

BIM을 활용한 공동주택 탄소저감 식재설계

Carbon Reduction Planting Design for Apartment Using BIM

최형욱*, 신지훈**

*단국대학교 대학원 환경원예 · 조경학과 박사, **단국대학교 바이오융합대학 생명자원학부 교수

Choi, Hyung-Wook*, Shin, Ji-Hoon**

*Ph.D. in Environmental Horticulture and Landscape Architecture, General Graduate School of Dankook University

**Professor, Department of Crop Science & Biotechnology, Dankook University

Received: June 25, 2025

Revised: July 15, 2025 (1st)

December 25, 2025 (2nd)

Accepted: December 26, 2025

3인익명 심사됨

Corresponding author :

Ji-Hoon Shin

Professor, Department of

Crop Science & Biotechnology,

Dankook University,

Chungcheongnam-do 31116,

Korea

Tel.: +82-41-550-3634

E-mail: sjihoon@dankook.ac.kr

국문초록

건설정보모델링(Building Information Modeling, BIM)이란 건설에 관련된 계획, 설계, 시공, 유지관리 등 전체 공정에 걸쳐 3D모델링을 기반으로 하여 각각의 속성정보를 입력하고 표준화된 프로세스로 통합하여 지속적인 협업이 가능하도록 하는 디지털전환(Digital Transformation)체계를 말한다(국토교통부, 2020). 이를 통해 건설의 디지털정보와 프로세스를 통합하는 협업체계를 구축하고 데이터 기반의 신속하고 정확한 의사결정을 지원하여 생산성 향상은 물론 위험요소를 최소화하고 품질, 안전 및 친환경을 극대화함으로써 건설산업의 디지털화를 달성하고자 한다(국토교통부, 2020). 최근 건설산업 전반에 걸쳐 BIM 도입이 빠르게 추진되고 있지만 아직 조경분야에서는 BIM 적용에 필요한 S/W 구입과 함께 전문 인력 교육을 위한 시간적, 경제적 비용이 상당히 부담스러울 뿐만 아니라 타 분야에 비해 비정형적인 설계요소가 많아 현장마다 다르게 적용되는 수많은 세부공종을 가진 조경설계만의 특수성으로 큰 어려움을 겪고 있다. 이에 본 연구에서는 지구온난화에 따른 기후변화로 급격하게 증가하고 있는 도시재해 발생에 대해 적극적인 대응이 꼭 필요한 공동주택단지의 조경설계 사례를 대상으로 하여 조경 BIM 설계를 적용해 보고 그에 따른 실질적인 활용성을 알아보려 하였다. 연구 방법으로는 우선 대상단지의 기존 2D평면 실시설계 중에서 지형(level)과 동선, 녹지 공간 등 기본계획을 BIM S/W인 Revit을 사용하여 상세수준200(LOD200)으로 3D모델링을 구축하고 속성데이터를 입력하는 최소한의 BIM전환설계를 수행해봄으로써 조경분야의 특수성을 고려한 조경 BIM 설계 프로세스의 적용과 한계를 고찰해 보았다. 또한 식재설계에 있어서는 심각한 지구온난화를 대비한 탄소저감을 목표로 BIM을 활용하여 조경 수목의 생장률과 탄소저장능력이 속성데이터로 입력된 3D수목모델을 구축하고, 이를 파라메트릭디자인으로 만든 변수와 관계성을 고려한 알고리즘으로 활용하여 수목의 시간변화에 따른 탄소저장 예측시뮬레이션을 빠르게 검토하고 적절한 평가를 통해 최적의 탄소저감 식재계획을 수립해 보았다.

주제어: 3D수목모델, 기후변화, 탄소저장능력, 파라메트릭디자인

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a digital transformation framework that enables continuous collaboration by integrating 3D modeling with standardized processes across the entire construction lifecycle—including planning, design, construction, and maintenance—through the input and management of attribute information for individual components(Ministry of Land, Infrastructure and Transport [MOLIT], 2020). Through BIM, a collaborative system that integrates digital construction information and processes, rapid, data-driven decision-making is supported. This approach aims not only to enhance productivity but also to minimize risks and maximize quality, safety, and environmental sustainability, thereby achieving digitalization of the construction industry (Ministry of Land, Infrastructure and Transport [MOLIT], 2020). Although BIM adoption is rapidly expanding throughout the construction sector, the landscape architecture field continues to face significant challenges. These include substantial time and financial burdens associated with acquiring BIM software and training specialized personnel, as well as the inherent characteristics of landscape design, such as a high proportion of non-standardized design elements and numerous site-specific sub-trades. In response to these challenges, this study focuses on a landscape design case for a multi-family housing complex, where proactive measures are required to address the rapidly increasing occurrence of climate change-induced urban

disasters. The objective of the study is to apply landscape BIM design and examine its practical applicability. First, among the 2D detailed design drawings of the target site, key landscape planning elements—such as topography (levels), circulation systems, and green spaces—were reconstructed at the planning stage level using the BIM software. Through a minimal BIM conversion process, the applicability and limitations of the landscape BIM design process that reflects the specific characteristics of the landscape architecture field were examined. Furthermore, for the planting design, this study developed 3D tree models incorporating growth rate and carbon storage capacity attributes using BIM. By using these models within a parametric design framework and applying algorithms that account for variable relationships, rapid simulations of carbon storage over time were conducted. Based on appropriate evaluations of these simulations, an optimal planting plan was established that aligns with carbon reduction goals to address accelerating global warming.

Keywords: 3D Tree Modeling, Climate Change, Carbon Storage Capacity, Parametric Design

1. 서론

1990년대 초부터 조경설계분야에서 오토캐드(AutoCAD) 프로그램을 활용한 디지털 드로잉이 본격적으로 도입되면서 빠르고 정확하며 수정과 복제가 용이한 편리성과 효율성을 함께 갖추게 되었다. 이로 인해 이전에는 대부분 수작업으로 이뤄졌던 아날로그 방식의 조경설계 프로세스가 디지털 방식의 컴퓨터 프로그래밍 설계로 대체되었다. 2000년대를 넘어서면서 경관의 프로세스를 시각화하는 테크닉인 맵핑과 다이어그램에 대한 담론이 출현하였고, 이와 함께 사실적인 컴퓨터 투시도가 증가하면서 조경그래픽이 더욱 중요해졌다(이명준, 2020). 현재 대부분의 조경설계방식은 오토캐드 프로그램으로 2D평면의 기본 및 실시설계 도서를 작성하고, 이를 포토샵(Photoshop), 스케치업(SketchUp), 일러스트레이터(Illustrator) 등의 그래픽 프로그램을 이용하여 누구나 쉽게 이해할 수 있도록 사실적인 CG이미지까지 함께 구현하고 있다. 하지만 이와 같은 2D설계와 그래픽이미지 작성으로 분리 구성된 설계프로세스에서는 디지털 테크놀로지가 설계과정에서 아이디어를 생성하는 데 주로 사용되는 것이 아니라, 최종 결과물로서의 프레젠테이션 드로잉을 생산하는 도구로서만 한정되어 이용된다는 문제점이 지속적으로 제기되어 왔다(이명준, 2018).

그런데 최근에 지구온난화에 따른 기후변화는 폭염, 가뭄, 홍수, 해수면 상승 등의 자연재해를 급격하게 발생시켰으며 이로 인한 수많은 피해와 경제적 손실은 단순히 일상의 불편함이나 일시적인 이상기후현상으로 치부하기에는 너무나 심각한 지경에 이르렀다. 그러나 생태적으로 친환경적인 공간을 추구하는 조경의 전문적인 특성에도 불구하고 그동안 국토정책을 수립하는 과정에서 조경전문가들은 각 분야별로 개별적이거나 다양한 시각을 지니지 못한 평면적인 접근방식으로 인해 본래의 역할을 수행하지 못하였다. 또한 조경설계안을 분석하고 검토할 때 객관적이고 정량화된 데이터를 바탕으로 이뤄지지 않았기에, 조경설계기법과 제안으로 달성 가능한 생태적 가치를 제대로 인정받지 못하고 종종 개발 중심의 경제논리에 밀려왔다. 게다가 조경설계의 대상지는 규모가 더욱 커지고 종류도 다양해지면서 고려해야 할 설계요소들과 각각의 관계성은 점차 더 복잡해지고 있으므로 합리적이고 객관적인 근거에 기반을 둔 설계안의 분석과 평가를 온전히 2차원 평면적 방식으로 수행한다는 것은 더욱 어려워지고 있는 실정이다. 그러므로 조경분야 설계가들은 도시재해 저감을 위한 합리적 대응을 마련할 때에 기후조건으로 우수, 기온, 바람 등과 지형 및 토양, 조경 식재 등의 자연적 설계요소들을 입체적이고 통합적으로 고려하여 설계안을 작성하는 것이 필요하다. 그리고 이에 대한 객관적 분석과 평가를 수행하고 전문가로서의 의견을 논리적으로 증명하는 근거를 마련함으로써 설계안을 현실화하기 위해 노력해야 한다(김복영, 2019).

이러한 문제점들을 해결하기 위한 디지털도구로서 최근 주목받고 있는 것이 BIM설계와 파라메트릭디자인이며 이를 활용하여 3차원적인 형태와 이에 대한 속성정보의 구축이 가능하기에 이렇게 작성된 3D모델링은 관계지향적인 설계방법의 지원과 다양한 용도로도 활용될 수 있다. 그리고 파라메트릭디자인으로 만든 변수와 관계성을 고려한 알고리즘을 활용하면 여러 가지 설계 대안들을 작성할 수 있으며 이에 대한 빠른 검토와 분석을 통해 올바른 판단이 가능하다. BIM설계를 적용한 조경정보모델링(Landscape Information Modeling, 조경설계요소를 대상으로 객관적 정보데이터에 근거한 입체적 설계를 수행하는 행위 또는 방식)을 구축함으로써 조경설계과정에서 정보화된 3차원모델을 작성하고 실제 외부 공간설계와 시공과의 연계성, 간섭체크, 물량산출 및 견적, 공정시물레이션, 설계의 친환경성 예측 등 설계업무의 생산성을 향상시킬 수 있으며 정량화된 설계지표에 대한 객관적 검토가 가능해진다(김복영, 2019).

이에 본 연구에서는 조경설계 분야에서 현재 가장 활발하게 BIM설계에 관련된 논의가 이뤄지고 있으며, 도시지

역의 기후변화에 따른 적극적인 대응이 꼭 필요한 공동주택단지의 조정설계 사례를 대상으로 하여 BIM설계를 적용해 보고 그에 따른 실질적인 활용성을 알아보고자 한다. 이러한 공동주택 조정설계의 BIM 활용에 관한 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 기존 2D평면도서로 작성되어 있는 대상지 주변 및 단지 내 지형(Level)에 따른 동선, 포장, 녹지 등 조정배치 계획들을 BIM S/W인 Revit을 활용하여 3D모델링을 구축하고 속성데이터를 입력하는 전환설계를 시행함으로써 조정 BIM설계의 한계와 가능성을 검토해 보았다. 둘째, 이렇게 정보화된 3차원 BIM모델링을 통해 입체적으로 세밀하게 분석하여 공간을 제대로 이해하고 기존 2D설계에서는 검증이 어렵거나 잘못된 설계오류를 찾아내 설계업무의 생산성을 향상시키고 정량화된 설계지표에 대한 객관적 검토로 적절한 설계 대안을 작성하였다. 셋째, 최근 기후변화의 원인이 되는 지구온난화를 늦추기 위한 탄소저감 목표에 가장 큰 중점을 두고 당초 식재안 대비 향상된 탄소저감률 계획안을 제시해 보도록 한다. 이를 위해 수목의 생장률과 탄소저장능력이 속성정보로 입력된 3D 수목모델링을 구축하고 파라메트릭기법으로 만든 변수와 관계성을 고려한 알고리즘을 활용하여 식재계획 시 수목의 시간변화에 따른 시뮬레이션으로 빠르게 검토하고 적절한 평가를 통해 최적의 대안을 마련해 보았다.

2. 이론적 배경

컴퓨터 관련 디지털 도구는 발전 초기에는 기존 산업구조를 보조하는 제한적인 역할로만 사용되었는데 1990년대 에 오토캐드 등의 설계프로그램들이 본격적으로 도입되면서부터 전통적인 수작업 방식의 설계도면 제작에서 컴퓨터를 자동화도구로 활용하여 설계(description)하는 방식(Computer Aided Design and Drafting, CADD)으로 변경되어 왔다(나성진, 2021). 그런데 2000년대부터 4차 산업혁명이라 부르는 완전히 새로운 디지털 시스템으로 통합되는 사회가 도래하면서 이제는 컴퓨터를 메인으로 활용한 설계가 주체가 되며, 이와 같은 변화는 건설산업 전반에도 엄청난 혁신을 일으켜 당초에는 단순히 편리한 설계 도구로써 사용했던 디지털 도구들이 ‘표현의 도구’에서 ‘사고의 도구’로 진화하였으며, 과거 2차원적인 평면설계방식에서는 불가능했던 부분들이 창조적이며 혁신적인 3D모델링과 시뮬레이션을 통한 다차원적인 설계미디어로 발전하고 있다.

조정 산업에서도 이와 같은 변화에 발맞춰 새로운 디지털 전환체계를 구축하고 적극적으로 활용해야 한다는 필요성이 높아지고 있다. 또한, 최근 기후변화에 따른 여러 가지 도시재해 발생과 이에 대해 친환경적이고 지속가능한 생태계획으로 대응하기 위해 현대 조정가들에게는 각 문제들 간의 상호 연결성과 복잡성을 분석하고 이를 논리적이고 신속하게 해석할 수 있는 혁신적인 컴퓨터 테크놀로지 활용 역량이 새롭게 요구되고 있다. 현대 컴퓨터이셔널 디자인 생태계에서 가장 우선하는 것은 컴퓨터라이제이션(Computerization)과 컴퓨테이션(Computation)을 구분하는 것이다. ‘Computerization’은 컴퓨터를 단지 도구로 이용해 아날로그 작업을 디지털 미디어로 기술하는 것으로, 그림 1을 보면 1970년대에서 1990년까지의 트레이싱 페이퍼(tracing paper), 레이어 중첩(layered production), 컴퓨터 활용 제도(computer aided drafting) 등이 이러한 내용에 해당된다. 이에 비해 ‘Computation’은 설계과정에서 컴퓨터를 창의적인 생성적 도구(generative media) 뿐만 아니라 논리적인 사고의 도구로 사용하는 것을 의미한다. 최근에 적극적으로 활용 연구되고 있는 BIM설계를 통한 3D모델링 구축과 파라메트릭디자인(Parametric Design)을 활용한 시뮬레이션 분석기법, 생애주기 유지관리기법(Lifecycle Management) 등이 해당된다. 이처럼 컴퓨터 미디어를 통해

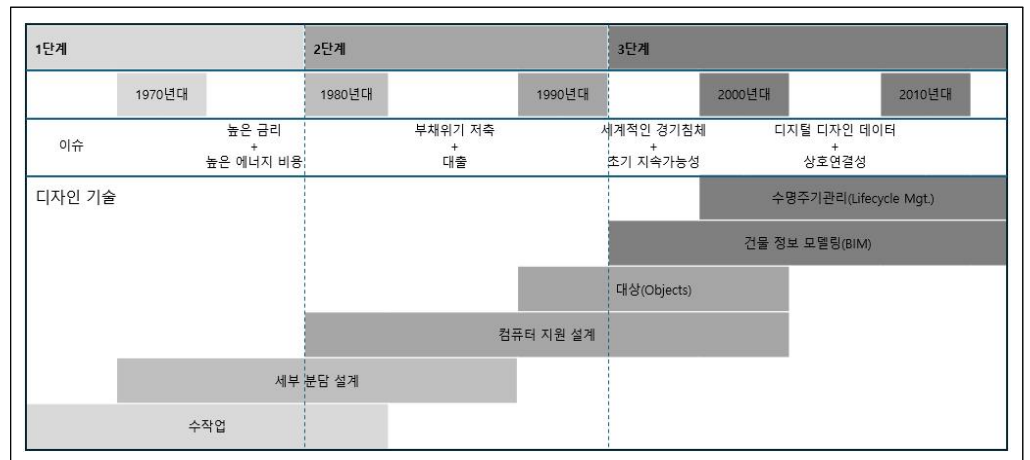


그림 1. 건축분야 디자인기술의 역사
자료: 나성진(2021: 1-16)

설계 전체과정을 조율하고 통합함으로써 주제적 도구로 활용하는 새로운 설계적 방법론이 바로 현대 컴퓨터이셔널 디자인이라 할 수 있다.

2000년대 이전의 오브젝트(objects) 과정은 평면설계를 바탕으로 스케치업(SketchUp) 등의 소프트웨어를 활용해 3차원 조형을 구축하는 방식으로 프로그램이 제공하는 제한된 명령 체계 내에서만 디자인할 수 있고, 개별 명령어들이 일정 수준 이상 반복되었을 때 디자인 변형이 어렵다는 점에서 설계도구로서의 한계를 드러냈다(나성진, 2021). 이에 반해 파라메트릭 디자인은 매개변수와 데이터 그리고 논리구조와의 변화에 따라 디자인의 결과물이 달라지는 열린 체계(open system)를 구축하는 과정으로 앞서 살펴본 대로 디지털 설계도구의 최근 특징은 3D정보모델의 구축과 관계지향적인 설계기법으로 요약할 수 있다(나성진, 2021). 이와 같은 설계도구들은 생태적인 친환경성을 추구하는 조정설계과정에서 합리적인 근거들을 제공할 수 있는 유용한 도구로 사용할 수 있다. 조정설계에서 고려하는 여러 가지 설계요소들은 하나의 시스템을 형성하므로 각각의 요소들의 속성과 관계성을 파악하고 설계결과에 대한 예측을 통하여 설계안을 최종적으로 확정하는 것이 매우 중요하다.

그러나 현재의 조정설계는 설계가의 주관적인 직관과 경험에 의존하여 이뤄지는데, 일례로 살펴보면 조정 분야의 전문성이 필요한 식재설계에서 수목의 배치가 경관 미학적이거나 기능적인 측면에서 주로 계획되고 식재의 생태적 특성은 매우 소홀히 다루지고 있다. 수목의 원활한 생육을 결정하는 일조 분석이나 배수 불량 여부, 토양의 물리적/화학적 특성, 생육 토심, 미기후 등에 대한 종합적인 고려가 제대로 검토되지 않아 시공 이후에 높은 하자율과 유지 관리 비용이 들어간다. 그러므로 조정설계자들이 근거에 기반한 설계를 수행하려면 설계요소들의 속성 정보를 구축하고 이를 토대로 시스템적 경관의 관계성을 도모하는 관계 지향적 설계방식을 활용해야 한다. 이러한 설계방식을 지원해 주는 것이 바로 BIM과 파라메트릭 기법으로 물리적 현상과 기능적 속성 변수에 대한 규칙을 알고리즘으로, 그에 해당하는 특정 현상과 기능을 시뮬레이션하여 분석 가능하고 관련된 변수로 변경하여 반복 실행함으로써 결과를 예측하면서 최선의 설계안을 도출할 수 있다(김복영, 2019).

또한 최근에 세계적인 기후위기에 한국정부도 탄소흡수원 확대를 위한 제도적 기반을 마련하고 구체적인 로드맵을 수립하고 있다. 탄소중립 녹색성장위원회는 2050 탄소중립 시나리오를 확정하고 2030년 배출량을 44.4%로 상향 조정하면서 배출원의 감축목표와 흡수원의 확대목표를 수치적으로 제시하였는데, 특히 주요 흡수원인 산림, 해양 등 기타, 도시녹지 분야를 통한 흡수량 목표치 또한 구체적으로 명시하고 흡수 수단으로서 도시숲, 연안 및 내륙습지, 바다숲, 수변구역녹지, 도시녹지 등의 조성을 제시하고 있다(하지아, 2022). 이에 따라 도시에 조성되는 대규모 공동주택단지의 녹지 공간 또한 단순히 입주자의 휴식에 이용되거나 아름다운 자연녹음을 제공하는 경관미학적인 기능뿐만 아니라 기후변화에 따른 온난화를 막기 위한 탄소흡수원의 역할도 더욱 중요해지고 있다. 수목의 탄소 흡수·저장은 대기 중의 CO₂를 제거하여, 이를 지상/지하부 바이오매스로 전환하고, 이를 다시 탄소(C)의 형태로 저장하는 일련의 과정을 의미한다. 수목의 앞에서 광합성이 진행되는 동안, 대기 중의 이산화탄소는 엽표면의 기공을 통해 엽조직 내부로 흡수되고, 물과 결합하며, 이어서 광에 의해 촉매된 화학 반응을 통해 섬유소와 단·다당류를 포함하는 다양한 물질로 전환된다(국립산림과학원, 2012). 비록 이들 물질 중 일부가 호흡을 통해 이산화탄소 형태로 다시 배출되거나 낙엽이 되어 환원되지만, 대부분은 목질부로 고정되어 유기탄소의 형태로 저장되며, 교목성 수종의 연간 탄소흡수·저장량은 수간의 단면적 생장에 대한 자료를 이용하여 산출하고, 산림수목과는 다른 도시수목의 탄소분할로 인해 가능한 한 개방생장형 도시수목의 측정치에 기반한 바이오매스식을 이용해야 한다(국립산림과학원, 2012).

3. 연구의 방법

3.1 대상지 및 연구범위

공간적 범위는 경기도 수원시에 실제 위치하고 있는 공동주택단지인 기존 설계에서는 지하·지상층의 건축 부분에 BIM설계가 일부 적용되어 있으며 주로 건축물에 대한 내역산출과 견적, 공사비산정 등에 활용되었으나 조경에 대한 BIM설계는 전혀 고려되지 않았다. 조정설계는 일반적인 공동주택처럼 AutoCAD를 사용하여 기본 및 실시도서가 작성되었으며, 단지 내 조정 공간으로 놀이, 휴게, 운동 공간 등이 다양하게 구성되어 있으며 특히 중앙에는 지형단차를 활용한 경사형의 큰 녹지 공간이 계획되어 있다. 본 연구에서는 대상지의 중앙녹지 공간을 중심으로 하여 산책로, 계단, 자연석 쌓기, 수경시설 등 단지 내 주요 시설물뿐만 아니라 교목식재 계획에 대한 BIM 3D모델링을 작성하고 속성 데이터를 구축하도록 한다. BIM 저작도구로는 건축, 토목 등 타 분야와도 연계 및 통합이 가능하고 기획부터 설계, 시공, 유지관리에 이르기까지 프로젝트의 전과

정에 대해 통합관리를 할 수 있는 시스템으로, 효과적인 의사소통을 위해 속성정보가 담긴 3D입체모델을 제작할 수 있는 Revit을 메인프로그램으로 사용하였다.

3.2 조경 BIM전환설계 기준

기준에 작성된 2D평면도서에서 BIM전환설계의 기준은 표 1에서 상세수준200(LOD200)으로 한정토록 하며, 이에 BIM설계 프로그램 Revit을 이용하여 대상지 주변 및 단지 내 건축물과 지형(Level), 동선, 포장계획 및 주요 조경시설물, 녹지 공간 등의 조정 배치계획에 대해서 3D모델링과 속성데이터를 작성하였다. 이러한 BIM적용 범위의 기준은 현재 조정설계분야에서의 부족한 시스템과 전문 인력의 현실적인 여건 속에서 타 분야와의 최소한의 연계와 통합 가능성을 확보하고 3D모델링 구축을 통한 설계분석과 대안작성 등의 실질적인 활용성을 최대한 고려하여 정하였다. 이렇게 체계적으로 정보화한 BIM설계 3D모델링을 통해 단지 전체를 입체적으로 세밀하게 분석하고 조경 공간을 제대로 이해함으로써, 기존 2D설계에서는 찾아내기 어려웠던 설계오류를 찾아내고 공중 간의 간섭체크와 시공과의 연계성 등을 분석하여 최적의 설계 대안을 마련하고자 한다.

3.3 탄소흡수 성능분석 시뮬레이션

전통적인 경관미학적 식재설계방식에서 벗어나 지구온난화를 늦추기 위한 탄소저감 목표에 가장 큰 중점을 두고 탄소저장량이 높은 수목을 우선적으로 계획하여 배식하는 탄소저장숲 식재설계 대안을 제시해 보았다. 이를 위해 BIM설계로 시간에 따른 수목의 수고 및 수관폭 등의 생장을 변화와 이산화탄소 저장 및 흡수량 등의 회귀식 데이터가 담긴 3D수목모델을 구축하였다. 그리고 이를 파라메트릭디자인으로 만든 변수와 관계성을 고려한 알고리즘을 활용한 수목의 시간변화에 따른 생장과 탄소저장량의 변화예측 시뮬레이션을 통해서 수목선정 및 배식에 대한 적정성을 평가하고 식재계획에 대한 객관적, 논리적 근거를 마련함으로써 기존안 대비 탄소저장능력이 훨씬 향상된 최적의 식재설계안을 마련하였다. 파라메트릭 정보값으로 입력되는 주요 조경 수종의 표준 탄소흡수량 산정을 위해 IPCC 가이드라인의 탄소저장량 산정방법에 따라 표준 탄소흡수량을 산정하며, 2009년 기준의 임분수확표의 수종별 정기평균생장량에 목재기본밀도, 바이오매스 확장계수, 뿌리함량비, 탄소전환계수를 곱하여 산정한다(국립산림과학원, 2014; 식 1 참조).

$$CO_2removals = Vol \times WD \times BEF \times (1 + R) \times CF \times \frac{44}{12} \tag{식 1}$$

$CO_2removals$: 수종별 탄소흡수량($tCO_2/ha/yr.$),

Vol : 수종별 정기평균생장량(m^3/ha), WD : 목재기본밀도($t\ d.m/m^3$), BEF : 바이오매스 확장계수,

R : 뿌리함량비, CF : 탄소전환계수, $\frac{44}{12}$: 탄소-이산화탄소 분율

표 1. BIM 상세수준별 적용단계 및 내용

기본지침 상세수준	적용단계	적용내용	유사기준	토목	건축	기계설비
상세수준 100	기본계획 단계	면적, 높이, 볼륨, 위치 및 방향 표현 ※ 토목은 개념설계, 건축은 기획 및 계획설계 단계	LOD100 BIL10, BIL20	○	○	○
상세수준 200	기본설계 단계	기본(계획)설계 단계에서 필요한 형상 표현	LOD200 BIL30	○	○	○
상세수준 300	실시설계 단계	실시설계(낮음)단계에서 필요한 모든 부재의 존재 표현	LOD300 BIL40	○	○	○
상세수준 350		실시설계(높음)단계에서 필요한 모든 부재의 조율 표현	LOD350 BIL40	○	○	○
상세수준 400	시공단계	시공단계에서 활용 가능한 모든 부재의 존재 표현	LOD400 BIL50	○	○	○
상세수준 500	유지관리 단계	유지관리단계 등에서의 활용 가능한 내용 ※ 프로젝트 특성 및 발주자 요구에 따라 달라짐	LOD500 BIL60	○	○	○

자료: 국토교통부

4. 결과 및 고찰

4.1 조경 BIM전환설계를 통한 3D모델링

먼저 대상지의 주변 지형 및 건물군 등 중요도가 낮은 단지외부 모델링은 시간 및 업무량 단축을 위해 스케치업 (SketchUp) 프로그램에서 국토지리원 CAD도면을 3D로 자동화해주는 도구를 사용하여 변환시켰다. 이를 BIM 전용 프로그램인 Revit으로 불러오기를 한 후 배치도와 연동하여 아파트 주동, 도로, 녹지, 포장 등 내부 모델링을 제작하였다. 다음으로 단지내 동선 및 포장계획은 바닥 만들기 Tool로 배치도상의 도로선을 선택하고 면을 제작한 후 레벨 값을 도면에 맞게 수정하며, BIM 모델링은 실제 대상지 해발 높이와 동일한 값으로 시작한다. 레벨 값이 복잡하지 않은 경우에는 도로의 끝과 끝의 레벨 값을 입력하며, 복잡한 경우에는 도로 모델에 선을 그려 레벨 값을 지정해줌으로써 도면 레벨 값과 일치하는 도로 모델을 제작한다. 그림 2와 같이 원하는 포장재질을 선정하여 두께 및 재료를 정할 수 있고, 동일요소에 자동 적용토록 한다. 사용하는 포장재 디테일(두께, 재료, 패턴 등)을 미리 제작해두면 편리하게 사용할 수 있으며, 카테고리 선택 시 모델에 적용되어 평면 및 3D, 단면도를 포함한 프로젝트 전체에 모두 적용 가능하다. 모델링 시 재료별로 임의의 다른 색상을 부여하면 포장재 파악에 용이하며 주도로를 만든 후에 내부 지형 및 등고 지형 위의 길을 만드는 순서로 작업한다.

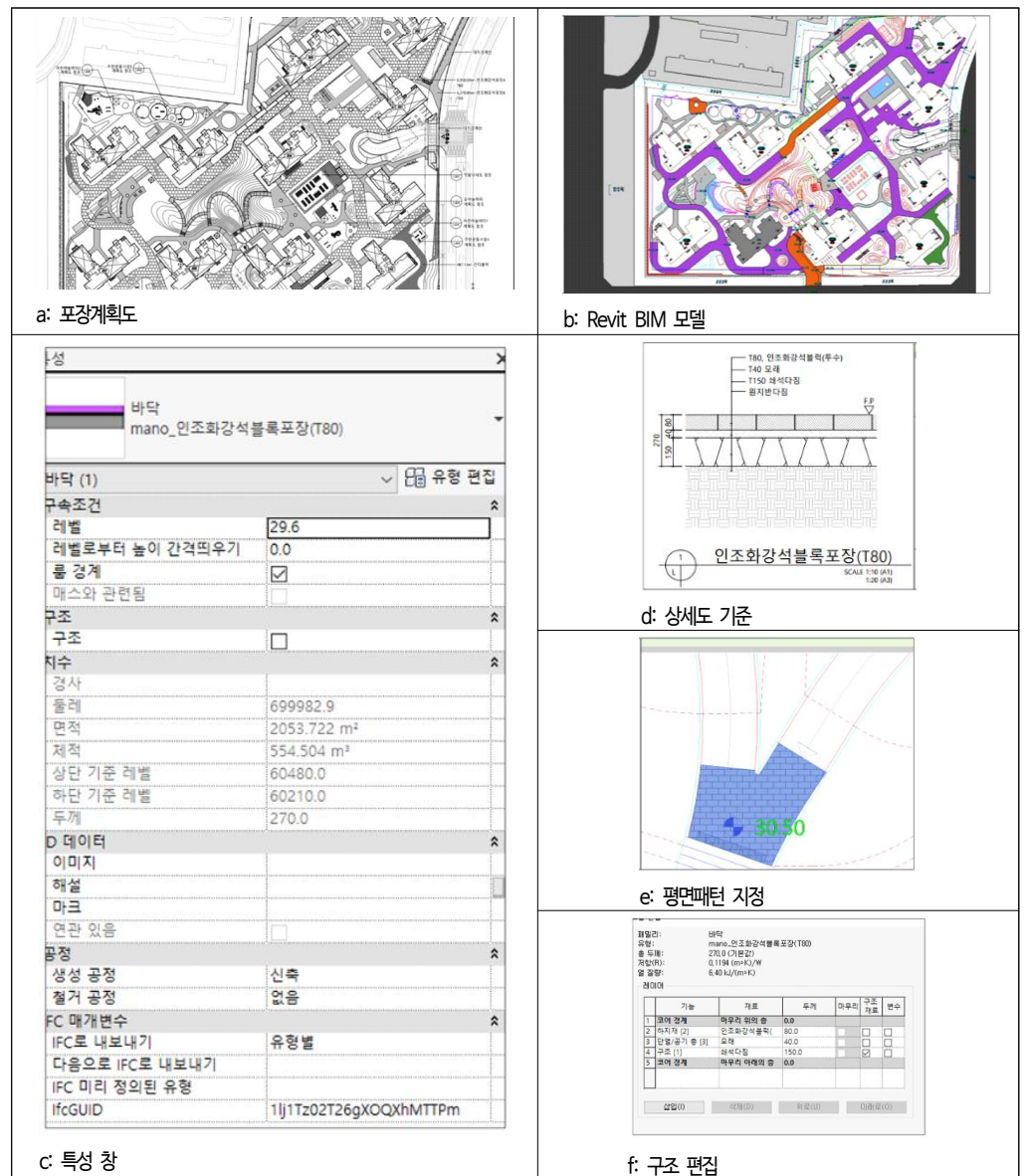


그림 2. BIM을 활용한 단지내 동선 및 포장계획 모델링

슬로프는 도로를 만드는 방식과 같이 직접 제작할 수 있고, 복잡한 경사지형의 경우에는 먼저 만든 후 BIM Tool을 사용하여 편평한 도로를 경사지 위에 얹을 수 있다. 또한 기울기를 측정할 수 있는 Tool로 장애인 법적 경사율을 검토할 수도 있다. 녹지 및 조경공간의 지형은 평면지형과 경사지형으로 나뉘며, 바닥면(슬라브, 도로, 포장면 등)을 모두 제작한 후에 슬라브 내부에 지형을 채워 넣는 방식으로 작업한다. 평면지형은 슬라브를 만드는 방식과 동일한 방식으로 만들고 녹지인 경우 재질을 잔디로 지정한다. 경사지형은 CAD 도면상의 선을 BIM Tool을 사용하여 BIM모델로 변경하여 제작한 후 선에 레벨 값을 부여하고 이 선을 바탕으로 경사지형을 자동 생성하면 쉽게 만들 수 있다. 생성된 경사지형은 세밀하게 수정이 가능하며 지형을 둘러싸는 주변 슬라브 및 계단과의 오차를 발견하거나 경사모양을 보기 좋게 조절할 수도 있다. 경사지형 위 도로 제작방법은 경사지형과 도로를 선택하면 지형 위에 도로가 굴곡에 맞춰 자동으로 배치되는 Tool을 사용한다.

레벨 값이 복잡한 굴곡진 길을 만들 때에는 그림 3과 같이 원하는 등고선을 만들고, 그 위에 BIM Tool로 편평한 도로를 얹어서 원하는 모양의 도로를 만들 수 있다. 경사 지형 위에 디딤돌 산책로를 만드는 경우에도 같은 방식을 사용하여 쉽게 제작할 수 있다. BIM은 실제 지형과 비슷하게 제작할 수 있기 때문에 조정설계 시 복잡한 지형을 3D형태로 검토 보완하는 도구로서 사용 가치가 매우 높다고 할 수 있다. 스케치업(SketchUp) 등 다른 프로그램의 경우 복잡한 조경모델링에 한계가 있어 설계과정에 사용하기보다는 설계를 바탕으로 결과물을 표현해 내는 도구로 사용하는 것이 바람직하다.

4.2 BIM 모델링 분석 및 대안 검토

BIM설계는 3차원의 복잡한 구조와 지형설계를 용이하게 하여 시공 전 설계단계에서 예측분석이 가능한 모델링과 동시에 평면, 입면, 상세도면 등이 자동 완성된다. 코딩을 통한 제작 자동화로 다소 복잡했던 모델링 시간이 효율적으로 단축될 수 있으며, 설계오류를 미리 파악하기 쉽고 경사로의 비율 등 여러 가지 법적 검토도 가능하다. 계단, 난간, 슬로프, 경계석 등의 모델링 자동화 도구가 있어 수작업 모델링의 오류가 대폭 감소되고 세밀한 수준으로 빠르게 모델링이 가능하다. 기존의 평면적인 2차원설계에서 사실적인 3D모델링을 상세하게 사전 검토하여 불필요한 시설물들을 삭제하거나 보완함으로써 경제성과 시공성을 향상시킬 수 있다. 앞선 BIM모델링을 통해 입체적 지형과 구조물의 배치, 경사도의 완급 등을 이해할 수 있으며 이를 분석하여 기존 조경계획에 대한 문제점을 분석하고 이에 대한 대안을 마련해 본다.

기존 배치안에 대한 문제점을 종합적으로 분석해보면 단지 중심의 녹지공간에 비효율적인 경사지형 설계로 인하여 우수가 고르게 분산되지 못하고 한 방향으로 집중되어 집중호우 시 토사유출과 배수시설 범람 등의 피해가 우려된다. 그리고 옥외계단 등 불필요한 구조물을 축소, 정리하여 시공성과 유지관리성을 극대화할 수 있다. 이에 개선 대안으로는 그림 4와 같이 건축구조와 연계되도록 보행 계단을 직선형으로 간결하게 시공토록 변경하고 기존 불필요한 화계를 제거하고 완만한 경사를 형성하고 자연스럽게 표면배수 방향을 유도하는 Flood Guard를 추가

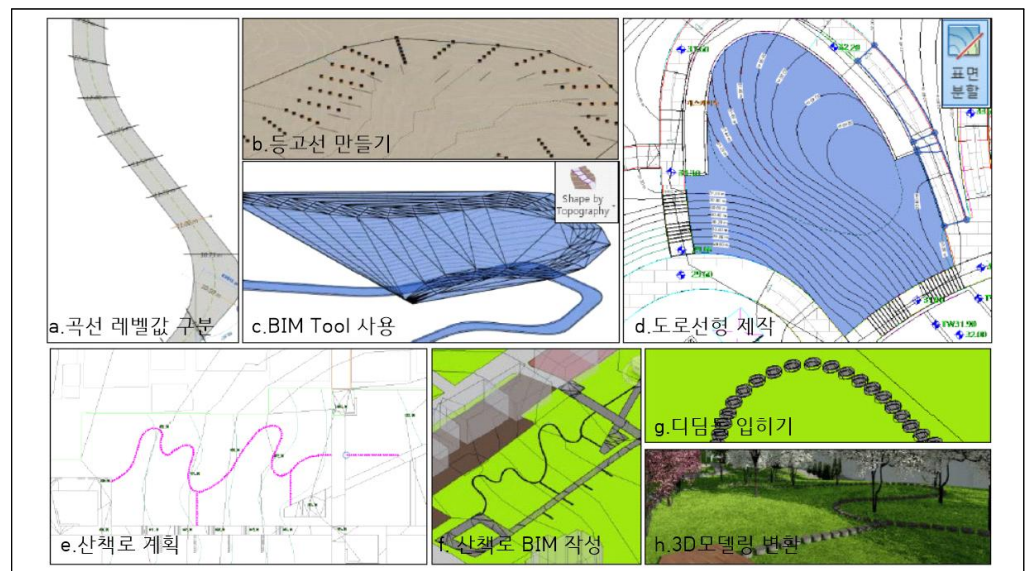


그림 3. BIM을 활용한 녹지 및 조경공간 모델링

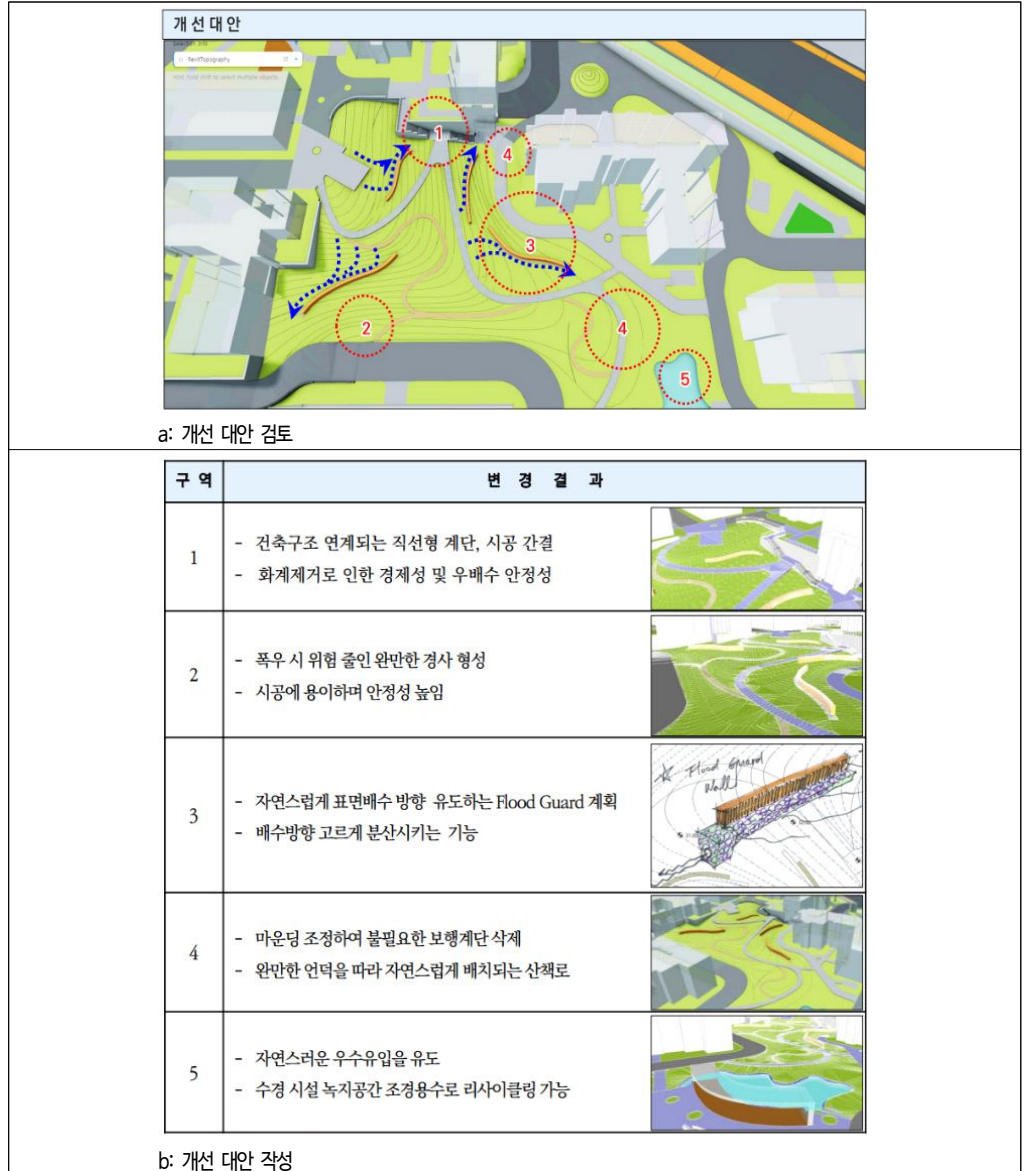


그림 4. BIM 분석을 통한 개선 검토 및 대안 작성

확한다. 마운딩을 조정하여 불필요한 계단 없이 완만하게 자연스러운 언덕 산책로를 조성하고 우수 시 수경시설로 저류될 수 있도록 유도하였다.

4.3 기후변화에 대응한 탄소저감 식재설계

지금까지의 식재설계는 입체적인 계획안을 표현하는 데 한계가 명확한 2차원적 평면도서 작성을 중심으로 진행되어 왔다. 또한 기술적으로 검증되고 정량화된 객관적 정보에 바탕을 둔 논리적인 설계기법에 근거하기보다는 매우 전통적이고 주관적인 설계자의 경험과 지식에 많이 의존하여 이뤄져 왔으며, 수목의 계절적 변화나 수형의 조형성, 식재 밀도 등과 같은 경관적, 미적 관점에 치우친 경향이 강하였다. 특히 공동주택에서는 단지내 지형과 주변 여건, 생육성 등이 면밀히 검토되지 않고 평면적인 배치설계로 계속 성장하고 변화하는 수목이 아닌 단순히 보기 좋은 장식물을 설치하는 것처럼 계획하고 있다. 대형수목 위주로 무리하게 식재하거나, 명확한 수종선정 기준 및 향후 수목의 성장과 적응성 등 합리적인 계획보다는 입주민들이 선호하고 취향에 맞춘 몇몇 수종들로 한정하여 녹지를 피복하듯이 뻑뻑하게 밀식하여 식재된다. 이러한 식재방식은 입주 후 3년이라는 하자보증 기간이 지난 후에는 특별한 유지관리 없이는 고사, 생육 불량 또는 옷자람, 강전정, 병충해 등으로 인해 대부분 훼손되고 오히려 불량 경관이 되는 문제점들이 발생하고 있다. 이는 결국 하자소송으로 귀결되는 불필요한 다툼과 막대한 사회적 비용 등

을 야기시키고 있어, 이를 해결하기 위한 설계 방식의 개선이 시급히 필요하다고 할 수 있겠다.

이에 최근의 지구온난화에 따른 기후변화에 적극적으로 대응하는 탄소저감 목표에 가장 큰 중점을 두고 BIM 모델링과 파라메트릭디자인과 같은 자동화된 알고리즘을 통해 난해하고 입체적인 설계안을 직관적인 정보로 전달할 수 있는 시각화 시물레이션을 활용하여 다양한 설계 대안들을 신속하게 마련하고 비교 검토를 진행함으로써 최적의 대안을 선정하고자 한다. 식재설계에 앞서 공동주택 식재공사에서 주로 사용하는 교목 50여종을 미리 선정하고 이에 대한 수목명, 규격, 특성, 생장률, 탄소저장능력 등 수목 고유정보와 형상이 담긴 조경수목 3D모델을 그림 5와 같이 먼저 제작하였다. 기존 2D도면에서 많이 사용하는 수목 Symbol과 실제 수목의 수형 특징 등을 고려하여 3D 식재설계 시에도 쉽게 구별할 수 있게 하였으며, 투시도와 평면도의 동시 작업도 가능하다. 조경수목 3D모델의 속성정보는 기본정보와 파라메트릭 정보를 함께 입력하였으며 기본정보는 개별수목을 선택할 때 특성창에서 확인 가능하다. 파라메트릭 정보는 수목에 값을 입력했을 때 형상과 정보가 입력값에 따라 변화되는 것과 시간에 따른 수고와 흉고의 변화, 이산화탄소 흡수량, 탄소 저장량 등의 회귀식을 담고 있다.

기존 식재설계 CAD도면을 그림 6과 같이 BIM전환설계로 작성한 3D모델링과 연동시키고 베이스 위에 미리 제작한 BIM수목모델을 입력하면서 동일하게 설계작업을 완료한 후 공동주택단지 내 중앙공원의 녹지를 중심으로 하여 준공시점을 기준으로 5년, 10년 뒤에 수목의 생장률에 따른 탄소흡수 성능분석 시물레이션을 검토하였다. 그리고 팽나무, 졸참나무, 계수나무, 대나무 등 탄소흡수성능을 고려한 우수 수종을 선정하여 변경 식재설계를 하였으며 이때 LH에서 탄소상쇄숲으로 신갈나무, 상수리나무 군락 등 5개 생태숲으로 조성된 자리피 공원과 국립산림과학원에서 강서한강공원에 포플러나무 2,700주를 식재하여 조성한 탄소흡수숲을 함께 상대 비교하면서 최적의 대안을 마련하기 위해 탄소흡수 성능분석 시물레이션을 반복 검토하였다. 이를 통해 그림 7처럼 당초 식재설계안의 산출 결과보다 약 4~5배 가량의 탄소흡수성능이 높아지는 것으로 확인되었으며, 공동주택단지임에도 불구하고 LH와 국립산림과학원의 비교 모델과도 유사한 수준까지 도달하였다.



그림 5. 조경수목 BIM 3D 모델링 제작

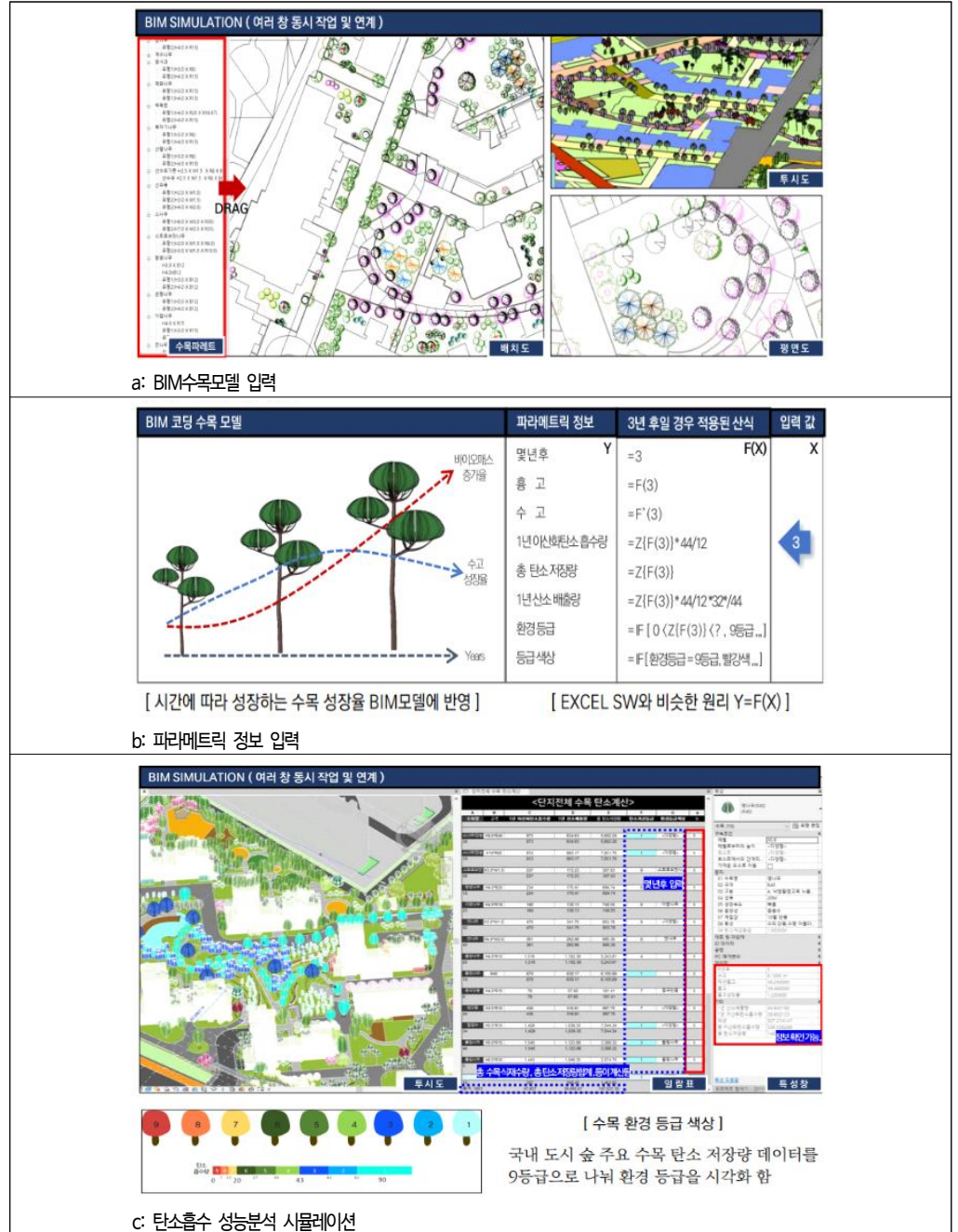


그림 6. 조경 수목의 3D모델 식재 설계

5. 결론

본 연구에서는 사업 전반에 걸쳐 조정뿐만 아니라 건축, 토목, 전기, 설비 등 여러 복합 공종들과의 디지털협업이 계속적으로 요구되어 BIM설계의 데이터통합 활용성에 잘 부합하는 공동주택단지의 조정설계 사례를 대상으로 하여 BIM설계를 적용해 보고 그에 따른 실용적인 활용성을 알아보았다. 이는 앞서 기술했듯이 조정분야에서는 현실적으로 물적·인적 자원의 부족으로 BIM으로만 설계도서를 온전히 작성하는 BIM전면설계 방식이 어렵기 때문에 우선 시급하게 현장에서 실질적으로 바로 적용할 수 있도록 기존 방식대로 오토캐드(AutoCAD) 설계를 기본으로 하면서도 꼭 검토가 필요한 부분만 한정적으로 최적의 BIM모델링을 하는 BIM전환설계 프로세스와 탄소저장 및 흡수능력 정보를 갖춘 수목BIM모델 작성 등을 제시함으로써 현재 2D평면설계에만 머물고 있는 조정설계의 한계성에서 최소한의 BIM설계 활용가능성과 타당성을 검토해 보았다는 데 의의가 있다. 이를 통해 2D평면설계 방식

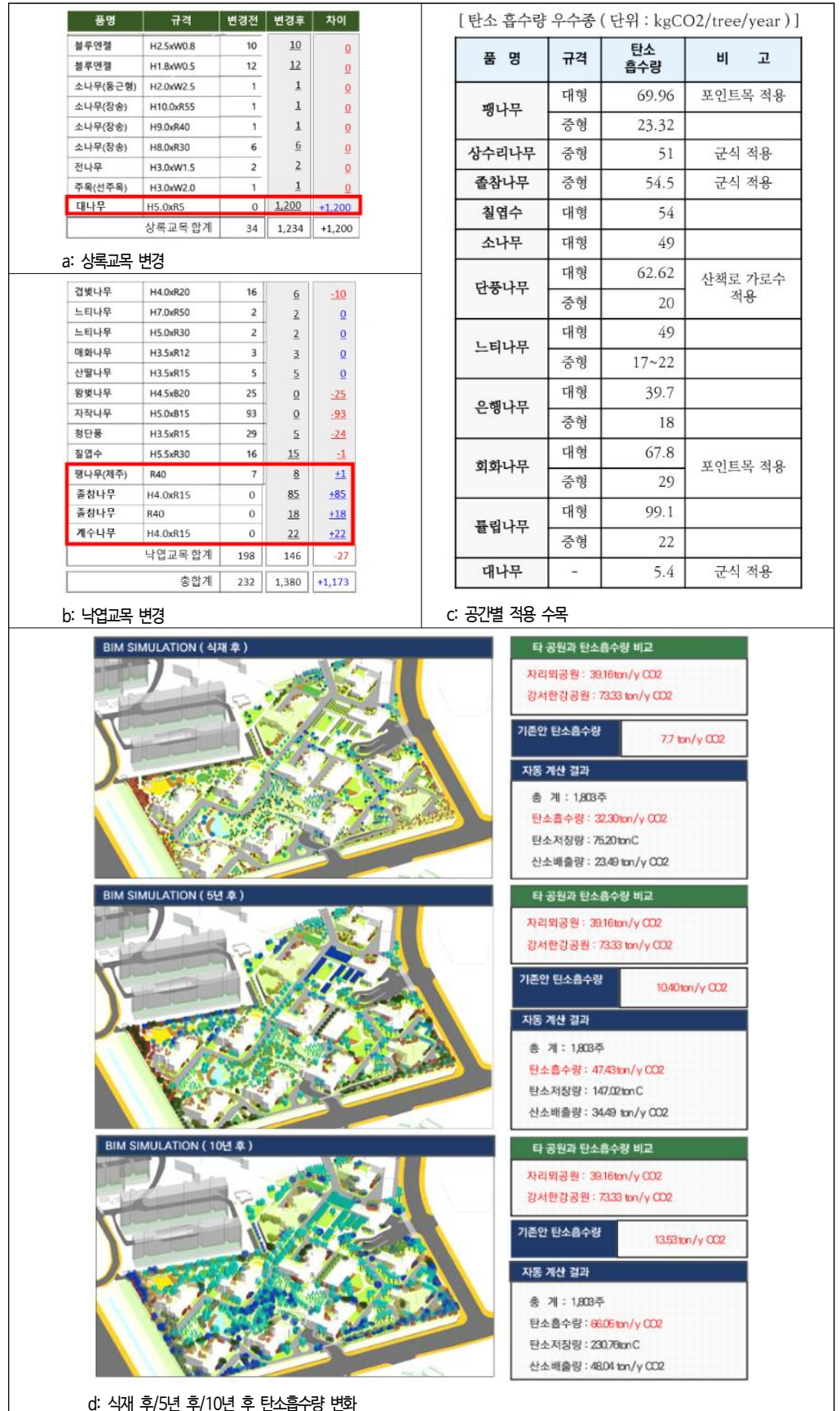


그림 7. 변경 식재설계안 탄소흡수 성능분석 시뮬레이션 검토

에서는 검토가 어려웠던 설계요류를 수정하고 올바른 대안을 작성할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 경관미학적 식재 계획의 접근방식에서 벗어나 지구온난화를 늦추기 위한 탄소저감 목표에 가장 큰 중점을 두고 최적의 탄소저감숲 계획 프로세스를 제시할 수 있었다. 이와 같은 BIM을 활용한 설계분석 프로세스는 업무의 생산성을 향상시키고 정량화된 설계지표에 대한 객관적 검토로 설계의 신뢰도를 높여 정확한 고품질의 시공성을 확보할 수 있으며, 준공 이후에도 명확하고 디테일한 3D모델링 데이터를 활용하여 생애주기비용(Life Cycle Cost, LCC)을 고려한 편리하고 효율적인 유지관리가 가능할 것으로 기대된다. 또한 수목의 생장률 변화와 이산화탄소 저장 및 흡수량 등의 회귀식 데이터가 담긴 BIM 3D조경 수목모델을 제작하고 파라메트릭디자인을 통한 변화예측 시뮬레이션으로 수목의 시간 변화에 따른 생장과 탄소저장량을 반복 검토함으로써 기존 설계안 대비 탄소저장능력이 훨씬 향상된 최적의 식재설계안을 마련하기 위한 수목선정 및 배식에 대해 적정성을 평가하고 객관적, 논리적 근거를 마련하였다. 이러한 탄소저감숲 계획은 단지 내에 거주하는 입주민에게 더욱 쾌적한 환경을 제공할 뿐만 아니라 도시 전체와 전 지구적인 관점에서 지속 가능하고 친환경적인 계획으로 큰 도움을 줄 수 있을 것이다. 앞으로도 지속적인 사례연구와 BIM활용기술 적용을 통해 가까운 미래에는 조경분야에서도 누구나 편리하게 BIM을 활용할 수 있기를 기대해본다.

References

1. 국립산림과학원(2012) 탄소지킴이 도시숲. 국립산림과학원.
2. 국립산림과학원(2014) 한국 주요 수종별 탄소배출계수 및 바이오매스 상대생장식. 국립산림과학원.
3. 국립산림과학원(2019) NIFoS 산림정책이슈 제129호. 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver. 1.2).
4. 국토교통부(2020) 건설산업 BIM 기본지침. 한국건설기술연구원 BIM클러스터.
5. 국토교통부(2022) 건설산업 BIM 시행지침 설계자 편. 한국건설기술연구원 BIM클러스터.
6. 김복영(2019) 도시재해 저감설계를 위한 조경정보모델의 활용. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
7. 나성진(2021) 조경설계 분야에서 파라메트릭디자인의 사례분석과 활용가능성. 한국조경학회지 49(2): 1-16.
8. 이명준(2018) 조경 설계에서 디지털 드로잉의 기능과 역할. 한국조경학회지 46(2): 1-13.
9. 이명준(2020) 한국 조경에서 컴퓨터 테크놀로지의 활용에 관한 담론의 변천: 『한국조경학회지』와 『환경과조경』을 중심으로. 한국조경학회지 48(1): 15-24.
10. 하지아(2022) 조경분야 최적화 설계 지원을 위한 수목 탄소계산기 개발 및 적용. 청주대학교 대학원 석사학위논문.