

3D 스캐닝 기술을 이용한 토공사 기성관리 감독 및 검사 가이드라인 개발

A Study on the Development of the Guidelines for Supervision and Inspection of Earthworks Quantity Using 3D Scanning Technology

이영호¹, 윤원건^{2*}, 박재우³

Young-ho Lee¹, Won Gun Yun^{2*}, Jae-woo Park³

〈Abstract〉

Recently, in Korea, various technology developments have been made to utilize 3D space and facility data such as unmanned aerial vehicles (UAV) and laser scanners with the goal of improving productivity at construction sites. However, the lack of related regulations for 3D laser scanner surveying has been a barrier to using the technology across the surveying industry. As a result, owners, contractors, and construction supervisors are reluctant to introduce and apply technology to the site.

In this study, the guidelines (drafting and inspection work to be supervised by construction supervisors when constructing earthworks using laser scanners) was developed and presented so that the earth surveying and quantity calculation technology using a laser scanner could be applied and diffused in a construction site. Through the development of this guideline (proposal), it is judged that the supervision and inspection of earthworks quantity using a laser scanner will be activated in the field.

Keywords : 3D Laser Scanning, Earthworks Quantity, Geospatial information, Construction Management, Work guideline

1 정회원, 주저자, 한국건설기술연구원, 남북한인프라특별위원회, 연구위원/공학박사 1 Korean Peninsula Infrastructure Special Committee, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology
2* 정회원, 교신저자, 한국건설기술연구원, 건설정책연구소, 2* 수석연구원/공학박사 2* Construction Policy Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology
E-mail: wongun78@kict.re.kr 3 Construction Policy Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology
3 정회원, 한국건설기술연구원, 건설정책연구소, 수석연구원

1. 서론

최근 국토교통부(2018)[1]에서는 '25년까지 스마트 건설기술 활용기반을 구축하고, '30년까지 건설자동화 완성을 목표로 '스마트 건설기술 로드맵'을 수립하였다. 이에 따라 국내 건설업계에서는 최신 스마트 기술 기반의 업무 변화가 큰 이슈로 대두되고 있다. 스마트 건설기술은 정보통신기술(ICT), 드론·로봇 등 다른 분야의 기술을 건설 분야에 적극 도입하여 업무에 융합함으로써, 알기 쉬운 3차원(3D) 시각 정보를 제공하는 것을 목표로 한다. 특히, '시공 단계'에서는 건설장비 자동화, 조립시공 제어 등의 기술 개발이 활발히 이루어지고 있어, 이를 지원하기 위한 3D 공간정보기반 현장 관측 및 모니터링 기술의 개발이 요구되고 있다.

한편, 건설공종 중 토공사는 굴착, 적재, 운반, 포설, 다짐 등 5가지의 단순한 작업의 반복으로 수행되나, 다른 어떤 공종보다 관리 물량이 크고 정확한 확인을 필요로 한다. 건설현장에서는 이들 물량의 확인을 위해 주로 토탈스테이션(Total Station, 이하 TS), GNSS(Global Navigation Satellite System, 이하 GNSS) 등을 이용하여 현장 지형 정보를 획득하고 있으나[2], 제한된 측정점 수로 인하여 정밀한 관측 값을 얻는데 많은 어려움이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 최근 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, 이하 UAV), 레이저스캐너(Laser Scanner) 등을 이용한 3D 스캐닝 기술의 연구·개발이 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 3D 스캐닝 기술은 현장 지형 정보를 육안으로 판단할 수 있는 영상을 구현하고 정량적인 분석 데이터를 생성하는데 활용성을 가진다.

현장 지형 관측은 드론과 같은 UAV 장비를 이용하여 빠르게 관측이 가능하지만, 정밀도 측면에서는 3D 레이저스캐너(Terrestrial Laser Scanner)와 같은 LiDAR기반의 측량이 요구된다.

이와 같이 국내에서는 건설현장의 생산성 향상을 목표로 UAV, 레이저스캐너 등 3D 공간 및 시설물 데이터 활용을 위한 다양한 기술개발이 이루어져 왔으나, 현장 적용을 위한 기준 마련 등의 정책 부재로 인하여 이들 기술의 확산은 어려운 실정이다.

그 동안 고 정밀도를 가진 토공 측량 자동화 기술을 공사현장에서 사용할 수 있도록 현행 「공공측량 작업규정」을 일부 개선·제안한 연구[3]는 수행된바 있으나, 이들 기술이 현장 공사 관리 및 감리 업무에 실제 적용될 수 있도록 업무 매뉴얼 개발과 같은 적용 방법론에 대한 연구는 미흡하였다.

본 연구는 레이저스캐너를 이용한 토공 측량 및 수량 산출 기술이 건설현장에서 실제 적용·확산될 수 있도록 '레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리 시 공사감독자가 관리하여야 할 감독 및 검사 업무' 가이드라인(안)을 개발하는데 목표를 두고 있다. 이를 위하여 (1) 레이저스캐닝 기술의 특성과 관련 연구 및 법제도 동향을 파악하는 한편, (2) 기존 방법에 의한 토공사 기성관리 시의 문제점과 절차 등을 분석하고, (3) 레이저스캐너 기반의 토공사 기성관리 시 공사감독자가 관리하여야 할 항목을 분석·도출함으로써 본 가이드라인(안)을 개발하였다.

2. 관련 기술 및 제도 현황 분석

2.1 공간정보 구축 기술 개요 및 연구 동향

지형 정보 등 공간정보 구축 기술은 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 바뀌었다. 건설현장의 공간정보 구축에는 주로 GNSS 및 TS를 이용한 기술이 활용되었으나, 최근 짧은 시간에 수많은 레이저빔을 대상물에 조사하여 형상에 대한 3D 데이터를 취득할 수 있는

레이저스캐너(LS) 기술이 주목을 받고 있다[4].

레이저스캐너의 작동 방식은 반사된 레이저의 도달 시간을 측정하는 time of flight(TOF) 방식 (Fig. 1 참조),과 레이저 송신부와 수신부의 거리차를 이용하여 삼각측량 하는 triangulation 방식 등이 있으며, 건설 분야에 사용하는 레이저스캐너의 대부분은 time of flight(TOF) 방식을 사용하고 있다[5].

TOF 방식의 레이저스캐너에서는 측정 장치를 회전축 상에 설치하여 장치를 일정 각도씩 회전시킴으로써 수평방향의 스캐닝을 가능하게 하며, 수직방향 스캔의 경우는 측정 장치 내부의 레이저 반사 거울의 각도를 일정 각도씩 바꿔줌으로써 유사한 기능을 수행하고 있다.

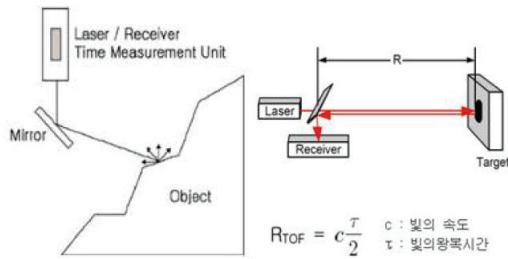


Fig. 1 TOF measurement principle

3D 레이저스캐너에는 다양한 종류가 있으나, 건설 분야에서 사용되는 레이저스캐너는 크게 광대역 스캐너와 고 정밀 스캐너의 2종류가 있다. 광대역 스캐너는 대지, 건물 본체 등 대규모의 대상을 스캔할 때 사용되며, 최대 수백 미터 거리까지 측정할 수 있으나, 최대 측정거리에서 2~3 cm의 오차를 가진다. 반면, 고 정밀 스캐너는 측정거리와 측정각도 면에서 광대역 스캐너에 미치지 못하나 0.1 mm 대의 정교한 측정이 가능하여 주로 건물 내부 설비 및 구조체의 시공오차를 측정하거나 결함을 탐지하는데 사용된다.

3D 레이저스캐너를 이용한 공간정보 구축 과정

은 크게 지상 기준점 측량, 데이터 취득, 데이터 처리 과정으로 구분할 수 있다(Fig. 2 참조).

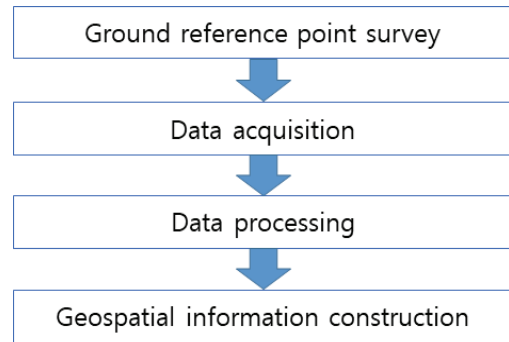


Fig. 2 3D laser scanner workflow

지상 기준점 측량은 3D 레이저스캐너(Fig. 3 참조). 를 통해 취득되는 3D 공간정보를 좌표참조(Georeferencing)하기 위한 정보이며, 데이터 처리 과정에서 연속적으로 취득된 데이터를 정합하기 위해서는 타겟 또는 대상물의 형상을 이용하는 방법이 주로 이용된다. 3D 레이저스캐너를 통해 취득되는 데이터는 점군(Point Cloud) 형태의 3D 데이터 처리를 통해 대상물을 효과적으로 시각화할 수 있으며, 도면 제작, 체적 산출 등 다양한 활용이 가능하다.



Fig. 3 3D laser scanner construction site application example (domestic)

3D 레이저스캐너 기술을 활용하여 3D 공간정보를 수집·분석하고 이를 지형모델링에 이용하고

자 한 연구는 국내·외에서 다양하게 수행되었다. 예를 들면, 3D 레이저스캐너 기술을 활용한 토공량 산정 연구[6], [7], 지형변위 계측 연구[8], [9], [10], 터널형상 점검 연구[11], [12], [13] 등이 있다. 또한, 토공현장에서 계측을 위해 주로 사용되는 TS 등의 기존 방식과 3D 스캐너에 의한 측량 결과를 비교·분석함으로써 3D 레이저스캐너의 적용 유효성을 검증하는 연구[14], [15]도 진행되었다. 반면에 3D 레이저스캐너 기술을 실제 현장에 적용 및 확산하기 위한 기준 및 업무 매뉴얼 등의 개발 연구는 아직 미흡한 실정이다.

2.2 관련 제도 현황

토공사 등 건설공사에서는 「설계공모, 기본설계 등의 시행 및 설계의 경제성 등 검토에 관한 지침」(국토교통부고시 제2015호-40호) 제44조에 따라 공종별, 설계단계별로 다양한 측량을 실시하고 있으며, 구체적인 기준은 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」과 「공공측량 작업규정」, 「일반측량 작업규정」을 따르도록 되어 있다. 하지만, 최근 급속하게 발달되는 UAV 활용기술, 레이저스캐닝 활용기술 등을 현장에 적용하기 위한 관련 제도 정비는 아직 미흡한 것이 현실이다.

최근 「공공측량 작업규정」개정(국토교통부 국토지리정보원, 2018.3.30.)을 통하여 ‘3편 지형측량’에 “무인비행장치측량” 장을 신설함으로써 무인비행장치측량에 대한 제도적 근거는 마련하였으나, 3D 레이저스캐너 측량의 활용성을 높이기 위한 제도적 정비는 아직 이루어지지 못하고 있다.

「공공측량 작업규정」에서는 공공기준점측량, 지형측량, 응용측량, 세계측지계 변환측량, 네트워크 RTK측량 등에 대한 측량 장비 및 기기별 작업순서, 작업 시 주의사항, 측량방법 등 구체적인 기준을 규정하고 있으나, 지형 측량에 활용되는 레

이저스캐너의 측량 기준 및 방법에 대해서는 규정하고 있지 않다.

「일반측량 작업규정」에서는 설계측량, 시공 전 측량, 시공 중 측량, 준공 측량 등 건설사업 프로세스별로 측량 항목별 사용 장비 및 기기, 측량절차, 측량방법 및 요구 정확도 등의 기준을 규정하고 있으나, 레이저스캐너에 의한 Laser Mapping, Mobile Mapping System 등의 신기술은 감독자의 승인을 얻어 적용하도록 하고 있으며, 레이저스캐너 적용 시의 사용 장비 및 기기, 측량절차, 측량방법 및 요구 정확도 등에 대한 세부 규정은 명시하지 않고 있다.

3D 레이저스캐너 측량을 위한 관련 규정의 미비는 해당 기술을 측량업계 전반에 활용하는데 있어 장애요인으로 작용하고 있으며, 그 결과 발주자, 시공자 및 공사감독자는 현장에의 기술도입 및 적용을 꺼리고 있는 실정이다.

일본은 3D 레이저스캐너 기술의 현장 활용성을 높이기 위하여 국토교통성(2016)에서 관련 제도를 정비하여 현장에 적용하고 있다.

3. 3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리 감독 및 검사 가이드라인 (안) 개발

3.1 기존 방식에 의한 토공사 기성관리 현황

건설공사 시공자는 공사 착공과 동시에 해당 공사에 대한 확인 측량을 실시하여 발주 설계도면과 실제 현장의 상이점을 확인하고 그 결과를 공사감독자에게 제출하여야 한다[16]. 이때 가장 중요한 관리항목 중의 하나가 토공량의 확인으로 이는 공사비 산정의 적정성 여부와도 직결되는 민감한 부분이므로 최단시간 내에 검토가 완료되어야 한다.

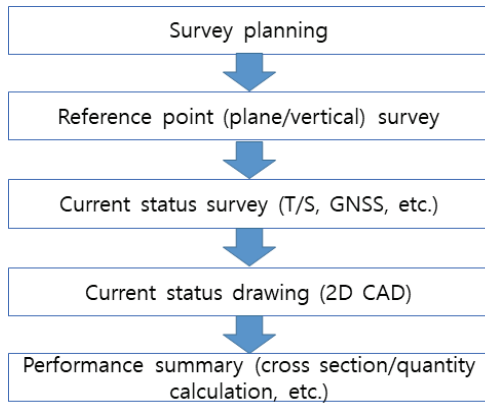


Fig. 4 Existing supervision method of earthworks quantity by TS

기존의 토공량 확인은 GNSS 또는 TS 등의 측량 장비를 이용하여 종·횡단측량을 실시하고, 종·횡단측량 성과를 기초로 횡단도면을 작성한 후, 이를 설계도면의 계획 횡단면에 중첩하여 설계 수량과 비교하는 방식으로 수행되는 것이 일반적이다(Fig. 4 참조). 그러나 이 방법은 2차원 평면상의 CAD 도면을 이용하여 평균 토공량을 산출하기 때문에 작업시간이 많이 소요되어 실제 현장에서는 측량기술자의 판단으로 최소한의 측량만을 수행하는 등 정확한 토공량 산출에 어려움이 있다[17].

3.2 3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리 시의 감독 및 검사 항목 도출

3D 레이저스캐너에 의한 토공사 기성관리는 관측 대상 지형을 면(Face)의 형태로 파악하게 함으로써 기성 수량을 용이하게 산출하게 하며, 기존의 시공관리에 소요되는 시간의 대폭적인 감소와 상세한 지형 및 기성의 형상 취득을 가능하게 한다.

그러나 3D 레이저스캐너가 가지는 특징으로 1) 관측 대상점을 지정한 관측을 할 수 없으며, 2) 관측 간격이 균일하지 않으며, 3) 소프트웨어를 이용한 대량의 관측 점군 데이터의 처리가 필요하다

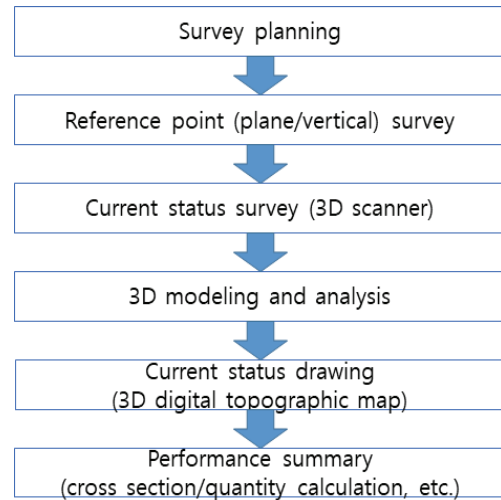


Fig. 5 Supervision method using 3D laser scanner

므로 기존의 기성관리 방법과는 다른 관측 절차 및 관리 기준을 필요로 한다. 특히, 레이저스캐너를 통해 측량자가 원하는 지점의 정확한 좌표를 얻기 위해서는 주변 계측점을 통해 해당 지점의 좌표를 유추해야한다[18].

본 연구에서는 기존 토공사 기성관리 방식과의 차이점을 고려하여 3D 레이저스캐너를 이용한 기성관리 절차를 구축하였다(Fig. 5) 참조.

3D 레이저스캐너를 이용하여 기성관리를 실시하기 위해서는 1) 기존의 2D 설계도면을 3D 설계데이터로 변환하는 작업과 2) 관측한 3D 설계데이터 처리를 위한 각종 소프트웨어[19]. (3D 설계데이터 작성, 점군(Point Cloud)처리, 기성고 산출 및 기성 보고서 작성 소프트웨어 등)가 필요하다.

3D 레이저스캐너를 이용하여 토공사 기성관리를 실시할 경우 공사 목적물의 품질확보 측면과 업무의 효율화 측면에서 다음과 같은 장점을 가질 수 있다.

- (1) 공사 목적물의 품질 확보 측면
 - 2차원 데이터로 3D 설계데이터를 작성하므로 확실한 도면 대조 조사가 가능

- 3D 레이저스캐너에 의한 기성 측량은 면을 관측한 데이터이므로 기성에 대한 확인이 확실하고 용이
 - 면 형태의 관측 결과로 도면 작성 및 수량 산출을 실시하여 품질 확보 가능
- (2) 업무 효율화 측면
- 3D 설계데이터 작성에 따른 도면 대조 조사가 용이
 - 현장 검사 실시 횟수 대폭 감소

본 연구에서는 「공공측량 작업규정」[20] 및 「일반측량 작업규정」[21]상의 내용 분석과, 전문가 자문(측량전문가 2인, 건설관리전문가 3인) 등을 통해 건설사업 프로세스별로 3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리 시 필요한 공사감독자의 감독 및 검사 항목을 도출하였다(〈Table 1.〉 참조).

3.3 3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성 관리 감독 및 검사 가이드라인(안) 개발

본 가이드라인(안)의 개발 목적은 3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리의 감독 및 검사 업무에 필요한 사항을 제시함으로써 업무 효율화를 도모하고, 레이저스캐너에 의한 공간정보 매핑(mapping) 등의 스마트 기술을 건설현장에 적극 도입·활용하게 함으로써 건설공사의 생산성 향상을 도모하는데 있다.

적용범위는 3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리로 설정하였다. 단, 업무상 보조적으로 GNSS 또는 TS 등의 측량 장비를 이용하는 것을 포함하였다.

가이드라인(안)의 세부 목차는 Fig. 6과 같다.

Table 1. Supervision and inspection items for construction supervisors when managing ready-made earthworks using laser scanners (LS)

Earthwork surveying and construction management	Construction supervisor supervision and inspection items
Construction survey plan	<ul style="list-style-type: none"> ○ Confirmation of entry of construction survey plan <ul style="list-style-type: none"> - Construction work item, Survey scope, Observation position Criteria and Specification Values of inspection of earthworks quantity - Documents of equipments/software for construction survey
Survey before construction <ul style="list-style-type: none"> ① Survey of construction reference points ② Installation of reference points ③ Survey for the calculation of earthworks Quantity ④ Submit survey performance 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instruction of reference points(R.P) ○ Check installation status of reference points <ul style="list-style-type: none"> - Check survey performance and installation status of R.P - Check survey performance and installation status of control points for inspection survey of earthworks quantity ○ Instruction of three - dimensional trans-formation of design drawings <ul style="list-style-type: none"> - Based on 3D design data, Instructs the contractor to 3D the design drawings to obtain the results of the design contrast survey, inspection of earthworks quantity, and quantity calculation. ○ Checking inspection of earthworks quantity
Surveying during construction <ul style="list-style-type: none"> ① Inspection survey of earthworks quantity ② Submit survey performance 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Confirmation of accuracy test results report ○ Confirmation of survey performance ○ Check status of inspection of earthworks quantity
Completion survey <ul style="list-style-type: none"> ① Survey for Inspection ② Submit survey performance 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Confirmation of survey performance <ul style="list-style-type: none"> - Audit earthworks quantity

1. Purpose
 2. Target range
 3. Term definition
 4. Construction Supervisor Management Item
 - (1) Review and verify the receipt and entry of a construction survey plan
 - (2) Instruction of reference points
 - (3) Instruction of three - dimensional transformation of design drawings
 - (4) Checking the installation status of construction reference points, etc.
 - (5) Verify 3D design data operations
 - (6) Confirmation of accuracy test results report
 - (7) Checking inspection of earthworks quantity
 5. Inspection items in the inspection task
 - (1) Written inspection of inspection survey
 - (2) On-site inspection of inspection survey
 6. Control Criteria and Specification Values
 - (1) Criteria and Specification Values of inspection of earthworks quantity
 - (2) Photographic criteria of inspection of earthworks quantity
- <Refrence 1> Term Definition
 <Refrence 2> 3D Design Data Check Sheet
 <Refrence 3> Accuracy Check Test Results Report

Fig. 6 Detailed guidelines (draft)

3D 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리 시 주요 관리 사항은 다음과 같다.

3.3.1 공사감독자 관리 항목

토공사 기성관리에서 공사감독자가 관리하여야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 공사 측량 계획의 기재 사항 검토·확인
공사 측량 계획서 상의 다음의 사항을 검토·확인하여야 한다.

- 1) 적용 공종
 - ① 대분류 : 공통공사, ② 중분류 : 지반공사,
 - ③ 소분류 : 토공사, ④ 공정 : 터파기, 흙쌓기

2) 적용 범위
본 가이드라인에 의한 3D 관측 범위, 기성관리 실시 범위 등.

3) 기성 관리 방법
관측 위치, 기성관리 기준 및 규격 값, 기성관리 사진기준 등.

4) 관측기기 및 소프트웨어
기성관리에 사용하는 레이저스캐너 본체 및 소프트웨어의 검토·확인.

- ① 레이저스캐너 본체
 - 레이저스캐너 측정 정확도(하드웨어). 단, 정확도 확인은 현행 국가 검교정 체계에 레이저스캐너가 포함되는 경우 생략 가능.

측정 정확도: 관측 범위 내에서 ±20mm
색상 데이터: 색상 데이터의 취득이 가능할 것

· 정확도 관리

측정 정확도	정확도 확인 시험 결과
정확도 관리 (레이저스캐너 본체)	검교정 기록, 제조회사가 권장하는 보수 유효기간 이내 확인 서류

② 사용 소프트웨어

3D 설계데이터 작성 소프트웨어	제조사 카탈로그 또는 소프트웨어 사양서
점군 처리 소프트웨어	
기성고 산출 소프트웨어	
기성 보고서 작성 소프트웨어	

(2) 기준점 지시
공사감독자는 공사에 사용하는 기준점을 시공자에게 지시한다. 여기서 기준점 측량은 「공공측량 작업규정」 제16조(공공삼각점측량 등급) 및 제27조(공공수준점측량의 구분)에서의 3~4급(1~4급 범위) 규정[20],[22]에 따라 실시한다.

(3) 설계도서의 3D화 작업 지시

공사감독자는 설계도면이 2차원 도면일 경우 시공자에게 설계도면의 3D화 작업을 지시한다. 설계도면의 3D화 작업은 설계 대조 조사 및 기성관리, 수량 산출 결과[23]를 얻기 위한 준비 작업으로 레이저스캐너에 의한 토공사 기성관리 시 전제 조건이 된다.

(4) 공사 기준점 등의 설치 상황 확인

공사감독자는 시공자로부터 공사 기준점에 관한 측량 성과를 제출 받은 단계에서 아래의 사항을 확인한다.

- 공사 기준점의 지시 기준점에 설치 여부
- 정확도 관리의 적정 여부

표정점을 이용하는 경우에는 지시한 기준점 또는 공사 기준점을 바탕으로 설치한 것인지 확인한다.

(5) 3D 설계데이터 작업 확인

공사감독자는 3D 설계데이터가 설계도면을 바탕으로 적절히 작성되어 있는지를 확인한다. 공사감독자는 필요한 경우 3D 설계데이터와 설계도면과의 비교 대조를 위하여 근거자료(공사 기준점 목록, 선형 계산서, 평면도, 종단도, 횡단도 등)의 제출을 시공자에게 요구한다. 이때 근거자료는 3D 설계데이터를 사용하여 작성한 CAD 도면과 설계도면을 겹쳐서 비교한 자료 등 이해하기 쉬운 자료로 제출하도록 한다.

(6) 레이저스캐너 정확도 시험 결과 보고서 확인

공사감독자는 실제 측량 전에 시공자가 제출한 레이저스캐너의 측정 정확도 자료를 바탕으로 기성관리에 필요한 측정 정확도를 만족하는지 여부를 확인한다.

(7) 기성관리 확인

공사감독자는 시공자가 실시한 기성관리 결과

(기성관리표 등)로 관리 상황을 확인한다.

3.3.2 검측 업무 검사 항목

기성관리 위치에서의 검측 업무의 검사 항목은 다음과 같다.

(1) 기성 측량과 관련된 서면검사

1) 공사 측량 계획의 기재 내용 확인

기성관리와 관련된 공사 측량 계획서상의 기성관리 방법 등에 대하여 확인한다.

2) 설계도면의 3D화 확인

설계도면의 3D화 작업 여부를 확인한다.

3) 공사 기준점(토털스테이션(TS)에 의한) 등의 측량 결과 확인

기성관리에 이용하는 공사 기준점 및 표정점 등에 대하여 시공자로부터 측량 결과가 제출되었는지 여부를 확인한다.

4) 3D 설계데이터 작업 확인

3D 설계데이터가 설계도면(공사 측량의 결과, 수정이 필요한 경우에는 수정 이후의 데이터)을 바탕으로 적절하게 작성되었는지 여부를 확인한다.

5) 정확도 확인 시험결과 보고서 확인

레이저스캐너를 이용한 기성 측량이 적정한 관측 정확도를 만족하고 있는지 여부를 확인한다.

6) 「기성관리 성과」 확인

기성관리 성과(도표 등)가 기성관리 기준에서 정한 측정 항목, 측정 빈도 및 규격 값을 충족하고 있는지 여부를 확인한다.

7) 품질관리 및 기성관리 사진 확인

측량 사진 기준에 근거하여 촬영되었는지 여부

를 확인한다.

8) 전자 납품 성과품 확인

전자 성과품	<ul style="list-style-type: none"> • 3D설계데이터 • 기성관리 자료 • LS에 의한 기성 평가용 데이터 • LS에 의한 기성 관측 데이터 • LS에 의한 관측 점군 데이터(CSV, LAS 등의 포인트 파일) • 공사 기준점 및 표정점 데이터
-----------	---

이 아니라, 대략적으로 동일 단면상의 값이나 표고를 관측하는 것을 상정한다. 기성관리 기준 및 규격 값에 제시된 기준을 적용할 수 없는 경우에는 다른 현행 기준 즉, 해당 공사의 「표준시방서」, 「전문시방서」 등에 제시되어 있는 기성관리 기준 및 규격 값을 적용한다.

3.3.3 관리기준 및 규격 값

(2) 기성 측량과 관련된 현장 검사

공사감독자는 시공관리 데이터가 탑재되어 있는 기성관리를 TS 등을 이용하여 현장에서 자신이 지정한 위치의 기성 측량을 실시하고 3D 설계데이터의 설계 면과 실측값의 표고차가 규격 값 내에 있는지 검사를 실시한다. 이때 검사 횟수는 현장 측량 여건을 고려하여 1공사(지정한 위치의 기성측량) 당 최소 1단면을 실시한다. 여기에서 말하는 단면이란 엄격하게 관리 단면을 나타내는 것

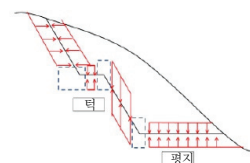
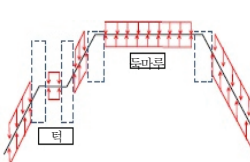
(1) 기성관리 기준 및 규격 값

본 연구에서는 공사 종류별로 기성관리 기준 및 규격 값이 다름을 감안하여 도로 공사의 토공사 기준 및 규격 값을 예시로 제시한다.

관리기준 및 규격 값 적용 시의 유의사항은 다음 Table 2, 3 과 같다.

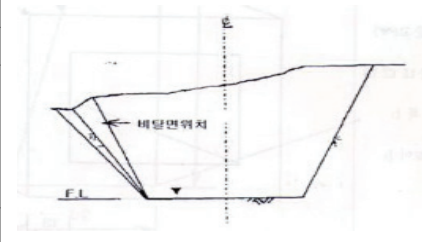
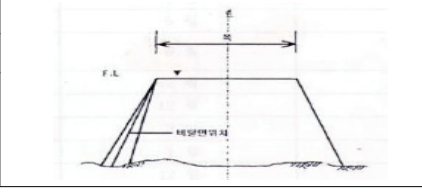
- 1) 본 가이드라인에 따른 시공 시, 비탈면의 턱 부분에 측구공사 등의 구조물이 설치되어 토

Table 2. Road construction earthwork standard value (example)

Work Type	Surveying location	Survey item	Standard value(mm)		Survey Standards	Survey Position
			Medium	개별관측값		
터파기 (Cut)	평지 (Flat land)	Elevation crossing	±30	±60	Ref.1, Ref.2, Ref.3, Ref.4	
	비탈면 (Slope face) (턱 포함)	Horizontal crossing	-0,+50	-0,+100		
		Elevation crossing	±30	±60		
흙쌓기 (Fill)	둑마루 (Dike floor)	Elevation crossing	±30	±60	Ref.1, Ref.2, Ref.3, Ref.4	
	비탈면 (턱 포함)	Horizontal crossing	-0,+50	-0,+100		
		Elevation crossing	±30	±60		

Ref.1. 비탈면 관리는 설계구배 이상으로 관리하여야 하므로, 수평, 표고를 다르게 표현
 ① 표고교차는 평지를 기준으로 하고, 수평교차는 '설계구배' 이상으로 관리
 ② 폭 개념으로 설계구배 이상으로 하려면 수평 값이 커야 하므로 "-0, +50"으로 표현
 Ref.2. 규격 값에서 평균값은 일반적 토공사 관리기준을 적용
 Ref.3. 개별 관측 값은 실제 현장에서의 장비(백호우 등) 등의 작업한계를 고려하여 평균값의 2배로 제한
 Ref.4. 비탈면은 "설계구배 이상"으로 할 것

Table 3. Road construction earthwork construction management standard (example)

토공 (Earthwork)	터파기 (Cut)	Cut base height(Rock)		±30
		Cut base height(Soil)		±50
		Slope position(Soil)		More than Design gradient
		Slope position (Weathering rock)		
		Slope position(Soft rock)		
		폭(Width)		-0,+50
	흙쌓기 (Fill)	기준고(Base height)		±30
		폭(Width)		-0,+50
		비탈면(Slope face)		More than Design gradient

공 면이 노출되지 않는 경우, 턱 부분의 기성관리는 턱 부분에 설치되는 공중의 기성관리 기준 및 규격 값에 따라 실시한다.

- 2) 기성관리 기준 및 규격 값에 제시되어 있는 「개별 관측 값」은 모든 측정값이 규격 값을 만족하여야 한다. 여기에서 모든 측정값이 규격 값을 만족한다는 것은 기성 평가용 데이터 중에서 99.7%가 「개별 관측 값」을 만족한다는 것을 의미한다.

(2) 기성관리 사진 기준

기성관리에서의 촬영 항목, 촬영 횟수 및 제출 횟수는 다음에서와 같이 공통부문과 토공사의 공정별로 설정한다.

1) 공통 사진 관리 항목

- ① 촬영 항목 : 도면과 현지 불일치 사진
- ② 촬영 횟수 : 관측별 1회[발생 시]
- ③ 제출 횟수 : 대표 위치 각 1장

2) 도로공사 토공사 사진 관리 항목

- ① (공중) 터파기
 - 촬영 항목 : 토질 등의 관별, 촬영 횟수(시기) :

지질이 변할 때마다 1회 [터파기 중], 제출 횟수 : 대표 위치 각 1장

- 촬영 항목 : 사면길이(비탈면), 촬영 횟수(시기) : 관측별로 1회[터파기 후], 제출 횟수 : 대표 위치 각 1장

② (공중) 흙쌓기

- 촬영 항목 : 고르기 두께, 촬영 횟수(시기) : 200m에 1회 [고르기 작업 시], 제출 횟수 : 대표 위치 각 1장
- 촬영 항목 : 다지기 상황, 촬영 횟수(시기) : 토양 갈다짐 기계 또는 지질이 변할 때마다 1회 [다지기 작업 시], 제출 횟수 : 대표 위치 각 1장
- 촬영 항목 : 사면길이(비탈면), 폭(독마루), 촬영 횟수(시기) : 관측별 1회[시공 후], 제출 횟수 : 대표 위치 각 1장

기성관리 사진 촬영 시의 유의 사항은 다음과 같다.

- 1) 기성관리 상황의 사진은 레이저스캐너의 설치 상황이 알 수 있도록 촬영한다.
- 2) 피사체로 넣어 함께 촬영하는 작은 칠판에는 공사명, 공종, 기성 관측점(측점, 위치)을 기

재하고 설계 치수, 실측 치수, 약도는 생략한다.

4. 결론

본 연구에서는 레이저스캐너를 이용한 토공 측량 및 수량 산출 기술이 건설현장에서 실제 적용·확산될 수 있도록 '레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리 시 공사감독자가 관리하여야 할 감독 및 검사 업무' 가이드라인(안)을 개발하고 제시하였다.

제시된 가이드라인(안)은 「공공측량 작업규정」 및 「일반측량 작업규정」상의 토공사 기성관리 관련 내용 분석과, 레이저스캐닝 기술의 특성 등을 반영하여 토공사 기성관리에 필요한 감독 및 검사 업무를 구성하였으며, 전문가 자문(측량전문가 2인, 건설관리전문가 3인) 의견을 반영하여 확정하였다.

향후 본 가이드라인(안)의 적용과 관련하여 현장의 추가적인 요구나 관련 기술 및 기능이 계속 발전될 것으로 생각되며, 이들 현장 요구나 관련 기술 및 기능의 발전에 맞추어 보완작업이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편, 본 가이드라인(안)의 개발을 통하여 현장에서 레이저스캐너를 이용한 토공사 기성관리가 활성화 될 것으로 판단된다. 시공자에게는 시공관리 데이터 취득에 의해 시공관리 이력 추적이 가능하게 되는 한편, 높은 정확도의 시공 및 데이터 관리의 간소화, 서류작성 부하의 경감 등의 효과가 기대되며, 공사감독자에게는 기존의 현장 확인이 시공관리 데이터의 수치적 체크 등으로 대체 가능하게 되어 작업 부하가 경감될 것으로 기대된다. 향후에는 본 연구에서 제시한 가이드라인(안)을 기반으로 업무 표준화 및 생산성 검증을 위한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

This work was supported by the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program(10067705) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

참고문헌

- [1] MOLIT, "Smart Construction Technology Roadmap for Innovation in Construction Productivity and Strengthening Safety", (2018).
- [2] J. K. Park, K. W. Lee, "Analysis of the Status of Mine and Methods of Mine Geospatial Information Construction Technology for Systematic Mine Management", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 9, pp. 355-361, (2018).
- [3] D. H. Lee, J. W. Park, "System Improvement for Application and Diffusion of Earthwork Surveying Automation Technology", Journal of the Korea Contents Association, Vol. 18 No. 6, pp. 303-313, (2018).
- [4] J. K. Park, K. Y. Jung, "Application of Laser Scanner for Mine Management and Mining Plan", Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol. 7, No. 6, pp. 693-700, (2017).
- [5] S. W. Kwon, "Object Recognition and Modeling Technology Using Laser Scanning and BIM for Construction Industry", Special Issue, Architectural Institute of Korea, (2009).
- [6] J. C. Du and H. C. Teng, "3D laser scanning and GPS technology for landslide earthwork volume estimation," Automation in Construction, Vol. 16, No. 5, pp. 657-663, (2007).
- [7] K. T. Slattery, D. K. Slattery, and J. Peterson "Road Construction Earthwork Volume Calculation Using Three-Dimensional Laser Scanning," Journal

- of Surveying Engineering, Vol.138, No.2, pp. 96-99, (2012).
- [8] Y. M. Hashash, J. N. Oliveira Filho, Y. Y. Su, and L. Y. Liu, "3D laser scanning for tracking supported excavation construction," *Geo-Frontiers* 2005, pp. 24-26, (2005).
- [9] Y. M. Hashash and R. J. Finno, "Development of new integrated tools for predicting, monitoring, and controlling ground movements due to excavations," *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, Vol. 13, No. 1, pp. 4-10, (2008).
- [10] A. Prokop and H. Panholzer, "Assessing the capability of terrestrial laser scanning for monitoring slow moving landslides," *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 9, No. 6, pp. 1921-1928, (2009).
- [11] M. Pejić, "Design and optimisation of laser scanning for tunnels geometry inspection," *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol.37, pp. 199-206, (2013).
- [12] J. J. Park, J. C. Shin, J. H. Hwang, K. H. Lee, H. J. Seo, I. M. Lee, "Assessment of over/under-break of tunnel utilizing BIM and 3D laser scanner", *J. of Korean Tunn Undergr Sp.Assoc.*, Vol. 14, No. 4, pp. 437-451, (2012).
- [13] T. Nuttens, A. Wulf, B. Wit, L. Carlier, M. Ryck, and H. Baker, "High resolution terrestrial laser scanning for tunnel deformation measurements," *FIG Congress*, (2010).
- [14] S. H. Kim, Y. H. Jo, K. J. We, I. T. Yang, "THE Study on Application of Reconnaissance Surveying by using Terrestrial LiDAR Survey", *Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, pp. 35-38, (2011).
- [15] S. Kim, J. W. Park, "Analysis of Accuracy and Productivity of Terrestrial Laser Scanner for Earthwork", *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 15 No. 10, pp. 587-596, (2015).
- [16] MOLIT, *Guidelines for Supervisor of Construction Projects*, (2014).
- [17] H. K. Lee, K. Y. Jung, "Applicability Evaluation of Earth Volume Calculation using Unmanned Aerial Images", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities and Sociology*, Vol. 5. No. 5, pp. 497-504, (2015).
- [18] J. W. Park, S. Kim, "MMS Accuracy Analysis for Earthwork Site Application", *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 22. No. 2, pp. 183-189, (2019).
- [19] J. W. Park, W. G. Yun, S. S. Kim, H. H. Song, "A Study on 3D Geospatial Information Model based Influence Factor Management Application in Earthwork Plan", *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 22. No. 2, pp. 125-135, (2019).
- [20] MOLIT NGII, *Regulations for Work in Public Survey*, (2019).
- [21] MOLIT NGII, *Regulations for Work in General Survey*, (2019).
- [22] Province of Gyeongsangbuk-do, *Road Construction Survey Standards*, (2018).
- [23] J. W. Park, S. Kim, "Case Study Research in Earthwork Site Digitization for Smart Construction", *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 22. No. 5, pp. 529-536, (2019).