

## 도로건설 현장에서의 드론 운용방안

### Drone Operation Plan at Road Construction Site

성상민<sup>1</sup>, 윤부열<sup>2\*</sup>, 송미화<sup>3</sup>, 조준상<sup>4</sup>

Sang-Min Sung<sup>1</sup>, Bu-Yeol Yun<sup>2\*</sup>, Mi-Hwa Song<sup>3</sup>, Jun-Sang Cho<sup>4</sup>

#### 〈Abstract〉

Recently, the drone's equipment development and software technology have dramatically improved. With such developments, the applicability is increasing in various fields that require rapid geospatial information, and in practice, regulations and systems have been established, and the fields in use are increasing. Also, in Korea, corporations and public institutions are actually using and researching drones in fields such as aircraft development, communication technology development, construction site use, and surveying. However, there are no fields where drones are actually used in road construction sites. Therefore, in this study, to utilize drones that have been actively used in the civil engineering and construction fields for road construction, we investigated the current status of the Korea Highway Corporation's field drone use research and classified the possibility of drone introduction by road construction. Finally, a method of using drones at road construction sites was proposed to prepare a method for using drones at road construction sites.

*Keywords : Road Construction, Drone, Construction Field, Standard Work type*

---

본 연구는 2019년 KECRI 연구용역사업으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

1 주저자. 동아대학교 토목공학과, 연구원,  
E-mail: cantona777@naver.com

2\* 정회원, 교신저자, 창신대학교 토목공학과, 교수  
E-mail: yby915@cs.ac.kr

3 도로교통연구원 ICT융합연구실, 책임연구원  
E-mail: mihwa@ex.co.kr

4 도로교통연구원 구조물연구실, 수석연구원  
E-mail: junsangcho@ex.co.kr

1 Dept. of Civil Engineering, Dong-A University, Researcher

2\* Dept. of Civil Engineering, Changshin University, Professor

3 Korea Expressway Corporation Research Institute(KECRI)  
ICT Convergence Research Division, Deputy Principal Researcher

4 Korea Expressway Corporation Research Institute(KECRI)  
Structure Research Division, senior researcher

### 1. 서론

최근 드론의 항법 및 통신 기술, 탑재된 센서의 다양화와 영상의 품질 상승의 장비 발전과 취득한 데이터를 이용하여 최종적으로 정사영상, DEM, DSM, 3d model, point cloud data 등을 제작하는 소프트웨어의 기술이 비약적으로 발전하였다. 이와 같은 발전으로 드론을 활용한 토목 및 건축 현장의 시공 및 관리, 재난 안전, 군사 목적, 해양, 환경, 산림 등 신속한 지형공간정보를 필요로 하는 다양한 분야에서 활용성이 매우 커지고 있으며, 규정과 제도가 확립되어 실제 사용되고 있는 분야도 늘어나고 있는 추세이다. 특히 국토교통부, 한국국토정보공사, 한국토지주택공사 등에서 드론을 활용하여 업무에 적용하기 위한 연구들이 다양한 각도로 진행되고 있는 현실이다[1]. 또한, 최근 대기업을 중심으로 드론 분야에 본격적으로 대규모 투자를 시작하였다. 두산모빌리티이노베이션은 2시간 이상의 비행을 가능케 하는 드론용 수소연료전지팩을 탑재한 드론을 개발하였다. 한화 시스템은 다수의 드론을 통제하는 지휘통제시스템을 개발하였고, 드론 무선 충전 시스템도 개발중이다. 토목 및 건설현장 분야에서 대우건설은 국내 최초로 건설 산업용 원격 드론 관제시스템을 구축하여 실제 건설현장의 공사 진행 현황과 안전 관리 및 시설물 모니터링을 실시간으로 가능하게

하였다. 한화건설은 대구외곽순환고속도로 제 1공구 건설현장으로 금호대교를 포함하는 총 5.11km의 고속도로 현장의 효율적인 안전관리를 위하여 드론을 사용하여 수행하였다. 현대건설은 SK 텔레콤의 실시간 영상관제 솔루션 “T 라이브 캐스터”를 적용하여 “드론 자동제어기술 개발 및 건설현장 실증”을 실시하였다. 이 기술은 건설현장을 촬영한 드론 고화질 영상을 5G 및 LTE 망을 통해 관제센터로 실시간으로 전송하여 관리자의 의사결정을 도울 수 있는 기술이다. 포스코 건설은 건설 현장에서 드론과 3D 스캐너로 촬영한 3D 성과물을 클라우드 기반의 전용 어플리케이션으로 언제 어디서나 사용할 수 있는 3D 디지털 지도를 개발하였다. 이 같은 고정밀 데이터를 현장 설계, 시공, 유지보수 등 현장 전반에 걸쳐 사용할 전망이다.

대기업 및 공공기관에서는 위의 표 1과 같이 드론이 이미 활발하게 활용되고 있다[2]. 하지만 도로 건설현장에서는 아직까지 실제로 드론이 활용 되는 분야가 없다. 이에 본 연구에서는 토목 및 건설분야에 활발하게 이용되기 시작한 드론을 도로 건설 공중에 활용하기 위해 한국도로공사의 도로공사 현장 드론 활용 연구 현황을 조사하고 도로 건설 공종별로 드론 도입 가능성을 분류하였다. 최종적으로 도로 공사 현장에서의 드론 운용 방안을 제안하여 도로 건설현장에서의 드론의 활용방안을 마련하고자 하였다.

Table 1. Drone use status of public institutions

기관명	활용분야	세부내용
한국토지주택공사	국토조사, 순찰	사업진행지구 현장(공정, 안전 등) 관
한국국토정보공사	국토조사, 순찰	정사영상 구축, 국토정보 모니터링 플랫폼 구축
한국공항공사	시설물 안전진단	항행안전시설 성능측정, 공항주변 전파혼신발생원인 정밀 추적
한국시설안전공단	시설물 안전진단	터널, 교량, 댐, 항만, 비탈사면, 옹벽 등 시설물 상세 외관조사
한국수자원공사	해안, 접경지역 관리	녹조발생 감시, 주요 행사 및 보도관련 항공영상 촬영
한국철도공사	시설물 안전진단	철도시설물 점검 및 시설물(낙석, 교량, 방음벽, 옹벽), 전기(송전선로, 철탑) 안전 점검
한국농어촌공사	국토조사 및 순찰	영농현황 조사, 농업생산기반시설 관리(사용허가, 수질관리 등)

## 2. 드론 이론 및 활용 현황

드론이란 일반적으로 조종사가 비행체에 탑승하지 않고 지상에서 원격 조종하거나 입력한 경로에 따라 자동 또는 반자동 형식으로 자율 비행하거나 인공지능을 탑재하여 자체 환경판단에 따라 임무를 수행하는 비행체와 지상통제장비, 통신장비 및 지원 장비 등의 전체 시스템을 통칭하는 것이다 [3]. 즉, 아래의 그림 1과 같이 기체, 카메라, 항법장치, 기체 조종장치 등의 H/W 부분과 촬영고도, 비행경로, 중복도 등의 비행계획을 수립하고 촬영된 무인항공사진을 처리하여 정사영상, DSM, 3D model 등의 성과물을 제작하는 S/W 부분으로 이루어진다[4].

드론의 활용 분야를 공간정보(Geomatics)로 국한하면 위의 표 2와 같이 농업, 산림, 고고학 및 건축, 환경, 재난관리 및 교통감시 등으로 구분할 수 있다[5]. 공공기관에서 드론 활용 및 정책 사례는 다음과 같다.

2019년 국토지리정보원에서는 “무인비행장치 공간정보 구축 기술개발 및 품셈연구”를 실시하였다. 무인비행장치의 활용분야가 확대됨에 따라 2018년 「무인비행장치 이용 공공측량 작업지침」을 고시하여 무인비행장치를 활용할 수 있는 제도

적 기반을 마련하였으나, 관련 기술 및 품셈의 부재로 인한 성과물의 품질저하, 공간정보시장의 위축이 우려되어 무인비행장치 측량과 관련된 기술 개발 및 합리적 품셈을 개발하여 무인비행장치 측량의 활용성을 확장하고자 수행한 연구이다. 세부 연구 내용은 공간정보 구축을 위한 센서의 검정 기술과 품질 검수 기술을 개발하고, 기본측량 수행을 위한 표정기술과 입체도화 기술을 개발하였으며 무인비행장치 이용 기본측량 적용 및 기술개



Fig. 1 Configuration of UAV-Photogrammetry system

Table 2. Using drones in the field of spatial information

Applications in Geomatics	Detail description
농업 (Agriculture)	손상(피해)의 신속 정확한 기록, 경작지의 잠재적 문제점 식별
산림 (Forestry)	조립지 평가, 산불감시, 식생모니터링, 수종구분, 체적계산, 임학
고고학 및 건축 (Archeology & architecture)	현장과 인공구조물의 3차원 측량 및 지도제작
환경 (Environment)	토지 및 수자원 monitoring, 도로도 제작, 지적측량, 열분석, 굴착량 계산, 화산 감시, 해안선 감시
재난관리 (Emergency management)	피해 측정 및 복구계획, 오염지역 측량
교통감시 (Traffic monitoring)	감시, 소요시간 측정, 궤적, 차선점유, 사고대응

발 로드맵을 작성하였다[6].

2017년 한국토지주택공사에서는 “무인비행장치(드론) 활용계획 수립 연구”를 실시하였다. 한국토지주택공사의 관련 업무에 드론 및 3D 영상처리 기술 등을 적용할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 이에 따라, 드론의 본격 도입에 앞서 활용 분야를 정립하고 수요, 요구 성능 및 기종, 도입 규모, 운용 조직, 중장기 로드맵 등과 같은 체계적인 활용계획을 수립 하고자 수행된 연구이다[7].

### 3. 도로 건설현장에서의 드론 연구 현황

도로 건설현장에서의 드론 활용 연구 현황을 조사하기 위해 한국도로공사의 드론 활용 연구 사례를 아래의 표 3과 같이 조사하였다.

Table 3. Korea Highway Corporation's Drone use case study

연도	사업명
2016	드론을 활용한 도로 정책 개발 연구
2017	고속도로 드론 운용 및 통신환경 구축 기술 연구
2017	드론을 이용한 쏘크리트 배면 조사 연구
2018	드론을 활용한 스마트 비탈면 점검 시행결과 분석
2018	드론을 활용한 시공관리 시범적용 시행
2019	유지관리 드론 활성화 방안
2019	드론측량 설계 적용방안 검토

2016년에는 효율적인 도로 사업 추진을 위하여 “드론을 활용한 도로 정책 개발 연구”를 실시하였다. 연구 내용은 도로 사업을 건설분야, 유지관리 분야, 재난관리 분야로 나누어 드론 활용 방안을 수립하였다. 드론을 활용한 도로 관리(비탈면 조사, 교량 안전점검, 포장 균열 탐지 등)의 경제성 분석을 실시하였으며, 도로 사업 드론 활용 매뉴얼을 교량조사와 사면조사 분야로 나누어 제작하였다[8].

2017년에는 “고속도로 드론 운용 및 통신환경 구축 기술 연구”를 실시하였다. 열화상 센서를 탑재한 드론을 제작하고 드론과 지상통제장비(GCS), 서버 통신환경을 LTE 통신망을 이용하여 실시간 통신환경을 구축하여 실시간 고속도로 교통분석, 비탈면 안전점검, 교량 점검, 토석류 및 산사태 모니터링에 활용하고자 하였다[9].

2017년의 “드론을 이용한 쏘크리트 배면 조사 연구”에서는 드론을 개조하여 일반 사진 및 영상, 열화상 사진 및 영상을 동시에 촬영 가능한 드론을 개발하였다. 개발한 드론을 이용하여 GPR 테스트 베드 교면 포장 열화상 자료 분석, 시공 중 노선 쏘크리트 비탈면 열화상 자료 분석, 칠곡 물류 IC 쏘크리트 비탈면 열화상 자료를 분석하였다[10].

2018년에는 비탈면 구간에 드론을 활용한 결과를 분석하였다. 분석 결과, 드론 활용으로 인해 점검시간이 1~2시간 단축하였으며, 촬영시 낙하 사고의 위험이 있으며 2천만 화소 이상의 전경사진의 제출이 필요하다 판단하였다. 또한, 드론을 시공관리에 활용하여 공사 초기에는 설계측량 지형과 실제지형 비교를 통하여 지형과 도면의 불일치 구간을 사전에 조치하였고, 공사 중간에는 현장 전체의 영상을 눈으로 보고 의사결정이 가능하고 도면대로 시공되고 있는지, 기성 물량 및 비탈면, 구조물 관리가 계획대로 이루어지고 있는지 확인하였다. 공사 완료 시에는 주기적인 영상 취득으로 이후 민원 발생 시 분쟁 해소의 근거자료로 활용이 가능함을 확인하였다.

2019년에는 드론 기술개발, 인프라 구축, 전문 인력을 양성하여 드론을 활용한 고속도로 유지관리 고도화를 목표로하였고, 드론 측량 작업 절차와 탑재 센서의 구체적인 제원 기준을 GSD 5cm 이내, 2000만 화소 이상 카메라 탑재와 같이 수립하였다. 또한 적정대가 지급을 위한 품셈을 보완하였다.

이와 같이 한국도로공사에서는 도로 건설현장에 드론 활용을 크게 설계, 시공, 유지관리와 같은 부분으로 나누어 활용하고자 하였으며 드론 기체 개발 및 통신 기술을 연구하였다.

#### 4. 도로 건설현장 드론 활용 가능 분야

도로 건설 현장에서의 드론 활용 현황에 근거하여 드론 운용 방안을 제안하면 다음과 같다. 우선 아래의 표 4와 같이 드론 기술이 활용 가능한 분야를 제시하였다. 드론은 시공, 유지 관리, 재난

관리 단계까지 다양한 형태로 활용될 수 있다. 건설 단계에서는 드론을 활용하여 신속, 정확, 경제적으로 선형(노선)결정을 할 수 있다. 또한, 정상 영상을 벡터라이징하여 도면으로 수치화하여 보상 투기 방지 목적으로 지장물 조사를 실시할 수 있다. TIN, DEM을 이용하여 신속한 물량 산출로 토공량 산출이 가능하다. 작업자가 직접 측량하기 위험한 비탈면 지역을 드론으로 촬영하여 실시간으로 모니터링을 실시할 수 있으며, 비탈면 분석도 가능하다. 유지 관리 단계에서는 자동 영상처리 기법을 이용하여 신속하게 교량과 비탈면의 시설물 점검이 가능하며 교량, 터널, 도로 포장 상태의 크랙 탐지가 가능하다. 재난 관리 단계에서는 도로와 비탈면 유실 지역에서 기존에는 인력이 지상으로 측량하여 조사를 실시하였으나, 드론을 이용하여 신속하고 안전하며 실시간으로 조사가 가능한 장점이 있다.

앞에서 설명한 드론 활용 가능 분야를 토대로 도로 건설현장에서 드론 운용 방안을 제안해보면 다음의 그림 2와 같다. 단기는 1년을 기준으로 현재의 기술로 한국도로공사 기본업무에 즉시 적용이 가능한 단계로 계획하였으며, 중기는 2~3년을 기준으로 실현 가능성 계획으로 설정하여 각각의

Table 4. Drone application area by work type

분야	세부분야
건설	선형(노선)결정
	지장물 조사
	토공량 산출
	비탈면 시공관리
	시공측량
유지관리	시설물 점검 (교량, 비탈면)
	크랙 탐지 (교량, 터널, 도로포장)
	도로, 비탈면 유실
재난관리	도로, 비탈면 유실

세부전략	단기	중기	장기
다양한 센서를 이용한 측량 정밀도 향상	RGB 센서 탑재	LiDAR 센서 탑재 열화상 센서 탑재	
3D BIM 드론 연계	3D BIM 구축 AI BIM 시스템 구축		
IoT 기반 현장 안전관리	IoT 기반 현장 안전관리		
비탈면 분석	비탈면 조사 및 분석		
토공량 산출	3D 성과물을 이용한 토공량 산출		
배터리 자동 충전 시스템	배터리 자동 충전 시스템		
5G 통신 관제 시스템	5G 통신 관제 시스템		
AI 기반 객체 탐지 시스템	객체 탐지, 크랙 탐지 도로 포장 상태 분석		

Fig. 2 Drone operation plan at road construction site

부서(부처, 사업처, 건설처 등)에서 취득한 자료를 구성원들 모두가 업무에 적용 및 활용할 수 있는 활용확산 단계로 설정하였다. 마지막으로 장기는 4~5년을 목표로 설정하여 통합된 드론 자료를 통합하여 공사업무 및 정책 및 의사결정에 활용할 수 있는 극대화 단계로 설정하였다.

단기적으로는 3D BIM 연계, 비탈면 변위 측정, 토공량 산출이다. 3D BIM 연계는 기존의 2D 도면을 3D 도면으로 제작하는 기술로 스마트건설의 핵심 기술이다. 공사 계획과 설계, 시공 전 단계에 드론을 투입하여 BIM 데이터를 구축하고자 하였다. 기존의 비탈면 변위 측정은 점검 차량 및 인력을 활용하여 직접 조사하는 방식으로 안전하지 않다. 하지만 드론 영상을 이용한 AI 기반 비탈면 경사도 측정 및 관리는 수작업이 줄어들어 신속한 점검이 가능하면서도 자동화할 수 있다. 드론을 활용한 토공량 산출은 상용 영상처리 소프트웨어를 이용하여 3D 데이터를 제작하고 이를 이용하여 토공량을 산출할 수 있다.

중기 단계에서는 LiDAR 센서 탑재, 열화상 센서 탑재, IoT 기반 현장 안전관리, 5G 드론 관제를 제안하였다. LiDAR 센서를 탑재하여 드론 영상을 촬영하면 수목이 우거진 지역에서도 땅의 높이, 토공량, 비탈 경사도 계산이 가능하다. 또한, 고정밀 DEM 제작(평면 및 수준 위치 정확도 2~3cm 내)으로 초기 설계 단계에서 활용 가능하다. 열화상 센서를 탑재하면 터널 및 배수구 등과 같은 외부와 차단된 장소에 드론을 투입하여 실시간 열화상 영상으로 크랙을 진단할 수 있다. IoT 기반 현장 안전관리는 접근이 어려운 교량 상부, 터널의 입·출구부의 사면, 옹벽 등 육안 점검이 힘든 지역에 수시 점검이 가능해져 안전사고를 사전에 예방할 수 있는 확률이 높아진다. 5G 드론 관제시스템은 LTE 5G 통신으로 원격 관제센터에서 드론 비행을 관리(드론의 상태, 비행계획, 비행경

로, 촬영)하여 드론 측량 자료를 구축, 관리 및 공유할 수 있는 클라우드 서버 기반의 드론 영상 통합 플랫폼을 구축할 수 있다.

장기 단계에서는 자동 충전 배터리 스테이션, AI 기반 객체 탐지, AI 기반 크랙 탐지, AI 기반 도로포장 상태 분석을 제안하였다. 자동 충전 배터리 스테이션은 자동 이착륙이 가능하고 착륙 시 무선 충전 기능을 이용하여 충전이 가능하다. 또한, 일정 범위 내 있으면 무한히 비행이 가능한 기술이다. AI 기반 객체 탐지는 컴퓨터가 스스로 객체를 인식하고, 신호를 인식하는 기술로 대표적인 기술로 자율주행에 사용된다. 이러한 객체 탐지는 AI가 개발되면서 딥러닝 및 머신러닝을 통하여 자동 탐지가 가능하다. AI 기반 크랙 탐지는 먼저 학습데이터를 이용하여 객체를 탐지하고자 하는 부분을 학습시킨다. 이후 실험데이터를 이용하여 객체를 탐지해 크랙 탐지에 사용된다. AI 기반 도로포장 상태 분석은 노후화, 균열상태 등 도로포장상태를 수치적으로 분석·평가하는 시스템이다.

## 5. 결론

본 연구는 토목 및 건설분야에 활발하게 이용되기 시작한 드론을 도로 건설 공종에 활용하기 위해 한국도로공사의 도로공사 현장 드론 활용 연구 현황을 조사하고 도로 건설 공종별로 분류하여 드론 도입 가능성을 제시하였다. 최종적으로 도로 건설현장에서의 드론의 활용방안을 마련하고자 단기, 중기, 장기로 분류하여 제안한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 한국도로공사의 도로공사 현장 드론 활용 연구 현황을 조사한 결과 건설, 유지 관리, 재난 관리와 같은 부분으로 나누어 활용하고자 하였으

며 드론 데이터를 활용한 BIM 구축, 효율적인 드론 운용을 위한 통신환경 구축 기술 연구, 드론을 활용한 비탈면 및 도로포장 점검 방안, 시설물 유지 및 관리용 드론 기체 개발 등의 기술을 연구하여 설계, 시공, 유지 관리의 도로 건설 공종의 전체에 드론을 도입 및 활용하고자 하였으며 통신 기술 및 드론 기체 개발과 같은 원천 기술 연구도 수행하였다.

둘째, 도로 건설 공종별로 드론 도입 분야를 분류하였다. 우선 도로 건설의 세 단계를 건설, 유지 관리, 재난 관리로 나누어 드론을 활용하고자 하였다. 건설 단계에서는 지형현황측량, BIM 설계, 유지 관리에서는 비탈면 측정 및 관리, 토공량 산정, 주기적인 공정관리 데이터 파악 및 구축, 마지막 재난 관리에서는 비탈면 및 시설물의 안전 점검 및 관리로 드론 활용 분야를 설정하였다.

셋째, 도로 건설 공종별 드론 도입 분야를 토대로 도로 건설현장에서 드론 운용 방안을 제안하였다. 단기는 1년을 기준으로 현재의 기술로 한국도로공사 기본업무에 즉시 적용이 가능한 단계로 3D BIM 연계, 비탈면 변위 측정, 토공량 산출을 제안하였고, 중기는 2~3년을 기준으로 실현 가능성 계획으로 설정하여 각각의 부서(부처, 사업처, 건설처 등)에서 취득한 자료를 구성원들 모두가 업무에 적용 및 활용할 수 있는 활용확산 단계로 LiDAR 센서 탑재, 열화상 센서 탑재, IoT 기반 현장 안전관리, 5G 드론 관제를 제안하였다. 마지막으로 장기는 4~5년을 목표로 설정하여 통합된 드론 자료를 통합하여 공사업무 및 정책 및 의사결정에 활용할 수 있는 극대화 단계로 자동 충전 배터리 스테이션, AI 기반 객체 탐지, AI 기반 크랙 탐지, AI 기반 도로포장 상태 분석을 제안하였다.

이와 같이 현장에서의 드론 활용이 가능한 분야를 계속적으로 개발하고 이를 추진해나간다면 다음과 같은 기대효과를 가져올 것이다. 우선, 현

재 도로건설 현장의 건설 노동 인구 부족에 대비할 수 있을 것이다. 반대로 드론 운용 및 시스템 관리와 같은 고급 인력의 새로운 일자리를 창출할 수 있다. 두 번째로는 도로 건설현장의 시공 정밀도 향상 및 예산 절감이 가능해지고, IoT 기반 현장 안전 관리 시스템으로 건설 현장의 산업 재해 수치를 낮출 수 있다. 마지막으로 4차 산업혁명에 발 맞추어 정보화 시공 및 스마트 건설의 토대를 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] Bu-yeol, Yun, Won-sub, Yoon, A Study on the Improvement of Orthophoto Accuracy According to the Flight Photographing Technique and GCP Location Distance in Orthophoto Generation Using UAV, Journal of the Korean Society of Industry Convergence v.21 no.6, pp.345-354, (2018).
- [2] KIAST(Korea Institute of Aviation Safety Technology), “[https://www.kiast.or.kr/kr/sub06\\_04\\_03\\_02.do](https://www.kiast.or.kr/kr/sub06_04_03_02.do)”, (2020).
- [3] Na-rae Lee, Target Level of Safety for UAV Integrated Operation in the National Airspace, Master’s thesis, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, Korea, pp. 3-21, (2014).
- [4] Sang-min, Sung, A Study on Spatial Resolution Analysis Methods of UAV Images, Ph.D.dissertation, Dong-A University, Busan, Korea, 8p, (2018).
- [5] Sang-min, Sung, Quality Verification and Utilization of UltraLight UAV Imagery in Parcel Boundary Delineation, Master’s thesis, Dong-A University, Busan, Korea, 11p, (2015).
- [6] NGII(National Geographic Information Institute). Development of the technologies on spatial information building and study on work labor estimate using UAV, Research Report, Research report, NGII, Republic of Korea, pp.3, (2019)
- [7] KLHC(Korea Land and Housing Corporation),

- Establishment of plan to utilize LH unmanned aerial vehicles, Research report, LH, Republic of Korea, pp.3-249, (2017).
- [8] KECRI(Korea Expressway Corporation Research Institute), A Feasibility Study on the UAV(Drone)'s Application for the Road Engineering, Research report, KECRI, Republic of Korea, pp.1-4, (2016)
- [9] KECRI(Korea Expressway Corporation Research Institute), Research on the Drones operation & Communication technology in expressway, Research report, KECRI, Republic of Korea, pp.1-2, (2017).
- [10] KECRI(Korea Expressway Corporation Research Institute), A Study on the Investigation of Slope Shotcrete using Drone and Thermal Camera, Research report, KECRI, Republic of Korea, pp.1, (2017).
- 
- (접수: 2020.07.02. 수정: 2020.09.14. 게재확정: 2020.09.16.)