



RESEARCH ARTICLE

기존 건축물의 내재 탄소 배출량 산출을 위한 CAD 기반 물량 자동화 추출 모델에 관한 연구

강찬혁¹ · 박창영² · 박성현³ · 최창호^{4*}

¹광운대학교 일반대학원 건축공학과 석사과정, ²㈜미래환경플랜건축사사무소 건축친환경기술연구소 부소장,
³㈜미래환경플랜건축사사무소 건축친환경기술연구소 연구소장, ⁴광운대학교 건축공학과 교수

A Study on the CAD-Based Quantity Automation Extraction Model for the Calculation of Embodied Carbon Emissions of Existing Buildings

Kang, Chan-Hyeok¹ · Park, Chang-Young² · Park, Seong-Hyun³ · Choi, Chang-Ho^{4*}

¹Master Course Student, Department of Architectural Engineering, Graduate School, Kwangwoon University, Seoul, Korea

²Deputy Director, Institute of Green Building and New Technology, Mirae Environment Plan, Seoul, Korea

³Director, Institute of Green Building and New Technology, Mirae Environment Plan, Seoul, Korea

⁴Professor, Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Seoul, Korea

*Corresponding author: Choi, Chang-Ho, Tel: +82-2-940-5566, E-mail: choi1967@kw.ac.kr

ABSTRACT

While the world has been focusing its efforts on reducing greenhouse gas emissions to address climate change, South Korea has seen the highest increase in per capita CO₂ emissions among OECD countries, necessitating a government-level response. The South Korean government has been implementing various policies to reduce greenhouse gases emitted during the construction and operation phases of buildings. These policies primarily focus on reducing energy usage in buildings and installing renewable energy sources, but research on carbon reduction technologies through resource conservation and recycling is still lacking. Nonetheless, reducing carbon emissions over the course of a building's life cycle of buildings is becoming increasingly important, and Life Cycle Assessment (LCA) is an indispensable method for this purpose. The LCA uses the quantity of building materials used in construction, and to support this, study was conducted to develop a CAD-based automated quantity extraction model. However, this model has shown an error rate of 5-20%, failing to fully account for manual errors by workers and the complexity of construction sites. To address this issue, further research is needed to develop a more accurate prediction model for the quantity of building materials.

주요어 : 순환경제, 전과정 평가, 내재 탄소 배출량, 캐드, 자동화 추출, 탄소중립

Keywords: Circular economy, Life cycle assessment, Embodied carbon emissions, Computer aided design, Automation extraction, Carbon neutrality

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2024 February, 18(1): 49-60
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20240005>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: January 8, 2024
Revised: January 27, 2024
Accepted: January 30, 2024

© 2024 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

제 21차 유엔기후변화협약 당사국 총회(Conference of the Parties, COP)는 온실가스 배출 감축을 위해 파리기후협약을 채택하였다. 이 협약의 주요 목표는 2050년까지 지구 평균온도를 산업혁명 이전 대비 2°C 이내로 제한하는 것이며, 이를 위해 국제 지속가능성 표준위원회 (ISSB)는 직접, 간접, 기타 배출을 포함하는 국제 표준 체계 GHG (Green House Gas) 프로토콜을 제안하였다. GHG 프로토콜은 기업이나 조직에서 배출하는 탄소 배출량을 산출하는 기준을 제공함으로써, 탄소중립 달성을 위해 배출량 절감 및 관리에 도움을 주고 있다(Smith and Lee, 2022).

Figure 1은 1990년부터 2021년까지 주요 OECD 회원국의 1인당 이산화탄소 배출량 증가추세를 나타낸다. 주요 OECD 회원국 중 한국이 가장 높음을 알 수 있다(Hannah and Max, 2020). 이에 정부는 탄소 배출량 감축을 위해 2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)를 2018년에 발표하였고, 더 나아가 2021년에는 2018년 대비 NDC를 40% 상향하였다(The Government of the Republic of Korea, 2021). 온실가스는 수송, 건설, 열 생산 등 여러 산업 활동을 통해 배출되며, 특히 건축물의 시공 및 운영 단계에서 배출되는 이산화탄소량은 전체 배출량의 약 37%로 가장 높은 것으로 나타났다(UNEP, 2021). 이는 건축 산업이 온실가스 감축목표의 핵심 분야라고 볼 수 있다.

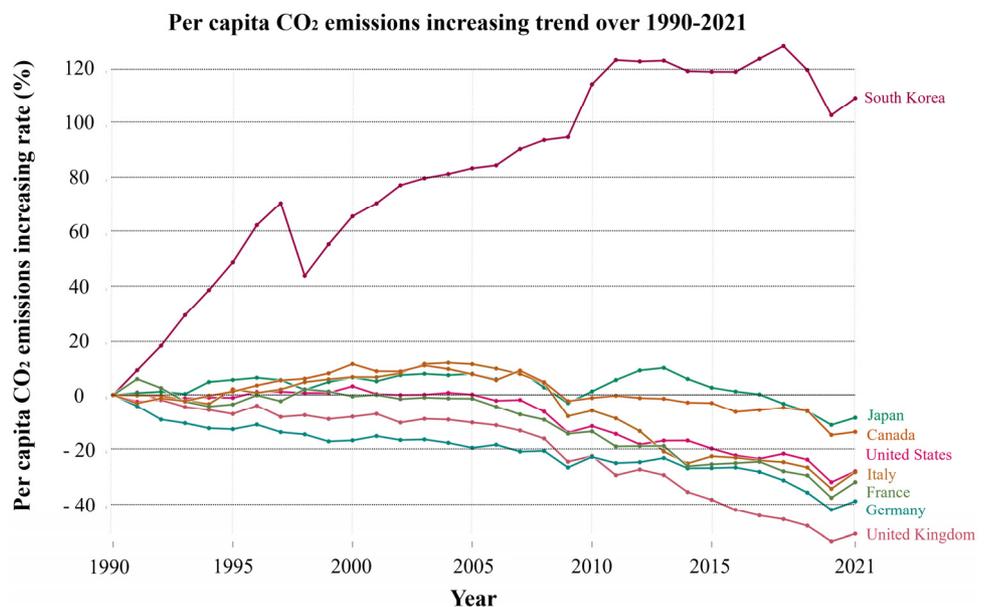


Figure 1. Per capita CO₂ emissions increasing trend over 1990-2021 (Source: Hannah and Max, 2020)

건축 분야에서의 온실가스 배출량을 감축하고자 정부에서는 제로에너지건축물을 의무화하고 그린리모델링을 활성화하고 있다(Choi et al., 2021). 정부 정책은 에너지 사용량 절감, 신재생 에너지 설치 등 에너지 정책에 집중되어, 자원 절감과 재활용을 통한 탄소배출 저감에 대한 반영은 미비한 실정이다. Cho (2016)와 McKinsey & Company (2021)의 연구에 따르

면 건축물의 전체 탄소 배출량 중에서 자재 생산 및 시공에서 약 30%, 운영에서 약 70%, 해체에 서 약 2~3%를 차지하였다. 이는 탄소중립 실현을 위해 전 생애주기 전반에 탄소배출 절감의 중요성을 나타냈다. 전 생애주기에 대한 환경 영향성 평가 방법의 하나인 전과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA)가 순환경제 기반 탄소중립 건축의 핵심으로 주목받고 있다. 건축물의 전 생애주기 관점에서 배출되는 탄소 배출량은 내재 탄소 배출량과 운영 탄소 배출량으로 구분할 수 있다. 내재 탄소 배출량은 생산, 운송, 시공 및 폐기 단계에서 배출되는 탄소량이며, 운영 탄소 배출량은 건축물 운영 시 에너지 사용으로 인해 발생하는 탄소량이다. 따라서, 전 생애주기에 대한 내재 및 운영 탄소 배출량 감축을 통해 순환경제 기반의 탄소중립을 실현할 수 있다.

전과정 평가는 신축 건축물뿐만 아니라 기존 건축물에도 적용할 수 있다. 건축물의 내재 탄소 배출량을 산출하기 위해서는 건축 자재 물량이 필요하지만, 기존 건축물에 대한 물량 산출서는 대부분 유실되거나 보존되지 않고 있다. 따라서, 2D CAD 기반 건축 도면으로부터 물량을 산출하여 많은 시간을 소요하는 문제가 있다(Lim et al., 2020). 이에 본 연구에서는 CAD 기반 건축 자재의 물량 자동화 추출 모델에 관한 연구를 진행하였으며, 이를 통해 기존 건축물에 대한 내재 탄소 배출량 자동화 추출의 한계점 및 개선방안을 제시하고자 한다.

건축물의 내재 탄소 배출량 산출을 위한 요구정보

전과정 평가에 대한 국제 표준

전과정 평가는 전 생애주기에서 발생하는 환경적 영향을 종합적으로 평가하는 것으로, 제품들의 생산부터 폐기 단계에 이르기까지 사용되는 에너지를 비교할 목적으로 수행되고 있다. 전과정 평가의 기본 원칙과 수행과정은 1997년 ISO 14040에 의해 표준화되었고, 규정이 추가되면서 현재의 ISO 14040 (2004) 시리즈를 구성하고 있다. 전과정 평가에 대한 국제 표준 ISO 14040 시리즈는 Table 1과 같다(Lim and Tae, 2023).

Table 1. Evaluation of the entire process according to ISO 14040s - Environmental management (Source: Lim and Tae, 2023)

CODE	Title
ISO 14040 (2006)	Life cycle assessment - Principles and framework
ISO 14044 (2006)	Life cycle assessment - Requirements and guidelines
ISO 14045 (2012)	Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines
ISO/TR 14047 (2012)	Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations
ISO/TS 14048 (2002)	Life cycle assessment - Data documentation format
ISO/TR 14049 (2012)	Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis
ISO/TS 14072 (2014)	Life cycle assessment - Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment

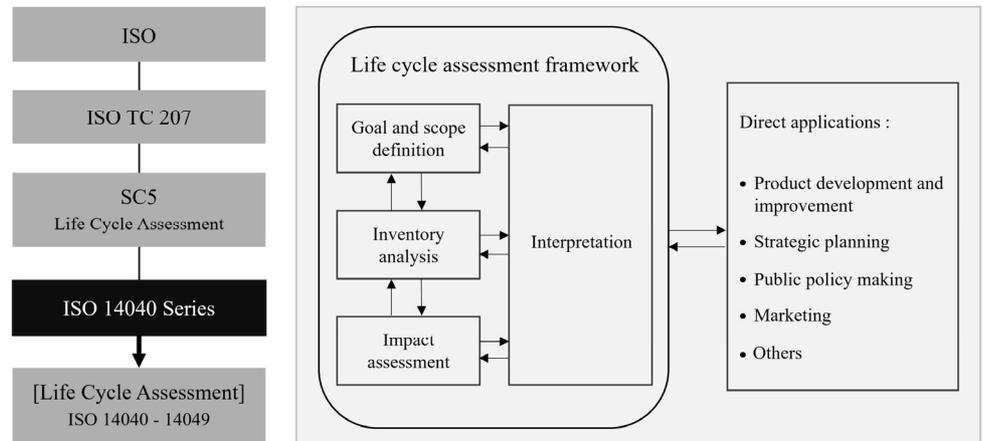


Figure 2. All process evaluation methods and procedures in accordance with ISO (Source: Lim and Tae, 2023)

Figure 2는 ISO 14040 시리즈에 따른 전과정 평가 방법과 절차를 나타낸다. 전과정 평가 절차는 목적 및 범위를 설정하고 해당되는 항목을 분석하여 영향평가를 진행한 후 결과를 해석하는 방식으로 수행되고 있다(Cho et al., 2017). 건축물 또한 ISO 규정을 중심으로 전과정 평가에 관한 방법론 및 제도와 지침이 개발되었다(Lim and Tae, 2023).

국제 표준에 따른 건축물의 전과정 평가

ISO 규정을 바탕으로 건축물의 전과정 평가는 전 생애주기에 대해서 지구 환경에 미치는 영향을 평가하고 있다. Hong et al. (2012)은 전과정 평가를 통한 건축물의 환경영향 범주를 정의하고 있다. 범주는 6개로 지구온난화(Global Warming Potential, GWP), 오존층 파괴(Ozone Layer Depletion Potential, ODP), 자원고갈(Abiotic Depletion Potential, ADP), 산성화(Acidification Potential, AP), 부영양화(Eutrophication Potential, EP), 광화학산화(Photochemical Oxidation Potential, POCP)이다. 이 중 지구온난화 범주는 이산화탄소 배출량을 기준으로 평가된다. 다른 온실가스들은 정부간 기후변화 협의체(Intergovernment Panel on Climate Change, IPCC)에서 제시한 지구온난화 지수를 통해 이산화탄소와 등가적으로 환산하여 산출한다. 주요 온실가스에 대한 지구온난화 지수는 Table 2와 같다.

Table 2. GWP value of the key components presented by IPCC over time (Source: IPCC, 2021)

Greenhouse Gas	100 year time period			20 year time period		
	AR4 (2007)	AR5 (2014)	AR6 (2021)	AR 4 (2007)	AR5 (2014)	AR6 (2021)
CO ₂	1	1	1	1	1	1
CH ₄ (Fossil)	25	28	29.8	72	84	82.5
CH ₄ (Non-fossil)	25	28	27.2	72	84	80.8
N ₂ O	298	265	273	289	264	273

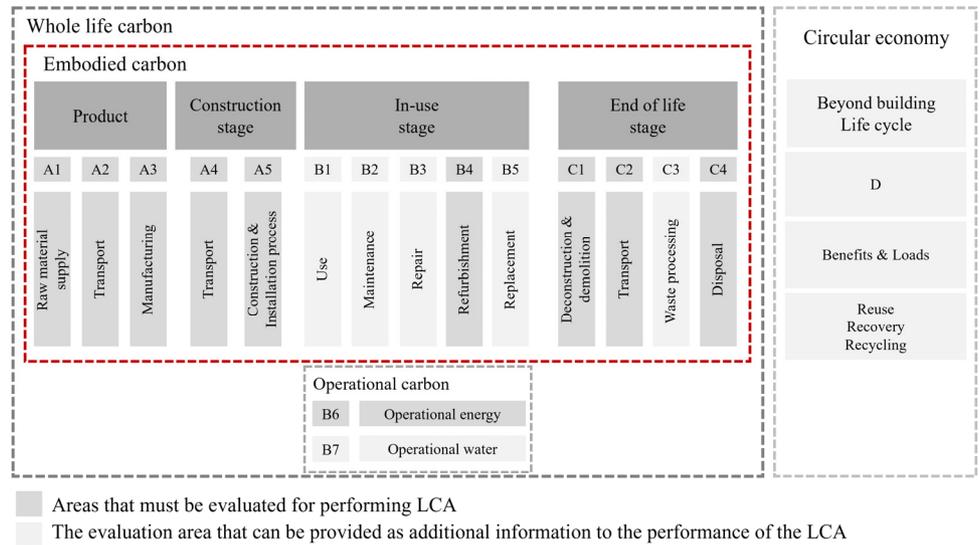


Figure 3. System boundaries for the evaluation of the entire building process (Source: EN 15978, 2011)

선행 연구에 따르면 건축물의 전 생애주기에 대한 시스템 경계를 Figure 3에 제시하고 있다(EN 15978, 2011). 시스템 경계는 건축물의 전과정 평가를 진행하는 필수 및 보조 항목의 범위를 지정하였으며, 전 생애주기에서 발생하는 탄소 배출량은 내재 탄소 배출량과 운영 탄소 배출량으로 구분하고 있다.

건축물의 전 생애주기에서 내재 탄소 배출량은 투입되는 건축 자재를 생산하는 과정, 운송하는 과정, 시공 시 건설 기계 및 운반 장비 등의 에너지 사용, 교체 및 해체 시 투입되는 에너지 소비량으로부터 발생하고 있다(Lee and Lee, 2022). 즉, 내재 탄소 배출량은 전 생애주기에서 발생하는 전체 배출량 중 운영 단계에서의 에너지 소비량에 기인한 탄소 배출량을 제외한 것으로, 식 (1)로 계산할 수 있다(Roh and Tae, 2017).

$$EC_{Total} = EC_{PD} + EC_{CS} + EC_{MP} + EC_{EL} \quad (1)$$

여기서 EC_{Total} 은 내재 탄소 배출량, EC_{PD} 은 건축 자재 생산에서 투입된 에너지로 인한 탄소 배출량, EC_{CS} 은 시공단계 투입된 에너지로 인한 탄소 배출량, EC_{MP} 은 운영 단계의 에너지 소비량을 제외한 유지관리에 투입 에너지로 인한 탄소 배출량, EC_{EL} 은 건축물의 해체 및 폐기 단계에서 투입된 에너지로 인한 탄소 배출량을 의미한다. 건축물의 전과정 평가 프로세스는 Figure 4와 같으며 EC_{PD} , EC_{CS} , EC_{MP} , EC_{EL} 은 투입되는 건축 자재의 물량과 에너지 사용량을 기반으로 산출된다. EC_{PD} , EC_{MP} 은 투입 자재의 물량과 자재별 환경 원단위의 곱으로 산정되며, 이는 건축 자재의 물량이 내재 탄소 배출량 산정에 있어 중요한 요소임을 알 수 있다.

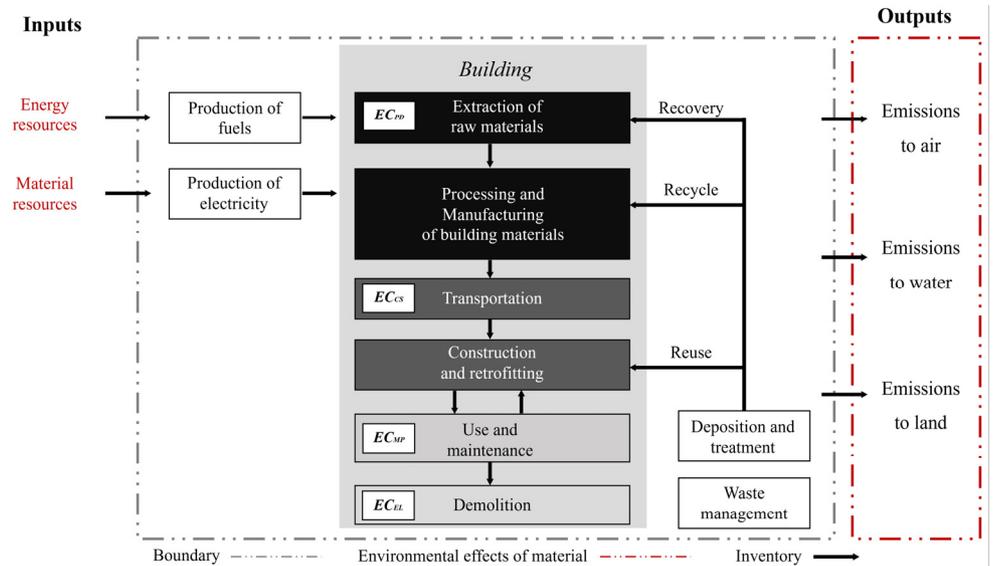


Figure 4. Process of life cycle assessment for building

CAD 기반 건축 자재의 물량 자동화 추출 모델

CAD 기반 데이터 추출 개요

건축물의 전과정 평가는 설계도면, 수량 산출서, 내역서 등을 기반으로 진행되며, 이 과정에서 건축 자재의 물량 산출은 주로 CAD 기반의 2D 도면을 활용한 수작업에 의존한다. 이 방식은 담당자의 경험과 기술에 상당히 의존적이며, 이에 따라 정확도에 변동이 발생하고 상당한 시간이 소요된다는 단점을 내포하고 있다(Lee et al., 2018). 이러한 문제점은 전과정 평가에도 영향을 미치며, 전과정 평가를 지원하기 위한 건축 자재의 물량 자동화 산출 모델의 필요성을 제기하고 있다. 이에 따라 CAD로부터 데이터를 추출하는 방법을 조사하였다. 데이터 추출은 데이터 구조와 포맷을 이용하여 추출하고 있다.

데이터 구조는 IFC (Industry Foundation Classes), STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data), 데이터 포맷은 IGES (Initial Graphics Exchange Specification), DWG (DraWinG), DXF (Drawing eXchange Format)로 각각 구분하여 추출할 수 있는 정보와 한계점을 Table 3에서 설명하고 있다. IFC는 건축에 특화된 국제 표준 데이터지만 BIM (Building Information Model) 데이터에 초점을 두어 일부 CAD 소프트웨어와의 호환성 문제가 발생하며, STEP은 주로 3D 모델을 위한 정보 체계로 2D 데이터 추출 시 정보 누락이 발생하고 있다. DWG와 IGES는 특정 소프트웨어에 종속되거나 오래된 데이터 포맷으로 최신 기능 지원의 한계점을 나타내지만, DXF는 소프트웨어 호환성이 뛰어나고 누락 없이 정보를 추출할 수 있어 CAD 기반의 물량 자동화 산출 모델 개발의 적합한 추출 방식으로 분석되었다.

Table 3. Analysis of CAD data formats and structures: extractable information and limitations (Source: Eastman et al., 2008)

Category	Extractable Data	Limitations
Data structure	IFC BIM elements, Relationships, Properties, Spatial information, and more	Primarily focused on 3D BIM data and may face compatibility issues with some CAD software
	STEP Shape, Surface information, Dimensions, Annotations, and more	Designed for representing complex 3D models and may result in omissions when extracting simple information derived from 2D drawing
Data formats	IGES 3D shape information, Property data, Assembly structures, and more	Outdated standard with limited support for advanced features, leading to compatibility issues
	DWG 2D/3D drawings, Dimensions, Annotations, Lines, Types, Layer information, Attribute data, and more	Optimized for AutoCAD and has limited compatibility due to its binary format
	DXF Drawing layouts, Dimensions, Annotations, Line types, Layer information, and more	Not suitable for extracting complex 3D or BIM data

모델의 물량 자동화 추출 방법

건축물의 전과정 평가는 기본적으로 중량 기반의 제외를 기준(Cut-off Criteria)으로 투입되는 건축 자재 중 누적 중량 기여도 높은 자재에 대해서 평가를 진행한다. Lim et al. (2018)에 연구에 따르면 업무용 건축물의 중량 단위로 환산하여 분석한 결과 레미콘이 전체 투입 자재의 중량에서 85% 이상 차지하는 것으로 나타났다. 누적 중량 기여도에 따른 주요 건축 자재는 건축물 별로 달라, 본 연구에서는 전체 투입 자재 대비 중량 비율이 가장 높은 레미콘과 그 외 철근, 벽돌, 유리, 단열재를 주요 자재로 선정하고 물량 자동화 산출 모델 개발을 진행하였다.

모델 개발을 위해 개발 언어는 Python, 개발 환경은 Visual Studio Code를 이용하여 DXF의 데이터를 추출하였다. 오픈 라이브러리인 Ezdxf는 DXF의 복잡한 구조를 파악하고 각 엔티티와 구성 요소를 추출하기 용이하여, Ezdxf를 통해 DXF 데이터 추출을 진행하였다. 라이브러리는 DXF의 기하학적 요소, 블록 및 참조, 주석, 속성, 레이어, 스타일 및 기타 설정, 그룹 및 기타 구조 등과 같은 정보를 추출할 수 있다. 이에 본 연구에서 개발된 모델은 선분들의 좌표 정보를 이용하여 층별 평면도로부터 레이어별 면적을 추출하고, 각 면적에 건축물의 층고를 곱하는 방식을 사용하였다.

창호 등과 같은 개구부가 존재하는 벽체 대한 물량을 산출하기 위해 앞서 설명된 방법을 적용하였다. 그 결과 창호 물량이 과도하게 산출되는 오차가 발생하였다. 이러한 문제점을 해결하고자 개구부가 존재하는 벽체에 대해서는 다음과 같은 방식으로 물량을 산출하였다. 개구부가 존재하는 벽체를 없는 벽체로 가정하여 물량을 산출하였다. 여기에 창호 면적에 재료별 두께를 곱하여 적산량을 차감하는 방식으로 물량을 산출하였다. 또한, 기초와 보, 바닥, 천장에 대한 물량 산출은 단면도로부터 추출하는 방식을 사용하였다.

재료별 물량 산출 과정을 정리하면 다음과 같다. 콘크리트와 단열재 물량은 Table 4의 (A)~(E) 범위에 따라 계산하고, 그 값을 합산하여 산출한다. 또한, Table 5는 철근, 유리, 벽돌의 물량 산출 방법을 나타낸다. 철근은 종류별 길이 합산 값에 KS D 3504에서 제시한 단위 길이당 중량 계수(kg/m)를 곱하여 산출하고, 유리나 벽돌은 각각 창호 일람표, 입면도에서 유리나 벽돌 레이어 선이 감싸는 면적을 합산하여 산출한다.

Table 4. Calculation method of volum of concrete and insulation materials by range

Range	Concrete	Insulator
(A)	$\sum(\text{Sectional area of slab} * \text{Length})$	-
(B)	$\sum(\text{Sectional area of beam} * \text{Length}) + \sum(\text{Sectional area of wall} * \text{Length})$	Ceiling insulation area * Insulation thickness
(C)	{The area surrounded by the concrete layer line segment in the plan * Height (C)} - (Glass area * Concrete thickness of the wall)	{The area surrounded by the insulation layer line segment in the plan * Height (C)} - (Glass area * Insulation thickness of the wall)
(D)	Floor concrete area * Concrete thickness	Floor insulation area * Insulation thickness
(E)	$\sum(\text{Sectional area of foundation} * \text{Length})$	-

Table 5. Calculation of Quantity amounts for rebars, bricks, and glass

Volume/Area by material	Calculation method
Rebars mass (kg)	$\sum(\text{Rebar length} * \text{Weight per unit length of rebar})$
Glass areas (m ²)	$\sum(\text{The areas of the windows shown in the drawing})$
Bricks area (m ²)	$\sum(\text{The area surrounded by layer of bricks in the elevation plan})$

물량 자동화 추출 모델의 정합성 검토

모델의 정합성 검토 개요

본 연구에서 개발한 CAD 기반 물량 자동화 추출 모델의 정합성을 검토하기 위해 대상 건축물을 선정하고 실제 물량과 모델을 통해 산출된 값을 비교하였다. 대상 건축물은 강원도 양

양군에 있는 철근콘크리트 구조의 마을회관으로, 층고가 4.3 m, 건축면적이 138.66 m²이다. 대상 건축물의 개요 및 재료 특성에 대한 자세한 내용은 Table 6, 7과 같다.

Table 6. Characteristics of the target building for consistency review

Floor Plan	
Sortation	Content
Location	Heoryoung-ri, Ganghyeon-myeon, Yangyang-gun, Gangwon-do
Use of building	Neighborhood living facilities
Structure	Reinforced concrete structure
Number of buildings and floors	Building 1, 1st floor
Building height / Building area	4.3 m / 138.66 m ²

Table 7. Material and thickness of each part of the target building

Category	Material	Thickness (mm)
Exterior wall	Concrete	200
	Insulator	50
	Air	20
	Exterior finishing material	30
Interior wall	Concrete	200
Floors	Concrete	400
	Insulator	125
Slab	Concrete	150
	Insulator	220

모델의 정합성 검토 결과

현장에서는 건축 도면 대신 적산 회사에서 작성된 시공상세도를 바탕으로 물량을 산출한다. 시공상세도는 건축 도면과 달리 실제 시공 시 발생하는 소모 및 절단 낭비를 고려하여 철

저하게 작성된다. 기존 건축물은 시공상세도가 미보존되거나 건축 도면 또한 유실되는 경우가 태반이며, 대부분 실측을 통한 건축 도면에서 물량을 산출하고 있다. 이에 시공상세도를 통해 산출된 물량과 오차가 발생할 것으로 예상되었다. 따라서, 이를 해결하고자 건설공사 표준품셈(MOLIT, 2023)에서 제시된 건축 자재별 할증률을 곱하여 비교를 진행하였다. 정합성 검토에 대한 내용 및 오차율은 Table 8과 같다.

Table 8. Comparison of actual and predicted quantity for each type of building materials

Sortation	Actual quantity	Predicted quantity		Error rate	
		Surcharge application	Not applied	Surcharge application	Not applied
Concrete	187.0 m ³	173.0 m ³	171.2 m ³	- 7.4%	- 8.4%
Rebar	22.4 Ton	18.5 Ton	18.0 Ton	- 17.4%	- 19.6%
Insulator	52.2 m ³	42.6 m ³	38.7 m ³	- 18.2%	- 25.8%
Glass	109.0 m ²	93.1 m ²	92.1 m ²	- 14.5%	- 15.5%

정합성 검토 결과는 다음과 같다. 주요 자재들의 오차율 범위는 5%에서 20%로 확인되었다. 할증률 반영 여부에 따른 오차율 차이는 콘크리트 1.0%, 철근 2.2%, 단열재 7.6%, 유리 1.0%로 나타났다. 이는 2D CAD 기반 건축 도면만으로는 구조체의 비선형, 철근의 정착길이, 창호의 구성(단일, 이중, 삼중 등) 등을 반영하기 어려워, 본 결과치가 나타난 것으로 판단된다. 또한, 할증률 반영 여부에 따른 오차율 차이가 단열재가 가장 높게 보인 것은 다른 재료들의 할증률은 1~3%인 반면에 단열재는 파손 위험성이 높아 할증률이 10%로 설정된 것이 주된 요인으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 기존 건축물의 내재 탄소 배출량 산출을 위한 CAD 기반의 건축 도면으로부터 물량 자동화 추출 모델 개발을 진행하였으며, 주요 결과는 다음과 같다.

- (1) 대부분의 설계 도서는 CAD 기반으로 작성되어 있어, 최적화된 데이터 추출을 위해 CAD 데이터 포맷과 체계를 조사하였다. 이에 CAD 소프트웨어 간 호환성이 높고 데이터 누락을 최소화하는 DXF 포맷으로부터 데이터를 추출하는 것이 가장 적합한 것으로 확인되었다.
- (2) 개발에 용이한 Python 언어와 Visual Studio Code 환경에서 모델을 개발할 경우, DXF 구조를 파악하고 엔티티 정보를 체계적으로 추출할 수 있는 Ezdxf 라이브러리가 DXF 데이터 추출에 특화된 것으로 나타났다.
- (3) 전과정 평가는 투입되는 건축 자재 중 누적 중량 기여도가 높은 자재에 대해서 평가하나, 건축물마다 주요 자재가 다르므로 본 연구에서는 전체 투입 자재에서 중량 비율을 높게

차지하는 레미콘, 철근, 벽돌, 유리, 단열재들의 물량을 자동화 산출하는 모델에 대해 개발을 진행하였다.

- (4) 모델의 정합성 검토를 진행하고자 모델을 통한 물량 값과 실제 물량 값을 비교하였다. 대부분의 기존 건축물은 시공 상세도가 미보존되는 경우가 태반임으로, 2D CAD 기반의 건축 도면으로부터 물량 산출 정확성을 향상하고자, 표준품셈의 활용률을 적용하였음에도 불구하고 실제 물량과 상당한 오차율이 있음을 확인하였다.
- (5) 이는 현장의 조건, 소모 및 절단 낭비 등의 반영뿐만 아니라 구조체의 비선형, 철근의 정착길이, 창호의 구성(단일, 이중, 삼중 등) 등을 반영하지 못한 것으로 판단되었다. 이에 한계점을 해결하고 기존 건축물의 정확한 물량을 산출할 수 있는 후속 연구의 필요성을 확인하였다.

후기

본 연구는 2023년 광운대학교 교내연구비 지원에 의함. 또한, 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00217322).

References

1. Cho, H.T., Kwon, S.H., Han, J.G. (2017). Estimation of Environmental Load of Geotechnical Structure using Multiple Regression Analysis. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(6), 1581-1586.
2. Choi, M.J., Jeon, J.W., Lee, D.H. (2021). The Analysis of Energy Performance for Certification Case of Zero Energy Building Through Green Remodeling in Korea. *Journal of KIAEBS*, 15(2), 213-223.
3. Hong, T.H., Ji, C.Y., Jeong, K.B. (2012). A Environmental Impact Assessment of Buildings based on Life Cycle Assessment (LCA) Methodology. *Journal of KJCEM* 13(5), 84-93.
4. Lee, S.K., Lee, S.I. (2022). Improvement of Greenhouse Gas Emissions Calculation Considering the Life Cycle of Embodied Carbon of Buildings. *Journal of Climate Change Research*, 13(5), 557-565.
5. Lee, Y.K., Han, J.G., Kwon, S.H. (2018). A Study on the Evaluation of Environmental Load Based on LCA Using BIM - Focused on the Case of NATM Tunnel-. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 38(3), 447-485.
6. Lim, H.J., Choi, C.H., Han, C.H., Lee, J.B. (2020). Verification Method for Quantity Takeoff Results of Concrete Works Using Design Drawing Information. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 21(5), 20-28.
7. Lim, H.J., Tae, S.H. (2023). Building Life Cycle Assessment Technology and Cases for Carbon Neutral Response. *Journal of the Korean Institute of Building Construction*, 23(3), 12-18.
8. Roh, S.J., Tae, S.H. (2017). An Analysis of the Life Cycle Embodied Carbon Emissions of Apartment Buildings Using Probabilistic Analysis Method. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 33(1), 65-72.

9. Smith, J.A., Lee, K. (2022). Evaluating the GHG Protocol and Its Impact on Climate Change Mitigation. *Journal of Environmental Management*, 145(2), 123-135.
10. Cho, S.H. (2016). A Study on Analysis and Assessment of the LCCO₂ Emissions for Building Construction by Using the Life Cycle Assessment Methodology. *Proceedings of the Korean Institute of Building Construction Conference*, 16(1), 256-260.
11. Lim, H.J., Kim, R.H., Tae, S.H. (2018). An Analysis of Greenhouse Gas Emissions Per Step of the Office Building Based on Method of the Building Life Cycle Assessment. *Journal of the Architectural Institute of Korea an Academic Conference*, 38(2), 470-473.
12. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). IPCC's Sixth Assessment Report.
13. McKinsey & Company. (2021). Call for action: Seizing the decarbonization opportunity in construction, 12.
14. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2023). Construction Work Standard Quota – Material Surcharge.
15. The Government of the Republic of Korea. (2021). National Greenhouse Gas Reduction Goal.
16. United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). 2021 Global status report for buildings and construction (Received Mar. 15 2023/ Revised Apr. 14 2023/ Accepted Apr. 24 2023).
17. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designer, engineers, and contractors. John Wiley & Sons Inc.
18. EN 15978. (2011). Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method (EN 15978:2011). European Committee for Standardization.
19. ISO 14040. (2004). Life cycle assessment: Best practices of ISO 14040 Series, APEC. Geneva: International Organization for Standardization.
20. ISO 14040. (2006). Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework (ISO 14040:2006). Geneva: International Organization for Standardization.
21. Hannah, R., Max, R. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. retrieved from <https://ourworldindata.org/grapher/co-emissions-per-capita?tab=chart>.