

연재 SERIAL

# BIM을 활용한 친환경 건축 성능 분석

## BIM based Building Performance Analysis

오늘날 전 세계적으로 급격한 에너지 사용과 이에 따른 온실가스의 증가로 기후변화 현상이 세계 곳곳에서 나타나고 있다. 이러한 지구온난화는 산업화에 따른 에너지소비가 주요한 원인으로 꼽히고 있으며, 선진국에서는 에너지소비와 이산화탄소 방출을 줄이기 위한 노력을 적극적으로 추진하고 있다. 우리나라에서도 2013년부터는 온실가스 감축 의무 이행에 포함될 것으로 예상되어 지속가능(sustainable)한 국가 발전을 위한 노력을 기울이고 있으며, 저탄소 녹색성장을 화두로 적극 대처하고 있다.

우리나라는 세계10대 에너지 소비국이며 97%의 에너지를 외국에 의존하고 있다. 더욱이 이산화탄소배출량은 세계 9위를 차지하고 있다. 따라서 향후 선진국과 경쟁을 하기 위해서는 산업구조를 사급히 개선하여 에너지 소비를 줄이고 이산화탄소 배출을 적극적으로 억제하여야 한다. 현재 국내에서 사용되는 전체 에너지 가운데 건물에서 소비되는 에너지는 약 40%정도를 차지하고 있다. 이에 따라 건물에서의 에너지 사용량을 줄이고 환경부하를 저감할 수 있는 친환경 건축물의 구축이 시급하며, 관련 기술 개발 및 실제 건축물에 적용을 위한 노력이 진행되고 있다. 친환경 건축 관련 기술은 오늘날 많은 신축 건물에 적용되고 있으나, 그 성능은

아직까지 미흡한 부분이 많다. 건축물의 설계단계에 환경성능 분석결과가 적절히 반영된다면 적은 노력과 비용으로 매우 우수한 친환경 건축물을 구축할 수 있다. 하지만 기존의 설계절차 및 성능분석 지원 시스템으로는 건축 설계단계에서 에너지 소비량을 포함한 친환경 성능을 분석하기에 많은 시간의 투입과 전문가의 도움이 필요하다.

다행히 최근에 이러한 건축물의 친환경 성능 분석에 건축정보모델링(Building Information Modeling, BIM)기술을 활용할 수 있는 연구가 진행되고 있다. 건축정보모델링은 컴퓨터를 이용하여 건축물의 설계 데이터뿐만 아니라 관련 모든 정보를 모델링 하여 건축물의 설계단계부터 건물의 폐기 단계까지 활용하는 기술이다. 이미 선진 외국에서는 활발한 연구가 진행되어 실무 적용 단계에 있으며, 국내에서도 초기 연구가 진행 중이다. 이러한 건축정보모델링 기술이 친환경 건축물 구축기술에 활용된다면, 친환경 건축물 구축 및 성능 향상에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 녹색 성장의 기반이 될 수 있는 건축물의 설계 및 시공, 유지관리가 가능해질 것이다. 따라서 이번 연재에서는 지속가능한 설계와 건축정보모델링을 활용한 건축 환경 성능을 분석에 관한 내용을 주제별로 다루고 그 사례를 살펴보고자 한다.

### 목 차

1. 지속가능 설계와 환경성능 분석항목  
Sustainable Architecture and Building Performance Analysis
2. BIM 기반 건축 환경성능 분석 프로그램  
BIM based Building Performance Analysis Programs
3. 설계와 환경성능 분석간의 상호연용성  
Interoperability between Design and Performance Analysis
4. BIM을 활용한 친환경 건축 성능 분석 사례  
Cases based on BIM and Performance Analysis

필자 : 문현준, 현 단국대학교 건축공학과 교수

by Moon, Hyeun-jun

문현준 교수는 한양대학교에서 학사, 석사를 취득하고 삼성건설 기술연구소에서 5년간 근무하였으며, 미국 조지아 공대에서 박사를 취득하고 미국 Oak Ridge 국립 연구소에서 연구원으로 근무 후 현재 단국대학교 교수로 재직 중이다.



- 한국생활환경학회 총무이사
- 빌딩스마트협회 연구편집 이사
- 한국건축친환경설비학회 이사
- 한국공기청정협회 실내환경 기술 전문위원
- 한국패시비티매니지먼트학회 이사
- 표준협회 국제표준화(ISO) 위원

### 3. 설계와 환경성능 분석 간의 상호 운용성 (Interoperability between Design and Performance Analysis)

#### 서 언

기존의 건설 및 건축분야에서의 정보는 기호적 언어와 2차원 기반의 도면 정보체계를 통해 표현되었지만, BIM 기술의 활용으로 건물의 실제 형상과 정보를 가지는 3차원 기반의 정보체계로의 변화가 이루어지고 있다. BIM 기술은 프로젝트에 포함된 모든 정보를 저장하고, 필요에 따라 다양한 형태로 정보를 표현할 수 있게 해준다. BIM은 초기 건물의 개념설계에서 유지관리 단계까지 건물의 생애 수명주기 동안 다양한 분야에서 적용되는 모든 정보를 생산하고 관리하는 기술로 최종적으로 컴퓨터 내부에서 구현하게 된다.

BIM 기술의 적용에 있어서 가장 큰 제약은 다양한 분야에서 사용되는 전문프로그램 간의 데이터 호환성이다. 따라서 BIM 플랫폼들은 각각의 BIM 데이터 포맷에서 건물의 생애주기에 관한 모든 정보를 공유할 수 있어야 한다.

건축환경 및 설비분야에서 이러한 설계데이터와 환경성능 분석 프로그램 간의 데이터 호환을 위해 사용되는 대표적인 상호호환성 프로토콜이 IFC와 gbXML이다. 현재까지 IFC는 지속적으로 수정 및 보완되고 있으며 산업 분야에서 널리 활용되고 있다. 하지만 IFC는 'top-down' 모델로서 Product 모델의 규모가 크고 간단한 어플리케이션을 만드는데 필요 이상의 데이터가 필요하다는 문제점이 제기되고 있다. 반면에 'bottom-up'의 접근 방법으로 개발된 gbXML은 XML 기술을 활용하여 작고 사용이 편리한 장점이 있을 수 있다.

본 고에서는 대표적인 상호호환성 프로토콜인 IFC와 gbXML을 사용하고 있는 대표적인 BIM 기반 설계 프로그램과 환경분석 프로그램 간의 구체적인 상호 운용 방법에 대해 기술한다. 이와 함께 설계와 환경성능 분석 간의 상호 운용을 통해 나타난 문제점에 관해서도 정리하여 기술하였다.

#### 설계와 환경성능 분석 간의 상호 운용

대표적인 BIM 기반 설계 프로그램과 환경성능 분석 프로그램 간의 구체적인 상호 운용 방법에 관해 환경성능 분석 프로그램을 기준으로 하여 기술한다.

#### • VE(Virtual Environment)+Revit(Google SketchUp)

BIM 기반 건축환경성능 분석 프로그램으로 IES/VE(Virtual Environment)이 있다. VE를 이용한 건축환경 성능 분석 방법에 여러 가지가 있을 수 있는데, 가장 간단한 방법으로 VE ware를 이용한 분석 방법, 그 다음단계인 VE Toolkit을 이용하는 방법, 그리고 마지막으로 Full VE를 이용하는 방법이 있다. <그림 1>은 VE(Virtual Environment)를 활용한 건축환경 성능분석의 개요를 나타낸다.

먼저 VE ware를 이용하는 방법은 VE를 활용한 건축환경분석 방법 중 가장 간단한 방법으로 건축환경에 대한 전문적인 지식이 없는 일반인도 쉽게 사용 가능하다. VE ware는 IES사에 제공하는 plug-in 프로그램으로 누구나 다운받아 사용이 가능하다. 현재 VE ware는 Google SketchUp과 Revit Architecture/MEP에서 연동시켜 사용할 수 있다. plug-in을 설치하게 되면 Google SketchUp과 Revit Architecture/MEP에 VE plug-in 아이콘이 생성된다. 각 프로그램에 설치된 VE ware를 실행하면 .rvt나 .skp 파일이 자동으로 gbXML 파일로 변환되어 분석과정을 거친 후 결과가 나타나게 된다. Revit을 활용하기 위해서는 구체적인 설계정보들이 필요한 반면 Google SketchUp은 구체적 정보 없이도 사용이 간단해서 VE ware와 함께 활용한다면 초기 설계단계에서 건축환경성능 분석에 매우 유용할 것으로 생각된다. VE ware를 이용한 간단한 시뮬레이션으로 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 분석이 가능하고 Architecture 2030 Challenge 기준에 따른 분석도 가능하다. <그림 2>는 VE ware를 이용한 건축환경 성능분석의 과정을 보여준다.

VE Toolkit 역시 IES사에서 제공하고 있는 초기 설계단계에서 활용이 가능한 툴이다. VE Toolkit도 VE ware와 마찬가지로 plug-in 프로그램을 통해 Google SketchUp과 Revit Architecture/MEP에서 연동시켜 사용할 수 있고 gbXML 파일로 자동 전환되어 건축환경 성능분석을 할 수 있다. VE Toolkit은 VE ware에 비해 조금 더 구체적이며 많은 항목들의 분석이 가능하다. VE Toolkit을 사용하여 에너지 사용량, 온실가스 배출량, 냉난방 부하, 일조분석 등이 가능하며, 미국의 친환경건축물 인증시스템인 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)의 일부 인증항목을 자동으로 검토할 수 있다. <그림 3>은 VE Toolkit의 모습을 나타낸다.

VE를 활용한 건축환경 성능분석의 마지막 단계는 Full VE를 사용하는 단계이다. VE에서 다루는 항목이 가장 광범위하며, 정밀한 성

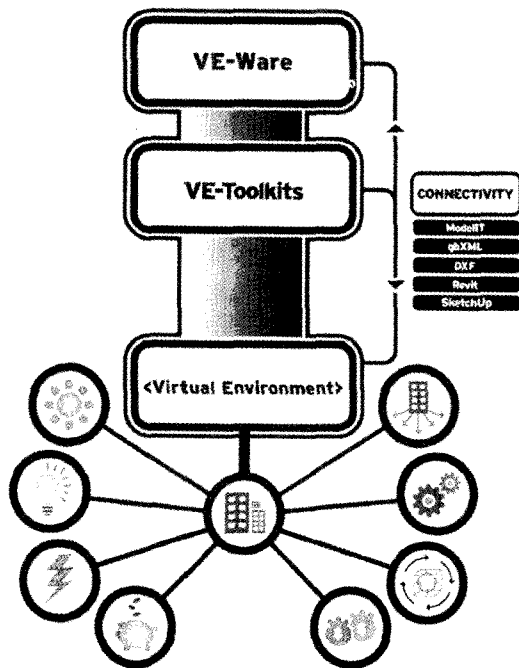


그림 1. VE를 활용한 건축환경성능 분석의 개요

능분석이 가능하다. VE ware와 VE Toolkit과 마찬가지로 VE에서도 Google SketchUp, Revit과 plug-in 프로그램을 통한 직접 연동이 가능하고 CADD 프로그램에서 내보내기한 gbXML 파일을 수동적으로 불러와 성능분석에 활용할 수도 있다.

VE를 활용하면 건물에너지 해석, 냉난방 부하 분석, 실내 열 및 빛 환경 분석, 배관 및 덕트 설계, value engineering 분석, LCC 분석, 실내외 기류해석, 재실자 피난 분석 등의 광범위한 건축환경 성능분석이 가능하다. 이 방법은 가장 정밀한 건축환경 성능을 분석할 수 있는 장점이 있는 반면 요구되는 설계정보가 많고, 정확한 입력값을 필요로 한다. 따라서, 환경분석에 대한 전문지식이 있는 컨설턴트, 연구자가 주로 사용한다.

### • EnergyPlus + Google SketchUp

EnergyPlus는 미국의 DOE(Department of Energy)에서 건물에서의 부하계산 및 에너지 소비특성 분석을 위하여 만들었다.

EnergyPlus는 시뮬레이션을 할 수 있는 엔진만을 제공하고 있어, 모델링을 위해 별도의 인터페이스를 사용하기도 한다.

여러 가지 인터페이스가 개발되었으며, 설계데이터와 호환을 위해 최근에 Google SketchUp과 연동하여 사용할 수 있게 되었다.

EnergyPlus와 Google SketchUp을 연결하려면 SketchUp plug-in 프로그램으로 설치하면 된다.

Google SketchUp 상에 EnergyPlus toolbar가 생기게 되며 Google SketchUp으로 건물을 모델링 한 후 손쉽게 시뮬레이션할 수 있다. 시뮬레이션 기간, 위치 및 기상데이터 등의 기본정보를 설정 후 시뮬레이션을 실행하면 자동적으로 EnergyPlus의 input 파일인 .idf 파일이 생성된다. 이 파일은 이용하여 EnergyPlus 상에서 좀더 정확

하고 구체적인 건축환경 성능분석이 가능하다.

그러나 아직까지 EnergyPlus와 Google SketchUp을 이용한 건축 환경 성능분석은 건물의 형상 정보 위주의 호환만이 가능하며, 건축환경 성능분석을 위한 건축자재의 물성치 등과 같은 데이터의 호환은 미흡하다. 따라서, 정밀한 성능분석을 위해서는 EnergyPlus에서 별도의 시뮬레이션 입력값 설정 과정이 필요하다.

### • EcoTect + Revit

EcoTect의 가장 큰 특징은 호환성이다. EcoTect은 대표적인 상호 호환성 프로토타입인 IFC와 gbXML로 만들어진 파일을 불러오기하여 건축환경 성능분석을 수행할 수 있다.

이에 따라 revit에서 모델링 후 gbXML로 변환한 파일을 불러오기

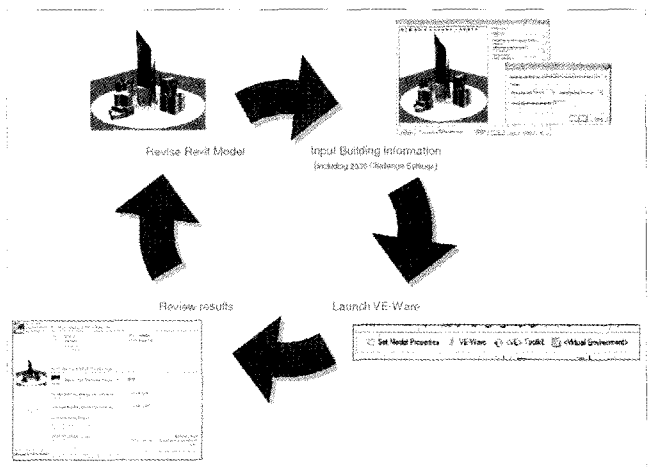


그림 2. VE ware를 이용한 건축환경 성능분석 과정

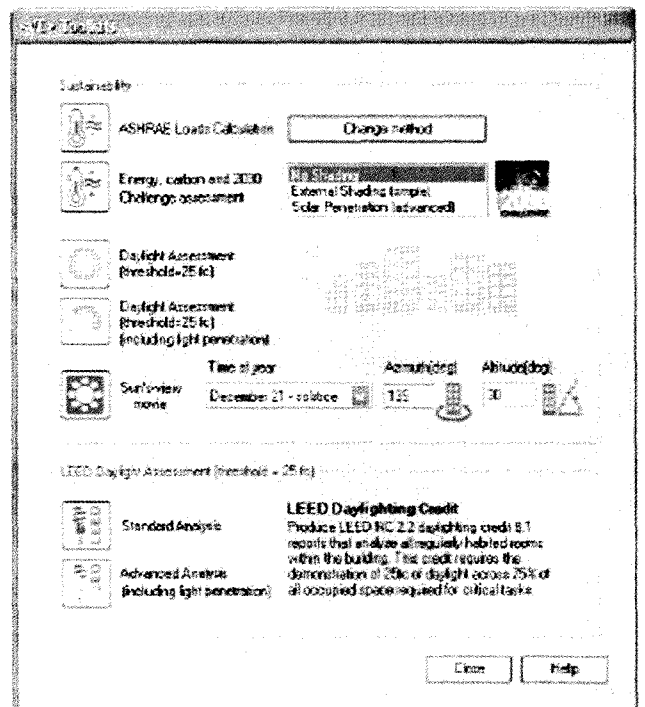


그림 3. VE Toolkit

import	Model/Analysis Data	ASCII Model Files(*.MOD), Analysis Grid Data Files(*.GRD), Ray/Particle Data Files(*.RAY), Weather Data Files(*.WEA), Radiance Point Value Data(*.DAT), Radiance Scene Files(*.RAD), EnergyPlus Input Data Files(*.idf), EnergyPlusModel Summary(*.EIO), AutoCAD DXF Files(*.DXF), Stereo Lithography File(*.STL), Green Building XML(*.XML), Industry Foundation Classes(*.IFC), Google KML Data(*.KML/KMZ), HPGL Plot Files(*.PLT/HGL), Material Library Files(*.LIB), CFD Output Data File(*.*), Window Bitmap(*.BMP), JPEG Image(*.jpg)
	3D CAD Geometry	3D Metafile(*3DM/3DMF), 3D Studio(*.3DS/ASC/PRJ), ArcInfo ASCII Grid(*.ASC), ASCII DEM(*.TXT), Binary DEM(*.BIN), BMP to 3D(*.BMP), BMP to DEM(*.BMP), CDED(DEM), DirectX(*.X), DXF(*.DXF), _DXF Point Cloud(*.DXF), IFF To 3D(*.IFF), IFF To DEM(*.IFF), Imagine(*.IOB), Lightscape(*.LP), LightWave(*.LWO), MayaRTG(*.RTG), MaxNC Digital Probe(*.TXT), MicroDEM(*.DEM), OpenInventor(+.IV), RealiMation(*.RBS), RenderWare(*.RWX), Scenery Animator(*.LAND), Sculpt(*.SCENE), ShopBot Digital Probe(*.SBP), SoftimageXSI(*.XSI), Stereo Lithography(*.STL), trun Space(*.COB/COA), USGS GTOPO30/SRTM30(*.DEM), USGS 1 degree DEM(*.DEM), USGS SDTS(*.DDF), USGS SRTM-1/SRTM-3(*.HGT), VideoScape(*.GEO), VistaPro(*.DEM), VRML(*.WRL), Wavefront(*.OBJ), X3D(*.X3D), XGL, ZGL(*.XGL/ZGL), XYZ(*.XYZ), XYZ(No Mesh)(*.*XYZ)
export	Model/Analysis Data	ASCII Model Files(*.MOD), Ray/Particle Data Files(*.RAY), Analysis Grid Data Files(*.GRD)
	To External Analysis Tool	Radiance Scene Files(*.RAD), Radiance Octree Files(*.OCT), POVRay Scene Files(*.POV), VRML Scene Files(*.WRL), AutoCAD DXF Files(*.DXF), EnergyPlus Input Data Files(*.idf), DOE-2/eQuest Input Files(*.INP), SBEM Input Files(*.INP), AIOLOS Input Files(*.PPA), HTB2 Building Files(*.TOP), Accurate Scratch File(*.*), ESP-r Input Files(*.CFG), WinAir4 CFD Geometry File(*.GEO), NIST FDS Input Data File(*.fds), Green Building XML(*.XML)
	Image/Screenshot	Window Metafile(*.WMF), Window Bitmap(*.BMP), GIF Image(*.GIF), JPEG Image(*.jpg),

표 1. EcoTect import/export capability

하여 건축환경 성능분석에 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 EnergyPlus의 input 파일인 .idf파일도 import하여 사용할 수 있으며 이외에 다양한 형식의 파일들을 불러오기하여 건축환경 성능분석에 활용할 수 있다.

성능 분석 후에 다시 gbXML 파일로 export가 가능하고 EnergyPlus input 파일인 .idf 파일, DOE-2/eQuest input 파일인 .inp 파일, ESP-r의 input 파일인 .cfg 파일로 export가 가능하여 다른 건축환경 성능분석 프로그램과의 결과 비교가 가능하다.

〈표 1〉은 EcoTect의 import/export capability를 나타낸다.

### 설계와 환경성능 분석간 상호 운용상의 문제점

BIM 기반으로 설계데이터와 건축환경 성능 프로그램과의 데이터 호환을 해보면, 아직까지 IFC와 gbXML 프로토콜이 완벽하게 운영되지 않는다는 것을 알 수 있다. 이론상으로는 모든 데이터가 BIM기반의 모든 프로그램에서 호환이 되어야하지만, 특정 소프트웨어에서만 운영할 수 있거나, 특정 프로토콜만을 사용할 수 있도록 제한이 있는 경우도 많이 있다. 이는 아직도 설계와 분석간의 상호운용성에 대하여 연구할 것이 많이 있다는 의미로 해석할 수 있으며, BIM기반 프로그램 개발자와의 협력도 필요하다. 설계프로그램 별로 성능분석 프로그램과의 호환 가능한 프로토콜에 대하여는 지난 호에 기술하였다. 아래에 설계와 환경 성능분석간의 상호 운용상의 문제점에 대해 기술한다.

### • 건물 정보 입력값의 불확실성

일반적으로 설계단계는 기본구상, 기본계획, 기본설계, 실시설계의 순서를 거쳐 이루어지게 된다. 건축설계의 각 단계별 정보들은 설계 프로세스가 진행됨에 따라 구체화되고 정량화된다. 따라서, 설계 단계의 초기에는 성능분석을 위한 정량화된 입력값 또는 정보를 얻는 것이 매우 어렵다. 이러한 이유로 현재까지 설계단계의 거의 모든 건축환경 성능분석이 요구되는 입력값이 구체화되는 실시설계 단계에서 이루어지고 있다. 그러나 실시설계에 대한 성능분석을 통해 설계상의 수정 사항이 발견되어도, 설계변경하기에 늦은 경우가 발생한다. 그러나 초기 설계단계에서는 구체화된 정보들이 존재하지 않기 때문에 성능분석시 적용해야 하는 입력 값들의 불확실성이 높다. 이러한 이유로 성능분석시 임의의 값을 사용하거나 성능분석 도구의 default 값을 사용하는 경우가 많은데 이는 건축환경 성능분석의 정확성을 떨어뜨리게 된다. 따라서, 초기 설계단계에서 제한된 데이터를 이용하여 성능을 분석할 수 있는 방안이 개발되어야 할 것이다.

### • 건축설계 프로그램(CADD)과 성능분석 간의 호환성

건축설계와 성능분석 프로그램과의 통합은 오래 전부터 연구되어 온 것으로, 앞에서 살펴본바와 같이 현재는 몇몇 BIM기반 설계프로그램과 성능분석 프로그램에서 연동하여 사용이 가능하다. 이들 프로그램의 경우 대체적으로 원활하게 연동하여 사용가능하나 일부 호환성

에 문제점이 있는 것으로 보인다. Revit 등의 BIM기반 CADD 프로그램 등은 건축물 대상을 3D로 모델링 하여 3D 화면을 통한 도면품질 검토, 공종별/시공부위별 3D 간섭체크 등의 장점을 가지고 있는 반면, 성능분석 시에는 3D 디자인 모델을 2D의 분석모델로 전환하여 단순화 시키기 때문에 이 과정에서 문제가 발생하게 된다.

CADD 프로그램의 복잡한 모델을 단순화 시키는 과정에서 대표적으로 곡면이나 커튼월과 같은 부분들에서 호환이 되지 않는 문제점이 발생할 수 있다. 또한 CADD 모델을 성능분석용 모델로 전환하는 과정에서 분석또는 시뮬레이션에 적합한 모델인지 여부를 체크하게 되는데 3D 모델의 2D 모델 전환으로 인접한 벽이 교차되거나 완벽한 존이 구성되지 않아 시뮬레이션에서 제외되는 등의 문제점이 발생된다. 따라서 CADD를 이용한 설계 시에 성능분석까지 고려한 정확한 존 및 경계설정 등의 노력이 필요하다.

#### • 설계프로세스와 성능분석 인터페이스

현재의 성능분석 프로그램들은 건축 설계 단계를 고려하지 않고 정확한 분석에 필요한 모든 데이터를 요구하고 있다. 따라서 입력에 사용되는 인터페이스가 일률적으로 고정되어 있으며, 요구되는 데이터가 많다. 또한, 요구되는 입력값을 모르는 경우에도 임의의 값을 넣어만 분석을 수행할 수 있다. 이러한 점을 개선하기 위해서는 설계지원 프로그램과 성능분석간의 인터페이스가 설계 단계를 고려하여 변경할 수 있어야 할 것이다. 또한 분석하고자 하는 항목을 명확히 구명하여 최소

의 데이터만을 요구할 수 있어야 하고 프로세스를 고려하여 유연성이 충분한 인터페이스의 개발이 필요하다.

#### 결 언

본 고에서는 BIM 기술의 핵심인 동시에 가장 큰 제약인 설계와 환경분석 간의 데이터 호환에 관해 기술하였다.

대표적인 상호호환성 프로토콜인 IFC와 gbXML이 사용되는 대표적인 BIM기반 설계와 환경분석 프로그램에 대한 구체적인 상호운용 방법을 알아보았다. 또한 상호운용상의 문제점들도 함께 기술하였다.

현재까지 일부 설계와 환경분석 프로그램에서 IFC와 gbXML 형식의 파일을 이용하여 상호 호환을 통한 건축환경성능 분석이 이루어지고 있다. 하지만 아직까지 설계와 환경분석 프로그램 간의 호환성이 완벽하지 않아 정확한 분석이 이루어지지 못하고 추가적인 작업을 필요로 하는 등의 문제점이 발생하고 있다. 또한 건물 정보 입력값의 불확실성과 설계 프로세스를 고려하지 않은 환경분석 인터페이스로 인해 분석결과가 부정확해 지는 문제점이 드러나고 있다. 하지만, 끊임 없는 연구를 통하여 설계와 환경성능 분석간의 상호운용 상의 문제점을 하나하나 해결하여 상호 호환성을 높인다면 BIM 기술은 분명 보다 경제적이고 친환경, 저탄소방출 건축물 구축을 위한 강력한 도구가 될 것이다. ■