

건물 에너지

예측과 실측의 성능 차이

현소영
오브 아룹(Ove Arup) 재직
런던대학교 박사과정

머리말

최근 연구에 따르면 건물의 용도에 따라 건물 에너지 성능의 예측치(Prediction)와 실측치(Measurement)의 차이가 1.5배에서 2.5배까지 나는 것으로 분석되었다. 이 성능 차이(Performance Gap)의 원인으로 논의되는 요소들은 매우 다양하며, 일부 원인은 건물 재실자의 행태와 연관되어 정확하게 예측하고 분석하는 데 어려움이 따르고 있다.

탄소배출 저감을 위한 목표를 수립하고 이를 달성해 나가기 위한 수단으로 ‘건물 에너지 성능 예측’은 관련 정책 수립과 디자인 결정을 위한 기준을 제공한다. 따라서 실측치와 성능 차이를 줄여 나가고 최대한 정확한 예측이 가능하도록 하는 것은 기후변화 대응을 위해 매우 중요한 일이다. 에너지의 성능 차이에 대한 원인을 파악하기 위해 상세한 ‘건물 운영 데이터’ 수집이 요구되는 시기라 할 수 있다.

이 성능 차이를 인지하고 그 간극을 점차 줄여 나가기 위해 그 기반이 될 수 있는 예측 및 실측 데이터 수집을 위한 오픈 플랫폼(Open Platform) 개발, 건물 에너지 성능 예측 가이드라인의 편성, 건물 운영 단계 관련 정책 수립 등 현재 영국에서 진행되고 있는 주요 연구와 분석 현황 및 대안에 대해서 살펴보고자 한다.

건물 에너지 성능(Energy Performance Certificate: EPC)의 예측

에너지 시뮬레이션은 에너지 효율이 높은 건물을 디자인하는 데 중요한 분석도구가 된다. 에너지 효율을 높이는 신기술의 성능과 비용을 검토하여 디자인 결정에 우선순위가 될 수 있는 요소들을 선정하고 설계 대안을 최적화하는 데 활용할 수 있으며, 이에 따른 에너지 및 비용 절감을 예측할 수 있다. 에너지 시뮬

레이션은 또한 건물의 환경성능 인증 평가를 위한 성능 예측에 쓰이며, 나아가 건물 에너지 정책 설정을 위한 정량적인 분석 데이터를 제공한다. 그러나 건물 에너지 성능을 정확하게 예측하여 활용하는 데는 여러 측면에서 한계가 있다.

건물의 에너지 성능 예측 결과는 건물의 설계 발전과정의 단계별로 반드시 반영되어야 할 중요한 디자인 결정요소이다. 그러나 에너지 시뮬레이션에는 절대적인 시간과 노력이 소요되기 때문에 보통 건물의 설계 성능이 특정 요구조건, 법규와 기준에 부합하는지를 확인하는 용도로 활용되는 데 그치는 경우가 많다. 또한 에너지 시뮬레이션의 분석결과는 시뮬레이션을 수행하는 에너지 분석가의 관점에 따라 입력 조건과 결과, 해석 내용이 다를 수 있다. 이 입력 조건과 해석 내용의 정확도가 에너지 분석 결과치의 오차범위를 다르게 하여 건물 에너지 예측과 실측의 성능 차이를 만드는 주요 원인이 된다.

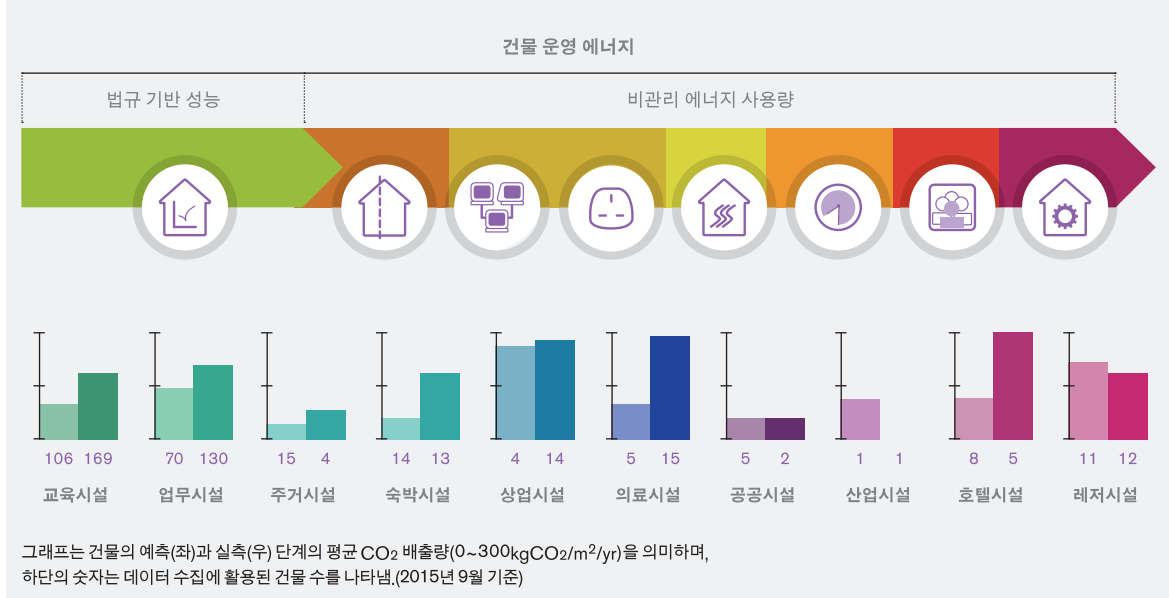
건물 에너지 예측과

실측의 성능 차이 (Performance Gap)

영국에서 수행된 거주 후 평가(Post-Occupancy Evaluation: POE) 프로젝트인 PROBE(Post Occupancy Review of Buildings and their Engineering)에 따르면, 1995년부터 2002년 사이 빌딩서비스저널(Building Services Journal: BSJ)에 우수한 디자인 사례로 소개된 바 있는 23곳의 건물을 대상으로 거주 후 평가를 수행한 결과, 건물의 실제 사용 에너지는 디자인 단계에서 예측된 에너지의 평균 2배에 달하는 것으로 나타났다.

더욱이 최근에 카본 트러스트(Carbon Trust)에서 수행한 저탄소건물 프로그램에 따르면, 건물의 실제 사용 에너지는 영국의 건축법규 승인도서 L2A(Building Regulations Approved Document L2A) 기준에 따라 산정된 예측 에너지 대비 5배에 이르는 것으로 밝혀졌다. 이러한 성능 차이로 인해 예

영국 건축법규 기준에 따라 예측된 에너지 성능과 실측 에너지의 시설 유형별 평균 성능 차이



자료: www.carbonbuzz.org

상치를 초과하는 에너지 비용이 발생하게 되며, 이에 따라 연간 추가되는 에너지 비용은 단위 면적당 최대 £10/m²로 산정된다.

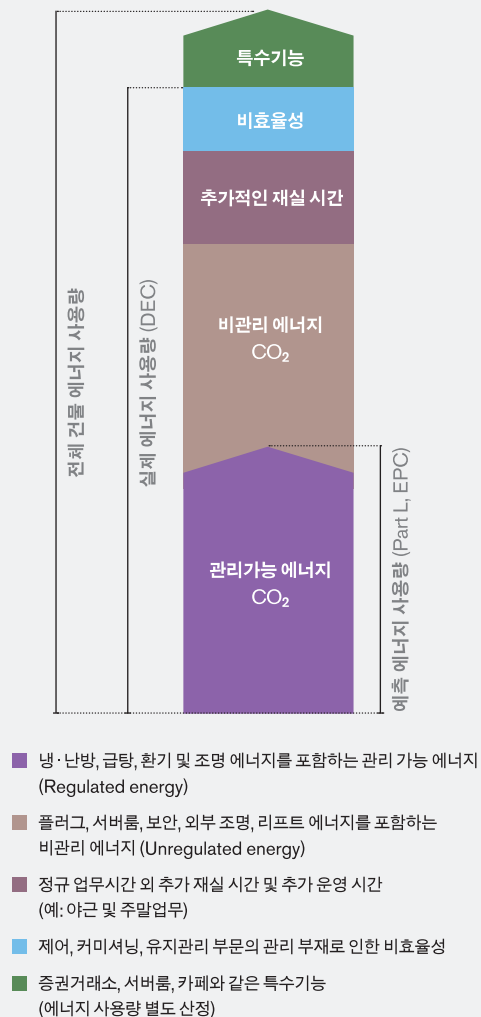
이 두 가지 연구 결과에 따르면, 건물 에너지 성능 차이의 주요 원인 가운데 하나는 영국의 건축법규에 따른 에너지 예측 방식이 건물의 에너지 사용량 전반을 다루지 않는다는 데 있다. 건축법규는 건물의 에너지 성능이 적정 기준에 부합하는지를 판단하기 위해 비교적 단순화된 산정방식을 택하고 있어 관리 가능 에너지(Regulated energy), 즉 냉·난방, 환기, 조명, 급탕 등에 사용되는 예측 가능한 에너지만 포함하여 산정한다. 사무용 기기, 리프트, 서버 등에 사용되는 비관리 에너지(Unregulated energy)는 업무시설 기준으로 볼 때 전체 건물 에너지 소비량의 평균 30% 이상을 차지하는 중요한 부문임에도 산정에 포함되지 않는다.

또 다른 주요 원인으로는 사용자가 건물의 에너지 성능을 확보하기 위해 적용된 설계 의도와 건물 사용에 대한 이해가 부족할 뿐 아니라, 건물 이용 가이드라인의 부재로 인해 실제 건물의 운영 에너지 요구량이 증가되는 점, 거주 후 모니터링과 사용자 피드백이 부재한 점 등이 꼽혔다.

일반적으로 건물 에너지 성능의 예측과 실측 성능 차이에 대한 주요 원인은 건물의 생애주기 단계별로 찾아볼 수 있다. 설계 단계에서는 에너지 성능 목표치에 대한 의사소통의 부재와 에너지 분석상의 오류, 즉 입력 데이터 오류와 에너지 시뮬레이션 도구 자체의 기술적인 한계가 원인으로 지적된다. 시공 단계에서는 설계 단계에서 규정된 설계 성능을 현장에서 반영하는 과정에서 생기는 오류와 정확도의 부재가 주원인이 된다. 또한 운영 단계에서는 건물의 설계 의도에 대한 사용자의 이해 부족, 그리고 예측이 어려운 재실자의 행태 및 건물의 운영방식이가장 큰 원인으로 분석된다.

이러한 건물 에너지의 예측과 운영 단계의 성능 차이를 줄여 나가기 위해 예측 및 실측 데이터 수집을 위한 오픈 플랫폼 개발, 건물 에너지 성능 예측 가이드라인의 편성, 건물 운영 단계 관련 정책 수립 등 영국 정부와 산업·연구 부문에서 다각적인 노력이 이루어지고 있다.

건물 에너지 성능의 예측 및 실측 성능 차이



자료: Carbon Trust, Closing the gap - Lessons learned on realising the potential of low carbon building design, 2011.

건물 에너지 성능 차이를 줄이기 위한 노력(Bridging the Performance Gap)

예측 및 실측 데이터 수집을 위한 오픈 플랫폼 개발: 카본버즈(Carbonbuzz)

영국 카본버즈는 건물의 디자인 단계부터 운영 단계까지의 에너지 사용량을 추적하고 분석하기 위해 영국왕립건축가협회(Royal Institute of British Architects: RIBA)와 영국건축설비공학회(Chartered Institution of Building Services Engineers: CIBSE)가 실무진, 연구자들과 공동 개발한 도구이다. 이는 건축주가 건물의 예측 에너지와 실측 에너지 데이터를 온라인에서 공유함으로써, 건물의 에너지 성능 차이를 인지함과 동시에 관련 통계와 분석을 위한 공유 데이터 수집에 기여할 수 있도록 하는 오픈 플랫폼이다.

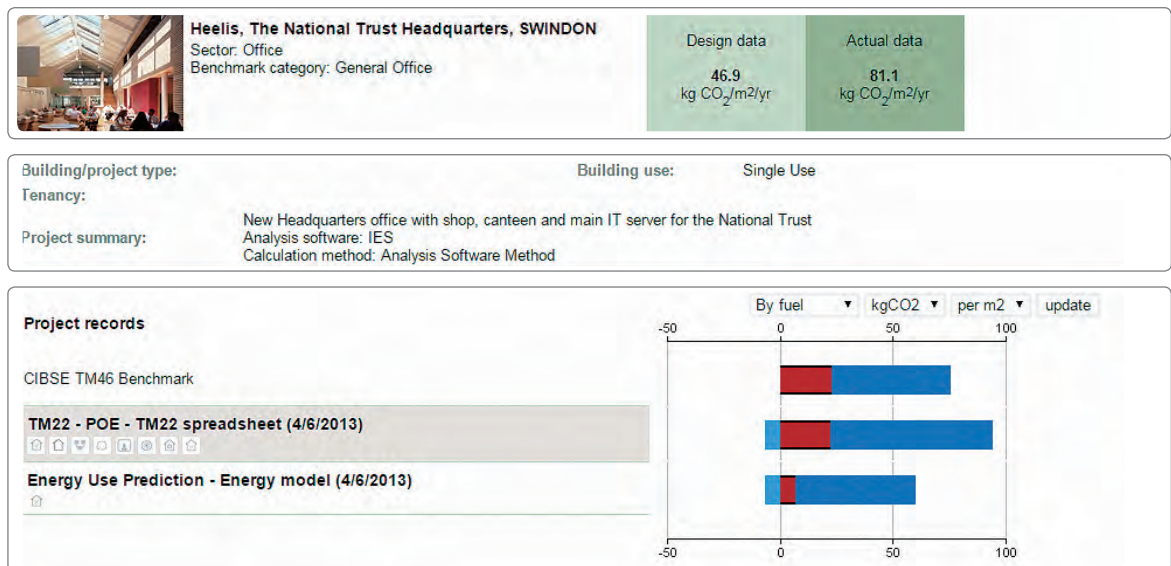
카본버즈는 기본적으로 건축법규에서 제시하고 있는 기준 부합 여부, CIBSE 기술서(Technical Memorandum: TM)에서 규정한 에너지 평가 및

리포팅 방식(Energy Assessment & Reporting Methodology)에 따른 입력 데이터, 실측된 에너지 성능을 보여주는 디스플레이 에너지 인증서(Display Energy Certificate: DEC), 그리고 실시간 거주 후 평가 결과 등 영국의 건물 에너지 기준에 부합하는 전반적인 데이터를 수집한다.

이 플랫폼은 프로젝트 해당 지역의 인·허가권자, 건물 자산 포트폴리오 관리자, 정부기관, 건축주, 투자자 등 다양한 이해 당사자들의 참여를 권장하여 건물 에너지 성능의 중요성을 인식하도록 유도한다. 나아가 새로운 저에너지 건축물 디자인 기법 개발과 법규·정책 수립을 위한 근거자료를 수집하는 통합 데이터베이스 플랫폼 구축에 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

카본버즈 프로젝트는 현재 지속적인 연구와 개발을 진행하고 있으며, 이를 통해 탄소 및 에너지 관련 정보를 공유하도록 권장하기 위해 해당 주체에 저탄소 인증에 대한 자격을 부여하는 장려책을 운영할 예정이다.

카본버즈 건물 에너지 성능 공유 데이터 활용 사례



자료: www.carbonbuzz.org

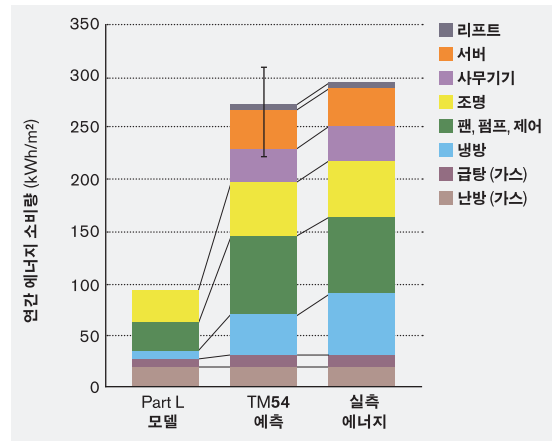
건물 에너지 성능 예측 가이드라인 편성: CIBSE TM54 - 디자인 단계의 건물 운영 에너지 성능 평가(Evaluating operational energy performance of buildings at the design stage)

영국에서는 건축법규 승인도서 L2A에서 지정한 바에 따라 에너지 시뮬레이션 수행 시 국가지정 에너지 분석방식인 NCM(National Calculation Methodology)을 공통적으로 적용하도록 되어 있다. 이는 설계 단계에서 제안하는 대안의 에너지 성능을 기존 건물의 에너지 성능과 비교하여 그 향상도를 평가하는 방식이다.

영국 건축법규의 특성상 에너지 분석 시 산정에 포함되지 않는 비관리 에너지를 최대한 반영하기 위해 CIBSE가 실무자·연구자 그룹과 함께 개발한 것이 바로 CIBSE 기술서 TM54 디자인 단계의 건물 운영 에너지 성능평가 방법론이다. TM54에서 제시하고 있는 에너지 성능 분석 단계는 일반적으로 수행되는 동적 에너지 시뮬레이션 모델(Dynamic Simulation Model: DSM)을 이용한 분석결과에 추가적으로 비관리 에너지 부문 산정을 수행하는 방식으로 진행된다.

이와 더불어 TM54에서 추가적으로 적용되는 것이 바로 기후변화에 대응하는 건물 에너지 성능 분석이다. 보통 에너지 시뮬레이션 도구를 이용한 분석에 사용되는 기후 데이터는 지난 수십 년간 측정된 기후 데이터의 평균치를 반영한 수치로, 근래 진행 중인 기후변화를 고려한 정확한 결과를 기대하기 어렵다. 이에 TM54는 미래 기후 예측 데이터를 통해 향후 기후 변화에 대한 여러 가지 시나리오를 설정하여, 미래 기후 조건에서도 건물이 적합한 에너지 성능 기준에 부합할 수 있는지를 판단하고 더욱 정확한 에너지 성능 예측이 가능하도록 하였다.

건축법규(Part L) 분석모델, TM54 예측 모델 및 실측 에너지 성능 비교



자료: CIBSE, CIBSE TM54 Evaluating Operational Energy Performance of Buildings at the Design Stage, 2013.

디자인 단계에서 건물 운영 에너지 성능을 평가하기 위한 방법론



자료: CIBSE, CIBSE TM54 Evaluating Operational Energy Performance of Buildings at the Design Stage, 2013.

* DSM (Dynamic Simulation Model): 동적 에너지 시뮬레이션 모델

TM54를 통한 접근 방식 자체가 실제 에너지 성능과 일치하는 정확한 예측결과를 보장해 주는 것은 아니다. 하지만 성능 차이의 오차범위를 좁혀 나갈 수 있는 접근 방식으로 활용될 수 있다. 더욱 중요한 것은 에너지 분석을 수행하는 주체가 입력 데이터의 조건, 가정치에 대한 근거, 결과값에 대한 분석을 명확하게 함으로써 에너지 성능 분석결과가 실제로 유효한 데이터로 활용될 수 있도록 해야 한다는 점이다.

건물 운영 단계 관련 정책 수립:

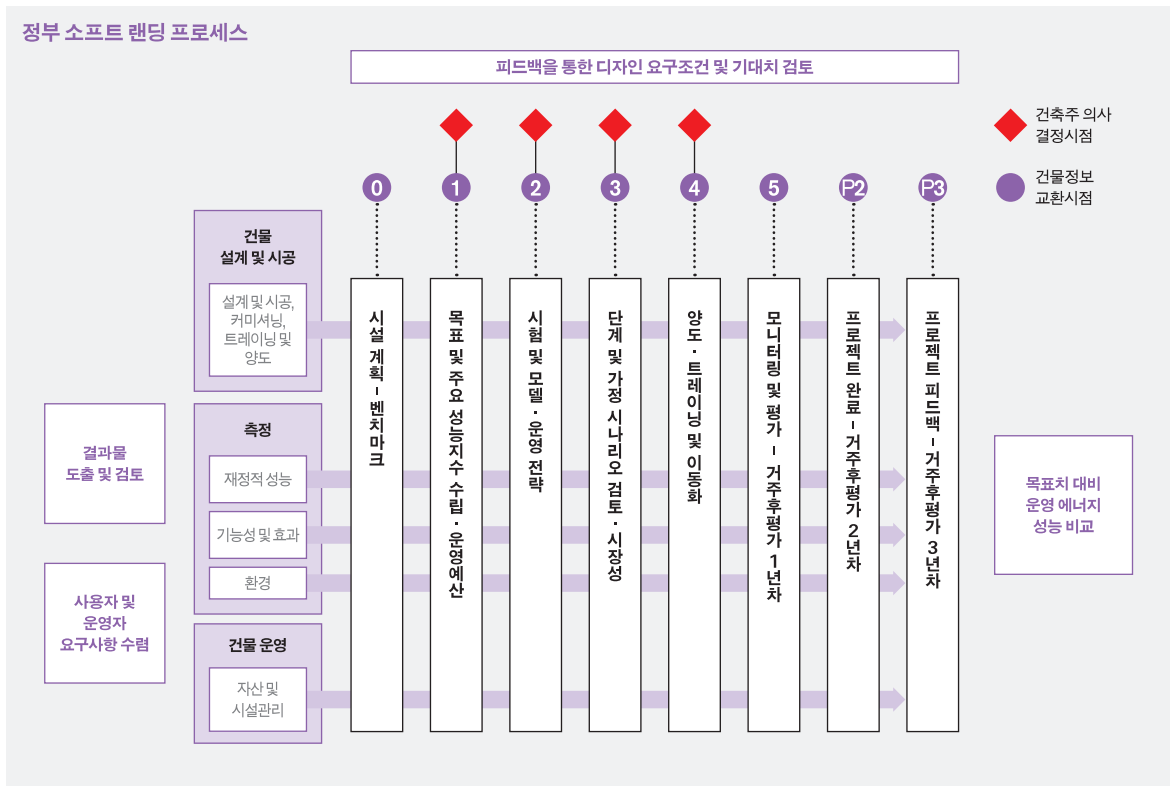
정부 소프트웨어 랜딩

(Government Soft Landings: GSL)

영국 정부의 소프트웨어 랜딩 정책은 건물의 신축 또는 리모델링 후 사용자의 적응과 시스템의 원활한 운영을 돕기 위해 준공 후 최대 36개월 동안 설계자 및 시공자

가 참여하여 건물 사용자에게 시설 전반을 점진적으로 양도할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 이를 수행하기 위해 초기 설계 단계부터 시공 단계까지 건물 운영 시 필요한 요소들을 미리 살필 수 있도록 가이드라인을 마련하고 있으며, 초기 설계 단계에서 책정된 건물의 목표 에너지 성능이 운영 단계에서 원활하게 확보될 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다.

이는 건물의 운영 성능을 향상시키면서도 비용을 절감하기 위한 전략이며, 건물의 사용자가 설계 단계에서 의도된 대로 건물을 사용하도록 하여 예측의 오차범위를 벗어나는 건물 운영 에너지와 비용의 발생을 최소화하기 위한 방안이다. 운영 단계에서 건물 사용자를 대상으로 수행되는 거주 후 평가는 자산의 운영 성능을 측정하고 최적화하기 위한 통합적 도구로 활용될 수 있다.



자료: www.bimtaskgroup.org

또한 소프트 랜딩은 이런 건물 에너지 성능의 예측 및 실측 데이터를 관리하기 위해서 건물 정보 모델 (Building Information Modelling: BIM)을 초기 설계 단계부터 점진적으로 활용할 것을 권장하고 있다. 이는 운영 단계의 건물정보 수집을 위해 중요한 역할을 할 뿐 아니라 향후 프로젝트를 위한 발주자 정보 요구사항에 대한 유용한 정보를 제공하고 건물의 초기 기획·디자인 단계에서부터 자산의 운영 및 유지관리 방식을 고려할 수 있도록 한다.

맺음말

앞서 언급한 바와 같이 건물 에너지 성능 차이의 원인이 되는 요소들은 매우 다양하며, 이를 정확하게 파악하기 어려운 측면이 있다. 이 성능 차이를 줄여 나가는 노력은 단순히 예측을 위한 초기 분석 단계에서만 뿐만 아니라 건물의 생애주기 전반에 걸쳐 이루어져야 한다.

건물의 운영 단계 에너지 성능을 최대한 정확하게 예측하는 일은 에너지 분석 시에 정확한 설정값을 입력하여 실제와 유사한 성능을 구현하는 일에서부터 시작된다. 건물 설계와 디자인 관련 의사 결정에 의해 최적화된 대안이 시공 단계에서 정확히 반영되어 시설이 계획된 바에 따라 구축되어야 한다. 이렇게 완성된 건물이 사용자에게 양도되는 시점에서는 운영자와 재실자는 시설의 계획 의도 및 사용 가이드라인에 대해 숙지하고 있어야 한다. 일정 운영기간이 지난 건물에 대해 정기적으로 수행하여 얻은 거주 후 평가 데이터는 해당 건축물의 보수와 다른 신축 건물 프로젝트 수행 시 에너지 분석에 반영할 수 있는 정확도가 향상된 설정값으로 활용될 때 가장 이상적이라고 할 수 있다.

건물정보의 정확도를 높이고 유용한 데이터를 구축하는 데 있어서 필요한 것이 이러한 건물 생애주

기 정보를 구축할 수 있는 건물 정보 모델이다. 또한 에너지 성능 관련 데이터를 생애주기에 걸쳐 공유 플랫폼에 집적하여 다양한 프로젝트에 활용할 수 있는 유용한 정보로 가치를 갖게 하는 것도 이러한 시설 운영정보 관리의 핵심이라고 할 수 있다.

건물 에너지 성능 예측의 정확도가 향상되어 실측 에너지 성능과의 차이가 최대한 좁혀졌을 때 디자인 결정과 데이터의 분석, 나아가 건축물 부문 기후변화 대응을 위한 관련 에너지 정책 수립에 유효한 판단과 결정이 가능해진다. 따라서 건설 부문 전반에서 이에 필요한 데이터베이스의 구축과 데이터의 가치 향상을 위해 노력해야 한다.

참고문헌

- The Chartered Institution of Building Services Engineers, *CIBSE TM54 Evaluating Operational Energy Performance of Buildings at the Design Stage*, 2013.
- HM Government, *The Building Regulation 2013, Approved Document L2A - Conversion of fuel of power*, 2014.
- Carbon Trust, *Closing the gap - Lessons learned on realising the potential of low carbon building design*, 2011.
- Pieter de Wilde, "The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation" *Automation in Construction*, volume 41, 2014, pp40-49.
- CIBSE PROBE - Post Occupancy Studies(www.cibse.org/knowledge/building-services-case-studies/probe-post-occupancy-studies)
- Carbonbuzz(www.carbonbuzz.org)
- Government Soft Landings(www.bimtaskgroup.org/gsl)
- Usable buildings(www.usablebuildings.co.uk)