

## 드론을 활용한 댐 외관조사 및 대가기준에 대한 연구

## A Study on Dam Exterior Inspection and Cost Standards using Drones

김태훈<sup>1</sup> · 이재호<sup>2\*</sup> · 김도선<sup>3</sup> · 이석배<sup>4</sup>Tae-Hoon Kim<sup>1</sup>, Jai-Ho Lee<sup>2\*</sup>, Do-Seon Kim<sup>3</sup>, Suk-Bae Lee<sup>4</sup><sup>1</sup>Principal Research Engineer, Spatial Information Quality Management Service, Seoul, Republic of Korea<sup>2</sup>Senior Research Engineer, Spatial Information Quality Management Service, Seoul, Republic of Korea<sup>3</sup>Principal Research Engineer, Spatial Information Quality Management Service, Seoul, Republic of Korea<sup>4</sup>Professor, Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jai-Ho Lee, jhlee@siqms.or.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** Safety inspections by existing personnel have been limited in evaluation and data securing due to concerns about the safety of technicians or difficulty in accessing them, and are becoming a bigger problem as the number of maintenance targets increases due to the aging of facilities. As drone technology develops, it is possible to ensure the safety of personnel, secure visual data, and diagnose quickly, and use it is increasing as safety inspection of facilities by drones was introduced recently. In order to further enhance utilization, it is considered necessary to base a consideration standard for facility appearance investigation by drones, and in this paper, research was conducted on dams. **Method:** To calculate the quality, existing domestic safety inspection and drone-related consideration standards were investigated, and procedures related to safety inspection using drones were compared and analyzed to review work procedures and construction types. In addition, empirical data were collected through drone photography and elevation image production for the actual dam. **Result:** Work types for safety inspection of facilities using drones were derived, and empirical survey results were collected for two dams according to work types. The existing guidelines were applied for the adjustment ratios for each structural type and standard of the facility, and if a meteorological reference point survey was necessary, the unmanned aerial vehicle survey of the construction work standard was applied. **Conclusion:** The finer the GSD in appearance investigation using drones, the greater the number of photographs taken, and the concept of adjustment cost was applied as a correction to calculate the consideration standard. In addition, it was found that the problem of maximum GSD indicating limitations should be considered in order to maintain the safe distance.

**Keywords:** Facility, Exterior Survey, Drone, Cost Estimation, Dam

Received | 20 August, 2021

Revised | 15 September, 2021

Accepted | 15 September, 2021

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 요약

**연구목적:** 기존의 인력에 의한 안전점검은 기술자의 안전이 우려되거나 접근이 어려워, 평가 및 데이터 확보에 한계가 있었고, 시설물의 노후화로 유지관리 대상이 증가함에 따라 더욱더 큰 문제가 되고 있다. 드론 기술이 발전하면서 외관조사에 이를 활용할 경우, 인력의 안전 보장, 시각적 데이터 확보, 신속한 점검 진단이 가능하며, 최근 드론에 의한 시설물 안전점검이 일부 도입되는 등 활용도가 높아지고 있다. 활용성을 보다 강화하기 위해서는 드론에 의한 시설물 외관조사의 대가기준이 필요하다고 판단되며, 본 논문에서는 댐을 대상으로 연구를 수행하였다. **연구방법:** 품셈 산출을 위해 기존 국내 안전점검 및 드론 관련 대가기준을 조사하고, 드론을 활용한 안전점검 관련 절차를 비교분석하여 작업 절차 및 공종에 대하여 검토하였다. 또한 실제 댐에 대한 드론 촬영 및 입면정사영상 제작을 통해 실증 자료를 수집하였다. **연구결과:** 드론을 활용한 시설물 안전점검을 위한 작업공종을 도출하였고, 작업공종에 따라 두 개의 댐을 대상으로 실증조사결과를 수집하였으며, 이를 바탕으로 댐기준시설물 규격 기준으로 품셈 산출을 도출하였다. 시설물의 구조형식별, 규격별 조정비는 기존 지침을 적용하고, 기상기준점측량이 필요한 경우

건설공사표준품셈의 무인비행장치측량의 품을 적용하도록 하였다. 결론: 드론을 활용한 외관조사 시 GSD를 세밀하게 할수록 촬영 사진 수가 크게 증가하여, 대가기준을 산출을 위한 보정으로 조정비 개념을 적용하였다. 더불어 안전거리 유지를 위해서는 최대 GSD가 한계를 나타내는 문제점도 고려해야 함을 알 수 있었다.

**핵심용어:** 시설물, 외관조사, 드론, 품셈, 댐

## 서론

노후화 및 고령화로 인한 유지관리 대상 시설물이 증가하고 있다. 현재 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에 의한 1,2종 시설물은 2017년 통계 기준 87,124개로 추산되고 있으며, 30년 이상 노후한 고령화 시설물은 제1종 시설물 7.7%, 제2종 시설물 4.4%이다. 향후 20년 후에는 고령화율이 40%이상으로 증가할 것으로 예상된다(Kim, 2018).

시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침에 따른 안점점검 및 정밀안전진단은 시설물의 기능적 결함과 위험 요인을 발견하고, 적절한 보수보강 방법 및 대책방안 등을 결정·수립하여 시설물의 안전을 확보하는 것이 목적이다. 그러나 육안점검을 기반으로 하여 상태평가를 실시함에 따라 점검자의 경험과 기술수준에 따라 상이한 평가결과가 도출될 수 있으며, 전체 시설물에 대해 인력으로 점검 진단을 수행할 경우 대형 시설물과 같이 접근이 어려운 위치 및 부재의 경우 직관적인 평가가 어렵고, 객관적인 시각적 데이터를 확보하는 데에 한계가 있다. 또한 인력에 의한 외관조사 및 평가 시 시설물에 따라 점검기술자의 안전이 우려되는 시설물이 다수 존재한다.

기존의 인력 검사에 의존하는 유지관리 방식에서 장비 중심의 객관적인 계측 데이터베이스 유지관리 방식으로 전환될 필요가 있다. 기존의 점검기술자 주관에 의존하던 방식에서 객관적 시각적 데이터를 확보 할수 있는 기술로의 전환이 필요하다. 기존의 안전이 우려되는 인력 검사 방식에서 안전이 확보되는 방식으로 개선될 필요가 있다. 드론을 활용하여 기존의 점검기술자 주관에 의존하던 방식에서 시설물 외관 조사 및 상태평가에 대한 객관적이며 시각적인 데이터를 확보할 수 있으며, 장비 중심의 계측 데이터베이스 유지관리 방식으로 전환이 가능하다. 댐, 교각이나 급경사지 사면 등 안전이 우려되는 시설물의 인력 검사에서 드론을 활용하여 점검 기술자의 안전을 확보할 수 있다. 드론을 활용하여 대상 시설물의 구조물 외관 상태를 신속하고 안전하게 점검 진단할 수 있다.

본 논문에서는 드론을 활용하여 댐 시설물을 대상으로 실증 조사를 통해 시설물 안전점검 중 외관조사를 실시하고 관련 품셈안을 도출하는 것을 목적으로 하고 있으며, 다음과 같은 연구를 진행하였다. 기존의 드론을 활용한 시설물 안전점검관련 연구, 드론을 활용한 대가기준 및 품셈 현황에 대해 조사하였다. 기존 현황조사에 대한 분석 및 시사점을 고려하여 품셈 제정 범위 및 작성 방향을 도출하였다. 이에 따라 현장 실사를 통해 자원 투입현황 자료를 수집하고 이를 근거로 품셈 안을 제시하였다.

## 선행연구 및 사례조사

국토교통부에서 2016년에 기획한 『무인 검사 장비를 활용한 대형구조물 진단 및 원격 관리시스템 개발 기획』을 바탕으로 『무인 검사 장비 기반 교량 외관상태 신속진단, 평가, 관리기술 개발(2016년 ~ 2019년)』 연구를 국토교통과학기술진흥원을 통하여 수행하였다. 연구과제를 통하여 교량의 안전점검을 위한 무인체 기술을 확보하는 연구를 수행하였으며, 한국시설안

전공단에서는 연구 결과를 바탕으로 무인체 활용 교량점검 가이드를 제안하였다.

교량의 점검 및 진단은 수행 내용과 점검 목적에 따라서 구분되며 드론으로 가능한 업무를 정기점검 및 정밀점검으로 제한하였을 때 드론으로 조사 가능한 항목은 외관조사이다. 연구 결과, 근접촬영에 의한 균열조사에서는 최소 0.5mm 이상의 균열에 대해서는 관측이 가능할 것으로 추정되나, 영상을 통한 균열 폭의 정확한 측정은 어려울 것으로 판단된다. 또한, 조사시간이 장시간 소요되고, 거더 및 바닥판 하면의 조사는 수동 조작이 필요하므로 조종자의 숙련도에 의지해야 하는 문제가 있다.

「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 “시설물안전법”이라한다)에 따라 시설물은 안전점검과 적정한 유지관리가 시행되고 있다. 시설물안전법 제37조에 국토교통부장관이 안전점검 등, 비용의 산정기준을 정하여 고시해야 하는 근거 조항이 있다. 시설물안전법에 따라 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」(국토교통부 고시 제2020-458호) 제6장에서 안전점검 및 성능평가 비용의 산정기준을 정하고 있다. 제55조~제62조까지 직접인건비, 제경비, 기술료, 직접경비, 선택과업 비용, 시설물 형태에 따른 대가기준의 적용, 대가의 보정에 관한 내용을 포함하고 있다. 직접인건비, 제경비, 기술료, 직접경비, 선택과업비의 합으로 총 비용을 산정하고, 정액정산방식(안전점검 등 실시에 소요되는 기준인원수를 기초로 대가 산출)에 따라 산출함을 원칙으로 한다.

2020년 건설표준품셈(국토교통부) 토목부분의 제9장 측량에 9-7-13 무인비행장치측량이 신설되었다. 무인비행장치 측량 작업규정(국토지리정보원고시 제2020-5670호, 2020. 12. 30. 일부개정)을 기반으로 제정되었다. 작업계획수립, 대공표지 설치 및 지상기준점 측량, 무인항공사진 촬영, 항공삼각측량, 정사영상제작, 지형지물묘사, 품질관리 및 정리점검 항목으로 구성되어 있다. 무인비행장치 측량을 위한 작업을 살펴보면 시설물 안전점검을 위해 드론을 운용하기 위한 작업과 유사한 작업 순서와 내용을 가지고 있다. 대공표지 설치 및 지상기준점 측량의 경우 준용하여 활용 가능할 것으로 보인다. 작업계획수립과 무인항공기 촬영 공종은 동일하나 촬영 대상이 상이하여 작업계획수립과 무인항공기 촬영 등은 참고로만 활용하였다. 정사영상제작 및 지형지물묘사 등의 후처리 과정은 시설물 안전점검 또한 필요한 공정이나 성과물이 상이하여 인용하여 활용하기 어렵다.

시설물 안전점검을 위해 드론을 활용한 사례를 조사하였으며, 아래 Fig. 1는 대표적인 사례들의 작업 절차를 보여주고 있다. 드론을 활용한 시설물 점검 업체의 사례는 다수 있으나 대부분 두 업체의 사례와 유사하였다. 작업 절차를 분석하여 공통적인 작업 공종을 도출하여 댐 외관조사에 적용하였다.



Fig. 1. Work flow on safety inspection of facilities using drones

## 현장 실사 자료 및 분석

댐 시설물에 대해 드론 촬영 및 영상처리를 실시하고 입면정사영상을 결과물로 생성하였다. 촬영에 적용된 공정과 투입된 기술로부터 자원투입조사서에 대한 작성 결과를 근거로 투입된 품을 산출하는 방식을 적용하였다.

### 공종별 작업 내용

작업 공종은 사전준비, 비행계획 수립, 드론 촬영, 영상처리, 품질검사 등 5단계로 구성된다. 사전준비에는 작업계획 수립, 기상정보 확인, 시설물 정보 조사, 촬영 대상 분할, 사전 촬영 및 비행 허가, 카메라 검정 및 장비 점검 등의 작업계획·준비와 드론 이·착륙 장소 확정, 작업 시설물 확인을 위한 왕복이동 등의 현지답사가 포함된다. 비행계획 수립에는 풍향, 풍속, 기상, 자기장, GNSS 음영 지역 등의 현장 비행 환경 확인, 촬영 대상 시설물에 대한 시계 확인이 있으며, 필요한 경우 대공표지 설치 등을 포함한 지상기준점 측량을 실시한다. 드론 촬영에는 시험비행, 카메라 및 촬영 거리 설정, 촬영 대기 및 촬영 준비, 비행 및 촬영, 그리고 백업 및 촬영 영상 검수 등이 포함된다. 영상처리에는 드론 영상처리 프로그램을 이용한 입면정사영상 제작과 함께 필요시 시설물 3차원 모델링을 실시하며, 경우에 따라서 추가 촬영까지도 고려될 수 있다. 만약, 지상기준점 측량을 수행한 경우라면 항공삼각측량 등의 작업도 포함될 수 있다.

본 연구에서는 안동댐을 대상으로 하였으며 DJI M300 모델을 활용하여 촬영을 실시하였다. 촬영 후 영상처리 작업에 Lightroom, Metashape, Context Capture, Photoshop을 사용하여, 입면정사영상과 시설물 3D 모델 등의 최종 결과물을 제작하였다.

### 실사 조사 결과

작업 공종을 기반으로 품셈 도출의 기초자료가 될 실사자료 조사를 위한 자원투입조사서 양식을 작성하였다. 자원투입조사서 양식을 활용하여 작업 과정에 투입된 기술자 현황 및 소요 시간을 기록하도록 하여 객관적인 데이터를 수집하였다. Table 1은 안동댐을 대상으로 투입인력, 소요시간, 투입장비에 대한 현장 실사 조사 결과이다. 드론이 활발하게 활용된 것이 최근이며, 특급기술자에 대한 인력이 많지 않고, 일반적인 드론 업체들이 활용 가능하도록 특급기술자는 반영되지 않았다. 향후 드론 산업이 성숙해지고 기술자의 숙련도가 높아지면 이를 고려하는 것이 필요할 것이다.

### 영상촬영 결과

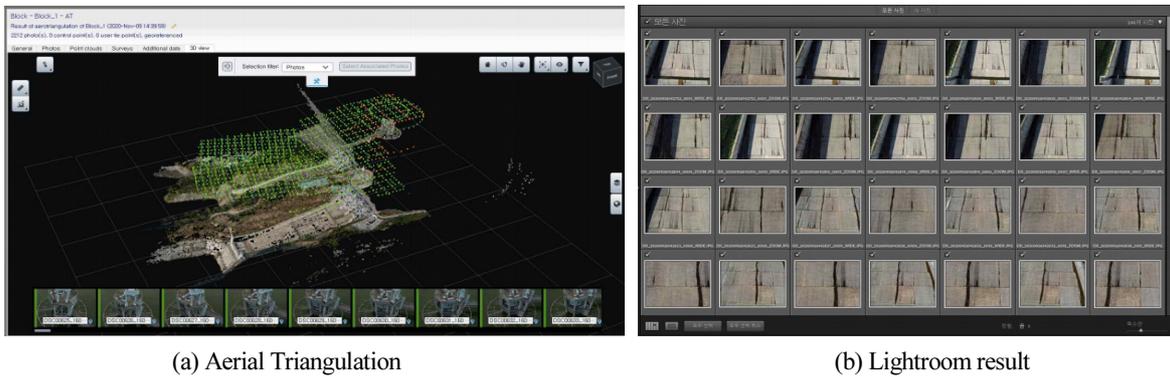
안동댐은 높이 83m, 길이 612m 규모의 필댐 형식의 시설물이다. Fig. 2는 영상처리 결과의 일부를 보여 주고 있다.

아래 분석자료는 Metashape에서 정사영상을 생성한 내용이다. 5184 x 3888 해상도의 사진을 총 558장 정합하였다. 벽면과의 거리는 약 8.32m를 유지하였다. 총 면적은 402m<sup>2</sup>이다. 정사영상의 GSD는 0.976 mm/pixel이다. 이와 함께 촬영시 사용된 카메라 제원과 Coefficient 매트릭스이다(Fig. 3).

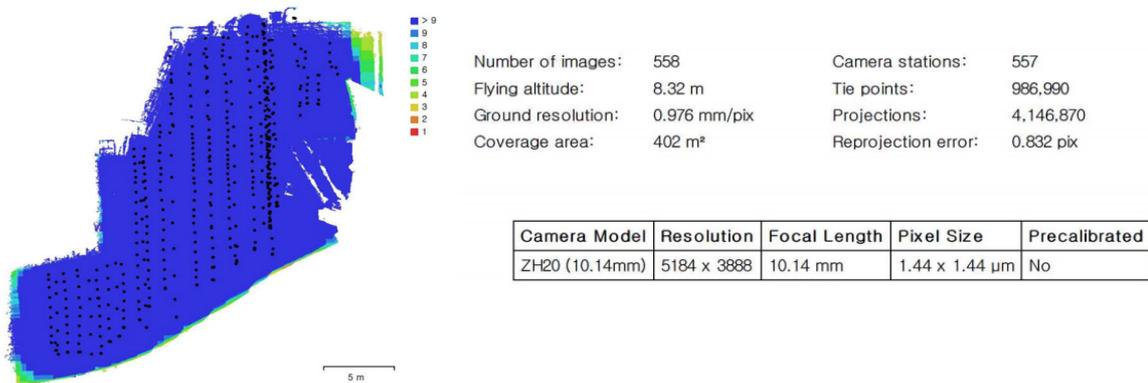
Fig. 4는 샘플 영상에서 콘크리트의 크랙 부분을 확대한 것이다. 사진 픽셀은 500pixel × 500pixel이며, GSD를 고려하였을 때 실제 사진의 공간상의 영역은 488mm × 488mm이다. 사진상에서 표시한 영역의 크랙은 가장 넓은 곳이 4pixel, 가장 얇은 곳이 1pixel로 3.904mm ~ 0.976mm이다.

**Table 1.** Results of on-site inspection of dam facilities: personnel input, time required, input equipment

구분	세부작업	투입인력				작업시간	투입장비
		특급	고급	중급	초급		
사전준비	작업계획 및 준비		1		1	2	워크스테이션
	시설물 사전답사		1	1		8	
비행계획 수립	현장 비행 환경 확인		1		1	3	노트북
	시계확인		1	1		0.5	
	대공표지설치 및 기준점 측량(필요시)		1			0.5	
드론 촬영	촬영 준비		1		1	3	노트북, 드론(M300)
	비행 및 촬영		1	1		100	
	백업 및 촬영 검수		1	1		20	
영상처리	시설물 3차원 모델링(필요시)		1			77	Lightroom, Metashape, Context Capture, Photoshop, 워크스테이션, 노트북, 드론(M300)
	입면정사영상 제작		1			51	
	추가 촬영(필요시)		1		1	15	
품질검사	품질검사		1			8	워크스테이션, 노트북, 드론(M300)
	추가 촬영(품질검사 결과에 따라 필요시)		1		1	10	



**Fig. 2.** Part of the image processing results



**Fig. 3.** Left : Camera locations and image overlap, Table : camera specifications

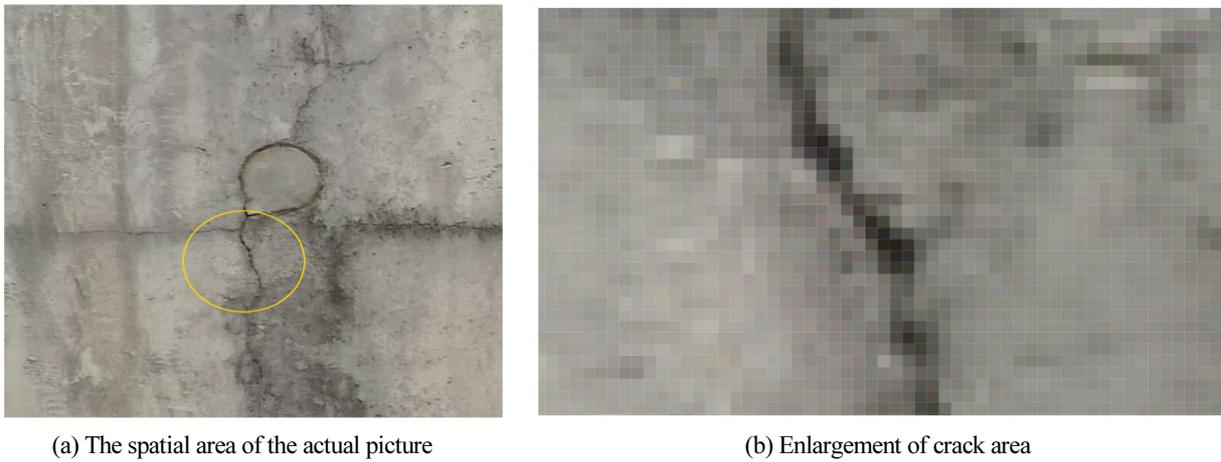


Fig. 4. Crack parts and enlarged images of concrete

### 실증 조사를 통한 GSD별 조정비 산출 및 촬영 거리 분석

드론을 활용한 시설물 외관조사 시 “드론 촬영”과 “영상처리” 공종의 처리 시간은 취득 영상의 품질에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 이를 보정하기 위해 GSD에 따른 조정비를 도출하고자 하였으며 Fig. 5는 높이 약 88.5m, 폭 약 6.5m 의 시설물에 대해, 외측면을 촬영한 GSD별 사진 수를 나타내고 있다. GSD를 세밀하게 할수록 촬영 사진 수가 증가하며, 특히 0.1mm/pixel에서는 큰 폭으로 급증함을 알 수 있었다.

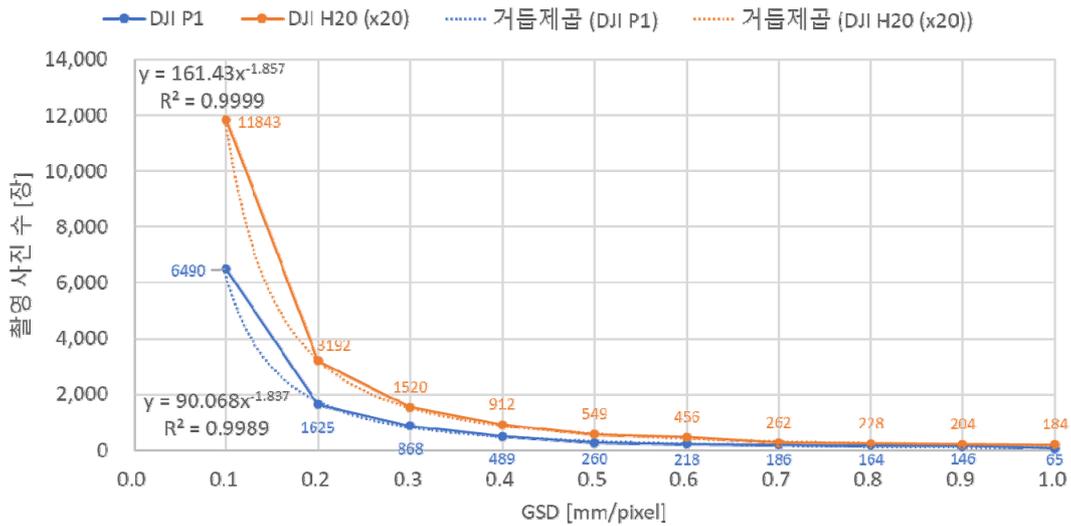


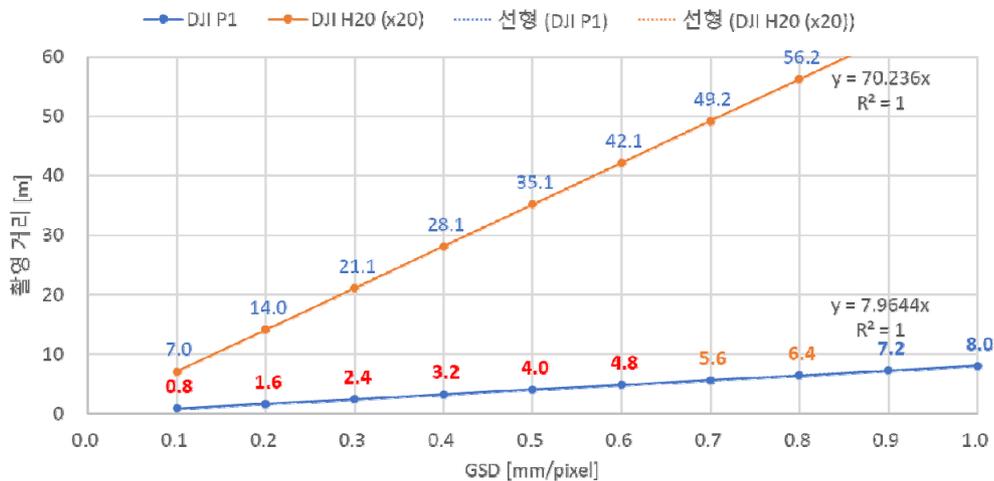
Fig. 5. Number of photos per GSD

DJI P1의 결과를 바탕으로 간략화하여 적용이 용이하도록 GSD에 따른 조정비를 Table 2와 같이 산출하였다.

**Table 2.** Adjustment ratio according to GSD

GSD(mm/pixel)	사진수(매)	조정비
1	65	0.4
0.8	164	1.0
0.5	260	1.6
0.3	868	5.3
0.2	1625	9.9

추가적으로 고려해야 할 사항으로 드론에 의한 시설물 촬영을 위해서는 안전성을 고려한 촬영 거리가 필요하며, 이에 따른 GSD의 한계가 발생함을 알 수 있었다. Fig. 6은 GSD에 따른 촬영 거리에 대한 분석 결과를 나타낸 것이다. DJI H20 카메라에 대한 안전거리 30m를 고려할 경우 최대 GSD는 약 0.425 mm/pixel, DJI P1 카메라로 M300 기체의 비행 안전거리(7m)를 고려할 경우 얻을 수 있는 최대 GSD는 약 0.85mm/pixel임을 알 수 있었다.



**Fig. 6.** Analysis of photography distance according to GSD

### 드론 활용한 댐 외관조사 품셈(안)

외관조사의 경우 드론을 활용하여 시설물 전체가 아니라 일부에 대해 외관조사를 실시하고 있고, 전체를 드론 촬영 결과물로서 외관조사를 실시하는 것은 현재 기술로는 불가능하므로 외관조사 및 조사망도 작성은 공중에서 배제하였다. 본 연구에서는 시설물 안전점검 시 위치 정확도는 후순위로 두어 선별적으로 지상기준점을 적용하는 방안을 고려하였다.

「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」의 별표 21에서 콘크리트댐, 댐체 높이 60m, 길이 400m를 기준시설물로 정하고 구조형식별, 규격별 조정비를 적용하도록 하고 있다. Table 1의 안동댐을 대상으로 실시한 작업에 투입된 인력을 기반으로 지침에 규정된 규격별 조정비를 준용하여 기준시설물 규격으로 보정하였다. 보정된 결과기반으로 품셈 안을 도출하였다. 도출된 품셈 안은 Table 3과 같으며 콘크리트댐으로 높이 60m, 길이 400m인 기준시설물을 대상으로 한다.

**Table 3.** Presentation of quality for safety inspection of dam facilities using drone

구분	세부작업	인원수				비고
		기술자				
		특급	고급	중급	초급	
사전준비	작업계획 및 준비		(0.13)	(0.13)		
	시설물 사전답사		0.54	0.54		
비행계획 수립	현장 비행 환경 확인		0.2	0.2		
	시계확인		0.03	0.03		
	대공표지 설치(필요시)					
드론 촬영	촬영 준비		0.2		0.2	
	비행 및 촬영		6.74	6.74		
	백업 및 촬영 검수		1.35	1.35		
영상처리	시설물 3차원 모델링(필요시)		(5.19)	(8.47)		()내는 내업을 표시함
	입면정사영상 제작		(3.44)	(5.64)		
	추가 촬영(필요시)		1.01		1.01	
품질검사	품질검사		(0.54)	(0.56)		
	추가 촬영(품질검사 결과에 따라 필요시)		0.67		0.67	
합계	입면정사영상제작(3차원모델링제외)		9.06 (3.57)	8.86 (6.33)	0.2 -	
	3차원 모델링 및 입면정사영상		9.06 (9.3)	8.86 (14.80)	0.2 -	

기술자에 대한 노임단가는 한국엔지니어링협회가 통계법에 따라 조사·공표한 건설부분의 노임단가기준을 적용하였으며, 시설물의 조건에 따라 구조형식별, 규격별 조정비는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」의 댐에 관한 조정비를 곱하여 계상한다. 비행계획수립시 대공표지 설치를 포함한 지상기준점 측량이 필요한 경우에는 건설공사표준품셈의 “9-7-13 무인비행장치 측량” 중 “대공표지 설치 및 지상기준점측량” 품을 적용하여 별도로 계상한다. 시설물 3차원 모델링 제작에서 지상기준점 측량을 수행한 경우 항공삼각측량 작업과 시설물의 3차원 모델링 제작을 포함한다. 항공삼각측량 작업은 건설공사표준품셈의 “9-7-13 무인비행장치 측량” 중 “항공삼각측량” 품을 적용하여 별도로 계상한다. 아직까지 드론을 시설물 안점점검에 활용한 기간이 오래되지 않았고, 많은 데이터가 축적되어 있지 않기에 본 연구에서는 구조형식별, 규격별 조정비를 제시하지 않고 기존 지침의 조정비를 적용하는 것으로 한다. 드론 촬영과 영상처리에는 도출된 GSD에 따른 조정비를 적용한다.

필요한 기계비 및 재료비를 포함한 직접경비는 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침”의 “제59조(직접경비)”에 따라 별도 계상한다. 그 외 제경비 및 기술료도 동일 지침의 제57조와 제58조를 준용한다.

## 결론

본 연구에서는 댐 시설물을 대상으로 드론을 활용하여 시설물 안전점검 중 외관조사를 위한 드론 촬영 및 입면정사영상을 제작하고 이를 위한 대가기준 안을 도출하기 위한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 드론을 활용한 시설물 외관조사를 실시할 경우 GSD를 세밀하게 할수록 촬영 사진 수는 큰 폭으로 증가함을 알 수 있었다. 이는 드론 촬영과 영상 처리에 큰 영향을 주는 요소로 본 연구에서는 이를 보정하고자 GSD에 따른 조정비를 적용하되, 구조형식별, 규격별 조정비 제시보다는 기존 지침의 조정비를 적용하는 것으로 진행하였다.

둘째, 드론으로 시설물 촬영하기 위한 안전거리를 유지하기 위해서는 GSD의 한계가 발생하는 문제점도 고려해야 함을 알 수 있었다. DJI H20카메라의 경우 안전거리 30m를 고려할 때 최대 GSD는 약 0.425 mm/pixel, DJI P1 카메라는 안전거리 7m를 고려하면 최대 GSD는 약 0.85mm/pixel을 나타내었다.

본 연구는 하나의 시설물에 대한 결과물을 바탕으로 도출된 결과이므로 시설물의 환경에 따라 에 따라 품셈의 결과도 달라질 수 있다. 따라서 향후 다양한 시설물의 위치 및 환경적 요인을 고려한 객관적인 자료의 축적이 진행되어 고도화 등의 지속적인 작업이 필요하다.

## Acknowledgement

본 연구는 국토안전관리원(No.20200610FF0-00, 드론을 활용한 시설물 안전점검 매뉴얼 및 표준품셈(안) 개발 연구용역)의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다

## References

- [1] Kim, J.S. (2018). No. 130 Issues seen as indicators, National Assembly Research Service, Korea.
- [2] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (2020). 2020 Standard Estimating System for Construction Work - Civil Engineering/Building/Mechanical Equipment. Korea.
- [3] Korea Land & Housing Corporation (2017). LH Research Report on the Establishment of an Unmanned Aerial Vehicle (drone) Utilization Plan. Korea.
- [4] Lee, S.B., Song, M.H., Kim, S.G., Won, J.H. (2020). "Change monitoring at expressway infrastructure construction sites using drone." *Sensors and Materials, Special Issue on Geomatics Technologies for the Realization of Smart Cities*, Vol. 32, No. 11, pp. 3923-3933.
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Guidelines for Safety and Maintenance of Facilities, Notice No. 2020 - 869, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea.
- [6] National Geographic Information Institute (2019). Development of Spatial Information Construction Technology Using Unmanned Aerial Vehicles and Research on Product Counting. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea.
- [7] Park, N.H., Hwang, Y.J., Ahn, Y.C. (2019). "A study on the development of a remote control drone for disaster response." *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, Vol. 15, No. 4, pp. 578-589.
- [8] Seoul Metropolitan Government (2017). Facility Inspection Manual using Drone. Korea.