약 15%만큼 낮게 나타났다.

2면형 아트리움은 길이가 깊이보다 냉·난방부하에 미치는 영향이 약 1% 높게 나왔고, 아트리움의 향을 각각 남동쪽, 남서쪽으로 설치하여 시뮬레이션을 수행한 결과 향으로 인한 영향은 0.2%로 유사한 값이 도출되었다.

다른 타입과 달리 3면형 아트리움은 길이가 깊이보다 냉·난방부하에 미치는 영향이 1.23% 높게 나타났고, 4면형 아트리움은 길이가 깊이보다 냉·난방부하에 미치는 영향이 5.92%로 가장 크게 나타났다.

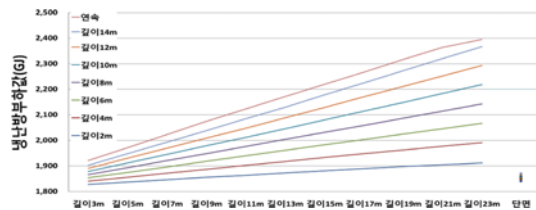


Fig. 3 Sectional vs two-dimensional vs continuous atrium

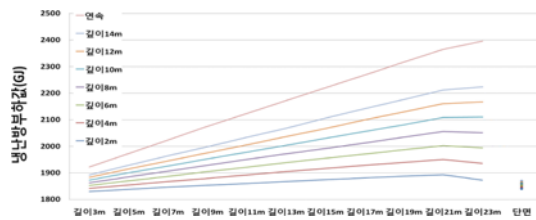


Fig. 4 Sectional vs three-dimensional vs continuous atrium

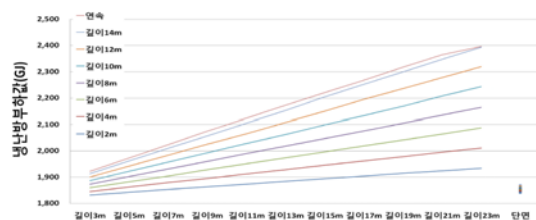


Fig. 5 Sectional vs four-dimensional vs continuous atrium

¹⁸⁾http://wikihelp.autodesk.com/Revit/enu/Community/Articles/Conceptual_Constructions_-_Metric_SI_Values 2012.11.27. 기준

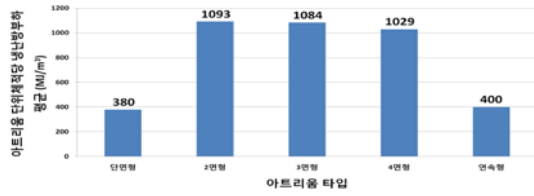


Fig. 6 Average cooling and heating load per unit volume of atrium by type



Fig. 7 Average cooling and heating load per unit volume of office by type

Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5를 통해 아트리움 타입별로 냉·난방부하 값을 비교해보면 단순형이 가장 낮고, 연속형이 가장 높음을 알 수 있다. 또한, Fig. 6, Fig. 7을 통해 아트리움의 단위체적은 냉·난방부하에 비례하고, 오피스 단위면적은 냉·난방부하에 반비례함을 알 수 있었다.

4.2 아트리움 규모산정

4.2.1 아트리움 체적을 통한 규모 산정

본 절에서는 시뮬레이션 결과를 비교 분석하여 아트리움 규모 변화에 따른 단위체적에 관하여 서술하겠다. 다음 Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12는 타입별 아트리움의 체적 1 m³당 냉·난방부하값에 관한 그래프이고, 아트리움의 단위체적당 냉·난방부하값은 규모에 반비례한다는 것을 알 수 있다. 또한, 아트리움의 바닥면적당 냉·난방부하값도 반비례한다는 것을 알 수 있다. 아트리움의 규모가 커질수록 냉·난방부하값은 높아지지만, 아트리움의 단위체적당 에너지 효율은 높아진다. 즉, 규모에 따른 냉·난방부하값의 효율은 서로 상호보완적인 관계를 가지고 있음을 알 수 있다.

단위 체적당 냉·난방부하값의 증감율을 살펴보면 모든 아트리움의 길이가 5 m 이하의 규모에서는 증감률이 20% 이상이 되고 15 m 이상의 규모에서는 증감률이 15% 이하가 된다. 즉, 길이가 7~13 m일 때 적정값의 범위가 된다.¹⁹⁾ 이는 아트

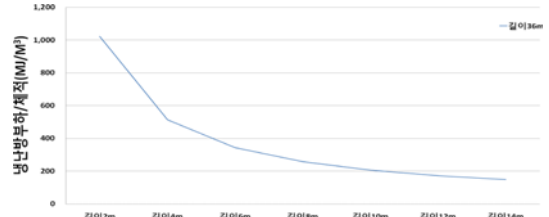


Fig. 8 Cooling and heating loads per 1 m³ of Linear atrium volume

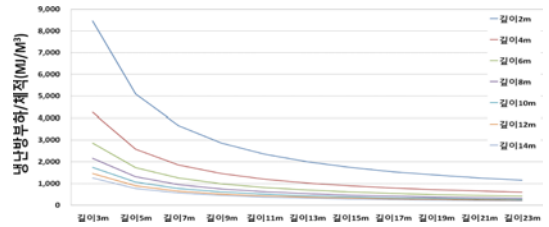


Fig. 9 Cooling and heating loads per 1 m³ of Two-dimensional atrium volume

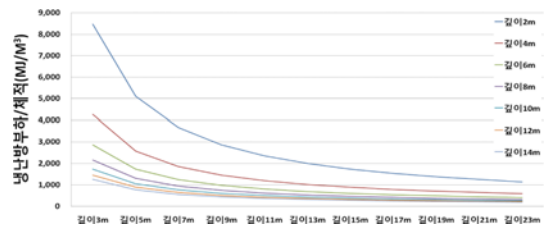


Fig. 10 Cooling and heating loads per 1 m³ of three-dimensional atrium volume

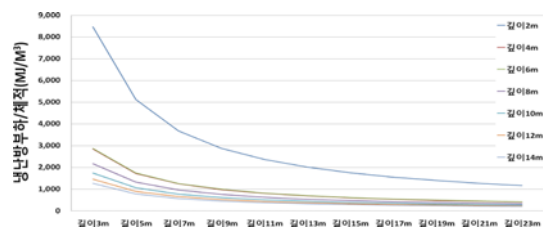


Fig. 11 Cooling and heating loads per 1 m³ of four-dimensional atrium volume

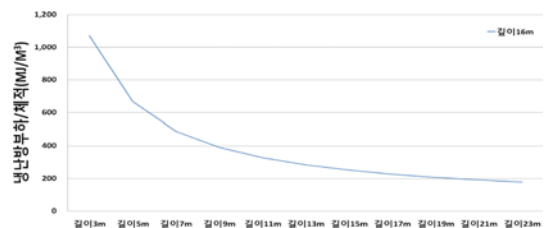


Fig. 12 Cooling and heating loads per 1 m³ of continuous atrium volume

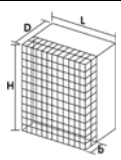
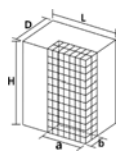
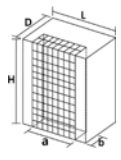
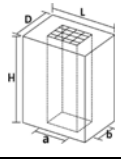
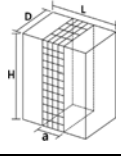
리움 길이를 7 m 미만, 13 m 초과로 배치하면 단위면적당 에너지 효율은 증가하지만 평면 계획시 공간 활용에서 비효율적인 계획이라 볼 수 있다. 여기서 길이 7~13 m는 건물 전체길이의 약 30~50%를 차지하는 수치이고, 건물 전체체적의 약 15~30%에 해당하는 수치이다. 깊이도 같은 방식으로 산정하면 6~10 m가 적정값 범위가 된다. 여기서 깊이 6~10 m는 건물 전체깊이의 약 35~60%를 차지하는 수치이고, 건물 전체체적의 약 20~35%에 해

당하는 수치이다. 즉, atrium 계획시 건물 전체 길이의 30~50% 내에서 설정하고, 깊이는 35~60% 내에서 설정하면 에너지 측면에서 효율적인 계획이라 판단된다.

4.2.2 atrium 외피면적을 통한 규모산정

본 절에서는 규모의 변화에 따라 남쪽에 면한 atrium 외피면적이 변화하므로 atrium의 외피면적에 관하여 분석하였다. 이를 통해서 2면형, 3면

Table 13 The Ratio of Facade Area to Atrium Volume

atrium 유형	atrium의 요소별 변수	치수값	atrium 체적에 대한 외피면적의 비율 (β/α)	비고
단면형		L = 25m D = 16m H = 36m a = L b = 깊이	$1/b + 2/L + 1/H$	atrium 체적 $\alpha = LbH$ 외피 면적 $\beta = LH + 2bH + Lb$
2면형		L = 25m D = 16m H = 36m a = 길이 b = 깊이	$1/a + 1/b + 1/H$	atrium 체적 $\alpha = abH$ 외피 면적 $\beta = bH + aH + ab$
3면형		L = 25m D = 16m H = 36m a = 길이 b = 깊이	$1/b + 1/H$	atrium 체적 $\alpha = abH$ 외피 면적 $\beta = aH + ab$
4면형		L = 25m D = 16m H = 36m a = 길이 b = 깊이	$1/H$	atrium 체적 $\alpha = abH$ 외피 면적 $\beta = ab$
연속형		L = 25m D = 16m H = 36m a = 길이 b = D	$2/D + 1/H$	atrium 체적 $\alpha = aDH$ 외피 면적 $\beta = 2aH + aD$

《각 타입별 atrium 체적에 대한 외피면적의 비율 범위》

- 단면형 atrium : 0.17~0.6
- 2면형 atrium : 0.14~0.66
- 3면형 atrium : 0.09~0.52
- 4면형 atrium : 0.02 (일정)
- 연속형 atrium : 0.15 (일정)

¹⁹⁾통계학에서 적정값 평균 산정시 실험군 범위산정에서 증감률의 상위 하위 15~20%는 제외하고 범위를 설정함. (신뢰도에 따라 곱하는 계수가 달라지고 이에 따라 범위가 변함.)

형, 4면형 atrium 계획시 길이와 깊이 중에서 무엇이 우선순위로 계획되어야 하는지에 대하여 알 수 있었다. 단면형과 연속형은 변화요소가 하나여서 각 atrium 규모 계획시 고려할 사항으로 길이와 깊이 중에서 우선순위를 정할 수 없지만 4.1절에서 단순형의 에너지 소모가 가장 적고 연속형의 에너지 소모가 가장 많음을 알 수 있었다.

Table 13과 같이 타입별 atrium 체적에 대한 atrium 외피면적 비율에 관한 표이다. 비율에 관한 공식을 통해 단면형과 3면형은 길이의 영향을 받고, 2면형은 길이와 깊이의 영향을 받아 비율이 변하는 것을 알 수 있다. 또한, 4면형과 연속형의 경우는 형태적 특성상 변화요소에 의해 비율이 변화하지 않고 일정함을 알 수 있다.

4.2.1절에서 측정된 atrium의 규모범위와 비율을 통해 각 타입별로 적정 비율을 산정하면, 단면형과 2면형은 0.2~0.3, 3면형은 0.1~0.2, 4면형과 연속형은 Table 13과 같이 형태적 특성상 비율이 일정하다.

Fig. 13은 2면형, 3면형, 4면형 atrium의 남쪽에 면한 단위외피면적당 냉·난방부하값이다. 그래프를 살펴보면 2면형, 3면형, 4면형의 단위외피면적당 타입별 냉·난방부하값의 차이는 0.1% 내외로 거의 일정하게 나타났고, 깊이변화로 인한 냉·난방부하값의 차이는 약 0.05%로 그 영향은 미미하다. 외피면적은 길이와 타입의 변화로는 냉·난방부하에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 즉, 깊이변화보다는 길이변화를 통한 atrium 계획이 에너지 측면에서 효율적이라 판단된다. 이렇게 체적과 외피면적을 고려하여, 길이와 깊이의 비를 산정하면 길이:깊이를 0.7:1~2:1 비율만큼 조절하는 것이 에너지 측면에서 효율적이고, 이는 건물 전체 체적의 약 10~34%에 해당하는 수치이다. atrium의 체적, 외피면적, 체적에 대한 외피면

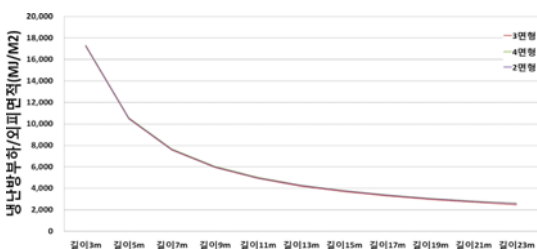


Fig. 13 Indicates cooling and heating loads per unit area of facade facing the south of two-sided, three-sided and four-sided atriums

적을 고려하여 종합해 보면 길이와 깊이의 비를 0.7:1~2:1 비율만큼 설정하고, 건물 전체 길이의 약 30~50% 범위와 건물 전체 깊이의 약 35~60% 범위 내에서 길이를 우선으로 atrium을 계획하는 것이 에너지 측면에서 효율적인 계획이라 사료된다.

atrium 체적 및 외피면적, atrium 체적에 대한 외피면적 비율을 통해 atrium의 타입별 성격, atrium 길이, atrium 깊이, atrium의 길이와 깊이 비에 관한 적정 범위를 알 수 있었다. 또한, 본 논문에서 나온 체적, 외피면적, 체적에 대한 외피면적의 비에 관한 수치들은 0.2%의 오차로 모두 유사한 범위가 나왔으며, 세 가지 중 한 가지 범위에 속하게 되면 모든 범위를 만족한다.

5. 결 론

현재 ‘건축물의 에너지절약설계지침’에서는 atrium에 대한 표준 규정이 없고 권장사항으로만 분류되어 있다. 또한, atrium은 건축물마다 그 규모와 형태, 배치가 달라 합리적인 계획에 어려움이 따른다. 이에 atrium 규모 산출 근거를 마련하기 위해 BIM기반 3D 모델링 및 에너지 성능 분석 시뮬레이션을 통한 직접적인 평가와 atrium 계획요소에 따른 에너지성능 변화의 상관관계를 파악하고자 하였다.

본 연구는 오피스 건축물에 타입별, 규모별로 atrium을 설치하고 시뮬레이션을 시행하여 타입별 atrium의 규모가 변화함에 따른 냉난방부하와의 관계를 비교 분석하였다. 이를 통해서 단순형 atrium의 타입 및 규모와 에너지 부하의 상관관계를 파악할 수 있었고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. atrium 타입별 냉·난방부하값을 고려하면 단면형 atrium의 냉·난방부하값이 가장 적게 소요되고, 연속형 atrium의 냉·난방부하값이 많이 소요된다. 그리고 2면형, 3면형, 4면형의 경우 총 냉·난방부하값의 차이 약 3% 정도여서 타입마다 평면계획을 통해 그 차이를 충분히 만회할 수 있다.

2. atrium 타입을 결정한 후, atrium 평면 계획시 규모를 산정하면 길이의 경우 건물 전체 길이의 30~50% 내에서 설정하고, 깊이의 경우 건물 전체 깊이의 35~60% 내에서 설정하면 에너지 효율 측면에서 적합하다. 또한, 건물 전체 체적의

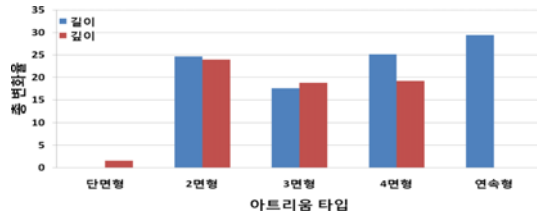


Fig. 14 The total rate of change by type of atrium

10~34% 범위 내에서 아트리움의 규모를 계획하는 것이 에너지 효율 측면에서 유리하다.

3. 평면 계획시 깊이보다는 길이를 조절하여 규모를 줄이는 것이 아트리움 남쪽에 면한 외피면적을 고려했을 때 에너지 효율측면에서 유리하다. Fig. 14와 같이 길이를 줄이면 평균적으로 2m 마다 총 냉·난방부하값의 1.5%를 저감할 수 있고, 깊이를 줄이면 2m 마다 1.7%를 저감할 수 있다. 즉, 단면형과 연속형을 제외하고 깊이와 길이를 통해 규모를 조절하는 것이 아트리움 타입 변경을 통한 에너지 절감보다는 효율적이라 판단된다.

본 연구의 결론을 통해 단순형 아트리움의 타입별 에너지 소모 및 규모에 따른 에너지 효율변화에 대하여 알 수 있었다. 이를 통해 BIM의 초기 설계 단계에서 아트리움 에너지 성능평가 기준으로 활용 가능하며, 본 연구의 결과를 통해 설계사무소나 실무현장에서 아트리움 설계시 친환경적 디자인 대안의 객관적 판단 근거로 활용 가능하다. 또한, 본 연구의 결과 값은 절대적인 수치보다는 상대적인 수치로 받아들여져야 할 것이다.

본 논문의 보완사항으로는 아트리움 재질, 복합적 형태의 아트리움, 냉·난방부하 이외의 에너지 요소 등이 남아있다. 보완사항에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 경우 아트리움 부분에서 객관적인 기준이 확립될 것이며, 아트리움 디자인 최적화의 타당성을 높여줄 것이다. 또한, BIM의 초기 설계 단계에서부터 에너지 성능평가 활용을 극대화하고, 건축물의 체계적인 관리와 아트리움 친환경 건축물 인증에 대한 객관적 심사기준의 토대가 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0008717).

참고문헌

1. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008, Energy-saving Design Standards of the Building, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Notice 2008-652.
2. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009, Based on the Equipment of the Building Rules, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Notice 205.
3. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009, Certification Standards of the Green Building, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Notice 2009-1294.
4. Kim, M.-K., Choi, H.-A. and Jun, H.-J., 2009, A Study on the BIM Application of Domestic Green Building Assessment System, *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 29(1), pp. 339-342.
5. Moon, C.-Y., Choi, M.-S. and Park, S.-H., 2009, A Case Study on BIM Based Building Energy Performance Evaluation, *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 29(1), pp. 697-700.
6. Woo, K.-H. and Kim, J.-M., 2009, Development of BIM-Based Building Energy Performance Tool: Samsung Energy Performance (SEP), *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 25(12), pp. 113-120.
7. Lee, K.-H., Kim, I.-H. and Choo, S.-Y., 2011, A Study on Improvement of Energy Performance Index in Green Building Certification System using BIM, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 27(9), pp. 13-21.
8. Lee, J.-Y. and Lee, K.-S., 2010, Study on Examples of Sustainable Environment Application in Atrium Space, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 26(9), pp. 123-132.
9. Jang, W.-J. and Jun, H.-J. 2009, A Study of Green Building Technology Using a BIM Process is Possible, *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 29(1), pp. 331-334.
10. Choo, S.-Y., Lee, K.-H. and Park, S.-K., 2012, A Study on LOD(Level of Development) for Development of Green BIM Guidelines - Focused on Energy Performance Estimation -, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 28(6), pp. 37-47.
11. AIA, AIA Document E202TM-2008.
12. Rainier Hascher et al., 2002, Office Buildings: A Design Manual, Birkhauser.
13. Richard Saxon, 1994, Atrium Architecture,

- Kimoondang, pp. 8494.
14. Arno Schlueter, Frank Thesseling, 2009, Building Information Model based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages, *Automation in Construction* 18, pp. 153-163.
 15. Norbert Lechner, 2008, Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects, John Wiley & Sons Inc.
 16. Salman Azhar and Justin Brown, Rizwan Farooqui, 2008, BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software, Auburn University.
 17. U.S. Green Building Council, 2001, LEED "Leadership in Energy and Environmental Design", Green Building Rating System.
 18. <http://appsl.eere.energy.gov>
 19. <http://kostat.go.kr>
 20. <http://wikihelp.autodesk.com>
 21. <http://www.gsa.gov/bim>



정 승 우

2011년 계명대학교 건축공학과 졸업
 2011년~현재 경북대학교 대학원
 건축·토목공학부 석사과정
 관심분야: BIM(Building Information Modeling), Building Energy Simulation, Design Automation, CAAD(Computer-aided Architectural Design)



이 권 형

2010년 경북대학교 건축학과 졸업
 2012년 경북대학교 대학원 건축·토목공학부 석사졸업
 2013년~현재 경북대학교 대학원 건축·토목공학부 박사과정
 관심분야: BIM(Building Information Modeling), Building Energy Simulation, Design Automation, CAAD(Computer-aided Architectural Design)



추 승 연

1994년 경북대학교 건축공학과 공학사
 1998년 홍익대학교 일반대학원 건축학과 공학석사
 2004년 독일 뮌헨공대 건축학과 공학박사
 2005년~현재 경북대학교 건축·토목공학부 교수
 2007년~현재 한국주거학회 학술이사
 2010년~현재 한국청소년시설환경학회 운영이사
 관심분야: BIM(Building Information Modeling), Building Energy Simulation, IFC, Augmented Reality, Design Automation, CAAD(Computer-aided Architectural Design)



김 인 한

1988년 서울대학교 건축학과 졸업
 1991년 미국 Carnegie-Mellon 대학 건축학 석사
 1994년 영국 Strathclyde 대학 건축학 박사
 1996년~현재 경희대학교 공과대학 건축학과 교수
 2002년~현재 한국CAD/CAM 학회 이사
 2004년~2008년 사단법인 STEP센터 회장, 지식경제부
 2008년~현재 사단법인 빌딩스마트 협회 수석 부회장
 2010년~현재 대한건축학회 이사
 2011년~현재 BCA 싱가포르 건설청 BIM 자문위원
 관심분야: BIM(Building Information Modeling), CAAD, 데이터 모델링 및 통합 전산설계환경 (STEP, IFC), 건축정보기술, Digital Design Media