

BIM기반 건축물 해체단계에서의 건설폐기물 발생량 산출 프로세스 개발

A BIM-based Process to Estimate the Amount of Construction Waste Generated in the Demolition Phase

전 주 환* 전 민 표* 김 영 수* 원 종 성**
 Jeon, Ju-Hawn Jun, Min-Pyo Kim, Young-Su Won, Jongsung

Abstract

The amount of waste generated in the demolition phase of architecture, engineering, and construction (AEC) projects is enormous. Therefore, it is important to estimate the amount of demolition waste for efficiently reducing and managing generated construction and demolition (C&D) waste. Therefore, this paper aims to propose a building information modeling (BIM)-based process to estimate the amount of construction waste generated in the demolition phase of AEC projects. Since BIM models include geometric and semantic information of building objects simultaneously, the amount of demolition waste and their characteristics can be accurately estimated and analyzed, respectively. In order to check the applicability of the BIM-based quantification process proposed in this paper, it was applied to the illustrative example.

키워드 : 철거 폐기물, 산출, BIM
 Keywords : Demolition waste, estimation, building information modeling (BIM)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건설 폐기물의 발생량은 많다. 국내 건설폐기물 발생량은 2015년도 일일 기준 폐기물 총발생량인 404,812톤 중, 약 50%인 198,260톤으로 가장 높은 비율을 차지하였으며, Figure 1과 같이 건설폐기물 발생량이 총 폐기물 발생량의 50%를 차지한다. 건설폐기물의 발생량 증가에 따라 건설폐기물의 처리방법, 재활용 가능성, 환경에 미치는 영향에 대한 관심이 점차 증대되고 있다. 또한 우리나라는 건축물의 해체공사가 꾸준히 증가할 것으로 예상되어 (Park et al., 2013) 건축물 해체단계에서의 효율적인 건설폐기물 관리가 요구된다.

사회적으로 재건축, 재개발등이 이루어지고 있으나 이때 발생하는 건설폐기물을 정확히 예측하고 관리하기 위한 시스템은 아직 개발되지 않았다. BIM (Building Information Modeling)을 이용하면 건축물 부재의 정확한 물량산출이 가능하기 때문에 이를 기반으로 건설폐기물 발생량 예측이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 BIM에 기

반하여 건축물 해체 시 발생하는 건설폐기물의 물량산출 프로세스를 제안하고자 한다.

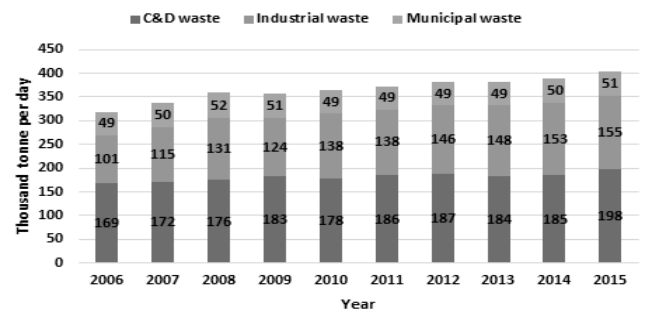


Figure 33. The amount of waste generated in South Korea Annual waste (source: ministry of environment in 2015)

1.2 연구의 방법 및 절차

건축물 해체단계에서 발생하는 건설폐기물량 예측 프로세스 프로세스를 다음과 같다. 먼저 BIM 모델로부터 건축물 부재/재료별로 물량을 자동으로 산출한다. 물량 산출을 위한 건축물 부재/재료의 분류는 건설폐기물 정의에 기반하여 이루어진다. 각 재료에 따른 비중 및 VCF (volume change factor, 체적환산계수) 값과 BIM 모델로부터

* 한국교통대학교 건축공학과 학사과정
 ** 한국교통대학교 건축공학과 조교수(Corresponding Author, jwon@ut.ac.kr)

터 추출한 건축물 부재/재료 물량을 기반으로 건설폐기물의 체적 및 무게를 계산한다. 체적을 구할 때는 체적환산계수, 재료별 물량을 사용하고, 무게를 구할 때는 비중, 재료별 물량을 사용한다. 체적환산계수는 기둥, 보 등의 건축부재를 분쇄하고, 적재했을 때, 분쇄된 부재사이의 공간을 포함한 건설폐기물 체적을 계산할 때 사용된다. 해체단계에서 건설폐기물 적재 및 보관을 위하여 필요한 현장 내 공간 분석을 위하여 사용한다. 비중은 어떤 물질의 질량과 이것과 같은 표준물질의 질량과의 비율을 나타낸다.

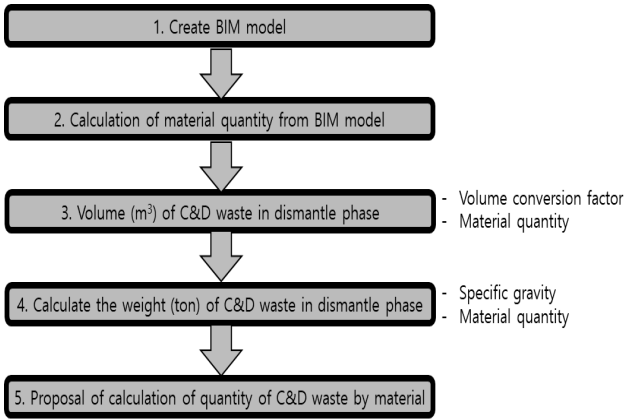


Figure 34. Proposed process for estimating the amount of demolition waste using BIM models (including volume and weight)

2. 이론적 고찰

2.1 건설폐기물

“건설폐기물”이라 함은 「건설산업기본법」 제2조 제4호에 해당하는 건설공사로 인하여 공사를 착공하는 때부터 완료하는 때까지 건설현장에서 발생되는 5톤 이상의 폐기물로서 건폐법시행령에서 정하는 18가지 종류로 구분된다(건폐법 제2조 제1호)(Kim et al., 2013). 폐기물 종류에는 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 폐벽돌, 폐블록, 폐기와, 폐목재, 폐합성수지, 폐섬유, 폐벽지, 건설오니, 폐금속류, 폐유리, 폐타일 및 폐도자기, 폐보드류, 폐판넬, 건설 폐토석, 혼합건설폐기물, 건설공사로 인하여 발생되는 그 밖의 폐기물이 있다.

2.2 BIM의 정의

BIM은 초기 개념설계에서 유지관리 단계까지 프로젝트의 전 생애주기 동안 다양한 분야에서 적용되는 모든 정보를 생산하고 관리하는 프로세스다. BIM은 건물을 구성하는 객체들(벽, 슬래브, 창, 문, 지붕, 계단 등)의 각각의 속성(기능, 구조, 용도 등)을 표현하며, 서로의 관계를 인지하여 건물의 변경 요소들을 즉시 반영한다. 따라서 BIM은 모든 빌딩 객체들 내에 특성, 관계, 정보를 갖고 있는 모델 데이터를 이용한 시뮬레이션 또는 계산에 의해 필

요한 정보를 얻을 수 있다(Oh et al., 2012). BIM 모델을 이용하여 자동으로 재료별 물량산출을 한다면 해체단계에서의 폐기물의 양을 정확하게 산출할 수 있으며, 산출 시간 절약이 가능하다.

2.3 기존연구고찰

효율적인 건설폐기물 관리와 관련하여 다양한 연구가 수행되었다. Han et al.(2008)는 건설 폐기물의 발생원인과 재활용방법을 도출하였고, Jung et al.(2007)은 주거용 건축물 해체 전 전후의 건설폐기물발생의 원단위를 제안하였다. Jun et al.(2010)은 분별해체방법을 이용해 건설폐기물을 억제하는 방법을 소개하였다. Choi et al.(2008)은 건설폐기물의 재활용 실태를 파악하였다. Park et al.(2013)는 BIM을 이용하여 해체공사 시 폐기물 관리계획과 견적을 산출하는 방향을 제시하였다. Lee et al.(2017)은 1996년부터의 폐기물관련 학술적 연구 동향을 조사하였다.

BIM을 사용할 경우 건축물 해체단계에서의 건설폐기물의 발생량을 정확하게 예측 할 수 있다. BIM에 내장된 중요한 기능은 모델 간의 관계를 자동으로 관리하는 것과 건축 모델과 모든 설계 자료가 통합 데이터베이스에 포함되어 있으므로 모든 것이 상호 연계된 상태라는 것이다. 기존연구는 재활용을 촉진하는 연구와 BIM의 폐기물 최소화 적용 가능성을 검토하는 것에 그쳤다. 따라서 본 연구에서는 BIM을 이용하여 해체단계에서의 건설폐기물 발생량 산출 프로세스를 제안하는 것이다.

3. BIM을 이용한 해체단계의 건설폐기물 발생량 산출 방법의 제안

3.1 BIM 모델의 생성 및 물량 산출

BIM 모델은 기하학 정보와 비기하학 정보를 포함한다. BIM 모델 내 비기하학적 정보는 재료 정보 등을 제공하고, 기하학적 정보는 건축 부재의 정확한 물량 산출을 가능하게 한다. 철거 폐기물은 BIM 모델로부터 추출된 물량에 기반하여 계산될 수 있다. 계산된 철거 폐기물 양의 정확도는 BIM 모델의 상세정보수준에 따라 결정된다. Autodesk Revit, ArchiCAD, Autodesk Navisworks, Vico Office 등 다양한 BIM 소프트웨어에서 자동으로 정확한 물량 산출이 가능하다. 이러한 BIM 소프트웨어를 이용하여 각 부재의 길이, 두께, 너비, 넓이, 물량 등의 정보 추출이 가능하다.

3.2 해체 단계의 건설폐기물 발생량 산출

건설폐기물 발생량은 건설폐기물 발생량의 체적(m^3)과 무게(ton)로 분류되어 산출한다. 건설폐기물 발생량의 체적(m^3)은 건설 현장 내에서 건설폐기물의 보관 및 처리를 위한 공간 계산시에 활용될 수 있다. 건설폐기물 발생량의 무게(ton)는 건설폐기물의 운반을 위한 비용 계산시에

활용될 수 있다.

재료별 건설폐기물 발생량의 체적(m³)은 BIM 모델로부터 추출한 재료별 체적과 재료별 체적환산계수를 곱하여 산출한다(Equation 1). 재료별 건설폐기물 발생량의 무게(ton)는 재료별 물량과 비중을 곱하여 구한다(Equation 2). 각 재료별 체적환산계수는 기존 연구에서 제공한 값을 활용하였다(Table 2). 플라스틱은 고분자집합으로 이루어져 있어서 파쇄가 잘 되지 않아 체적환산계수의 값이 2.00으로 다른 재료에 비해 월등히 높은 것을 볼 수 있다. 반면 스틸의 체적환산계수는 1.02로 가장 낮았다. 비중은 0.24~8.20 사이의 범위로 나타났으며(Table 2), 알루미늄이 8.20으로 가장 높았고, 목재가 0.24가 가장 작았다.

$$(1) V_m = V_m \times VCF_m$$

$$(2) W_m = V_m \times p_m$$

- V_m : 재료 **m**의 해체단계에서의 건설폐기물 발생 체적
- V_m : 재료 **m**의 BIM 모델로부터 산출 물량
- VCF_m : 재료 **m**의 체적환산계수
- W_m : 재료 **m**의 해체단계에서의 건설폐기물 발생 무게
- p_m : 재료 **m**의 비중

4. 제안된 건설폐기물 발생량 산출방법 적용 예

4.1 적용 프로젝트

BIM을 이용하여 건축물 해체단계 시 건설폐기물 발생량의 체적과 무게의 정확한 산출이 가능한지 검증하기 위해 사례에 적용했다. BIM 모델은 오토데스크에서 제공하는 샘플 프로젝트를 사용했다(Figure 3). 건물은 4층으로 이루어져 있는 사무소 건물이며, 건축면적은 797m², 연면적은 3,701m²이다. 벽과 지붕은 목재로 이루어져 있고 다량의 창문이 배치되어 있으며 바닥은 콘크리트로 구성되어 있었다.

Table 2은 재료별 물량, 체적환산계수, 비중을 나타낸 것이다. BIM 모델로부터 재료별 자재 물량을 추출한 결과는 다음과 같다(Figure 4). 목재가 42%(456.4m³)로 가장 많은 비율을 차지했고, 스틸(23%, 255.3m³), 콘크리트(16%, 174.6m³), 보드류(9%, 100.2m³) 순이었다. 기타로는 벽토, 타일, 크롬, 유리, 알루미늄, 플라스틱, 자기류 등이 있었다.

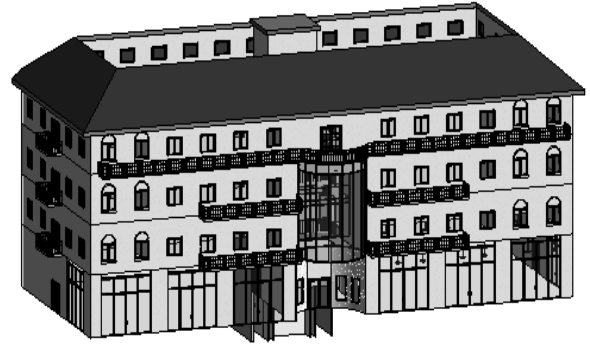


Figure 35. BIM model used for the illustrative example (Autodesk Revit 2015)

Table 2. The volume of building materials extracted from the BIM model and their volume change factors and specific gravity values

No.	Material	Amount of building materials (m ³)	Volume conversion factor	Specific gravity (ton/m ³)
1	Wood	456.4	1.05	0.24
2	Steel	255.3	1.02	7.8
3	Concrete	174.6	1.10	2.4
4	Board	100.2	1.10	1.4
5	Wall clay	46.7	1.10	0.8
6	Tile	24.2	1.10	2.4
7	Chrome	16.1	1.02	2.8
8	Glass	9.1	1.05	2.5
9	Aluminium	7.8	1.02	8.2
10	Plastic	0.9	2.00	0.5
11	Porcelain	0.2	1.10	2.4
	Total	1091.1		

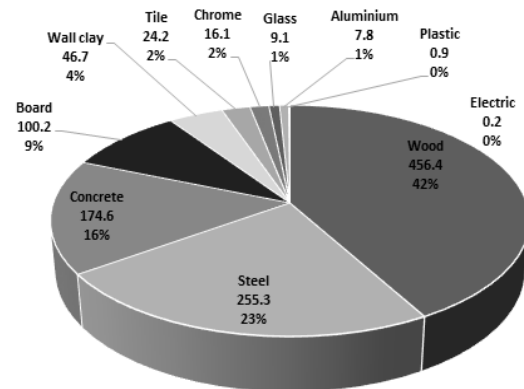


Figure 36. Distribution of building materials extracted from BIM models

4.2 산출된 건설폐기물 발생량 분석

BIM 모델로부터 추출된 재료별 물량과 기존연구로부터 도출된 체적환산계수, 비중 값을 활용하여 해체단계에서 발생할 것으로 예상되는 건설폐기물의 체적(m³)과 무게

(ton)를 산출하였다(Table 3).은 산출된 건설폐기물 발생량의 재료별 체적, 무게를 나타낸다. 해체단계에서 발생될 것으로 산출된 건설폐기물 재료별 체적 순서는 재료별 건설자재의 체적 순서와 유사했다. 목재(41.5%, 479.2m³), 스틸(22.5%, 260.4m³), 콘크리트(16.6%, 192.1m³), 보드류(9.5%, 110.2m³) 순이었다.

산출된 재료별 건설폐기물 발생량의 무게의 순서는 체적의 순서와 차이가 있었다. 재료별 비중값의 차이(0.24-8.20)로 인한 것으로 사료된다. 목재 건설폐기물 발생량의 체적은 41.5%였지만, 비중이 다른 재료들과 비교했을 때, 0.24로 가장 낮아 산출된 건설폐기물 발생량의 무게는 전체 건설폐기물 발생량의 3.8%이었다. 반면 스틸의 비중은 7.85로 다른 재료에 비해 월등히 높아 전체 건설폐기물 발생량 체적의 22.5%이었지만 전체 건설폐기물 발생량 무게의 73.46%(2004.0ton)로 가장 많은 비율을 차지했다.

Table 3. The volume and weight of demolition waste estimated by the BIM-based proposed process

No.	Material	Volume (m ³)	Ratio (%)	Weight (tonne)	Ratio (%)
1	Wood	479.2	41.5	109.5	3.8
2	Steel	260.4	22.5	2004.0	69.1
3	Concrete	192.1	16.6	419.1	14.5
4	Board	110.2	9.5	140.2	4.8
5	Wall clay	51.4	4.5	39.7	1.4
6	Tile	26.6	2.3	58.0	2.0
7	Chrome	16.4	1.4	45.0	1.6
8	Glass	9.5	0.8	23.4	0.8
9	Aluminium	7.6	0.7	61.5	2.1
10	Plastic	1.8	0.2	0.5	0.0
11	Porcelain	0.2	0.0	0.5	0.0
	Total	1,155.4	100.0	2,979.8	100.0

5. 결론

본 연구는 BIM을 이용한 건축물 해체단계 시 건설폐기물 발생량 산출 프로세스를 제안했다. BIM 모델로부터 추출된 재료별 물량을 기반으로 체적환산계수, 비중을 고려함으로써 해체단계에서 발생할 건설폐기물 발생량의 체적(m³) 및 무게(ton)를 산출할 수 있다.

제안된 해체단계에서 발생될 건설폐기물 체적 및 무게 산출 프로세스의 검증은 위하여 샘플 사례에 적용하였다. 적용결과, BIM 모델을 이용하여 해체단계의 건설폐기물 발생량의 산출이 가능했다. 산출된 건설폐기물 발생량 체적은 현장 내의 효율적인 건설폐기물 관리를 가능하게 해주며, 건설폐기물 발생량 무게는 발생된 건설폐기물을 외부로 이동하거나, 처리를 위한 비용 계산 등에 활용이 가능하다. 이는 해체 프로젝트 수행시 효율적인 건설폐기물 관리 및 절감, 재활용 극대화에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

1. Kim, B., Song, T. & Lee, S. (2013). A study for unit requirement and material classification of construction wastes for improving rate of material recycle, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol.29 No.12, 81-88.
2. Park, J., Ha, G. & Hong, W. (2013). A study on database construction of C&D waste using BIM on the demolition stage, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 345-346.
3. Oh, K., Song, J. & Kim, K. (2012). Development of an evaluation for BIM-based friendly-environment preliminary certification, *Journal of Digital Contents Society*, Vol.13 No.4, 483-490.
4. Li, Z. & Kim, Y. (2017). Analytic review of research trends on recycling of construction wastes, *Journal of Digital Contents Society*, Vol.17 No.1, 485-495.
5. Jun, M., Lee, D., Sohn, J. & Park, S. (2010). Restraint of construction waste generation for green construction, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol.54 No.12, 31-34.
6. Jeong, E., Son, B., Hon, W. & Jung, J. (2007). Comparison study of construction waste units on residential buildings before and after dismantling, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.23 No.10, 167-176.
7. Choi, D., Moon, S. & Cho, K. (2008). A study on analysis of Korea's construction wastes recycle condition through on-site research, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.24 No.4, 133-140.
8. Han, K., Shin, D., Kim, D. & Kim, S. (2008). A study on sources of construction wastes and recycling strategy, *Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vol.8 No.5, 69-76.

「Received」, 「Revised」, 「Accepted」

REFERENCES