토공사 자동화를 위한 토공지형 디지털화 방안연구
A Study on Terrain Digitalization for Earthwork Automation

김 석, 박 재 우, 김 경 훈
한국건설기술연구원

Kim Seok, Park Jae Woo, Kim Kyung Hoon
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약

최근 IoT, AI, Big-data 등 4차 산업혁명기술이 다양한 산업영역에 적용되고 있다. 건설산업에도 4차 산업혁명기술 도입을 위한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 토목 및 건축을 포함한 다양한 건설사업 초기단계에 적용되는 토공사의 자동화를 위한 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 토공사 자동화를 위한 기초정보를 제공하기 위해 지반지형을 디지털화하고 이를 건설산업 초기 단계에 활용하기 위한 형태를 제시하고자 한다. 지반지형 디지털화를 위해서는 현장계측, 계측데이터 정합, 건설정보 입력, 분석단위 생성 등의 기능이 요구된다. 토공지형 디지털화 기술은 향후 토공사 자동화를 위한 건설장비군의 효율적 운영을 위해 활용될 수 있다.

I. 서론

토공사를 효과적으로 수행하기 위해 시공방법을 개발하거나 관리기법을 제시하는 다양한 연구들이 진행되고 있다. 최근 측량기술을 발달로 인해 앞선 측량법을 이용한 토공사 효율화 방안들이 연구되고 있다. 그 동안 토공사를 하기 위해서는 토탈스테이션과 같은 광파기를 이용하여 현장을 측정하고 도면에서 제시하는 시공기면을 구현하였다. 최근에는 3차원 스캐너, 드론, MMS(mobile mapping system) 등 토공현장 지형을 빠르고 정확하게 측량할 수 있는 기술이 빠르게 발전하고 있다.

토공현장을 디지털화하기 위한 연구도 꾸준히 수행되어 왔다[1,2,3,4,5]. 채명진[1,3]은 차량에 탑재한 3차원 스캐너와 원형 타겟을 이용하여 공사현장을 스캔하고 하나로 정합하는 연구를 수행하였다. 3차원 스캐너는 일반 광파기와 비교했을 때, 짧은 시간에 수백만개의 위치좌표를 얻을 수 있다. 이를 이용하여 공사현장의 작업량을 산정하기 위한 연구도 해외에서 수행되었다[2,4,5].

캐터필라, 고마츠와 같은 글로벌 건설기계 생산업체들은 건설기계의 효율성 향상을 위해 skycatch, redbird와 같은 드론계측 전문회사와 손잡고 통한 토공현장 디지털 구현기술을 앞다투어 개발하고 있다. 이들 기업은 디지털로 구현된 토공현장을 이용하여 건설기계 운용에 활용할 수 있는 솔루션도 함께 개발하고 있다.

MMS는 차량에 레이저스캐너, 카메라, GPS, INS 등을 장착하고 이동하면서 주변을 계측하는 측량시스템이다. 주로 디지털맵을 생성하기 위해 사용되어진다. 구글 street view, 네이버 거리뷰, 다음 로드뷰 등이 MMS 시스템을 이용하여 만들 디지털맵이라 할 수 있다.

측량을 위한 기술이 빠르게 발전하면서 토공현장을 효과적으로 디지털화하고 이를 활용하기 위한 방안마련이 필요한 시점이다. 본 연구에서는 토공현장 디지털화를 위해 필요한 단계를 제시하고 각 단계별 필요기능에 대해 논하고자 한다.

Ⅱ. 토공지형 디지털화 방안

토공지형을 디지털화하기 위해서는 기본적으로 4가지 단계가 요구된다. 우선 현장을 계측하고, 계측된 데이터를 정합하고, 정합한 데이터에 토공관련 정보를 입력하고, 작업분석을 위한 분석단위의 생성이 필요하다.

1. 현장 계측

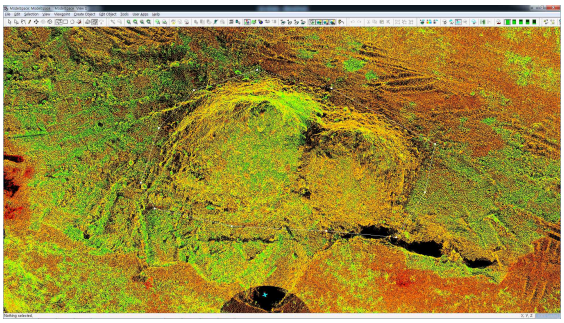
기존의 광파기는 현장의 중요포인트의 좌표만을 취득할 수 있어, 토공현장 전체를 디지털로 구현하기에는 어려움이 있었다. 3차원 스캐너는 짧은 시간에 매우 자세하게 주변을 레이저로 스캔할 수 있다. 스캔과 동시에 포인트 클라우드가 취득되며, 이를 통한 현장구현이 가능하다. 드론은 사진측량을 기본으로 하며, 짧은 시간에 넓은 지역을 촬영할 수 있다. 촬영된 사진은 사진측량기법을 활용하여 좌표를 지닌 포인트로 변환한다. MMS는 탑재한 3차원 스캐너를 활용하여 주변을 이동하면서 측량하게 된다.

▶▶ 그림 1. 현장계측장비

3차원 스캐너는 정밀성이 높고, 드론은 넓은 지역에 빠르게 측량할 수 있고, MMS는 드론과 비교해서 정밀도가 높고 3차원 스캐너와 비교해서 이동성이 뛰어나다는 장점이 있다. 따라서 현장을 계측할 때, 3개 장비의 특성을 잘 고려한다면 효과적인 계측이 이루질 수 있다.

2. 계측데이터 정합

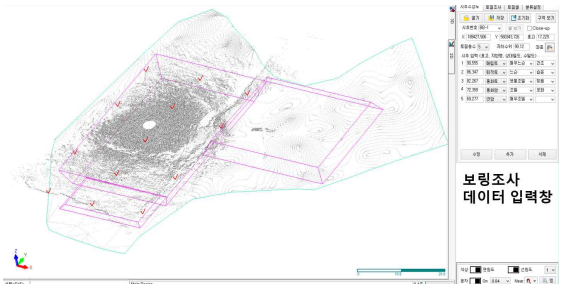
계측된 데이터는 개별 파일로 저장되며, 이를 하나로 정합하는 과정을 거쳐야만 토공사 현장에 대한 통합 디지털맵을 생성할 수 있다. 정합을 하기위한 방법으로는 cloud-to-cloud, target-to-target, auto alignment, visual alignment 등이 있다. 각 정합방법에 따라 장단점이 있으며 보통 cloud-to-cloud 방법을 이용하여 정합이 이루어지고 있다.



▶▶ 그림 2. 정합된 포인트 클라우드

3. 토공 정보 입력

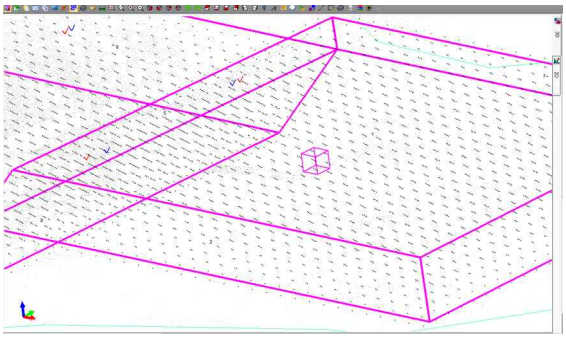
정합된 데이터를 기반으로 토공사 작업 효율화를 위해 필요한 정보를 포인트 클라우드에 입력해준다. 토공사를 위해서는 토질종류, 밀도, 습윤도 등의 정보가 필요하다. 현장 상황에 따라, 건설기계의 작업환경이 달라지고 이는 토공사 생산성과 직결되기 때문이다. 그림 3은 정합된 포인트 클라우드에 보링조사 데이터를 입력하는 화면창이다. 각 지점별 보링조사된 내용을 기입하고 계획도면 구현을 위해 절토하거나 성토해야 하는 지점의 생산성 계산에 사용된다.



▶▶ 그림 3. 토공 관련 정보입력

4. 분석단위 생성

정합된 데이터에 건설정보를 입력하고 이를 task planning 등 작업계획에 활용하기 위해 계측된 데이터를 분석을 위한 분석단위인 Cell을 생성한다. 그림 4는 분석단위인 Cell을 구현한 화면이다. Cell은 공사계획에 적합한 크기를 가져야 하며, 공사계획에 필요한 정보를 포함하도록 생성된다. 각 셀은 토질정보 뿐만 아니라 토사량 등의 정보도 함께 지니고 있으며, 작업난이도, 경사도 등의 정보도 포함할 수 있다.



▶▶ 그림 4. 분석단위 생성

Ⅲ. 결론

3차원 스캐너, 드론, MMS 기술들이 빠르게 발전하면서 건설산업 적용에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 토공사에 해당 기술을 적용하여 효과적으로 토공현장을 디지털화하고 향후 활용을 위한 정보입력 및 분석단위 생성에 대한 단계를 설명하였다. 향후 본 논문에서 제시한 토공현장 디지털화를 위한 기술이 실제 토공현장에 적용될 수 있도록 측량 플랫폼 체계화 및 관련 소프트웨어 개발이 필요하다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] 채명진, 이규원, 김정렬, 박재우, 유현석, 조문영 “지능형 굴삭 시스템을 위한 모바일 3D 이미징 시스템 및 자동 정합 알고리즘의 개발”, 한국건설관리학회논문집, 제10권, 제1호, pp.136-145, 2009.

[2] Du, Jia-Chong, and Hung-Chao Teng “3D laser scanning and GPS technology for landslide earthwork volume estimation”, Automation in construction, Vol.16, No.5, pp.657-663, 2007.

[3] Chae, Myung Jin, Gyu Won Lee, Jung Yoel Kim, Jae Woo Park, and Moon Young Cho “A 3D surface modeling system for intelligent excavation system”, Automation in Construction, Vol.20, No.7, pp.808-817, 2011.

[4] Slattery, Kerry T., Dianne K. Slattery, and James P. Peterson “Road construction earthwork volume calculation using three-dimensional laser scanning”, Journal of surveying engineering, Vol.138, No.2, pp.96-99, 2011.

[5] Kern, Fredie “Precise determination of volume with terrestrial 3D-laser scanner”, Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II, pp.531-534, 2002.