

디지털 트윈국토 표준 기반의 3차원 국토공간정보 구축 작업규정 개정방안

Revision of the 3D Land Geospatial Information Work Regulation
based on the Standards of the National Digital Twin

김 병 선* · 이 희 석** · 신 동 빈***

Kim, Byeong Sun · Lee, Hee Seok · Shin, Dong Bin

요약

이 연구는 디지털 트윈국토 표준을 기반으로 3차원 국토공간정보 구축 작업규정을 개정하기 위한 정책 방안을 제시하는 데 목적이 있다. 이를 위해 국내외 주요 현황을 분석하고 3차원 국토공간정보구축 작업규정의 문제점과 제도 개선을 위한 시사점을 파악하여, 작업규정 개정방안을 제시하였다. 이 연구에서 제시한 개정방안은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 기존의 작업규정과 디지털 트윈국토 표준을 연계하여 제품 생산 단계부터 배포까지의 전 과정에 대한 기준을 정의한 3차원 국토공간정보 제품 규격 개발이며, 둘째는 3차원 국토공간정보 모델링 가이드 구축이다. 이 연구에서 도출된 개정방안은 디지털 트윈국토 표준과 3차원 국토공간정보 작업규정의 활용성을 높이고, 작업규정에 따라 데이터를 제작하면 자연스럽게 표준을 준수할 수 있는 체계를 마련하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 디지털 트윈국토, 3차원 국토공간정보, 공간정보표준, 기술기준

ABSTRACT

The purpose of this study is to suggest policy plans for revising the 3D Land Geospatial Information Work Regulation based on the standards of the National Digital Twin(NDT). We reviewed global and domestic status related with the work regulation, and deduced the main implications needed to revise it. In the study, the revision policies of the work regulation can be divided into two types: (1) NDT Standards-Based product specification which presents the specific norms about all the processes from production to distribution of 3D land geospatial information, (2) modeling guide for 3D land geospatial information. The proposed policies of the study would be contributed to promote the availability of both 3D Land Geospatial Information Work Regulation and NDT Standards, and to lay the groundwork that one can spontaneously create the 3d geospatial data complied with the NDT Standards if following in accordance with the work regulation.

Keywords : National Digital Twin, 3D National Spatial Data, Geospatial Standard, Technical Regulations

* 주저자, 정회원·안양대학교 스마트시티공학과 조교수(E-mail: geobskim@gmail.com)

** 안양대학교 도시정보공학과 박사과정(E-mail: lhshr4@gmail.com)

*** 교신저자, 정회원·안양대학교 도시정보공학과 교수(E-mail: dbshin@anyang.ac.kr)

1. 서론

우리나라는 1995년 제1차 국가공간정보정책 기본계획을 시작으로 공공과 민간의 공간정보 사업을 위한 국가공간정보의 기반을 마련해 왔다. 현재는 4차 산업 혁명 시대에 빠른 기술 환경 변화에 체계적으로 대응하기 위해 제7차 국가공간정보 기본계획을 수립하고 있다. 향후, 5년 동안의 정책을 담은 제7차 기본계획의 비전과 목표의 핵심 키워드는 현실 세계를 가상공간에 재현하는 디지털 트윈(Digital Twin)이다¹⁾. 디지털 트윈은 제조, 군사, 의료, 게임 등 다양한 분야에 사용되는 기술이며, 이 중 우리의 현실 국토에 적용한 디지털 트윈을 디지털 트윈국토 또는 국가 디지털 트윈(National Digital Twin, NDT)이라고 명명하고 있다. 디지털 트윈국토가 메타버스(Metaverse), 증강현실(Augmented Reality, AR), 가상현실(Virtual Reality, VR), 혼합현실(Mixed Reality, MR) 등 공간정보 신산업 전반으로 확산하면서, 디지털 트윈국토에 기반이 되는 3차원 공간정보에 대한 수요도 크게 증가하고 있다.

기존의 2차원 공간정보와 디지털 트윈국토에서 사용되는 3차원 공간정보를 비교하면, 우선 3차원으로 공간이 확장되면서 표현할 수 있는 데이터 모델의 피쳐(feature) 수가 증가하였고, 이들 간의 관계 역시 더욱 복잡해졌다. 그리고 길이와 면적 외에 객체의 부피까지 표현하기 위해 선과 면 그리고 솔리드(solid)와 같은 입체 기하와 위상 정보가 가미되면서 데이터 모델링(3d geometric modeling)의 난도는 더욱 높아졌다. 그뿐만 아니라, 데

이터 품질 측면에서도 평면 위치와 함께 세밀도(Level of Detail, LOD)에 따른 수직 위치 정확도까지 고려해야 한다. 이런 이유로 데이터 표준과 작업규정 또는 가이드 등과 같은 기준은 고가의 3차원 공간정보에 대한 데이터의 상호 운용성(interoperability)을 확보하고, 중복 구축을 방지하는 가장 기본적인 수단이라 할 수 있다.

이미 해외의 여러 국가에서는 3차원 공간정보를 효율적으로 생산하고 공유하기 위한 다양한 정책과 기술 개발을 추진해왔다. 특히, 국가공간정보 구축 기관(National Mapping and Cadastre Agencies, NMCA)을 중심으로 전국 단위의 3차원 공간정보 구축에 대한 이슈를 분석하고 효율적으로 구축할 수 있는 방법을 모색하고 있다. 대표적으로 유럽은 독일, 프랑스, 네덜란드, 스웨덴 등 총 10개국의 국가 지도 제작 기관들이 연합한 European Spatial Data Research(EuroSDR)²⁾을 통해 3D Special Interest Group(3D SIG) 프로젝트를 시작했다. 이 프로젝트는 OGC(Open Geospatial Consortium) CityGML(City Geography Markup Language) 데이터 모델 표준을 이용한 3차원 공간정보 제작방법을 연구하였고, 데이터 모델링 가이드를 개발하였다. 일본의 경우, PLATEAU 프로젝트를 통해 CityGML 데이터 모델을 이용한 GML 인코딩, 데이터 모델링, 포맷 간 변환 방법 등을 동영상과 가이드 형태의 매뉴얼로 제작하여 배포하고 있다.

반면, 우리나라는 ‘3차원 국토공간정보 구축 작업규정³⁾’과 건물에 대한 ‘디지털 트윈국토 공간정보표준⁴⁾’을 개발하여 적용하고 있다. 그러나 현

1) 「제7차 국가공간정보정책 기본계획」은 ‘모든 데이터가 연결된 디지털 트윈 대한민국 실현’이라는 비전과 함께 현실과 가상이 공진화하는 국가 디지털 트윈 구축을 목표로 제시하고 있다(국토교통부, 「20일 제7차 국가공간정보정책 기본계획 공청회 발표자료」, 2022).

2) EuroSDR은 국가 지도 제작 기관, 연구 기관, 대학과 기업 등과 연계하여 유럽에서 생산된 공간정보를 관리, 유통하기 위한 연구를 수행하는 비영리 기관이다(EuroSDR 홈페이지, <http://www.eurosd.net/>).

3) 「3차원국토공간정보구축작업규정」은 3차원 국토공간정보 구축방법 및 기준 등에 대한 일관성을 확보하기 위해 2009년 처음 제정된 후 관련 규제의 제·개정사항에 맞춰 타당성을 확보하기 위해 지속적인 개정을 진행하고 있으며, 현 시점에서는 2019년 개정된 「3차원국토공간정보구축작업규정」을 적용하고 있다(국토지리정보원, 「3차원국토공간정보구축작업규정」, 2019).

4) 국토교통부, 「2021년 국가공간정보 표준화 연구」, 2021.

제 적용되고 있는 3차원 국토공간정보구축 작업규정은 데이터 모델의 구조나 모델의 세밀도 등이 디지털 트윈국토 표준과 큰 차이가 있다. 또한, 작업규정에서 정의한 3DF-GML(3-Dimension Feature Geospatial Markup Language)은 국제표준과도 상이하어, 국내 산업계에서조차 사용되지 않고 있다⁶⁾. 이러한 디지털 트윈국토 표준과 기술기준인 3차원 국토공간정보구축 작업규정 간의 큰 차이는 결국, 실무 작업자들의 혼선을 유발하고 국내 디지털 트윈국토 발전에 부정적인 효과를 가져올 것으로 판단된다.

이러한 배경에서 이 연구는 우리나라의 3차원 공간정보 구축에 기반이 되는 기술기준인 3차원 국토공간정보구축 작업규정과 건물에 대한 디지털 트윈국토 공간정보표준을 연계하여 기존의 작업규정을 개정하기 위한 방안을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 3차원 국토공간정보구축 작업규정과 디지털 트윈국토 표준 현황 분석을 통해 문제점을 분석하고 주요 이슈사항을 도출한다. 이어서, 관련된 해외 사례를 분석하고 이를 토대로 디지털 트윈국토 데이터 표준을 고려한 3차원 국토공간정보구축 작업규정 개정방안을 제시한다. 끝으로 본 연구의 결과물에 대한 기대효과를 도출한다.

2. 국내 사례

2.1 3차원 국토공간정보 구축 작업규정

우리나라는 국토의 효율적인 관리와 국민의 소유권 보호를 위한 법령은 ‘공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률’이 있다. ‘공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률’의 제12조 3항에 따라 작성된 ‘공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행규칙’에서는 국토지리정보원장에게 세부적인 기본측량의 방법 및 절차를 위임하고 있다. 이에 따라, 3차원 공간정보 구축과 관련하여 국토리정보원은 [그림 1]과 같이 ‘3차원 국토공간정보 구축 작업규정’을 구축하였고, 3차원 국토공간정보 제작을 위한 작업방법 및 기준 등을 고시하고 있다.

‘3차원 국토공간정보 구축 작업규정⁷⁾’은 <표 1>과 같이 ‘제1장 총칙’, ‘제2장 3차원 국토공간정보 구축방법’, ‘제3장 품질관리’, ‘제4장 정리점검 및 성과품’으로 구성된다. 제1장은 3차원 국토공간정보 구축에 필요한 용어, 표준 데이터 형식, 작업순서 등을 정의한다. 제2장은 3차원 국토공간정보의 기초자료 취득과 편집 외에도 데이터 제작방법과 가시화정보에 관해 정의한다. 제3장은 3차원



(그림 1) 3차원 국토공간정보 구축 관련 법령체계도

5) 한국국토정보공사, 「디지털 트윈국토(건물) 표준 개발 및 가이드 제작」, 2021.
 6) 김병선·김걸, “한국의 3차원 도시 모델 이슈와 정책적 개선 방안 연구”, 『한국도시지리학회지』, 제23권, 3호, 2020, pp.49~60.
 7) 국토지리정보원, 「3차원국토공간정보구축작업규정」, 2019.

〈표 1〉 3차원 국토공간정보 구축 작업규정의 주요 내용

| | | | |
|------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 총칙 | 목적 | 용어의 정의 | |
| | 적용기준 | 위치기준 | |
| | 표준데이터셋 | 세밀도 | |
| | 사용장비 및 소프트웨어 | 데이터 형식 | |
| | 작업순서 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 구축방법 | 계획서 작성 및 점검 | 작업시행계획서 작성 | |
| | 기초자료 취득 및 편집 | 점검 | |
| | 제작기준 및 방법 | 기초자료 취득 | 기초자료 편집 |
| | | 3차원 국토공간정보 제작기준 | 3차원 국토공간정보 제작기준 |
| | | 3차원 교통데이터 제작방법 | 3차원 교통데이터 제작방법 |
| | | 3차원 건물데이터 제작방법 | 3차원 건물데이터 제작방법 |
| | | 3차원 수자원데이터 제작방법 | 3차원 수자원데이터 제작방법 |
| | 3차원 지형데이터 제작방법 | 3차원 지형데이터 제작방법 | |
| | 가시화 정보 | 가시화정보 편집 | |
| | | 가시화정보 제작방법 | |
| | | 가시화정보 지상표본거리 | |
| | | | |
| | | | |
| 품질관리 | 품질관리 및 요소 | 품질관리 범위 | |
| | 품질검사 방법 | 품질요소 | |
| | | 검사방법 | |
| | 관리표 작성 | 화면검사 | |
| | 현장검사 | | |
| | 품질관리표 작성 | | |
| 정리점검 및 성과품 | 메타데이터 작성 | 메타데이터 작성 | |
| | 성과품 | 성과품 | |
| | 제검토기한 | 제검토기한 | |

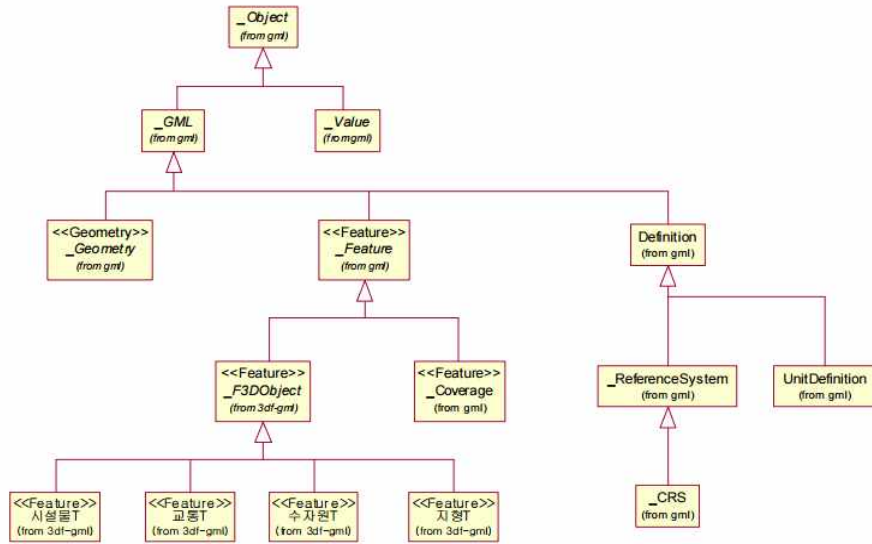
국토공간정보의 제작기준 부합 여부를 판단하기 위한 품질 관련 항목을 정의하며, 제4장은 3차원 국토공간정보의 관리 및 유통을 위한 사항을 정의한다.

‘3차원 국토공간정보 구축 작업규정’ 제8조 데이터 형식은 3차원 국토공간정보의 데이터 형식으로 3DF-GML을 정의한다. 3DF-GML은 국내 3차원

국토공간정보를 저장 및 교환하기 위한 목적으로 개발된 데이터 모델로써, [그림 2]와 같이 정의된다⁸⁾. 이러한 규정에 따라 3차원 국토공간정보는 3DF-GML 데이터 모델 준수를 원칙으로 하며, OGC의 CityGML⁹⁾과 상호교환이 가능하도록 명시하고 있다.

8) 국토지리정보원, 「3차원국토공간정보구축작업규정」, 2009.

9) CityGML은 3D 도시모델의 저장 및 교환을 목적으로 공간정보표준 ISO 19100 시리즈를 준수한 개방형 데이터 모델 표준을 의미한다(OGC, OGC city geography markup language (CityGML) encoding standard, 2012).



자료: 국토지리정보원, “3차원국토공간정보구축작업규정”, 2009.

(그림 2) 3DF-GML의 UML 클래스 다이어그램

2.2 디지털 트윈국토 건물 표준과 표준 활용 가이드

2021년 국토교통부와 한국국토정보공사는 디지털 대전환(Digital Transformation) 시대에 맞춰 새로운 기술 환경 변화에 신속히 대응하고, 디지털 트윈국토¹⁰⁾의 상호 운용성을 확보하기 위한 목적으로 3차원 건물 데이터에 대한 공간정보표준 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 3차원 국토공간정보와 관련된 국제표준인 OGC의 CityGML 3.0을 기반으로 국가기본도 데이터 모델¹¹⁾, 국가기본도 건물 높이 DB¹²⁾ 등과 같은 국내실정과 다양한 응용 분야의 요구사항을 반영하여 ‘KS X

6808-1 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제1부: 데이터 모델¹³⁾’ 표준을 제작하였다. 그리고 디지털 트윈국토 건물 데이터 모델을 기반으로 3차원 건물 데이터의 구축 및 관리, 활용 등 전 생애주기 단계에서 일관성을 확보하기 위해 ‘KS X 6808-2 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제2부: 데이터 품질¹⁴⁾’, ‘KS X 6808-2 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제3부: 메타데이터¹⁵⁾’, ‘KS X 6808-4 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제4부: 데이터 제품 사양¹⁶⁾’ 표준을 개발하였다. 현재 디지털 트윈국토 건물에 대한 공간정보표준 4종은 국가표준으로 제정된 상태이며, 주요 내용 및 구성은 [그림 3]과 같다.

10) 디지털 트윈국토(NDT: National Digital Twin)는 3차원 국토공간정보와 IoT 센서 등을 바탕으로 현실 공간과 디지털 공간을 상호 연계하여 디지털 공간에서의 모니터링, 분석, 시뮬레이션을 통해 국토를 효율적으로 관리하기 위한 디지털 트윈이다(KS X 6808-1, 「지리정보-디지털 트윈국토 건물-제1부: 데이터 모델」, 2022).

11) 국토교통부, 「신국가기본도 체계 연구」, 2017.

12) 국토지리정보원, 「국가기본도 건물 높이 DB」, 2020.

13) KS X 6808-1, 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제1부: 데이터 모델, 2022.

14) KS X 6808-2, 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제2부: 데이터 품질, 2022.

15) KS X 6808-3, 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제3부: 메타데이터, 2022.

16) KS X 6808-4, 지리정보-디지털 트윈국토 건물-제4부: 데이터 제품 사양, 2022.



(그림 3) 디지털 트윈국토 건물 표준 4종의 구성 및 주요 내용

이와 함께, 디지털 트윈국토 관련 사업에서 지자체와 사업수행자들의 원활한 표준 적용을 지원하기 위해 디지털 트윈국토 건물 표준 활용 가이드를 개발하였다. 디지털 트윈국토 건물 표준 활용 가이드는 ‘제1장 디지털 트윈국토 이해하기’, ‘제2장 표준 이해하기’, ‘제3장 표준 활용하기’, ‘제4장 표준 용어 이해하기’로 구성되며, [그림 4]와 같이 웹사이트 형태로 제공하고 있다. 제1장은 디

지탈 트윈국토 사업 수행을 위한 기본적인 개념 및 범위 등을 정의한다. 제2장은 디지털 트윈국토 관련 사업에 적용해야 하는 공간정보표준의 개념과 주요 내용, 표준화 성과물에 대한 내용을 설명한다. 제3장은 표준 적용을 위한 작성 방법, 적용 사례, 적합성 평가 등에 대한 내용을 안내한다. 마지막으로 제4장은 표준의 이해와 활용에 필요한 용어 및 약어를 정의한다.



자료: 디지털 트윈국토 표준 활용 가이드 홈페이지(<http://docs.sfractum.com/sfwiki/>)

(그림 4) 디지털 트윈국토 건물 표준 활용 가이드 웹사이트

2.3 주요 이슈 분석

디지털 트윈국토 표준과 디지털 트윈국토에 기반이 되는 3차원 공간정보와 관련된 기술기준인 3차원 국토공간정보구축 작업규정에 대해 검토한 내용을 바탕으로 국내 3차원 공간정보 구축과 연관된 제도적 측면에 주요 이슈를 도출하면 다음과 같다.

2.3.1 표준을 이용한 데이터 구축의 한계

국제표준이나 국가표준은 다양한 이해 관계자들이 공통으로 참조하고 활용하는 범용성을 갖추어야 한다. 따라서 국가표준은 특정 기관이나 단체 등을 대상으로 하는 기관표준, 단체표준 등과 비교해서 다소 일반적이고 추상적으로 객관적인 내용을 기술하는 것이 특징이다([그림 5] 참조). 국가표준인 디지털 트윈국토 데이터 모델 표준 역시 여러 응용 분야에서 공통으로 사용되는 객체와 이들 간의 관계 그리고 코드 리스트를 포함한 속성 항목 등을 정의하고 있지만, 범용성을 확보하기 위해 내용의 구체성은 부족한 실정이다.

이에 따라 국가표준인 디지털 트윈국토 데이터 모델 표준을 이용하여 작업자들이 디지털 트윈국토와 3차원 공간정보 데이터를 구축하는 데는 여러 가지 제약사항이 존재한다. 가령, 건물에 필요

한 객체는 정의하고 있지만, 어떤 기하를 이용하여 이들 객체를 조합하고 모델링 하는 가에 관한 내용은 담겨있지 않다. 또한, 표준에서는 데이터 구축에 필요한 구체적인 수치를 정의하지 않는데, 이는 데이터를 구축하는 기관마다 사용하는 정량적 기준이 다를 수 있기 때문이다. 그러나 구체적인 수치 없이는 모델의 세밀도에 따른 정확도 수준을 설정하는 것이 불가능하다. 이러한 점에서 표준 문서만으로는 데이터 구축에 필요한 정보를 취득하여 모델링하는데 한계가 있다.

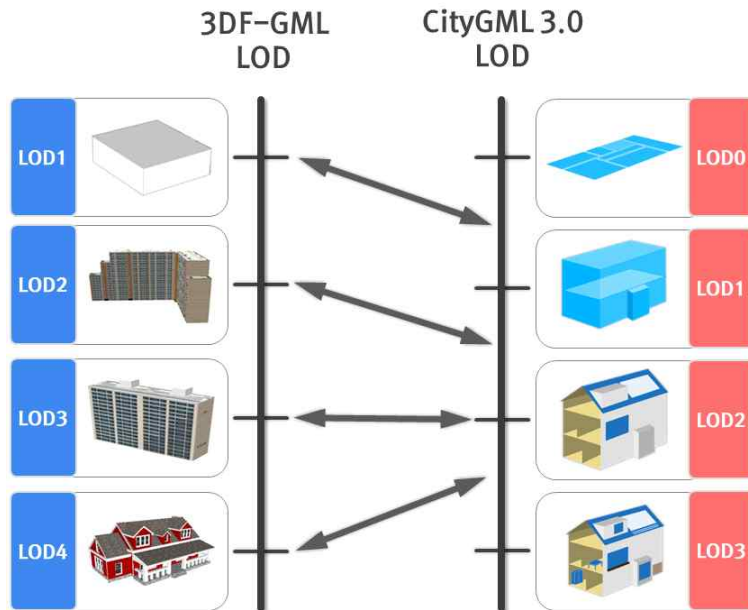
2.3.2 작업규정과 데이터 모델 표준 간의 불일치

일반적으로 작업규정과 같은 기술기준은 국가표준에서 부족한 부분인 데이터 구축 과정을 보다 상세하고 구체적으로 정의하여, 데이터 구축에 필요한 가이드를 제시한다. 이러한 체계가 정립되기 위해서는 작업규정과 표준이 내용면에서 서로 참조하는 연결성이 있어야 한다. 그러나 3차원 국토공간정보 구축 작업규정은 디지털 트윈국토 표준을 고려하지 않고 있으며, 무엇보다 데이터 구축에 핵심이 되는 데이터 모델에서 큰 차이를 보인다.

기본적으로 디지털 트윈국토 표준은 국제표준인 CityGML3.0을 확장하여 개발하였으나, 3차원 국토공간정보 구축 작업규정은 국내에서 독자적



(그림 5) 국가공간정보 표준의 위계



자료: 국토교통부, "2021년 국가공간정보 표준화 연구", 2021.

(그림 6) 3DF-GML과 CityGML 3.0의 세밀도 관계 차이

로 개발한 모델인 3DF-GML로 제작하는 것을 원칙으로 한다. 하지만 3DF-GML은 국제적인 흐름과도 맞지 않고, 지원하는 응용 프로그램도 거의 없기 때문에, 현재 국내 산업계에서도 사용하지 않는 모델이다. 또한, 데이터 모델링에 기준이 되는 데이터의 세밀도도 [그림 6]과 같이 디지털 트윈국토 표준과 3차원 국토공간정보 구축 작업규정이 서로 다르게 정의되어 있다.

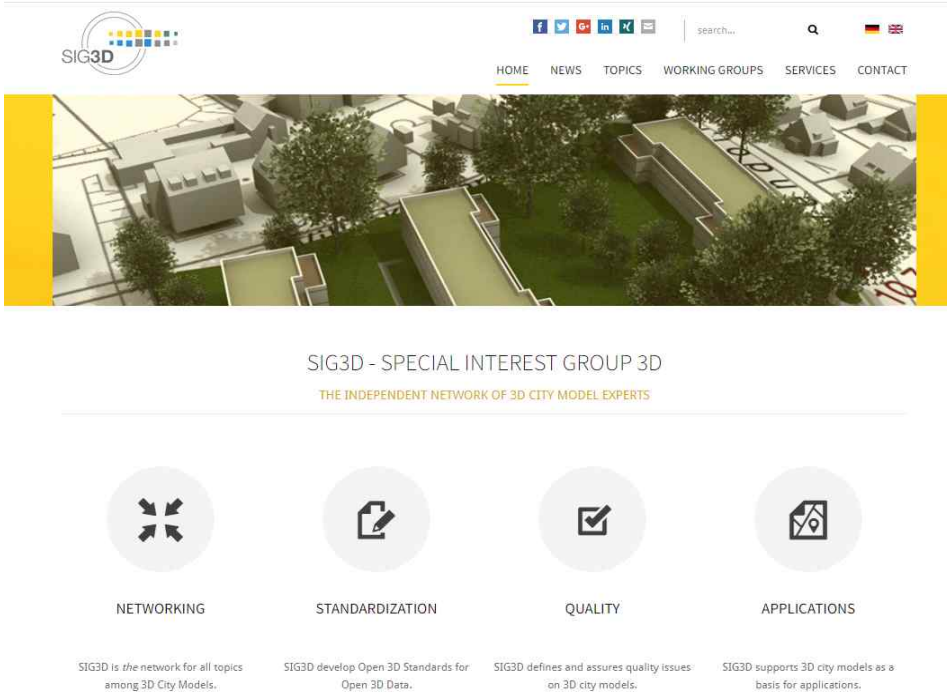
이처럼 3차원 국토공간정보 구축에 필요한 표준과 기술기준 간의 차이는 실무 작업자들에게 혼란을 유발하는 원인이 되고 있다.

3. 국외 사례

3.1 유럽의 EuroSDR 3D GIS

유럽은 각 국가별로 제작했던 3차원 공간정보를 통합적으로 공유하고, 효율적으로 구축, 유지 관리하기 위해 EuroSDR 3D Special Interest Group(3D SIG)를 조직하였다. 여기에는 폴란드, 스위스, 영국, 아일랜드, 프랑스, 벨기에, 독일, 스웨덴, 핀란드, 네덜란드의 국가 지도 제작 기관과 대학, 기업 등이 참여하고 있다¹⁷⁾. EuroSDR 3D SIG는 3차원 공간정보와 관련된 유럽의 중장기 과제를 총괄하기 위한 목적으로 결성되었다. 세부적으로는 [그림 7]과 같은 웹사이트를 개발하여 각국이 보유한 경험과 기술을 바탕으로 연구 및 산업 분야에서 3차원 공간정보 데이터 모델링과 관련된

17) Stoter, Jantien, et al., "3D Modelling with National Coverage: Bridging the Gap Between Research and Practice: Commission II, WG II/2." 3D Geoinformation Science: The Selected Papers of the 3D GeoInfo 2014, 2015, pp.207-225.



자료: SIG 3D 홈페이지(<https://www.sig3d.org/>)

(그림 7) EuroSDR 3D SIG 홈페이지

모범 사례(best practice)를 공유하고, 협동 연구 계획을 수립하며, 공통된 관심 분야에 대한 연구 프로젝트 추진하는 등의 유럽의 3차원 공간정보를 이끄는 역할을 한다.

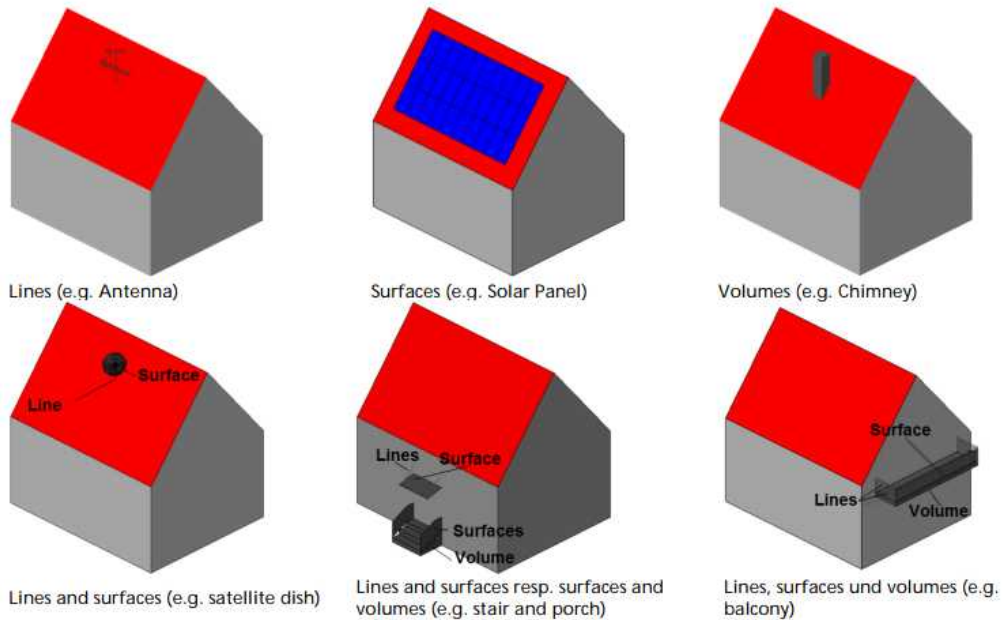
EuroSDR 3D SIG는 3차원 공간정보와 관련된 다양한 이슈를 분석하고 해결 방안을 모색하고 있으며, 이 중 3차원 공간정보표준에 따른 데이터 모델링은 EuroSDR 3D SIG의 주된 관심사 가운데 하나이다. 유럽 대부분의 국가는 OGC의 CityGML 표준에 따라 3차원 공간정보를 구축하고 있으나, CityGML 표준만으로는 일관되고, 통일성 있게 데이터를 구축하는데 한계가 있다는 점을 인식하였다. 무엇보다 3차원 공간정보 구축에 필요한 구체적인 수치나 기준이 표준에는 언급되어 있지 않기

때문에 이를 보완할 수 있는 모델링 가이드의 필요성을 제기하였다.

이러한 차원에서 EuroSDR 3D SIG에서는 수요가 가장 높은 3차원 건물 데이터에 대한 Modeling Guide for 3D Objects¹⁸⁾¹⁹⁾를 개발하였다. 이 가이드는 Part 1, Part 2로 구성되어 있는데, Part 1은 CityGML의 GML 인코딩의 타당성을 검증하는 기본 규칙을 설명하고 있으며, Part 2는 건물에 대한 모델링 방법을 소개한다. 세밀도에 따라 모델링 방법과 함께, [그림 8]과 같이 안테나, 태양광 패널, 굴뚝, 계단, 발코니 등과 같은 부속 시설물까지도 어떤 기하 타입으로 모델링해야 하는가에 대한 가이드를 제공한다.

18) SIG3D, "Modeling Guide for 3D Objects Part 1: Basics(Rules for Validating GML Geometries in CityGML)", 2014.

19) SIG3D, "Modeling Guide for 3D Objects - Part2: Modeling of Buildings(LoD1, LoD2 and LoD3)", 2017.



자료: SIG 3D, "Modeling Guide for 3D Objects - Part2: Modeling of Buildings(LoD1, LoD2 and LoD3)", 2017.

(그림 8) 모델링 가이드에서 권고하는 건물 부속 시설물의 기하 유형

3.2 일본의 Project PLATEAU

일본 국토교통성 도시국 도시정책과는 민·관 협업 체계 기반의 3D 도시 모델 오픈 데이터 플랫폼을 구축하고, 시범 활용 모델을 발굴·공개하는 플라토 프로젝트(Project PLATEAU)를 공개·발표하였다²⁰⁾. 플라토 프로젝트를 통해 전국 56개 도시의 3D 도시 모델을 정비하고, 이를 활용한 도시계획, 마치즈쿠리²¹⁾, 방재, 도시 서비스 창출 등을 목표로 '마치즈쿠리 DX(Urban Digital Transformation, UDX)' 정책을 추진하고 있다. 플라토 포털과 SNS를 통해 3D 도시 모델과 활용 모델을 순차적으로 공개하고 있으며, 'PLATEAU VIEW'라는 3D 도시 모델 활용 애플리케이션을 함께 개

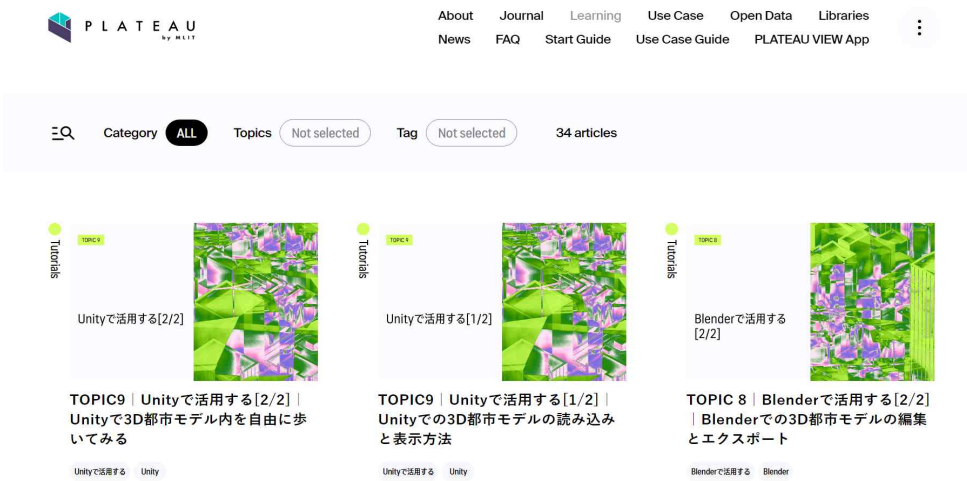
발하여 3D 도시 모델을 활용한 전국 최적화·시민 참여형·기동적 마치즈쿠리 실현을 위한 노력을 도모하고 있다²²⁾.

유럽과 마찬가지로 일본도 플라토 프로젝트를 추진하면서, 표준을 통한 3차원 공간정보의 상호운용성 확보에 많은 노력을 기울이고 있다. 유럽과 동일하게 CityGML을 데이터 모델 표준으로 사용하고 있으며, [그림 9]와 같은 플라토 포털을 통해 표준 기반의 구체적인 데이터 모델링 가이드를 제공하고 있다. 데이터 모델과 관련해서 'FME를 활용한 CityGML 데이터 형식 변환', '3D 도시 모델 데이터 기본' 등이 있는데, '3D 도시 모델 데이터 기본'은 3D 도시 모델 취득 방법과 데이터 형식, CityGML 데이터 구조, 세밀도에 따른 표현 방

20) 이영주, 「도시의 디지털 전환(UDX)을 위한 일본 플라토 프로젝트(Project PLATEAU) 추진전략」, 2022.

21) 마치즈쿠리(まちづくり)는 단순히 '마을 만들기'로 정의하는 사례가 많으나, 시민들의 참여를 바탕으로 마을 정비부터 도시공간 조성까지 폭넓게 사용하는 개념이다(이영주, 「도시의 디지털 전환(UDX)을 위한 일본 플라토 프로젝트(Project PLATEAU) 추진전략」, 2022).

22) 한국국토정보공사, 「공공분야 디지털트윈 활용 방안 연구」, 2022.

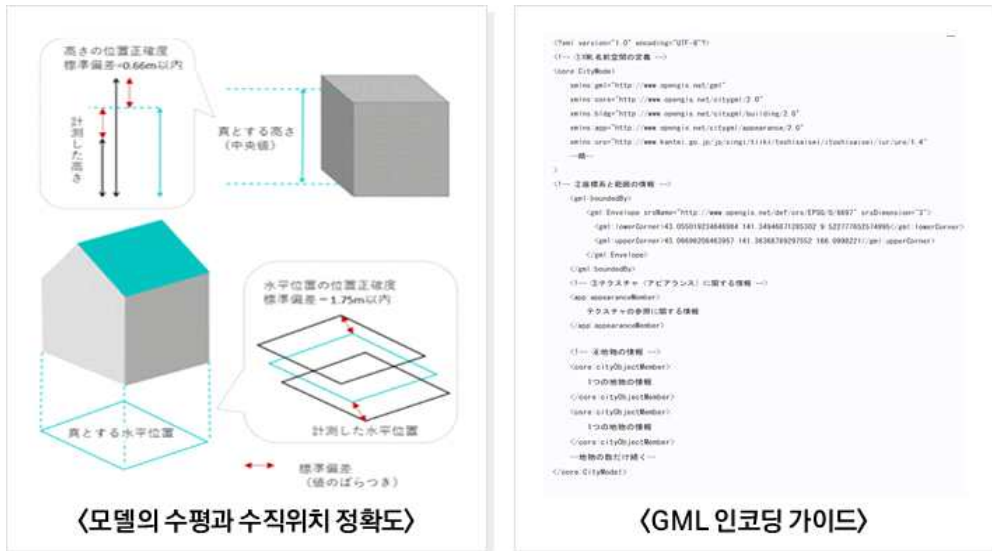


자료: PLATEAU 홈페이지(<https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/>)

(그림 9) Project PLATEAU 홈페이지

법, CityGML 좌표 및 높이 변환 등으로 구성된다. 플랫폼 프로젝트에서 제공하는 ‘3D 도시 모델 데이터 기본’ 가이드를 통해 작업자들은 세밀도 별로 구축된 실제 데이터를 이용하여 표준에 부합하는 GML 인코딩 방법을 학습하고 이해할 수 있다. 그리고 데이터 모델링 과정에서는 필요하나 표준

에서 제공하지 않는 다양한 정보를 함께 제공하고 있다. 가령, [그림 10]과 같이 모델링한 데이터의 일관성을 확보하기 위해, 작업규정에서 제공하는 평면과 높이 정확도 기준을 가이드에서 제공하고 있다.



자료: PLATEAU 홈페이지(<https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/>)

(그림 10) Project PLATEAU에서 제공하는 모델링 가이드 내용

4. 3차원 국토공간정보 작업규정 개정 방안

4.1 작업규정 개정 방향

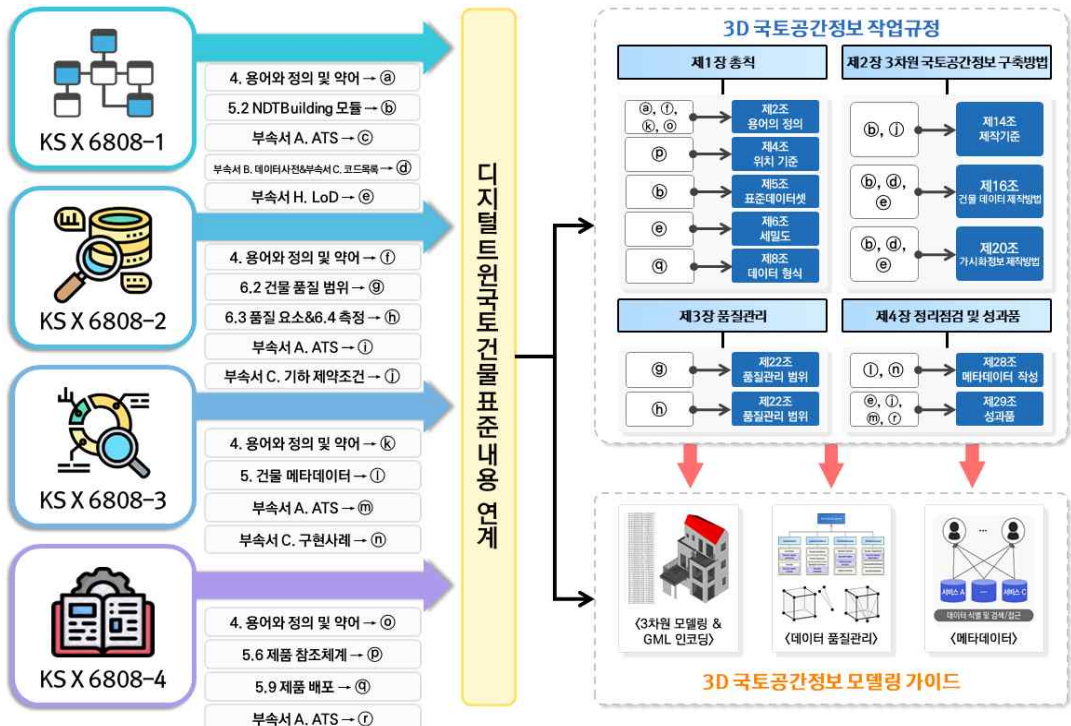
유럽과 일본 사례를 살펴보면, 공간정보표준을 중심으로 작업규정을 개발하고, 작업규정의 내용도 국내와 달리 복잡한 3차원 공간정보 구조를 쉽게 이해하고 표준과 연계하여 모델링하는 방법을 구체적이고 체계적으로 설명하고 있다. 이 같은 점은 디지털 트윈국토 공간정보표준과 3차원 국토공간정보 작업규정을 연계하여 개정이 필요하다는 것을 시사한다.

이러한 관점에서 이 연구는 디지털 트윈국토 표준 기반의 3차원 국토공간정보구축 작업규정 개정 방안을 [그림 11]과 같이 도식화하였다.

이 연구에서 제시한 개정방안의 특징은 기존의 작업규정을 [그림 11]과 같이 3차원 국토공간정보 제품 규격과 제작방법으로 구분했다는 점이다. 디

지털 트윈국토 공간정보표준은 데이터 모델, 메타데이터, 데이터 품질, 데이터 제품 사양으로 구성되어 있으며, 제품 생산 단계부터 배포까지의 전 과정에 대한 기준을 제시한다. 따라서 [그림 11]과 같이 3차원 국토공간정보구축 작업규정은 표준의 내용을 반영하여 제품 규격을 정의하고, 3차원 국토공간정보 모델링 가이드는 작업규정에서 제시한 제품 사양에 부합하도록 3차원 국토공간정보를 모델링하는 최소한의 가이드를 제공한다.

이렇게 제품 규격과 제작 방법을 분리하면, 표준이나 기술기준에 익숙하지 않은 작업자들도 쉽게 풀이된 모델링 가이드를 참조하여 데이터를 제작할 수 있고, 동시에 기술기준인 작업규정과 디지털 트윈국토 표준을 준수할 수 있는 체계가 정립될 수 있다. 또한, 항공사진과 같은 전통적인 3차원 국토공간정보 구축 방법에서부터 드론, Geo-AI 등 최신의 기술에 이르기까지 데이터 구축에 사용되는 기술과는 무관하게 제품의 규격만을 만족시키면 되기 때문에, 기술 발전에 유연하게 대



(그림 11) 디지털 트윈국토 건물 표준과 3차원 국토공간정보 작업규정 연계 방안

응할 수 있다는 장점이 있다²³⁾.

4.2 표준 기반의 3차원 국토공간정보 작업규정

3차원 국토공간정보 구축 작업규정과 디지털 트윈국토 건물 표준의 불일치 문제를 해결하고, 관계된 내용 간의 상호 일관성을 확보하기 위해서는 ‘KS A 0014: 기술규정에서 표준을 참조하는 방법에 대한 가이드’에서 규정하고 있는 기본원칙을 준수하여 연계해야 한다. 3차원 국토공간정보 구축 작업규정과 같은 기술기준은 표준과 달리 정부 또는 단체에 의해 채택되어 강제성을 갖는 기준이기 때문에, 규정해야 하는 항목과 유연하게 변경할 수 있는 항목으로 구분하여 정의해야 한다²⁴⁾. 즉, 규정사항은 기술이나 환경이 변화되어도 반드시 일관성을 확보할 필요가 있는 영역으로 표준의 내용을 참조하는 방식으로 규정하고, 유연성을 가져야 하는 항목은 ‘모델링 가이드’를 별도로 제작하여 작업자의 활용 목적에 따라 다양한 방법론을 적용할 수 있도록 해야 한다.

이러한 차원에서 본 연구에서는 3차원 국토공간정보 구축 작업규정과 디지털 트윈국토 건물 표준의 구성을 세부적으로 분석하여 참조 항목을 도출하였으며, 3차원 국토공간정보 구축 작업규정의 각 장인 ‘제1장 총칙’, ‘제2장 3차원 국토공간정보 구축 방법’, ‘제3장 품질관리’, ‘제4장 정리점검 및 성과품’에 표준의 내용을 프로파일²⁵⁾하기 위한 매핑 과정을 수행하였다.

4.2.1 제1장 총칙 재정의

기 수립된 3차원 국토공간정보 구축 작업규정의 기본적인 사항을 규정하고 있는 ‘제1장 총칙’은 3DF-GML을 기반으로 정의되고 있어 현재의 기술 및 정책 방향과의 상이함이 존재한다. 이에 따라 3차원 국토공간정보 구축 작업규정의 ‘제1장 총칙’의 내용은 최신 동향을 고려하여 디지털 트윈국토 건물 표준의 내용과 상호 부합할 수 있도록 내용의 재구성이 필요하며, 다음과 같은 내용을 수정 및 추가해야 한다.

첫째, ‘제2조 용어의 정의’는 디지털 트윈국토 건물 표준 4종의 ‘용어와 정의 및 약어(㉠, ㉡, ㉢, ㉣)’를 기반으로 수정 및 신규로 추가하여 작업자가 3차원 국토공간정보의 제작부터 배포까지 일련의 공정을 쉽게 이해할 수 있도록 재정의해야 한다. 둘째, 3차원 국토공간정보 ‘제4조 위치 기준’은 ‘공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률’의 ‘제6조 측량 기준’에 따라 KS X 6808-4의 ‘참조체계 정보(㉤)’의 수평 및 수직 좌표 체계 식별자와 합성 좌표 참조 체계에 대한 내용으로 구체화해야 한다. 셋째, 3DF-GML으로 규정하고 있는 ‘제5조 표준데이터셋’을 KS X 6808-1의 ‘NDTBuilding 모듈(㉥)’의 UML 다이어그램을 기반으로 구축된 표준데이터셋으로 정의해야 한다. 그리고 3차원 국토공간정보의 구축 대상이 정의되면 ‘제6조 세밀도’를 KS X 6808-1에서 규정하고 있는 ‘세밀도(㉦)’의 내용으로 개정해야 한다. 마지막으로, ‘제8조 데이터 형식’에서 원칙으로 규정한 3DF-GML을 KS X 6808-4의 ‘배포 정보(㉧)’에 따라 디지털 트윈국토 데이터 모델에서 정의한 데이터 형식으로 개정해야 한다.

23) 한국국토정보공사, 「공간정보표준 뉴스레터 Vol.7」, 2019.

24) KS A 0014, 기술규정에서 표준을 참조하는 방법에 대한 가이드, 2020.

25) 프로파일은 특정 커뮤니티의 특정 기능(function)을 위해 필요한 모듈(module), 인자(parameter), 필수(mandatory)/선택(option) 사양을 규정한 하나 이상의 기반표준이다. 여기서, 기반표준은 프로파일을 위한 원천자료(source)가 되는 표준으로써, 국가표준 개발에 있어 ISO/TC 211의 19100 시리즈 표준 또는 OGC의 추상사양과 구현사양 등이 포함된다(박중민·오세웅·서상현, “프로파일링에 의한 지리정보표준 개발방법 연구, 「한국지리정보학회지」, 제5권, 4호, 2022, pp.56~64).

4.2.2 제2장 3차원 국토공간정보 구축방법 정의

3차원 국토공간정보 구축방법은 구축항목, 범위 및 세밀도 등을 명확하게 정의하여 표준화된 3차원 국토공간정보로 구축 및 활용이 가능해야 한다²⁶⁾. 이를 위해 ‘제2장 3차원 국토공간정보 구축방법’의 내용은 디지털 트윈국토 공간정보표준에 부합하고 국제적인 흐름에 맞춰 개정해야 한다.

구체적으로 ‘제14조 3차원 국토공간정보 제작기준’은 KS X 6808-1의 ‘NDTBuilding 모듈(㉔)’의 지형지물 클래스를 기반으로 구축 항목을 정의해야 하며, 3차원 국토공간정보 제약조건에 해당하는 내용을 KS X 6808-2의 ‘기하 제약조건(㉑)’의 내용으로 반영해야 한다. 그리고, ‘제16조 3차원 건물 데이터 제작방법’과 ‘제20조 가시화정보 제작방법’은 KS X 6808-1의 ‘NDTBuilding 모듈(㉔)’과 ‘코드목록(㉑)’, ‘세밀도(㉑)’를 기반으로 구축 대상 및 범위, 세밀도에 대한 기준이 마련되어야 한다. 다만, 3차원 국토공간정보 구축방법에서는 최소한의 구축 기준을 제시하되, 구체적인 내용은 작업자의 활용 목적에 따라 다양한 방법론을 적용할 수 있도록 ‘모델링 가이드’를 참고하는 방식으로 명시해야 한다.

4.2.3 제3장 품질관리 재정의

3차원 국토공간정보는 기존의 2차원 공간정보와 달리 오차의 유형도 다양하고 현실 세계를 재현함에 있어 데이터의 불확실성이 높기 때문에, 표준화된 품질 표준에서 규정하고 있는 최소한의 기준과 원칙에 따라 체계적으로 품질을 관리해야 한다²⁷⁾. 품질관리는 데이터의 신뢰성을 확보하고 다양한 응용에 있어 사용자가 3차원 국토공간정보

를 취사 선택할 수 있는 판단 기준으로 활용하기 위한 중요한 사항이다²⁸⁾.

이러한 측면에서 ‘제3장 품질관리’의 내용은 KS X 6808-1에 따라 정의한 3차원 국토공간정보 구축 기준에 따라 구축된 표준데이터셋의 품질을 관리하기 위해 ‘제22조 품질관리 범위’를 KS X 6808-2의 ‘품질 범위(㉔)’에 따라 데이터세트 시리즈(dataset series), 데이터세트(dataset) 등과 같이 계층적으로 정의되어야 한다. 그리고 3차원 국토공간정보의 품질을 비교하기 위해서는 ‘제23조 품질요소’의 내용을 3차원 건물 데이터의 특징을 고려한 ‘품질 요소 및 측정 항목(㉔)’에 따라 품질을 평가하고 관리해야 한다.

4.2.4 제4장 정리점검 및 성과품 재정의

앞서 정의한 내용을 토대로 구축된 3차원 국토공간정보는 작업규정에서 규정하고 있는 내용을 충족해야 하며, 데이터의 생애주기 전 단계에서 일관성을 확보하고 지속적인 유지관리가 가능해야 한다. 이를 위해 3차원 국토공간정보의 성과품에 대한 전반적인 내용을 정의하고 있는 ‘제4장 정리점검 및 성과품’은 다음과 같은 내용으로 개정해야 한다.

우선, 기존의 3차원 국토공간정보의 관리 및 유통을 위한 항목인 ‘제28조 메타데이터 작성’에서 규정하고 있는 지리정보 유통 목록(메타데이터) 표준의 내용을 KS X 6808-3의 ‘건물 메타데이터(㉑)’에서 규정하고 있는 작성항목으로 변경해야 하며, KS X 6808-3의 ‘구현 사례(㉑)’를 기반으로 3차원 국토공간정보 메타데이터 제작방법에 해당하는 내용이 별도의 부속서 형태로 작성되어야 한다. 그리고, 기존의 ‘제29조 성과품’에서 규정하고 있는 ‘사업지역 색인도’, ‘3차원 국토공간정보 표준

26) 박준구 외, “3차원 국토공간정보 구축 개선방안 연구”, 「대한공간정보학회지」, 제16권, 6호, 2009, pp.89-99.

27) 김병선·이희석·홍상기, “디지털 트윈국토 건물 데이터 품질 표준 개발을 위한 항목 도출에 관한 연구”, 「지적국토정보」, 제52권, 1호, 2022, pp.37-55.

28) 한국국토정보공사, 「디지털 트윈국토(건물) 표준 개발 및 가이드 제작」, 2021.

데이터셋’, ‘3차원 국토공간정보 표준데이터셋 가시화정보’, ‘품질관리표’, ‘메타데이터’ 등 외에도 디지털 트윈국토 건물 표준 4종의 ‘추상 시험 스위트 (©, Ⓜ, Ⓡ)’의 항목을 추가하여 3차원 국토공간정보 구축 작업규정에 따라 구축된 표준데이터셋이 표준을 준수하고, 관련 요구사항을 모두 충족하였는지 평가하고 검증할 수 있도록 해야 한다.

4.3 3차원 국토공간정보 모델링 가이드

현재의 3차원국토공간정보구축 작업규정은 개괄적으로 데이터 제작방법을 설명하고 있기 때문에 실질적으로 3차원 국토공간정보를 개발 및 관리하는데 한계가 있다. 따라서 3차원 국토공간정보 모델링 가이드는 표준이나 작업규정 등에 익숙하지 않은 사용자도 쉽게 3차원 국토공간정보를 모델링할 수 있도록 구성해야 하며, 최소 <표 2>와 같은 항목을 담아야 한다. 여기서, 3차원 국토공간정보 모델링 가이드는 데이터의 생애주기 전 단계(구축·품질관리·활용 등)에서 적용되는 데이터 표준(데이터 모델·데이터 품질·메타데이터·데이터 제품 사양 등)에 따라 데이터 모델링을 위한 구체적인 방법을 사례를 통해 제공하여 데이터의 상호운용성을 확보하기 위해 필요한 전반적인 매뉴얼이라 할 수 있다.

3차원 국토공간정보 모델링 가이드 제작에서 주의할 점은 반드시 실습 데이터와 함께 쿡북(cookbook) 형태로 제작하여 사용자가 쉽게 따라할 수 있도록 제작해야 한다는 점이다. 이를 통해 복잡한 표준이나 작업규정에 익숙하지 않은 작업자들이 가이드만을 숙지하여 기준에 부합하는 데이터를 손쉽게 제작할 수 있는 작업 환경이 조성될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

2020년 디지털 뉴딜 정책이 시행되면서, 디지털 트윈국토와 3차원 공간정보는 4차 산업혁명 시대의 대한민국 공간정보를 이끄는 핵심 기반으로 주목받고 있다. 하지만 디지털 트윈국토 공간정보표준과 3차원 공간정보 제작에 필요한 기술기준인 3차원 국토공간정보구축 작업규정은 내용은 물론 사용하는 데이터 모델도 상이하여, 데이터를 구축하고 시스템을 개발하는 현장 실무 작업자들에게 큰 혼란을 유발하고 있다.

이러한 배경에서 이 연구는 우리나라의 3차원 공간정보 구축에 기반이 되는 기술기준인 3차원 국토공간정보구축 작업규정과 공간정보표준인 디지털 트윈국토 데이터 표준을 연계하여 기존의 작

<표 2> 3차원 국토공간정보 모델링 가이드의 구성

| 구 분 | 내 용 |
|--------------------------|--|
| 3차원 국토공간정보 모델링 및 GML 인코딩 | <ul style="list-style-type: none"> 지형면과의 접합 지점을 고려한 모델링 방법 세밀도별 3차원 국토공간정보 모델링 방법 <ul style="list-style-type: none"> 세밀도별 수평/수직 정확도 기준 세밀도별 표현 객체와 객체별 모델링 방법 세밀도별 사용 가능한 기하 유형 세밀도별 필수 속성 항목 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 국토공간정보 모델에 대한 GML 인코딩 방법 |
| 3차원 국토공간정보 품질관리 | <ul style="list-style-type: none"> 3차원 국토공간정보 데이터 품질 측정 방법 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 3차원 국토공간정보구축에서 사용되는 기하 형태 정의 및 설명 |
| 3차원 국토공간정보 메타데이터 | <ul style="list-style-type: none"> 3차원 국토공간정보 메타데이터 제작 방법 |

업규정을 개정하기 위한 방안을 제시하였다. 이를 위해, 국내 3차원 국토공간정보와 관련된 3차원 국토공간정보구축 작업규정과 디지털 트윈국토 건물에 대한 데이터 표준 4종을 분석하였으며, 이를 통해 ‘표준을 이용한 데이터 구축의 한계점’, ‘작업 규정과 데이터 모델 표준 간의 불일치’ 등과 같은 주요 이슈사항을 도출하였다. 그리고 유럽의 EuroSDR 3D SIG, 일본의 Project PLATEAU 사례를 검토하여, 디지털 트윈국토 데이터 표준의 내용을 기반으로 3차원 국토공간정보구축 작업규정 개정하기 위한 주요 시사점을 도출하였다. 특히, 3차원 국토공간정보의 생산 단계부터 배포까지 전 과정에서 상호운용성을 확보하기 위해 제품 규격과 제작 방법을 분리하여 작업규정을 기반으로 데이터를 구축하여도 표준을 준수할 수 있는 체계를 정립하였다. 이러한 내용을 토대로 디지털 트윈국토 공간정보표준 기반의 3차원 국토공간정보구축 작업규정 개정방안과 복잡한 3차원 공간정보를 작업자가 쉽게 모델링할 수 있도록 지원하기 위한 3차원 국토공간정보 모델링 가이드로 구분하여 개정방안을 제안하였다.

공간정보를 구축하는 작업자들은 ‘국가공간정보 기본법 제23조(표준 등의 준수 의무)²⁹⁾에 따라 표준과 기술기준을 준수할 의무가 있으나, 지금까지 기술기준만을 지키면 표준을 준수하는 것으로 간주하는 잘못된 관행과 인식이 존재했다. 이에 따라 이 연구는 3차원 국토공간정보구축 작업규정을 대상으로 디지털 트윈국토 공간정보표준과 연계하여 일원화할 수 있는 개정방안을 제시하였다. 이 연구에서 제시한 개정방안은 디지털 트윈국토와 3차원 국토공간정보에 대한 실무 작업자들의 이해를 높이고, 무엇보다 작업규정에 따라 데이터를 제작하면 자연스럽게 표준을 준수할 수 있는 체계를 마련하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

〈감사의 글〉

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 디지털 국토정보 기술개발사업 지원으로 수행되었음 (과제번호 RS-2022-00142501).

〈참고문헌〉

1. 국토교통부, 「2021년 국가공간정보 표준화 연구」, 2021.
2. 국토교통부, 「20일 제7차 국가공간정보정책 기본계획 공청회 발표자료」, 2022.
3. 국토교통부, 「국가공간정보 기본법」, 2022.
4. 국토교통부, 「신국가기본도 체계 연구」, 2017.
5. 국토지리정보원, 「3차원국토공간정보구축작업 규정」, 2009.
6. 국토지리정보원, 「3차원국토공간정보구축작업 규정」, 2019.
7. 국토지리정보원, 「국가기본도 건물 높이 DB」, 2020.
8. 김병선·김걸, “한국의 3차원 도시 모델 이슈와 정책적 개선 방안 연구”, 「한국도시지리학회지」, 제23권, 3호, 2020, pp.49~60.
9. 김병선·이희석·홍상기, “디지털 트윈국토 건물 데이터 품질 표준 개발을 위한 항목 도출에 관한 연구”, 「지적과 국토정보」, 제52권, 1호, 2022, pp.37~55.
10. 박종민·오세웅·서상현, “프로파일링에 의한 지리정보표준 개발방법 연구”, 「한국지리정보학회지」, 제5권, 4호, 2022, pp.56~64.
11. 박준구 외, “3차원 국토공간정보 구축 개선방안 연구”, 「대한공간정보학회지」, 제16권, 6호, 2009, pp.89~99.
12. 이영주, 「도시의 디지털 전환(UDX)을 위한 일

29) 국가공간정보기본법 제23조에서는 ‘관리기관의 장은 공간정보체계를 구축·관리·활용하거나 공간정보를 유통할 때에는 이 법에서 정하는 기술기준과 다른 법률에서 정하는 표준을 따라야 한다.’라고 명시하고 있다(국토교통부, 「국가공간정보 기본법」, 2022).

- 본 플라토 프로젝트(Project PLATEAU) 추진 전략」, 2022.
13. 한국국토정보공사, 「공간정보표준 뉴스레터 Vol.7」, 2019.
 14. 한국국토정보공사, 「공공분야 디지털트윈 활용 방안 연구」, 2022.
 15. 한국국토정보공사, 「디지털 트윈국토(건물) 표준 개발 및 가이드 제작」, 2021.
 16. KS A 0014, 기술규정에서 표준을 참조하는 방법에 대한 가이드, 2020.
 17. KS X 6808-1, 지리정보 - 디지털 트윈국토 건물 - 제1부: 데이터 모델, 2022.
 18. KS X 6808-2, 지리정보 - 디지털 트윈국토 건물 - 제2부: 데이터 품질, 2022.
 19. KS X 6808-3, 지리정보 - 디지털 트윈국토 건물 - 제3부: 메타데이터, 2022.
 20. KS X 6808-4, 지리정보 - 디지털 트윈국토 건물 - 제4부: 데이터 제품 사양, 2022.
 21. OGC, OGC city geography markup language (CityGML) encoding standard, 2012
 22. SIG3D, “Modeling Guide for 3D Objects Part1: Basics(Rules for Validating GML Geometrics in CityGML)”, 2014.
 23. SIG3D, “Modeling Guide for 3D Objects - Part2: Modeling of Buildings (LoD1, LoD2 and LoD3)”, 2017.
 24. Stoter, Jantien, et al., “3D Modelling with National Coverage: Bridging the Gap Between Research and Practice: Commission II, WG II/2.” 3D Geoinformation Science: The Selected Papers of the 3D GeoInfo 2014, 2015, pp. 207~225.
 25. EuroSDR 홈페이지, <http://www.eurosd.net/> PLATEAU 홈페이지, <https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/>
 26. SIG 3D 홈페이지, <https://www.sig3d.org/>
 27. 디지털 트윈국토 표준 활용 가이드 홈페이지, <http://docs.sfractum.com/sfwiki/>
- (접수일 2023.03.10., 심사일 2023.03.16., 심사완료일 2023.03.24.)