

에너지성능지표(EPI)를 대상으로 한 개방형BIM기반 건축인허가 개선방향 제시

김인한¹ · 김민찬¹ · 최중식*

¹경희대학교 건축학과

Improvement of Open BIM-based Building Permission Process Using EPI(Energy Performance Index)

Kim, Inhan¹, Kim, Minchan¹, Choi, Jungsik*

¹Department of Architecture, Kyung Hee University

Abstract : As many countries have been raising awareness of environmental issues, greater efforts for eco-friendly construction have been made in both governmental and private sectors. However, assessment circumstances for building energy performance and green building standard of legislation are still based on two dimension and hand-work. This takes time, cost and labor, and makes assessment inaccurate and inefficient. Therefore, this study suggests methods to improve eco-friendly construction permission process and to automatize open BIM-based assessment of Energy Performance Index (EPI) among several eco-friendly construction certification standards. First, it analyzes the relations between assessment criteria and IFC data, and provides solutions to problems and limitations. Second, it applies the solutions to assessment program in order to automatize open BIM-based assessment for EPI. The eco-friendly construction permission process with these solutions applied will reduce time, cost, and labor by simplifying and automatizing the tasks. Also, the simplified process of design revision will improve not only productivity and efficiency but also accuracy and reliability.

Keywords : Energy Performance Index (EPI), Industry Foundation Classes (IFC), Open Building Information Modeling (Open BIM)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 환경오염의 심각성이 대두되면서 에너지 효율화를 위한 저탄소 녹색성장 및 친환경이 이슈화되고 있다(Kim et al. 2011). 지구온난화의 원인으로 알려진 온실가스의 배출에 가장 큰 영향을 미치는 건축분야는 현 건축계의 문제를 개선하고자 에너지절감을 위한 친환경건축 기술 개발과 지속가능한 건축물의 실현을 위해 많은 관심과 노력을 기울이고 있다. 또한, 세계 각국에서 GBCC¹⁾, LEED²⁾, CASBEE³⁾, BREEAM⁴⁾, EarthCheck⁵⁾ 등과 같은 친환경 건축물 인증제도를 실시하여 건축물의 지속가능성에 대한 평가

와 함께 건축물이 환경에 미치는 부하를 줄이기 위한 제도와 정책적인 실천을 보여주고 있다(Kim 2014). 국내에서도 '녹색건축물 조성지원법'과 같은 친환경건축을 위한 법을 제정하여 친환경 건축을 활성화하고 건축물의 에너지 효율 및 성능의 개선을 유도하고 있다. '녹색건축물 조성지원법'에서는 일정규모 이상의 건축물을 대상으로 건축주가 건축허가나

1) Green Building Certification Criteria : 국내 친환경건축물 인증제도이며, 9개 분야에 걸쳐 친환경건축물을 평가

2) Leadership in Energy and Environmental Design : 미국의 친환경 건축물 인증제도이며, 6개 분야의 성과측정 항목으로 평가

3) Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency : 일본의 친환경 건축물 인증제도이며, 6개 분야의 성과측정 항목으로 평가

4) Building Research Establishment Environmental Assessment Method : 영국의 친환경 건축물 인증제도이며, 10개 분야의 성과측정 항목으로 평가

5) EarthCheck : 유엔에서 채택한 인증제도이며, 세계 최고수준의 저탄소 녹색기업, 녹색 커뮤니티, 녹색빌딩 구현을 목표로 함

* Corresponding author: Choi, Jungsik, College of Engineering, Kyung Hee University, Gyeonggi-do, 446-701, Korea
E-mail: jungsikchoi@khu.ac.kr

Received July 21, 2015; revised September 30, 2015
accepted October 30, 2015

용도변경을 신청할 때 '에너지절약 설계기준'에 따라 '에너지 절약계획서'와 '에너지절약계획 설계검토서'의 제출을 의무화하고 있다.⁶⁾

친환경 건축을 위한 노력은 정부와 민간차원에서 활발히 진행 중이나 현재 건축물의 친환경 성능 및 친환경 관련법규, 기준 등에 대한 평가환경은 2차원기반의 수작업을 통한 평가로 진행되기 때문에 평가를 위한 작업시간이 오래 걸리며 평가를 위한 단순 작업의 반복 및 피드백 과정에서 효율적인 업무 진행이 어렵다(Ko 2010).

이러한 문제점들을 해결하고 효율적인 건축물의 에너지 성능관련 인허가 검토를 위해서 BIM(Building Information Modeling) 기술 도입의 필요성이 대두되고 있다(Kim et al. 2011). BIM은 건축물의 전자적 정보를 생성하고 표현하는 것이며 이러한 정보를 활용하여 건축의 전 생애주기에 필요한 정보를 획득하고 관리할 수 있는 기술을 말한다(Kim et al. 2015).

따라서 건축물의 친환경 관련 인허가 검토에 BIM을 적용함으로써 검토에 필요한 세부항목들을 BIM기반 통합정보 모델을 통해 효율적이고 명확하게 분석할 수 있으며 건축물과 환경의 다양하고 복잡한 관계 속에서 친환경 건축물 구현에 있어서 객관적이고 통합적인 평가환경을 구축할 수 있다. 따라서 본 연구는 건축물의 친환경 관련 인허가 기준 중 하나인 에너지절약 설계기준의 에너지성능지표(Energy Performance Index, EPI)를 개방형BIM⁷⁾기반으로 평가자동화 하기 위한 기반연구로, 평가항목과 개방형BIM의 대표적인 포맷인 IFC⁸⁾ 포맷의 데이터구조와의 연계를 통한 평가방안의 제시와 평가를 위한 프로세스 제시를 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

개방형BIM기반으로 에너지성능지표의 평가를 자동화하기 위해서는 BIM 저작도구의 모델로부터 변환된 IFC 데이터를 대상으로 건축물이 평가항목을 준수하는지를 판단해야 하고 이를 위해서는 평가항목에서 요구하는 정보와 IFC 데이터 간에 연계가 필요하며, 이에 앞서 평가항목의 분석이 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는

(1) 녹색건축물 조성지원법의 에너지절약 설계기준안에 에너지성능지표 중에서 배점의 비중이 큰 건축부문을 대상으로

각 평가항목에서 요구하는 정보를 분석하고 BIM 데이터에 필요한 정보를 도출 및 분류하였다.

(2) 각각의 필요정보와 국제표준포맷인 IFC와의 관계분석을 통해 필요정보를 IFC 데이터로부터 판단하고 추출할 수 있는 방법을 분석하고 별도의 판단규칙이 필요한 경우를 분석하고 설명하였다.

(3) IFC 구조에서 지원하지 않는 필요정보를 IFC 데이터로 저장할 수 있는 대안과 이 정보를 IFC 데이터로부터 추출할 수 있는 방안을 제시하였다.

(4) BIM 저작도구에서 BIM 모델을 IFC 데이터로 변환 시 BIM 저작도구에서 제공하는 IFC 변환기능의 한계로 발생하는 문제점들에 대한 해결방안과 대안을 제시하였다.

(5) 개방형BIM기반 에너지성능지표의 평가자동화 프로세스를 제시하여 평가자동화를 위해 필요한 절차와 방법을 제시하였다.

(6) 개방형BIM기반 에너지성능지표 평가 프로그램 구현과 샘플 BIM 모델을 활용한 평가 수행을 진행하여 제안된 검토방안의 과정과 결과를 확인 하였다.

본 연구에서는 IFC2X3버전을 사용하여 연구를 진행하였고 BIM 저작도구는 대표적인 Autodesk사의 Revit 2015를 사용하였다. 에너지성능지표는 2014년 12월 30일자로 개정·고시된 녹색건축물 조성지원법의 '건축물의 에너지절약 설계 기준'에 포함된 내용을 기준으로 진행하였다.

2. 연구사례 및 에너지절약 설계기준

2.1 관련연구 분석

본 연구에서는 친환경 건축물 인증제도 및 성능평가 자동화를 위해 BIM을 적용한 관련연구를 선정하여 BIM 적용방안 및 현황을 분석하고, BIM 적용에 있어서 발생하는 문제점을 파악하였다.

노민성 외(2013)의 연구에서는 BIM기반 템플릿인 GBT(Green BIM Template)를 활용하여 친환경 건축물 인증제도의 BIM적용방안에 대해서 연구를 진행하였다. GBT는 BIM기반으로 친환경 건축물 인증제도의 검토를 위해서 필요한 정보 및 일련의 과정을 사전에 구성한 템플릿이며 GBT를 활용하여 BIM기반으로 인증제도를 검토할 수 있는 환경을 구축하고자 하였다. GBT는 BIM기반 친환경건축물 평가목적을 위해 모델링 가이드를 제시하고 BIM기반 템플릿을 활용한 친환경 건축물 인증제도의 평가결과를 출력할 수 있는 프로세스를 구축하는 역할을 한다. 하지만 GBT만의 조건을 반영하여 BIM 모델에서 추출한 Text기반의 데이터가 평가데이터로 활용되므로 다양한 소프트웨어의 상호운용성을 확보하기 어려우며 일부분의 평가항목에 대해 자동화를 제시하여 원활한 자동화 프로세스를 기대하기 어렵다.

6) 국가법령정보센터 (<http://www.law.go.kr>)

7) 국제표준인 IFC(Industry Foundation Classes)와 같은 중립포맷을 통하여 각 BIM 소프트웨어 간 데이터 호환이 가능한 BIM환경을 개방형BIM 환경(Open BIM)이라고 한다.

8) Industry Foundation Classes의 약자로 buildingSMART에서 정의한 표준정보모델이며 건설산업에서 활용되는 소프트웨어 간 데이터 호환성을 향상시키기 위해 개발되었다. 현재 ISO 16739로 제정된 국제표준이다.

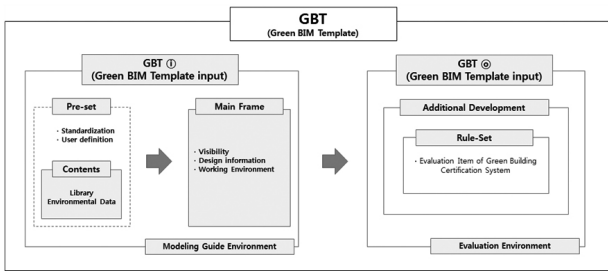


Fig. 1. Structure of GBT(Roh 2013)

이동혁 외(2014)의 연구에서는 에너지절약 설계기준 중에서 건축부문의 의무사항과 에너지성능지표의 일부분에 개방형BIM기반으로 검토자동화에 대해 연구를 진행하였다. 건축부문의 의무사항 중에서 외피 열관류율 항목과 에너지 성능지표의 차양장치 존재 항목, 보일러 종류에 따른 효율검토 항목에 대해 IFC 구조에서 필요정보를 추출하는 방안에 대해 연구를 진행하였다.

이권형 외(2010)의 연구에서는 BIM 모델을 gbXML 포맷으로 저장 후 건축물의 에너지성능분석 프로그램인 Ecotect Analysis 로 정보를 넘긴 후, 건축계획 요소인 지리정보, 향, 입면계획의 변화에 따른 연간 에너지 획득/소비량을 분석하고 이 결과를 토대로 에너지 성능지표의 문제점에 대해 분석하였다. 이를 통해 건축물의 에너지성능평가에 BIM을 도입함으로써 건축물의 정량적 평가 및 명확한 인증기준을 제시할 수 있는 가능성을 확인하였다.

Farzad Jalaei et al.(2014)의 연구에서는 친환경건축물 인증제도와 건축물의 에너지성능분석, 건적의 자동화를 위한 BIM기반의 통합적 방법론을 제시하였다. 이를 위해 관련정보를 분석하여 데이터베이스를 구축하여 BIM라이브러리를 작성하고 사전 정의된 코드를 구성하여 관련정보를 BIM 데이터에 입력할 수 있도록 하였다. 또한 BIM 저작 도구와 에너지 성능분석도구를 연동할 수 있는 어플리케이션으로 효과적인 BIM 데이터의 활용과 BIM 저작도구에서 gbXML파일포맷을 이용한 에너지인증제도평가 방법론을 제안하였다.

관련연구와는 다르게 본 연구에서는 프로세스적인 접근 방법이 아닌 단일 IFC데이터 기반의 개방형BIM을 적용하여 상호운용성을 확보하고자 하였으며 부분적인 접근이 아닌 모델작성부터 시스템을 통한 통합 평가까지의 과정 속에서 개방형BIM을 적용하는데 있어 발생할 수 있는 문제점에 대한 해결방안을 모색하고자 하였다. 분석된 관련연구와 본 연구와의 차이점을 다음의 Table 1을 통해 요약·정리 하였다.

Table 1. Analyzing related studies

Journal	Difference
Roh, Min-Seong et al. 2013	<ul style="list-style-type: none"> Do not secure interoperability because Assessment Data is data based on text. Proposes an automated part of the evaluation items
Yi, Dong-Hyuk et al. 2014	<ul style="list-style-type: none"> Target items is limited Do not consider for the conversion form BIM authoring tool to IFC
Lee, Kweon-Hyoung et al. 2010	<ul style="list-style-type: none"> Do not consider for Assessment of system Not an OpenBIM
Farzad Jalaei et al. 2014	<ul style="list-style-type: none"> Process approach Not an OpenBIM

2.2 에너지절약 설계기준

‘녹색건축물 조성지원법’은 ‘건축법’에 따른 친환경건축물 인증제도가 신축 공동주택 및 업무용 건축물 위주로 운영되어 친환경건축물 확산을 위한 실효성이 낮으며 ‘친환경건축물 인증제도’, ‘주택성능등급표시제도’ 등 녹색건축물 관련 인증제도가 중복적으로 운영되어 민간의 비용부담이 증가하는 등의 문제가 있어 이와 같은 문제점을 해결함과 동시에 녹색건축물의 조성에 필요한 사항을 정함으로써 저탄소 녹색성장 실현 및 국민의 복리향상에 기여함을 목적으로 2013년 제정되었다.⁶⁾

‘녹색건축물 조성지원법’에는 Fig. 2와 같이 ‘녹색건축인증’, ‘에너지효율등급인증’, ‘에너지절약 설계기준’과 같은 녹색건축을 위한 제도가 포함되어 있으며 14조에는 500m²이상의 모든 건축물을 대상으로 건축주가 건축하거나 용도변경을 신청할 때 에너지절약계획서를 작성하여 제출해야한다는 조항으로 에너지절약계획서 제출을 의무화하고 있다. 따라서 해당하는 건축물을 건축하고자 하는 건축주는 의무적으로 ‘에너지절약계획서’와 ‘에너지절약계획 설계 검토서’를 제출해야하며 이와 관련된 기준 및 내용들은 행정규칙 ‘건축물의 에너지절약 설계기준’에 정리되어 있다.

‘에너지절약계획 설계검토서’는 각 항목에 대해 채택여부 및 점수를 확인할 수 있도록 체크리스트의 양식으로 제공되며 ‘에너지절약 설계기준 의무사항’, ‘에너지성능지표 (Energy Performance Index, EPI)’, ‘에너지소요량 평가서’로 구분되고 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생부문으로 나누어 건축물의 에너지 성능 및 품질을 평가하고 있다.

에너지절약 설계기준 의무사항의 세부항목을 보면 에너지절약 설계기준문서에 ‘2장: 에너지절약 설계에 관한 기준’에서 명시하는 기준들을 참조하여 준수하도록 하는 부분과 에너지성능지표(EPI)의 항목을 준수하도록 하는 부분이 있어 일정부분에서 에너지절약 설계에 관한 기준과 에너지성능지표(EPI)로 위임하는 부분이 존재하기 때문에 에너지절약 설계기준 의무사항부분을 작성하기 위해서는 에너지절약 설계

에 관한 기준과 에너지성능지표(EPI) 부분이 먼저 검토되어야 한다. 또한 에너지성능지표(EPI)는 에너지절약 설계에 관한 기준의 내용보다 비교적 정량적인 값을 기반으로 측정될 수 있는 내용들이기 때문에 BIM 적용에 있어 보다 유리하다. 따라서 BIM 적용의 우선순위를 판단했을 때 에너지성능지표(EPI)를 우선 대상으로 선정하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 에너지성능지표(EPI)를 대상으로 하며 Table 2에서 보듯이 에너지성능지표(EPI) 중 배점의 비중이 큰 건축부분에 한정하여 연구를 진행하였다.

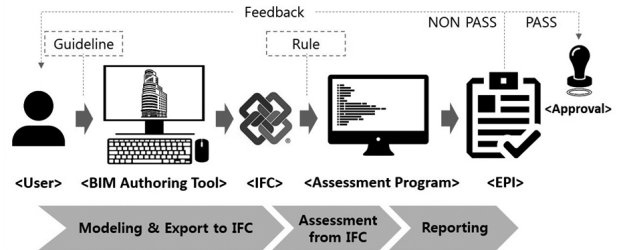


Fig. 3. Process of EPI assessment based on Open BIM

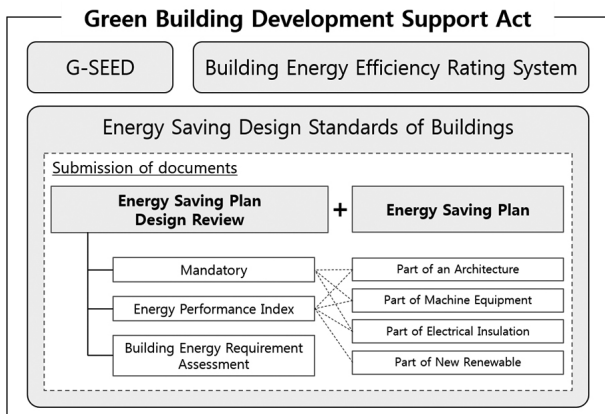


Fig. 2. Composition of Green Building Development Support Act

Table 2. Score of EPI

	Non-Residential (Large)	Non-Residential (Small)	Residential 1	Residential 2	Total
Architecture	50	66	67	64	247
Machine Equipment	53	35	42	42	172
Electrical Insulation	24	22	19	19	84
New Renewable	12	12	12	12	48

※ Residential 1 : Heating System Houses
Residential 2 : Residential 1 + Centrally air-conditioning application of Apartment Housing

3. 개방형BIM기반 에너지성능지표 평가자동화 프로세스 제안 및 활용 시나리오

본 장에서는 개방형BIM기반의 에너지성능지표 평가자동화 시스템의 활용으로 인허가 업무를 개선하기 위한 프로세스를 제시하고 평가에 필요한 절차와 방법에 대해 설명하였다. 이러한 프로세스에 따라 기존 2차원 기반의 수작업을 통한 인허가 업무를 개방형BIM기반의 평가자동화 프로세스로 전환하여 인허가 과정에서 요구하는 결과물을 효율적으로 산출할 수 있다.

3.1 BIM 모델 작성과 IFC 변환

설계자는 BIM 저작도구를 통해 에너지절약 설계기준에서 제시하는 관련기준과 조건을 고려하여 BIM 모델을 작성한다. 이때, Fig. 4에서처럼 BIM 모델 작성에 대한 조건과 기준을 명시한 BIM 모델지침을 참고하고, 이 BIM 모델지침에는 기본적인 BIM 모델에 대한 기준 및 조건 뿐만 아니라 5장에서 제시될 대안과 해결방법 등의 내용이 포함되어 있어야 한다. BIM 모델지침을 참고함으로써 BIM 모델을 IFC로 변환 시 평가 항목에서 요구하는 정보가 누락 없이 변환될 수 있도록 하여 원활하고 정확한 평가 프로세스가 진행될 수 있도록 한다.

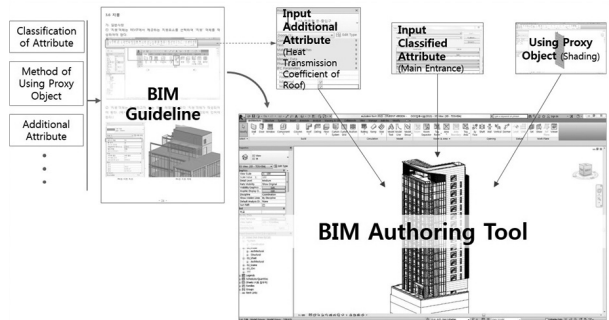


Fig. 4. Creating BIM Model through proposed alternative

3.2 IFC 데이터를 대상으로 한 평가모듈

BIM 저작도구를 통해 변환된 IFC 데이터를 대상으로 평가 프로그램을 통해 건축물의 에너지성능지표 준수 여부를 검토한다. 에너지성능지표의 평가항목을 검토할 수 있도록 필요 정보를 IFC 데이터로부터 판단하고 추출하는 규칙을 기반으로 평가항목을 검토할 수 있는 프로그램 함수를 개발하여 검토모듈을 개발한다. 또한, 평가 인터페이스를 구축하여 사용자 또는 검토자가 IFC 데이터를 입력하는 과정을 거쳐 건축물의 에너지성능지표에 대한 평가를 진행할 수 있도록 한다. 필요정보 중에서 단순히 IFC 구조상의 정보를 확인하는 것으로 판단이 불가능한 경우가 많기 때문에 각각의 필요정보를 판단하기 위한 판단규칙의 정의가 필수적이다. 또한, 필요정보 중에서 정성적 판단이 개입되는 경우나 IFC 데이터 이외의 별도의 외부정보가 필요한 경우는 평가 프로그램에서 입력되는 방식으로 외부정보를 활용할 수 있다.

3.3 결과값 가시화 및 리포팅

평가결과를 사용자 및 검토자가 판단하고 확인할 수 있는 결과값 가시화모듈을 개발하고 이를 통해 사용자 및 검토자는 대상 건축물이 각각의 평가항목을 준수하는지를 확인할 수 있으며 준수하지 않은 항목에 대해 피드백 과정을 통해 설계안을 수정 및 보완할 수 있는 환경을 구축한다. 또한, 리포팅 기능을 통해서 에너지절약 설계기준에서 요구하는 결과양식에 맞춰 검토결과 값이 자동으로 입력되고 총점이 계산된다. 이렇게 자동으로 결과양식에 맞춰 결과값을 산출하는 기능으로 기존의 인허가 업무방식을 변경하지 않는 범위 내에서 인허가 업무를 지원할 수 있으며 검토 결과값이 자동으로 제출문서양식에 입력되므로 제출문서와 평가결과의 신뢰도와 정확성을 높일 수 있다.

4. 에너지성능지표 분석 및 필요정보 도출

4.1 요구정보와 필요정보 도출

BIM기반 건축물의 에너지성능지표 평가자동화를 위해서는 평가항목에 대한 분석이 선행되어야 한다. 에너지성능지표 평가항목의 분석을 통해 평가항목에서 요구하는 정보를 도출할 수 있고 요구정보는 BIM 데이터에서 필요한 정보를 정의하는데 바탕이 된다.

에너지성능지표의 건축부문은 총 14항목으로 구성되어 있으며, 각 항목에서 요구하는 요구정보를 도출하고 도출된 정보를 기반으로 요구정보를 만족시키기 위해 BIM 데이터에서 필요한 필요정보를 도출하였다.

Table 3. Evaluation Items in the Part of Architecture

No.	Evaluation Items
1	Mean Heat Transmission Coefficient of External Wall $U_e(W/m^2 \cdot K)$ (Including Window and Door)
2	Mean Heat Transmission Coefficient of Roof $U_r(W/m^2 \cdot K)$ (Excluding transparent envelope)
3	Mean Heat Transmission Coefficient of Living Room Floor at the Lowest Level, $U_f(W/m^2 \cdot K)$
4	Adopting Outside Heat-insulation Wall Method According to Article 5-9-‘차’, (If the ratio of outside heat-insulation wall method and window area is less than 50%)
5	Installation of Confidentiality of the Window and Door (m^2/hm^2)
6	Installation of the Openings for Daylighting (swimming pool) and Operable Window Facing the Outside in the Main Living Room
7	Installation of Night Insulation Equipment on the Window According to Article 5-9-‘타’.
8	Installation of Shading Device According to Article 5-9-‘더’ for Cooling Load Reduction.
9	The Average Solar Acquisition per Area of Envelope for Living Room According to Article 5-9-‘러’ for Cooling Load Reduction.
10	Installation of Wind Break Room and Revolving Door at the Main Entrance Facing the Outside.

11	Installation of Wind Break Room at the Entrance of Apartment House
12	Ratio for Pith of Building
13	Installation of Opening for Daylight more than 2m ² within each 300m ² of Parking Area in the Basement Apartment House (except below 2nd basement floor), Lighting Fixtures Reduce the Lighting Power by Automatically Flashing Lights or Schedule Control According to the Ambient Brightness
14	If the Parking Lot is not Installed, Reward Point for 15-Machine Equipment Part and 12-Architecture Part

필요정보는 해당 요구정보를 만족시키기 위한 정보로서 정보 추출 대상이 되는 BIM 모델 관점에서 고려되어야 하며 요구정보를 만족시키기 위해 관련법에서 지정하고 있는 관련 기준이나 필요한 계산방법 등을 고려하여야 한다. 예를 들어, 에너지성능지표 1번 항목의 ‘외벽의 평균 열관류율’의 경우, 외벽의 평균 열관류율의 계산을 위해서 기본적으로 BIM 데이터에서 벽체판단, 벽체 외기관계 판단, 벽체 열관류율 등의 정보가 필요하며, Table 4과 같이 추가적으로 에너지절약 설계기준에서 해당 항목에 대해 계산 방법을 별도로 정의하고 있기 때문에 계산방법을 적용하여 해당 항목의 준수여부를 판단하기 위해서 앞서 기술된 필요정보 이외에 벽체 방위, 벽체 면적, 창호·문 판단, 창호·문 외기 관계, 창호·문 방위, 창호·문 면적, 창호·문 열관류율의 정보가 추가적으로 필요하다.

이렇게 각 요구정보에 대한 필요정보를 도출하여 BIM기반으로 해당 항목의 평가자동화를 위해서 필요한 정보를 분류할 수 있다. 에너지성능지표 건축부문을 평가하기 위한 필요정보는 다음의 Table 5와 같다.

Table 4. Calculation method of Mean Thermal Transmittance of exterior wall

Classification	Calculation Method
Mean Thermal Transmittance of External Wall	$U_e = [\sum (\text{Thermal Transmittance of External Wall each Cardinal Point} \times \text{Area of External Wall each Cardinal Point}) + \sum (\text{Thermal Transmittance of Window and Door each Cardinal Point} \times \text{Area of Window and Door each Cardinal Point})] / (\sum \text{Area of External Wall each Cardinal Point} + \sum \text{Area of Window and Door each Cardinal Point})$

4.2 필요정보 상세분류 정의

필요정보를 BIM 데이터로부터 추출하기 위해 필요정보를 BIM 정보단위로 구분할 필요가 있다. 필요정보는 BIM 모델 관점에서 판단이 가능해야 하며, BIM 데이터로부터 추출이 가능하고 IFC 구조와 매핑 될 수 있도록 필요객체, 필요속성, 필요관계로 상세 분류하여 필요정보를 Table 5와 같이 분류하였다. 상세 분류된 정보는 5장에서 진행될 IFC 구조와 필요정보와의 관계분석에 있어서 근거자료로 활용된다.

Table 5. Portion of extracted necessary information

Evaluation Items	Requirements Information	Necessary Information	Necessary Object	Necessary Attribute	Necessary Relation
1 Mean Heat Transmission Coefficient of External Wall $U_e(W/m^2 \cdot K)$ (Including Window and Door)	Mean Heat Transmission Coefficient of External Wall	Confirming Wall	Wall		Space
		Relation between Wall and Exterior	Wall	Exterior	
		Azimuth of Wall	Wall	Azimuth	
		Area of Wall	Wall	Area	
		Heat Transmission Coefficient of Wall	Wall	Heat Transmission Coefficient	
		Confirming Window	Window		Wall
		Relation between Window and Exterior	Window	Exterior	
		Azimuth of Window	Window	Azimuth	
		Area of Window	Window	Area	
		Heat Transmission Coefficient of Window	Window	Heat Transmission Coefficient	
		Confirming Door	Door		Wall
		Relation between Door and Exterior	Door	Exterior	
		Azimuth of Door	Door	Azimuth	
		Area of Door	Door	Area	
Heat Transmission Coefficient of Door	Door	Heat Transmission Coefficient			

5. 개방형BIM기반 평가항목 검토방안

5.1 필요정보와 IFC 포맷 구조와의 관계분석

건설산업의 다양한 분야의 BIM소프트웨어 간에 정보 교환과 호환성 향상을 위해 buildingSMART International에서 국제표준 포맷인 IFC포맷을 개발하였으며, 개방형BIM은 'IFC-based BIM'으로 국제적으로 통용되고 있다(Kim et al, 2012). IFC는 EXPRESS언어 기반으로 건축정보를 Entity, Attribute, Relation으로 표현한 데이터 구조이다. 이 데이터 구조 안에서 건축물의 객체를 표현하고 객체가 가지는 속성정보, 이들의 관계로서 건축정보를 표현한다(Kim et al, 2015). IFC 구조와의 관계분석은 필요정보를 IFC포맷의 BIM 데이터로부터 추출하기 위해서 각 필요정보와 관계된 IFC 구조를 도출하여 추출가능성을 판단하고 관계성을 파악하는 것이다.

본 5.1절에서는 앞에서 도출된 필요정보를 IFC포맷의 BIM 데이터로부터 추출하기 위해 IFC 구조와 필요정보와의 관계를 분석하고 추출방안을 모색하였다.

(가) 일반적인 판단규칙의 경우

필요정보를 IFC 데이터로부터 추출하기 위해서는 IFC 구조에 존재하는 객체와 객체의 속성, 관계를 분석하고 필요정보와의 관계성을 파악하여 추출 가능여부를 판단해야하며 판단규칙을 도출해야 한다. 앞서 4장에서 도출된 각각의 필요정보와 상세 분류된 필요정보를 기반으로 IFC 구조상의 정보를 분석하여 각각의 필요정보와 관계된 IFC 구조의 Entity, Attribute, Relation을 매핑하는 과정을 진행하였다. 예를 들어, '벽체의 열관류율'의 경우, Fig. 5에서처럼 IFC에서 벽체를 의미하는 IfcWallStandardCase를 확인해야하며 IFC에서 추가적인 속성정보를 정의할 수 있는 PropertySet의 Pset_WallCommon-ThermalTransmittance 값을

IfcPropertySingleValue을 통해 BIM 데이터에서 벽체의 열관류율의 정보를 추출할 수 있다.

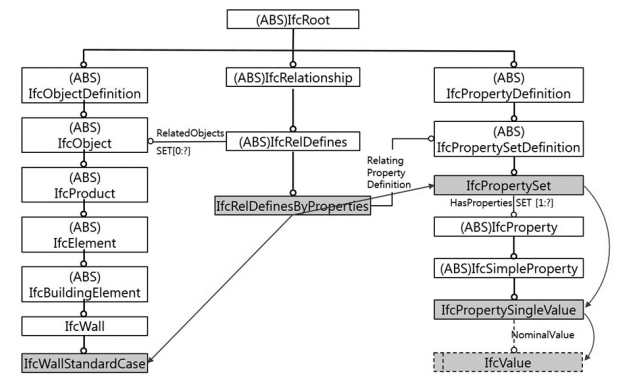


Fig. 5. EXPRESS-G diagram for Thermal Transmittance of wall

(나) 별도의 판단규칙이 필요한 경우

'(가)'와 같은 경우 이외에도 IFC 구조상에 필요정보와 관계된 구조가 있어도 정확한 정보의 추출을 위해서 별도의 판단규칙이 필요한 경우가 있다. 예를 들어, 에너지성능지표 건축부문 평가항목의 1번과 3번 항목의 필요정보 중 '외벽 면적'과 '바닥 면적'의 경우, IFC 구조에서 벽체와 바닥의 면적을 IfcElementQuantity에서 정의하고 있고 IfcRelDefinesByProperties로 객체와 관계를 정의하고 있기 때문에 이와 같은 구조 속에서 벽체와 바닥의 면적을 구할 수 있다. 하지만 이 구조를 통한 면적은 객체 전체의 면적을 의미하기 때문에 거실 또는 난방공간의 평균 열관류율을 요구하는 평가항목처럼 공간 단위의 계산이 필요한 경우에 부적합하다. 마찬가지로, 바닥의 경우에도 BIM 모델 작성 시에 공간별로 바닥객체를 작성하지 않고 한 층 단위로 작성하거나 여러 개의 공간에 걸친 바닥으로 작성하기 때문에 공간단

위의 바닥의 면적을 산정하는데 있어서 위와 같은 방법으로는 한계가 있다. 즉, Fig. 6에서처럼 작성된 벽 객체의 전체 면적이 아닌 해당 공간(난방공간)에 관계된 부분의 면적만 필요하다.

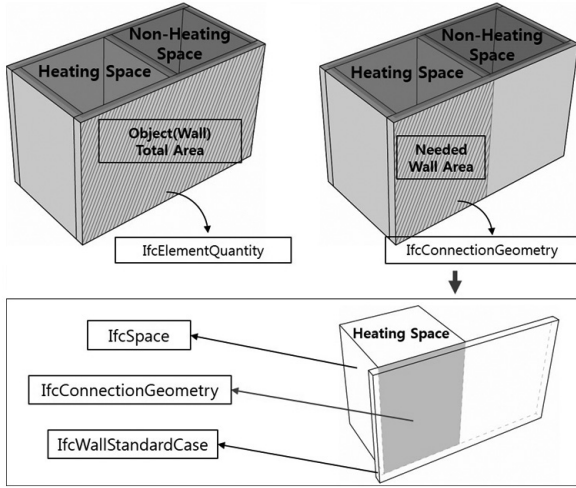


Fig. 6. Extra decision rule for area of wall

따라서 위의 경우에 해당하는 필요정보를 추출하기 위해서는 IFC 구조에서 필요정보를 추출하는 별도의 판단규칙이 필요하다. IFC 구조상에서 외벽 면적을 추출하기 위해서는 Fig. 7에서처럼 해당 공간을 의미하는 IfcSpace를 찾고 공간객체와 접한 객체를 나타내는 IfcRelSpaceBoundary로 접한 벽 객체를 찾는다. 그 후, 벽 객체의 추가속성정보인 PropertySet의 Pset_WallCommon-IsExternal 값을 IfcPropertySingleValue을 통해 확인하여 벽 객체가 외벽인지 아닌지를 판단한다. 마지막으로 IfcRelSpaceBoundary를 통해 공간객체와 벽 객체가 맞닿은 면을 정의하는 IfcConnectionGeometry와 그 하위 구조로 해당 면적의 값을 산출할 수 있다. 바닥의 경우도 동일한 판단규칙으로 필요면적을 산출할 수 있다. 이와 같이 별도의 판단규칙이 필요한 경우는 검토모듈 개발 시 판단규칙에 따라 IFC 데이터로부터 정보를 확인할 수 있도록 별도의 문서로 정의되어 있어야 한다.

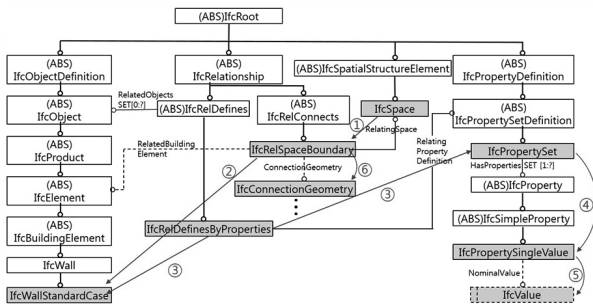


Fig. 7. EXPRESS-G diagram for area of exterior wall

5.2 IFC 구조의 한계점 및 보완방안

국제표준 포맷인 IFC는 건설산업의 다양한 분야에서 사용하고 있는 소프트웨어간의 BIM 데이터 교환과 정보호환을 위한 중립파일 포맷이다(Kim et al. 2013). 따라서 원활한 정보교환을 위해서 건축에 관련된 다양한 분야와 건축의 생애 주기 동안 발생하는 모든 정보를 IFC 포맷에 저장할 수 있어야 한다. 하지만 건설과정에서 발생하는 정보는 방대하고 복잡하며 각 분야의 모든 정보의 정의가 미흡한 상태이기 때문에 모든 정보를 저장할 수 있는 데이터구조를 정의하는데 있어서 한계점이 있다. 또한 IFC는 계속해서 상위버전의 개발을 진행하고 있지만 모든 정보를 저장할 수 있는 구조를 지원하지 않고 있지 않다. 이러한 부분은 BIM 프로젝트를 수행함에 있어서 서로 다른 분야 간의 데이터 교환 시 데이터 손실이 발생하는 문제점을 야기 시키고, 전체 프로젝트 상에서 데이터 호환성을 확보할 수 없는 문제점을 발생시키며 효과적인 BIM 데이터의 활용을 어렵게 한다.

따라서 본 절에서는 5.1절에서 도출된 필요정보와 IFC 구조와의 관계분석 결과, IFC 구조에서 지원하지 않는 정보를 분류하고 이러한 정보를 IFC포맷의 BIM 데이터로 저장할 수 있는 대안을 제시하며 이 정보를 추출할 수 있는 방안을 모색하였다.

5.1절에서 필요정보와 IFC 구조와의 관계분석을 통해 각각의 필요정보와 관계된 IFC 구조를 매핑하는 과정을 진행하였고, 이 과정 속에서 IFC 구조에서 정의되어 있지 않은 몇몇의 필요정보를 도출하였다. 이러한 정보의 경우 IFC 구조에서 해당 정보를 저장하기 위한 구조를 정의하고 있지 않기 때문에 IFC포맷을 통한 BIM 데이터 교환에 있어서 정보누락이 발생할 가능성이 크며, 검토시스템에서 해당 필요정보를 인식하지 못하기 때문에 필요정보와 관계된 평가항목을 검토할 수 없다. 따라서 이러한 정보를 IFC포맷의 BIM 데이터로 저장하기 위한 적절한 대안이 필요하다.

본 논문에서는 IFC 구조에서 지원하지 않는 몇몇의 필요정보를 IFC포맷의 BIM 데이터로 저장하기 위한 대안으로 (가) 추가속성입력, (나)사전 판단규칙정의, (다)Proxy객체의 활용으로 구분하여 제시한다.

(가) 추가속성입력으로 해결해야 할 경우

이 경우는 지붕 열관류율, 출입문 등과 같은 경우로서 객체에 추가적인 속성정보를 정의하고 입력해야 하는 경우이다. 객체의 열관류율의 값은 IFC 구조에서 객체의 속성정보로 정의하고 있지 않으며 객체별 공통적이고 일반적인 속성들을 사전에 일부분 정해서 추가 속성정보로 나타낸 'Pset_Common'안에 ThermalTransmittance라는 이름으로 정의되어 있지만 커튼월, 창문, 문, 바닥, 벽에 대해서만 정의되어 있어서 지붕객체에 대해서는 추가적인 정의와 입력이 필

요하다. 지붕객체에 대한 열관류율값은 추가속성정보를 정의할 수 있는 PropertySet의 IfcPropertySingleValue로 입력할 수 있다. 따라서 BIM 저작도구에서 모델작성 시 지붕객체에 대해 열관류율의 속성을 추가하여 값을 입력하고 이 값은 IfcPropertySingleValue에서 확인하여 필요정보를 추출할 수 있다. Fig. 8은 위의 과정으로 통해 저장된 IFC 데이터를 확인한 결과이다.

```
#67= IFCLOCALPLACEMENT(#64,#66);
#68= IFCROOF('2qhFE7Hqf0YhwkZ4HzVkl',#52,'Basic Roof:Generic Roof - 300mm:193825',#69);
#69= IFCARTESIANPOINT((-7181.98448150021,-7113.43980853061,0));

#114= IFCPROPERTYSET('06D7VHN90zQvN8u8gGH7q',#52,'Analytical Model',$(#94));
#52= IFCOWNERHISTORY(#51,#2,$,NOCHANGE,$,$,0);
#94= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('ThermalTransmittance',IFCLABEL('1912'),$);
#132= IFCREDEFINESBYPROPERTIES('1JrYAsib0MQK5)e8K2mX7',#52,$,($,#68,#91),#130);
```

Fig. 8. IFC data about Thermal Transmittance of roof

(나) 사전 판단규칙의 정의가 필요한 경우

사전 판단규칙의 정의가 필요한 필요정보는 거실, 방풍실, 주차장 판단 등과 같은 경우로, 속성을 별도로 정의할 필요는 없으나 속성 값에 대한 규칙을 사전에 정하고 IFC파일에 저장된 속성 값으로 정보를 유추하고 판단할 수 있는 경우이다. 거실의 판단의 경우 공간객체의 이름으로 판단가능하며 IFC 구조에서 공간객체는 이름을 속성으로 가지고 있기 때문에 이를 통해 판단할 수 있다. 이를 위해서는 사전에 공간이름에 대한 분류체계와 규칙 정의가 필요하며 이에 따라 BIM 모델 작성단계에서 공간객체에 대해 올바른 이름을 입력해야 한다. Fig. 9은 위의 과정을 통해 공간의 이름을 입력하고 저장된 IFC 데이터를 확인한 결과이다.

```
#78= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,#76);
#80= IFCSPACE('1g9$TyZAb87uCkzRsbwNK',#52,'1',$,$,#67,#78,'Office',ELEMENT._INTERNAL,$);
#52= IFCOWNERHISTORY(#51,#2,$,NOCHANGE,$,$,0);
#67= IFCLOCALPLACEMENT(#59,#66);
#78= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,#76);
#81= IFCQUANTITYAREA('GSA BIM Area',$,$,253109999.999999);
#82= IFCELEMENTQUANTITY('3EaHubsfv6ZatpWo1DOTfv',#52,'GSA Space Areas',$,'GSA BIM Area');
```

Fig. 9. IFC data for name of space

(다) Proxy객체의 활용이 필요한 경우

필요정보 중에서 단열서티, 단열덧문, 차양 등과 같은 경우는 IFC에서 정의하고 있지 않기 때문에 IFC Entity중에서 IfcBuildingElementProxy를 이용하여 해당 필요정보를 BIM 데이터에 저장하고 추출할 수 있다. IfcBuildingElementProxy는 IFC에서 정의하고 있는 건축의 주요 구성요소 이외의 객체를 저장할 수 있도록 한 Entity이다. BIM 저작도구에서 단열서티 작성 시 특정유형을 가지고 있지 않은 일반객체 작성기능으로 모델링하고 필요속성정보 및 이름을 입력한 후 단열서티 객체가 IfcBuildingElement Proxy로 저장되도록 한다. 이후 Fig. 10에서처럼 IFC 데이터에서

IfcBuildingElementProxy 중 이름으로 단열서티를 판단하여 관련된 필요정보를 추출할 수 있다.

```
#591= IFCBUILDINGELEMENTPROXY('3wYbaFCR5Bfs4ct7ca6Tz',#52,'Adiabatic shutter',Adiabatic shutter);
#738= IFCREDEFINESBYPROPERTIES('3Tw_1Nx796TROY$W0zDwou',#52,$,($,#591),#613);
#52= IFCOWNERHISTORY(#51,#2,$,NOCHANGE,$,$,0);
#591= IFCBUILDINGELEMENTPROXY('3wYbaFCR5Bfs4ct7ca6Tz',#52,'Adiabatic shutter',Adiabatic shutter);
#613= IFCPROPERTYSET('24tzUqTn5CluHGfE68WYQ',#52,'Energy Analysis',$,($,#596));
#52= IFCOWNERHISTORY(#51,#2,$,NOCHANGE,$,$,0);
#596= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Thermal Resistance',$,IFCREAL(0.0912),$);
```

Fig. 10. IFC data for adiabatic shutter

위의 3가지 방법을 통해 IFC 구조에서 지원하지 않는 필요정보를 IFC 데이터로 변환할 수 있으며 데이터 교환에 있어서 손실을 방지하여 정확하고 원활한 평가를 기대할 수 있다. 또한, 이 방법과 기준은 모델작성부터 평가까지 활용될 수 있도록 별도의 문서로 관리되어야 한다.

5.3 BIM 저작도구에서 IFC 변환기능의 문제와 해결방안

BIM 저작도구는 3D 파라메트릭 객체들을 이용하여 설계자가 건축모델을 생성하고 건축정보를 입력할 수 있는 도구이다. 즉, 디지털 공간에 지어진 건축모델과 설계자를 이어주는 도구이다. 저작도구를 통해 생성된 모델은 설계자의 의도가 담긴 건축물의 디지털 정보로써 이를 IFC로 변환 시 저작도구의 건축모델이 가진 정보들이 누락 없이 IFC 데이터로 변환되어야 하며, IFC 구조에 맞게 해당 정보가 변환되어야 IFC 데이터가 건설정보모델로써 신뢰성을 가질 수 있으며 이 신뢰성을 바탕으로 다양한 소프트웨어간의 상호운용성을 확보할 수 있다. 특히 평가 프로세스에서 IFC 데이터는 평가를 위한 정보를 포함하고 있기 때문에 IFC 데이터의 신뢰성은 평가의 신뢰성과 연결되므로 IFC 데이터의 신뢰성은 매우 중요하다. 하지만 현재 사용되고 있는 대부분의 BIM 저작도구에서 지원하는 IFC 변환기능은 문제점을 가지고 있어서 저작도구의 건축모델을 IFC 데이터로 변환하는 과정에서 데이터의 손실이 발생한다. 변환과정에서 발생하는 데이터 손실은 정보의 단절을 야기하고 IFC 데이터의 신뢰성을 저해하는 요인 중 하나로 작용하고 있다. 또한 이러한 정보의 단절은 효과적인 BIM정보의 활용과 효율적인 평가를 어렵게 한다. 따라서 본 절에서는 BIM 저작도구(Revit)에서 필요정보를 IFC로 변환하는데 발생하는 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 대안을 제시한다. 5.2절에서는 IFC 구조 자체의 한계점으로 인한 문제점을 대상으로 하였다면 본 절에서는 BIM 저작도구에서 BIM 모델을 IFC 파일로 변환하는데 발생하는 문제점을 대상으로 한다는 점에서 차이가 있다.

먼저 필요정보를 IFC 데이터로 저장하는 과정을 검토하여 변환과정에서 문제가 발생하는 필요정보 항목을 도출하였다. 이러한 필요정보의 경우는 IFC 구조에서 해당정보를 정의하

고 있으나 BIM 저작도구에서 IFC 구조에 맞게 변환되지 않기 때문에 필요정보를 IFC 데이터로 구축하기 위한 적절한 대안이 필요하다.

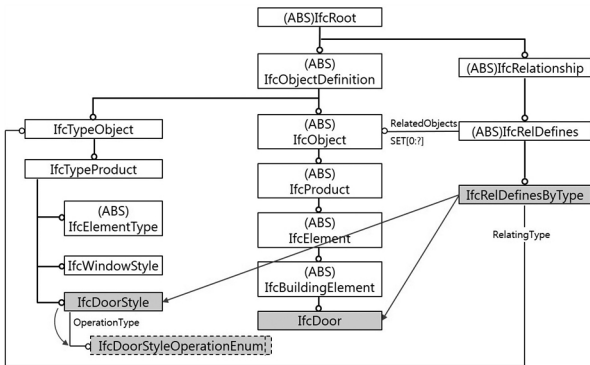


Fig. 11. EXPRESS-G diagram for revolving door

첫 번째, 도출된 필요정보 항목 중 ‘회전문’의 경우 Fig. 11에서처럼 IFC 구조에서 IfcDoorStyle의 IfcDoorStyleOperationEnum의 값 중 ‘Revolving’으로 정의하고 있으나, BIM 저작도구인 Revit에서 회전문을 작성하고 IFC로 변환하면 IFC 구조에 따라 변환되지 않으며 회전문의 정보가 누락된다. 따라서 회전문의 정보를 IFC 데이터로 변환하고 저장하기 위한 방법 및 대안의 모색이 필요하다.

회전문을 IFC 데이터로 변환하고 표현하기 위해서 저작도구의 문 객체가 가지고 있는 속성 중 ‘Type Comments’라는 속성에 ‘Revolving’이라는 값을 입력하여 회전문을 표현할 수 있으며 IFC로 변환 후 Fig. 12처럼 IfcDoorStyle과 연결된 IfcPropertySet 하위구조에서 ‘Type Comments’이름을 가진 IfcPropertySingleValue의 ‘Revolving’값을 확인하여 회전문을 확인할 수 있다.

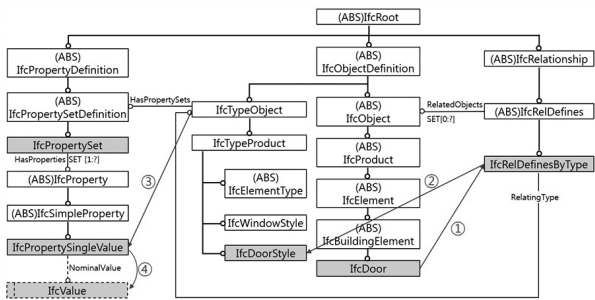


Fig. 12. EXPRESS-G diagram for alternative

두 번째, ‘창호 개폐가능여부 판단’의 경우 Fig. 13에서처럼 IFC 구조에서 IfcPropertySetDefinition의 IfcWindowPanelProperties에서 Operation 값의 IfcWindowPanelOperationEnum값으로 다양한 창문의 개폐방식을 정의하고 있으나 BIM 저작도구인 Revit에서 창문을 작성하고 IFC로

변환하면 IFC 구조에 따라 변환되지 않으며 창문의 개폐방식의 정보가 누락된다. 따라서 창문의 개폐방식의 정보를 IFC 데이터로 변환하고 저장하기 위한 대안이 필요하다.

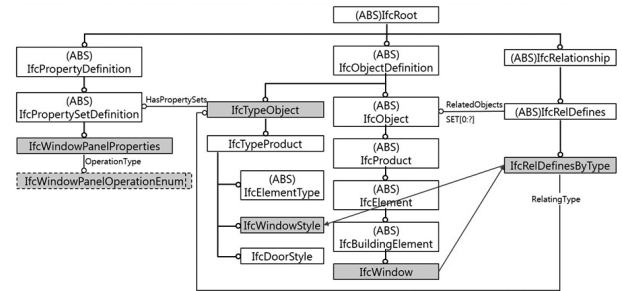


Fig. 13. EXPRESS-G diagram for operable window

창문의 개폐정보를 IFC 데이터로 변환하고 표현하기 위해서 위의 회전문의 경우와 같이 저작도구에서 창 객체가 가지고 있는 속성 중 ‘Type Comments’라는 속성에 창문의 개폐방식의 정보를 입력하여 표현할 수 있으며 IFC로 변환 후 IfcWindowStyle과 연결된 IfcPropertySet 하위구조에서 ‘Type Comments’이름을 가진 IfcPropertySingleValue의 값을 확인하여 창문의 개폐방식의 정보를 확인할 수 있다.

6. 평가시스템 구현 및 평가 수행

6.1 에너지성능지표 평가시스템 구현

4, 5장에서 제시한 에너지성능지표에서 요구하는 정보와 IFC 구조의 연계방안을 토대로 IFC 데이터로부터 정보를 추출하는 정보추출 모듈을 개발하였다. 정보추출 모듈에서는 앞장에서 제시된 필요정보-IFC 구조의 연결 관계 혹은 해결방안의 규칙에 따라 에너지성능지표의 각 항목에서 필요로 하는 필요정보를 IFC 데이터로부터 추출하는 기능을 처리한다. 이후 추출된 정보를 에너지성능지표의 각 항목에서 정의하는 계산식에 대입하여 결과값을 계산할 수 있는 모듈을 개발하였다. 또한, 이 결과값을 토대로 각 항목에 할당된 배점으로 환산할 수 있는 기능과 에너지절약 설계기준에서 요구하는 에너지성능지표의 제출양식에 맞추어 평점을 자동으로 기입하여 제출문서를 생성하는 기능인 리포팅 모듈을 구현하였다. 이 세 가지 모듈을 통합하여 에너지성능지표 평가시스템 인터페이스를 Fig. 14와 같이 개발하였고 인터페이스를 통해서 사용자 또는 검토자는 BIM 모델로 작성된 해당 건축물의 IFC 파일로 에너지성능지표를 자동검토 할 수 있으며 필요정보 중 IFC 데이터 이외의 외부정보가 필요한 경우에 대해 인터페이스를 통해서 설정할 수 있도록 하여 평가결과의 정확도를 높일 수 있도록 하였다. 이와 같은 부분은 향후 부가적인 입력 작업을 최소화 할 수 있도록 자동화 방안에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

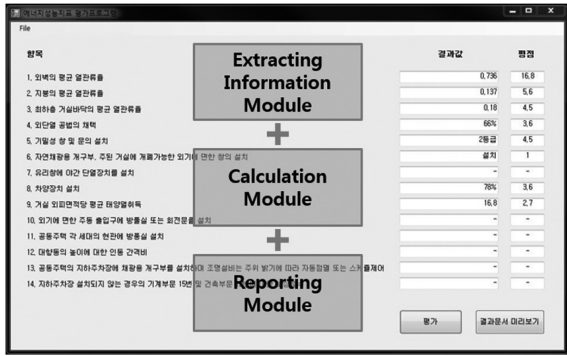


Fig. 14. Interface of assessment program

6.2 대상 BIM 모델 설정

제시된 평가항목 검토방안과 시스템을 통한 프로세스를 검증하기 위해서 검증 대상 BIM 모델을 작성하였다. BIM모델에는 4장 2절에서 진행한 필요정보 상세분류를 통해 도출된 필요한 객체와 속성을 반영하였고, 5장에서 대안으로 제시된 부분 중에서 모델 작성에 필요한 부분들을 반영하여 Fig. 15와 같이 BIM 모델을 작성하였다. 예를 들어, 앞서 제시된 대안에 따라 지붕의 열관류율과 출입문 등에 추가속성정보 정의의 통한 속성을 입력하고 속성정보 분류체계에 따라 거실, 방풍실, 주차장등에 사전에 정의된 속성을 입력하였다. 또한, 단열서터 및 차양과 같은 경우는 Proxy객체를 사용하고 속성을 추가하였다. 회전문과 창문의 개폐여부 등과 같은 정보는 앞서 제시된 대안으로 BIM 저작도구의 한계점을 보완할 수 있으므로 제시된 방법에 따라 정보를 입력하였다. 이후 BIM 저작도구에서 IFC 데이터로 변환하였고, 변환된 IFC 데이터는 평가 데이터로 사용되기 때문에 IFC 데이터의 정확성과 신뢰성은 매우 중요하다.

Necessary Object	Slab	Wall	Roof	Window	Door	Space	Light	Insulation Door	Insulation Shutter	
Thermal Resistance		Thermal Resistance	Thermal Resistance	Operable	Confidentiality		Schedule Control			
Relation with Exterior				Confidentiality	Thermal Resistance		Automatic on/off			
Additional Attribute				Thermal Resistance	Revolving					
				Relation with Exterior	Entrance					

Fig. 15. Sample BIM model & Necessary object and attribute

6.3 에너지성능지표 자동평가 수행

앞서 개발된 인터페이스와 작성된 BIM 모델을 활용하여 대상 건축물의 에너지성능지표 자동평가를 수행하였다. 개발된 인터페이스를 통해서 변환된 IFC 파일을 입력하고 에너지성능지표(건축부문 14개 항목)의 평가를 진행하여 각 항목의 계산 방법에 따른 결과값을 얻은 후 각 항목의 배점을 반영하여 배점이 기입된 제출양식을 생성하였다.

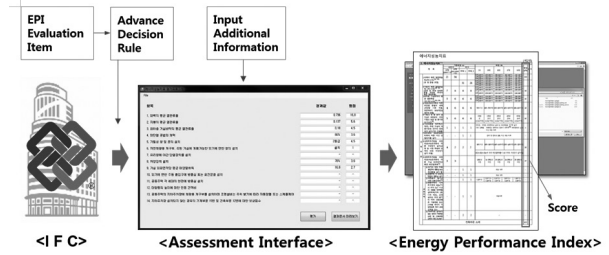


Fig. 16. Performing an assessment by using the interface

BIM 저작도구에서 BIM 모델 작성자에 의해 입력된 데이터는 IFC 파일로 변환된 후에 인터페이스에서 Fig. 17과 같은 과정으로 정보의 처리가 진행되며 최종평점이 산출된다.

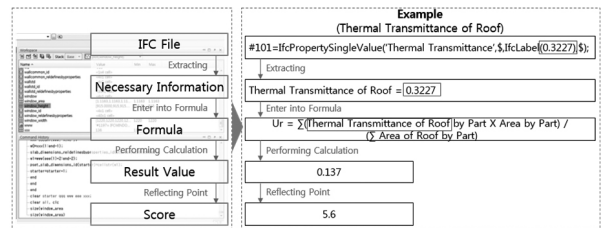


Fig. 17. Information flow and processing in process

7. 결론

기존 2차원기반의 수작업을 통한 친환경건축 관련 인허가 업무를 BIM기반의 3차원 정보체계로 변환하여 업무의 생산성과 효율성을 향상시킬 수 있으며 평가결과의 정확성을 보장할 수 있다. 또한, BIM 프로세스에서 개방형BIM의 개념은 다양한 소프트웨어간의 상호운용성의 확보로 효과적인 BIM 데이터의 활용과 다양한 분야의 협업을 가능하게 한다. 따라서 본 연구에서는 개방형BIM기반으로 친환경건축 관련 인허가 업무의 개선을 목적으로 하였으며 에너지절약 설계기준의 에너지성능지표를 개방형BIM기반으로 자동평가하기 위한 기반연구로 아래와 같이 연구를 수행하였다.

- EPI의 평가항목과 IFC포맷의 데이터와 연계를 통한 평가방안 모색
- 연계과정에서 발생하는 문제점에 대한 분석과 대안 제시
- 프로그램의 활용을 통한 평가 프로세스 제시

평가항목과 IFC 데이터의 연계 방안을 모색하기 위해서 평가항목의 분석을 통해 평가항목에서 요구하는 요구정보와 필요정보를 도출하고 BIM 정보단위로 상세분류 하였다. 이후 IFC 구조와 관계분석을 통해 필요정보의 추출가능성을 분석하고 별도의 판단규칙이 필요한 경우를 분석하여 추출방안을 모색하였다. IFC 구조의 한계로 필요정보의 변환이 어려운 경우에 대해서 보완 방안을 제시하며 BIM 저작도구에서 IFC 데이터로 변환하는데 발생하는 문제점에 대해 대안을 제시하여 평가를 위한 IFC 데이터의 품질을 향상시킬 수 있는 방

안을 제시하였다. 또한 앞서 정의된 내용을 반영한 에너지성능지표 평가프로그램을 개발하여 BIM 모델 작성부터 결과값가시화까지 프로세스를 제시하고 평가에 필요한 절차와 방법에 대해 설명함으로써 정의된 방법과 대안의 검증과 동시에 인허가 업무에 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구에서 제시된 방안을 친환경건축 관련 인허가 업무에 적용함으로써 업무절차의 간소화와 자동화를 통한 시간, 비용, 노동력의 절감을 기대할 수 있으며 설계변경 시 요구되는 절차가 단순화되어 업무의 생산성과 효율성이 향상되며 검토과정과 결과 값의 투명성과 검토의 정확성과 신뢰도를 확보 할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에서는 에너지절약 설계기준 중에 에너지성능지표의 건축분야에 한해서 개방형BIM기반 평가방안을 모색하였다. 향후 연구를 통해 대상범위를 확대하여 에너지절약 계획서와 에너지절약계획 설계검토서의 전체범위를 대상으로 하여 개방형BIM기반으로 자동화할 수 있는 방안의 모색을 위한 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2015R1A2A2A01008315)

본 연구는 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2013R1A1A2065654).

References

buildingSMART international (2006). IFC2XEdition 3 Technical Corrigendum1

Farzad, J., and Ahmad, J. (2014). "Integrating BIM with Green Building Certification System, Energy Analysis and Cost Estimating Tools to Conceptually Design Sustainable Buildings", *Construction Research Congress 2014*, pp. 140-149.

Kim, I. H., Choi, J. S., and Kim, H. J. (2013). "Proposition and Application of Mapping System for Input Data between Open BIM Data and Building Energy Simulation Software", *Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design*, 29(4), pp. 3-12.

Kim, I. H., Kim, J. E., and Choi, J. S. (2011). "Development of the IFC based IDF Converter for Energy Performance Assessment in the Early Design

Phase", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 16(2), pp. 146-155.

Kim, I. H., Kim, Y. H., and Choi, J. S. (2014). "Building Code Typology and Application for Open BIM based Code Checking", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 19(3), pp. 224-235.

Kim, I. H., Yoo, H. J., and Choi, J. S. (2012). "A Study on the Interoperability Improvement if IFC Property Information for Energy Performance Assessment in the Early Design Phase", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 17(6), pp. 456-465.

Kim, I. S. (2014). "A Study on the Development of Evaluation System for G-SEED(Green Standard for Energy and Environmental Design) Using GBT", MS thesis, Hanyang Univ., Seoul.

Kim, K. R., Kim, G. W., Yoo, D. H., and Yu, J. H. (2011). "Development of Construction Material Naming Ontology for Automated Building Energy Analysis", *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 12(5), pp. 137-145.

Kim, M. C., Choi, J. S., and Kim, I. H. (2015). "Analysis of problems regarding BIM model interoperability and suggestion of improvement direction for OpenBIM based energy performance analysis", *Proceedings of the Society of CAD/CAM Conference*, 2015(2), pp. 313-315.

Kim, M. C., Kim, I. H., and Choi, J. S. (2015). "A Study on the Composition of BIM Model Guideline for Architectural Design Quality Assessment based on OpenBIM", *Proceeding of architectural institute of Korea*, 35(1), pp. 57-58.

Ko, D. H. (2010). "A Study on BIM-based Sustainable Design Process using Building Performance and Energy Efficiency Evaluation", *Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design*, 26(9), pp. 237-247.

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 : Planning & design*, 27(9), pp. 13-21.

Lee, S. Y., Park, C. S., and Kim, I. H. (2014). "Issues and Prospects of BIM-to-BEM (Building Energy Model)", *Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design*, 30(4), pp. 199-206.

- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2014). "Green Building Development Support Act." <<http://www.law.go.kr>> (Apr. 15, 2015)
- Park, S. K., Chun, J. K., Son, W. T., Lee, J. S., and Park, K. S. (2013). "A Study on Evaluation Method of Energy Performance by using BIM", *Proceeding of the Korean Society of Industrial Application*, 16(4), pp. 147-152.
- Roh, M. S., Kim, I. S., Kim, M. K., and Jun, H. J. (2013). "A Study on Developing Evaluation Environment of Green Building Certification Criteria Using GBT(Green BIM Template)", *Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design*, 29(6), pp. 117-126.
- Yi, D. H., and Park, C. S. (2014). "Code Check for EPI Using Open-BIM", *Proceeding of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 14(1), pp. 76-77.

요약 : 세계적으로 환경오염문제가 대두되면서 국내에서도 정부와 민간차원에서 친환경건축을 위한 노력이 활발히 진행 중이다. 하지만 건축물의 친환경 성능 및 친환경 관련 법규 및 기준 등에 대한 평가환경은 2차원기반의 수작업을 통한 평가로 진행되기 때문에 시간, 비용, 노동력 등이 많이 소요되며 평가의 정확성 및 효율성을 확보하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 개방형BIM기반으로 친환경건축 관련 인허가 업무의 개선을 목적으로 친환경건축 관련 인허가 조건 중 에너지성능지표 평가항목과 IFC포맷의 데이터와 연계를 통한 평가방안 모색하고 발생하는 문제점에 대한 대안을 제시하며 이를 반영한 평가프로그램의 활용으로 평가 프로세스를 제시함으로써 개방형BIM기반으로 에너지성능지표의 평가를 자동화하는 방안을 제시한다. 본 연구에서 제시된 방안을 친환경건축 관련 인허가 업무에 적용함으로써 업무절차의 간소화와 자동화를 통한 시간, 비용, 노동력의 절감을 기대할 수 있으며 설계변경 시 요구되는 절차가 단순화되어 업무의 생산성과 효율성이 향상되며 검토과정과 결과 값의 투명성과 검토의 정확성과 신뢰도를 확보 할 수 있을 것으로 기대한다.

키워드 : 에너지성능지표, IFC, 개방형 건설정보모델(BIM)
