

## 3차원 지하공간통합지도를 활용한 지하시설물 현장 측량 시스템 구축 및 적용\*

송석진<sup>1</sup> · 조해용<sup>2</sup> · 허현민<sup>3</sup> · 김성길<sup>4</sup>\*

### Construction and Application of Underground Facilities Survey System using the 3D Integration Map of Underground Geospatial Information\*

Seok-Jin SONG<sup>1</sup> · Hae-Yong CHO<sup>2</sup> · Hyun-Min HEO<sup>3</sup> · Sung-Gil KIM<sup>4</sup>\*

#### 요 약

최근 도심지의 지반함몰 및 침하, 노후 지하시설물 파손 등 지하공간에 대한 안전 이슈가 증가하고 있어 지하시설물의 정확한 관리가 더욱 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 현장에서 취득하는 지하시설물 실시간 측량 데이터 또는 지하시설물 탐사 후 현장 측량으로 취득한 지하시설물 측량 데이터를 지하공간통합지도 상에 가시화하고, 측량성과로 변환하는 기능을 개발하였다. 또한, 본 연구를 통해 개발한 지하공간통합지도 연계 현장 측량 성과 활용 기능을 사용하여 서울시 은평구 상수관로 매설공사 현장에서 토달스테이션으로 획득한 측량성과를 지하공간통합지도상에 가시화 하고, 공간정보 성과파일로 변환 및 지하공간통합지도 모바일 센터로 전송하는 현장실증을 수행하였다. 이를 바탕으로 지하공간통합지도가 구축된 지역에서 측량성과를 활용하는 작업 절차를 검증할 수 있었으며, 향후 개선 방향을 검토할 수 있었다.

**주요어 :** 지하공간통합지도, 지하시설물 측량, 현장 활용 시스템

#### ABSTRACT

Recently, as underground space safety issues such as sink hole, ground subsidence and damage to old underground facilities have been increasing in urban areas, the precise management of underground facilities ins more required. Thus, this study

2021년 11월 19일 접수 Received on November 19, 2021 / 2021년 12월 13일 수정 Revised on December 13,

2021 / 2021년 12월 14일 심사완료 Accepted on December 14, 2021

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

1 지티에스(주) 연구소장 Director of Research institute, GTS co.

2 지티에스(주) 대표이사 President & CEO, GTS co.

3 지티에스(주) 연구원 Solution Develop. Team Researcher, GTS co.

4 지티에스(주) 이사 Director, GTS co.

\* Corresponding Author E-mail : ksg365@naver.com

developed a function to that, visualize on Integration Map of Underground Geospatial Information a real-time survey data of underground facilities acquired on site or underground facility survey data acquired through on-site survey after underground facility exploration and developed a function convert to surveying-results. In addition, using the on-site survey performance utilization function in connection with the Integration Map of Underground Geospatial Information developed through this study, the surveying-results obtained with the Total-station at the water pipeline burial construction site in Eunpyeong-gu, Seoul are visualized on the Integration Map of Underground Geospatial Information and On-site verification was performed by converting spatial-information performance files and transmitting the Integration Map of Underground Geospatial Information to the mobile center. Based on this, it was possible to verify the work procedure using the surveying-results in the area where the Integration Map of Underground Geospatial Information was built, and to review the direction of future improvement directions.

**KEYWORDS :** *Integration Map of Underground Geospatial Information, Underground Facility Survey, Field Utilization System*

## 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

국토교통부에서 전국적으로 구축을 추진하고 있는 지하공간통합지도는 그동안 보안적, 기술적 요인으로 행정망 내의 국가기관 및 지방자치단체에서만 활용할 수 있어 그 활용성이 매우 제한되어 있으며, 최근의 도심지에서 발생하고

있는 지반함몰 및 침하, 노후 지하시설물 파손 등의 지하 안전에 관한 이슈가 증가하고 있어 보다 정확한 지하시설물의 관리 필요성이 대두되고 있다(Song *et al.*, 2020). 2018년부터 시행 중인 지하안전관리에 관한 특별법에 의해 지하안전영향평가가 의무화 되었으며(Park *et al.*, 2018), 이에 따라 지하정보의 활용이 매우 필요하게 되었다. 또한, 2020년 6월 개정에서 지하공간통합지도의 제작 및 제공·활용에 대한 법적근거가 마련됨에 따라 지하시설물 탐사현장

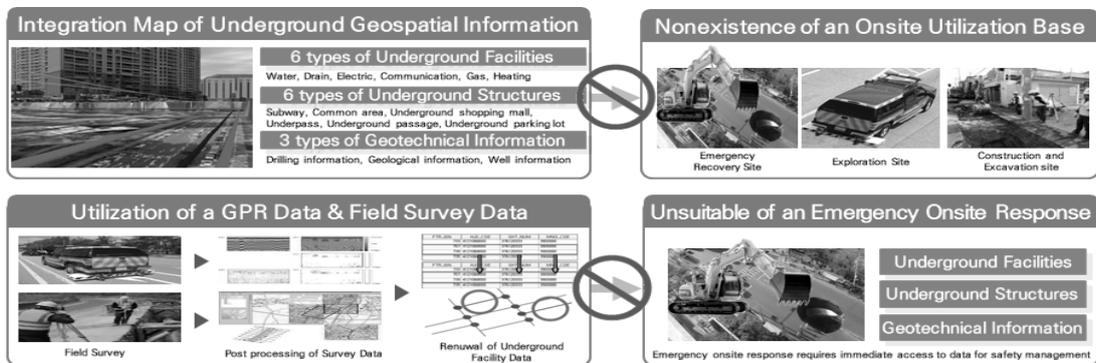


FIGURE 1. Background and necessity of this unit project

※ The source is “Development of technology for real-time utilization of underground space integration map of exploration site” R&D report 2nd

및 건설(굴착) 현장에서의 지하공간통합지도 활용이 가능하게 되었다. 이에 본 연구에서는 지하시설물 측량 현장에서 지하공간통합지도를 실시간으로 활용하고, 현장에서 취득하는 측량 데이터를 처리하여 지하시설물의 공간정보를 원활히 취득하며, 지하공간통합지도를 참조하여 취득한 속성정보를 반영 및 제출하는 등의 활용 절차를 검토하였다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 『지하공간통합지도 갱신 자동화 및 굴착현장 안전관리지원 기술개발』 연구사업의 2세부 『지하공간통합지도 현장 활용기술 개발』 연구 중 단위과제인 『탐사현장 지하공간통합지도 실시간 활용 기술 개발』 연구에 속하며, 총 4차년도에 걸쳐 추진되는 연차 추진 연구 단계의 2차년도 연구에 해당한다. 또한, 본 단위과제는 실시간 지하공간통합지도 활용 기반 지하정보 탐사 및 측량 현장 지원 시스템을 개발하는 것을 최종 목표로 추진하고 있으며, 본 연구에서는 2-2 세세부 성과인 지하공간통합지도의 3차원 지하시설물 객체와 현장 측량기기로 얻은 성과를 함께 표출함으로써, 측량 성과를 현장에서 실시간으로 활용하는 것에 대한 실증 테스트

를 수행하였다.

## 현장 측량 성과 활용 기능 개발

### 1. 개발기능 정의

공공측량 작업규정에 의하면 2010년 7월부터 지하시설물도의 작성 시기를 시설물의 설치 및 변경 공사가 완료되기 전 시설물이 노출된 상태에서 측량을 하여 시설물도를 작성하도록 하고 있다. 또한, 지하시설물의 측량 절차는 작업계획 및 준비, 조사, 탐사, 시설물의 위치측량, 지하시설물 원도 작성, 대장조서 및 속성DB 작성, 정위치편집, 구조화편집, 도면제작편집, 성과 등의 정리 순으로 규정하고 있으며, 필요에 따라 변경하거나 생략할 수 있도록 하고 있다. 한편, 최근 지하시설물 측량에서는 네트워크 RTK를 연계한 GPR 탐사에 대한 활용성을 연구한 결과 GNSS 관측 성과와 정확도평가를 통해 위치정확도 0.035m 이내, 심도 -0.16m~0.15m로 나타났다(Lee and Park., 2021). 또한, 지하시설물에 대한 정확한 위치측정 요구 증가와 신속하고 정확하게 각종 지하시설물의 DB 구축을 위해 현재 측량에 이용되는 광학프리즘의 재귀반사 원리를 이용하여 최적의 반사체 타깃을 제작(삼각형, 사각형 및 반구형)하여 현장에서 측

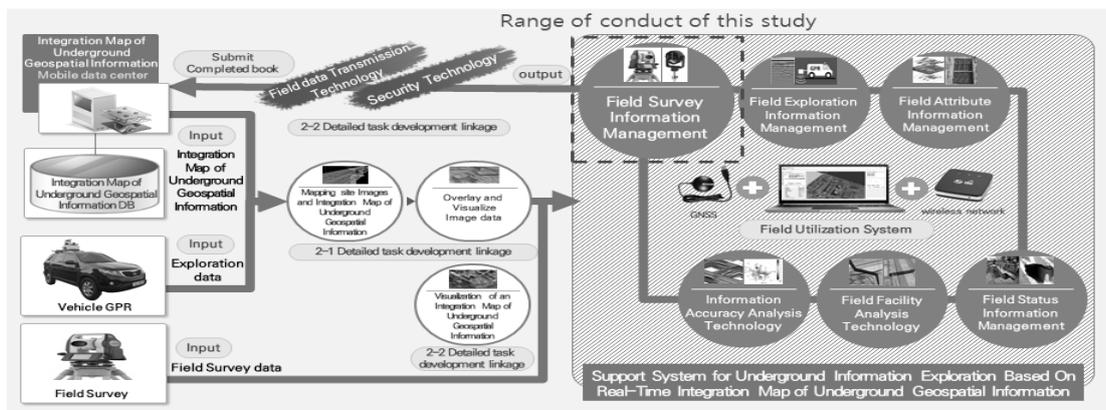


FIGURE 2. The final goal of the unit task and the scope of this study

※ The source is “Development of technology for real-time utilization of integration map of underground geospatial Information of exploration site” R&D report 2nd

량자에 의해 되메우기 전에 위치측정을 수행할 수 있는 새로운 유형의 측량 타기를 개발한 연구가 선행되었다(Min *et al.*, 2013).

현장 측량 성과 활용 기능은 시설물 위치측량 이후 속성DB 작성, 정위치 편집, 구조화 편집, 성과 정리 및 제출을 위한 기능을 지하시설물 측량 현장에서 사용할 수 있도록 하는 기능이며, 지하시설물 측량 현장에서 측량장비로 측량한 성과파일을 현장 활용 시스템에 아스키 포맷 파일로 내려 받아서 성과 작성 후 지하공간통합 지도 모바일 센터로 제출하도록 정의 하였다. 이를 구현하기 위해 첫 번째로, 현장 측량 데이터의 활용 포맷을 정의하고, 두 번째로, 지하공간통합지도에 매핑하여 중첩·가시화하는 측량 성과 가시화 모듈을 개발하였다. 세 번째로, 장비에서 내려 받은 아스키 포맷 파일을 측량성과 활용 포맷으로 변환하는 측량성과 변환 모듈 개발하고, 네 번째로, 가시화된 측량성과를 공간정보 DB에 저장하는 기능, 마지막으로 공간정보 DB를 지하시설물 표준 셰이프(shape)파일로 추출하고, 암호화 하여 지하공간통합지도 모바일 센터로 전송하는 기능을 개발하였다.

## 2. 기능 분석 및 설계

현장 측량 성과 활용 기능의 유즈케이스 다이어그램을 그림 3과 같이 정의하였다. 기능의 구

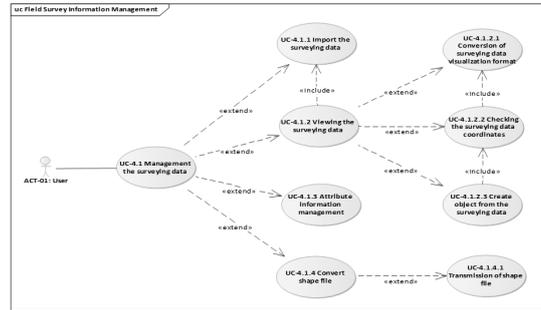


FIGURE 3. The use case diagram for field utilization of survey data

성은 측량 데이터 관리 기능이 메인기능으로 나머지 각 기능이 순차적으로 종속되어 측량데이터를 현장에서 로딩, 포맷 변환, 가시화, 객체 변환, 전송의 절차에 따라 활용 할 수 있도록 하였다.

현장 측량 성과 활용기능은 측량 데이터 관리, 측량 데이터 불러오기, 측량 데이터 보기, 측량 데이터 가시화 포맷 변환, 측량 데이터 좌표 확인, 측량 데이터 객체 생성, 속성정보 관리, 셰이프파일 변환, 셰이프파일 전송의 9가지 세부 기능에 대하여 유즈케이스를 정의 하였으며, 세부적인 유즈케이스 정의 목록은 표 1과 같다.

또한, 현장 측량 성과 활용 기능의 구현을 위해 측량 성과 관리 데이터 모델을 그림 4와 같

TABLE 1. List of use case definitions

Use case ID	Use case name	Use case description	Actor ID
UC-4.1	Management the surveying data	User manages the survey data files in a tree view list	ACT-01
UC-4.1.1	Import the surveying data	User imports the survey data file in supportable model	ACT-01
UC-4.1.2	Viewing the surveying data	User view the survey data by opening a file as formatted a list of station numbers, coordinates, divisions, and other input values.	ACT-01
UC-4.1.2.1	Conversion of surveying data visualization format	User converts the surveying data into a visualization format for the same facility.	ACT-01
UC-4.1.2.2	Checking the surveying data coordinates	User selected standard surveying data is displayed in the flat coordinate space and then the relationship between the coordinates is arranged.	ACT-01
UC-4.1.2.3	Create object from the surveying data	User creates an object with three-dimensional coordinates of the surveying data.	ACT-01
UC-4.1.3	Attribute information management	User writes attribute information on the 3D object.	ACT-01
UC-4.1.4	Convert shape file	User convert 3D Objects into shape files.	ACT-01
UC-4.1.4.1	Transmission of shape file	User encrypts the shape file and sends it.	ACT-01





TABLE 3. Defining data formats for visualizing field survey data

Serial Number	coordinate			survey division	Facility type	Information
	x	y	h			
sequence number	x coordinate	y coordinate	elevation	1. facility survey 2. pavement survey	Facility code	Information entered by the surveyor on site

시화하도록 기능을 구현하였다. 또한, 변류시설, 맨홀, 심도 등의 점형 데이터의 경우 모바일 지하공간통합지도 클라이언트에 점형 시설물 생성 기능을 이용하여 객체로 변환하여 가시화 하는 기능을 구현하였다.

6. 측량 데이터 관리 및 측량 데이터 가시화 포맷 변환 기능 구현

측량 데이터 관리 기능은 그림 7의 A와 같이 앞서 선정한 RTK-GPS 장비와 토탈스테이션 장비에서 각각 3종씩 6종의 장비를 선택하는 기능과 불러온 원시 측량 데이터를 트리 뷰에 표시하는 기능을 구현하였다. 측량 데이터 불러 오기 기능은 그림 7의 B와 같이 사용자가 선택한 측량장비의 데이터 포맷을 선택하여 데이터를 프로그램에 로딩하는 기능을 구현하였으며, 측량 데이터 보기 기능은 그림 7의 C와 같이 불러온 측량 데이터를 측량정보 화면에 측정 목록 형태로 표시하는 기능을 구현하였다. 그리고

측량 데이터 가시화 포맷 변환 기능은 그림 7의 D와 같이 사용자가 선택한 측정 목록을 측량구분, 시설종류에 따라 변환하는 기능을 구현하였다.

7. 측량 데이터 가시화 포맷을 이용한 객체 변환 및 전송 기능 구현

측량 데이터 가시화 포맷을 이용하여 3차원 측량 객체로 변환하는 기능은 그림 8의 A부터 D까지와 같이 4가지 형태로 구현하였다.

첫 번째, 지하시설물 실시간 매설 측량을 통해 관로의 관상고를 측량한 데이터인 경우 2차원 평면상에 측점을 연결하여 좌표를 확인하는 측량좌표 미리보기 창에서 관로의 좌표의 순서를 정렬하고, 시설물의 속성정보를 미리 입력하여 3차원 관로 객체로 생하는 방법으로 3차원 측량 객체 변환 기능을 구현하였으며, 구현된 화면은 그림 8의 A와 같다. 이때, 관로의 분기점을 지정하여 관로 객체를 분할하여 변환할 수 있도록 하였다. 두 번째, 실시간 매설 측량 시

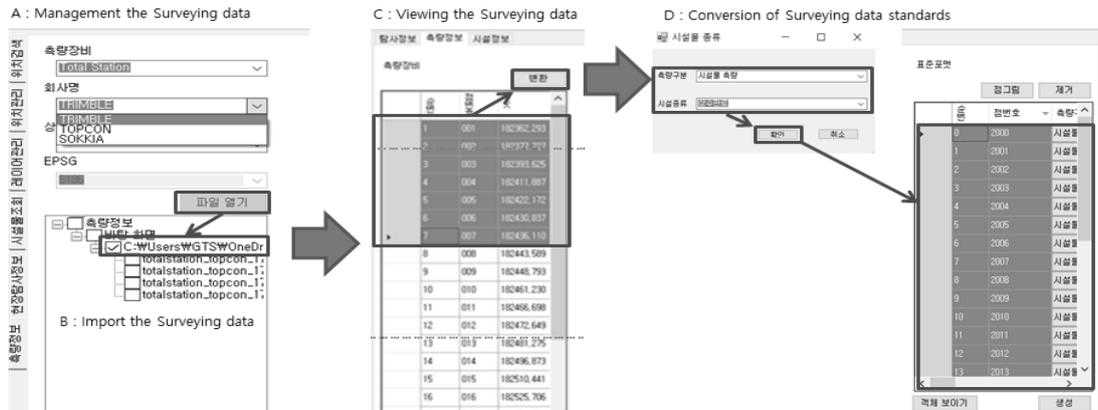
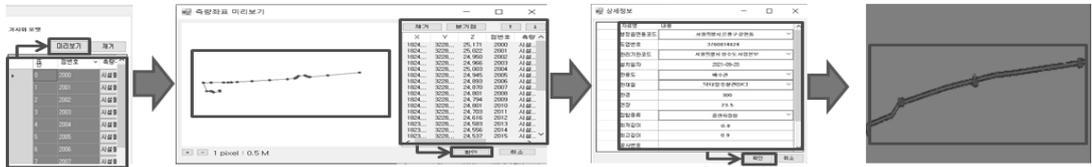
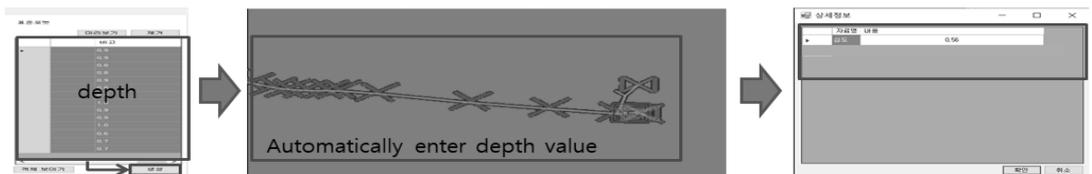


FIGURE 7. Management the surveying data, import the surveying data, viewing the surveying data, conversion of surveying data standards function implementation from developed program capture

A : Real-time pipeline buried survey data conversion



B : When information is entered by measuring the pipe top depth



C : Automatic calculation of depth values when a pavement section is re-surveyed



D : Convert Point Facility Survey Data Objects

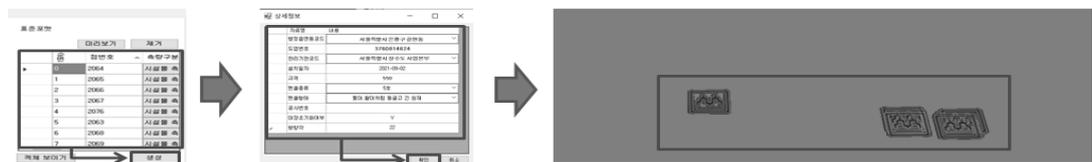


FIGURE 8. Implementation of object conversion function using survey data visualization format from developed program capture

관로의 측량 좌표에 스타프를 이용한 관상고 심도를 측정하여 정보를 입력한 경우 관로 심도 레이어 객체를 측정마다 자동으로 생성하도록 그림 8의 B와 같이 구현하였다. 세 번째, 관로의 실시간 매설 측량 후 복구 포장을 한 위치에 다시 측설하여 포장구간 측량을 수행한 경우 포장 측량 좌표의 지반고에서 매설 측량 좌표의 관상고를 차감하여 심도 레이어의 심도 값으로 자동 입력되도록 심도 레이어 객체를 생성하는 절차로 그림 8의 C와 같이 구현하였다. 네 번째, 맨홀, 밸브 등의 점형 시설물의 측량 좌표의 경우 각 시설물의 속성정보를 입력 후 3차원 객체로 변환하도록 기능을 구현하였으며, 그림 8

의 D와 같다.

지하공간통합지도 상에 가시화 및 변환 생성한 3차원 지하시설물 측량 성과 객체를 지하시설물 통합관리 체계 표준의 세이프파일로 변환하는 기능 및 세이프파일을 지하공간통합지도 모바일 센터로 전송하는 기능을 그림 9와 같이 구현하였다.

지하시설물 통합관리 체계의 표준 세이프파일 포맷은 각 레이어 별로 제공 받은 테이블 설계 문서에 따라 정의한 데이터 모델을 통해 자동 변환하도록 구현하였으며, 파일 전송 기능은 앞서 그림 2에서 명시한 바와 같이 2-2세세부에서 제공하는 양방향 보안 통신 모듈을 적용하여 구현하였다.

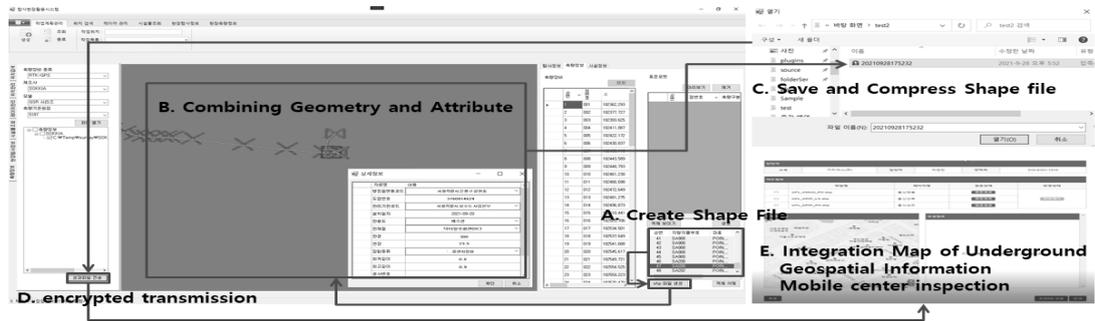


FIGURE 9. Implementation of function to convert 3D underground facility survey object into shape file and transmit encrypted from developed program capture

### 8. 현장 실증 적용

본 연구의 현장 측량 성과 활용 기능에 대한 활용성 검증을 위해 서울시 은평구 갈현동 330-1번지 인근의 상수관로 매설공사 현장에서 시스템 현장 실증 적용을 그림 10과 같이 수행하였다.

실증 구간은 해당 지역의 약 25m 굴착 구간 및 복구 포장 구간이며, 매설 굴착 구간에서는 관로의 심도 측정, 관로의 좌표 측량을 수행하였고, 포장 구간에서는 기 매설 굴착 측량 위치에 대한 측설 및 좌표 측량을 수행하였다. Topcon사의 GPT 모델 토탈스테이션 장비를 이용하여 매설 상수관로 21.5m에 대한 좌표 측

량 및 심도 측정과 3.7m 포장 구간에 대한 측설 좌표 측량을 수행하였으며, 상수맨홀 2개소, 세수변 1개소를 측량하였다. 측량 데이터는 현장에서 rep 포맷으로 시스템에 내려 받은 후 변환하여 지하공간통합지도 상에 가시화 하였으며, 지하시설물 통합관리 체계 표준의 셰이프파일 포맷으로 저장한 후 지하공간통합지도 모바일 센터로 전송하여 검사하였다. 이상의 현장 실증을 통해 현장 측량성과 활용기능을 실증 시나리오에 따라 검증한 결과 개발 기능 전체 오류 없이 현장에서 작동됨을 확인할 수 있었으며, 지하시설물 공공측량 작업 규정의 작업 절차에서 속성 DB 작성, 정위치·구조화 편집, 성



FIGURE 10. On-site demonstration of water supply pipeline laying construction from kakaomap capture, on-site still photos, and developed program capture

과 정리 및 제출 절차를 개발 시스템을 적용하여 수행할 수 있음을 실증하였다. 또한, 본 연구 성과로 구축한 시스템이 측량 현장에서의 활용성에 부합함을 확인하였다.

## 결 론

지하시설물 측량 데이터를 현장에서 지하공간통합지도 상에 가시화 및 측량성과를 셰이프파일로 변환하여 제출하는 현장 측량 성과 활용 기능을 개발하고, 이를 서울시 은평구 소재의 상수관로 매설공사 현장에서 토탈스테이션 장비로 취득한 측량 데이터를 통해 실증한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 현장에서 획득한 측량 데이터를 지하공간통합지도와 중첩하여 가시화하고, 현장에서 성과 파일로 변환하여 제출하는 등 본 시스템 구축을 통해 개발한 시스템을 활용하여 공공측량 작업 규정의 작업 절차에서 정위치·구조화 편집, 성과 정리 및 제출 절차를 현장에서 활용할 수 있음을 확인하였다.

둘째, 현장에서 다양한 방법으로 취득되는 측량 데이터에 대하여 각각의 시설물 별 변환 절차를 적용하고, 현장에서 3차원 지하공간통합지도와 함께 확인함으로써 측량성과의 품질 및 누락 여부 등의 확인이 가능하였다.

셋째, 국토교통부에서 2022년부터 계획하고 있는 지하시설물 데이터 정확도 향상을 위한 지방자치단체 확산 사업과 관련하여 본 성과의 시범 적용 및 현장에서 나타나는 다양한 개선 사항에 대한 보완을 통해 사용 편의성 및 현장 활용도를 높일 수 있을 것이다. **KAGIS**

## REFERENCES

Lee, K.Y. and Park, J.K. 2021. GPR exploration of non-metallic water pipes linked with network RTK, *Journal of the Korea Academia -Industrial Cooperation Society* 22(1): 296-301 (이근왕, 박준규. 2021. 네트워크

RTK와 연계한 비금속 상수관의 GPR 탐사. *한국산학기술학회논문지* 22(2):296-301).

Min, K.S., Kim, J.M. and Choi, Y.S., 2013. A study on the accuracy analysis of position measurement target for underground facilities by retro-reflection. *Korea Spatial Information Society* 21(1):45-52 (민관식, 김재명, 최윤수. 2013. 재귀반사체를 이용한 지하시설물 위치측정 타겟의 정확도 분석에 관한 연구. *대한공간정보학회지* 21(1):45-52).

Park, D.H., Jang, Y.G. and Choi, H.S. 2018. A study on the construction plan of 3D geotechnical information for the support of underground space safety, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 21(1):23-34 (박동현, 장용구, 최현상. 2018. 지하안전관리 지원을 위한 3차원 지반정보 구축 방안 연구. *한국지리정보학회지* 21(1):23-34).

Park, M.S., Kim, E.J., Lee, H.S., Lee, K.P. and Suh, S.W. 2013. Real time safety management framework at construction site based on smart mobile. *Korean Journal of Construction Engineering and Management* 14(4):3-14 (박문서, 김의준, 이현수, 이광표, 서상욱. 2013. 스마트모바일 기반의 실시간 현장안전관리 프레임워크. *한국건설관리학회 논문집* 14(4):3-14).

Song, S.J., Cho, H.Y., Han, D.H. and Kim, S.G. 2020. A study on the analysis of positional accuracy between the GPR survey data and underground space integration map, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 23(4):208-216 (송석진, 조해용, 한담혜, 김성길. 2020. 현장 GPR 탐사자료와 지하공간통합지도 상호위치 정확도 분석에 관한 연구. *한국지리정보학회지* 23(4):208-216). **KAGIS**