

# 표준도 기반의 3차원 지하구조물 구축 방안 및 도면가공 툴 프로그램 개발\*

이민규<sup>1\*</sup> · 한상훈<sup>2</sup> · 김성수<sup>3</sup>

## Development of Drawing Processing Tool Program and Establishment Strategy of 3D Underground Structures based on Standardized Drawings\*

Min-Kyu LEE<sup>1\*</sup> · Sang-Hoon HAN<sup>2</sup> · Sung-Su KIM<sup>3</sup>

### 요 약

정부는 지하안전사고 대응 및 예방을 위해 현행 수작업 기반의 지하공간통합지도 구축 및 갱신 체계를 지하구조물을 포함한 지하정보에 대해서 자동화 기반의 3D 지하정보 구축 및 갱신체계로의 전환을 위한 준공도서제출 시스템 구축사업을 진행하고 있다. 하지만 3D 지하구조물 자동화 갱신 시 필요한 표준도면 연구가 미비하여 이에 관한 구체적인 연구가 필요한 실정이다. 본 논문에서는 지하공간통합지도를 구성하는 6종 지하구조물을 대상으로 표준도 기반의 3차원 지하구조물 구축 방안을 제시하여 신속 정확한 도면데이터 작성과 체계적인 3차원 지하구조물 도면데이터 관리가 이루어질 수 있도록 하였다. 또한, 지하정보 실무에 활용 가능한 3D 구축용 가공도면 툴을 개발하여, 일반 CAD 프로그램 사용자들도 쉽게 가공도면을 제작할 수 있도록 하였다. 본 논문에서 도출된 결과물들은 향후 3D 지하구조물 구축을 위한 표준 프레임워크 및 실무적용 지침 수립 시 주요한 참조자료가 될 것으로 기대한다.

**주요어 :** 도면 표준화, 가공도면 자동화 툴, 지하공간통합지도, 준공도서제출시스템, 3차원 지하구조물, 지하안전

### ABSTRACT

In order to respond and prevent underground safety accidents, the Korean government

2021년 10월 13일 접수 Received on October 13, 2021 / 2021년 11월 15일 수정 Revised on November 15, 2021 / 2021년 11월 16일 심사완료 Accepted on November 16, 2021

\* 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21DCRU-B158151-02).

1 아이씨티웨이(주) 책임연구원 Senior Researcher, Division of GI1

2 아이씨티웨이(주) 선임연구원 Assistant Researcher, Division of GI1

3 아이씨티웨이(주) 연구위원 Principal Researcher, Division of GI1

\* Corresponding Author E-mail: mkleee@ictway.co.kr

has been preparing a submitting completion drawing web system project for converting the current manual-based 3D Underground Geospatial Map construction and its update system to an automation-based 3D underground information construction. However, research on standard drawings required for the automatic update of 3D underground structures is insufficient, so detailed research is needed. In this research paper, a standard map-based 3D underground structure construction plan was presented for the six types of underground structures constituting the 3D Underground Geospatial Map, enabling rapid and accurate drawing data creation and systematically 3D underground structure drawing data could be managed. In addition, we developed a 3D construction drawing tool that can be used in underground information practice so that ordinary CAD program users can easily produce processing drawings. The results derived from this paper are expected to be major reference materials for the establishment of standard frameworks and practical application guidelines for the construction of 3D underground structures in the future.

**KEYWORDS** : *Standardized Drawing, Drawing Processing Tool, 3D Underground Geospatial Map, Submitting Completion Drawings System, 3D Underground Structures, Underground Safety*

## 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

1994년 아현동 도시가스 폭발사고, 1995년 대구 달서구 상인동 지하철 가스 폭발사고, 2018년 KT 아현지사 통신구 화재, 2018년 일산 백석역 온수관 파열사고 등은 국민에게 막대한 인적·물적 피해를 가져다준 대표적인 지하안전사고 사례라 볼 수 있다(Lee *et al.*, 2020). 따라서 정부에서는 지하안전관리와 지반침하 예방을 목적으로 6종의 지하시설물(상수, 하수, 통신, 전기, 가스, 난방), 6종의 지하구조물(지하철, 지하차도, 지하보도, 지하상가, 지하주차장, 공동구), 3종의 지반(시추, 관정, 지질) 정보로 구성된 지하공간통합지도 구축사업을 추진하고 있다. 지하공간통합지도 구축사업은 현재 8대 특광역시, 경기도 17개 시 구축이 완료되었으며, 2021년까지 잔여 60개 시를 대상으로 구축할 예정이며, 2023년까지는 77개 郡 사업 구축완료를 목표로 진행 중이다. 지하공간통합지도는 천심도(0-5m)에 위치한 지하시설물 6종, 저심도

(0-20m)에 위치한 지하구조물 6종, 중심도(0-40m)에 위치한 지반정보 3종 등 총 15종의 지하정보를 3차원 기반의 통합지하정보로 제공한다.

지하구조물의 경우 지하시설물과 마찬가지로 도시의 수명과 같이 노후화가 진행되고 있고, 지금도 새로운 지하구조물들이 새롭게 신설되고 있다. 서울지하철 1호선이 1974년 개통 이후 수도권에만 21개 노선, 기타 11개 노선 등 총 29개 노선 연장 1450km에 다다르게 되었고 역사수만 800개가 넘는다(Choi, 2021). 2000년 이후에는 지하철 9호선에 따른 지하 환승역, 지하상가, 기존건물로의 지하연결통로 및 지하주차장, 지하차도, 터널, 공동구, 유류창고 등의 용도로 그 활용이 다양해지고 있는 추세이다(Lee, 2003). 지하철역은 그 주변의 상업용 및 업무용 시설로 관통하는 형태로 이루어져 있어서 주변 역에 연계된 지하상가, 지하연결통로, 지하주차장 등의 시설과 연결되어 대규모로 상업화된 지하공간으로 성장하게 된다(Kim, 2000). 이처럼 노후화되고 규모화 되고 있는 지하구조물(지하철)은 하수관로, 상수관로, 전력, 통신 등의 지하시설물에 직간접적으로 영향을 줄 수 있을

뿐만 아니라, 미세한 지반침하나 지반함몰, 침수 등에도 영향을 받는다(Choi, 2021).

건설 인프라 산업 전반에서 도시 곳곳에 분포된 지하구조물 대한 토목인프라 BIM에 관한 관심은 높아지고 있는 반면에, 실제 GIS/BIM 기반 3D 시각화 정보구축 시스템 연구와 적용은 아직 초기 단계에 머무르고 있다(Kim *et al.*, 2014; KICT, 2016). 건축 구조물과 비교하여 토목(건설) 인프라에 대한 적용 한계는 여러 가지 있을 수 있다. 주요한 원인으로는 토목구조물이 가지는 공공적 특성과 구조적 특성에 기인한다. 건축분야는 민간분야의 활성화로 관련 설계 회사들이 자체적인 모델링 지침이나 3D 콘텐츠 환경을 가지고 있는 반면에 토목은 공공적 특성으로 인해 국가가 초기에 3D 콘텐츠와 지침(가이드라인)을 제공해야 하는 한계성을 갖고 있으며, 또한 토목구조물 자체가 가지는 중심선형요소와 단면의 변동성으로 인한 3D 적용이 건축분야에 비해 쉽지 않기 때문이다(Moon *et al.*, 2014).

특히, 지하 토목구조물에 대한 3차원 구축연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 지하공간통합지도에서 구축되는 6종의 지하구조물에 대한 도면 표준화 및 3차원 지하구조물 모델링 생성에 필요한 가공규칙은 아직 연구되지 않고 있는 실정이다. 정부는 지하안전사고 대응 및 예방을 위해 현행 수작업 기반의 지하공간통합지도 구

축 및 갱신체계를 지하구조물을 포함한 지하정보에 대하여 자동화 기반의 3D 지하정보 자동화 구축 및 갱신체계로의 전환을 위한 연구용역(지하공간통합지도 갱신 자동화 및 굴착현장 안전관리지원 기술개발)과 준공도서제출 시스템 구축사업을 진행하고 있다.

하지만 3D 지하구조물 자동화 갱신을 위한 표준도면 연구가 미비하여 준공도서제출시스템을 통한 3D 지하구조물 갱신 및 활용에 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 3차원 지하구조물 가공 자동생성 기술에 필요한 가공도면 표준화에 관한 기초연구를 통해 표준도면 작성 방법론 제시하였다. 또한, 표준도면에 맞는 3D 가공도면용 제작 툴 프로그램을 개발하였다.

## 2. 연구의 절차 및 방법

첫째, 기존 수작업 기반의 지하구조물 3차원 DB구축 방법론에 대한 지침서와 지하공간통합지도 사업보고서를 참고하여 3차원 지하구조물 구축의 기술개념을 이해하고, 선행연구 사례 고찰을 통한 연구 방향을 설정하고자 하였다.

둘째, 준공도면 기반에서 제출되는 준공도서 제출시스템 도면제출 및 제출도면에 대한 작성 현황을 조사하였다. 이후 이론적 고찰과 현황조사 내용을 함께 분석하여 지하구조물 3차원 구

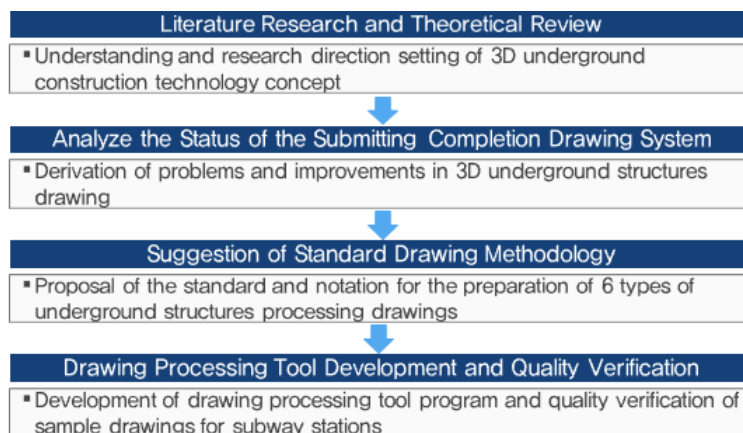


FIGURE 1. Research study flow

축 방안 및 표준도면 작성에 필요한 시사점을 도출하였다.

셋째, 3차원 도면제작 필요한 가공도면 표준안 및 표기법을 제시하였다.

넷째, 제시된 3D 지하구조물 가공도면 구축 방법론을 적용하여 3D 지하구조물 도면가공 툴을 개발하였고, 지하철역사 샘플도면(셋강역)을 테스트하여 표준도면이 실무적으로 활용될 수 있는지 검증을 실시하였다.

본 연구에서 제안한 지하구조물 표준도면 및 가공 프로그램을 통하여 6종 지하구조물을 대상으로 한 다량의 2차원의 지하구조물 준공도면을 3차원 도면으로 쉽게 변환할 수 있을 것으로 예상하며, 준공도서제출시스템에서 3D 지하구조물 준공도서 갱신업무 활용성을 보다 높일 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구의 흐름도는 그림 1과 같다.

## 본 론

### 1. 3D 지하구조물 구축방법

1) 3D 지하구조물 구축 정의 및 작업절차

본 절에서는 지하구조물 3차원 가시화 DB 구축 지침서(MOLIT, 2016)와 3차원 지하공간 통합지도 구축사업 완료보고서를 참고하여(LX,

2019), 3D 지하구조물 구축에 필요한 도면제작의 절차 및 기술개념을 살펴보고자 한다. 3D 지하구조물 구축은 지하정보의 체계적인 관리와 지반침하 등 지하안전사고에 효과적으로 대응하기 위해 국가적 정보통합 관리체계 아래에 지하공간통합지도 구축사업을 추진하면서 시작되었다. 관련법령 및 규칙은 공간정보구축및관리등에관한법률, 공간정보구축및관리등에관한법률시행령, 공간정보의구축및관리등에관한법률시행규칙, 국가공간정보기본법, 국가공간정보보안관리기본지침, 수치지형도작성작업규정(국토교통부), 기본지리정보구축작업지침, 국가공간정보보안관리기본지침, 공공측량작업규정(국토지리원), 공공측량성과심사규정(국토지리정보원) 등이 있다. 좌표계는 세계측지계로서 투영원점은 중부원점(137°, 38°)를 기준으로 직각좌표 투영원점 가산값은 X(N) 6000,000m, Y(E) 2000,000m를 사용한다. 3차원 지하구조물 구축대상은 지하철 역사 및 선로 구간(교통공사, 도시철도공사, 한국철도공사 등), 지하차도(지자체 도로과, 도로사업소, 시설관리공단 등), 지하보도(지자체 도로과, 건축과 등), 공동구(지자체, 시설관리공단 등), 지하상가(지자체, 시설관리공단 등), 지하주차장(지자체, 시설관리공단 등) 등 총 6종의 지하구조물을 대상으로 한다. 지하구조물 작

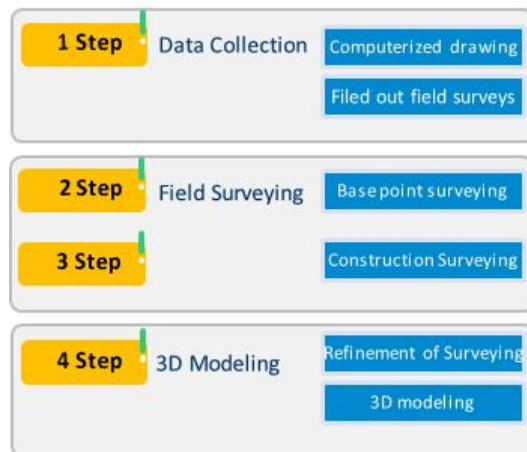


FIGURE 2. 3D underground structure DB construction procedure

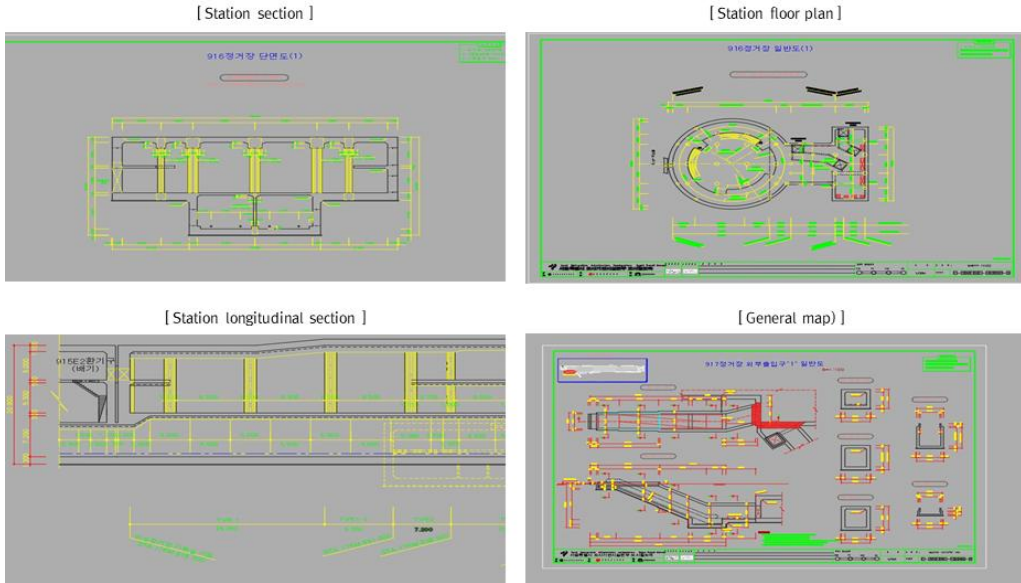


FIGURE 3. Subway drawing data

업절차는 그림 2와 같이 ① 자료수집 및 전산화 ② 현장조사 ③ 지하현장 측량 및 보조측량 ④ 전산화 편집(정위치 및 구조화 편집) ⑤ 3차원 모델링 순서로 진행한다(NLIC, 2021).

## 2) 자료수집 및 전산화

자료수집은 해당 지하구조물의 관리기관과 협조하여 적법한 절차에 따라 원시자료를 수집한다. 수집된 원시자료 유형이 종이도면 혹은 이미지면 스캐닝(Scanning)과 벡터라이징(Vectorizing) 방법을 통해 전산화를 진행한다(그림 3). 원시자료 유형이 전산도면인 경우는 도면 내용을 분석 정리하여 필요한 외곽선만 추출하고 수집된 원시자료 유형이 이미지면 필요한 외곽선을 벡터라이징하여 선형을 추출한다. 이때 주의할 점은 종이도면 자료의 경우 스캐닝 과정에서 기입된 수치 및 선형이 왜곡되지 않도록 주의해야 하며, 화면 벡터라이징의 기준은 구조물 외벽의 내측이 기준이 된다. 수집된 자료는 기초자료로 활용할 수 있을지 육안으로 확인하여 활용 가능성을 판단하고 활용 가능 시에는 필요한 수치값을 활용하여 선형작업을 하지만 만약 활용이 불

가하거나 원시자료(종이도면) 중 평면도 및 단면도가 없을 시에는 전면 측량을 실시한다.

## 3) 현장측량

현장측량(지하측량 및 보조측량) 수행여부는 입수된 원시도면의 완전성(도면이 존재하지 않는 경우, 도면이 훼손된 경우, 평면도 혹은 단면도 중 하나의 유형만 있는 경우 등), 최신성 등을 고려하여 결정한다. 지하측량은 토탈스테이션 또는 지상라이더를 이용하여 지하철 역사 진출입계단, 지하철 선로, 지하차도 차도 및 터널부, 지하보도 진출입계단 및 연결통로, 지하상가 계단부 및 기타시설, 지하주차장 내부 및 기타시설 등을 관측한다. 보조측량은 가상기준점(Virtual Reference Station, VRS) 또는 토탈스테이션을 이용하여 지상노출 시설물(출입구, 승강기, 환기구 시설 등)의 각 하단과 상단을 관측한다(그림 4).

## 4) 정위치 / 구조화편집

측량이 완료된 지하구조물 선형 및 면형 데이터를 1/1,000 수치지형도에 정위치 시키고 지

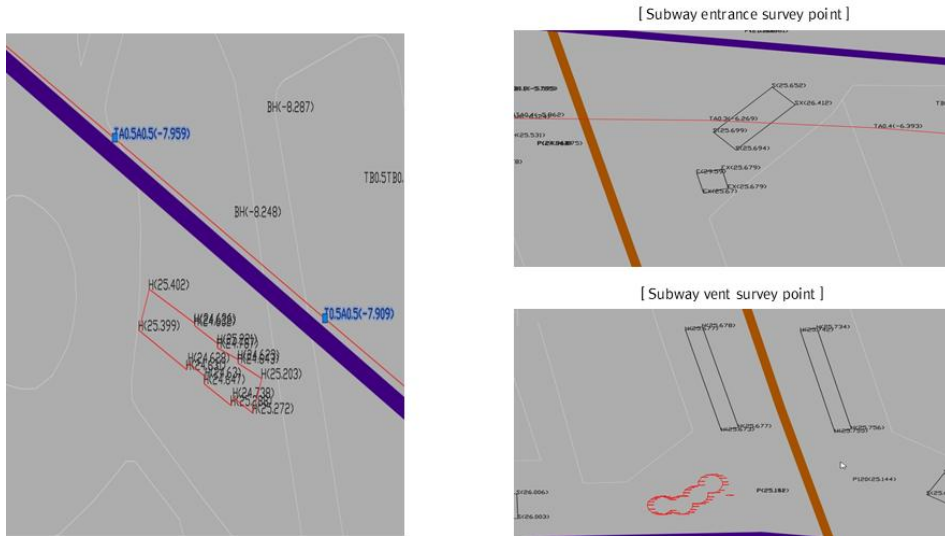


FIGURE 4. Subway survey point (ex; Saetgang Station on line 9)

하구조물의 속성정보를 파악하기 위하여 정위치 편집된 지하구조물을 구조화 편집을 통해 데이터베이스로 구성한다.

- 5) 3차원 모델링  
3차원 모델링은 측량 값과 도면자료를 참고

하여 점 형태의 측량결과를 3차원 면 형태의 데이터구조로 변환하는 작업을 말한다(그림 5). 3차원 모델링 절차는 ① 3차원 폴리라인(외곽선) 형성 ② 안내선을 외벽두께 만큼 X, Y, Z 방향으로 오프셋(offset) ③ 도면자료를 토대로 새로 그려진 오프셋 된 외곽선을 따라서 3D FACE

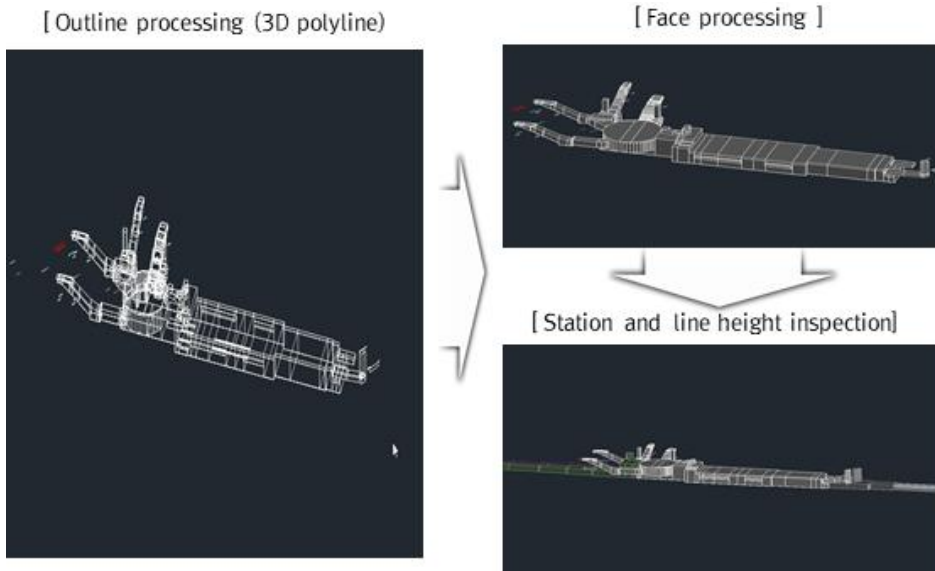


FIGURE 5. 3D subway modeling (ex; Saetgang Station on line 9)

(면) 제작 순서를 따른다. 외곽선 형성 시 주의 점은 호(Arc), 원(Circle)을 사용하지 않고 지상으로 올라온 출입구 경우 구조물이 노출되어서 외벽의 바깥 부분을 측량하기 때문에 읍셋을 사용하지 않는다. 먼처리 작업은 삼각형 혹은 사각형으로만 제작하며, 완료된 먼처리 결과는 dwg 또는 dxf 형식으로 제작하고, 3ds 또는 dae 파일형식으로 변환한다.

## 2. 준공도서제출 시스템 지하구조물 데이터

### 현황조사

#### 1) 준공도서제출 시스템

지하공간통합지도는 2015년부터 지하안전관리 강화를 목표로 구축되고 있지만, 갱신체계가 마련되지 못해서 신속한 정보제공에는 그 활용성이 떨어지고 있다는 지적이 많다(KICT, 2019). 이러한 문제를 해결하기 위해 『지하안전관에 관한 특별법』 제42조 제2항에서는 변동, 갱신이 발생하는 지하정보에 대한 준공도서 제출을 의무하고 있으나 제출 창구가 행정망 기반으로 운영되어 준공도서 제출이 미흡하여 국토교통부에서는 웹 기반의 준공도서제출 시스템 구축사업을 추진하였다(Park *et al.*, 2020). 준공도서제출시스템은 지하공간통합지도의 신속한 갱신체계 마련을 위한 신규, 변경 지하정보(지하시설물, 지하구조물)의 제출을 위한 웹 시스템으로서 그 활용대상은 지하구조물의 경우 지하구조

물 시공사가 그 활용대상으로 되어있다. 제출형태는 신규, 변경 준공도면을 표준 파일 형태로 제출한다.

#### 2) 지하구조물 제출자료 및 준공성과 파일 (평면도, 단면도)

국내 지하구조물 표준 제출자료는 최종 준공도면에서 3D 지하구조물 모델을 생성할 수 있는 2D dxf 도면을 제출하고(DXF 2014 버전), 속성정보는 별도의 대장형식 양식(EXCEL)으로 제출한다. 준공성과 파일(평면도, 단면도) 작성 시 사용되는 좌표계는 GRS80 TM 중부 60만을 기준으로 통일된 좌표계를 사용하고 있다.

지하구조물 준공성과 파일은 3D 지하구조물 모델생성에 필요한 2종류 파일(평면도, 단면도)을 제출하도록 한다. 평면도는 지하구조물의 중심선, 최외곽 선으로 구성된 평면도 위에 각 스테이션 위치정보 및 번호를 작성한다(표 1). 단면도는 지하구조물의 각 스테이션별 최외곽 선으로 구성된 단면도 상에 스테이션의 위치정보 및 번호를 작성하며, 파일이름은 crs\_스테이션번호\_이격거리.dxf 형식으로 작성한다(표 2). (예: 스테이션 1번의 단면도 파일명 : crs\_01\_00.dxf, 스테이션 2번에서 5m 거리의 단면도 파일명: crs\_02\_05.dxf)

#### 3) 선행연구 조사

3D 가공도면 표준화와 가공도면 툴 프로그램

TABLE 1. Floor plan creation details

File Name	Layer	Contents	Type	Color(RGB)
pos.dxf (2014 Release)	center_line	Structure centerline	PolyLine	Red(255,0,0)
	outline_line	Structure outline	PolyLine	Yellow(255,210,0)
	station_point	Station location	Point	White(255,255,255)
	station_number	Station Number	Text(Gothic, 10)	Blue(0,0,255)

TABLE 2. Cross-section creation details

File Name	Layer	Contents	Type	Color(RGB)
crs_station number_separation distance.dxf (2014 Release)	outline_line	Structure outline	PolyLine	Yellow(255,210,0)
	station_point	Station location	Point	White(255,255,255)
	station_number	Station Number	Text(Gothic, 10)	Blue(0,0,255)

개발 연구 방향을 설정하기 위하여 선행연구로 2차원 도면정보 표준화와 3차원 모델 및 생성에 관한 선행연구 사례를 중점적으로 조사하였다. Kwon *et al.*, (2008)는 2D 전자도면표준 현황을 검토하고 BIM 도입과 2D 전자도면의 관계성을 분석하여 BIM 환경에서의 2D 도면표준 발전 방향을 검토하여 제시하였다. Lee *et al.*, (2010)는 소방방재 대상이 되는 2차원 건축도면에 대한 분석과 3차원 공간정보 데이터모델을 설계하고 이를 3차원 공간정보로 변환할 수 있는 틀을 개발하였다. Moon *et al.*, (2014)는 암거, 옹벽 등 토목시설에 대한 신속한 설계를 지원하기 위해 표준도 기반의 BIM 라이브러리를 개발하였다. Kim *et al.*, (2014)는 2차원 CAD 도면인 준공도면 기반으로 3차원 실내공간 데이터 모델링을 구축하기 위한 준공도면의 표준화를 위한 기본 요소들을 분석하고 3차원 실내공간 모델링 프로세스를 경량화하기 위한 연구를 진행하였다. Kim *et al.*, (2016)는 BIM모델에서 2D도면을 생성하기 위해 도면을 나타내는 방법을 도출하고 IFC(Industry Foundation Classes) 파일의 정보를 분석하여 건설프로젝트 전반에 활용될 수 있는 프로그램을 개발하였다. 2차원 도면정보 표준화와 3차원 모델 및 생성에 관한 연구를 검토한 결과, 일부 토목(암거, 옹벽)·방재분야 및 건축·분야에 한정된 설계·준공도면에 대한 표준화 및 3차원 구축 생성 프로그램 개발에 관한 연구만 진행되었을 뿐, 지하구조물을 대상으로 한 준공도면 표준화에 관한 연구와 3차원 도면가공에 필요한 해결 방안 및 실무적으로도 활용 가능한 도면가공 프로그램 개발에 관한 연구는 아직 없다.

#### 4) 시사점

본 절에서는 3차원 지하구조물 구축에 대한 이론적 고찰과 선행연구 사례 그리고 준공도서 제출시스템 현황 파악 및 이론적 고찰 등을 모두 종합하여 준공도서제출시스템에서 3D 지하구조물 구축·갱신 업무에 필요한 도면관리 현황의 문제점 및 개선사항을 도출하여, 준공도서 제출자 입장에서는 3차원 지하구조물 구축을 위

한 도면작성을 더욱 쉽게 하며, 준공도서 관리자 입장에서는 보다 더 체계적이고 신속하게 지하구조물 준공도면을 관리할 수 있고, 준공도서 갱신업무의 활용도 또한 높일 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

3D 지하구조물 모델링을 하는 데 필요한 원 시도면을 입수하여 필요한 도면을 수작업으로 분류하고 정제되지 못한 도면을 다시 전산화하는 과정에서는 많은 시간과 인력이 소요되고 있는 것으로 파악된다. 지하구조물 준공도면의 경우 그나마 최근에 건설된 지하철역사 9호선을 제외하고는 대부분의 지하구조물 준공도면을 종이도면이나 스캐닝한 이미지 파일로 관리하고 있다.

준공도면제출시스템에 제출되는 전자도면의 경우, 2D 기반의 평면도와 단면도를 관리하고 있어, 복잡한 지하공간의 다양한 상황들을 이해하고 필요한 상황 발생 시 입체감이 떨어져 제한된 정보만을 가지고 활용할 수밖에 없는 상황이다. 그리고 3차원 도면제출에 관한 규정이나 작성에 대한 지침이 아직 없어 이에 대한 지침이나 표준안이 필요한 실정이다. 현재는 도면 표준화가 이루어지지 않고 있고, 도면의 종류 및 대략적인 파일형식만 정의되어 있어 도면제작자 임의대로 도면을 작성하여 제출하고 있다. 표준화되지 않는 도면은 본인 외 타인이 도면 내용을 잘 인식하지 못할 뿐만 아니라 필요한 도면 내용을 빠뜨릴 위험성을 가진다.

이러한 문제를 해결함과 동시에 자료 정보의 생성, 교환, 제출, 관리, 재활용이 가능한 체계를 구축하기 위해서 국내외적으로 이미 정보 표준화를 연구해 왔으며, 도면표준의 역할은 아래와 같이 크게 세 가지로 정리할 수 있다(Kwon *et al.*, 2008)

- ① 신속 정확한 도면데이터의 작성
- ② 일정한 규격에 의하여 데이터가 보관됨으로써 체계적으로 신속 정확하게 도면데이터를 관리하고 검색
- ③ 도면데이터를 시설의 유지보수나 관리 또는 타 건설 사업에 재활용함으로써 도면 정보를 자산화하여 지속해서 사용



하지만 준공도서제출시스템에서 3D 구축을 위해 시공사들에게 3D BIM 도면을 요청할 경우 건축분야에서 초기 BIM 도입 시 문제가 되었던 ① 사용법 어려움 ② 필요성을 못 느낌 ③ BIM 도입 비용문제 ④ 업무량 증가 등과 같은 문제점이 발생 될 수 있다(Cho *et al.*, 2013).

이러한 해결 방안으로 준공도서 제출자 입장과 관리자 입장을 모두 수용하기 위해서 기존 6종 지하구조물에 대한 2D 준공도면을 활용한 표준화된 가공도면이 필요하다. 그러기 위해서는 먼저 기존 도면을 활용한 가공구축 방법이 필요하고 가공도면 종류, 내용의 범위와 표기 방식, 레이어명, 속성정의, 도면작성 방법 등이 필요하다. 이러한 표준안 내용이 정해지면, 추가로 실무 사용자들에게 가공도면 제작에 도움을 줄 수 있는 3D 도면가공 자동화 도구 역시 필요하다. 자동화 툴은 기존 CAD 사용자들이 추가 구축비용이 들지 않으면서 상용 CAD 프로그램 환경에서도 쉽게 사용할 수 있도록 리스프(Lisp)를 제공하여 사용자들이 사용할 수 있도록

해야 한다.

### 3. 3차원 지하구조물 표준도면 가공 방안 및 자동화 툴 개발

#### 1) 3차원 지하구조물 가공도면 표준화

3차원 지하구조물 도면을 만들기 위해서는 원시도면에 대한 가공 프로세스가 필요하다. 3D 지하구조물 가공도면은 하나의 도면 안에 도면 종류, 중심축, 폼(도곽), 축 마크로 구성된다(그림 6). 작업자는 먼저 3D 모델생성을 위한 워크 시트(Work Sheet) 도면을 생성하고 지하구조물 종류에 따라 평면도 혹은 단면도를 선택하여 도면을 삽입한다(표 3). 3D 지하구조물 가공도면 작업절차는 그림 7과 같이 ① 도면선택(Drawing Selection) ② 레이어 검사(Layer Inspection) ③ 중심축 분리(Central Axis Separation) ④ 폼 그리기(Form Draw) ⑤ 축마크(Axis Mark Insert) 순서로 진행된다.

레이어는 3D 가공에 필요한 중심선 레이어



FIGURE 6. 3D underground structure processing drawing composition

TABLE 3. Drawing selection

Division	Drawing Selection	Note
Underground Pass		
Underground Road		
Subway Line	Cross-Section	
Underground Parking Lot		
Underground Shopping Mall, Underground Tunnel	Floor Plan	
Subway Station	Cross-Section & Floor Plan	



FIGURE 7. 3D underground processing drawing construction procedure

(UF\_CEN)와 외곽선 레이어(UF\_CON)를 구분하여 사용하도록 하며, 가공 프로그램에서 레이어 매칭을 통한 검사와 표준화를 진행하도록 한다. 이때 중심선 레이어(Underground Facilities Center Line)는 선(Line) 혹은 폴리라인(Line Weight Polyline)이어야 하며, 외곽선의 경우 해당 레이어가 객체의 종류에 상관없이 선(Line) 혹은 아크(Arc) 둘다 사용해도 무방하다(표 4). 레이어 검사가 끝나면 평면상의 중심

축을 복사하여 3D로 구현할 중심축으로 가공한다(그림 8). 중심축은 중심축 레이어로 변경된다(UF\_CEN\_3D).

폼(도곽) 그리기를 통해서 3D 워크시트에 삽입된 평면도, 단면도의 폼(도곽)을 재설정한다. 폼이 안 그려진 경우는 폼을 반드시 작도해야 하며, 폼 그리기에서는 도면명과 도면의 범위를 설정할 수 있다(그림 9).

축 마크(Axis Mark)는 3D 변환 시 축이 될

TABLE 4. Type of object on the central axis

Division	Type of Object on the Central Axis	Note
Underground Pass	Line, Polyline(Line Weight Polyline)	
Underground Road	Polyline(Line Weight Polyline)	
Subway Station	Line, Polyline(Line Weight Polyline)	
Underground Shopping Mall, Utility-Pipe Conduit	Line, Polyline(Line Weight Polyline)	
Underground Parking Lot	Line, Polyline(Line Weight Polyline)	
Subway Line	Polyline(Line Weight Polyline)	

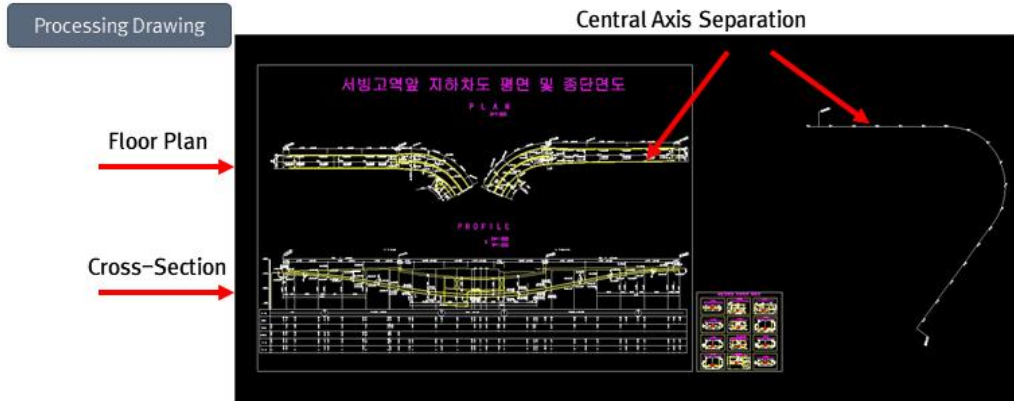


FIGURE 8. Creating a central axis for 3D transformations  
(The source of map: Seobinggo underground pass)

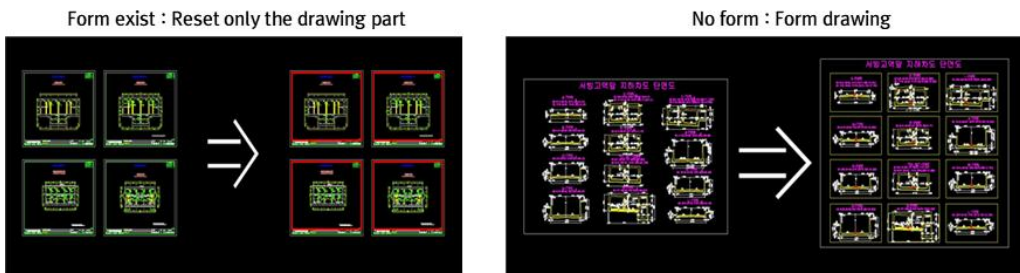


FIGURE 9. Form drawing  
(The source of map: Seobinggo underground pass)



FIGURE 10. Axis mark inserting  
(The source of map: Seobinggo underground pass)

TABLE 5. Central axis mark attribute value

Division	Attribute Value	Note
Underground Pass	XY_START, XY_LENGTH	
Underground Road	XY_START, XY_END, Z_START, Z_END	
Subway Station(Cross-Section)	XY_START, XY_LENGTH	
Subway Station(Floor Plan)	Z_START, Z_HEIGHT	
Underground Shopping Mall	Z_START, Z_HEIGHT	
Underground Parking Lot	XY_START, XY_LENGTH	
Subway Line	XY_START, XY_LENGTH	

위치를 선정하는 역할을 한다(그림 10). 축 마크는 레이어로 변경되고(UF\_SYM\_3D) 도면의 3D 위치와 폭을 나타내는 속성정보를 가진다(표 5). 축 마크 삽입 시 도면의 3D 위치와 폭을 나타내는 텍스트를 선택하여 텍스트 정보를 입력한다. 공동구의 경우는 단면의 변화가 없고 폭과 길이가 일정하므로 축 마크의 속성정보는 필요가 없게 된다.

2) 3차원 지하구조물 도면 표기 방법

본 절에서는 보안 문제로 인한 원시도면 입수가 불가능한 공동구를 제외한 지하구조물 원시도면을 분석하여 6종 지하구조물(지하차도, 지하보도, 지하철역사, 지하철 선로, 지하상가, 지하주차장) 도면 표기법을 다음과 같이 제시한다.

가) 지하차도

지하차도 중심축은 라인이 모인 폴리라인으로 작도해야 하며 ① 램프의 시작점과 끝점 ② 도로의 위치 기준점을 표기한다(그림 11). 도로의

위치 기준점 표기는 도로중심을 기준으로 20m 간격으로 NO.0, NO.1, NO.3 등으로 문자와 빨간색 원으로 표시한다(그림 12). 원의 레이어는 UF\_CEN\_3D로 정의하고 원의 지름은 500mm로 규정한다. 단면도 위치와 폭에 관한 문자는 그 위치와 폭을 두 줄의 문자로 표현된다. 한 범위당 하나의 문자열로 표기되어야 한다(그림 13). 심벌 마크(축점)는 도로중앙의 계획고 위치를 나타낸다. 지하차도 가공도면 표기법은 표 6과 같다.

나) 지하보도

지하보도 중심축은 라인이 모인 폴리라인으로 작도해야 하며 지하보도 시작점을 중심축에 도형으로 표기한다(그림 14). 단면도 위치와 폭에 관한 문자는 단면도의 시작지점과 끝지점을 표현한다. 한 범위당 하나의 문자열로 표기되어야 한다(그림 15). 심벌 마크(축점)는 지하 최하층의 바닥면의 위치를 나타낸다. 지하보도 가공도면 표기법은 표 7과 같다.

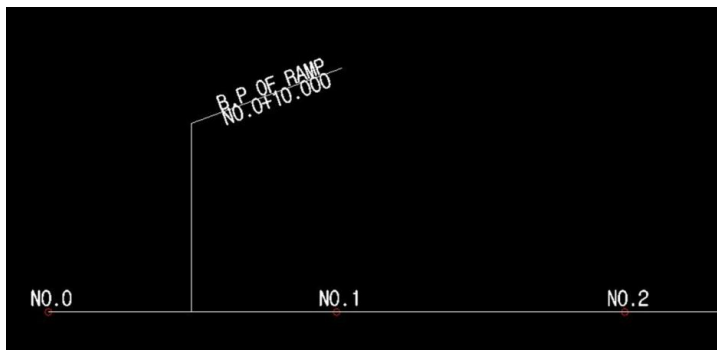


FIGURE 11. Mark the starting point of the underground road ramp

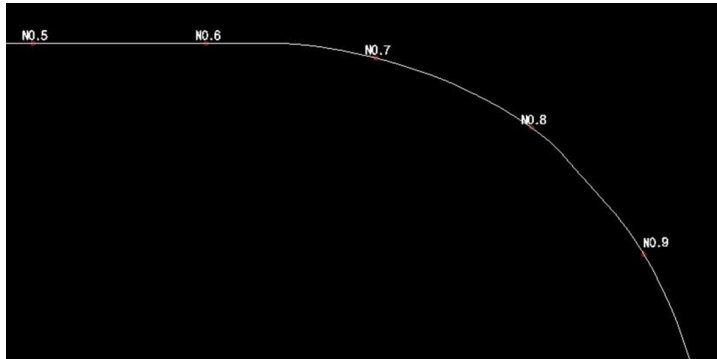


FIGURE 12. Mark the road location reference point for the underground road

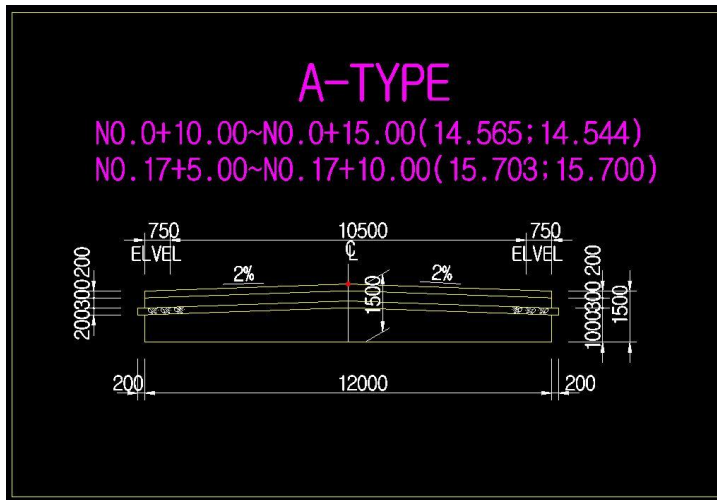


FIGURE 13. Character marking for the location and width of the cross-section of the underground road

TABLE 6. Underground road processing drawing notation

Central Axis Notation	Character Marking for Location and Width of Cross-Section	Symbol Mark
	- NO.0+10.00~NO.0+15.00(14.565 ; 14.544)	
- Starting point of ramp: "B.P OF RAMP" (Starting text)	- Starting location ~ End location(Starting height; End height)	
"NO.0+10.000" (Starting location)	- NO.0+10.00: Starting location(10m from No.0 to No1 on the central axis)	
	- NO.0+15.00: End location(15m from No.0 to No1 on the central axis)	
	- 14.565: Height of starting location	- Location: Location of the height in the middle of the road
	- 14.544: Height of end location	- Layer: UF_SYM_3D
- End point of ramp: "E.P OF RAMP" (End text)	- NO.17+5.00~NO.17+10.00(15.703 ; 15.700)	- Symbol: flip_mark
"NO.17+10.000" (End location)	- Starting location ~ End location(Starting height; End height)	- Shape: Red point
	- NO.17+5.00: Starting location(5m in the direction of E.P OF RAMP from NO.17 on the central axis)	
- Location reference point of the road: NO.0, NO.1, NO.2, etc	- NO.17+10.00: End location(10m in the direction of E.P OF RAMP from NO.17 on the central axis)	
	- 15.703: Height of starting location	
	- 15.700: Height of end location	

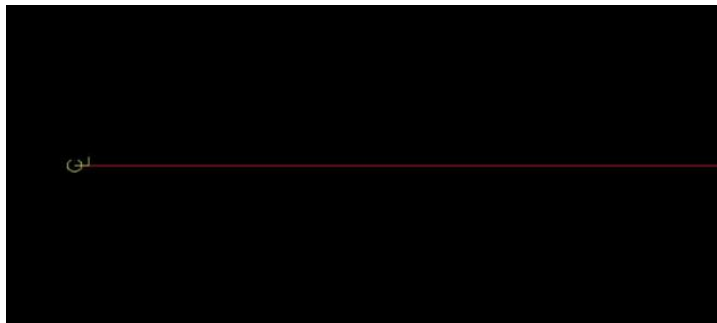


FIGURE 14. Marking the starting point for the underpass

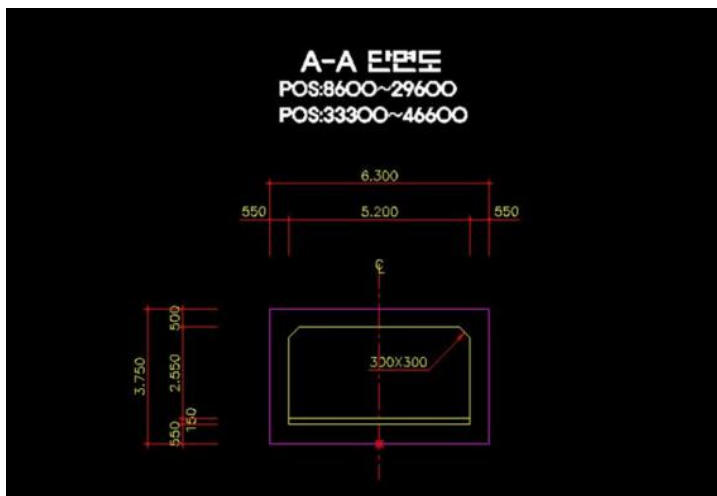


FIGURE 15. Character marking for the location and width of the cross-section of the underpass

TABLE 7. Underground pass processing drawing notation

Central Axis Notation	Character Marking for Location and Width of Cross-Section	Symbol Mark
- Starting point: Mark the end point outside central axis as a figure	- POS: 8600~29600	- Location: Bottom of the basement floor - Layer: UF_SYM_3D - Symbol: flip_mark - Shape: Red point
	- POS: Starting location~End location	
	- 8600: Starting location(8,600mm from the start point to the end point of the central axis)	
	- 29600: Starting location(29,600mm from the start point to the end point of the central axis)	
	- POS: 33300~46600	
	- POS: Starting location~End location	
	- 33300: Starting location(33,300mm from the start point to the end point of the central axis)	
	- 46600: Starting location(46,600mm from the start point to the end point of the central axis)	

### 다) 지하철 역사

지하철 역사 중심축은 라인이 모인 폴리라인으로 작도해야 하며 지하철역사 시작점과 끝을 점으로 표시하고 문자와 위치를 중심축에 표기한다(그림 16). 단면도 위치와 폭에 관한 문자는 단면도의 시작점과 끝지점을 표현한다. 한 범위당 하나의 문자열로 표기되어야 한다(그림 17). 평면도(대합실 층)의 평면형태는 중심축의 시작점에 반영되고, 문자는 평면의 층고(높이)를 표시한다(그림 18). 심벌 마크(축점)는 지하 최하층의 바닥면의 위치를 나타낸다. 지하철 역

사 가공도면 표기법은 아래 표 8과 같다.

### 라) 지하철 선로

지하철 선로 중심축은 라인이 모인 폴리라인으로 작도해야 하며 지하철 선로 시작점과 끝을 점으로 표시하고 문자와 위치를 중심축에 표기한다(그림 19). 단면도 위치와 폭에 관한 문자는 단면도의 본선 터널 시작지점과 끝지점을 표현한다. 한 범위당 하나의 문자열로 표기되어야 한다(그림 20). 심벌 마크(축점)는 지하철 선로 바닥 중심점 위치를 나타낸다. 지하철 선로 가

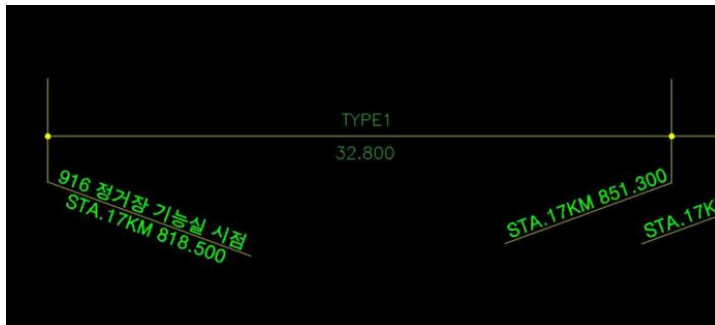


FIGURE 16. Marking the starting point of a subway station  
(The source of map: Saetgang 916 station)

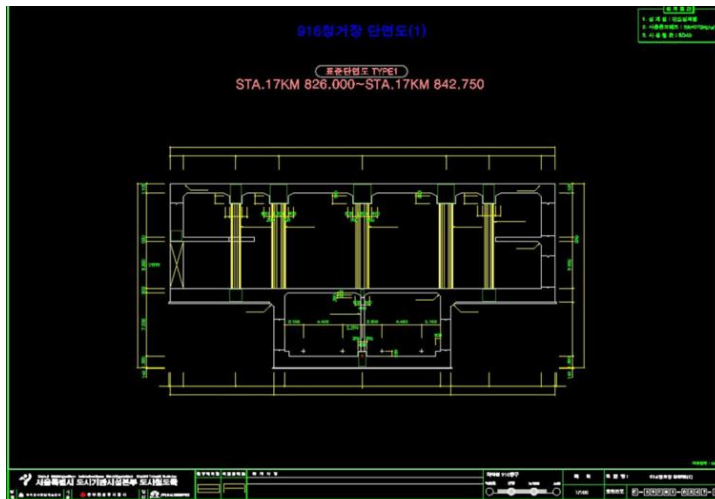


FIGURE 17. Character marking for the location and width of the cross-section of the subway station  
(The source of map: Saetgang 916 station)

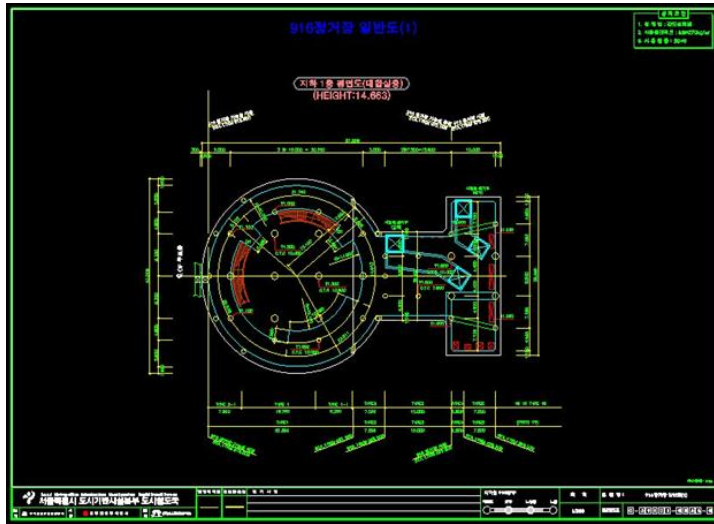


FIGURE 18. Character marking for the location and floor height of the subway station floor plan (The source of map: Saetgang 916 station)

TABLE 8. Subway station processing drawing notation

Central Axis Notation	Character Marking for Location and Width of Cross-Section and Floor Plan	Symbol Mark
	1. Character marking for location and width of cross-section	
	- STA.17KM 826.000~STA.17KM 842.750	
	- STA. Starting location~STA. End location	
- Subway station starting point: "916 station function room start point" (Starting text)	- 17,826,000-178,18,500=7,500mm from the starting point of the cross section(starting point of the central axis: 17KM 818.500) to the end point	- Location: Bottom of the basement floor
- Subway station starting location: "STA.17KM 818.500" (Starting location)	- 17,842,750-17,818,500=24,250mm from the starting point of the cross section(starting point of the central axis: 117KM 842.750) to the end point	- Layer: UF_SYM_3D
	2. Character marking for location and height of floor plan	- Symbol: flip_mark
	- HEIGHT:14.663	- Shape: Red point
	- HEIGHT: Height of the floor	
	- 14.663: 14,663mm height of the floor	

공도면 표기법은 표 9와 같다.

마) 지하상가  
지하상가 중심축은 라인이 모인 폴리라인으로 작도해야 하며 지하상가 시작점을 중심축에 도형으로 표기한다(그림 21). 문자표기 방법은 층고: 0000 등과 같은 형식으로 표기하며, 그림 22처럼 평면도의 지하 1층 평면 외곽 형태가 중심축의 시작점에서 층고 높이 만큼 반영된다. 심벌 마크(축점)는 평면도의 기준점을 나타낸

다. 지하상가 가공도면 표기법은 표 10과 같다.

바) 지하주차장  
지하주차장 중심축은 라인이 모인 폴리라인으로 작도해야 하며 지하철 주차장 시작점을 도형으로 표기한다(그림 23). 단면도 위치와 폭에 관한 문자는 단면도의 시작지점과 끝지점을 표현한다. 한 범위당 하나의 문자열로 표기되어야 한다(그림 24). 심벌 마크(축점)는 지하주차장 바닥 중심점 위치를 나타낸다. 지하주차장 가공





FIGURE 19. Marking the starting point of the subway line  
(The source of map: Saetgang ~ Noryangjin station)

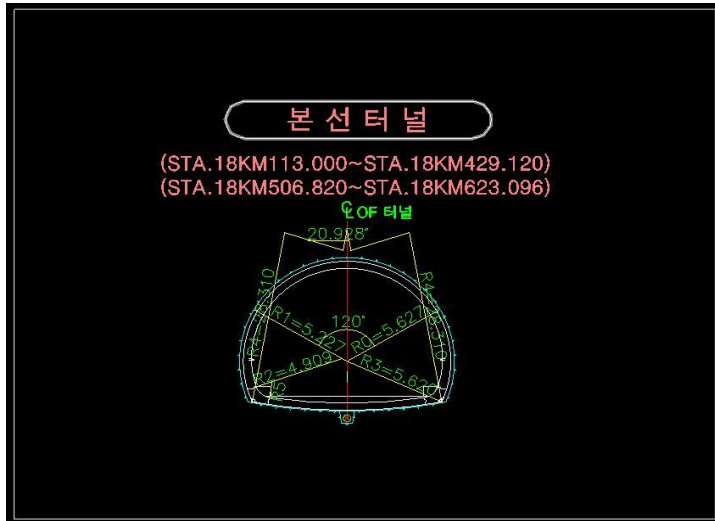


FIGURE 20. Character marking for the location and width of the cross-section of the subway line  
(The source of map: Saetgang ~ Noryangjin station)

TABLE 9. Subway line processing drawing notation

Central Axis Notation	Character Marking for Location and Width of Cross-Section	Symbol Mark
	- STA.18KM 113.000~STA.18KM 429.120	
	- STA. Starting location~STA. End location	
- Starting point: "910 zone starting point" (Starting text)	- 18KM 113.000: 18,113,000-17,626,096=486,904mm from the starting point of the cross section(starting point of the central axis: 17KM 626.096) to the end point	- Location: Bottom of the subway line
	- 18KM 429.120: 18,429,120-17,626,096=803,024mm from the starting point of the cross section(starting point of the central axis: 17KM 626.096) to the end point	- Layer: UF_SYM_3D
- Subway line starting location: "STA.17KM 626.17" (Starting location)	- STA.18KM 506.820~STA.18KM 429.120	- Symbol: flip_mark
	- STA. Starting location~STA. End location	- Shape: Red point
	- 18KM 506.820: 18,506,820-17,626,096=880,724mm from the starting point of the cross section(starting point of the central axis:17KM 626.096) to the end point	
	- 18KM 623.096: 18,623,096-17,626,096=997,000mm from the starting point of the cross section(starting point of the central axis: 7KM 626.096) to the end point	

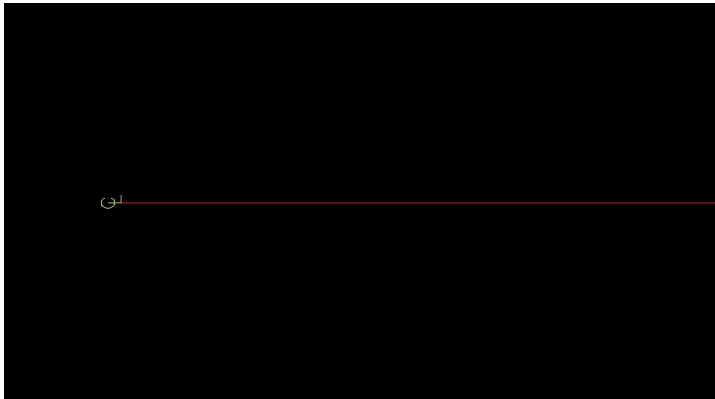


FIGURE 21. Marking the starting point of the underground shopping mall



FIGURE 22. Character marking for floor plan of underground shopping mall  
(The source of map: Cheongnyangni underground shopping mall)

TABLE 10. Underground shopping mall processing drawing notation

Central Axis Notation	Character marking for location and height of floor plan	Symbol Mark
- Starting point: Mark the end point outside the central axis as a figure	- Height of floor plan: 4000 - Height of floor(Starting point of the central axis): 4000(height mm)	- Location: Starting point on the left side of the floor plan - Layer: UF_SYM_3D - Symbol: flip_mark - Shape: Red point

도면 표기법은 아래 표 11와 같다.

- 3) 3차원 지하구조물 가공도면 자동화 틀 제작 및 프로그램 테스트
- 3차원 지하구조물 가공도면 자동화 틀은 준

공도서 제출 시 개인 PC에서 도면가공을 직접 활용할 수 있도록 Cadian Master 프로그램 기반에서 C++을 활용하여 개발하였으며, 기존 상용 CAD 프로그램 환경에서도 사용할 수 있도록 리습형태로 가공도면 자동화 틀의 다양한 기

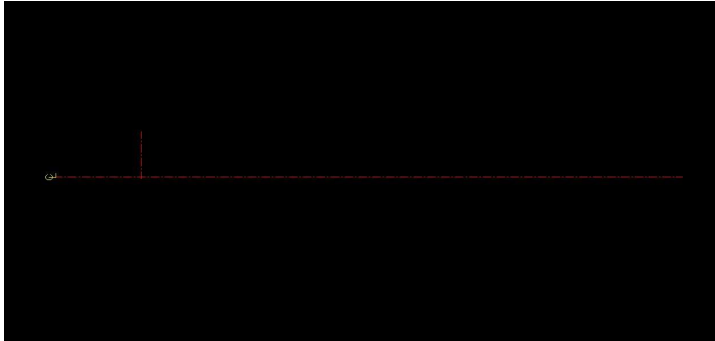


FIGURE 23. Marking the starting point of the underground parking lot

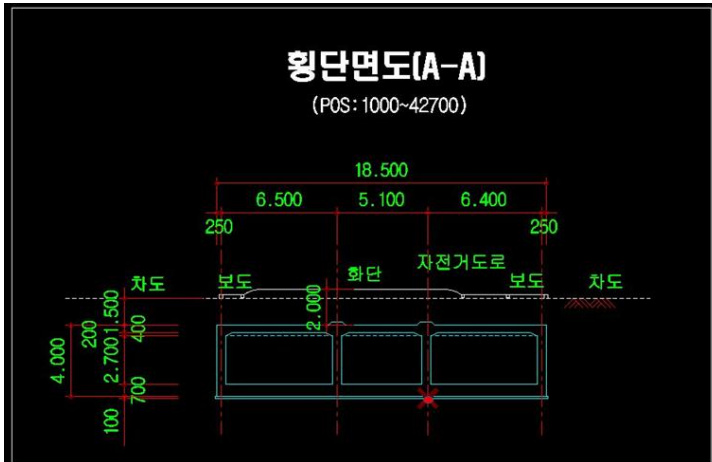


FIGURE 24. Character marking for the location and width of the cross-section of the underground parking lot  
(The source of map: Kumho public parking lot)

TABLE 11. Underground parking lot processing drawing notation

Central Axis Notation	Character Marking for Location and Width of Cross-Section	Symbol Mark
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- POS: 1000~42700</li> <li>- POS: Starting location~End location</li> <li>- 1000: Starting location(1,000mm from the start point to the end point of the central axis)</li> <li>- 42700: Starting location(42,700mm from the start point to the end point of the central axis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Location: Bottom of the basement floor</li> <li>- Layer: UF_SYM_3D</li> <li>- Symbol: flip_mark</li> <li>- Shape: Red point</li> </ul>
- Starting point: Mark the end point outside central axis as a figure		

능을 지원한다. 본 연구에서 개발된 3D 지하구조물 표준 가공도면 툴의 주요기능은 다음과 같다.

가) 레이어 맵핑(Layer Mapping Tool)  
현재 도면의 레이어를 변경하지 않고 현 도면의 레이어와 가공도면에 필요한 레이어를 맵핑

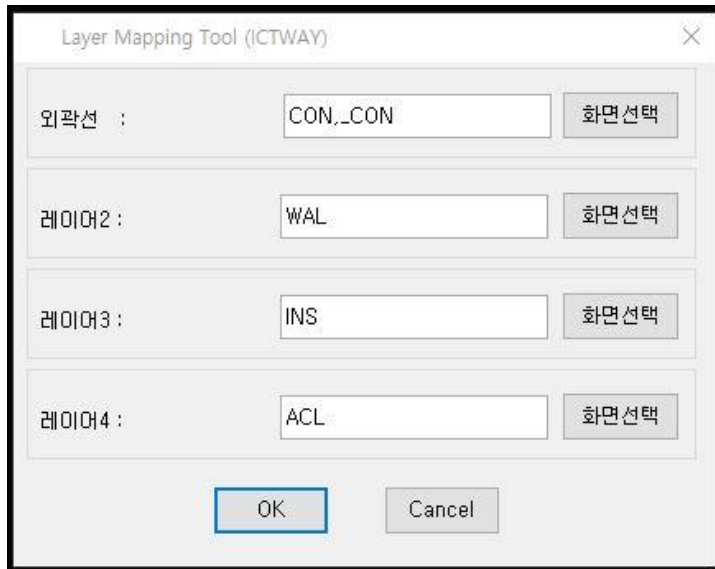


FIGURE 25. Layer mapping tool  
(The source of map: ICTWAY drawing processing tool program)

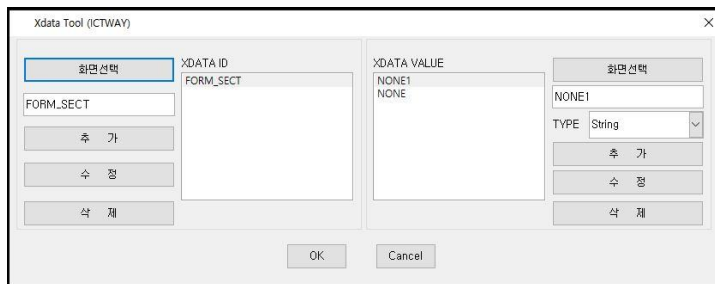


FIGURE 26. Form drawing  
(The source of map: ICTWAY drawing processing tool program)

시킨다(그림 25).

나) 폼 그리기(Form Drawing)

3D로 표현할 각 도면(평면도, 단면도)의 폼을 그려주는 기능을 가진 툴이다. 도면의 외곽선은 적용할 도면의 범위와 형태를 결정해서 외곽선 객체에 엔터티 데이터(Xdata)를 저장하여 3D 자동구축 시 활용된다(그림 26).

다) 엔터티 데이터(Xdata)

3D 자동구축 시 활용하는 Xdata의 도면종류

(ID) 및 속성값(Value)을 지정한다. 추가로 Xdata를 수정하거나 삭제하는 기능을 제공한다(그림 27).

라) 외곽선 자동 추출(Make Outline)

3D 자동구축 시 활용하는 도면의 외곽선을 폴리라인 형태로 자동으로 추출한다. 레이어 맵핑 툴을 통해 정해진 구조선 객체의 외곽선을 추적하여 외곽선 폴리라인을 만든다. 레이어 명은 “아웃라인(outline)”이며 색상은 “빨간색”으로 정의한다(그림 28).

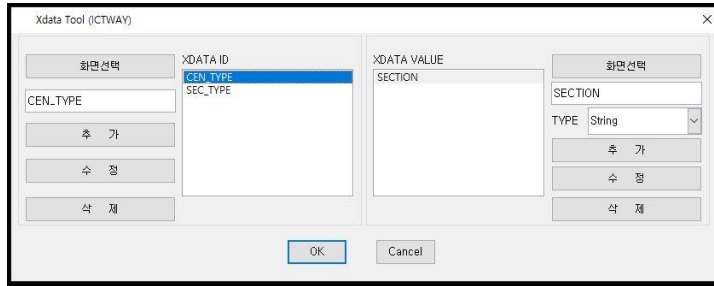


FIGURE 27. Xdata attribute management  
(The source of map: ICTWAY drawing processing tool program)



FIGURE 28. Making outline  
(The source of map: ICTWAY drawing processing tool program)

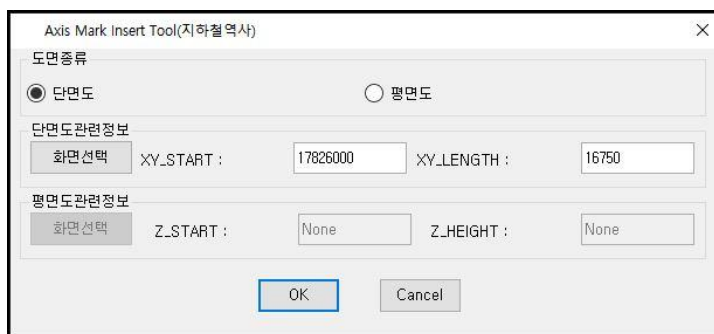


FIGURE 29. Axis mark insert  
(The source of map: ICTWAY drawing processing tool program)

마) 축 마크 삽입(Axis Mark Insert)  
지하구조물에 대한 3D 자동기능 동작 시 기준이 되는 축의 심별 마크(flip\_mark.dwg)을

단면도에 삽입시켜주는 기능이다(그림 29).  
실제로 본 연구에서 개발된 가공 자동화 툴을 활용한 3D 자동모델 생성 테스트 및 품질검토

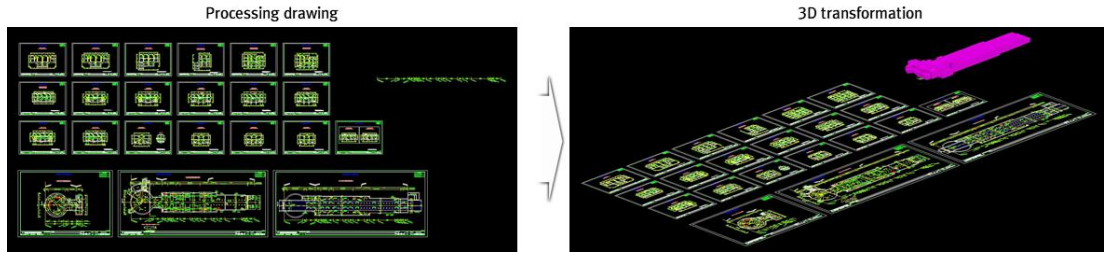


FIGURE 30. 3D underground structure conversion after applying the processing drawing standard (Saetgang Station)

TABLE 12. Comparison of the existing of CAD tool and the automation tools

Division	Work Procedure	Time(Persons)	Note
CAD tool	1. Drawing data collection	Over 15 days (3 persons or more)	Floor-Plan
	2. Digitizing		Cross-Section
	3. Refinement of the survey data		General Map
	4. 3D polyline		Repeat the work
	5. Offset(outer wall thickness)		(Requires multiple files)
	6. 3D Face		
Standard drawings automation tool	1. Select drawing	one day (one person)	Writing only simple contents in one drawing file
	2. Copy of central axis		
	3. Form drawing		
	4. Insert axis mark		

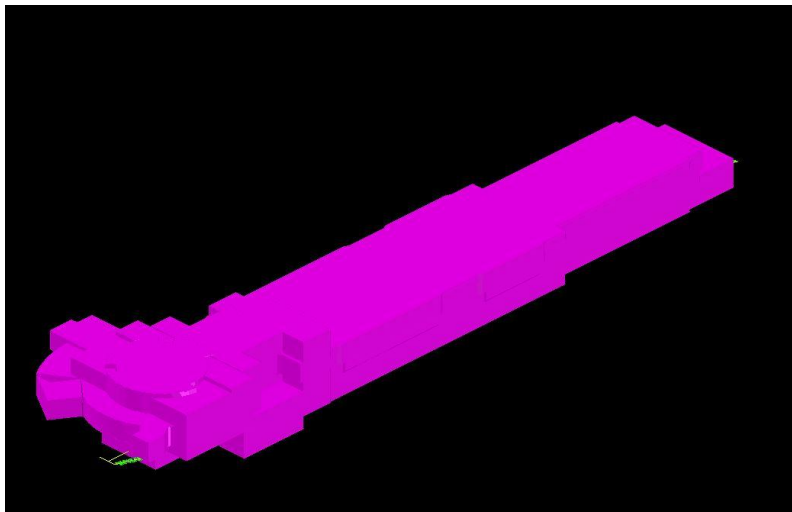


FIGURE 31. 3D model of subway station (Saetgang Station)

를 진행하였다. 테스트 데이터는 셋강역 도면을 샘플도면으로 선정하였다. 샘플도면은 가공도면 표준을 적용하여 제작하였다(그림 30). 지하철 역사를 대상(셋강역)으로 기존 수작업 기반의

상용 CAD 프로그램과 3차원 지하구조물 가공도면 자동화 툴 사용을 비교하였을 경우 시간과 인력 등에서 많은 단축을 할 수 있을 뿐만 아니라 하나의 파일에서 간단한 내용 작성만으로 3

차원 구축을 가능하게 하였다(표 12). 이후 자체개발 한 3차원 변환 알고리즘을 사용하여 3D 모형으로 변환된 모델링 데이터를 ① 면처리 누락 ② 구조물 겹침 ③ 세밀도(가시화) 제작기준의 LOD 2(Level of Detail) 적용여부 ④ 연결 구간 인접접합성 및 이격확인 등의 지하공간통합지도 구조물형 품질검토 기준(적합기준; 화면 검사 90% 이상)을 적용하여 3D 품질을 검토하였다. 검토 결과 가공도면 자동화 툴을 실무적으로도 사용될 수 있음을 확인하였다(그림 31).

## 결 론

정부는 지하안전사고 대응 및 예방을 위해 지하공간통합지도 구축 및 갱신체계를 현행 수작업 기반 구축에서 3D 자동화 갱신체계로 탈바꿈하기 위한 여러 프로젝트를 추진 중이다. 또한, 지하구조물에 대한 준공도서를 의무화하고 있지만, 제출되는 준공도서에 대한 구체적인 도면표준안이 아직 없어 이에 관한 연구가 필요한 실정이다.

본 논문에서는 지하공간통합지도를 구성하는 6종 지하구조물에 대한 3D 표준 가공도면 방법론을 제시하여 3차원 지하구조물 구축을 위한 신속 정확한 도면데이터 작성과 체계적인 3차원 지하구조물 도면데이터 관리가 가능한 구체적인 방안을 제시하였다. 구체적으로 기존 수작업 기반의 3차원 지하구조물 도면작성 내용은 ① 도면자료를 수집 ② 도면전산화 ③ 측량성과정제 ④ 3차원 폴리라인 형성 ⑤ 외벽두께 만큼 옵셋 처리 ③ 3D Face(면) 처리의 과정을 수십 장의 단면도, 평면도, 일반도를 반복적으로 작성하였지만, 표준가공 도면에서는 한 장의 CAD도면 안에서 도면선택, 중심축 복사, 폼 그리기, 축마크 삽입 등의 간단한 가공 작업만으로 3차원 지하구조물 가공이 가능하도록 하였다. 3D 도면가공 표준화 도입으로 인해 기존의 지하철역사 3차원 구축 시 작업자 여러 명이 15일 이상 걸리던 3D 가공구축 작업을 1일 이내로 대폭 단축할 수 있게 되었다. 또한, 3차원 도면 구축을 위해 추가적인 3D CAD/BIM 상용 프로그램 구

매 없이도 지하정보 실무에 활용 가능한 자동화 가공도면 툴을 개발하였다. 자동화 가공도면 툴의 다양한 기능들은 리습으로 제공이 가능하며, 일반 상용 CAD 프로그램 사용자들도 쉽게 3D 가공도면 툴을 사용할 수 있도록 개발하였다.

다만 지하공간통합지도 대상이 되는 6종 지하구조물 준공도면의 경우 향후 BIM 정보표준 수준과 같은 근본적인 표준연구와 표준 프레임워크 방향성 검토 연구가 필요할 것으로 사료된다. 끝으로 본 연구에서 제안한 3차원 지하구조물 가공도면 표준작성 방법론과 자동화 개발 프로그램 결과물들은 향후 3D 지하구조물 자동화 구축 표준 프레임워크 및 실무적용 지침 개발 시 주요한 참조자료가 될 것으로 기대한다. **KAGIS**

## REFERENCES

- Cho, Y.S. and H.W. Lee. 2013. A study on the possibility of 2D design drawing implementation by revit architecture. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society 14(10):5243-5250 (조용상, 이희원. 2013. Revit Architecture를 이용한 2D 설계도면 구현 가능성에 관한 연구. 한국산학기술학회 논문지 14(10):5243-5250).
- Choi, S.M. 2021. A study on the subway maintenance technique based on 3D spatial information model. Doctoral Thesis of Konkuk University, Seoul, Korea. 169pp (최석민. 2021. 3차원 공간정보모델 기반 지하철 유지관리기법 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문. 169쪽).
- Kim, S.H. 2000. Study on the connection system of underground spaces - The case of a connecting passage between a building and a subway station. Master Thesis of University of Seoul, Korea. 87pp (김성훈. 2000. "지하공간 연결에 관한 연구(건축물과 지하철역 간의 연결통로를 중심으로)". 서울대학교 대학원 석사학위논문. 87쪽).

- Kim, Y.J., B.M. Yoo and J.Y. Lee. 2014. A study on elements of as-built drawing standardization for 3D indoor space data modeling. Proceedings of the Conference of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, pp.309-312 (김윤지, 유병민, 이지영. 2014. 3차원 실내공간 데이터 모델링을 위한 준공도면 표준화 기준 요소에 대한 연구. 한국측량학회 학술대회자료집. 309-212쪽).
- Kim, I.H., M.J. Lee, J.S. Choi and G.T. Kim. 2016. Development of an application to generate 2D drawings in automation using open BIM technologies. Korean Journal of Computational Design and Engineering. 21(4):417-425 (김인한, 이민재, 최종식, 김구택. 2016. 개방형BIM기반 2D도면 자동 생성 프로그램 개발에 관한 연구. 한국CDE학회 논문집. 21(4):417-425).
- Korea Institute of Construction Technology. 2016. Development of convergence technology on construction information & spatial information based on BIM/GIS interoperability. Final Report. pp.1-139 (한국건설기술연구원. 2016. BIM/GIS기반 건설공간정보 융합기술개발. 2016년 주요사업 최종보고서. 1-139쪽).
- Korea Institute of Construction Technology. 2019. Development of technology planning to automate the update of the 3D underground geospatial map and to support the safety management of excavation sites. Final Report. pp.1-227 (한국건설기술연구원. 2019. 지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 기획. 중 보고서. 1-227쪽).
- Korea Land and Geospatial Informatix Corporation. 2019. 2019 years creation of three dimensional integrated map for underground spatial project final report pp.1-121 (한국국토정보공사. 2019. 3차원 지하공간통합지도 구축사업 완료보고서. 1-121쪽).
- Kwon, OC and CW. Jo. 2008. A study on the improvement of 2D digital drawing standards considering the paradigm shift to BIM. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design. 24(5):49-57 (권오철, 조찬원. 2008. BIM도입을 고려한 2D 전자도면 표준 발전방향에 관한 연구. 대한건축학회 논문집-계획계. 24(5):49-57).
- Lee, M.K., S.S. Choi, H.S. Jeon, and S.S. Kim. 2020. Development of 3D underground utilities processing and partial update automation technology -Focused on 3D underground geospatial map-. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 23(4):1-15. (이민규, 최성식, 전홍수, 김성수. 2020. 3차원 지하시설물 가공 및 부분갱신 자동화 기술개발 -지하공간통합지도 중심으로-. 한국지리정보학회지 23(4):1-15).
- Lee, K.J. 2003. Architectural guidelines for underground city space: Focused on underground shopping malls. Korea Planning Association Debate. (이강주. 2003. “지하도시공간의 건축가이드라인 지하상가를 중심으로”. 대한국토도시계획학회 토론회).
- Lee, Y., I.Y. Kim, Y.S. Choi, and K.S. Oh. 2010. Establishment strategy of 3D spatial information from 2D facility drawing related to fire fighting. Journal of Korea Spatial Information Society. 18(5):47-54. (이윤, 김인현, 최윤수, 오규식. 2010. 2차원 소방대상 시설물도면의 3차원 공간정보 구축방안. 한국공간정보학회지 18(5):47-54).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2016. Guide to DB construction for 3D



- visualization of underground structures. pp.1-2647 (국토교통부. 2016. 지하구조물 3차원 가시화 구축 DB구축 지침서. 1-2647 쪽).
- Moon, H.S. and K.B. Ju. 2014. Development of BIM library for civil structures based on standardized drawings—Focused on 3D standard drawings of the MOLIT. Korean Journal of Computational Design and Engineering. 19(1):80-90 (문현석, 주기범. 2014. 표준도 기반의 토목구조물 BIM 라이브러리 개발 - 국토교통부 표준도를 대상으로-. 한국CDE학회 논문집. 19(1):80-90).
- National Law Information Center. 2021. <http://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000165613>. (Accessed August 26, 2021).
- Park, D.H., Y.G. Jang, and J.S. Ryu. 2020. A study of the DB design standard for submitting completion drawings for auto-renewal of underground facility information. Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy, Photogrammetry and Cartography. 38(6):681-688 (박동현, 장용구, 류지승. 2020. 지하시설물정보 자동갱신을 위한 준공도서 제출 표준DB 설계 연구. 한국측량학회지 38(6): 681-688).
- Underground Information Utilization Support Center. 2021. <https://uics.jiha.go.kr/> (Accessed August 26, 2021). 