

# 소형 UAV를 이용한 홍수터 지형측량 정확도 평가

## Accuracy Evaluation of Floodplain Topography Survey Using Small-scale UAV

곽성현\*, 서용재\*\*, 송진훈\*\*\*, 류시완\*\*\*

Sunghyun Kwak, Yong Jae Seo, Jin Hun Song, Siwan Lyu

### 요 지

하천 구역에 존재하는 인력 및 장비의 접근이 물리적으로 불가능한 공간에 대한 지형정보 취득의 한계를 극복하기 위한 대안으로 소형 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)의 활용성을 살펴보고자, 낙동강 달성보와 강정고령보 사이에 위치하는 습지구간에 대한 영상촬영 및 분석을 통한 지형측량을 실시하였다. 홍수터 지형측량에 있어 소형 UAV를 이용한 사진측량의 신뢰성과 정확성을 평가하기 위하여, Network RTK를 이용한 육상측량결과와 정사영상 분석결과를 비교하여 '항공레이저측량 작업규정'의 '수치표고모델 규격 및 정확도'에 제시된 기준에 의거하여 수직위치 정확도를 검토하였다. 검토 결과 과대오차를 배제할 경우 지표면 상태에 따라 1/1,000~1/5,000의 정사영상 및 수치표고모델 제작이 가능함을 확인할 수 있었다.

**핵심용어** : UAV, 지형측량, 홍수터, 정확도, 낙동강

### 1. 서론

하천구역에는 습지, 하중도, 급경사 하안과 같이 측량장비와 인력의 진입이 물리적으로 불가능한 공간이 상당부분을 차지하고 있어, 하천구역 전반에 대한 균일한 공간적 해상도를 가지는 신뢰성 있는 3차원 지형 공간정보를 취득하는데 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 소형 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 활용한 사진측량방법이 최근 들어 활발하게 연구되고 있다. 소형 UAV를 활용한 사진측량방법은 기존 측량방식에 비해 장소적 제한과 경제적 부담이 적고 짧은 시간에 조사가 가능한 장점이 있지만, 현재까지 신뢰성과 정확성에 대한 평가 및 검증이 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 홍수터 지형측량에 있어 소형 UAV를 이용한 사진측량의 신뢰성과 정확성을 평가하기 위하여 낙동강 달성보와 강정고령보 사이에 위치하는 습지구간을 대상으로 정사영상지도 제작을 통한 지형측량과 Network RTK를 이용한 육상측량을 실시하였으며, 육상측량결과를 기준으로 소형 UAV를 이용한 정사영상의 측정결과를 비교·검토하였다.

### 2. 연구대상지 및 UAV를 이용한 정사영상지도 자료 취득

#### 2.1 연구대상지

연구대상지역은 그림 1과 같이 낙동강수계 강정고령보 하류 6 km 지점의 본리천 합류부(대구달성군 옥편면)에 위치한 습지로 길이는 약 2.5 km, 면적 0.63 km<sup>2</sup> 이다.

\* 정회원 · 창원대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 · E-mail : [grestdk@gmail.com](mailto:grestdk@gmail.com)  
\*\* 창원대학교 공과대학 친환경해양플랜트 FEED공학과 석사과정 · E-mail : [sjbsid@gmail.com](mailto:sjbsid@gmail.com)  
\*\*\* 한국국토정보공사 진주시사 과장 · E-mail : [sjhy05@lx.or.kr](mailto:sjhy05@lx.or.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 창원대학교 공과대학 토목공학과 교수 · E-mail : [siwan@changwon.ac.kr](mailto:siwan@changwon.ac.kr)



그림 1. 연구 대상지역

## 2.2 UAV를 이용한 정사영상지도 자료 취득

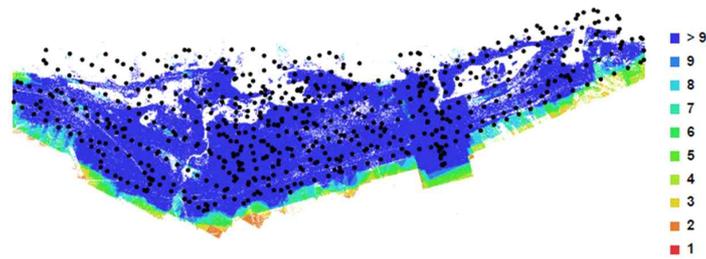
대상구간의 정사영상지도 자료 취득을 위하여 DJI사의 Phantom 3 Professional을 활용하여 평균고도 114 m, 지상표본거리(GSD) 4.9cm/pixel로 총 603매의 영상을 취득하였다. 절대표정용 지상기준점은 그림 2와 같이 정사각형 형태(1 m×1 m)의 대공표지판을 설치하고 Network-RTK를 측량을 통해 좌표를 취득하다(표 1과 그림3 (b)). 취득된 영상의 처리 및 분석을 위하여 AgiSoft사의 PhotoScan을 활용하여 그림 3에 도시된 바와 같이 정사영상 내 각 픽셀의 중첩영상 매수(NOIP) 및 비행경로와 정사영상모자이크(Orthophoto-mosaic), 수치표고자료와 같이 대상지 표면에 대한 고밀도의 정사영상지도 자료를 얻었다.



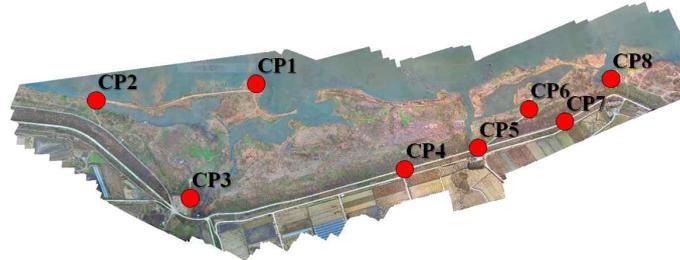
그림 2. Network-RTK를 이용한 지상기준점 측정

표 1. Network-RTK를 이용한 지상기준점 좌표

단위:(m)	X	Y	Z	X	Y	Z	
CP1	356644.484	150095.124	16.156	CP5	356474.662	150822.497	26.786
CP2	356618.960	149585.671	14.382	CP6	356580.545	150953.227	17.662
CP3	356297.769	149887.694	26.969	CP7	356527.349	151028.954	26.614
CP4	356400.731	150584.520	26.558	CP8	356677.953	151224.368	14.757



(a) 정사영상 내 각 픽셀의 중첩 영상 매수 및 비행경로



(b) 정사영상 모자이크



(c) 수치표고자료

그림 3. 소형 UAV를 이용한 정사영상지도 자료

### 3. 정확도 평가

본 연구에서는 소형 UAV를 이용한 정사영상지도 자료의 정확도 평가를 위해 그림 4와 같이 Network-RTK를 이용하여 취득한 실측지형자료(곽성현 등, 2013) 중 연구대상지역에 해당하는 487점을 활용하였으며, Network-RTK를 이용하여 취득한 실측지형자료와 소형UAV를 이용한 정사영상지도 자료의 표고차에 대한 경향성 분석을 통한 신뢰도구간 95%에 해당하는 466점을 최종 검사점으로 채택하여 과대오차를 제거하였다. 또한 지표면 상태에 따른 정확도평가를 위해 전체 검사점을 그림 5에 도시된 바와 같이 수목, 초지, 제방/도로로 구분하여 분석하였다.



그림 4. Network-RTK를 이용한 검사점(466 point)

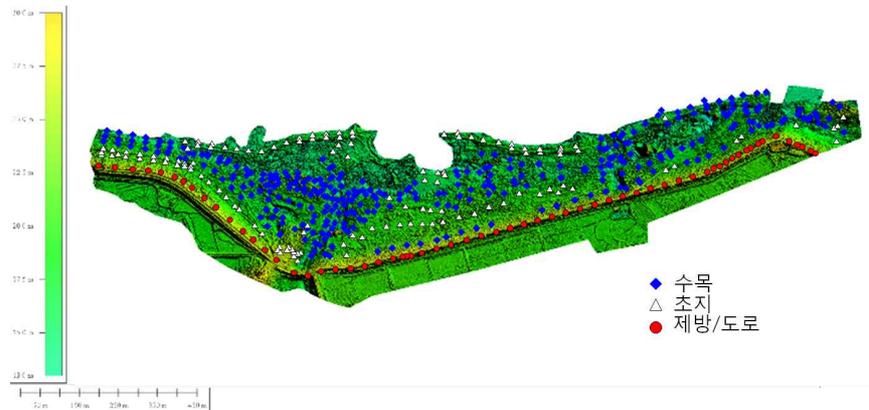


그림 4. 지표면 상태에 따른 검사점 분류

UAV에 의한 정상영상지도 자료의 정확도 평가는 국토지리정보원(NGII)의 ‘항공레이저측량 작업규정’의 내용을 바탕으로 수행하였다. ‘항공레이저측량 작업규정’ 제44조 ‘수치표고모델 규격 및 정확도’ 및 제45조 ‘수치표고모델의 정확도 점검’에는 수직위치의 정확도를 실측된 기준점 및 검사점과 수치표고모델과의 표고차에 대한 최대값, 최소값, 평균, 표준편차 및 RMSE를 구하여 정확도를 점검하고 수치지도축척 별로 요구되는 RMSE와 최대오차조건을 규정하고 있다.

표 2는 지표면 상태별 검사점과 수치표고모델 표고와의 차에 대한 최대값, 최소값, 평균, 표준편차 및 RMSE를 나타낸 것으로 ‘제방/도로’는 최대값 0.723m, RMSE 0.222로 ‘항공레이저측량 작업규정’의 ‘수치표고모델 규격 및 정확도’에서 제시하고 있는 수치지도축척 1/1,000 기준을 만족하고 있음을 확인하였다. 또한 ‘초지’의 경우 표고차 최대값과 RMSE는 각각 1.422와 0.584로 1/5,000과 1/2,500 축척 수치지도 기준을 만족하고 있으며, ‘수목’과 전체영역에 대해서는 수치지도축척 1/5,000의 기준을 만족함을 확인하였다.

표 2. 표고차의 최대값, 최소값, 표준편차, 평균, RMSE 비교

단위(m)	전체	제방/도로	초지	수목
최대값	1.499	0.723	1.422	1.499
최소값	-0.706	-0.564	-0.234	-0.706
표준편차	0.409	0.195	0.412	0.404
평균	0.451	0.106	0.421	0.526
RMSE	0.602	0.222	0.584	0.663

#### 4. 결론

본 연구에서는 장비와 인력의 진입이 어려운 하천구역 내 습지영역에 대해서 소형 UAV를 활용한 고밀도의 정상영상지도 자료를 Network-RTK를 이용한 검사점과 영상관련 관련 규정을 이용하여 정확성 평가를 실시하였다. 연구결과 지표면 피복상태에 따라 1/1,000~1/5,000의 수치표고모델 제작기준을 만족하는 지형정보를 취득할 수 있음을 확인하였으며, 향후 본 연구에서 사용한 과대오차제거 방법 이외의 다양한 방법들을 통한 과대오차 제거방법과 계절별 식생에 대한 오차제거방법에 대한 검토가 필요한 것으로 판단되며, 정확도 및 신뢰성을 제고할 수 있는 다양한 방법에 대한 연구를 통해 습지 뿐 아니라 하중도, 급경사 하안 등 지형정보 취득이 불가능하거나 어려

운 하천구역 내 다양한 지형에 대한 소형 UAV를 이용한 지형정보 취득방법의 활용성을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- 1 광성현, 안정민, 고주석, 류시완, 김동수 (2013), RTK-GPS와ADCP를 활용한 3차원 지형공간 정보취득, 대한토목학회 학술발표 논문집.
- 2 광성현, 송진훈, 이흥규, 류시완 (2016). 홍수터 지형측량을 위한 소형 UAV의 적용성 검토, 한국방재학회 학술발표 논문집.
- 3 국토지리정보원 (2012), 영상지도 제작에 관한 작업규정 개정.
- 4 국토지리정보원 (2012), 항공레이저측량 작업규정 개정.
- 5 이용창 (2015), 회전익 UAS 영상기반 고밀도 측점자료의 위치 정확도 평가, 한국지형공간정보학회지, Vol.23 No.2, PP. 39-48.