지상레이저스캐닝 데이터를 활용한 3차원 지반지형 분석 플랫폼 개발

Development of 3D Terrain Processing Platform Using Terrestrial Laser Scanning Data

김 석* 김 태 영**
Kim, Seok Kim, Tae-Yeong

Abstract

Terrestrial laser scanning (TLS) technology is being applied to various fields such as the soil volume calculation and the displacement measurement of terrain, tunnels and dams. This study develops a 3D terrain processing platform for automated earth work using a terrestrial laser scanning data as the software prototype. The developed software provides cells with geo-technical information for planning work to an integrated system.

키 워 드 : 토공계획, 지상레이저스캐닝, 3차원지반지형분석
Keywords : earth work, terrestrial laser scanning, 3D terrain processing platform

1. 서 론

토공현장을 디지털화하는 궁극적인 목적은 토공계획을 수립하고, 토공물량을 산정하고, 토공장비를 운용하는 등의 토공작업의 자동화를 실현하기 위해서다. 1990년 중반 이후부터 토공자동화를 위한 지능형 굴삭 시스템(intelligent excavation system)에 대한 다양한 연구들이 수행되어왔다. 이는 정보기술 및 효율적인 장비운영을 통해 건설 품질 및 생산성을 향상시킬 수 있는 기술을 의미한다.[1] 또한, 최근 급속하게 발달된 지상레이저스캐닝(Terrestrial Laser Scanning, TLS) 기술은 대상을 보다 쉽게 디지털화한다는 점에서 여러 산업분야에 다양한 용도로 사용되고 있다.[2] 본 연구는 이러한 지상레이저스캐닝 데이터를 활용하여 건설장비 작업계획 등 토공현장 자동화에 필요한 3차원 지반지형 분석 플랫폼을 프로토타입(prototype)의 소프트웨어(software)로 개발하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 지반지형 분석 플랫폼 개발을 위해 연구의 범위를 다음 조건에 따라 한정하였다. 첫째, 데이터 정합에 대해서는 고려하지 않았다. 일반적으로 스캐닝은 한 측점이 아닌 여러 측점에서 취득한 포인트 클라우드(point cloud)를 정합하여 스캔의 정확도를 높인다. 하지만, 본 연구는 스캔데이터가 정확히 정합되었다는 가정하에서 정합된 데이터를 사용하였다. 둘째, 시추정보와 토질정보만을 고려하여 지반정보를 업데이트하였다. 토공작업을 위한 지반정보의 종류는 목적에 따라 매우 다양하지만, 본 연구는 토공사에 일반적으로 요구되는 시추정보와 토질정보만을 고려하였다. 셋째, 분석범위의 기본단위를 셀(Cell)로 하였다. 3차원 스캔데이터는 포인트로 구성되어 있어 그 자체로 부피를 가질 수 없으므로 물량산출 등 토공현장에서 사용 될 기본단위로 적합하지 않다. 또한, 솔리드 형태로 정보를 입력할 경우, 용량의 과대해져 분석시간이 많이 소요된다. 따라서 적정한 크기의 셀을 공간 분석을 위한 기본단위로 설정하였다.

3. 3차원 지반지형 분석 플랫폼의 구현

3차원 지반지형 분석 플랫폼은 향후 토공작업 계획 수립을 위해 최종적으로 필요한 기본적인 지반정보가 입력된 셀을 통합시스템에 제공하는 기능을 수행하기 위해 크게 지반정보를 업데이트한 후 분석 셀을 생성하는 절차를 거치게 되며, 플랫폼의 데이터 처리절차는 그림 1과 같다.

먼저, 데이터 로딩은 캐드(CAD) 등으로 설계된 계획도면을 레이저 스캐너를 통해 취득한 현장지반의 3차원 포인트 클라우드에 투영시키고 상대좌표를 절대좌표로 변환하는 과정이다. 이때, 토공현장 특성상 수목, 수풀 등 다수의 노이즈를 포함하고 있는 포인트 클라우드는 지반정보를 업데이트하기 전 노이즈를 제거하는 가공과정을 거치도록 구현하였다(그림 2a).

* 한국건설기술연구원 건설정책연구소 수석연구원
** 한국건설기술연구원 건설정책연구소 전임연구원, 교신저자(tykim@kict.re.kr)

지반정보업데이트는 3차원 포인트 클라우드를 구성하는 각각의 포인트에 필요한 지반속성을 갖게 하는 기능을 수행한다. 이는 시추조사를 통해 얻은 지층, 밀도, 지하수위 등과 현장밀도시험을 통해 얻은 토량환산계수, 단위중량 등을 포함한다. 조사가 수행된 모든 위치마다 정보가 사용자에 의해 입력되면 지표면 형상을 반영한 보간법으로 단지 내의 모든 구역에 지반속성이 반영되도록 구현하였다(그림 2b).

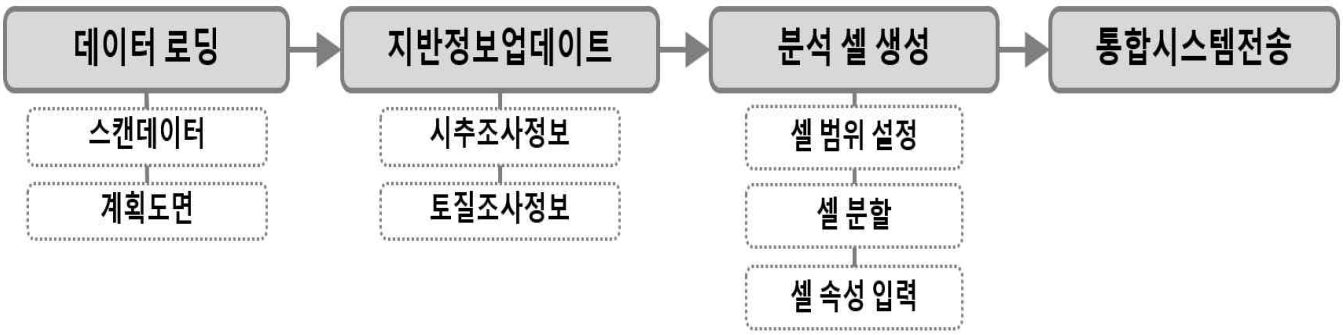
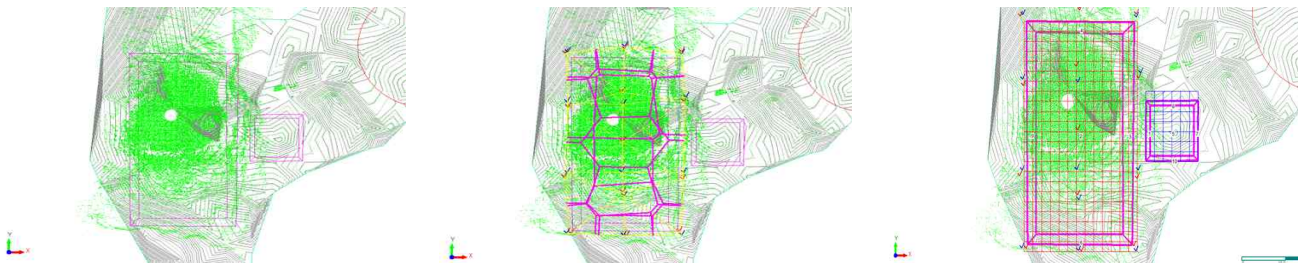


그림 1. 데이터 처리 프로세스



a. 데이터로딩 b. 지반정보업데이트 c. 분석셀생성

그림 2. 3차원 지반지형 분석 플랫폼 구현 화면

분석 셀 생성은 셀의 범위를 설정하고, 셀을 분할한 후, 셀 타입 배정과 각 셀의 정보가 입력되는 과정을 거치게 된다. 셀의 범위설정은 단지경계를 중심으로 정육면체로 분석범위를 설정한 후 Octree 알고리즘을 통해 셀을 분할하고 인식번호를 부여한다. 인식번호가 부여된 각 셀에는 셀마다 고유한 좌표, 지반정보, 토공량, 절 · 성토여부 등의 속성이 표현되도록 구현하였다. 또한, 셀의 상단에는 토공장비의 위치가 설정되어 향후 토공작업 계획 수립시 활용된다(그림 2c).

셀의 정보가 구성되면 토공작업 계획을 위한 통합시스템에 보내지게 된다. 이 때 파일의 형식은 *.dxf 등 사용자가 필요로 하는 확장자로 저장되어 전송할 수 있다. 전송된 데이터는 건설장비의 경로계획(path planning) 및 플릿(fleet)형 작업계획을 위한 기초자료로 활용되어 진다.

4. 결 론

본 연구의 3차원 지반지형 분석 플랫폼은 개발을 통해 시범적인 검증을 마친 상태이다. 본 플랫폼을 통해 도출된 DB를 확인한 결과, 목표로 한 좌표, 토질, 시추, 토공량, 성 · 절토 여부 등의 정보가 포함되어 있음을 확인하였다. 향후, 장비의 이동방향, 장비 정지위치 등을 계획하기 위한 지반형상을 고려한 다양한 셀 타입을 설정하는 추가적인 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업의 연구비지원(14SCIP-B079344-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Singh, S. State of the art in automation of earthmoving, Journal of Aerospace Engineering, Vol.10, No.4, pp.179~188. 1997
2. 김석, 박재우, 3차원 스캐너의 토공현장 적용을 위한 정밀도 및 생산성 분석, 한국콘텐츠학회논문지, 제15권 제10호, pp.587~596, 2015