

4차 산업혁명시대 지능형 토공사를 위한 스마트 토공플랫폼 개발



이재강

한국건설기술연구원
건설자동화연구센터
수석연구원/공학박사



최창호

한국건설기술연구원
건설자동화연구센터
센터장/연구위원/
공학박사



김주형

한국건설기술연구원
북한대응재난연구단
연구위원/공학박사



조진우

한국건설기술연구원
건설자동화연구센터
수석연구원/공학박사



김진영

한국건설기술연구원
건설자동화연구센터
수석연구원/공학박사



백성하

한국건설기술연구원
건설자동화연구센터
수석연구원/공학박사



박상혁

한국건설기술연구원
건설자동화연구센터
수석연구원/공학박사

1. 개요

건설업이 가지는 Low-tech & 3D 업종으로의 인식, 그리고 최근 대한민국 전 분야에 신규 생산인력에 가장 큰 영향을 미치는 저출산 문제로 인하여 다른 제조산업 또는 기술 중심의 신산업과 비교하여 유입인구가 크게 줄고 있는 상황이다. 통계청 자료에 따르면 2014년 기준 필요 건설기능 인력 대비 약 13% 이상이 부족한 상황이며, 현재 운용되고 있는 건설기능 인력의 대부분도 외국인 인력으로 대체되어 현장이 운영되는 경우가 다반사이다. 이러한 국내 건설기능 인력의 부족은 건설 생산성과 직접 연결되어 2015년 기준 영국, 네덜란드, 스페인 등의 건설 생산성과 비교하는 경우, 우리나라는 그 절반에도 미치지 못하는 시간당 13.6달러로 조사되었다[1].

이러한 낮은 생산성의 문제는 비단 우리나라의 문제가 아니라 대부분의 국가에서도 발생하는 글로벌 이슈임에

틀림없다. 실제로 낮은 건설생산성으로 인해 국내·외 전반적인 건설시장이 침체하고 있으며, 건설경기 둔화에 따른 고급 건설인력 양성과 취업이 정체되는 악순환으로 인해 전 세계적인 건설산업 경쟁력 약화가 꾸준히 발생할 것으로 예상되고 있다.

최근 이러한 문제점을 해결하고자 하는 연구·개발이 전 세계적으로 활발히 이뤄지고 있는데, 특히 4차 산업혁명시대에 이슈화되고 있는 다양한 스마트 기술(ICBM 기술: IoT, Cloud, Big data, Mobile)을 통하여 건설생산성을 향상 시키려는 노력이 다수 국가별로 시도되고 있다. 특히 영국의 "Construction 2025", 일본의 "I-Construction" 및 싱가포르의 "Construction Productivity Roadmap" 등이 국가적인 정책을 통해서 건설생산성을 향상하고자 하는 대표적인 사례라고 할 수 있다. 우리나라 정부는 제 6차 건설기술진흥기본계획을 통해 "Smart Construction 2025"을 설정하고, 지능형·스마트 건설자동화기술 도입을

위한 스마트 건설 전략로드맵을 수립하였다. 뿐만 아니라, 2018년 4월에 발표된 ‘국토교통과학기술 연구개발 종합계획’에서는 융합기술을 통한 건설지능화 실현을 위하여 건설 자동화 분야를 전략목표로 제시하고 있다[2].

본 기고에서는 지능형 때로는 스마트라고 형용되는 다양한 건설관련 자동화 기술 중 토공분야와 관련하여 한국 건설기술연구원 건설자동화연구센터에서 수행 중인 스마트 토공 플랫폼을 소개하고자 한다. 스마트 토공 플랫폼의 궁극적인 목표는 토공 공정 단계별 지능화 시스템 구축에 있으며, 이는 그림 1과 같이 크게 세 가지 세부 기술로 요약된다.

- ① BIM 기반의 스마트 토공 플랫폼
- ② 인공지능 기반 지반 속성정보 예측 정확도 향상 기술
- ③ 첨단센서를 활용한 지능형 성토-다짐 관리기술

본 기고문은 현재 수행 중인 스마트 토공 플랫폼 과제와 기존 연구와의 차별성을 중점으로 구성되었고, 특히

드론 분야와 지능형 다짐분석 시스템에 직접 활용되는 한국형 측위 보정기술에 대해서 논하고자 한다.

2. 건설드론 ROC와 건설 지형도 제작

대기업 건설회사를 중심으로 건설자동화 또는 토공사와 관련하여 각자의 플랫폼을 개발하여 현업에 사용하고 있다. 이들 플랫폼이 활용 될 경우 기존 토공업무와 비교하여 가장 큰 차이는 실시간성, 실감 콘텐츠 반영을 통한 현장관리에 있다. 현장에서 진행되는 공정(업무)의 흐름을 얼마나 빠르고 정확하게 반영하느냐가 각 플랫폼의 성과 및 활용성에 직접적으로 영향을 미치게 된다.

최근 4차 산업혁명시대가 도래함에 따라 드론의 수요가 사회 전 분야에 급증하였고 이는 건설 분야에서도 나타난다. 드론은 비접근지역의 정보 취득, 경제성, 편리성 등 기존 시스템과 비교할 수 없을 만큼 높은 생산성과 장점을 가지는 시스템이다. 그러나 건설현장에 사용되는 드론이 공정별 또는 활용 목적에 부합하는 드론을 사용하고



〈그림 1〉 스마트 토공 플랫폼 개요도

있는지의 여부는 또 다른 문제이다. 이를 달리 표현하면 건설드론에 대한 사용자 성능요구 분석이 제대로 수행되었는지 여부와 이를 통해 적정 건설정보가 드론을 통해서 제공되는지 확인해볼 필요가 있다.


이에 본격적인 드론활용에 앞서, 한국건설기술연구원 건설자동화연구센터에서는 토공사를 위한 건설드론 ROC(Requirement for Operation Capability)를 조사분석하였다. ROC 분석은 6km 연장 도로를 대상으로 실시하였으며 고정익과 회전익에 대해서 조사되었다. 그림 2에서는 건설드론 ROC 분석방법에 대해서 간략하게 소개하고 있다. ROC 분석은 해당공정별 적정기체의 선정과 임무장비 및 임무 비행의 설정과 관련된다.

ROC 분석을 통해 도로 토공사의 현장정보 취득을 위한 드론 기체의 선정과 적정 임무장비의 가이드라인을 제

시할 수 있었다. 이는 공정의 효율성(시간, 경제적 차원)과 직접적으로 관련될 뿐만 아니라 건설현장 정보 구축의 정확도와 신뢰도에도 영향을 미치게 된다. 필요 해상도와 위치정확도를 확보한 건설드론의 정보는 그림 3과 같이 현장 건설지형도 제작과 플랫폼의 기본맵으로도 충분히 활용이 가능하다.

3. 한국형 위치정보 보정신호를 기반한 토공 품질 관리 시스템(IC: Intelligent Compaction)

토공은 전체 건설 공정의 약 20% 이상 차지하는 가장 기본적이고 중요한 공정이다. 토공 공정 중에 노상과 노체의 품질을 확보하는 다짐공정은 향후 전체 도로의 품질과도 아주 밀접한 상관관계를 가지는 중요한 공정이다.



6km 기준도로 드론 촬영영상

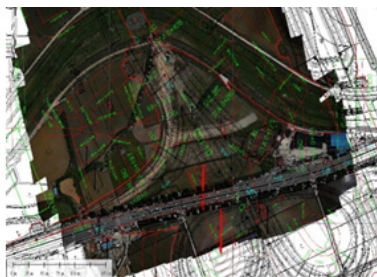
➤ 건설 드론 ROC 중간 성과

- 공통조건
 - 2주파 고정밀 GNSS 탑재
 - LTE 송수신모듈(비가시권 비행)
 - 임무장비 교체가능
- 고정익
 - 내풍성 : 10 M/S 이하
 - PAY LOAD : 2 KG 이하
 - Wing-span : 2.5M 이하
 - 임무시간 : 1 HOUR 이상
- 회전익
 - 내풍성 : 8M/S 이하
 - PAY LOAD : 2KG 이하
 - 축간거리 : 1M 이하
 - 임무시간 : 40분 이상


➤ 건설 드론 ROC 분석 Workflow

1. 도로시설물 변화 탐지를 위한 적정 해상도 산출
 - 기존 R&D 성과기준 GSD(해상도) 5cm
2. 목표 해상도 설정 이후 UAV 운영
 - 비행고도, 임무장비 설정 (카메라 Focal 렌즈, 셔터스피드, 트리거 등), 촬영장소 환경 고려
3. 해상도 및 위치정확도 검증 방안 마련
4. 공정별 UAV 운영 매뉴얼 작성

〈그림 2〉 건설 드론 ROC 분석



<UAV 정사영상 구축 및 도면 Merging>



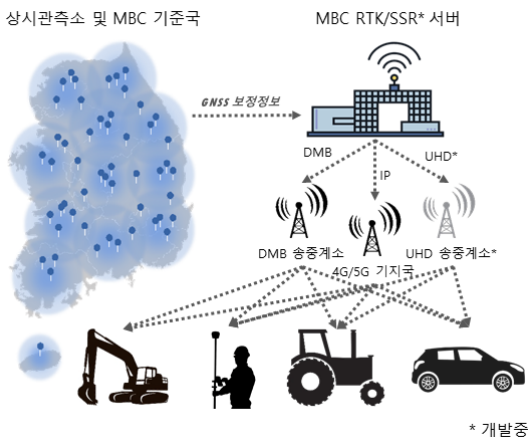
<토공현장 3차원 모델링>

〈그림 3〉 스마트 토공 플랫폼 활용 UAV 영상 및 중첩

일반적으로 장연장인 도로 토공사에서 다짐 공정의 현실적 관리는 많은 한계가 존재한다. 따라서 이들의 효율적 관리를 위해서 위성항법시스템 기반 지능형 다짐분석시스템을 활용한 다짐공정관리가 상당히 보편적으로 활용되고 있다. 특히, GPS(Global Positioning System) 생산업체 중심으로 이들 지능형 다짐분석 시스템 기술의 기술개발과 상용화가 빠르게 진행되고 있다. 국내에서도 다수의 기업과 연구원에서 관련된 다양한 시도가 진행 중에 있다.

본 연구 역시 다짐 패턴, 다짐도, 다짐횟수를 관리하는 지능형 다짐시스템을 구축하였으며 이들은 궁극적으로 도로 토공사의 측관리 데이터 베이스 구축에 활용될 것이다.

앞서 소제목에서 표현한바와 같이 지능형 다짐시스템의 가장 중요한 정보는 위성항법시스템으로 취득(Collected)되어 조정(Computed)되는 위치정보의 품질이다. 대한민국은 지리학적 위치(높은 위도)와 국토구성의 높은 산악 지형 비율 등으로 인하여 안정적이고 신뢰적인 위성항법 위치정보를 지속적으로 제공하는데 현실적 한계가 있다. 이를 위해서 본 기술에서는 MBC DMB 위치보정신호를 통하여 지능형 다짐시스템의 위치정보 품질을 안정화시키고자 하였다. 아래 그림 4는 전국단위의 MBC 기준국으로 송신되는 DMB 신호의 커버리지와 활용사례를 설명하



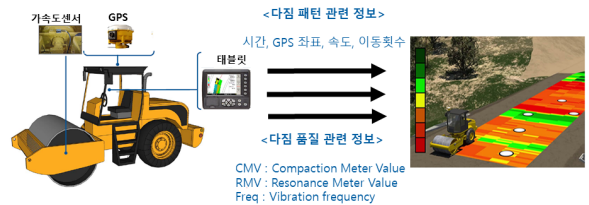
〈그림 4〉 MBC DMB 시스템

고 있다.

전국에 분포되어 있는 MBC 지역 방송국으로 송신되는 위치보정신호를 GPS 신호와 결합하여 위치정보의 정확도 향상을 추구할 수 있었을 뿐만 아니라 기존 위치보정 신호 시스템과 비교하여 간편한 절차를 통해서 시스템의 접근과 활용이 가능하여 향후 이들 수요가 크게 증가 할 것으로 예상된다. 스마트 토공 플랫폼에서도 이들 위성항법신호와 MBC DMB보정신호를 통해 지능형 다짐분석 시스템을 아래 그림 5와 같이 구성하였다. GPS의 위성신호를 기반으로 하여 토공현장의 다짐 횟수와 패턴을 색깔별로 구분하여 다짐기기의 작업자의 업무 효율과 안전성을 확보할 수 있다.

4. 맺음말

4차 산업혁명의 도래는 전 인류가 거스를 수 없는 시대적 흐름이다. 인간이 존재하는 모든 공간의 정보를 데이터화 하여 이를 공유하고 융복합으로서 보다 나은 삶의 질과 업무의 효율성을 극대화하고자 하는 것이 4차 산업혁명 기술의 활용목적이다. 대한민국에서 발생하는 건설 분야의 생산성 저하와 건설 분야의 저조한 ICT기술융합은 이들 시대적 흐름에 역행하는 것이 분명한 사실이다. 현재 대한민국 건설 분야의 산학연에서는 이를 타계하기 위한 많은 노력이 진행 중에 있다. 특히 건설장비, 자재, 인력관리를 포함하는 건설 자동화 연구 그리고 이들에 대한 Digitalization 구현을 위한 다양한 플랫폼이 소개되고 있다.



〈그림 5〉 KICT 지능형 다짐분석시스템

건설공사 전주기의 디지털화를 위하여 스마트 플랫폼 개발을 통해 주요 건설 공사에 대한 자동화 수준 향상시키고자 한다. 한국건설기술연구원 건설자동화연구센터에서 진행되는 스마트 토공 플랫폼도 이러한 노력의 일환이다. 본 연구를 통해서 그간 해외시장에 잠식되어왔던 측위기술과 위치보정신호에 대한 국산화 노력, 그리고 분명한 목적과 공정을 대상으로 하는 건설 드론 ROC는 그간 적용성 판단 수준의 연구를 넘어서는 대한민국 건설현장

에 현시대 가장 Cutting-edge technology를 적용하기 위한 노력임이 분명하다.

참고문헌

1. 스마트 토공시스템을 위한 요소기술 개발 방향에 관한 연구, 김성근, 대한토목학회, 2018, 38(6), pp. 967-977.
2. 스마트 토공 자동화를 통한 건설생산성 향상 핵심기술 기획연구, 2018, KICT2018-088.

[본 기사는 저자 개인의 의견이며 한국터널지하공간학회의 공식입장과는 무관합니다.]