

# 구조물 안전 진단과 드론의 활용

## Structure Safety Inspection Using Drones



박 호 영\*  
Park, Ho-Young



이 경 민\*\*  
Lee, Gyeong-Min



한 명 환\*\*\*  
Han, Myoung-Hwan



김 시 준\*\*\*\*  
Kim, Sijun

### 1. 개요

#### 1.1 드론의 정의

일반적으로 드론(Drone)은 고정익 또는 회전익 항공기와 유사한 형태로 제작된 무인 비행체를 의미한다. ICAO(International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구)에서는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle), FAA(Federal Aviation Administration, 미국 연방항공청)에서는 UA(Unmanned Aircraft)로 불리며, 국내에서는 항공안전법 규정에 따라 초경량 비행 장치 중 무인멀티콥터라는 명칭이 사용되고 있다.

4차 산업혁명 시대의 주요 기술 중 하나로 각광 받고 있는 드론은 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 건설 분야에서도 시설물의 조사 및 유지 관리 등에 점차 확대 적용되고 있는 추세이다<sup>1)</sup>.

드론은 건설 현장에서 비교적 공간의 제약을 받지 않고 빠른 시간 내 광범위한 이미지 데이터를 수집할 수 있어 시공 중 공정 및 안전 관리에 활용되고 있으며, 사용 범위를 확대하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 또한 드론 탑재 센서의 발전에 따라 구조물의 상세한 외관 검사가 가능해지면서 구조물의 안전 진단에도 적용 범위를 넓혀가고 있다<sup>2-4)</sup>.

본고에서는 구조물의 안전 진단과 관련하여 드론 산업의 동향과 함께 드론 기술의 활용 사례 및 앞으로의 전망을 간략하게 소개하고자 한다.

#### 1.2 드론 산업 전망과 정부 정책

국방위산업 전문 컨설팅 업체인 Teal Group에 따르면 <Fig. 1>과 같이 세계 무인항공기 규모 및 전망과 관련하여 드론 시장은 2014년 기준 시장 평가액 53억 달러에서 2023년 125억 달러로 연평균

\* (주)알씨디에이치 기업부설연구소 소장, 공학박사  
Company R&D Center, RCDH Incorporated  
\*\* (주)알씨디에이치 기업부설연구소 수석연구원, 공학석사  
Company R&D Center, RCDH Incorporated  
\*\*\* (주)선진엔지니어링 종합건축사사무소 건축CM본부  
부사장, 공학박사  
Architectural CM Division, SUNJIN Engineering & Architecture Co.,Ltd.  
\*\*\*\* 경기대학교 창의공과대학 건축공학과 조교수, 공학박사  
Department of Architectural Engineering, Kyonggi University

10%의 성장이 예상되고 있다. 용도별로는 민수 분야의 연평균 성장률이 군수 분야의 9%보다 높은 35%로 예상되고 있어 민수 분야에서 드론의 활용이 급증할 것으로 기대된다.

이와 같은 상황에서 우리 정부는 드론 산업 규모를 5년 내 20배 육성하기 위한 종합 계획을 2017년 12월에 발표하였다. <Table 1>과 같이 분야별 공공 수요에 부응하기 위한 초기 드론 수요 발굴로 여러 산업군에 드론을 적용하기 위한 다양한 방안을 마련하고, 정부 주도하에 지속적인 투자를 하고 있다.

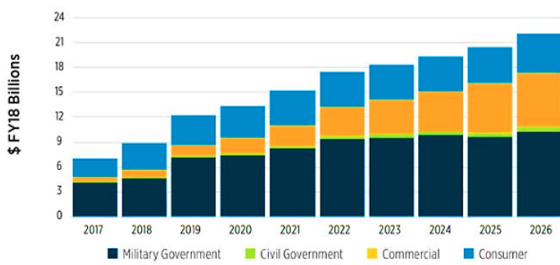
또한 2018년 10월 국토교통부에서 발표한 “스마트 건설기술 로드맵”에 따르면 세계 건설 시장에서 경쟁력을 확보하고 변화하는 국내 시장에 대응하기

위해서는 스마트 건설 기술의 육성과 이를 활용한 기반 구축이 필요함을 강조하고 있다. 특히 <Fig. 2>와 같이 설계, 시공 및 유지 관리 분야에 드론을 활용한 스마트 건설 기술을 도입하기 위해 기술 개발 사업을 진행하고 있다.

<Table 1> Public demand utilizing model and expected effect of drone

Field	Application model	Expectation effect
Public construction	Land compensation	Cost reduction (50%) Higher resolution (10 times)
River management	River surveying	Cost reduction (70%) Reduced work time (90%)
Forest protection	Tree damage investigation	90% time reduction (vs. Manpower)
Search and reconnaissance	Using drone with infrared camera	Efficient search and detection
Energy	Safety check of steel tower	90% time reduction (per day)
National statistics	Statistical survey	Efficient search

World UAS Annual Production Value Forecast



<Fig. 1> Market trend of drone

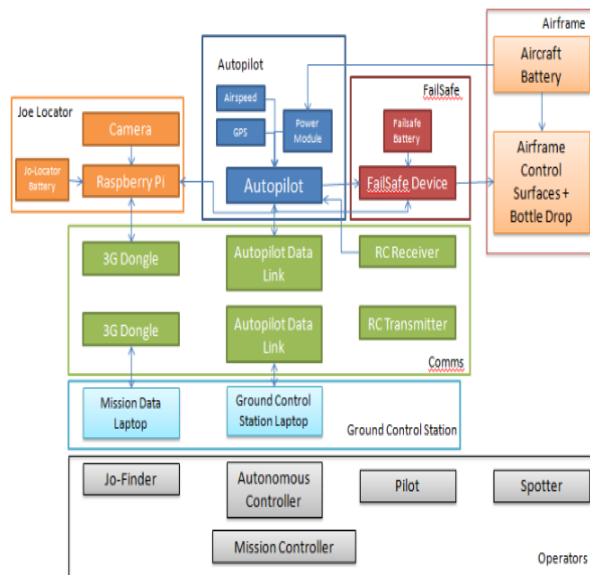


<Fig. 2> Smart construction technology using drone

## 2. 드론 관련 기술

### 2.1 드론 시스템 관련 핵심 기술<sup>5),6)</sup>

드론 시스템 관련 핵심 기술로는 <Fig. 3>과 같이 항공 무인이동시스템 통신·항법·교통 관리 기술, 제어 및 탐지·회피 기술, 시스템 센서 기술, 시스템 S/W 및 응용 기술, 플랫폼 기술, 동력원 기술 등이 있다. 이와 같은 기술은 드론의 자율 비행을 가능하게 하고 안전한 비행 여건을 제공하여 사용자가 쉽게 드론을 운용하고 다양한 환경 및 상황에서 활용할 수 있도록 도움을 준다.



<Fig. 3> Critical technology of drone system

### 2.2 드론 탑재 센서의 종류

드론은 다양한 센서를 용도에 맞게 탑재할 수 있다는 장점이 있다. 현재 드론에 탑재 가능한 센서는 라이다, 영상, 적외선, 레이더, 초분광, 열화상 센서 등이 있다. 특히 구조물 진단을 위해서는 촬영을 위한 센서가 가장 중요한 요소이며 대표적으로 <Fig. 4>와 같이 RGB 센서, 멀티 스펙트럴 센서, 열적외선 센서가 있다.



<Fig. 4> Camera and thermal image sensor

## 3. 구조물 안전 진단과 드론의 활용 사례

### 3.1 구조물 안전 진단과 드론 활용 범위

구조물의 안전 진단과 관련하여 드론을 활용할 수 있는 범위는 <Table 2>와 같이 육안 검사 항목이다. 드론 시스템의 발전과 더불어 운용이 용이한 상황에서 다양한 촬영 센서를 활용하여 육안 검사의 효율성을 높이고, 단시간에 효율적으로 촬영된 데이터를 축적하여 건물의 유지 관리 및 생애 주기 비용(Life Cycle Cost, 이하 LCC) 관리에 활용한다면 구조물의 안전성과 경제성을 동시에 확보할 수 있다. 또한 드론으로 촬영한 구조물의 다양한 데이터는 향후 건설 계획 및 운용에도 활용할 수 있다.

### 3.2 건설 산업에서의 드론 활용 사례

#### 3.2.1 도로 건설 현장 안전 관리

원주지방국토관리청 도로시설국은 강원 지역 건설 현장의 사고 없는 자율 안전 관리 정착을 위해 드론을 활용한 도로 건설 현장 안전 관리를 기획하고 운영하였다. 특히 <Fig. 5>와 같이 드론 활용을 통해 육안 점검이 어려운 교량 상부, 터널 입·출구부의 절토사면, 사마루 측구, 옹벽 등을 점검하고 안전사고 발생 요인을 미리 확인할 수 있었다.

〈Table 2〉 Visual Inspection in precision safety diagnosis

	Inspection content	Sensor
Visual inspection	- Structural change	RGB sensor,
	- Differential settlement	
	- Size of structural members	
	- Searching displacement of steel member	
	- Check the condition of joints	Multi-spectral sensor
	- Surrounding-environment	
	- Cracking investigation	RGB sensor,
	- Deteriorated concrete	Multi-spectral sensor,
	- Deteriorated steel	Thermal
	- Rebar corrosion	infrared sensor



〈Fig. 5〉 Safety accident monitoring using drone

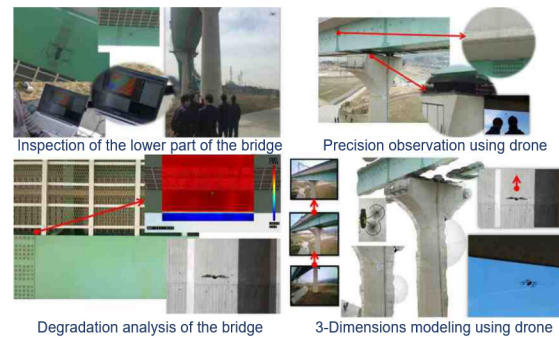
### 3.2.2 교량 점검

부산교통공사에서는 접근이 어려운 교량 슬래브 하부의 육안 점검을 드론으로 수행하였다. 〈Fig. 6〉 및 〈Fig. 7〉과 같이 드론을 활용한 정밀 점검을 통해 교량 하부의 나사 조임 상태나 크랙 등을 정밀 관측하였으며, 열적외선 센서를 이용하여 구조물의 열화 분석을 수행하였다.

### 3.2.3 소리와 진동을 이용한 교량 균열 조사

일본은 전후 고도 성장기에 건설된 도로 교량과 터널 인프라가 노후화되어 유지 보수를 위한 점검이 요구되었으나 검사 비용과 기술자 부족 문제를 해결하기 위한 대책이 필요하였다. 이를 위해 점검

로봇의 조기 실용화를 위한 기술 개발을 시도하였고, 2015년 교각과 교량 뒷면을 금속 막대로 두드려 소리와 진동 차이로 균열 유무를 조사하는 드론이 개발되었다. 점검 시 교각 및 교량 뒷면에 기체를 밀착해 금속 막대로 콘크리트 교각을 두드려 발생하는 소리를 통해 콘크리트 내부 균열 여부 판단이 가능하다.



〈Fig. 6〉 Bridge safety diagnosis

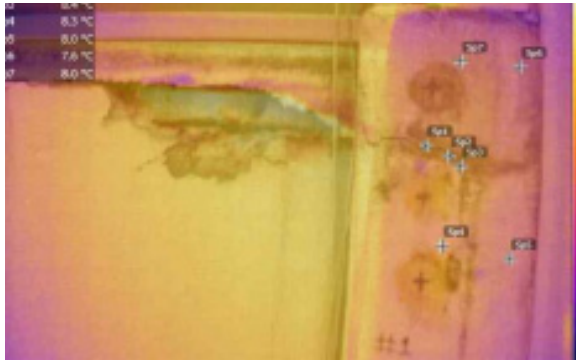


〈Fig. 7〉 Crack check by drone

### 3.2.4 열화상 모듈을 이용한 건축물 균열 깊이 평가<sup>7)</sup>

국내에서는 정사 사진을 통한 외관 조사에서 발견된 결함에 대해 0.6mm 이하의 균열을 평가하기 위해서 열화상 카메라를 활용한 균열 깊이 평가 연구를 수행하였다. 〈Fig. 8〉과 같이 정사 영상 데이터와 열화상 데이터를 비교하여 균열에 대한 평가의 정밀성을 연구하였으며, 건물의 손상 정보 데이터에 결합하여 손상 정보 통합 시스템 구축의 활용 가능성을 제시하였다.

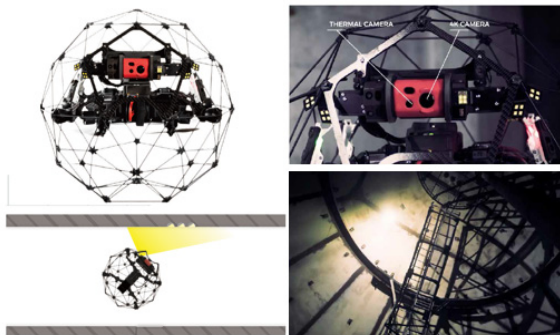




〈Fig. 8〉 Crack check by thermal imaging camera

### 3.2.5 내부 시설 진단을 위한 드론의 활용

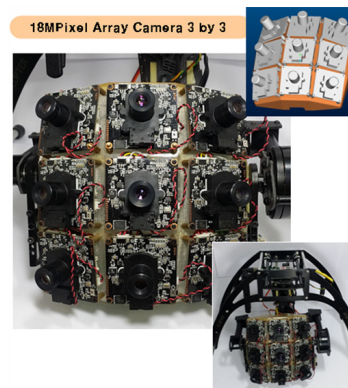
일반적으로 구조물 진단을 위한 드론은 외부 시설 또는 외벽에 초점을 맞추어 개발 및 연구되어 왔다. 최근 실내 환경에 특화된 내부 진단용 드론 (Elios, Flyability)이 개발되어 드론의 활용 범위를 더욱 넓혀가고 있다. 〈Fig. 9〉는 최근 개발된 내부 진단용 드론으로 외부 충격으로부터 기체를 보호하며, 충돌 후 자세 제어와 안정적인 비행이 가능할 수 있도록 설계되었다. 또한 외관 검사가 가능하도록 열화상 및 4K 카메라가 배치되어 있으며, 0.18mm/px의 해상도로 작은 균열 이미지까지 제공할 수 있다. 약 10분의 짧은 운용 시간과 실내 환경의 특성상 자율 비행이 제한되는 단점은 있으나 사람이 접근하기 어려운 위험하고 제한된 내부 공간 시설에 적용이 가능하다는 장점으로 플랜트 시설과 해상 인프라, 토목 구조물 등에 폭넓게 활용될 수 있다.



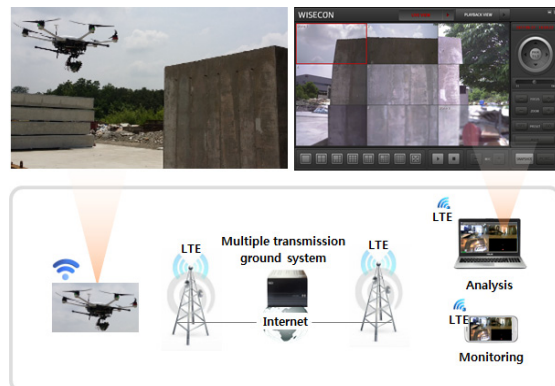
〈Fig. 9〉 Drone for internal monitoring

### 3.3 멀티 어레이 카메라를 활용한 콘크리트 벽체 상태 평가 연구 사례

정사 사진을 통한 콘크리트 벽체의 균열을 정밀하게 평가하기 위해서 멀티 어레이 카메라를 활용하여 0.4mm 벽체 균열 여부를 확인하였다. 판독된 정사 사진을 High-Performance Edge Detection 알고리즘을 적용하여 분석하였으며, 콘크리트 표면 상태(균열, 공극, 콜드조인트 등)를 정량적으로 평가하였다. 멀티 어레이 카메라는 기존 콘크리트의 미세한 균열을 확인하기 위해 국부 다중 촬영이 가능하도록 한 기기이다(〈Fig. 10〉). 단일 앵글 일반 카메라의 60도 이상의 화각을 17도로 설정하고 9개의 고해상도 카메라가 동시에 촬영하여 하나의 이미지를 생성하므로 〈Fig. 11〉 및 〈Fig. 12〉와 같이 콘크리트의 미세한 표면 균열 확인을 위한 정밀 촬영이 가능하다.



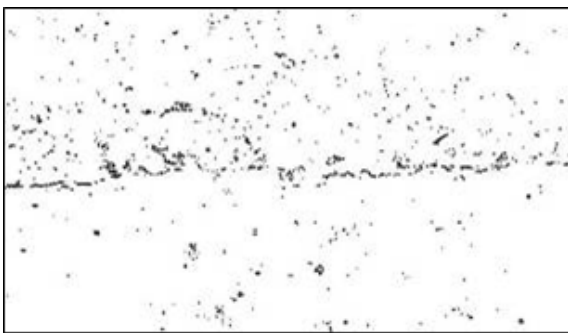
〈Fig. 10〉 Multi-array camera



〈Fig. 11〉 Investigation of cracks in structures using drones



〈Fig. 12〉 Concrete surface image using multi-array camera



〈Fig. 13〉 Image analysis using HPED algorithm

#### 4. 맺음말

빠르게 성장하고 있는 드론 산업에 발맞추어 드론이 건설 산업에 미칠 영향력은 매우 클 것이다. 특히 건설 안전 진단 분야 중 육안 검사에서는 드론의 활용성이 더욱 증대될 것으로 사료된다. 앞서 살펴본 사례들과 같이 구조물의 외관뿐 아니라 내부까지 확대 적용되어 그 효용성이 큰 것으로 판단된다.

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 건설 산업의 발전과 도약을 위해서는 드론 활용과 관련된 기술의 적극적인 개발과 지속적인 현장 적용을 통해 첨단 건설 기술이 빠르게 정착될 수 있도록 노력해야 할 것이다.

## References

1. Lin, J. J., Han, K. K., & Golparvar-Fard, M. (2015). A Framework for Model-Driven Acquisition and Analytics of Visual Data Using UAVs for Automated Construction Progress Monitoring. *Proceedings of the 2015 International Workshop on Computing in Civil Engineering, USA*, pp.156~164
2. Harwin, S., & Lucieer, A., "Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery" *Remote Sensing, Vol.4, No.6*, pp.1573~1599, 2012
3. Irizarry, J., & Costa, D. B., "Exploratory Study of Potential Applications of Unmanned Aerial Systems for Construction Management Tasks", *Journal of Management in Engineering, Vol.32, No.3*, 2016
4. Wen, M. C., & Kang, S. C., "Augmented Reality and Unmanned Aerial Vehicle Assist in Construction Management", *Computing in Civil and Building Engineering*, 2014
5. Zhang, C., & Elaksher, A., "An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol.27, No.2*, pp.118~129, 2012
6. Rathinam, S., Kim, Z. W., & Sengupta, R., "Vision-Based Monitoring of Locally Linear Structures Using an Unmanned Aerial Vehicle", *Journal of Infrastructure Systems, Vol.14, No.1*, 2008
7. Bae, J., Lee, J., Jang, A., & Ju, Y. K., "SMART SKY EYE System for Structural Safety Assessment Using Drones and Thermal Images", *Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.19, No.3*, pp.4~8, 2019