

Research Paper

BIM 기반 LID 시설 물량 자동 검토 모듈 개발

최준우* · 정종석** · 임석화** · 최정주* · 김신* · 현경학**

이에이엔테크놀로지*, 한국토지주택연구원**

Development of BIM based LID Facilities Supply Auto-checking Module

Junwoo Choi* · Jongsuk Jung** · Seokhwa Lim** ·

Joungjoo Choi* · Shin Kim* · Kyounghak Hyun**

EAN Technology Land*, Housing Institute**

요약 : 최근 도시물순환 회복을 위한 저영향개발(LID) 기법 적용에 대한 관심이 증가함에 따라, LID 계획·설계 및 시공, 유지관리 등에 활용할 수 있는 건축정보모델(BIM)에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 LID 기법의 계획 및 설계과정 단계에서 BIM의 적용가능성과 활용방안을 검토하고자 2D기반의 설계도서를 통해 산출된 LID 시설물의 물량과 BIM 모델링에서 산출된 LID 시설물의 물량을 자동으로 비교하는 모듈을 개발하여 2D기반 산출물량과 비교검토하였다. BIM 기반 LID 시설물량 자동 검토 모듈을 개발하기 위해서 연구대상지를 선정하고, BIM 모델링을 통해 물량산출표를 추출하였다. 추출된 물량산출표를 2D 기반의 물량산출표와 비교하기 위한 알고리즘을 작성하고, 작성된 알고리즘을 프로그래밍하여 산출된 물량의 비교·검토를 실시하였다. 대상지에 적용된 LID 시설물의 모델링을 완료하고, LID 시설물량 자동검토 모듈을 이용해 2D 기반 설계도서의 물량산출표와 BIM기반 물량산출표의 비교 검토를 실시하여, 좀 더 정확한 물량산출을 진행하였다. 또한 산출된 결과 중 재료의 물량 오차율이 $\pm 30\%$ 를 벗어나는 시설물들의 오차발생 원인을 분석하여 LID 시설물량 자동검토 모듈의 정확도를 검토하였다. LID 시설물량 자동검토 모듈을 통해, 설계도서를 기반으로 한 물량 산출과정에서 발생할 수 있는 오류들을 조기에 발견하고 수정할 수 있을 것으로 보이며, BIM 기반 LID 시설물 종합 관리 시스템 구축의 기반을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 저영향개발(LID), 건축정보모델, 물량산출표, 물량 자동검토 모듈, 종합관리

First Author: Junwoo Choi. Division of New Business Dev. & Abroad Business, EAN Technology, Seoul, Korea, Tel: +82-70-4066-6806. E-mail: cjw@eantec.co.kr

Corresponding Author: Kyounghak Hyun, Dept. of Urban Environment Research, Land & Housing Institute, Daejeon 34047, Korea, E-mail: khhyun@lh.or.kr

Co-Author: Jongsuk Jung, Dept. of Urban Environment Research, Land & Housing Institute, Daejeon 34047, Korea, E-mail: pobyasu@lh.or.kr

Seokhwa Lim, Dept. of Urban Environment Research, Land & Housing Institute, Daejeon 34047, Korea, E-mail: ruinsoul@lh.or.kr
Joungjoo Choi, Sustainable Engineering Division 2, EAN Technology, Seoul, Korea, Tel: +82-70-4066-5158, E-mail: cjj@eantec.co.kr

Shin Kim, Division of New Business Dev. & Abroad Business, EAN Technology, Seoul, Korea, Tel: +82-70-4066-6525, E-mail: kshin@eantec.co.kr

Received : 31 January, 2017. Revised : 16 May, 2017. Accepted : 19 June, 2017.

Abstract : Recently, Discussion about BIM based LID (Low Impact Development) facilities management system is activated because interest of LID technique for urban water cycle restoration is increasing. For this reason, this paper developed the auto-checking module of the BIM (Building Information Model) based supply output table. This module will be the foundation of the BIM based LID facilities total management system. The research order is composed like next follows: ① Select target area, ② Make BIM model of LID facilities and extract supply output table, ③ Develop comparison module, ④ Analysis results. As a result, the authors made 27 LID facilities and developed the supply output table comparison automation module. So, the authors could find differences of 2D design documents based supply output table and Bim based supply output table. So, the authors made an improvement suggestion of the design plan and could construct foundation of the BIM based LID facilities total management system.

Keywords : Low Impact Development, Building Information Model, Automation, Supply output table, Total management

I. 서론

1. 연구의 배경

1) LID기법 적용의 국내 현황

기존의 도시개발은 도시의 확산에 따라 교외지역을 개발하는 방식으로 이루어져 있으며, 이러한 방식은 해당지역의 지형, 지물, 배수 형태 등에 대한 이해 없이 절토 또는 성토 등의 작업을 통해 개발지를 조성하였다. 이렇게 조성된 개발지는 주민들의 편의와 안전 등을 위해 대규모의 도로, 주차장, 건축물 등을 건설하여 거대한 불투수면을 조성하는 한편, 이렇게 조성된 불투수면에서 유출되는 빗물에 의한 위험을 줄이기 위해 빗물을 빠르게 배제하는 우수체계를 계획해 왔다(Hyun 2010; Kang et al., 2014).

기존의 도시개발 방식에 기인한 불투수면의 증가와 기후변화의 영향으로 도시의 물순환이 왜곡되어 침수, 비점오염 증가, 도시열섬 등의 다양한 문제가 나타나고 있다. 또한 기상청의 보고에 따르면 우리나라의 연평균 기온 및 강우일수가 지속적으로 증가할 것으로 예측하고 있어 도시 물순환 왜곡은 더욱 악화되어질 것으로 보인다(Choi et al., 2016; KMA 2014).

최근에 늘어난 국지성 집중호우와 확대된 불투수면은 빗물 유출량을 증가시켜 도시홍수피해를 늘리고 있다. 이는 기존의 중앙집중식 빗물관리 방법으로는 변화하는 강우 환경에 대비가 어려운 실정임을 나타내고 있다(Hyung et al., 2012).

왜곡된 도시물순환을 회복하기 위해 저영향개발(LID, Low Impact Development)은 도시 계획 및 개발과 연계하여 불투수면을 최소화하고, 침투 및 저류 기능을 높여 도시 내 물순환 개선을 통한 도시 침수 예방, 비점오염원 저감 및 도시경관 개선을 하는 기법으로 국내에 적용이 되고 있다(Lee & Kim 2016). 서울시의 경우 “서울시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례”를 제정하여 각종 개발사업에 저영향개발 기법이 적용될 수 있도록 하여, 빗물분담량에 따라 빗물관리 계획 및 설계 등의 적정성 여부를 검토하여 원인자가 빗물유출을 저감할 수 있도록 하였다. 이를 통해 다양한 LID시설을 개발지 또는 도시재생구역 등에 설치하여 강우 시 최소의 빗물만이 우배수 관거로 유입되도록 계획, 설계 및 시공할 수 있도록 하고 있다(Lee et al., 2016).

이러한 노력을 통해 도시개발 및 재생에 있어 빗물관리에 대한 패러다임이 변하고 있지만 아직까지 저영향개발을 위한 계획, 설계, 시공 및 유지관리에 대한 전반적인 경험이 부족한 것으로 판단된다. LID에 대한 관심에 부합할 수 있는 계획, 설계 방안과 시공 시 리스크를 줄일 수 있는 방안의 검토가 절실하며, 나아가 유지관리에 대한 지속적인 개선이 필요한 시점이다.

2) LID 공정계획에서 BIM기법 도입의 필요성

최근 건설사업에서는 기본계획에서 설계, 시공, 관리 등 전단계의 정보를 활용·관리할 수 있는 BIM

(Building Information Modeling) 기법을 도입하고 있다. BIM 기법은 기존의 2D 도면만으로 복잡한 형상을 표현하는데 한계가 있고, 부재 · 공간 등의 정보 전달 시 도면상의 불일치로 인해 계획 · 설계자의 의도와 다르게 시공이 될 수 있는 근원적 문제점을 해결하기 위해 시작되었다.

BIM 기법의 주요 핵심기술은 2D의 도면을 3D로 형상정보로 시각화하며, 이러한 모델 데이터(건물객체정보)를 통해 각 부재별 정보인 재질, 규격, 비용, 물량, 시공방법, 시공순서 등의 각종 정보를 건설 전 단계에 활용할 수 있다는 것이다. 입력된 정보에 따라 재료의 선택, 견적관리, 시공관리, 유지관리 등의 다양한 공종에서 의사결정을 할 수 있는 기반 데이터 및 정량적 근거자료로 활용할 수 있다. 또한 시공 및 유지관리상 활용되는 도면의 추출(시각화)과 도서상에 담겨져야 하는 물리적 데이터의 정보화를 통해 건축, 토목, 조경, 기계, 전기 등 다분야 협업의 효율성을 높일 수 있다.

LID 기법을 실제 건설프로젝트에 적용하기 위해서는 도시, 토목, 건축, 조경 등 다양한 분야에 걸쳐 논의가 필요하며, 다양한 시설을 어떻게 계획 · 설계하고, 시공, 유지관리할지에 대한 결정이 매우 중요하다. 이러한 공종 · 공정별로 무수히 발생하고 요구되어지는 수많은 단위업무들은 BIM 기법을 활용하여 통합적으로 관리하는 기술이 필요한 시점이다.

3) 연구의 목적

BIM을 활용한 LID 시설물 계획 · 시공 · 유지관리 자동화 시스템을 구축하기 위해서는 우선적으로 BIM 저작도구로 모델링 된 LID 시설물의 물량산출 결과의 정확성을 검토할 수 있는 모듈이 필요하다.

이에 따라 본 논문에서는 실제 2D 설계도서를 통해 산출된 LID 시설물의 물량과 BIM 모델링에서 산출된 LID 시설물의 물량을 자동으로 비교하는 알고리즘 구축 및 구축된 알고리즘을 이용한 모듈을 개발하고자 한다. 또한 개발된 모듈을 통해 실제 대상지의 2D 및 3D기반의 설계도서의 산출물량을 비교 검토를 통해 모듈의 활용성을 확인하고, LID 시설물의 설계 방법 및 과정에서 발생할 수 있는 오류 등을 검

토하여, LID 시설물량 자동검토 모듈의 개선점을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. BIM (Building Information Model)

국내 국토교통부와 조달청에서 BIM을 정의하는 내용은 다음과 같다.

첫째, 국토교통부의 경우 건축, 토목, 플랜트를 포함한 건설 전 분야에서 시설물 객체의 물리적 혹은 기능적 특성에 의하여 시설물 수명주기 동안 의사결정을 하는데 신뢰 할 수 있는 근거를 제공하는 디지털 모델과 그의 작성을 위한 업무절차를 포함하여 지칭한다.

둘째, 조달청의 경우 건축설계를 평면 2D에서 입체 3D로 한 차원 격상시키고 건축물의 전 생애주기 동안 발생하는 정보를 통합적으로 관리하는 기술로 건축공사의 품질향상에 기여하는 것이다.

이를 종합하면 BIM은 건물의 생애주기 동안 만들어지는 모든 정보를 다루며 프로젝트의 모든 관계자로부터 각 분야에서 생성되는 모든 데이터의 교환과 소통의 새로운 방법이다. 또한 Lee (2012)는 BIM의 특징을 다음과 같이 정의하고 있다.

첫째, BIM은 각 분야의 정보를 단계별로 담아내며 단순히 시각화를 위한 모델링 아닌 정확한 정보의 전달을 바탕으로 하는 협업 시스템이다.

둘째, BIM의 가장 큰 특징은 정보의 흐름, 즉 정보의 발생과 연계, 연동 가능한 데이터와 지속적인 활용 가능성이다.

2. BIM기반 물량산출

Cha et al. (2014)는 BIM의 공간객체를 이용한 물량산출의 정확성을 분석함으로써, 실무의 운용 관점에서 정확한 BIM 공간객체의 물량을 산출하기 위해 고려해야 하는 사항에 대해 정의하였다. 또한 Yoo & Lee (2015)는 2D 도서 기반 물량과 BIM 물량산출 내용을 비교과정에서 발생하는 오차발생의 원인을 각각 설계 정보의 부족으로 인한 차이, 사람의 실수에 의한 차이, 미세치수 고려 유무의 차이 세 가지로 나누어 정의하였으며, Kim & Yoon (2013)은 2D 도서보다

BIM이 보다 정확한 설계 정보를 생성할 수 있다는 측면에서 BIM기반 물량산출의 정확성을 검증하였다.

이 외에도 Song et al. (2016)은 BIM을 기반으로 초기 설계 단계 철근 물량 산출 프로세스를 구축하여 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

이와 같이 BIM을 통해 건축물의 물량을 산출하는 연구는 지속적으로 이루어지고 있으며, LID 시설 역시 BIM을 활용한 물량산출 프로세스 구축을 통해 보다 정확한 계획·설계가 이루어질 수 있다.

III. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

BIM 기반 LID 시설 물량 자동 검토 모듈을 개발하기 위한 본 논문의 연구 순서는 다음과 같다(Figure 1).

첫째, LID 시설물이 다수 설치되어 물량 검토를 수행할 수 있는 대상지를 선정한다.

둘째, BIM 제작도구(Revit)을 이용해 LID 시설물을 모델링 한 뒤 이에 대한 물량을 텍스트 파일로 추출한다.

셋째, MATLAB을 이용하여 BIM 기반 물량산출표와 2D 설계도서 기반 물량산출표를 비교·검토할 수 있는 모듈 개발한다.

넷째, 물량산출표의 비교·검토 결과를 분석하여, 개발된 모듈의 의의와 한계점 도출한다.

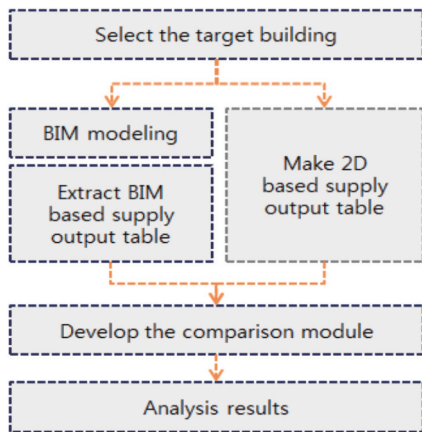


Figure 1. Developing process of BIM based LID facilities auto-checking module



Figure 2. Target area (LHI) BIM modeling

Table 1. Target area

name	Land & Housing Institute
location	Daejeon
site area	64,239.14m ²
Impervious area	31,558.47m ²
Pervious area	32,701.44m ²

2. 대상지 선정

대전광역시 유성구에 위치한 한국토지주택공사 토지주택연구원(Table 1)은 최근 도시물순환 회복을 위한 저영향개발(LID) 기법 적용의 시범사업을 위해 부지 내에 28개의 LID 시설물을 신설하였다. 이에 따라 본 논문에서는 토지주택연구원의 설계도서를 기반으로 LID 시설물의 BIM 모델링(Figure 2)을 수행하고, BIM 기반 LID 시설 물량 자동 검토 모듈을 개발하는데 있어, 한정된 부지 내에 다양한 LID 시설물이 밀집되어 있는 토지주택연구원이 연구 대상지로 적합하다고 판단하였다.

3. LID 시설물 분류 및 모델링 방식

대상지에서 모델링 대상이 되는 LID 시설물은 총 28개로, 해당 시설물은 기존의 라이브러리가 존재하지 않거나, 비슷한 유형이 있더라도 비정형의 LID 시설물의 특성상 적용 불가하다. 따라서, LID 시설물의 라이브러리 활용을 위해 새로이 최소크기의 단위 유닛을 작성하여 모델링 하였다. LID 시설물의 재료 및 단위는 Table 2와 같다.

모델링 저작 도구는 Revit 2015를 사용했으며, 물량표 산출의 편의성과 통일성을 위해 대부분의 객체

Table 2. LID facilities and materials

LID facilities	materials	units
rain garden A~E	boulder	ton
	gravel	m ³
	natural stone	ton
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
constructed wetland	boulder	ton
	gravel	m ³
	natural stone	ton
	waterproof sheet	m ²
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
band-like rain garden	boulder	ton
	gravel	m ³
	natural stone	ton
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
fort garden A~B	gravel	m ³
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
rainwater storage space	hardwood	m ²
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
vegetation swale A	boulder	ton
	gravel	m ³
	natural stone	ton
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
vegetation swale B~C	sand	m ³
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
rainwater management parking lot	gravel	m ³
	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
low-floor green place A~B	nonwovens	m ²
	crushed stone aggregate	m ³
	sand	m ³
gravel swale A~C	gravel	m ³
	nonwovens	m ²
rainwater canal	square stone	m ²
	gravel	m ³
	mortar	m ³
	granite boundary stone	m

Table 2. Continued

LID facilities	materials	units
rainwater canal	RMC	m ³
permeable block	permeable block	m ²
	sand	m ³
	mixed aggregates	m ³
check dam A~B	granite stone	m ³
wooden deck A~B	hardwood	m ²
band-like green place	hardwood	m ²
	RMC	m ³
rainwater storage tank	rainwater storage tank	EA
boundary stone	granite boundary stone	m
	RMC	m ³

를 바닥유형으로 모델링 하였다. 레빗의 객체 제작방식은 벽·지붕·바닥·MEP 등과 같은 건축요소 별로 그 유형이 나누어져 있으며, 레빗에서 정의하는 유형에 포함되지 않는 건축요소는 별도의 패밀리 유형을 통해 제작하게 된다. 그러나 객체의 형태가 수평적이지 않아, 바닥유형으로 표현하기 어려운 LID 시설물인 띠녹지(band-like green place)와 빗물저류통(rainwater storage tank)은 패밀리 유형으로 모델링 하였다.

4. LID 시설물 모델링

2D 설계도서를 기반으로 LID 시설물을 모델링 하였으며, Figure 3은 Revit 2015로 모델링한 빗물정

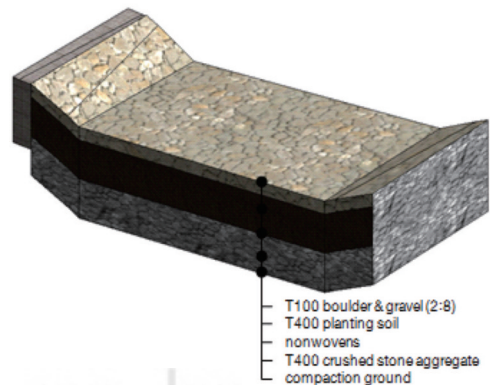


Figure 3. 3D model of the rain garden D

원D (rain garden D)의 모델이다. 또한 Figure 4는 식생도랑B (vegetation swale B)의 모델이다. 식생도랑의 경우, 빗물정원과는 다르게 최상부의 재료가 경사면을 취하는 반면 그 외의 재료는 경사를 가지지 않는다.

Figure 5는 빗물이송로(rainwater canal) 모델의 모델이다. 빗물이송로의 최상층 레이어의 경우 100x100x100 크기의 사괴석이 60mm 간격으로 배열되어 있으며 그 사이에 자갈이 채워져 있는 형태이다. 그러나 실제 BIM 모델링에서 사괴석과 자갈을 일일이 나누어 모델링을 하는 것은 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 사괴석과 자갈을 하나의 레이어로 작성하였으며, 대신 해당 레이어의 특성에 사괴석과 자갈의 비율(3.5:6.5)에 대한 정보를 입력하였다.

Figure 6는 빗물저류공간(rainwater storage space)의 모델이다. 빗물저류공간의 부직포(nonwovens)는 수평으로 깔려 있지 않고, 쇄석골재(crushed stone aggregate)를 3면에서 둘러싸고 있다. 이럴 경우 부직포를 단일한 하나의 바닥객체로 모델링하는 것이 어렵기 때문에, 둘러싸는 양 측면의 부직포를 별도의 바닥객체로 모델링하였다.

Figure 7은 띠녹지(band-like green place)의 모델이다. 띠녹지의 경우, 수평부재와 수직부재가 다양하게 혼합되어 있으며, 독립된 유닛의 성격을 가지기 때문에 바닥유형이 아닌 패밀리 유형으로 모델링하였다.

이와 같은 방법으로 경계석(boundary stone), 띠녹지(band-like green place)와 빗물저류통(rainwater storage tank)을 제외한 24개의 시설물에 대한 모델링을 완료하였다. 경계석의 경우 설계도면에서 그 형태가 구체적으로 정의되지 않았기 때문에, 본 논문의 모델링 과정에서 제외하였다.

5. LID시설물과 지형 모델의 정합성 검토

본 논문의 대상지와 LID 시설물의 비정형적 특성으로 인해, 지형의 표면과 시설물의 레벨이 부합되지 않는 요소가 발생한다. 2D 모델의 경우 고도를 입력

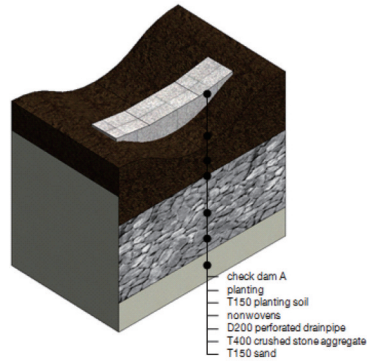


Figure 4. 3D model of the vegetation swale B

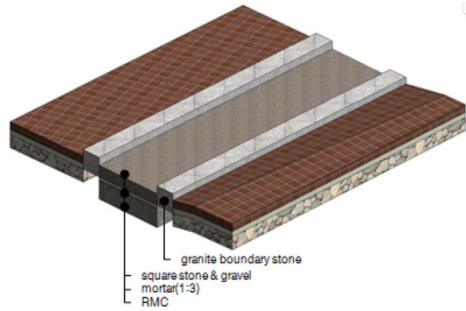


Figure 5. 3D model of the rainwater canal

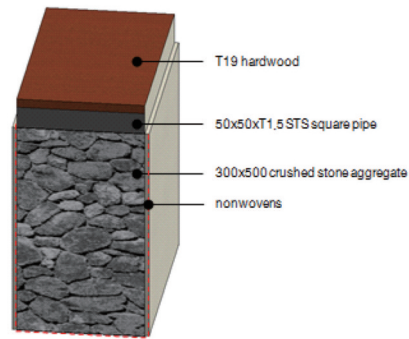


Figure 6. 3D model of the rainwater storage space

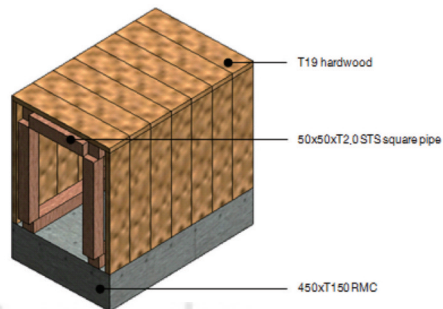


Figure 7. 3D model of band-like green place

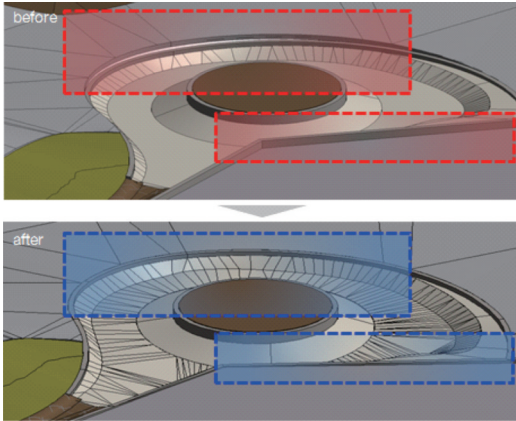


Figure 8. Correction of sub elements of the LID facility model

한다고 해도 이를 시각적으로 바로 확인하기 어려우며, 시설물의 세부적인 고도를 모두 입력하지 않았기 때문에 이와 같은 오류가 발생한다. 해당 오류는 소규모의 시설 또는 계획에서는 무시될 수 있는 오차 수준일 수 있으나, 대규모 또는 장기적인 LID 계획에는 유의미한 영향을 줄 수 있기 때문에, 다음과 같은 방안을 통해 해결하였다.

첫째, LID 시설물의 하위요소를 수정한다. Figure 8의 상단 그림은 설계도면을 따라 모델링한 LID 시설물과 지형사이에 레벨이 부합하지 않아 틈이 생긴 것을 보여준다. 이에 따라 LID 시설 객체의 하위 요소 수정 기능을 통해 주변 지형과 레벨포인트가 정밀하게 부합되도록 객체 내부의 하위 구성 요소별로 레벨값을 수정하였다(Figure 8 하단).

둘째, 지형모델의 표면을 편집(Figure 9)한다. Figure 9 역시 Figure 8과 마찬가지로 시설물과 지형 사이에 틈이 생긴 것을 확인할 수 있다. 그러나 Figure 8과는 달리 시설물의 종류에 따라 부분적 레벨포인트를 조정할 수 없는 경우가 있으며, 이 경우 하위요소 수정 기능을 통해 객체와 지형 간 레벨이 오류 문제를 해결할 수 없다. 이와 같은 경우 지형모델의 표면 편집을 통해, 직접 고도점을 조절해 줌으로써, 시설물과 지형 간의 레벨 일치화 작업을 진행한다. 또한 이는 LID시설과 지형 간 고도를 맞추기 위해 터파기나 흙 쌓기가 필요한 좌표점으로 활용할 수 있다.

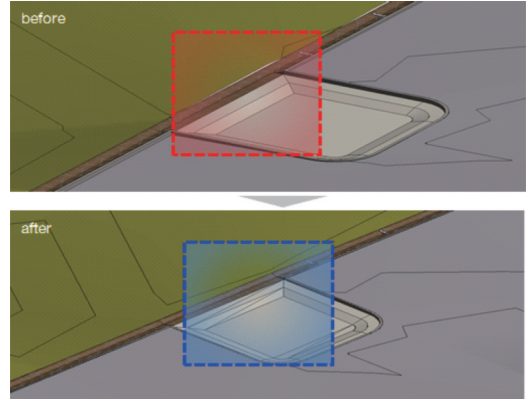


Figure 9. Correction of surface level of the target land

이후, 완성된 BIM 모델의 물량은 텍스트 파일을 통해 추출된다.

6. 자동 검토 모듈 알고리즘 개요

본 논문에서는 MATLAB 2016를 이용하여, BIM 기반 LID 시설 물량 자동 검토 모듈을 개발하였으며 알고리즘은 Figure 10과 같으며 총 세 가지의 프로세스로 구분된다.

첫째, BIM 데이터 관리 프로세스: BIM 저작도구에서 추출한 물량산출표를 2D 기반 물량산출표의 형식에 맞추어 재구성 하는 과정으로, 1)BIM 모델에서 텍스트 파일 추출, 2)검토 모듈에서 텍스트 파일 읽기, 3)표 구조 재구성, 4)LID 시설 및 재료 추출의 4단계로 나뉜다.

둘째, 2D 데이터 관리 프로세스: 2D 설계도서에서 추출한 물량산출표 중 LID 시설물 물량은 선별하는 과정으로 1)2D 설계도서기반 물량산출표 작성(excel format), 2)검토모듈에서 excel 파일 읽기, 3)LID 시설 및 재료 추출의 3단계로 나뉜다. 이중 1단계인 2D 설계도서기반 물량산출표 작성의 경우, 해당 산출표는 사전에 설계사로부터 제공을 받았으므로 생략하도록 한다.

셋째, BIM&2D 데이터 비교 프로세스: BIM 물량산출표와 2D 물량산출표를 비교하는 단계로, 1)BIM&2D 산출표 합치기, 2)일부 재료 단위변환(m^3 /ton), 3)비교결과 분석의 3단계로 나뉜다.

또한 본 모듈의 실행을 위해서 MATLAB으로 제작

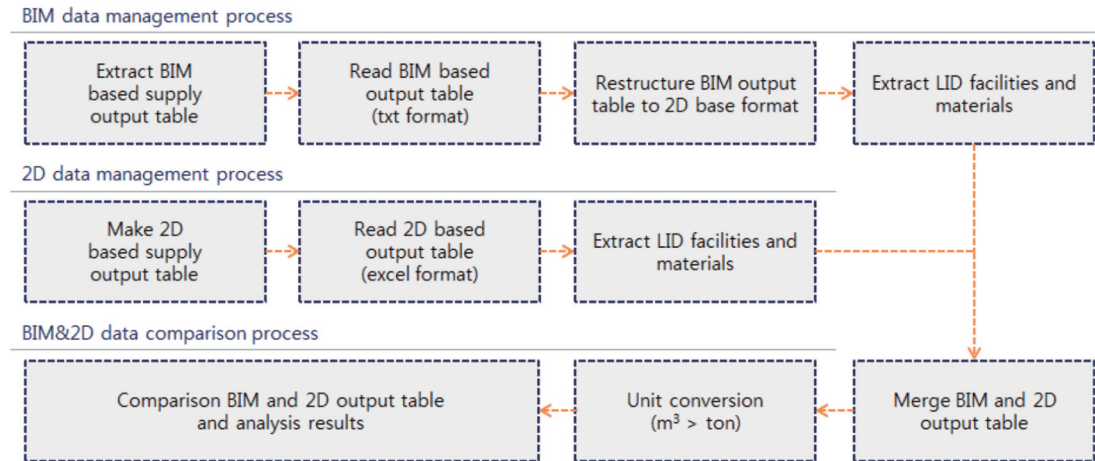


Figure 10. Development algorithm of BIM based LID facilities supply auto-checking module

된 스크립트 파일 외에 필요한 파일은 BIM 데이터에서 추출된 물량산출표(txt format), 설계도서기반 물량산출표(excel format), LID 시설물 목록(excel format)의 세 종류이다. 본 논문에서는 사용자가 수행하는 프로세스를 최소한으로 하기 위해 입력데이터의 경우 별도의 편집 없이 사용하는 것을 목표로 하였다.

7. BIM 기반 산출물량 데이터의 재구축

2D 설계도서 기반 물량산출은 설계 과정상 발생할 수 있는 경미한 오차의 누적, 시설별, 재료별 데이터 구축에 따른 누락 등의 리스크가 존재한다. BIM기반 산출물량은 모델링 시 오차를 최소화하고, 시설별, 재료별 라이브러리를 이용한 물량관리를 통해 이러한 리스크를 줄일 수 있다.

BIM 데이터에서 추출된 텍스트 파일의 관리 프로세스가 포함된 정보의 재구축과정은 다음과 같이 요약된다.

첫째, 필요한 데이터 선별: 텍스트 파일은 많은 정보를 담고 있으며, 이중 물량 산출에 필요한 데이터만 선별한다(시설물, 재료, 면적, 부피)

둘째, 하나의 레이어에 두 개 이상의 재료가 들어간 경우, 재료를 분리: 이는 2D 기반 물량산출표와의 비교를 위해 형식을 일치시키는 과정이다. 4장 2절 식생도랑D(Figure 3)의 호박돌 및 자갈(2:8)과 빗물

이송로(Figure 5)의 사고석 및 자갈(3.5:6.5)가 이 경우에 해당된다.

셋째, 일부 재료의 면적 재계산: 4장 2절 빗물저류 공간(Figure 6)의 경우 부직포의 일부가 분리되어 모델링 되었다. 분리된 부직포개체의 경우 산출되어야 하는 물량은 면적(m²)으로 표기되어야 하는데, 해당 면적은 쇠석골재와 접하는 부분이다. 그러나 물량산출표에서 산출되는 데이터는 부재의 수평방향의 면적과 부피이기 때문에 사용자가 필요한 정보를 얻을 수 없다. 따라서 이와 같은 경우, 부재의 부피(m³)를 두께로 나누어 해당 면적을 재계산 하는 과정이 필요하다. 자갈도랑C의 부직포도 동일한 경우에 해당된다.

넷째, 용어변경: 2D 설계도서기반 물량산출표와의 비교를 위해 시설물 및 재료의 명칭을 일치시킨다.

다섯째, 동일 시설물 내 동일 재료물량 합산: BIM 저작도구에서 모델링 된 LID 시설물들은 동일한 시설물일지라도 여러 객체로 나누어 모델링되기 때문에, 각 객체별 데이터가 산출표에 기재되어 데이터의 양이 증가한다. 따라서 작업의 효율성과 데이터의 가독성을 증가시키기 위해 동일 시설물 내 동일 재료물량을 합산하여 표기한다.

8. 산출물량 데이터 비교

2D 설계도서 기반 물량산출표는 호박돌(boulder)과 자연석(natural stone)의 단위를 ton으로 표기하

고 있으나, BIM에서 추출한 데이터에는 자갈과 자연석을 m^3 으로 표기하고 있다. 따라서 해당 재료들에 대해서는 각 재료의 중량(kg/m^3)을 곱해 단위를 바꾸어 주어야 한다. Construction researcher(2016)에서 제시하는 호박돌의 중량은 1,800~2,000(kg/m^3)이며 자연석의 중량은 화강암으로 가정할 때, 2,600~2700(kg/m^3)이다. 이에 따라 본 논문에서는 호박돌과 자연석의 중량을 상기 값의 평균인 1,900(kg/m^3)과 2,650(kg/m^3)으로 가정하였다.

2D 설계도서 시반 산출물량의 특정 LID 시설의 경우 excel 표로 작성된 산출물량에 설계도서에 기재된 단위수량을 곱해야 정확한 물량을 산출할 수 있다. Table 3은 설계도서를 기반으로 자동 검토 모듈에 탑재되는 LID 시설별 단위수량이다.

이후 2D 설계도서 기반 산출물량과 BIM 기반 산출물량의 차이를 백분율로 나타내었으며, LID 시설물에 적용가능한 오차율이 정해져 있지 않아 임의의 오차율을 $\pm 30\%$ 로 가정하여 이를 벗어나는 재료의 경우 오류 메시지를 띄우는 것으로 설정했다.

최종적으로 도출된 산출된 물량의 비교결과를 Table 4와 같으며, 오류가 발생한 시설물의 경우 state 항목에서 error 로 표시된다. 오류가 발생한 시설물 및 재료의 검토결과는 다음과 같으며, 산정에 오류가 발생한 시설물 또는 재료의 경우 직접계산을 통해 오류부분을 확인하였다.

첫째, 설계도서에서 인공습지(constructed wetland)의 쇄석골재(crushed stone)의 자연석의 위치가 명확하게 기재되어 있지 않아, BIM 데이터와 2D기반 산출 데이터 간에 차이를 확인하였다.

둘째, 식생도랑A (vegetation swale A), 빗물관리주차장(rainwater management parking lot)의 설계도서에 기재된 단위수량이 규격 및 안전율 등을 고려하여 직접 계산한 값보다 높게 설정되어, 2D기반 산출데이터와 BIM 데이터 간의 물량 차이가 90% 이상 발생하였다.

셋째, 설계도서상의 자갈도랑(gravel swale), 투수블럭(permeable block)을 규격 및 안전율 등을 고려하여 직접계산 결과, 2D 설계도서의 물량산출식에 일부 오류가 있을 것으로 검토되었다.

넷째, 2D 설계도서 기반 산출물량에서 포트가든(fort garden)과 빗물저류공간(rainwater storage)의 물량이 BIM 데이터와 차이가 있어 산출표를 확인한 결과, 산출물량의 일부가 누락되어 있음을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 MATLAB을 이용해 실제 2D 설계도서의 LID 시설물 산출물량과 BIM 모델링의 LID 시설물 산출물량을 비교하는 알고리즘을 구축하고, 구축된 알고리즘을 이용한 LID 시설물량 자동검토 모듈을 개발하였다. 또한 개발된 모듈을 이용하여 대상지의 2D기반 LID 물량산출표와 3D기반 LID 물량산출표의 비교 검토를 실시하였다. 비교 검토 결과, 2D기반 설계에서 발생 가능한 시설물 및 재료의 부정합, 규격 오류, 산정식의 오류 및 산출물량 누락 등의 문제들을 발견하였고, 발견된 문제에 대해 직접계산, 표, 수량 확인 등을 통해 LID 시설물량 자동검토

Table 3. Units of quantity of LID facilities

LID facilities	units of quantity	LID facilities	units of quantity
fort garden A	47.19	check dam A	10
fort garden B	49.95	check dam B	2
rainwater anal	41.10	gravel swale A	300.20
permeable block	41.88	gravel swale B	95.00
vegetation swale A	218.94	gravel swale C	361.34
vegetation swale B	63.27	rainwater management parking lot	179.64
vegetation swale C	40.00	rainwater storage space	41.50

모듈이 기존의 2D 설계도서 기반 물량산출표의 오류를 검토할 수 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 LID 시설물량 자동검토 모듈을 통해 2D 설계도서기반의 물량산출표에서 발생할 수 있는 오류 유형을 다음의 네 가지로 분류해 보고자 한다.

첫째, 설계도서의 정보(규격, 지형, 정합성 등)가 불명확하여 설계자의 자의적 해석이 개입되는 경우, 둘째, 설계도서의 단위수량에 오류가 있는 경우, 셋째, 2D 설계도서에서 물량산출표를 작성하는 과정에서 계산이 잘못된 경우, 넷째, 2D 설계도서에 산출물량이 누락되는 경우이다.

이와 같이 2D 설계도서 물량산출표는 설계도서를 물량산출표로 재생산 하는 과정에 사용자가 개입함으로써, 설계자의 단순 실수 혹은 정보제공자와 수신자간의 정보전달 문제 등이 발생할 수 있으며, 오류의 발생여부 또한 파악하기 어려운 반면, BIM 기반 물량산출표는 BIM 모델로부터 자동으로 물량을 산

출하며, 이에 따라 사용자의 개입을 최소화하여 설계도서의 완성도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

또한 본 논문에서 개발한 모듈은 BIM 기반의 물량산출표를 통해 2D 설계도서 기반 물량산출표의 오류를 파악할 수 있어 LID 설계 물량 산출에 대한 검토정의 기능을 할 수 있을 것으로 보이며, BIM 기반 LID 시설물 종합 관리 시스템 구축에 활용할 수 있을 것으로 보인다.

현재 BIM은 물량산출뿐만 아니라 공정관리, 에너지 시뮬레이션 분야 등 그 활용분야가 점차 넓어지고 있으며, 실제 건축도서 납품과정에서는 BIM 모델의 제출이 점차 의무화되어 가고 있는 추세이다. 이에 따라 LID 계획 분야에도 BIM의 도입을 통해 설계과정의 오류를 최소화할 수 있는 방법론 및 실무에서 사용할 수 있는 활용방안을 마련할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Table 4. Data comparison results of BIM and 2D based output

LID facilities	material	BIM data	2D data	unit	difference rate (%)	state	LID facilities	material	BIM data	2D data	unit	difference rate (%)	state
rain garden A	crushed stone	33.68	34.41	m ³	2.12	pass	vegetation swale A	sand	17.63	4521.33	m ³	99.61	error
	nonwovens	84.20	92.76	m ²	9.23	pass		crushed stone	110.63	25065.13	m ³	99.56	error
	natural stone	44.76	50.78	ton	11.84	pass		nonwovens	276.56	67578.02	m ²	99.59	error
	boulder	1.37	1.39	ton	1.46	pass		natural stone	54.97	25096	ton	99.78	error
	gravel	2.01	2.09	m ³	3.79	pass		boulder	2.700	468.09	ton	99.42	error
rain garden B	crushed stone	32.17	32.63	m ³	1.40	pass	vegetation swale B	gravel	3.98	706.74	m ³	99.44	error
	nonwovens	80.42	87.96	m ²	8.57	pass		sand	9.50	9.87	m ³	3.77	pass
	natural stone	49.32	56.13	ton	12.13	pass		crushed stone	25.33	25.81	m ³	1.88	pass
	boulder	1.04	1.046	ton	1.00	pass		nonwovens	63.32	69.60	m ²	9.02	pass
	gravel	1.53	1.58	m ³	3.36	pass		sand	6.02	6.24	m ³	3.61	pass
rain garden C	crushed stone	19.00	22.24	m ³	14.58	pass	vegetation swale C	crushed stone	16.04	16.32	m ³	1.72	pass
	nonwovens	63.34	79.96	m ²	20.79	pass		nonwovens	40.10	44.00	m ²	8.86	pass
	natural stone	21.59	23.62	ton	8.60	pass	rainwater management parking lot	crushed stone	58.75	11638.70	m ³	99.50	error
	boulder	1.52	1.84	ton	17.09	pass		nonwovens	146.88	31377.72	m ²	99.53	error
	gravel	2.24	2.77	m ³	19.07	pass		gravel	5.14	1038.14	m ³	99.50	error

Table 4. Continued

LID facilities	material	BIM data	2D data	unit	difference rate (%)	state	LID facilities	material	BIM data	2D data	unit	difference rate (%)	state
rain garden D	crushed stone	2.58	2.61	m ³	0.92	pass	low-floor green place A	sand	5.59	5.28	m ³	-5.88	pass
	nonwovens	8.61	9.37	m ²	8.07	pass		crushed stone	14.89	13.80	m ³	-7.94	pass
	natural stone	4.07	4.28	ton	4.96	pass		nonwovens	37.24	37.20	m ²	-0.09	pass
	boulder	0.16	0.16	ton	0.40	pass	low-floor green place B	sand	5.76	5.51	m ³	-4.41	pass
	gravel	0.24	0.24	m ³	3.15	pass		crushed stone	15.35	14.42	m ³	-6.46	pass
	crushed stone	152.12	160.72	m ³	5.31	pass		nonwovens	38.38	38.88	m ²	1.28	pass
rain arden E	nonwovens	507.27	577.76	m ²	12.20	pass	rainwater canal	RMC	4.40	5.88	m ³	25.08	pass
	natural stone	117.83	155.35	ton	24.15	pass		mortar	0.59	0.66	m ³	10.74	pass
	boulder	14.45	19.09	ton	24.29	pass		square stone	10.27	8.80	m ²	-16.80	pass
	gravel	21.29	28.81	m ³	26.09	pass		gravel	1.20	1.44	m ³	16.43	pass
	crushed stone	2.46	1.81	m ³	-35.95	error		gravel swale A	gravel	12.44	37.22	m ³	66.59
Constructed Wetland	nonwovens	6.15	6.51	m ²	5.47	pass	gravel swale B	gravel	28.04	11.78	m ³	-138.02	error
	waterproof	6.15	5.61	m ²	-9.80	pass		nonwovens	80.11	31.35	m ²	-155.54	error
	natural stone	4.24	4.46	ton	4.94	pass	gravel swale C	gravel	26.13	84.55	m ³	69.09	error
	boulder	0.06	0.06	ton	-2.40	pass		nonwovens	394.27	556.46	m ²	29.15	pass
	gravel	0.09	0.09	m ³	1.07	pass	wooden deck A	RMC	20.95	18.855	m ³	-0.11	pass
	crushed stone	49.33	52.49	m ³	6.00	pass		hardwood	232.96	282.04	m ²	17.40	pass
band-like rain garden	nonwovens	123.33	141.51	m ²	12.85	pass	wooden deck B	hardwood	9.01	11.38	m ²	20.83	pass
	natural stone	38.63	40.00	ton	3.42	pass	permeable block	mixed aggregates	276.93	10.89	m ³	-2443.29	error
	boulder	3.10	3.15	ton	1.50	pass		sand	44.308	1.76	m ³	-2418.99	error
	gravel	4.57	4.76	m ³	3.83	pass		permeable block	1107.72	43.56	m ²	-2443.26	error
	crushed stone	6.24	7.59	m ³	17.82	pass	checkdam A	granite stone	0.16	0.16	m ³	0.00	pass
	nonwovens	66.57	73.04	m ²	8.87	pass	checkdam B	granite stone	0.084	0.092	m ³	8.70	pass
	hardwood	12.48	13.07	m ²	4.52	pass							

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신CO4)에 의해 수행되었습니다.

References

Cha YN, Kim SA, Chin SY. 2014. An Accuracy Analysis on Quantity Take-off Using BIM-based Spatial Object. Journal of KIBIM, 4(4): 13-23. [Korean Literature]

- Choi JJ, Kim S, Choi JW, Hyun KH, Jung JS, Im SH. 2016. BIM technique application plan for the LID plan and design study. 2016 KSEIA Autumn Annual Conference. JeJu, Korean Society of Environmental Impact Assessment. [Korean Literature]
- Construction researcher. 2016. Standard of construction estimate. Construction researcher. [Korean Literature]
- Hyung JS, Park SJ, Ryu SS. 2012. A Study on the Low Impact Development in Urban Flood Prevention Sector. Korea Water Resources Association 2012 Academic Conference: 824-828. [Korean Literature]
- Hyun, KH. 2010. Way to go for low-carbon city : LID (LowImpact Development). Korean Geo-environmental Society. 11(6): 6-13. [Korean Literature]
- Kang JE, Hyun KH, Park JB. 2014, Assessment of Low Impact Development (LID) Integrated in Local Comprehensive Plans for Improving Urban Water Cycle. Journal of the Korean Society of Civil Engineers. 34(5): 1625-1638. [Korean Literature]
- KMA. 2012. Climate Change Report of Korean Peninsula. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Kim JH, Yoon SW. 2013. A Verification of the Accuracy in BIM-Based Quantity Taking-off-Focusing on Finishing Work. Journal of KIBIM. 3(2): 1-9. [Korean Literature]
- Lee GS. 2012. Study on the BIM based architectural design process and applicational method for Apartment - Focused on the Planning and Schematic phase in design competition. Masters dissertation. Kongju University, Gongju. [Korean Literature]
- Lee MH, Han YH, Hyun KH, Lim SH. 2016. A Basic Study on the features of LID-related Ordinance Enactment conducted by Local Government - mainly on Seoul City, Suwon City and Namangju City - Journal of the Korean Society of Environmental Impact Assessment. 25(1): 25-40 [Korean Literature]
- Lee SW, Kim RH. 2016. Study of Benefit Characteristics for Low Impact Development (LID) Facilities demonstrated in Seoul Metropolitan. Journal of the Korean Society of Environmental Engineers. 38(6): 299-308 [Korean Literature]
- Song CH, Kim CK, Lee SE, Choi HC. 2016. Establishment of Rebar Quantity Estimation in BIM-based Initial Design Phase. J. Comput. Struct. Eng. Inst. Korea. 29(5): 447-454. [Korean Literature]
- Yoo JE, Lee CS. 2015. Comparison of Quantity Take-off Based on BIM and 2D. Korea Journal of Construction Engineering and Management. [Korean Literature]