

소형 무인항공기를 활용한 국지성 해안재해 대응체계 개발

최종보고서

2016. 3. 31

주관기관 한국해양과학기술원

참여기관 (주)공간정보

(주)환경과학기술

미래창조과학부

제 출 문

본 보고서를 “소형무인항공기를 활용한 국지성 해안재해 대응체계 개발”(개발기간 : 2015. 04. 01 ~ 2016. 03 31.)과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2015. 3. 31.

주관기관명 : 한국해양과학기술원 (대표자) 홍 기 훈
참여기관명 : (주)공간정보 (대표자) 김 석 구
참여기관명 : (주)환경과학기술 (대표자) 조 성 익



총괄책임자 : 박준용(한국해양과학기술원)
참여기관책임자 : 김현진((주)공간정보)
참여기관책임자 : 유인영((주)환경과학기술)

정보통신·방송 연구개발 관리규정 제36조에 따라 보고서 열람에
동의합니다.

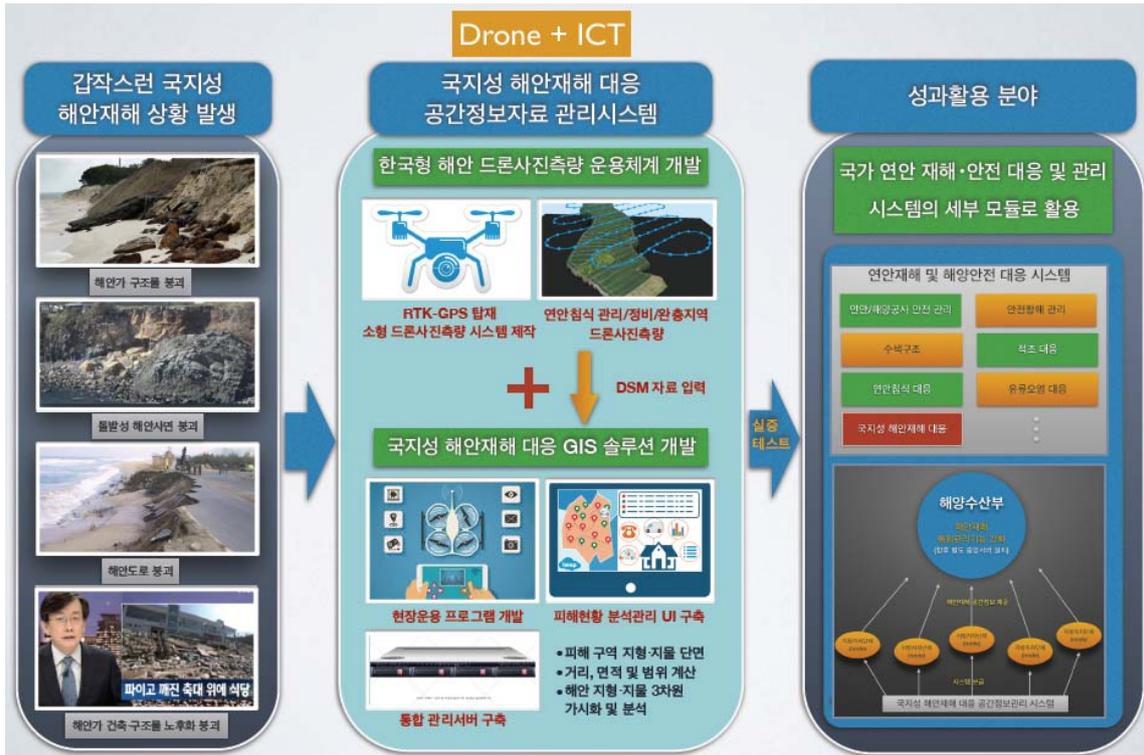
정보통신 · 방송 기술개발사업 최종보고서 초록

1. 일반 현황

사업명		협업기반의 산업활력제고 사업	기술분류	안전강화 (60%) 서비스 지능화 SW (40%)	
과제명(과제번호)		소형 무인항공기를 활용한 국지성 해안재해 대응체계 개발			
주관기관	기관 (기업)명	한국해양과학기술원	설립일	1973.10.30.	
	주소	(15627) 경기도 안산시 상록구 해안로 787			
	대표자 (기관장)	홍 기 훈	연락처	031-400-6000	
	홈페이지	www.kiost.ac.kr	Fax	031-408-5820	
기술 개발 현황	총괄책임자	박 준 용	연락처	031-400-7779	
	실무담당자	정 의 영	연락처 (e-mail)	054-780-5350 (eyjeong@kiost.ac.kr)	
	참여기관 (책임자)	㈜공간정보 (김석구)			
		㈜환경과학기술 (유인영)			
	총사업비 (천원)	정부출연금	민간부담금		합계
			현금	현물	
	800,000		269,443	1,069,443	
총수행 기간	2015. 04. 01 ~ 2016. 03. 31				

2. 기술개발 개요

- 국지성 해안재해 대응 공간정보관리시스템은
 - 접근이 어렵고 위험도가 높은 해안에서 갑작스럽게 발생한 재해에 대하여,
 - 신속한 ‘초경량 무인비행장치 사진측량 (드론사진측량)’ 으로 얻어진 정량적 자료를,
 - ‘국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션’ 을 이용하여 분석/관리하는 효율적 대응체계임



- 해안재해 및 해안관리를 위한 드론사진촬영 자료 획득을 위하여 한국형 해안에 적합하도록 RTK-GPS가 탑재된 드론사진측량 시스템과 운용 지침서를 제작 및 시범지역 적용
- 연안침식 실태조사 활용성 판단을 위한 드론사진측량 신뢰성 평가 실시
- 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션은 시스템의 확장성, 고도화 편의성, 다양한 운영환경 대처를 위해 국내 개발 상용 GIS SW를 도입하여 시스템 개발에 적용
- 현장용 시스템은 드론을 통해 촬영된 UAV 영상을 현장에서 통합하고 DEM 지도를 생성하여 2D 및 3D로 확인하는 기능을 제공
- 정밀 분석 시스템은 드론을 통해 촬영된 UAV 영상 관리 및 검색, 고도 변화 비교 분석, 해안선 추출, 해안 재해 피해액 산정, 연안 침식 자료 모니터링 등의 기능 제공
- 연안재해 피해규모 산정, 효율적 연안관리 등 개발된 공간정보관리 시스템의 활용방안 제시와 현장실증운용 테스트 진행

3. 개발결과 요약

키워드	UAV, 드론, 사진측량, 해안재해, 지리정보시스템, 연안침식, 재해관리, RTK-GPS
핵심기술	드론을 활용한 국지성 해안재해 대응 공간정보관리 시스템 개발 (드론사진측량 시스템 + GIS 솔루션)
최종목표	신속·정확한 국지성 해안재해 대응을 위해 초경량 드론을 활용한 해안 공간정보관리 체계 개발
개발내용 및 결과	<p><국지성 해안재해 대응 공간정보관리 시스템 개발></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 운용체계 개발 - 해안 드론사진측량용 RTK-GPS 탑재 장비 제작 - 해안재해 대응을 위한 드론사진측량 운용기술 체계화 및 지침서 제작 - 드론사진측량 오차발생 문제점 개선방안 모색 ○ 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발 - 촬영된 UAV 영상을 현장에서 통합하고 DEM 지도를 생성하여 2D 및 3D로 확인하는 기능을 제공하는 현장 분석용 툴 개발 - 촬영된 UAV 영상 관리 및 검색, 고도 변화 비교 분석, 해안선 추출, 해안 재해 피해액 산정, 연안 침식 자료 모니터링 등의 기능 제공하는 정밀분석 및 관리 UI 개발 - RTK-GPS 드론사진촬영 연동 프로그램 개발 <p><연안침식 조사 활용성 판단을 위한 드론사진측량 신뢰성 검증></p> <ul style="list-style-type: none"> - 연안침식 모니터링을 위한 지형자료 획득에 드론사진측량의 활용성을 판단 - 해안촬영을 위한 중복도, 촬영고도, 지상기준점에 따른 정확도 평가 <p><연안침식 관심지역의 3차원 공간정보 구축></p> <ul style="list-style-type: none"> - 시범지역 10곳에 대하여 장마 전·후 3차원 공간정보 구축 - 태풍 고니로 인한 해안재해 발생지역 공간정보 구축 및 제공 <p><국지성 해안재해 대응 공간정보관리 시스템 활용 방안 연구></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해안재해 유형별 경제적 피해규모 산정 및 적용 - 해양재해 유형별 경제적 피해규모 산정 알고리즘 및 피해함수를 개발하여 재해 시나리오에 따른 경제적 피해액 산정 - 지자체 및 해안 관리기관의 활용을 위하여 정밀분석 및 관리 UI 프로그램에 적용 ○ 드론 공간정보자료의 효율적 연안관리 활용 - 드론을 이용한 연안 공유수면 이용관리, 바닷가 및 자연해안관리, 방치선박 관리를 위한 활용방안 제시 <p><시스템 현장실증응용 테스트></p> <ul style="list-style-type: none"> - 경상북도 울진에 위치한 한국해양과학기술원에서 드론사진측량 시스템 및 GIS 솔루션 활용 테스트 진행

<p style="text-align: center;">기술개발 배경</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ ‘하늘의 산업혁명’ 으로 불리는 무인항공기(UAV) (이하 드론)는 주로 군사적 목적으로 활용되어 왔으나 최근 농업, 유통 및 탐사 등의 다양한 산업 분야에서 기하급수적으로 증가하는 세계적 추세임 ○ 한국의 경우는 주로 군용으로 국한되어 활용되었기에 여러 산업분야로 활성화가 될 수 있도록 다양한 응용기술 개발 및 연구 지원이 필요하여, 특히 해양수산 및 재해관련 활용이 시급함 ○ 태풍, 이상고파 및 해일 등 국지성 해안재해와 해안 난개발 등에 의한 갑작스런 해안 안전사고의 발생 빈도가 증가로 해안 안전관리 및 대응방안이 필요함 ○ 해안재해 지역의 특성상 인력의 접근이 어려워 계측불가능 또는 장시간이 소요 ○ 해안 안전재해 대응에 있어서 24시간 이내의 신속한 재해현황 파악과 피해범위(길이, 폭, 면적 및 체적 등)의 정량적 계측이 필요 ○ 국지성 해안재해 대응체계 개발로 해양수산 및 재해 등 드론 활용분야 확대, 드론관련 기술력 향상, 신산업 창출 등에 기여 가능
<p style="text-align: center;">핵심개발 기술의 의의</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ RTK-GPS를 장착 및 30% 이상의 국산 제작 부품을 사용한 드론사진측량 시스템 구축 ○ 국산 GIS 엔진을 사용한 현장조사용 톨과 정밀분석 및 관리 UI 프로그램 개발 ○ 제3기관의 드론사진측량의 신뢰성 검증을 통한 연안침식 실태조사 활용성 평가
<p style="text-align: center;">적용 분야</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 갑작스럽게 발생한 해안재해(해안 건축물 붕괴, 해안사면 붕괴, 해안도로 붕괴, 해수범람, 지진해일에 의한 연안피해 등)에 대한 대응 ○ 연안침식 모니터링 및 연안 관리시스템 연계 활용 ○ 해안 구조물(방파제, 도로, 레저시설 등)의 주기적 관측을 통한 안전관리 ○ 국가 해안안전 및 연안재해 대응·관리 시스템의 세부모듈로 활용

4. 기술 및 경제적 성과

<p style="text-align: center;">기술적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 30% 이상 국내제작 부품을 사용, RTK-GPS 센서 장착 등 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작으로 수입에 의존하는 드론산업분야 기술향상 ○ 기능고도화를 통한 드론사진측량 및 분석 전반의 기능을 한 시스템에서 사용 가능한 시스템 개발 ○ 드론사진측량관련 특허출원 1건, 프로그램 등록 1건, 국내 학회발표 3건
<p style="text-align: center;">경제적 성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지상측량 및 유인항공측량 등 기존 조사 방식 대비하여 40~80% 비용절감 ○ 국내 GIS 엔진을 활용한 정밀 해안지형 3차원 가시화 시스템 구축에 따른 비용 절감(외산 GIS 엔진 사용 대비 40% 정도 저렴), 유지보수 용이 및 활용성 증대

5. 파급 효과 및 기대 효과

파급 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 드론과 ICT를 접목한 해안재해 대응 융합기술 보급 ○ 국내 해안의 난접근성 지역에 대하여 드론을 활용한 사진측량 운용체계 개발 및 지침서 작성으로 국내 드론 활용분야 확대와 기술력 향상에 기여 ○ 유관기관과 정보공유 및 자료제공 서비스를 통하여 동일지역의 영상 자료 중복 촬영방지와 유사분야 최신, 정밀정보 공동활용 체계 마련 ○ 피해분석정보 등 유관기관의 유사 시스템 간 연계(직접연계: DB Link, 간접연계: ODBC, JDBC 등)를 통해 준 실시간 주요 정책/대응 자료 공유 ○ 해안 공간정보 활용을 통하여 해안재해 경제 손실을 최소화하고 효율적 연안이용 정책수립으로 연안경제성장 극대화 ○ 해안 안전관리 강화와 연안거주민에 대한 불안감 해소 ○ 해안재해에 대한 안전관련 부처와 지자체간 안전관리 네트워크 형성 가능
기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 해안 지형·지물자료를 이용한 연안관리, 정비 및 재해안전 등 국가 정책을 비롯한 다양한 산학연 분야에 활용 가능 ○ 웹 기반 드론사진자료 조회 기능과 드론사진측량 자료제공 서비스를 통하여 중복 촬영방지와 유사분야 최신정보 공동 활용으로 경제손실 최소화 ○ 드론사진측량 시스템을 이용한 연안측량 신기술과 신뢰성 검증을 통하여 난접근지역 측량 및 해안재해관련 신산업 개발 및 일자리 창출 기대 ○ 지역개발계획, 관광홍보 영상활용 등의 부가 서비스를 통하여 촬영 드론사진측량의 활용성 증대

6. 해당 기술, 제품의 시장현황

국내 시장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내는 국방 및 취미용 드론에 집중되어 산업용도의 기술력과 가격경쟁력은 미미한 실정이나 점차 다양한 분야에서 활용되고 있음 ○ 정부차원에서 신기술 산업 육성을 위해 관련 규제들을 완화하여 향후 15년간 1.62조원의 규모로 성장할 전망이다 																																								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">용도</th> <th style="width: 25%;">시기</th> <th style="width: 25%;">예상획득비 (억 원)</th> <th style="width: 25%;">비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>해안감시</td> <td>2018-2025</td> <td>5,200</td> <td>26개 해경 x 2조</td> </tr> <tr> <td>산불감시</td> <td>2018-2022</td> <td>2,000</td> <td>5개 산림청 x 4조</td> </tr> <tr> <td>환경감시</td> <td>2020-2025</td> <td>1,000</td> <td>10개 지자체 x 1조</td> </tr> <tr> <td>재해재난 모니터링</td> <td>2018-2030</td> <td>2,000</td> <td>10개 지자체 x 2조</td> </tr> <tr> <td>교통통제/사고수습</td> <td>2018-2022</td> <td>1,000</td> <td>10개 지자체 x 1조</td> </tr> <tr> <td>공중촬영</td> <td>2016-2025</td> <td>1,500</td> <td>업체 60대(대당 25억원)</td> </tr> <tr> <td>농업용</td> <td>2016-2025</td> <td>2,000</td> <td>업체 1,000대(대당 2억원)</td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td>2016-2025</td> <td>1,500</td> <td>소형 위주</td> </tr> <tr> <td>계</td> <td></td> <td>16,200</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	용도	시기	예상획득비 (억 원)	비고	해안감시	2018-2025	5,200	26개 해경 x 2조	산불감시	2018-2022	2,000	5개 산림청 x 4조	환경감시	2020-2025	1,000	10개 지자체 x 1조	재해재난 모니터링	2018-2030	2,000	10개 지자체 x 2조	교통통제/사고수습	2018-2022	1,000	10개 지자체 x 1조	공중촬영	2016-2025	1,500	업체 60대(대당 25억원)	농업용	2016-2025	2,000	업체 1,000대(대당 2억원)	기타	2016-2025	1,500	소형 위주	계		16,200	
	용도	시기	예상획득비 (억 원)	비고																																					
	해안감시	2018-2025	5,200	26개 해경 x 2조																																					
	산불감시	2018-2022	2,000	5개 산림청 x 4조																																					
	환경감시	2020-2025	1,000	10개 지자체 x 1조																																					
	재해재난 모니터링	2018-2030	2,000	10개 지자체 x 2조																																					
	교통통제/사고수습	2018-2022	1,000	10개 지자체 x 1조																																					
	공중촬영	2016-2025	1,500	업체 60대(대당 25억원)																																					
	농업용	2016-2025	2,000	업체 1,000대(대당 2억원)																																					
기타	2016-2025	1,500	소형 위주																																						
계		16,200																																							
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 공간정보 산업 연평균 성장률 11%(국토해양부 조사자료)를 반영하여 2015년, 2016년, 2017년 3개년도의 국내 GIS 시장 규모를 추정함 ○ 향후 정부기관 및 지자체에서 적극적인 도입 및 활용에 따라 재난재해, 농업, 토목 분야 등 일반 산업에도 활발한 성장이 예측됨 																																									

해외 시장

- o 상업용 민간 드론 시장은 2014년 6천만 달러에서 2023년 8억 8천만 달러로 연평균 35%성장 전망
- o 미국의 드론 규제는 강한 편이나 방산 업체가 주도하는 시장이 점차 상업적으로 자유화될 전망
- o 유럽의 경우 비전 2020 발표 이후, 드론 산업이 급성장 하고 있고 상업용 드론의 개발과 보급이 활발히 진행되고 있음
- o 현재 사용되는 민간 상업용 드론은 15,000개 수준이고 관련 법률 제도도 미비하나 최근 영상촬영 및 식물보호, 전력에너지 검사, 취미 레저용으로 급성장 하고 있는 추세임

주요국	기술력	활용도	규제강도	제조업체수	시장규모
미국	상	상	강	다수	큼
유럽	상	중	중	보통	큼
중국	상	상	약	보통	큼
일본	중상	중	약	소수	보통
한국	중상	하	중	극소수	작음

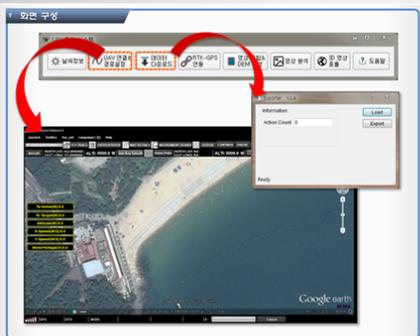
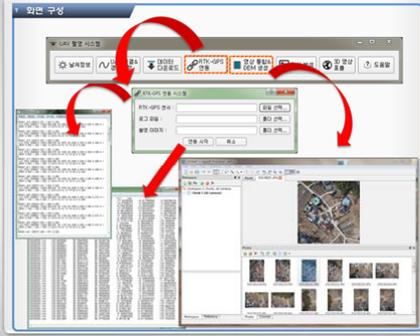
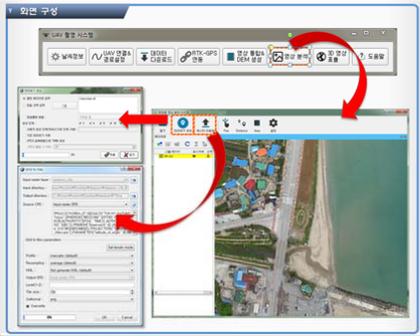
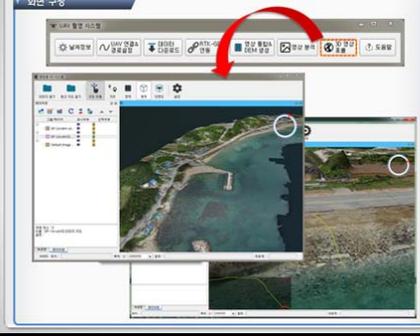
- o 드론 및 GIS를 이용한 재해 및 재난분야 이용도 꾸준히 증가하고 있는 추세임

7. 제품사진

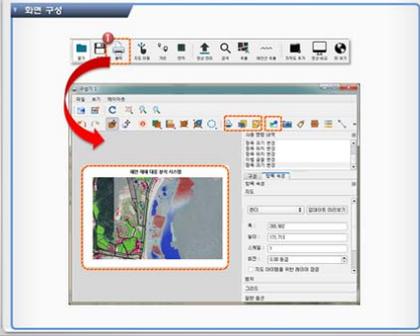
<RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론 시스템>



<국지성 해안재해 GIS 솔루션(현장분석용 툴)>

	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • 순차적인 업무 흐름에 따른 절차용 분석 시스템 구성 • 날씨예보 <p>시스템 업무 흐름</p> <p>메인화면 ↓ 날씨 예보 ↓ UAV 경로설정 ↓ 데이터 다운로드 ↓ RTK-GPS 연동 ↓ 영상정보 생성 ↓ 영상 타일링 ↓ 3D 표출</p>		<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • UAV 연동 및 촬영 경로 설정 시스템 구성 • 촬영 완료 후 UAV 센서데이터 다운로드 <p>시스템 업무 흐름</p> <p>메인화면 ↓ 날씨 예보 ↓ UAV 경로설정 ↓ 데이터 다운로드 ↓ RTK-GPS 연동 ↓ 영상정보 생성 ↓ 영상 타일링 ↓ 3D 표출</p>
	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • RTK-GPS 센서정보 및 촬영 이미지 연동 시스템 • 촬영 영상정보 통합 및 DEM(DSM) 생성 <p>시스템 업무 흐름</p> <p>메인화면 ↓ 날씨 예보 ↓ UAV 경로설정 ↓ 데이터 다운로드 ↓ RTK-GPS 연동 ↓ 영상정보 생성 ↓ 영상 타일링 ↓ 3D 표출</p>		<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • 영상정보 2D 표출 • 속도 계산을 위한 멀티보기 생성 • 빠른 3D 표출을 위한 영상정보 타일링 <p>시스템 업무 흐름</p> <p>메인화면 ↓ 날씨 예보 ↓ UAV 경로설정 ↓ 데이터 다운로드 ↓ RTK-GPS 연동 ↓ 영상정보 생성 ↓ 영상 타일링 ↓ 3D 표출</p>
	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • 촬영 영상 3D 표출 • 거리 측정 • 단면도 측정 <p>시스템 업무 흐름</p> <p>메인화면 ↓ 날씨 예보 ↓ UAV 경로설정 ↓ 데이터 다운로드 ↓ RTK-GPS 연동 ↓ 영상정보 생성 ↓ 영상 타일링 ↓ 3D 표출</p>		

<국지성 해안재해 GIS 솔루션(정밀분석 및 관리 UI)>

	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • 정밀분석 시스템 전체 화면 • 작업영역 열기 저장 • 서버 연동 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 작업영역 열기 - 저장된 작업영역 열기 2 작업영역 저장 - 현재 구성중인 작업영역 저장 3 서버 현황 정보 설정 4 서버 내 관련 데이터 열기 - 현재 구성중인 작업영역 저장
	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> • 출력 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 출력 - 현재화면 및 연결된 데이터 출력

	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 영상관리 영상검색 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 영상 관리 <ul style="list-style-type: none"> 영상 기록부 관리 영상 데이터 관리 및 다운로드 영상 검색 <ul style="list-style-type: none"> 관리중인 영상정보 검색 날짜, 시간, 위치, 센서종류, 차입자 별 검색 		<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 영상비교 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 영상 비교 <ul style="list-style-type: none"> 두 영상데이터를 분할창에 표현
	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> DEM 분석데이터 추출 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 추출 <ul style="list-style-type: none"> DEM 고도값 비교 해안선 추출 <ul style="list-style-type: none"> DEM 고도값 활용 해안선 추출 		<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 피해 분석 데이터 입력 피해 분석 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 피해 분석 데이터 입력 <ul style="list-style-type: none"> 건물, 논밭, 도로, 교량, 토종 등 피해분석 기초 데이터를 입력 피해 분석 <ul style="list-style-type: none"> 분석 기초 데이터 중 활성화된 데이터 피해 분석 및 결과 표출
	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 연안침식 자료 연동 연안침식 모니터링 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 연안침식 자료 연동 <ul style="list-style-type: none"> 기존 연안침식 측정 자료 연동 연안침식 모니터링 <ul style="list-style-type: none"> 연안침식 측정 고도자료와 DEM자료에서 추출된 고도값 비교 		

〈국지성 해안재해 GIS 솔루션(웹 시스템)〉

	<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 웹 시스템 GIS 화면 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 레이어 제어 <ul style="list-style-type: none"> 레이어 On/Off 레이어 투명도 조절 지도 범위 확인 <ul style="list-style-type: none"> GIS 화면 중심점의 시도, 시군구 정보 선택 지역으로 이동 지도 타일 선택 회환관리 지도 검색 <ul style="list-style-type: none"> 지도 확대 축소, 이동, 측정 지도 화면 <ul style="list-style-type: none"> GIS 데이터 표출 		<p>항목 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> 웹 시스템 화면 관리 <p>기능 설명</p> <ol style="list-style-type: none"> 화면 관리 <ul style="list-style-type: none"> 화면 등록 관리 화면 등록 및 삭제
--	---	--	--

<정보통신 · 방송 기술개발사업 주요 연구성과>

사업명	협업기반의 산업활력제고 사업				
과제명(과제번호)	소형 무인항공기를 활용한 국지성 해안재해 대응체계 개발				
주관기관명	한국해양과학기술원	설립일	1973.10.30.		
주소	(15627) 경기도 안산시 상록구 해안로 787				
대표자(기관장)	홍기훈	연락처	031-400-7779		
총괄책임자	박준용	FAX	031-400-6147		
총수행기간	2015. 04. 01. ~ 2016. 03. 31.				
총사업비(백만원)	1,069.443	정부출연금	800	민간부담금	269.443
참여기관(책임자)	(주)공간정보 (김석구) / (주)환경과학기술 (유인영)				
성과지표	세부지표			성 과	비 고
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	52억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	35억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : 8 % 국외 : 0.5 %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : 7 % 국외 : 0.5 %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		위	
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		위	
기술적 성과	특허	국내	출원	1건	
			등록	건	
		국외	출원	건	
			등록	건	
	프로그램 등록	국내		1건	
	학회발표	국내		3건	
	논문발표	국내			
	국외		건		
파급효과	고용효과	개발 전	명	11	
		개발 후	명	19	
	선진국 대비 기술수준		%		
	국산화율		%		
기타	표준 제개정, 기술이전 및 수상실적 등				

□ 구체적인 연구 성과

1. 지식재산권

번호	종류	명칭	출원일	등록일	국명	등록번호	발생차수
1	특허출원	사진측량을 위한 연안기준점 표지판	2015.09.01		한국	10-2015-0123771	1차년도
2	프로그램 등록	해안재해대응 분석시스템	2016.01.01		한국	C-2016-001340	1차년도

2. 논문 게재/발표 실적

번호	구분	논문명	저자명	저널명	일시	구분	SCI 등재 여부	발생차수
1	학회발표	드론사진측량을 이용한 태풍 고니의 울진지역 피해현황 파악 연구	정의영, 박준용, 노경찬, 김석구	한국해양학회 추계학술대회	2015. 11.05	국내	N	1차년도
2	학회발표	소형 무인항공기를 활용한 국지성 해안재해 대응체계 개발	노경찬	한국해양학회 추계학술대회	2015. 11.05	국내	N	1차년도
3	학회발표	드론의 해안재해 대응체계 개발	박준용, 정의영	한국해양학회 춘계학술대회	2016. 05.20	국내	N	1차년도

3. 기술이전 실적

번호	기술이전 내역	대상국명	대상기관명	이전일시	수입금액(백만원)	발생차수
						차년도
						차년도

4. 인증/포상 실적 등 (국내 및 국외)

번호	구분	명칭	일시	국명	수여기관명	발생차수
						차년도
						차년도

5. 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	향후 1년			
	소요예산(백만원)	600			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0	52	100	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0	7.5	13
국외		0	0.5	1	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	- 농업분야 식생지수 파악기술, 해양분야 관측 모니터링, 고정익 RTK-GPS 탑재 드론 개발 - 해양수산분야에서의 드론사진측량 자료를 활용한 공간정보 분석 및 관리 프로그램 추가 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0	10	30	
	수 출	0	5	10	

6. 고용 창출

항목	세부 항목	성 과	
고용 효과	개발 전	연구인력	9 명
		생산인력	2 명
	개발 후	연구인력	15 명
		생산인력	4 명

7. 기타 성과

<ul style="list-style-type: none"> ○ 해안 드론사진측량의 운용 지침서 제작을 통한 드론활용 표준화 초안 마련 및 해양조사관련 산업체의 드론활용 활성화 유도 ○ 해안 안전재해 대응에서 있어서 신속한 재해현황 파악을 위한 3차원 공간정보 분석 및 관리를 위한 GIS 솔루션 개발 ○ 드론사진측량 신뢰성 평가를 통한 연안침식 실태조사의 3차원 공간정보 구축 가능성 확보
--

8. 변경 이력

--

목 차

제 1 장 서론	17
제 1 절 과제의 개요	17
제 2 절 국내·외 기술현황	21
제 2 장 과제 수행의 내용 및 결과	27
제 1 절 최종 목표 및 평가 방법	27
제 2 절 단계 목표 및 평가 방법	28
제 3 절 연차별 개발 내용 및 개발 범위	29
제 4 절 수행 결과의 보안등급	36
제 5 절 유형적 발생품(연구시설, 연구장비 등) 구입 및 관리 현황	36
제 3 장 결과 및 사업화 계획	37
제 1 절 연구개발 최종 결과	37
제 2 절 연구개발 추진 체계	65
제 3 절 시장 현황 및 사업화 전망	67
제 4 절 고용 창출 효과	71
제 5 절 자체보안관리진단표	72

부 록 목 차

부록 1. 한국형 RTK-GPS 탑재 드론사진측량 시스템 제작	81
제 1 절 한국형 해안 드론사진측량 시스템 개요	83
제 2 절 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론 제작	84
제 3 절 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론 자체 검증	91
부록 2. 한국형 RTK-GPS 탑재 드론사진측량 시스템 운용 지침서	95
제 1 절 드론 사진측량 설계	97
제 2 절 현장운용 및 유의사항	133
제 3 절 데이터 추출 및 영상처리	172
제 4 절 장비보관 및 관리	214

부록 3. 시범지역에 대한 공간정보 구축	223
제 1 절 연구사업 시범 대상지 개요	225
제 2 절 과제수행 장비개요	226
제 3 절 드론사진측량 및 데이터 처리 절차	228
제 4 절 드론사진측량	229
제 5 절 드론사진측량 오차 발생 문제점 개선방안	244
부록 4. 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 사용 매뉴얼	249
제 1 절 현장용 시스템 사용자 매뉴얼	251
제 2 절 정밀분석 시스템 사용자 매뉴얼	268
제 3 절 정밀분석 웹 시스템	298
부록 5. 드론사진측량 신뢰성 평가 보고서	301
제 1 절 서론	303
제 2 절 정확도 검증 방법	305
제 3 절 정확도 검증 수행 결과	318
제 4 절 결론	385
부록 6. 해안재해 유형별 경제적 피해규모 산정 및 적용	387
제 1 절 과제의 개요	389
제 2 절 연구수행내용	390
부록 7. 드론 공간정보자료의 효율적 연안관리 활용	409
제 1 절 연안의 공유수면 이용 관리	411
제 2 절 바닷가 및 자연해안관리	417
제 3 절 방치선박 관리	420

제 1 장 서론

제 1 절 과제의 개요

1. 연구개발의 필요성

- ▶ 무인항공기(UAV)¹⁾(이하 드론)은 주로 군사적 목적으로 활용되어 왔으나 최근 세계적으로 다양한 산업 분야에서 기하급수적으로 증가하고 있는 추세임
- ▶ 한국의 경우는 군용으로 국한되어 있던 드론 기술을 여러 산업분야로 활성화할 수 있도록 다양한 응용기술 개발 및 연구 지원이 필요하며, 특히 재해관련 활용이 시급함
- ▶ 기후 급 변동으로 인한 태풍, 이상고파 및 해일 등으로 해마다 예측이 어려운 국지성 해안재해 발생빈도가 증가하고 있어, 이에 대한 대응 체계를 구축하는 것이 필요함



연안침식에 의한
해안가 건축물 붕괴



돌발성 해안사면 붕괴



해일 및 이상고파로 인한
해안도로 붕괴

[그림 1-1] 국지성 해안재해 예시

- ▶ 해안 난개발 및 건축·구조물 노후화 등에 의한 갑작스런 안전사고의 발생 빈도가 증가하고 있어, 안전관리 및 대응방안이 필요함



[그림 1-2] 해안가 건축·구조물 노후화로 인한 해안 안전문제 발생

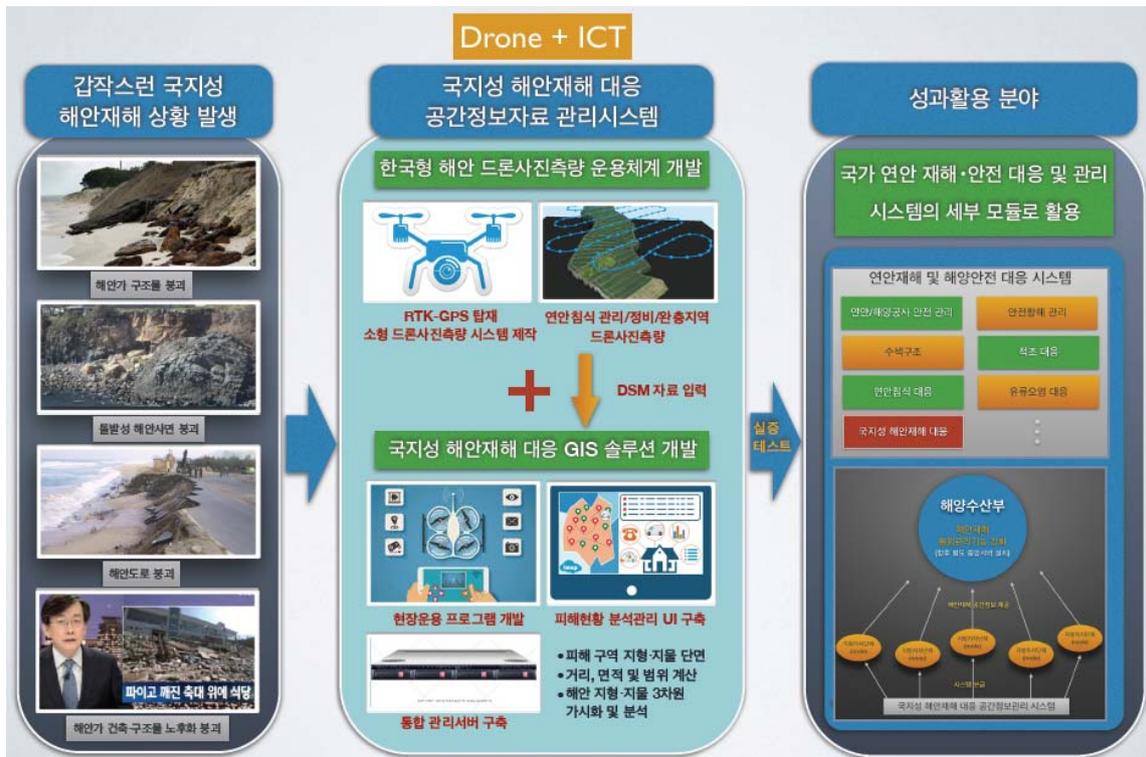
1) 무인항공기(UAV : Unmanned Aerial Vehicle)는 조종사가 탑승하지 않고 지상에서 원격으로 조종하거나 사전에 입력된 임무 프로그램으로 비행체가 주위환경을 인식하고 판단하여 스스로 비행하는 비행체를 말한다. ‘벌 등이 웅웅거리는 소리’라는 의미로 드론(drone)이라고도 불린다.

- ▶ 해안 안전재해 대응에 있어 신속한 재해현황 파악과 피해범위의 정량적 측정이 필요함
- ▶ 해안재해 지역의 특성상 인력의 접근이 어려워 측량 불가능 또는 장시간이 소요되어, 해안 지형·지물 변동과 피해상황을 신속하게 측량 분석할 수 있는 기술 개발 필요함

2. 연구목적

- ▶ 한국형 해안 드론사진측량 시스템을 통해 신속하고 정확하게 피해상황을 파악하고 피해 규모 산정하여 저비용·고효율의 국지성 해안재해 대응체계 구축하는 것임

가. 해안 재해 대응 공간정보관리시스템 개발



[그림 1-3] 해안 재해 대응 공간정보관리시스템 개발 체계

- ▶ 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작을 통하여 신속/정확한 피해상황파악 및 피해 규모산정을 위한 저비용/고효율의 체계 구축
- ▶ 국지성 해안재해 대응 공간정보관리시스템은 접근이 어렵고 위험도가 높은 해안에서 발생한 재해에 대하여, 신속한 ‘초경량 무인비행장치²⁾ 사진측량’으로 얻어진 정량적

2) 무인비행장치 : 항공법 제2조에 정의한 바와 같이 자체중량이 150 kg 이하인 무인비행장치를 지칭함
 항공법 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2011.12.2, 2012.1.26, 2013.3.23>
 28. "초경량비행장치"란 항공기와 경량항공기 외에 비행할 수 있는 장치로서 국토교통부령으로 정하는 동력비행장치(動力飛行裝置), 인력활공기(人力滑空機), 기구류(氣球類) 및 무인비행장치 등을 말한다.
 ※ 국토교통부령으로 정하는 동력비행장치(動力飛行裝置), 인력활공기(人力滑空機)·기구류(氣球類) 및 무인비행장치 등(시행규칙 제14조)

6. 무인비행장치: 사람이 탑승하지 아니하는 것으로서 다음 각 목의 비행장치

자료를 ‘국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션’을 이용하여 분석·관리하는 대응체계임

나. 해안재해 대응 공간정보관리시스템 적용분야

- ▶ 갑작스럽게 발생한 해안재해(해안 건축물 붕괴, 해안사면 붕괴, 해안도로 붕괴, 해수 범람, 지진해일에 의한 연안피해 등)에 대한 대응
- ▶ 연안침식 해빈의 지형변화 모니터링 및 관리시스템 연계
- ▶ 난개발에 의한 해안지역의 안전저해요소 현황 파악 및 개발계획 수립
- ▶ 해안 구조물(방파제, 도로, 레저시설 등)의 주기적 관측을 통한 안전관리

3. 기술개발의 중요성 및 파급효과

가. 기술개발의 중요성

- ▶ 자연재해 발생을 대비하여 자연재해 대책법 제9조³⁾와 제21조⁴⁾ 등에 재해원인 조사와 상황기록에 대한 사항이 명시되어 있음.
- ▶ 해안 구조물 증가와 함께 해안재해 발생빈도가 증가하고 있으며, 해안재해에 대한 효율적 대응 및 후속관리를 위해 지리적 위치, 피해 상황 및 발생 규모 등에 대한 신속하고 정확한 정보취득과 분석체계가 반드시 필요함.
- ▶ 다양한 분야에서 드론에 대한 관심과 활용이 높게 나타나고 있지만 해안재해 분야에서는 드론 활용이 미진한 상태이며, 이에 따른 시장 확보와 운용체계 마련이 시급함.
- ▶ 재난관리체계에서 정보의 공유와 소통을 강화하는 목적의 ICT 활용이 일반화되어야 함.
- ▶ 우리나라는 모바일과 앱을 이용한 재난재해 정보제공 서비스와 다양한 매체를 통한 신고접수 등 ICT를 활용한 다양한 재난대책을 추진하고 있지만 효과는 부진한 실정임.
- ▶ ‘2020 해양수산 R&D 12가지 미래상’ 중 연안재해 저감과 해양위해요소 대응 역량강화 항목에 대한 정책반영 및 확산을 추진하여 대국민 안전에 기여해야 함.
- ▶ 지상측량 및 유인항공측량 등 기존 조사 방식 대비하여 40~80% 비용절감이 가능함.
- ▶ 기존 조사 방법 대비하여 60~80% 시간이 단축되며, 이를 통한 정밀 지형자료 획득 효율성 증대할 것으로 보임

가. 무인동력비행장치: 연료의 중량을 제외한 자체 중량이 150킬로그램 이하인 무인비행기 또는 무인회전익비행장치
나. 무인비행선: 연료의 중량을 제외한 자체 중량이 180킬로그램 이하이고 길이가 20미터 이하인 무인비행선

3) 제9조(재해 원인 조사·분석 등) ① 재난관리책임기관의 장은 소관 시설 등에서 자연재해가 발생한 경우 그 원인에 대한 조사 및 분석을 실시할 수 있다. < 개정 2014.5.14.>

4) 제21조의2(재해 상황의 기록 및 보존 등) ① 지방자치단체의 장은 총리령으로 정하는 일정 규모 이상의 자연재해가 발생하였을 때에는 재해 발생 현황, 예방 및 대처 사항, 응급조치 등 재해 상황에 대한 상세한 기록을 작성하여 보존하여야 한다. < 개정 2013.3.23., 2014.11.19.> ② 중앙대책본부장이나 지역대책본부장은 피해지역의 피해 원인 분석·조사 및 복구사업 등에 활용하기 위하여 필요하다고 판단하면 피해 현장에 대한 공간영상정보 자료를 수집하거나 항공사진측량 등을 할 수 있다.< 개정2013.8.6.>

- ▶ 웹 기반 드론사진자료 조회 기능과 드론사진측량 자료제공 서비스를 통하여 중복 촬영방지와 유사분야 최신정보 공동 활용으로 경제손실 최소화해야함
- ▶ 국내 GIS 엔진을 활용한 수시 정밀 해안지형 3차원 가시화 시스템 구축에 따른 비용 절감되며, 유지보수가 용이하고 활용성이 증대될 것으로 보임

나. 기술개발의 파급효과

1) 기술적 측면

- ▶ 초경량 드론의 구성부품을 30% 이상 국내제작 부품으로 사용하고 RTK-GPS⁵⁾ 센서를 장착하는 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작
- ▶ 국내 해안의 난접근성 지역에 대하여 드론을 활용한 사진측량 운용체계 개발 및 지침서 작성으로 국내 드론 활용분야 확대와 기술력 향상에 기여
- ▶ 유관기관과 정보공유 및 자료제공 서비스를 통하여 동일지역의 영상 자료 중복 촬영방지와 유사분야 최신, 정밀정보 공동활용 체계 마련
- ▶ 피해분석정보 등 유관기관의 유사 시스템 간 연계를 통해 준 실시간 주요 정책/대응 자료 공유

2) 경제적 · 산업적 측면

- ▶ 새로운 해안측량기술 보급에 따른 관련산업 활성화 및 일자리 창출
- ▶ 해안 공간정보 활용을 통하여 해안재해 경제 손실을 최소화하고 효율적 연안이용 정책수립으로 연안경제성장 극대화
- ▶ 초경량 드론사진측량을 활용한 해양안전 및 해양조사 신규사업 창출 촉진할 수 있으며, 해안재해 대응 기술 해외 수출 및 관련분야 중소기업 성장판 마련
- ▶ 기타 지역개발계획, 관광홍보 영상활용 등의 부가 서비스를 통하여 촬영 드론사진측량의 활용성 증대

3) 사회적 측면

- ▶ 해안 안전관리 강화와 연안거주민에 대한 불안감 해소
- ▶ 해안재해에 대한 안전관련 부처와 지자체간 안전관리 네트워크 형성 가능
- ▶ 해안가 난개발 방지를 통한 친환경 연안 정비 가능
- ▶ 지역별, 연도별 드론사진측량 공간정보의 대국민 서비스를 통하여 거주지 또는 관심지에 대한 신속한 민원처리 및 재난 신고 체계 가능

5) RTK-GPS (Real-Time Kinematic GPS, 실시간 이동측위) : 정확한 위치정보(x, y, z)를 알고 있는 기지점에 기준국을 설치하여 보정신호를 실시간으로 이동국에 보내는 측량기법으로 수 cm의 정밀도를 유지하는 관측치를 얻을 수 있음

제 2 절 국내·외 기술현황

1. 국내 기술 동향 및 수준

가. 국내 드론 기술동향 및 수준

- ▶ 국내에서는 해안재해 발생 시 측량이나 사진촬영 등을 실시하여 피해상황을 파악하고 있으며, 신속한 자료 취득과 난접근 지역의 피해현황을 정량적으로 파악하는 것이 불가능한 상황임. 따라서 국지성 해안재해로 인한 피해현황을 신속·정확하게 파악하고 대처할 수 있는 대응체계 구축이 필요한 실정임
- ▶ 국내에서 실시하고 있는 항공측량은 유인항공기에 카메라와 DGPS를 장착하여 Continuous Kinematic기법을 활용해 사진촬영을 실시하고 있으며, 지도제작, 정사사진, DEM 제작을 위한 기초자료로 활용되고 있음
- ▶ 유인항공기를 이용한 항공사진 측량은 아래와 같은 단점이 있으며, 이를 보완하여 국내 실정에 맞는 드론을 이용한 항공사진 측량 기술을 도입하는 것이 필요함

[표 1-1] 유인항공측량과 드론사진측량 비교

구 분	유인항공측량	드론사진측량
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1회 비행으로 넓은 지역 촬영 가능 ▶ 기상의 영향을 크게 받지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1회 사진측량 비용이 저렴하며, 재비행가능 ▶ 비행고도가 낮아 정확도 향상 ▶ 용량이 비교적 작아 활용이 용이함 ▶ DEM 제작시간이 비교적 짧음
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1회 항공측량 비용이 비쌈 ▶ 재촬영이 어려움 ▶ 제작된 측량자료의 용량이 큼 ▶ DEM 제작까지 오랜 기간이 소요됨 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 비행시간이 짧음 ▶ 기상조건에 영향을 받음 ▶ 추락 및 파손의 위험이 있음

- ▶ 12 kg 이하급 초경량 드론은 대부분 중국 부품을 수입 후 조립하여 사용하거나 완성된 기체를 수입하여 사용 및 활용하고 있는 실정임
- ▶ 드론 사용은 조종기술 및 비행환경에 대한 대처능력이 요구되어 특정 전문가에 사용이 국한되어 있으며, 이를 보완하기 위해서는 자동항로비행과 버튼식 드론 제어 프로그램을 사용하는 국외 기술도입 및 국내기술 개발이 필요함
- ▶ 드론시장은 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 최근 홍수 및 산사태, 용벽 붕괴 등의 육상 재해 현황 파악에도 이용되고 있음
- ▶ 드론의 종류는 회전익비행체와 고정익비행체 두 가지 종류가 있으며, 두 비행체의 장단점은 다음과 같음

[표 1-2] 회전익과 고정익 드론 장·단점 비교

구분	장점	단점
회전익 비행체	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 이착륙에 많은 공간을 차지하지 않음 ▶ 감시나 관찰을 위한 호버링이 가능 ▶ 수직비행이 가능하여 도시지역과 해안 수직암반에서도 사용이 용이 ▶ 물체에 근접시켜서 근접촬영이나 비행이 가능 ▶ 다양하고 중량감 있는 탑재체를 장착 가능 (확장성 높음) ▶ 우리나라의 좁은 해안에 적합함 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 고정익에 비해 보다 복잡하고 많은 부품들이 사용됨 ▶ 짧은 배터리 수명과 무게 ▶ 고정익에 비해 보다 좁은 지역을 촬영하는데 적합 ▶ 추락할 경우 고정익보다 손상규모가 큼 ▶ 인사사고로 이어질 수 있는 기체구조와 무게, 재질
고정익 비행체	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 회전익보다 더 넓은 지역을 촬영 가능 ▶ 회전익보다 긴 비행시간이 가능 ▶ 추락으로 인한 손상규모가 작음 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 회전익에 비해, 보다 넓은 이착륙 공간 필요 ▶ 호버링이 불가 ▶ 다양한 탑재체의 장착이 다소 어려움 ▶ 자유로운 각도조절이 어려움 ▶ 수직면에 대한 사진촬영 어려움 ▶ 사진중복촬영 시 바람의 영향이 받음

나. 국내 GIS 기술동향 및 수준

- ▶ 최근 도심지역에 대한 고해상도 공간정보를 취득하기 위해 드론사진측량기법을 이용하여 지형자료를 취득하고 정확도를 분석하며, GIS 공간분석을 통해 활용성을 검토하였음
- ▶ 드론사진측량을 이용한 3차원 공간정보 취득에 관한 연구를 통하여 3D GIS 데이터베이스 갱신, 지형·지물 변화정보 추출 및 수치지형도 수치갱신에 활용할 수 있는 가능성 제시함
- ▶ 최근 소형화 및 경량화된 고성능 Geosensor들을 활용한 GIS 시스템은 교통, 환경, 재난재해 모니터링 등 분야에 폭넓게 활용되고 있으며, 현재 GIS 기술의 발전단계는 4단계(3차원 가상도시 구축)에서 능동적 3차원 가상세계 구축 기술인 5단계로 발전하였음

[표 1-3] 3차원 GIS 기술개발 추세

구분	발전단계	구현기술
1980년대	1단계	3차원 지형분석의 2차원적 표현
	2단계	3차원 지형 가시화(Flight Simulation)
1990년대	3단계	3차원 지형 분석
2000년대	4단계	3차원 가상도시(Browsing)
	5단계	능동형 3차원 가상세계(Analysis)

다. GIS 서비스 부문별 국내 재난관리 주요 정보시스템

1) Web 또는 C/S 기반 시스템

- ▶ 재난재해 부문 공공기관에서 Web 또는 C/S 기반 시스템으로 운영되며, 일부 정보를 대시민 서비스로 제공하고 있음
- ▶ 항공영상과 지형정보, 주제형 재해지도, 주요시설 위치 정보를 GIS 기반으로 서비스 운영하고 있음
- ▶ 사용자는 관련 업무 담당자이며, 주요 서비스 내역은 재난재해 종류별 발생 이력, 피해규모, 시설정보, 상황전파, 대처요령, 피해지역 사진, CCTV 등이 있음

[표 1-4] 국내 재난유형별 정보시스템

재난유형 (소관부처)	육상재난 (소방방재청, 산림청 등)	해양재난 (해양수산부)	특수재난 (환경부 등)
정보시스템	국가재난관리시스템 (NDMS)	해양안전종합 정보시스템(GICOMS)	화학물질정보시스템 등
내용	풍수해, 대설 등 자연재난관리 행정업무를 지원하며, 사용자·기능에 따라 시군구, 시도 및 중앙 재난관리시스템으로 구분	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 선박 모니터링 시스템 (VMS)을 기반으로 해양 재난안전 관련정보 시스템을 연계·통합한 해양 재난안전 종합관리시스템 ▶ 해안재해에 대한 관리 시스템 없음 	유해 화학물질 관리법상 유독화학물질정보를 통합관리하고, 산업체의 유해화학물질관리법이행을 지원

※ 자료: 이해정(2014.6). “재난안전 정보화 발전방안”

2) Mobile 기반 시스템

- ▶ ‘모바일 국가 재난안전센터’ 앱이 출시되어 서비스를 제공하고 있으나 홍보부족으로 대중성이 낮으며, 다양한 매체를 통해 신고접수가 가능하지만 이에 대한 인식 수준이 낮음
- ▶ 재난상황정보, 국민행동요령, 주요시설물 안내 및 재난관련 교육 서비스 등과 함께 위급상황을 스마트폰을 통해 신고하는 앱도 운용하고 있음

2. 국외 기술 동향 및 수준

가. 국외 드론 기술 동향 및 수준

- ▶ 세계적으로 가장 많은 드론을 보유하고 있는 미국에서는 2015년 9월 30일까지 드론의 상업적 이용을 금지하고 있으나, 현재 상업적 이용이 가능하도록 정책을 전환하고 있음⁶⁾
- ▶ 드론이 미 국가항공시스템에 통합될 경우 10년간 821억 달러 경제효과를 창출할 것으로 예상함⁷⁾
- ▶ 국외의 경우 드론은 허리케인과 화산활동 정보 수집, 영하 40도 극지 탐사, 재난현장의 의료품 전달 임무, 야생동물 관찰, 밀렵 감시, 재난 현장의 생존자 확인 등에 활용
- ▶ 초경량 드론은 재해발생 시 신속하게 투입되어 저고도 비행으로 재해지역에 접근하여 피해상황을 파악할 수 있음
- ▶ 스위스와 스웨덴에서는 드론에 RTK-GPS를 탑재한 고정익 드론을 제작하여 저비용, 고효율에 드론시스템을 활용하고 있음

나. 국외 GIS 기술 동향 및 수준

- ▶ 미국의 Virtual 3D-City 프로젝트(Virtual LA, Boston Atlas)에서는 카 내비게이션, 응급구조 관리, 훈련/홍보 및 교육 분야에 3차원 공간정보를 활용하여 도시설계를 진행 하고 있음
- ▶ ESC(Environmental Simulation Center)에서는 도시계획이나 도시설계 과정에서 3차원 공간정보기술 적용을 통해 시민의 거주 적합성을 개선해 나가고 있음
- ▶ 영국의 Virtual London은 효과적인 전자정부(e-Government) 실현을 위하여 런던대학의 공간분석센터에서 추진 중인 프로젝트를 통해 관광, 도시계획 및 대국민 홍보 등의 콘텐츠를 적용하고 있음
- ▶ 핀란드 헬싱키의 'Arena 2000 Real Cyber City' 프로젝트에서는 가상현실 도시를 구축하여 3차원 GIS 서비스를 통해 교통 제어, 화재/사건/사고 감시 및 관광 분야에 활용하고 있음
- ▶ 웹기반의 시민 참여형 GIS 연구(윤병국 외 1명 한국사진지리학회, 2010)에서는 미국 Wisconsin 주의 해안관리 프로그램 (WCMP)을 사례로 웹 기반의 참여형 GIS를 적용하였으며, 지리학적 기반의 GIS 정보가 그 해결책을 제시할 수 있다고 보고함

6) 한국해양수산개발원, 『드론의 해양수산분야 활용방안』, 2014, 2쪽.

7) 한국해양수산개발원, 『드론의 해양수산분야 활용방안』, 2014, 22쪽.

다. 해외 재난관리 주요 정보시스템 사례

1) 재난 대응 분야별 ICT 기술 활용 사례

[표 1-5] 재난 대응 분야별 ICT 기술 활용 사례

구분	재난예방 및 상황전파	재난대응 및 복구지원
모바일	미국의 대국민 경보시스템(PLAN): 휴대전화 기지국을 이용, 재난지역에 맞춤형 정보발송	유럽의 SMART WORKPAD
소셜 미디어	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 미국 트위터 지진감지기(TED) ▶ 트위터글을 파악하여 지진 발생 및 위치정보를 파악하고 실시간으로 전파 ▶ 호주의 Emergency 2.0 프로젝트 	아이티 지진(2010) 발생시 상황인지 위해 미국은 HSMDMI 구축하여 대응,복구와 재건 지원
CCTV	HD급 CCTV기술을 활용하여 현장영상을 수집 분석하고 재해나 재난을 예방	테러 현장주변 CCTV 영상검색으로 범인 검거
로봇	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 미국 국방부의 정찰로봇과 지뢰탐사로봇 ‘에어리얼’ ▶ 미국 나사의 솔로트랙: 해양탐사용 무인 잠수로봇(수심 500m까지 잠수) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 2011년 일본 대지진 현장에 재난대응 ▶ 로봇을 투입하여 재난 구조활동 전개 ▶ 영국의 FireSpy 로봇: 소방요원이 접근 불가능한 빌딩에 투입, 진화작업 수행
빅 데이터	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 싱가포르 RAHS: 빅데이터 기반의 해상상황인식 파악으로 해상테러/침투 등 안전 확보 ▶ 영국 The Foresight HSC: 해수면 상승, 해안침식 및 홍수 등 잠재적 위험에 대한 관리대책 마련 목적 	국립재난안전연구원의 스마트 빅보드(Smart Big Board): 빅데이터 분석을 통한 재난대응 의사결정 지원
GIS	미국 맵플러 서비스: 2012년11월 허리케인 샌디 피해지역 주변의 이용가능한 주요소 지도정보 제공	일본 ‘나가레도로’: 피해지역 사람과 피해 지역으로 이동하는 사람에게 이동참고 지도정보서비스

※ 자료 : 경기개발연구원

2) 유럽연합

- ▶ 유럽집행위원회(EC, European Commission)는 실시간으로 홍수와 관련된 비상사태에 대한 경고 및 모니터링을 위해 사용되는 앱, 소프트웨어, 센서 등을 개발
- ▶ 유럽연합 IT를 이용한 홍수 예방 프로젝트에는 Imprints, WeSenseIt, UrbanFlood 등이 있으며, 이 프로젝트들은 유럽 전역에 걸쳐 홍수를 모니터링하고 예측할 수 있는 유럽 홍수 경보 시스템(EFAS, European Flood Alert System)에 사용됨

① Imprints

- ▶ 홍수를 방지하고 관리하기 위해 추진하고 있는 조기 경보시스템 개발 프로젝트
- ▶ 홍수 경보 시스템은 기상예보 데이터 확률에 근거하고 있으며, 강우 예측, 기상 모델, 그리고 일기 레이더 네트워크를 이용함으로써 물의 흐름을 예측할 수 있고, 갑작스러운 홍수에 대한 조기 경보 시스템을 제공하고 있음
- ▶ 홍수로 인해 얼마나 많은 잔해가 발생할지에 대해서도 예측하며, 지역 인프라에 어떠한 잠재적 피해를 입힐 것인지에 대해서도 예측 가능함

② WeSenseIt: 조기 경보 시스템

- ▶ 시민들과 홍수 감시관들이 지역에 대한 정보를 공유할 수 있는 앱에 의존함.
- ▶ 이탈리아, 영국, 네덜란드의 시민 보호 당국에 의해 제안된 3차례의 사례 연구에서 테스트되고 검증함

③ UrbanFlood: 센서 기반 모니터링 시스템

- ▶ 센서는 제방의 상황과 더불어 수위와 습기, 지층의 움직임과 온도 등의 변화를 감지하고 모니터링하는 역할을 하며, 이러한 정보는 경보를 발령하는 소프트웨어에 의해 처리됨
- ▶ 소프트웨어는 또한 얼마나 빨리 홍수에 의해 제방이 붕괴될 것인지, 어떻게 하면 거주민들이 더 빠르게 안전한 곳으로 이동할 수 있을지 제시함

※ 자료: KISTI 미리안 『글로벌동향브리핑』 / 2014년 9월 4일

3) 재해지도

- ▶ 미국의 재해관리는 79년 4월에 설립된 FEMA의 주도로 재해지도 작성에 대한 기술적인 지침을 제공하고 있으며, 일반적인 지역의 홍수로 인한 침수위험정보 및 토사재해의 위험성에 대해 재해지도에 표시하고 있음
- ▶ 일본은 85년부터 침수실적도를 작성하고 89년부터 홍수범람위험구역도를 작성하고 있으며, 94년부터 주민들의 실제 대피행동이나 구조 활동 등에 실용적인 홍수재해지도 작성요령을 주지하여 재해지도를 제작, 활용하고 있음
- ▶ 영국의 홍수지도는 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 예측에 따른 것으로 주기적인 홍수 위험평가와 홍수 발생 시 현장 상황에 대한 연구를 통하여 지속적으로 갱신함

제 2 장 과제 수행의 내용 및 결과

제 1 절 최종 목표 및 평가 방법

1. 최종 목표

구 분	내 용
최종목표	신속·정확한 국지성 해안재해 대응을 위해 초경량 드론을 활용한 해안 공간정보관리 체계 개발
세부목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국지성 연안재해 대응 공간정보관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 한국형 국지성 해안재해 대응 드론사진측량 운용체계 개발 - 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발 ○ 연안침식 실태조사 활용성 판단을 위한 드론사진측량 신뢰성 검증 ○ 연안침식 관심지역의 3차원 공간정보 시범 구축 ○ 국지성 해안재해 대응 공간정보관리 시스템 활용 방안 연구

2. 평가 방법

평가항목	평가방법	평가환경	개발 목표치
한국형 해안재해 대응 드론사진측량 시스템 제작	- 초경량 드론의 비행안전성 및 드론사진측량 효율성 검증	현장 테스트 및 제작물품	RTK-GPS 탑재 회전의 드론 제작
드론사진측량 운용체계 지침서 제작	- 현장운용 및 유의사항 설명서 - 장비 보관 및 관리에 관한 설명서 - 드론사진측량 설계 설명서	출판물 제출 여부 (부록 첨부)	지침서 제작
사진측량결과 테스트	- 신뢰성 검증을 위한 정밀지형 측정결과와 드론사진측량으로 획득된 3차원 지형결과의 비교 - 제3기관에 의한 신뢰성 평가	현장 테스트 및 평가보고서 (부록 첨부)	수평오차 ±5 cm 수직오차 ±10 cm
GIS 솔루션 시제품 프로그램 등록	- 한국저작권위원회 프로그램 등록 절차 및 평가방법 준수 프로그램 등록	한국저작권위원회 평가환경	등록

제 2 절 단계 목표 및 평가 방법

1. 단계 목표

단 계	세부항목	내 용
설계	드론사진측량 운용체계	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 한국 해안에 적합한 드론사진측량 시스템 설계 ▶ RTK-GPS 탑재방식 선정 ▶ 정확도 목표치 선정
	GIS 솔루션	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수행 프로세스, 세부일정 및 산출물 확정 ▶ 프로그램 및 DB 설계
개발	드론사진측량 운용체계	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국산 부품을 이용한 드론사진측량 시스템 제작 ▶ RTK-GPS 탑재 ▶ 운용체계 지침서 제작
	GIS 솔루션	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장조사용 툴 개발 ▶ 정밀분석 및 관리 UI 개발 ▶ DB/GIS 서버 구축
	공간정보관리 시스템 활용분야 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 피해산정 알고리즘 개발 및 적용 ▶ 드론사진측량 결과를 이용한 연안관리 활용분야 발굴
점검 및 보완	드론사진측량 운용체계	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 테스트 비행을 통한 문제점 파악 및 보완 ▶ 연안침식 관심지역 시범조사
	GIS 솔루션	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 연안침식 관심지역 공간정보 구축 및 보완 ▶ 활용분야 요구사항 적용 및 보완
	공간정보관리 시스템 활용분야 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 피해산정 알고리즘의 프로그램 적용 및 보완
	드론사진측량 신뢰성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 중첩도, 비행고도, 지상기준점별 정확도 평가
완료	최종보고서	▶ 최종 산출물 점검 및 보고서 작성

2. 평가 방법

단 계	세부항목	산출물	평가방법
설계	드론사진측량 운용체계	제작 설계도, 수행계획서	작성여부
	GIS 솔루션	수행계획서, 요구사항 정의서, DB 설계서	작성여부
개발	드론사진측량 운용체계	RTK-GPS 탑재 회전익, 운용 지침서	제작여부
	GIS 솔루션	현장조사용 툴, 정밀분석 및 관리 UI, DB/GIS 서버	개발 및 구축 여부
	공간정보관리 시스템 활용분야 연구	피해산정 알고리즘, 활용방안 제시	개발 및 제시 여부
점검 및 보완	드론사진측량 운용체계	테스트 비행 결과, 시범조사 결과	테스트 및 조사결과
	GIS 솔루션	공간정보 구축, 활용분야 적용	구축 및 적용 여부
	공간정보관리 시스템 활용분야 연구	프로그램 적용	적용 및 보완 여부
	드론사진측량 신뢰성 평가	정확도 평가	평가 여부
완료	최종보고서	최종보고서	보고서 작성 여부

제 3 절 연차별 개발 내용 및 개발 범위

1. 개발목표

구 분	개 발 목 표
한국형 국지성 해안재해 대응 드론사진측량 운용체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▶ RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작 ▶ RTK-GPS를 장착한 드론의 현장 작동 테스트 ▶ 드론사진측량 오차발생 문제점 개선방안 및 시험적용 ▶ 해안지형 측량자료 수집을 위한 초경량 드론사진측량 운용기술 체계화 및 지침서 제작 ▶ 연안침식 관심지역에 대한 드론사진측량 조사 수행
국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장분석용 툴 개발 ▶ 정밀분석 및 관리 UI 개발 ▶ DB/GIS 서버구축 ▶ RTK-GPS의 드론사진촬영 연동 프로그램 개발
공간정보관리 시스템의 활용성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 연안침식 실태조사 활용성 판단을 위한 드론사진측량의 신뢰성 검증 ▶ 공간정보관리 시스템의 활용방안 연구 ▶ 현장 실증 운용 테스트

2. 개발 내용 및 개발 범위

가. 한국형 국지성 해안재해 대응 드론사진측량 운용체계 개발

1) RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작

- ▶ 비행 중 위치정보 정밀도 향상을 위한 초경량 드론에 RTK-GPS 탑재 및 현장테스트
- ▶ 초경량 드론의 안전성 및 비행능력 테스트
- ▶ 한국 해안지형에 적합한 시스템 제작
- ▶ 풍속에 대한 저항성 향상
- ▶ 넓은 지역을 조사하기 위한 비행시간 향상
- ▶ RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템의 구성은 다음과 같음
 - (a) RTK 탑재체 : 고정밀 GPS, 초경량 드론의 위치 좌표의 정확도/정밀도 향상
 - (b) 카본 프로펠러 : 카본으로 제작된 경량 프로펠러, 경량으로 배터리 소모를 최소화
 - (c) 방수 모터 : 생활방수기능이 탑재된 모터, 품질이 우수하여 고장발생비율 최소화
 - (d) 모터 변속기 : 8개의 모터의 속도와 회전방향을 제어하는 장치

- (e) 비디오 송수신 장치 : 기체의 카메라에서 영상을 지상 모니터로 송신 하는 장치
- (f) GPS 및 비행제어 장치 : 위성에서 보내는 신호를 수신하여 현재의 위치를 알 수 있는 위성 항법 시스템
- (g) 비행정보표시 및 기록장치 : 비행정보를 실시간으로 표시 및 모든 비행정보를 자동으로 기록하는 장치
- (h) 비행 컨트롤 장치 : 자동 비행을 하기위한 데이터 송수신 장치
- (i) 카메라 : 사진촬영을 위한 광학기기
- (j) 짐벌 : 카메라가 수평 및 연직으로 놓일 수 있도록 전후·좌우 방향축에 대하여 회전을 허용하는 회전 허용 지지틀

2) RTK-GPS를 장착한 드론의 현장 작동 테스트

- ▶ 개발된 RTK-GPS를 탑재한 한국형 해안 사진측량시스템의 현장 활용성 및 정확도 검증을 위한 테스트 수행

3) 드론사진측량 오차발생 문제점 개선방안 및 시험적용

- ▶ 비행조건별 드론사진측량의 정확도 테스트
- ▶ 드론 사진측량의 정확도 향상 기술 개발 및 현장 시험 적용

4) 해안지형 측량자료 수집을 위한 초경량 드론사진측량 운용기술 체계화 및 지침서 제작

- ▶ 초경량 드론 운용, 자동항법 프로그램, 데이터 후처리, 비행 중 위기대처능력에 대한 최적화된 체계 확립
- ▶ 가시화된 세부 지침서 제작
- ▶ 초경량 드론 점검기술, 사고사례 등 안전점검 지침서 제작
- ▶ 동영상 운용 매뉴얼 제작
- ▶ 수리 및 안전진단 방법, 비행 전·후 점검항목, 사고사례, 올바른 조작방법 등 서술

5) 연안침식 관심지역에 대한 드론사진측량 조사 수행

- ▶ 연안침식 관심지역 총 10곳에 대한 드론사진측량 시범조사 수행
- ▶ 3차원 정밀 해안공간정보 추출
- ▶ 오차발생 문제점 개선방안 및 시험적용

7) 드론사진측량 운용체계 개발 세부항목

운용체계 개발 항목	개발내용	비고
사진촬영 전 관리방안	<ul style="list-style-type: none"> - 촬영지역의 현황 파악 및 기초사 자료 파악 - 시뮬레이션 프로그램을 이용한 가상촬영 - 비행허가 신청서 작성 및 접수 - 예상 비행경로 설정 - 비행장비 검수 및 테스트 	
사진촬영시 현장조사 체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> - 촬영지역의 기상상황 파악 - 기체조립 및 연결 - 비행경로 설정 - 촬영 및 자료추출 - 촬영 기록부 작성 (사진측량 메타파일 작성) - 자료 검토 - 오차발생 문제점 개선방안 및 시험적용 	
후처리 과정 및 방법체계	<ul style="list-style-type: none"> - 정확도 향상 및 효율성 향상을 위한 후처리 방법 개선 - 데이터 변환 - 3D 데이터 처리 - 카메라 Calibration을 통한 2차 사진접합 - 정밀 지형자료 생성 - 정사영상 및 해안공간자료 생성 - 데이터 백업 	<p>사진 측량자료 품질관리를 위한 QA/QC 적용</p>
초경량 드론 운용 지침서 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 현장운용 및 유의사항 설명 - 장비 보관 및 관리에 관한 설명 - 사진측량 조사작업 설계 설명 (비행고도, 중첩도, 조사범위설정 등) - 사용자가 이해하기 쉽도록 시각화된 별도 설명서(quick manual) 및 동영상 제작 	
자료 후처리 지침서 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 자료 해석 및 후처리 프로그램 설명 - 최종 결과물 확인 방법 및 검증 설명 - 사용자가 이해하기 쉽도록 시각화된 별도 설명서(quick manual) 및 동영상 제작 	

나. 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발

1) 현장분석용 툴 개발

시스템	개발 내역	모듈	설명	세부 내용										
현장 분석용 툴	사진측량 자료 및 공간정보 활용 모듈 개발	기본 모듈	▶ 등록된 사용자가 시스템에 로그인 후 사진측량 영상 및 수치지도 GIS화면을 제어하고 사진측량 영상의 메타정보를 확인할 수 있는 기능	<table border="1"> <tr> <td>로그인</td> <td>○ 사용자 로그인/아웃 기능 개발</td> </tr> <tr> <td>레이어 컨트롤</td> <td>○ 레이어 On/Off 개발</td> </tr> <tr> <td>화면 컨트롤</td> <td>○ 지도화면줌인/아웃, 패닝, 초기화면, 영역확대/축소개발 ○ 3D화면회전 ○ View시점전환</td> </tr> <tr> <td>측정</td> <td>○ 거리, 면적 측정 기능 개발</td> </tr> <tr> <td>보기</td> <td>○ 영상자료 상세정보(메타정보) 보기 - UAV 촬영 로그 정보를 활용한 촬영 기록부 생성 - 촬영기록부 조회/편집/저장 ○ UAV에서 촬영된 현장 동영상 보기</td> </tr> </table>	로그인	○ 사용자 로그인/아웃 기능 개발	레이어 컨트롤	○ 레이어 On/Off 개발	화면 컨트롤	○ 지도화면줌인/아웃, 패닝, 초기화면, 영역확대/축소개발 ○ 3D화면회전 ○ View시점전환	측정	○ 거리, 면적 측정 기능 개발	보기	○ 영상자료 상세정보(메타정보) 보기 - UAV 촬영 로그 정보를 활용한 촬영 기록부 생성 - 촬영기록부 조회/편집/저장 ○ UAV에서 촬영된 현장 동영상 보기
		로그인	○ 사용자 로그인/아웃 기능 개발											
		레이어 컨트롤	○ 레이어 On/Off 개발											
	화면 컨트롤	○ 지도화면줌인/아웃, 패닝, 초기화면, 영역확대/축소개발 ○ 3D화면회전 ○ View시점전환												
측정	○ 거리, 면적 측정 기능 개발													
보기	○ 영상자료 상세정보(메타정보) 보기 - UAV 촬영 로그 정보를 활용한 촬영 기록부 생성 - 촬영기록부 조회/편집/저장 ○ UAV에서 촬영된 현장 동영상 보기													
응용/편집 모듈	▶ 현장에서 촬영된 사진측량 영상과 DSM (Digital Surface Model)을 중첩하여 3D로 중첩 표출하고 사용자 관심지역에 대한 과거 자료와 비교하여 고도정보 변화에 따른 변화율 분석과 지점간 고도 단면도 표출 기능	<table border="1"> <tr> <td>정보관리</td> <td>○ 공간정보입력/편집 ○ 비공간정보입력/편집 ○ DSM기반 해안선 추출 기능(기준 고도정보 선택) ○ 기존 영상 해안선 추출 정보 비교(벡터 기반 중첩 비교)</td> </tr> <tr> <td>3D 분석</td> <td>○ 고정 위치간 고도 단면도 ○ 임의 위치간 고도 단면도 - 연안침식 실태조사 기선측량 등의 결과(단면도) 비교 ○ 분석 - 임의 구역 체적연산</td> </tr> </table>	정보관리	○ 공간정보입력/편집 ○ 비공간정보입력/편집 ○ DSM기반 해안선 추출 기능(기준 고도정보 선택) ○ 기존 영상 해안선 추출 정보 비교(벡터 기반 중첩 비교)	3D 분석	○ 고정 위치간 고도 단면도 ○ 임의 위치간 고도 단면도 - 연안침식 실태조사 기선측량 등의 결과(단면도) 비교 ○ 분석 - 임의 구역 체적연산								
정보관리	○ 공간정보입력/편집 ○ 비공간정보입력/편집 ○ DSM기반 해안선 추출 기능(기준 고도정보 선택) ○ 기존 영상 해안선 추출 정보 비교(벡터 기반 중첩 비교)													
3D 분석	○ 고정 위치간 고도 단면도 ○ 임의 위치간 고도 단면도 - 연안침식 실태조사 기선측량 등의 결과(단면도) 비교 ○ 분석 - 임의 구역 체적연산													
외부연계 모듈	▶ 현장에서 드론으로부터 취득된 영상 외 조석정보, 파랑정보 기상정보 등 정보의 융합 서비스 기능	<table border="1"> <tr> <td>외부정보 활용 및 중첩</td> <td>○ 현장 조석정보, 파랑정보, 기상정보 표출 ○ 지형정보</td> </tr> </table>	외부정보 활용 및 중첩	○ 현장 조석정보, 파랑정보, 기상정보 표출 ○ 지형정보										
외부정보 활용 및 중첩	○ 현장 조석정보, 파랑정보, 기상정보 표출 ○ 지형정보													
사진측량 자료 처리 및 관리 모듈 개발	▶ 전처리 완료된 사진측량 정사보정(GCP 보정) 영상과 DSM, DEM 자료를 GIS화면에서 표출하기 위한 영상 Import 기능과 영상의 추가 보정작업을 위한 기능 개발 ▶ 취득된 사진측량 영상을 국지성 해안재해 대응 공간정보관리 시스템에 등록하고 촬영시점, 장소 등의 정보를 등록 관리하기 위한 기능 개발	<table border="1"> <tr> <td>영상 처리</td> <td>○ DSM Import ○ 사진측량영상 Import ○ DEM, DSM과 사진측량 영상 중첩 표출</td> </tr> <tr> <td>영상 보정</td> <td>○ RTK-GPS의 사진연동 프로그램 개발 - 정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료 연동 프로그램</td> </tr> <tr> <td>영상 등록/관리</td> <td>○ 연도별, 지역별 영상 등록 ○ 영상 메타데이터 관리 ○ 영상 촬영 기록부 관리</td> </tr> </table>	영상 처리	○ DSM Import ○ 사진측량영상 Import ○ DEM, DSM과 사진측량 영상 중첩 표출	영상 보정	○ RTK-GPS의 사진연동 프로그램 개발 - 정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료 연동 프로그램	영상 등록/관리	○ 연도별, 지역별 영상 등록 ○ 영상 메타데이터 관리 ○ 영상 촬영 기록부 관리						
영상 처리	○ DSM Import ○ 사진측량영상 Import ○ DEM, DSM과 사진측량 영상 중첩 표출													
영상 보정	○ RTK-GPS의 사진연동 프로그램 개발 - 정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료 연동 프로그램													
영상 등록/관리	○ 연도별, 지역별 영상 등록 ○ 영상 메타데이터 관리 ○ 영상 촬영 기록부 관리													

2) 정밀분석 및 관리 UI 개발

시스템	개발 내역	모듈	설명	세부 내용										
정밀분석 및 관리 UI	공간정보 관리 운용 모듈 개발	사용자 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 시스템 운용을 위한 사용자 계층을 분류하고 분류된 사용자 계층의 사용목적에 맞는 권한 설정과 사용자 추가, 삭제, 변경 등의 관리 기능 개발 	<table border="1"> <tr> <td>사용자 관리</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 추가, 삭제, 변경 기능 개발 ○ 사용자 권한설정 기능 개발 ○ 시스템 로그인/아웃 기능 개발 </td> </tr> </table>	사용자 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 추가, 삭제, 변경 기능 개발 ○ 사용자 권한설정 기능 개발 ○ 시스템 로그인/아웃 기능 개발 								
		사용자 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 추가, 삭제, 변경 기능 개발 ○ 사용자 권한설정 기능 개발 ○ 시스템 로그인/아웃 기능 개발 											
	업무 처리 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장에서 사용하기 위한 현장용 복제 (Replication) DB의 생성 후 탑재 운용 ▶ 현장에서 드론로부터 촬영된 동영상 자료 보기 기능 개발 	<table border="1"> <tr> <td>동영상 보기</td> <td>○ UAV에서 촬영된 현장 동영상 보기</td> </tr> <tr> <td>현장 DB생성</td> <td>○ 현장용 복제DB 생성</td> </tr> </table>	동영상 보기	○ UAV에서 촬영된 현장 동영상 보기	현장 DB생성	○ 현장용 복제DB 생성							
	동영상 보기	○ UAV에서 촬영된 현장 동영상 보기												
	현장 DB생성	○ 현장용 복제DB 생성												
	사진측량 자료 및 공간정보 활용 모듈 개발	기본 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 등록된 사용자가 시스템에 로그인 후 사진측량 영상 및 수치지도 기반 GIS화면을 제어하고 사진측량 영상의 메타정보를 확인할 수 있는 기능 ▶ 지역별, 촬영 시점별 축적 관리되고 있는 영상정보를 검색하고 사용자가 쉽게 해당 위치를 화면에서 확인할 수 있도록 조회하는 기능 	<table border="1"> <tr> <td>레이어 컨트롤</td> <td>○레이어 On/Off 개발</td> </tr> <tr> <td>화면 컨트롤</td> <td>○ 지도화면줌인/아웃,패닝,초기화면,영역확대/축소개발 ○ 3D화면회전 ○ View시점전환</td> </tr> <tr> <td>측정</td> <td>○ 거리, 면적 측정 기능 개발</td> </tr> <tr> <td>보기</td> <td>○ 영상자료 상세정보(메타정보) 보기 - UAV 촬영 로그 정보를 활용한 촬영 기록부 생성 - 촬영기록부 조회/편집/저장</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">검색</td> <td>○ 지도기반 위치 검색 기능(행정구역, 주소, 해안시설 등) 개발</td> </tr> <tr> <td>○ 영상 위치 검색 기능(년도별, 도엽별, 종류별 등) 개발 ○ 검색 리스트 기반 지도 화면 중심 이동 기능 개발</td> </tr> </table>	레이어 컨트롤	○레이어 On/Off 개발	화면 컨트롤	○ 지도화면줌인/아웃,패닝,초기화면,영역확대/축소개발 ○ 3D화면회전 ○ View시점전환	측정	○ 거리, 면적 측정 기능 개발	보기	○ 영상자료 상세정보(메타정보) 보기 - UAV 촬영 로그 정보를 활용한 촬영 기록부 생성 - 촬영기록부 조회/편집/저장	검색	○ 지도기반 위치 검색 기능(행정구역, 주소, 해안시설 등) 개발
레이어 컨트롤			○레이어 On/Off 개발											
화면 컨트롤		○ 지도화면줌인/아웃,패닝,초기화면,영역확대/축소개발 ○ 3D화면회전 ○ View시점전환												
측정		○ 거리, 면적 측정 기능 개발												
보기	○ 영상자료 상세정보(메타정보) 보기 - UAV 촬영 로그 정보를 활용한 촬영 기록부 생성 - 촬영기록부 조회/편집/저장													
검색	○ 지도기반 위치 검색 기능(행정구역, 주소, 해안시설 등) 개발													
	○ 영상 위치 검색 기능(년도별, 도엽별, 종류별 등) 개발 ○ 검색 리스트 기반 지도 화면 중심 이동 기능 개발													
응용/편집 모듈	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 현장에서 촬영된 사진측량 영상과 DSM (Digital Surface Model)을 중첩하여 3D로 중첩 표출하고 사용자 관심지역에 대한 과거 자료와 비교하여 고도정보 변화에 따른 변화율 분석과 지점간 고도 단면도 표출 기능 	<table border="1"> <tr> <td>정보 관리</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공간정보입력/편집 ○ 비공간정보입력/편집 ○ DSM기반 해안선 추출 기능(기준 고도정보 선택) ○ 기존 영상 해안선 추출 정보 비교 (벡터 기반 중첩 비교) </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3D</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고정 위치간 고도 단면도 ○ 임의 위치간 고도 단면도 - 연안침식 실태조사 기선측량 등의 결과(단면도) 비교 ○ 분석 - 체적변화율 </td> </tr> <tr> <td>○ 지점간 단면도</td> </tr> </table>	정보 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공간정보입력/편집 ○ 비공간정보입력/편집 ○ DSM기반 해안선 추출 기능(기준 고도정보 선택) ○ 기존 영상 해안선 추출 정보 비교 (벡터 기반 중첩 비교) 	3D	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고정 위치간 고도 단면도 ○ 임의 위치간 고도 단면도 - 연안침식 실태조사 기선측량 등의 결과(단면도) 비교 ○ 분석 - 체적변화율 	○ 지점간 단면도							
정보 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공간정보입력/편집 ○ 비공간정보입력/편집 ○ DSM기반 해안선 추출 기능(기준 고도정보 선택) ○ 기존 영상 해안선 추출 정보 비교 (벡터 기반 중첩 비교) 													
3D	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고정 위치간 고도 단면도 ○ 임의 위치간 고도 단면도 - 연안침식 실태조사 기선측량 등의 결과(단면도) 비교 ○ 분석 - 체적변화율 													
	○ 지점간 단면도													

시스템	개발 내역	모듈	설명	세부 내용								
정밀분석 및 관리 UI	사진측량 자료 및 공간정보 활용 모듈 개발	외부 연계 모듈	▶ 현장에서 드론으로부터 취득된 영상 외 보조자료 및 분석자료로 활용될 수 있는 민간포털 항공영상과 조석정보, 파랑정보 등 정보의 융합 서비스 기능	<table border="1"> <tr> <td>OpenAPI 활용 (Mash-Up 서비스)</td> <td>○ 민간포털 Open API 항공영상 Mash-Up 1종</td> </tr> <tr> <td>외부 정보 활용 및 중첩</td> <td>○ 지역별 조석정보, 파랑정보, 기상정보 표출 ○ 지형정보</td> </tr> </table>	OpenAPI 활용 (Mash-Up 서비스)	○ 민간포털 Open API 항공영상 Mash-Up 1종	외부 정보 활용 및 중첩	○ 지역별 조석정보, 파랑정보, 기상정보 표출 ○ 지형정보				
		OpenAPI 활용 (Mash-Up 서비스)	○ 민간포털 Open API 항공영상 Mash-Up 1종									
	외부 정보 활용 및 중첩	○ 지역별 조석정보, 파랑정보, 기상정보 표출 ○ 지형정보										
관리 모듈	▶ 시스템에서 빠르게 사진측량 영상을 표출하고 서비스 하기 위한 웹서비스용 타일맵 (Tiled Map) 생성 기능과 취득된 사진측량 영상의 개별 또는 일괄 등록 관리 기능	<table border="1"> <tr> <td>영상처리</td> <td>○ DSM과 사진측량 영상 중첩 표출</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">ETL</td> <td>○ 영상 Tiled Map 생성</td> </tr> <tr> <td>○ 수치지도 Tiled Map 생성</td> </tr> <tr> <td>○ 좌표변환 기능 개발</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">영상등록/관리</td> <td>○ 년도별, 지역별 영상 개별/일괄 등록</td> </tr> <tr> <td>○ 영상 메타데이터 관리</td> </tr> <tr> <td>○ 영상 촬영 기록부 관리</td> </tr> </table>	영상처리	○ DSM과 사진측량 영상 중첩 표출	ETL	○ 영상 Tiled Map 생성	○ 수치지도 Tiled Map 생성	○ 좌표변환 기능 개발	영상등록/관리	○ 년도별, 지역별 영상 개별/일괄 등록	○ 영상 메타데이터 관리	○ 영상 촬영 기록부 관리
영상처리	○ DSM과 사진측량 영상 중첩 표출											
ETL	○ 영상 Tiled Map 생성											
	○ 수치지도 Tiled Map 생성											
	○ 좌표변환 기능 개발											
영상등록/관리	○ 년도별, 지역별 영상 개별/일괄 등록											
	○ 영상 메타데이터 관리											
	○ 영상 촬영 기록부 관리											
해안 정보 및 영상 이력 관리 모듈 개발	통계 모듈	▶ 해안 주요 관리 시설에 대한 현황 통계와 영상 이력, 기타 그래프형 시각화 표출을 통해 효율적인 관리를 위한 기능 개발	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">통계/이력 그래프</td> <td>○ 영상 이력/변화 이력</td> </tr> <tr> <td>○ 기타 주제도 표출</td> </tr> </table>	통계/이력 그래프	○ 영상 이력/변화 이력	○ 기타 주제도 표출						
통계/이력 그래프	○ 영상 이력/변화 이력											
	○ 기타 주제도 표출											

3) DB/GIS 서버구축

시스템	구축 내역	설명	세부 내용								
DB/GIS 서버 구축	DB 구축	시스템에서 사용할 지적도, 지형정보 및 영상데이터 등 Database 구축	<table border="1"> <tr> <td>지적도</td> <td>○ 지적도 데이터 DB 구축</td> </tr> <tr> <td>지형도</td> <td>○ 지형도 데이터 DB 구축</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">영상</td> <td>○ 촬영영상 타일링</td> </tr> <tr> <td>○ 영상 메타데이터 구축</td> </tr> <tr> <td>○ 영상 촬영 기록부 구축</td> </tr> </table>	지적도	○ 지적도 데이터 DB 구축	지형도	○ 지형도 데이터 DB 구축	영상	○ 촬영영상 타일링	○ 영상 메타데이터 구축	○ 영상 촬영 기록부 구축
	지적도	○ 지적도 데이터 DB 구축									
지형도	○ 지형도 데이터 DB 구축										
영상	○ 촬영영상 타일링										
	○ 영상 메타데이터 구축										
	○ 영상 촬영 기록부 구축										
GSI 서버 구축	시스템에서 사용할 레이어 정보 GIS 서버 구축	<table border="1"> <tr> <td>지적도</td> <td>○ 지적도 레이어 관리</td> </tr> <tr> <td>지형도</td> <td>○ 지형도 레이어 관리</td> </tr> <tr> <td>영상</td> <td>○ 촬영영상 레이어 관리</td> </tr> </table>	지적도	○ 지적도 레이어 관리	지형도	○ 지형도 레이어 관리	영상	○ 촬영영상 레이어 관리			
지적도	○ 지적도 레이어 관리										
지형도	○ 지형도 레이어 관리										
영상	○ 촬영영상 레이어 관리										

4) RTK-GPS의 드론사진촬영 연동 프로그램 개발

- ▶ 정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료 연동 프로그램

다. 공간정보관리 시스템의 활용성 평가

1) 연안침식 실태조사 활용성 판단을 위한 드론사진측량의 신뢰성 검증

- ▶ 지역적 특성을 고려한 드론사진측량 현장 테스트

구분	서해안	동해안
지형특성	넓은 갯벌, 모래해빈	급경사 모래해빈, 암반해안
해양환경	조석우세	파랑우세
현장조사 문제점	조석으로 인한 시간 제약 넓은 조사범위	가파른 전안과 넓은 후안 굴곡지형
신뢰성 검증 시 고려사항	넓은 지역 사진 중첩에 필요한 지형/지물이 없어 수평방향의 오차가 클 수 있음 갯벌에서 대공표지의 설치 어려움	굴곡지형에 의한 수직오차 발생 가능. 좁은 해빈폭 고려 암반해빈의 경우 수직절벽에 의한 음영대 발생 고려
기대 오차범위	수평 오차 ± 5 cm 이내 목표 (GCP 사용) 수직 오차 ± 10 cm 이내 목표 (GCP 사용)	

- ▶ 신뢰성 검증을 위한 현장 맞춤형 조사설계
- ▶ 연안침식 실태조사 활용성 판단을 위한 사진측량 정확도/정밀도 테스트
- ▶ 사진측량을 획득된 자료와 정밀지형자료와의 비교검증 후 제3기관에 의한 정확도 평가
- ▶ 사진측량 방법별에 의한 오차발생 범위 및 문제점 연구

2) 공간정보관리 시스템의 활용방안 연구

- ▶ 해안재해 유형별 경제적 피해규모를 산정하는 알고리즘을 개발하고, 피해함수를 개발하여 재해 시나리오에 따른 경제적 피해액을 산정
- ▶ 드론을 사용한 정기적인 영상데이터를 GIS 데이터화하고 지속적으로 모니터링 하여 연안 공유수면 이용관리, 바닷가 및 자연해안관리, 방치선박 관리를 위한 활용방안 제시

3) 현장 실증 운용 테스트

- ▶ 구축된 공간정보관리시스템을 한국해양과학기술원 동해연구소(경북 울진)에 설치하여 현장 실증 테스트 실시
- ▶ 시험 운용 기간 중 생산된 3차원 공간정보는 해양수산부와 울진군에 제공

제 4 절 수행 결과의 보안등급

「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조

보안과제 분류 기준	해당여부	보안등급
가. 세계 초일류 기술제품의 개발과 관련되는 연구개발과제	X	일반과제
나. 외국에서 기술이전을 거부하여 국산화를 추진 중인 기술 또는 미래핵심기술로서 보호의 필요성이 인정되는 연구개발과제	X	
다. 「산업기술의 유출방지 및 보호에 관한 법률」 제2조제2호의 국가핵심기술과 관련된 연구개발과제	X	
라. 「대외무역법」 제19조제1항 및 같은 법 시행령 제32조의2에 따른 수출허가 등의 제한이 필요한 기술과 관련된 연구개발과제	X	
마. 그 밖에 중앙행정기관의 장이 보안과제로 분류되어야 할 사유가 있다고 인정하는 과제	X	

※ 보안과제 분류 기준 : 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4(분류기준) 1호 중 한 가지 항목에 해당되어야 함

제 5 절 유형적 발생품(연구시설, 연구장비 등) 구입 및 관리 현황

구입기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치장소)
(주)공간 정보	RTK 탑재체 및 RTK Base	하드웨어 (V30)	2	2015.07.07	22,000	태양도기계작소 02-2645-7265	초경량 드론탑재
(주)공간 정보	영상편집소프트웨어	소프트웨어 (VST)	1	2015.11.06	13,200	(주)코세코 02-2645-6358	한국해양 과학기술원
(주)환경 과학기술	공간정보 DB서버	HP Z840 워크스테이션	1	15.11.26	12,100	다솔정보 시스템(주) 02-573-7215	한국해양 과학기술원

제 3 장 결과 및 사업화 계획

제 1 절 연구개발 최종 결과

1. 연구개발 추진일정

개발내용	2015										2016		
	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	
1. 한국형 국지성 해안재해 대응 드론사진측량 운용체계 개발													
드론사진측량 시스템 제작													
현장작동 테스트 및 문제점 개선													
연안침식 관심지역 시범조사													
운용기술 체계화 및 지침서 제작													
2. 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발													
현장분석용 툴 개발													
정밀분석 및 관리 UI 개발													
DB/GIS 서버구축													
드론사진촬영 연동 프로그램 개발													
3. 공간정보관리 시스템의 활용성 평가													
드론사진측량의 신뢰성 검증													
공간정보관리 시스템의 활용방안 연구													
현장 실증 운용 테스트													

2. 연구개발 추진실적

개발내용	산출물	추진실적
1. 한국형 국지성 해안재해 대응 드론사진측량 운용체계 개발		
드론사진측량 시스템 제작	RTK-GPS 탑재 드론사진측량 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 무인기 설계 및 제작 ▶ 개발 기체 테스트 ▶ RTK-GPS 장착
현장작동 테스트 및 문제점 개선	테스트 결과	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 비행방법별 테스트 ▶ 오차발생 문제점 개선 및 시험적용
연안침식 관심지역 시범조사	시범조사 DSM 공간정보	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 태풍 전·후 시범지역 10개소 촬영 ▶ 시범지역 정사영상 획득 ▶ 시범지역 3D 영상정보 획득 ▶ 태풍 고니 피해지역 공간정보 구축 및 제공
운용기술 체계화 및 지침서 제작	지침서	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 드론사진측량 운용방법 및 안전점검 지침서 ▶ 동영상 운용 매뉴얼 제작
2. 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발		
현장분석용 툴 개발	현장용 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 드론사진측량 후 현장 운용 및 자료처리 ▶ 2D 및 3D 영상 확인 및 간단한 분석 기능
정밀분석 및 관리 UI 개발	정밀분석 및 관리 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 정밀 분석, 관리, 모니터링 기능 ▶ 고도변화, 해안선 추출, 피해산정 및 연안침식 자료 연동 기능 구현
DB/GIS 서버구축	DB/GIS 서버	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 과거자료 저장 ▶ 외부 접속을 통한 공간정보자료 제공
드론사진촬영 연동 프로그램 개발	연동 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 정확도 향상을 위한 RTK-GPS 로깅자료 연동
3. 공간정보관리 시스템의 활용성 평가		
드론사진측량의 신뢰성 검증	정확도 평가 보고서	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 전북 부안 고사포해수욕장과 경북 경주 나정해수욕장에서 신뢰성 평가 테스트 수행 ▶ 비행방법별 정확도 테스트 수행 및 평가
공간정보관리 시스템의 활용방안 연구	활용방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 해안재해 피해산정 알고리즘 개발 및 프로그램 적용 ▶ 효율적인 해안관리를 위한 활용방안 제시
현장 실증 운용 테스트	테스트 결과	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 경북 울진 설치 및 실증 운용 테스트 진행

3. 기술개발 결과

가. 한국형 국지성 해안재해 대응 드론사진측량 운용체계 개발

1) RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작

- ▶ 프레임, 짐벌, 홀더, 프로펠러 허브, PDA, 셔터부 등 구성부품 30% 이상 국내제작 부품을 사용한 국산화
- ▶ 국내 해안지형 및 현황에 특성화 된 운용 시스템 구축
- ▶ 모터부 개선 및 중량 조절로 풍속에 대한 저항성 향상
- ▶ 리튬폴리머 6셀 9000mAh 배터리 장착으로 비행시간 향상

전 면 부



후 면 부



[그림 3-1] RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템

- ▶ 제작관련 드론 설계, 제작방법 및 자체검증 결과는 ‘부록 1 한국형 RTK-GPS 탑재 드론사진측량 시스템 제작’ 수록

[표3-1] RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템의 주요 성능 및 특징

항목	내용	장점	단점
무게	3.8kg	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 좁은 공간에서 이착륙이 가능 ▶ 감시나 관찰을 위한 호버링 가능 ▶ 건물이 많은 도시지역에서도 사용 용이 ▶ 물체에 근접하여 근접촬영이나 비행 가능 ▶ 다양하고 중량감 있는 탑재체 장착 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 복잡하고 많은 부품들의 사용으로 유지관리 주의 ▶ 무게로 인한 짧은 비행시간 ▶ 추락할 경우 인명피해나 재산피해 발생 등 손상규모가 큼 ▶ 비상시에 대비한 기체의 조작기술이 요구됨
길이	100cm		
비행시간	25분		
비행풍속	12m/s 이내		
비행속도	3~25m/s		
비행면적	0.5km ²		
수신거리	5km		
해상도	최고 1cm		
이착륙방식	자동 이·착륙		
최대비행고도	1km		
비행형식	자동경로비행		

[표3-2] RTK-GPS 초경량 드론의 개발효과

항목	기존드론	개발드론	개발효과
짐벌	3축 짐벌	고정식 짐벌	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 고정식 짐벌을 장착하고, 기체에 자세정보를 취득하여 후처리 시 정확도를 향상 시킴 ▶ 고정식 짐벌 장착으로 기존 짐벌 대비 약 30% 기체 경량화
지상기준점	촬영 전 설치 및 측량 실시	미설치	<ul style="list-style-type: none"> ▶ RTK-GPS를 탑재하여 위치정확도를 향상시킴 ▶ 지상기준점 설치 불필요 ▶ 해안재해 발생시 신속하게 재해현황 파악 가능
비행시간	약 20분	약 25분	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 9,000 mA 배터리를 2기 장착하여 비행시간을 향상 ▶ 기체 경량화를 통한 비행시간 향상
풍속 저항력	10m/s	12m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 해안지역에 맞게 풍속저항력을 향상시키기 위해 기체의 지름을 약 1m로 제작하고, 기체 상부의 케노피를 장착하여 풍속저항력을 높임 ▶ 실내 풍동실험을 통해 풍속 저항력 향상 및 기체 안전성 확보
이착륙 위치정확도	수동 비행 착륙	자동 비행 착륙	<ul style="list-style-type: none"> ▶ RTK-GPS 데이터를 활용하여 기체의 위치정확도를 향상시켜 이착륙시 설정위치와 오차 반경이 기존대비 1/4감소(기존 20m → 5m)
현장 자료 취득시간	0.5km ² 시 3시간	0.5km ² 시 1시간 이내	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 지상기준점 설치 및 측량 공정 생략으로 현장 자료 취득시간을 약 2시간 단축
후처리 결과 성과물 취득시간	0.5km ² 시 5시간	0.5km ² 시 4시간 이내	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 자료처리과정 중 지상기준점 매칭공정 생략으로 후처리 시간 단축(약 1시간)
후처리 결과 성과물 정확도	지상기준점 미사용 시 정확도 3.4 m	지상기준점 미사용 시 정확도 10 cm	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 지상기준점 미사용시 발생할 수 있는 영상의 일그러짐, 전체 축척의 불일치 등의 영상오류 개선 ▶ 후처리 결과 성과물의 위치 정확도 향상

2) 드론사진측량 운용기술 체계화 및 지침서 제작

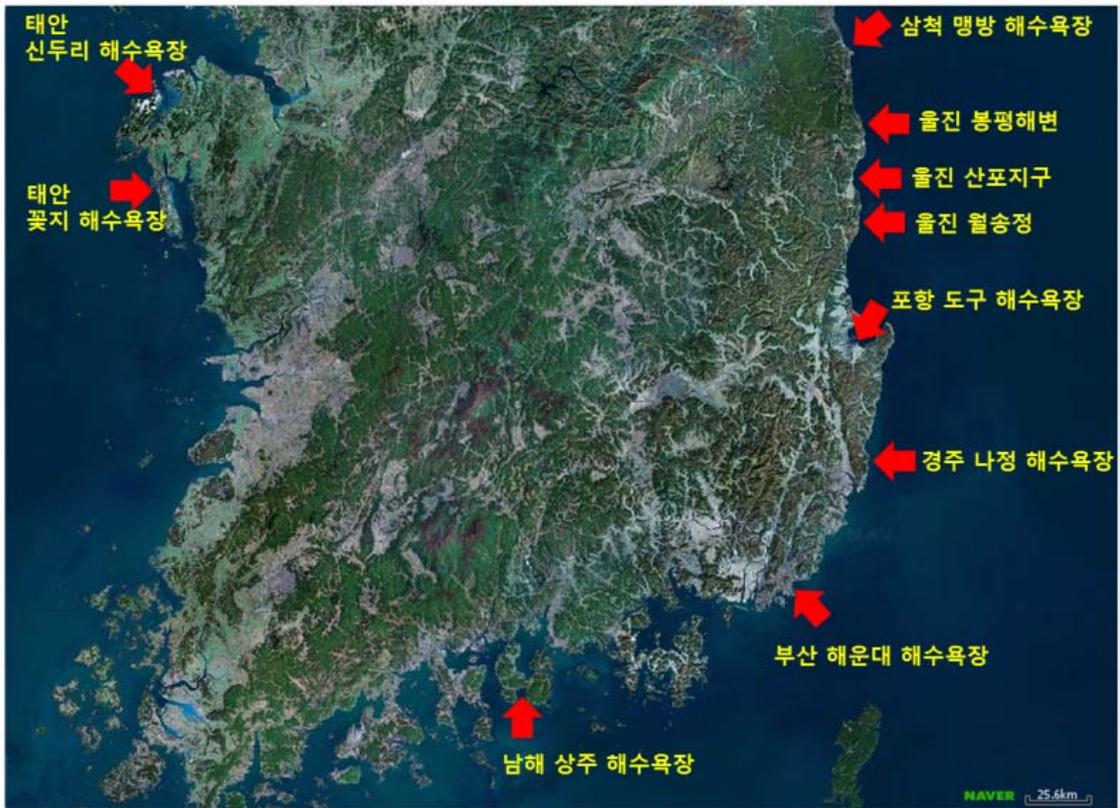
- ▶ 초경량 드론 운용, 자동항법 프로그램, 데이터 후처리, 비행 중 위기대처능력에 대한 최적화된 체계 확립
- ▶ 초경량 드론 점검기술, 주의사항 등 안전점검 지침서 제작
- ▶ 동영상 운용 매뉴얼 제작으로 기술이전이 용이
- ▶ 작업규정, 운용지침, 가이드라인, 작업과정 및 오차 개선방안 등은 ‘부록 2 초경량 드론 운용 지침서’에 수록

[표3-3] 운용체계구축 항목

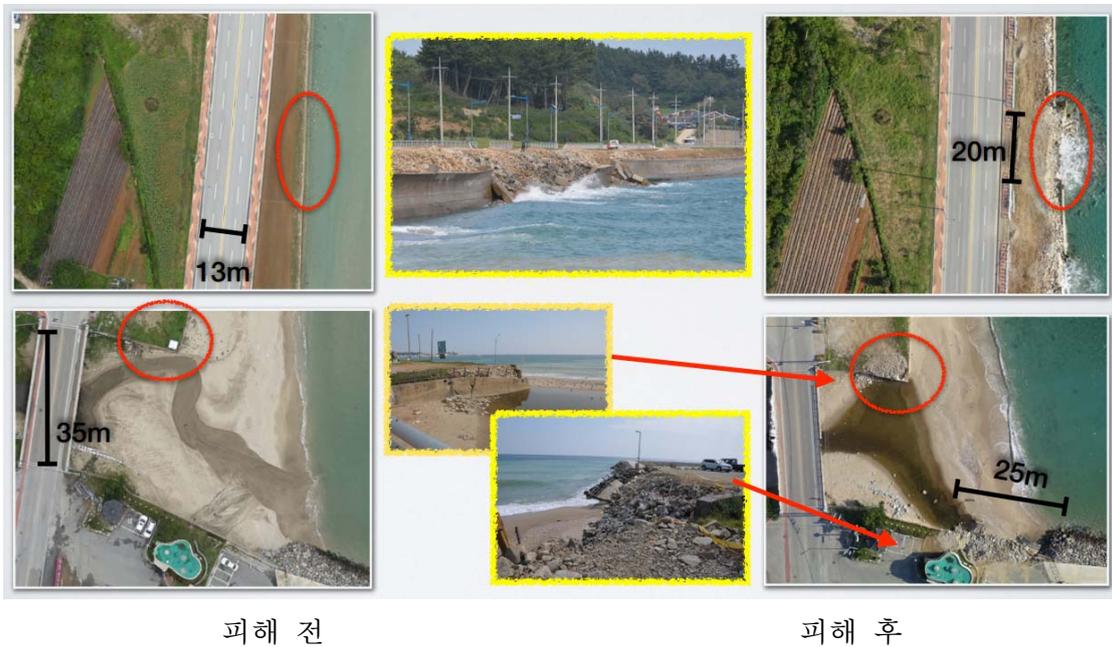
운용지침서 항목	세부항목
드론사진촬영 준비	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 하드웨어 및 소프트웨어 소개 ▶ 소프트웨어 설치 및 안전 주의사항 ▶ 비행전 체크사항 및 비행계획 준비
드론사진촬영	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 장비 및 주변기기 장착 ▶ 비행경로설정, 자동경로비행, 수동비행 ▶ 데이터 추출 및 정리
영상처리 과정 및 체계	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 프로그램 실행 ▶ 사진불러오기 ▶ 비행로그데이터 입력 ▶ 사진접합 ▶ 지상기준점 매칭 ▶ 정사영상 및 DSM 생성
장비 관리 및 수리	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 초경량 드론 보관 방법 ▶ 정비 및 수리

3) 연안침식 관심지역에 대한 드론사진측량 조사 수행

- ▶ 연안침식관리구역, 연안정비구역, 연안완충구역 등 총 10곳에 대한 드론사진측량 조사 수행
- ▶ 본 연구과제에서 개발한 한국형 RTK-GPS 초경량 드론은 비행시간의 한계로 인하여 시범지역 해변 일부만 영상취득을 수행하고, 전체 해변의 경우 고정익 드론을 투입하여 드론사진측량을 실시함
- ▶ 침·퇴적 양상을 파악할 수 있도록 장마 전·후로 3차원 정밀 해안공간정보 추출
- ▶ 구축모델의 성과는 자체적으로 각 대상지별로 최소 10점에서 최대 26점에 대해 검토하였고, 측량성과와 모델의 성과의 차이를 각각 표준편차 및 최대오차를 비교함
- ▶ 자체적 성과 검토결과 모두 허용기준치를 만족함
- ▶ 오차발생 문제점 개선방안 및 시험적용
- ▶ ‘부록 3 시범지역에 대한 공간정보 구축’ 수록



[그림 3-2] 연안침식 관심지역에 대한 시범조사 10곳 위치도



[그림 3-3] 태풍 고니(2015년 8월 26일) 피해지역의 드론사진측량 영상

나. 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발

1) 현장분석용 툴

- ▶ 촬영 시 현재의 시간과 지역에 따른 날씨 정보 및 우주 전파환경 예보정보 확인

항목 정의

- 순차적인 업무 흐름에 따른 현자용 분석 시스템 구성
- 날씨예보

시스템 업무 흐름

```

    graph TD
      A[메인화면] --> B[날씨 예보]
      B --> C[UAV 경로설정]
      C --> D[데이터 다운로드]
      D --> E[RTK-GPS 연동]
      E --> F[영상정보 생성]
      F --> G[영상 타일링]
      G --> H[3D 표출]
      
```

- ▶ 드론의 연결 및 경로 설정에 필요한 소프트웨어 실행
- ▶ 드론사진측량 후 데이터 다운로드에 필요한 소프트웨어 실행

항목 정의

- UAV 연결 및 촬영 경로 설정 시스템 구성
- 촬영 완료 후 UAV 센서데이터 다운로드

시스템 업무 흐름

```

    graph TD
      A[메인화면] --> B[날씨 예보]
      B --> C[UAV 경로설정]
      C --> D[데이터 다운로드]
      D --> E[RTK-GPS 연동]
      E --> F[영상정보 생성]
      F --> G[영상 타일링]
      G --> H[3D 표출]
      
```

- ▶ 촬영 이미지에 해당하는 RTK-GPS 신호정보와 사진정보를 연동
- ▶ 영상 통합 및 DEM 생성에 필요한 자료처리 소프트웨어 실행

항목 정의

- RTK-GPS 센서정보 및 촬영 이미지 연동 시스템
- 촬영 영상정보 통합 및 DEM(DSM) 생성

시스템 업무 흐름

```

    graph TD
      A[메인화면] --> B[날씨 예보]
      B --> C[UAV 경로설정]
      C --> D[데이터 다운로드]
      D --> E[RTK-GPS 연동]
      E --> F[영상정보 생성]
      F --> G[영상 타일링]
      G --> H[3D 표현]
      
```

- ▶ 현장용 영상분석 시스템을 실행
- ▶ 현장용 영상분석 시스템은 현장에서 촬영된 영상을 확인하고 거리, 면적 등을 측정

항목 정의

- 영상정보 2D 표현
- 속도 개선을 위한 미리보기 생성
- 빠른 3D 표현을 위한 영상정보 타일링

시스템 업무 흐름

```

    graph TD
      A[메인화면] --> B[날씨 예보]
      B --> C[UAV 경로설정]
      C --> D[데이터 다운로드]
      D --> E[RTK-GPS 연동]
      E --> F[영상정보 생성]
      F --> G[영상 타일링]
      G --> H[3D 표현]
      
```

- ▶ 현장용 3D 시스템 실행
- ▶ 현장용 3D 시스템은 현장에서 촬영된 영상과 DEM 지도를 3D로 확인하고 3D상의 거리, 면적 등을 측정

항목 정의

- 촬영 영상 3D 표출
- 거리 측정
- 단면도 측정

시스템 업무 흐름

```

      graph TD
        A[메인화면] --> B[날씨 예보]
        B --> C[UAV 경로설정]
        C --> D[데이터 다운로드]
        D --> E[RTK-GPS 연동]
        E --> F[영상정보 생성]
        F --> G[영상 타일링]
        G --> H[3D 표출]
          
```

2) 정밀분석 및 관리 UI 개발

- ▶ 서버 내 저장되어 있는 작업영역 파일을 저장하고나 여는 기능

항목 정의

- 정밀분석 시스템 전체 화면
- 작업영역 열기 저장
- 서버 연결

기능 설명

- 1 작업영역 열기
- 저장된 작업영역 열기
- 2 작업영역 저장
- 현재 구성중인 작업영역 저장
- 3 서버 연결 정보 설정
- 4 서버 내 관리 데이터 열기
- 현재 구성중인 작업영역 저장

- ▶ 2D 화면에서 보여주는 지도를 출력하기 위한 기능. 사용자가 출력품을 구성하여 여러 가지 파일 포맷으로 지도화면 저장 가능

항목 정의

- 출력

기능 설명

- 출력**
- 현재화면 및 연결된 데이터 출력

- ▶ 자동 생성된 촬영 기록부 DB파일에 드론사진측량 영상정보를 기록하고 영상 및登高선 파일을 3D 서비스하기 위한 데이터 변환 기능
- ▶ 저장된 영상 촬영정보를 기준으로 해당조건에 맞는 영상의 경로 검색

항목 정의

- 영상관리
- 영상검색

기능 설명

- 영상 관리**
- 촬영 기록부 관리
- 영상 데이터 관리 및 타일링
- 영상 검색**
- 관리중인 영상정보 검색
- 날짜, 시간, 위치, 센서종류, 작업자 별 검색

- ▶ 서버에 저장된 2장의 영상을 비교하여 해안의 지형 또는 지물변화를 모니터링 하는 기능

항목 정의

- 영상비교

기능 설명

1 영상 비교
- 두 영상데이터를 분할창에 표현

- ▶ DEM 고도값을 비교하여 해안 지역의 지형, 지물 변동을 모니터링하고 해안선을 추출하는 기능

항목 정의

- DEM 분석데이터 추출

기능 설명

1 추출
- DEM 고도 값 비교

2 해안선 추출
- DEM 고도 값 활용 해안선 추출

- ▶ 건물피해, 논밭피해, 도로피해, 토공피해, 연안침식에 대한 피해액을 산정하기 위한 기능

항목 정의

- 피해 분석 데이터 입력
- 피해 분석

기능 설명

- 1 피해 분석 데이터 입력**
- 건물, 논밭, 도로, 교량, 토공 등 피해분석 기초 데이터를 입력
- 2 피해 분석**
- 분석 기초 데이터 중 활성화된 데이터 피해 분석 및 결과 표출

- ▶ 기존 연안침식 측량 자료를 연동하고 모니터링 하는 기능

항목 정의

- 연안침식 자료 연동
- 연안침식 모니터링

기능 설명

- 1 연안침식 자료 연동**
- 기존 연안침식 측량 자료 연동
- 2 연안침식 모니터링**
- 연안침식 측량 고도자료와 DEM지도에서 추출된 고도 값 비교

3) 정밀분석 웹 시스템

▶ 웹 환경에서 지역별 UAV 영상 및 지적데이터를 확인 하는 기능

항목 정의

- 웹 시스템 GIS 화면

기능 설명

- 1 레이어 제어**
- 레이어 On/OFF
- 레이어 투명도 조절
- 2 지도 위치 확인**
- GIS 화면 중심점의 시도, 시군구 정보
- 선택 지역으로 이동
- 3 지도 타입 선택**
- 4 회원관리**
- 5 지도 제어**
- 지도 확대 축소, 이동, 측정
- 6 지도 화면**
- GIS 데이터 표출

▶ 웹 시스템을 이용하는 회원을 관리하는 기능

항목 정의

- 웹 시스템 회원 관리

기능 설명

- 1 회원 관리**
- 회원 목록 관리
- 회원 등록 및 삭제

4) DB/GIS 서버구축

- ▶ 드론사진측량 자료저장 및 접속기능의 서버 구축
- ▶ 시범지역에 대한 공간정보 저장
- ▶ 정밀분석 및 관리 UI 프로그램 설치
- ▶ 지속적인 3차원 지형자료 생성과 모니터링 자료를 DB/GIS 서버에 저장하여 향후 3차원 지형변화 분석 가능

데이터베이스 (KioSt_UAV2)	
분류	테이블 명
지적 데이터	tb_busan_20
	tb_chungnam_18
	tb_ulsan_20
	tb_sejong_20
	tb_chungbuk_20
	tb_busan_20
	tb_daegu_20
	tb_incheon_20
	tb_seoul_20
	tb_jeju_20
	tb_jeonnam_20
	tb_gwangju_20
	tb_daejeon_20
	tb_gangwondo_20
	tb_gyeongnam_20
	tb_jeonguk_20
tb_cbnd_bongpyoung	
연안침식 데이터	tb_basepoint
	tb_line
	tb_line_xyz

[그림 3-4] 시범 지역 공간정보 DB 구축



[그림 3-5] GIS Server 관리 프로그램

번호	카메라 이름	레이어	데이터 레이어	속성
25	tb_bongpyoung	tb_bongpyoung	tb_cbind_bongpyoung	[목록] [삭제]
24	tb_bongpyoung_wgs84	tb_bongpyoung_wgs84	tb_cbind_bongpyoung_wgs84	[목록] [삭제]
23	tb_sido	시도경계	tb_sido	[목록] [삭제]
22	tb_sgg	시군구경계	tb_sgg	[목록] [삭제]
21	ullingun_utm52	ullingun_utm52	ullingun_utm52	[목록] [삭제]
20	ullingun_b_utm52	ullingun_b_utm52	ullingun_b_utm52	[목록] [삭제]
19	tb_emd_utm52	tb_emd_utm52	tb_emd_utm52	[목록] [삭제]
18	tb_sgg_utm52	tb_sgg_utm52	tb_sgg_utm52	[목록] [삭제]
17	tb_sido_utm52	tb_sido_utm52	tb_sido_utm52	[목록] [삭제]
16	emd_utm52	emd_utm52	emd_utm52	[목록] [삭제]
15	tb_cbind_chungnam	tb_cbind_chungnam	tb_chungnam_16	[목록] [삭제]
14	tb_ulsan	tb_ulsan	tb_ulsan_20	[목록] [삭제]
13	tb_seions	tb_seions	tb_seions_20	[목록] [삭제]
12	tb_chungbuk	tb_chungbuk	tb_chungbuk_20	[목록] [삭제]
11	tb_busan	tb_busan	tb_busan_20	[목록] [삭제]
10	tb_daejeu	tb_daejeu	tb_daejeu_20	[목록] [삭제]
9	tb_incheon	tb_incheon	tb_incheon_20	[목록] [삭제]
8	tb_seoul	tb_seoul	tb_seoul_20	[목록] [삭제]
7	tb_yju	tb_yju	tb_yju_20	[목록] [삭제]
6	tb_jeonnam	tb_jeonnam	tb_jeonnam_20	[목록] [삭제]
5	tb_gwangju	tb_gwangju	tb_gwangju_20	[목록] [삭제]
4	tb_daejeon	tb_daejeon	tb_daejeon_20	[목록] [삭제]
3	tb_sangwondo	tb_sangwondo	tb_sangwondo_20	[목록] [삭제]
2	tb_jeonnam	tb_jeonnam	tb_jeonnam_20	[목록] [삭제]

[그림 3-6] 시범 지역 공간 정보 관리

[표3-3] DB/GIS 서버 사양

품목	규격
Workstation	HP Z840 Workstation
RAM	128 G
그래픽 카드	NVIDIA Quadro K5200 8GB
OS	MS WS12 Std ROK en/ko SW
백신	V3Net for Windows Server 9.0

5) 기존 GIS 프로그램과의 비교

- GIS 엔진 비용 부분(응용 개발비 미포함)

제품 규격	가격		제품군(JoyMap)
	비교군(외산 SW)		
Desktop	Desktop Advanced	54,600,000 원	비교군의 약 1/9가격 수준
	3D Analyst	9,750,000 원	
	Geostatistical Analyst	9,750,000 원	
	Spatial Analyst	9,750,000 원	
	Developer Runtime	39,000,000 원	
Server	Server Enterprise	78,000,000 원	비교군의 약 1/2가격 수준

- 속도 개선(1/9 수준의 캐시 제작 속도)

이미지 포맷	비교군(외산 SW)		제품군(JoyMap)	
	Data volume	Map Cache 제작 시간	Data volume	Map Cache 제작 시간
PNG24/Compact	866 Mb	1시간 34분	911 Mb	10분

- 개발 프로그램의 개발효과

항목	기존 시스템	개발 프로그램	개발효과
현장 분석용 시스템	외부 프로그램 연계 모듈	외부 프로그램 개별적 사용	현장 분석용 툴과 연동
	RTK-GPS 연동	미 구축	구축
	3D 서비스 구축 시간	UAV 영상 통합 시간 + DEM지도 생성 시간 + 3D 타일맵 생성 시간	UAV 영상 통합 시간 + DEM지도 생성 시간
3D 측정	거리, 면적 측정 제공	체적, 단면도 측정	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 기존 3D 거리, 면적 측정 이외에 체적 측정 및 고도정보 변화에 따른 변화율 분석과 지점 간 고도 단면도 표출이 가능
정밀 분석용 시스템	영상관리 및 검색	미 구축	구축
	해안재해 피해분석	미 구축	구축
	연안침식 데이터 연동 및 모니터링	연안침식 데이터 현장 측량자료	현장 측량자료 GIS 전산 데이터로 변환 및 연동
	해안선 추출	미 구축	구축
	웹 시스템 구축	미 구축	구축
			<ul style="list-style-type: none"> ▶ UAV 영상의 촬영 기록부를 DB 파일에 저장 하여 영상 및 영상정보를 지역별, 년도 별로 누적관리 ▶ 지역별, 촬영 시점별 누적관리 되고 있는 영상정보를 검색하고 사용자가 쉽게 해당 위치를 화면에서 확인이 가능 ▶ 갑작스럽게 발생한 해안재해(해안 건축물 붕괴, 해안사면 붕괴, 해안도로 붕괴, 해수범람, 지진해일에 의한 연안피해 등)에 대한 피해 규모를 경제적 수치로 정량화 ▶ 연안침식 현장 실태조사의 활용성 검증 ▶ DEM 지도의 고도 값 활용 해안선 추출 ▶ 현장관리시스템을 통해 취득된 지역별, 년도별 영상정보를 누적관리하고 동일 지역 대상 사용자 선택지점에 대한 변화 내역을 촬영지역별, 촬영시점별 비교 분석할 수 있는 기능을 제공하여 상기 시스템을 통해 관리되는 사진측량 영상은 시스템의 운영기관 뿐만 아니라 유관기관에 공개함으로써 정보의 공유 및 필요시 자료의 제공 수단으로 이용가능

6) GIS 솔루션 시제품 프로그램 등록

- 한국저작권위원회 프로그램 등록 절차 및 평가방법 준수 프로그램 등록

제 C-2016-001340 호

프 로 그 램 등 록 증

- | | | | |
|---------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1. 프로그램의 제호
(명칭) | 해안재해대응분석시스템 | | |
| 2. 저작자 성명
(법인명) | 주식회사 환경과학기술
서울특별시 금천구 가산디지털1로 | 3. 생년월일
(법인등록번호) | 110111-0813893 |
| 4. 창작연월일 | 2016년01월01일 | | |
| 5. 공표연월일 | - | | |
| 6. 등록사항 | 저작자 : 주식회사 환경과학기술, 창작 : 2016.01.01 | | |
| 7. 등록연월일 | 2016년01월14일 | | |

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.



2016년 01월 14일

한국저작권위원회



다. 공간정보관리 시스템의 활용성 평가

1) 드론사진측량의 신뢰성 검증

- ▶ 연안 침식 모니터링에 드론 시스템의 적용 가능성을 확인하고자, 부안 고사포와 경주 나정 지역 연안에 대하여 RTK-GPS와 디지털 카메라가 탑재된 드론 시스템을 운용하여 다양한 조건에서 영상 자료를 취득하고, 현지 측량을 통하여 지상 기준점을 확보
- ▶ 취득된 영상 자료와 지상 기준점을 입력으로 번들 블록 조정(bundle block adjustment), 고밀도(dense) 매칭, 격자화 및 보간, 미분 편위 수정 등의 처리 과정을 통하여 DEM과 정상영상을 생성
- ▶ 생성된 DEM 및 정상영상은 1) 데이터 취득 시스템의 종류, 2) 비행 고도, 3) 중첩도, 4) 활용된 GCP의 개수, 5) 데이터 취득 날짜에 따라 총 30개의 셋이 있음
- ▶ 연안에서 드론사진측량시스템을 운용하여 취득된 데이터로부터 생성된 정상영상과 DEM을 지상 기준점, 검사점, 프로파일 데이터, 라이다 데이터와 같이 다양한 기준 데이터와 비교함으로써 정확도 검증은 수행

회전익					고정익						
구분	고도 (m)	중첩도 (%)	GCP 개수	취득날짜 (2016년)	구분	고도 (m)	중첩도 (%)	GCP 개수	취득날짜 (2016년)		
50-7070	50	70	27	1.12	70-7070	70	70	27	1.12		
50-7080		80	27	1.16	70-7080		80	27	1.12		
50-7090		90	27	1.16	70-7090		90	27	1.14		
100-7070	100	70	27	1.12	100-7070	100	70	27	1.12		
100-7080		80	27	1.12	100-7080		80	27	1.12		
100-7090		90	27	1.12	100-7090		90	27	1.12		
100-7080(4P)		80	4	1.16	100-7080(4P)		80	4	1.18		
100-7080(6P)		80	6	1.16	100-7080(6P)		80	6	1.18		
100-7080(10P)		80	10	1.16	100-7080(10P)		80	10	1.18		
100-7080(27P)		80	27	1.16	100-7080(27P)		80	27	1.18		
100-7080(27P) - 1		80	27	1.16	100-7080(27P) - 1		80	27	1.18		
100-7080(27P) - 2		80	27	1.16	100-7080(27P) - 2		80	27	1.18		
150-7070		150	70	27	1.12		150-7070	150	70	27	1.12
150-7080			80	27	1.12		150-7080		80	27	1.12
150-7090	90		27	1.12	150-7090	90	27		1.12		

- ▶ 생성된 DEM과 정사영상의 정확도 검증을 위한 기준 데이터로는 영상 처리 과정에서 활용된 지상기준점과 함께 검사점, 프로파일 데이터, 지상 라이다 데이터가 2016년 1월 12일과 16일 양일에 걸쳐 취득

측정일자	지상 기준점	검사점	프로파일 데이터	지상 라이다 데이터
2016.1.12	27 개	27 개	1,710 개	6,186,914 개
2016.1.16	27 개	58 개	1,935 개	5,937,095 개

가) 정사영상 vs 지상 기준점

- ▶ 대상 지역이 사질 연안이기 때문에 취득된 영상 상에서 특징점을 찾기가 매우 어려움. 따라서 지상 기준점을 측량할 때 대공 표지를 설치하고 해당 위치에 대하여 측량을 수행. 지상 기준점의 대공 표지는 생성된 정사 영상 상에서 위치 식별이 가능하기 때문에 정사영상의 수평 위치 정확도 검증에 활용. 회전익과 고정익 영상으로부터 생성된 정사영상과 지상 기준점의 수평 좌표 차이에 대한 RMS는 각각 약 2.7 cm와 3.1cm로 확인되었으며, 이는 해안 침식 모니터링의 요구정확도인 5 cm보다 작은 것을 알 수 있음

나) DEM vs 지상 기준점

- ▶ 드론 사진 측량으로 생성된 DEM에서 기준점 위치의 좌표와 지형 정밀 측량을 통하여 취득된 기준점 좌표의 수직 위치를 비교하였음. DEM은 일정 간격마다 고도가 저장되어 있기 때문에 GCP의 수평 위치에 해당하는 고도값이 존재하지 않을 수 있음. 이러한 경우 선형 보간법(Bilinear interpolation)에 의해 GCP의 수평 위치를 기준으로 네 방향으로 가까운 그리드 점들의 고도를 수평 거리에 가중 평균하여 GCP의 수직 좌표와 비교하였음. 그 결과, 수직 좌표 차이에 대한 RMS가 회전익과 고정익 각각 약 5.2 cm, 4.1 cm임

다) DEM vs 검사점

- ▶ 드론 사진 측량으로 생성된 DEM에서 검사점 위치의 좌표와 지형 정밀 측량을 통하여 취득된 검사점 좌표의 수직 위치를 비교. 검사점을 이용한 수직 좌표 기준의 정확도 검증은 지상 기준점에 대한 수직 좌표 비교와 동일한 방법에 의하여 이루어졌음. 수직 좌표 차이에 대한 RMS를 계산한 결과 회전익의 경우 약 7.3 cm, 고정익의 경우 약 8.1 cm임. 지상 기준점은 드론 항공 영상 처리 시 활용된 반면 검사점은 활용되지 않은 절대 좌표이기 때문에 이 경우에 좀 더 독립적인 정확도 평가가 가능한 것으로 판단

라) DEM vs 프로파일 데이터

- ▶ 드론 사진 측량으로 생성된 DEM과 프로파일 측량으로 취득된 데이터 간의 비교를 수행. 프로파일 데이터는 특정 경로를 따라 연속된 3차원 좌표를 측정한 것으로 검사점보다 높은 밀도의 3차원 좌표 취득이 가능. 따라서 프로파일 데이터와의 비교 검증을 수행할 경우 지형의 특성에 따른 DEM과 프로파일 데이터 간의 차이의 경향도 파악할 수 있게 됨. 프로파일 좌표의 수평 위치에 해당하는 DEM 수평 위치를 찾고, 존재하지 않을 경우 앞에서 설명된 선형 보간법에 의하여 해당 위치의 수직 좌표를 서로 비교하여 차이를 계산. 수직 좌표 차이에 대한 RMS는 회전익의 경우 약 10.4 cm, 고정익의 경우 약 9.2 cm임.

마) DEM vs 지상 라이다 데이터

- ▶ 대상 영역의 3차원 절대 좌표를 가장 높은 밀도로 취득할 수 있는 방법은 레이저 스캐너를 이용한 측량임. 레이저 스캐너로 취득된 라이다 데이터를 기준 데이터로 드론 사진 측량의 결과물을 검증한다면 가장 고른 분포를 유지하면서 균일한 검증이 수행될 수 있을 것임. 따라서 드론 사진 측량으로 생성된 DEM과 지상 레이저 스캐너를 이용하여 취득된 라이다 데이터의 수직 좌표를 비교하였음. 라이다 데이터의 개별 점들의 수평 좌표에 상응하는 DEM의 수평 위치를 찾고 그 수직 좌표와 라이다 데이터의 수직 좌표를 비교하였음. 그 결과 수직 좌표 차이에 대한 RMS는 회전익과 고정익 각각 약 4.5 cm, 5.1 cm임.

바) 드론 신뢰성 평가 결론

- ▶ 라이다 데이터와 다양한 조건에서 취득된 영상으로부터 생성된 DEM을 비교하였을 때 평균적으로 약 4.97 cm의 정확도를 보임. 이는 해안 침식 모니터링의 요구 정확도인 5 cm를 거의 만족시키는 수준으로 판단
- ▶ 촬영 고도, 중복도, 활용하는 GCP의 개수를 달리하면서 다양한 조건으로 취득된 전체 30개의 데이터 셋 중에서 3개 셋을 제외한 27개 셋이 5 cm 이내의 요구정확도를 만족
- ▶ 지상기준점을 대상 지역의 양 끝에 두 점씩 4점을 사용하는 경우를 제외한다면 거의 안정적으로 5cm 이내의 정확도가 성취되는 것을 확인
- ▶ 촬영 고도가 낮을수록, 중복도가 높을수록, GCP를 많이 활용할수록 약간 높은 정확도가 성취되나 그 차이가 크지 않음
- ▶ 회전익과 고정익 플랫폼 유형에 따른 정확도의 차이도 미미
- ▶ 드론사진측량시스템을 이용한 연안측량에 있어서 촬영고도와 지상기준점의 배치가 정확도에 가장 큰 영향을 주는 것으로 판단
- ▶ 요구되는 정확도를 안전하게 충족시키기 위해서는 현 시스템으로는 촬영고도는

50~70 m 정도, 지상기준점은 최소 6개를 유지 필요

- ▶ 드론사진측량 신뢰성 검증에 대한 자세한 결과는 ‘부록 5 드론사진측량 신뢰성 평가 보고서’ 참조

2) 공간정보관리 시스템의 활용방안 연구

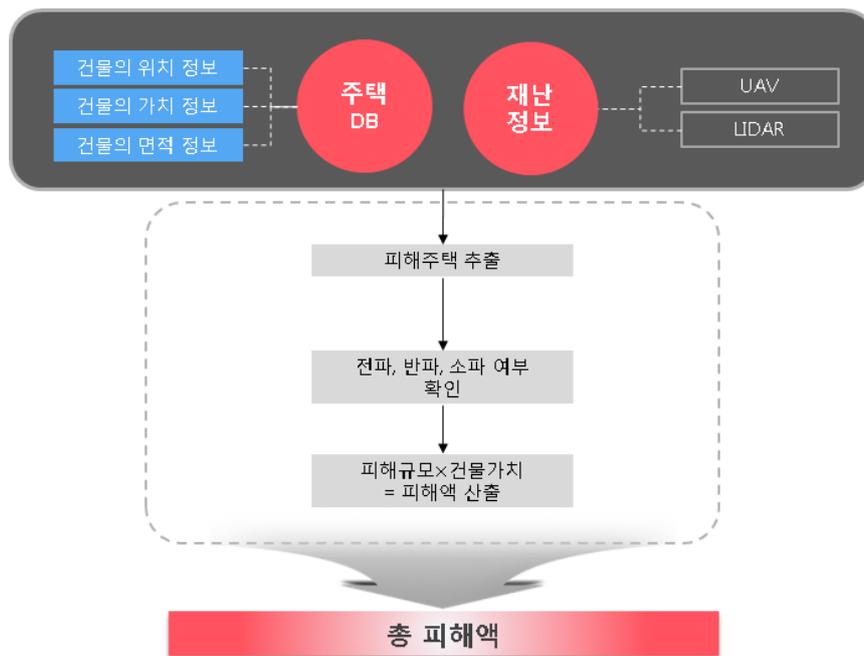
가) 해안재해 유형별 경제적 피해규모 산정 및 적용

- ▶ 해안재해 유형별 경제적 피해규모를 산정하는 알고리즘을 개발하고, 피해함수를 개발하여 재해 시나리오에 따른 경제적 피해액을 산정

① 건축물 피해

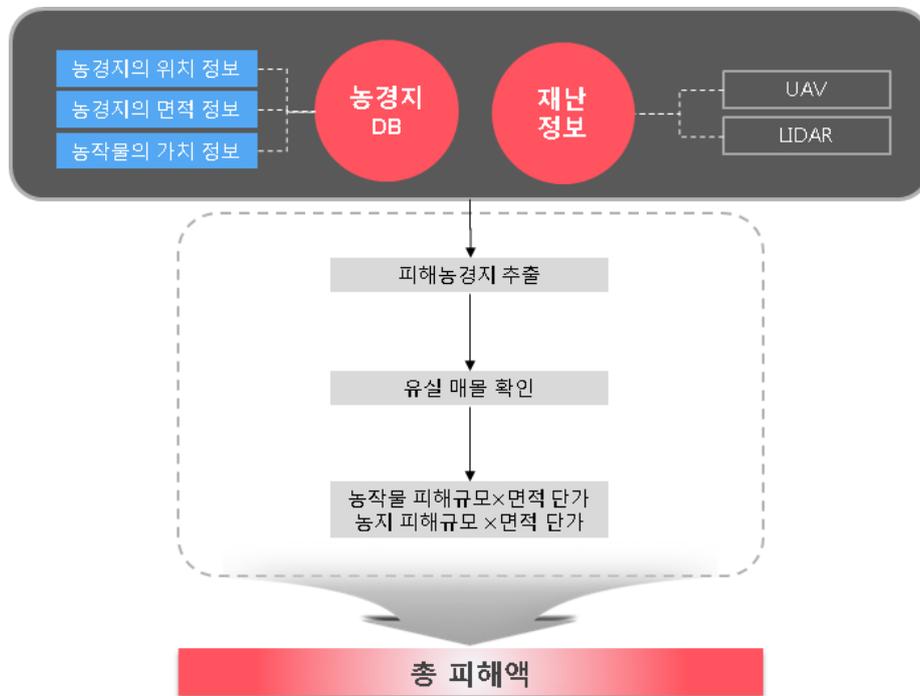
- ▶ 건축물의 피해는 유실, 전파, 반파, 소파로 구분
- ▶ 유실은 건물의 형체가 완전히 사라진 상태를 지시하며, 전파는 건물의 50% 이상이 파손되어 개축하지 않고는 거주가 불가능한 상황, 반파는 건물의 50% 이상이 파손되어 수리하지 않고는 거주가 불가능한 상황, 소파는 그 이외의 파손으로 정의됨 (재난구호 및 재난복구 비용 부담기준 등에 관한 규정)
- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정이 완료되면 기존의 건축물 DB에 입력되어있는 건물의 가치 정보와 피해 유형에 따른 피해율을 이용해 피해액을 산정함
- ▶ 유실, 전파는 건축물 가격의 100%, 반파는 50%, 소파는 25%의 피해율을 적용함 (풍수해보험 시설물 복구기준액)

$$\text{전체 건축물 피해액} = \sum \text{피해유형에 따른 피해율} \times \text{건축물의 가격}$$



② 농경지 피해

- ▶ 농경지 피해는 유실과 매몰로 구분함. 유실은 농경지가 파이거나 이동해서 없어진 상태를 지시하며 매몰은 농경지 이외에 다른 물질이 이동해서 농경지를 덮어버린 상태임
- ▶ 유실과 매몰 여부는 피해 전후 높이 변화 (유실일 경우 높이 감소, 매몰일 경우 높이 증가)와 피해 정확 등을 사용자가 고려하여 판단할 수 있음. 사용자가 피해 지역을 수동으로 설정하고 GIS 솔루션이 농경지의 면적 정보를 이용하여 피해액을 계산함
- ▶ 논, 밭 여부와 관계없이 유실일 경우 m^2 당 2651원, 매몰일 경우는 902원을 피해액으로 책정하고 농작물은 아래의 표에 따라 면적당 피해액을 산정함 (2015년 자연재난조사 및 복구계획수립지침)



③ 도로·교량 피해

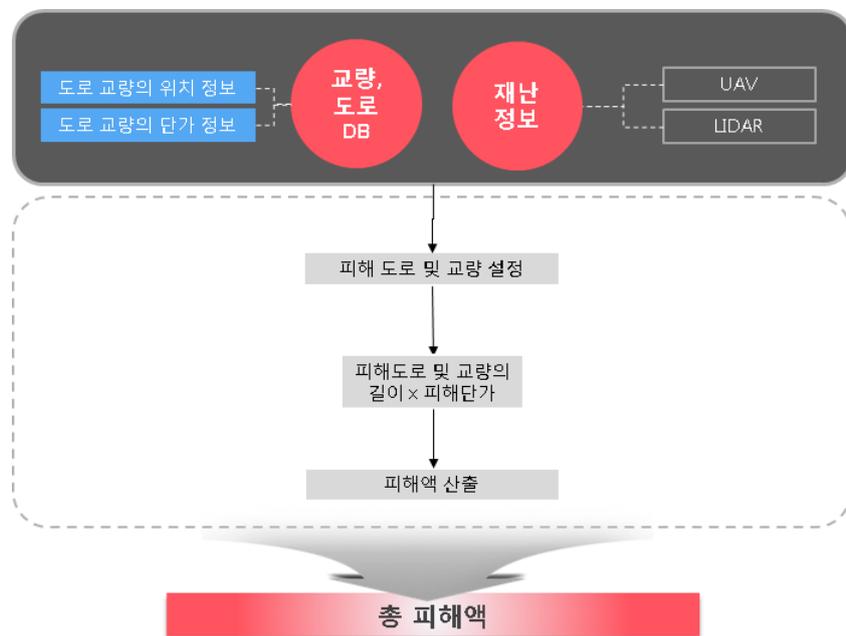
- ▶ 도로의 피해는 크게 도로를 구성하는 아스팔트의 붕괴와 그 아스팔트를 지지하는 토공의 유실로 나눌 수 있음. 그러나 자연재난조사 및 복구계획수립지침에 따르면 도로는 길이(m)를 기본 단위로 하고 토공은 부피(m^3)를 기본 단위로 하기에 각각을 따로 계산해 더해주는 과정이 필요함
- ▶ 기본적으로 아스팔트의 붕괴 없이는 도로의 토공의 유실이 없다고 정의하고 사용자는 아스팔트의 붕괴 지역을 먼저 수동으로 설정한 후에 그 지역 내에

서 토공의 유실을 추가로 설정해주면 프로그램이 피해액을 산정함

- ▶ 교량은 토공의 유실이 발생하지 않기 때문에 위 지침에서 제시한 피해단가에 맞추어 피해액을 산정
- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정을 완료 후, 프로그램은 데이터베이스에 입력되어있는 피해단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 농경지에 대한 최종 피해액을 계산하여 표시함

$$\text{도로 피해액} = \sum \text{피해길이} \times \text{피해분류에 따른 도로 단가}$$

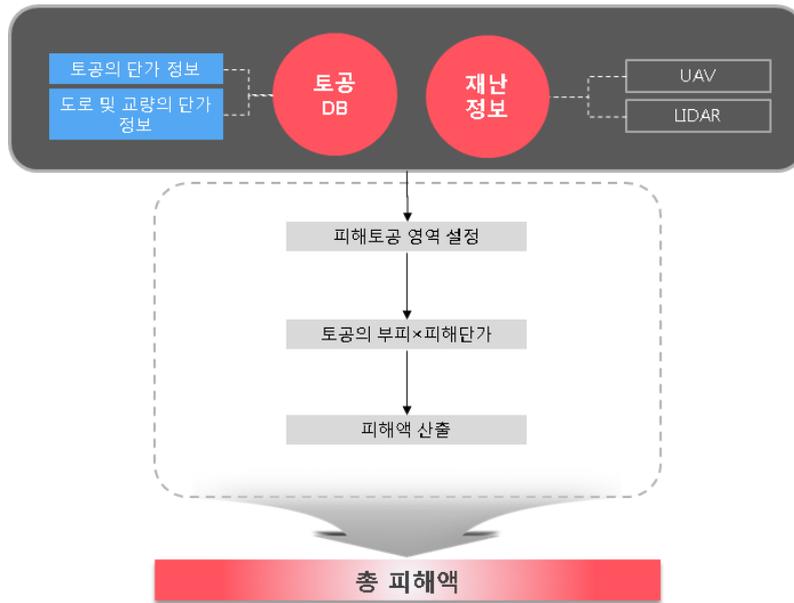
$$\text{교량 피해액} = \sum \text{피해길이} \times \text{피해분류에 따른 교량 단가}$$



④ 토공 피해

- ▶ 토공 피해는 건축물, 도로, 교량이 아닌 지역에서 발생한 토공의 침식 및 유실로 구분할 수 있음.
- ▶ 피해단가는 2015 자연재난조사 및 복구계획수립지침을 따름 (도로사태: 9,978 원/m³, 침식 및 유실: 24,354원/m³)
- ▶ 피해 지역에 대한 설정 완료 후, 프로그램은 토공의 피해단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 토공에 대한 최종 피해액을 계산하여 표시함. 토공에서는 도로 사태와 침식 및 유실로 구분되어 피해액을 산출함.

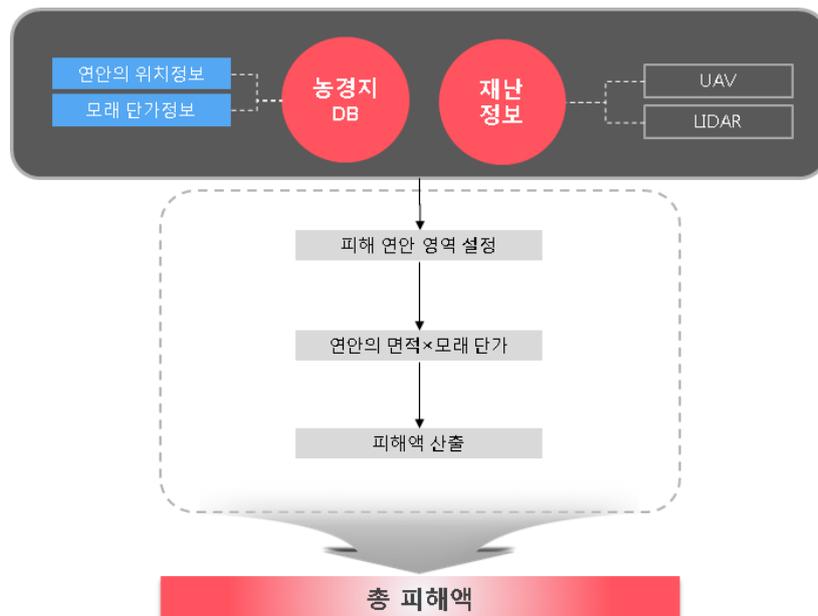
$$\text{토공피해액(도로사태 포함)} = \sum \text{토공피해부피(유실 및 매몰)} \times \text{피해분류에 따른 토공 단가}$$



⑤ 연안침식 피해

- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정이 완료되고 나면, 프로그램은 모래의 단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 연안 침식에 대한 최종 피해액을 계산하여 표시함

연안침식 피해액 = \sum 모래유실부피 × 모래 단가



나) 드론 공간정보자료의 효율적 연안관리 활용

- ▶ 드론을 사용한 정기적인 영상데이터를 GIS 데이터화하고 지속적으로 모니터링 하여 연안 공유수면 이용관리, 바닷가 및 자연해안관리, 방치선박 관리를 위한 활용방안 제시

① 연안의 공유수면 이용 관리

㉠ 점용·사용 관리

- ▶ 공유수면 점용·사용에 대한 관리는 공유수면 관리청인 해양수산부장관(지방해양항만청장, 시·도지사 위임), 특별자치도지사, 시·군·구청장이 주관. 이는 특정 공유수면에 대한 독점적·배타적으로 점용·사용할 수 있도록 허용하는 것으로 시설물이 차지하는 면적 또는 사용면적에 대한 점용·사용료를 부과·징수함. 점용·사용 허가시 시설물의 설치는 한시적인 것으로 원상회복을 전제로 하며, 시설물 자체는 설치자가 소유할 수 있되 등기할 수 없도록 함
- ▶ 공유수면 관리실태에 관한 조사에 드론을 활용하고 공간정보관리시스템을 통해 관리대장, 조사결과 기록, 보고서 작성의 지원이 가능
- ▶ 공간정보관리시스템 시스템에 점용·사용 허가 기간, 면적, 형태, 위치 등의 공유수면 점용·사용 관리대장을 미리 입력하고, 해당 점용·사용에 관한 상기 조사 사항 중 공사 현황, 점용·사용 실태 및 관리 상태, 금지행위 여부 등을 드론을 활용하여 주기적으로 조사하고 해당 결과를 공간정보관리시스템을 통해 표출토록 함
- ▶ 해당 시스템에서 해양수산부장관에게 제출하여야 하는 공유수면 관리실태보고서를 작성 완료할 수 있도록 함으로써 공유수면 관리실태 조사 및 보고서를 작성하는 관리청의 업무에 소요되는 시간 및 비용 등을 절감 가능

㉡ 공유수면 매립 관리

- ▶ 공유수면매립관리청은 해양수산부장관(지방해양항만청장, 시·도지사 위임), 시·도지사, 특별자치도지사이며, 공유수면 매립면허 제도는 특정공유수면에 대하여 토지로 조성할 권리(소유권 취득)를 설정케 하고 관리하는 제도를 말함
- ▶ 상기 공유수면 매립면허 허가, 이행 등에 관련 공유수면매립관청의 기능 수행에 필요한 사항들을 개발된 드론과 공간정보관리시스템을 통해 지원 가능할 것으로 판단
- ▶ 매립계획에 반영된 매립예정지에 대한 정보, 매립면허에 대한 정보가 정보시스템에 입력되어 있어야 하고 매립예정지의 경우 면허 절차 상의 내용(환경영향평가 여부, 관계기관협의, 기 설정된 권리 이외의 새로운 권리 설정 여

부)과 매립면허 이후 관리실태조사에 필요한 사항(면허 이후 실시계획 승인신청 기간 준수 여부, 면허와 실시계획 내용대로 공사가 이루어지는지 여부, 적법하지 않은 매립공사 등)에 관한 사항을 개발된 드론을 통해 확인하고 해당 정보를 공간정보관리시스템을 통해 기 입력된 매립예정지 및 매립면허 등의 정보 위에 표출되도록 함으로써 공유수면 매립 관리에 활용이 가능할 것임

㉔ 포락지 관리

- ▶ ‘포락지(浦落地)’란 지적공부에 등록된 토지가 물에 침식되어 수면 밑으로 잠긴 토지를 말함
- ▶ 포락지 증명에 필요한 조사에는 항공사진, 위성영상, 역사적 기록 등을 토대로 하는 기초 자료조사, 해안선 변화 및 지형 특성을 파악하는 지형조사, 해저 지질 및 퇴적물 조사, 해안침식 또는 퇴적 현상에 대한 조사, 정밀위치 측정기로 조사한 지적측량조사가 포함되며, 그 중 지형조사, 침식 및 퇴적현상 조사에 드론 활용이 가능할 것으로 판단
- ▶ 소유자가 소유권을 행사하는데 필요한 행정 절차적인 소모를 감소시키고 합리적 이용을 도모케 하는데 기여할 것으로 봄
- ▶ 포락지의 경우, 개인의 재산과 안녕을 위협할 수 있는 환경임을 전제하는 것이기 때문에 공유수면 관리청에서는 해당 포락지에 대한 실태를 파악할 필요가 있으며, 이를 토대로 포락지에 대한 관리 방안을 제시할 필요가 있는바, 해당 시스템 내에 이의 활용 또한 가능

② 바닷가 및 자연해안관리

㉔ 바닷가 관리

- ▶ ‘바닷가’란 해안선으로부터 지적공부에 등록된 지역까지의 사이를 말한다. 바닷가는 연안육역과 해역의 연결성에 있어 핵심적인 가치를 가지는 공간적 영역으로 1)바닷가 실태조사, 2)바닷가 조사 및 측량, 3)유형 구분, 4)유형별 바닷가 관리, 5)주기적 점검 및 관리(연2회)를 통해 관리가 이루어짐
- ▶ 바닷가 조사의 내용 중 지형조사, 이용형태 조사 등에 드론을 활용함으로써 정밀하면서도 시간, 비용적 절감 효과 가능
- ▶ 연속지적도, 위성영상, 국립해양조사원의 해안선조사 자료를 중첩하여 바닷가를 추출하고 드론을 통해 확보한 자료를 통해 해당 추출한 바닷가에 대한 이용실태를 판단 가능

㉔ 자연해안 관리

- ▶ ‘자연해안’이란 인공구조물이 없이 자연상태를 유지하고 있는 간조수위선으로부터 지적선까지 사이를 말함. 연안관리법 제32조에서는 자연해안의 훼손을 방지하기 위하여 ‘자연해안관리목표제’를 운영하도록 규정
- ▶ 개발된 드론을 통해 해안 현황 및 자연해안의 상태를 조사하고 이를 공간정보관리시스템을 통해 해안현황도(해안을 자연바닷가, 자연해안선, 인공바닷가, 인공해안선, 간석지로 구분하여 표시한 도면)에 표출하고, 자연해안관리도(해안현황도에 예정된 해안훼손 수요를 표기한 도면)를 작성하여 관리대장으로 활용 가능
- ▶ 개발된 공간관리정보시스템에서의 자연해안 관리는 상기 활용방안으로 제시되었던 공유수면 관리, 공유수면 매립 관리, 바닷가 관리 등과 연계가 가능

㉕ 방치선박 관리

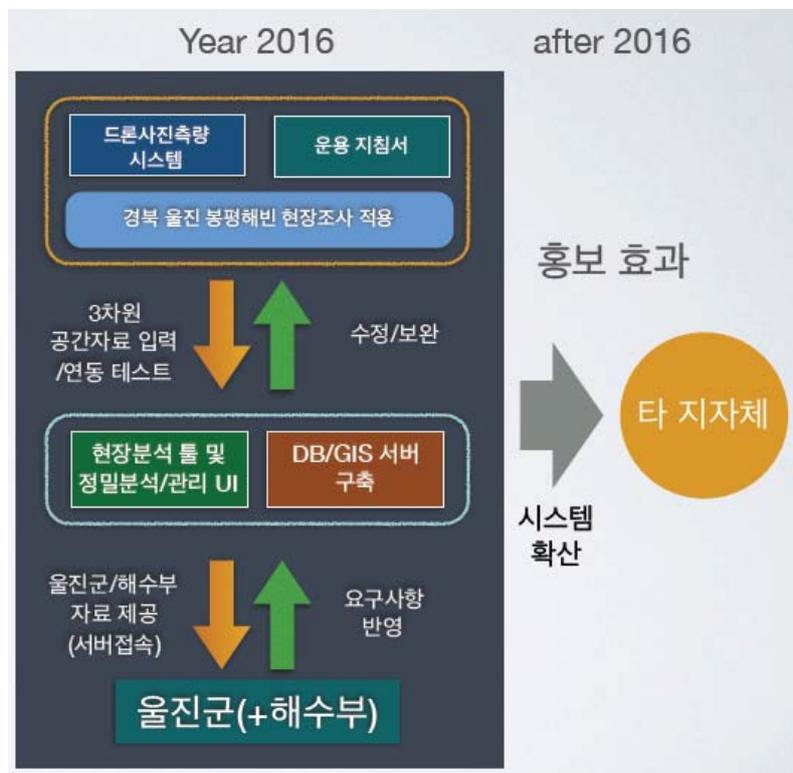
- ▶ 방치선박이란, 1)관계 행정기관에 휴업 또는 계선신고를 하고 신고기간이 만료된 날부터 1년이 경과하도록 운항하지 아니하고 계류중인 선박, 2)공유수면 매립 간척사업 등과 관련하여 폐업보상을 받고 계류 중인 선박, 3)선박 또는 어선등록이 말소된 후 선체의 해체·처리 등의 조치를 하지 아니한 선박, 4)그 밖에 전복·침몰·방치 또는 계류된 선박으로서 공유수면의 보호 및 효율적인 이용을 저해하거나 공유수면을 오염시킬 우려가 있다고 공유수면 관리청이 인정하는 선박을 의미
- ▶ 공간정보관리시스템에 방치선박 관리대장을 추가하여 방치선박의 위치(발견장소,현위치), 소유자, 방치선박 확인일 등을 입력하고 방치선박 조사결과 및 조사결과에 따른 조치 여부를 드론을 활용해 확인하고 공간정보관리시스템상의 방치선박 관리대장과 함께 그 결과를 표출할 수 있도록 함으로써 활용 가능

3) 현장 실증 운용 테스트

- ▶ 경북 울진 한국해양과학기술원 동해연구소 해양환경정보 모니터링 센터 내 DB/GIS 서버 설치 완료
- ▶ 구축된 공간정보관리시스템을 한국해양과학기술원 동해연구소(경북 울진)에 설치하여 현장 실증 테스트 실시
- ▶ 시스템 안전성 및 사용 용이성 테스트
- ▶ 드론사진측량 시스템을 이용한 해안 모니터링 진행
- ▶ 지속 운영을 통해 해수부/지자체에 자료제공 및 시스템 수정/보완 진행



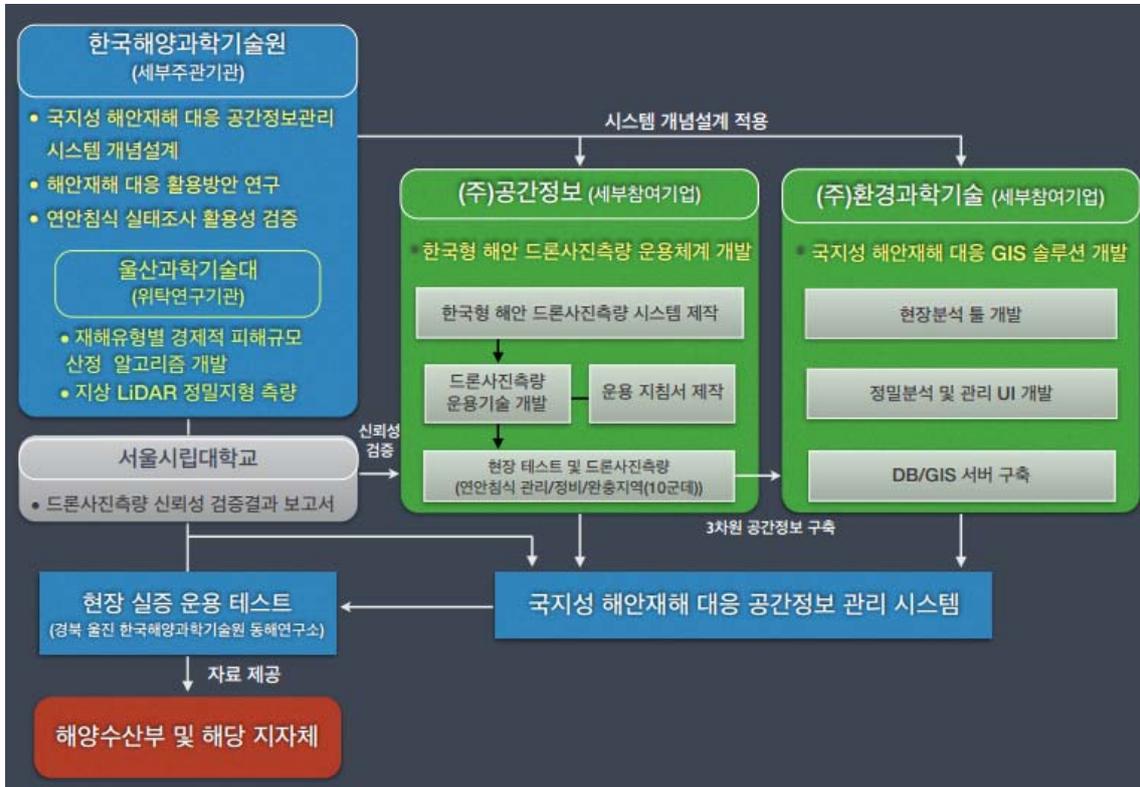
[그림 3-6] 동해 해양환경정보 모니터링 센터실 및 서버 설치 전경



[그림 3-7] 현장실증테스트 수행 흐름도

제 2 절 연구개발 추진 체계

1. 기술개발 추진 체계



- ▶ 주관기관인 한국해양과학기술원은 신속한 국지성 해안재해 대응을 위한 해안 공간정보관리 체계 개발을 위하여 공동연구 참여기업 및 위탁연구 기관과의 연구 협력 체계를 구성함
- ▶ 주관기관은 수요기관(해양수산부)의 활용도를 고려하여 (주)공간정보의 초경량 드론과 (주)환경과학기술의 GIS 솔루션 기술을 접목하여 공간정보관리시스템을 구성함
- ▶ 주관기관은 (주)공간정보의 초경량 드론사진측량 자료 검증을 위해 최신 지형조사 기법을 이용하여 정밀 지형측량자료를 취득함
- ▶ 주관기관은 (주)환경과학기술 GIS 솔루션의 모듈 구성과 활용을 고려한 시스템 기초 개념 설계에 참여함
- ▶ (주)공간정보는 드론제작 및 초경량 드론에 RTK-GPS 시스템을 탑재하여 사진측량자료를 취득, 후처리 과정을 거쳐 지형정보를 제공하며, 드론사진측량 운용체계를 개발
- ▶ (주)환경과학기술은 후처리 작업을 거친 초경량 드론사진측량 자료를 이용하는 현장 분석용 툴과 지형자료 분석 기능을 탑재한 GIS 및 DB 서버, 사용자 편의의 Web 기반 UI 개발 및 GIS 솔루션을 구축함

2. 각 기관별 역할 및 추진내역



제 3 절 시장 현황 및 사업화 전망

1. 국내·외 시장 현황

가. 국내 시장 규모 및 현황

- ▶ 미국, 중국, EU 등 드론산업 주요국 대비 도입 초기단계로 취미용 드론산업이 대부분이나 점차 연구 및 업무에 적용되는 사례들이 나타나 다양한 산업분야에 수요증가
- ▶ 국내 기술은 국방 및 취미용 드론에 집중되어 산업용도의 기술력과 가격경쟁력은 미미한 실정이며 주로 해외에서 수입해 재판매 하는 구조임
- ▶ 국내 민간용 드론시장 규모가 현재는 농업용 및 항공촬영용 위주로 소규모에 불과하나, 향후 해안/산불/환경감시 등의 공공용부터 시작하여 다양한 용도로 이용될 것으로 예측되면서 2016년 이후 15년간 시장규모는 다음과 같이 1조 6,200억원으로 전망하였음⁸⁾

[표3-4] 상업용 민간 무인항공기 시장규모 전망

용도	시기	예상획득비 (억 원)	비고
해안감시	2018-2025	5,200	26개 해경 x 2조
산불감시	2018-2022	2,000	5개 산림청 x 4조
환경감시	2020-2025	1,000	10개 지자체 x 1조
재해재난 모니터링	2018-2030	2,000	10개 지자체 x 2조
교통통제/사고수습	2018-2022	1,000	10개 지자체 x 1조
공중촬영	2016-2025	1,500	업체 60대(대당 25억원)
농업용	2016-2025	2,000	업체 1,000대(대당 2억원)
기타	2016-2025	1,500	소형 위주
계		16,200	

주: 1) 해안/산불/환경감시 및 재해재난/교통상황 모니터링: 1조당 100억원 기준

2) 10개 지자체: 서울/경기/강원/충남/충북/전남/전북/경남/경북/제주

※ 자료 : 국토교통부한국건설기술연구원, 『상업용 민간 무인항공기 보급 기반구축 기획 최종보고서』 2012년, 132쪽

8) 한국해양수산개발원, 『드론의 해양수산분야 활용방안』, 2014, 23쪽.

- ▶ 향후 정부기관 및 지자체에서 적극적인 도입 및 활용에 따라 재난재해, 농업, 토목 분야 등 일반 산업에도 활발한 성장이 예측됨

나. 국외 시장 규모 및 현황

- ▶ 상업용 민간 드론 시장은 2014년 6천만 달러에서 2023년 8억 8천만 달러로 연평균 35%성장할 전망이다
- ▶ 하드웨어는 중국, 플랫폼 및 소프트웨어는 미국과 유럽이 주도하고 있음.
- ▶ 미국의 드론 규제는 강한편이나 방산 업체가 주도하는 시장이 점차 상업적으로 자유화될 전망이다
- ▶ 유럽의 경우 비전 2020 발표 이후, 드론 산업이 급성장 하고 있고 상업용 드론의 개발과 보급이 활발히 진행되고 있음
- ▶ 중국은 현재 사용되는 민간 상업용 드론은 15,000개 수준이고 관련 법률 제도도 미비하나 최근 영상촬영 및 식물보호, 전력에너지 검사, 취미 레저용으로 급성장 하고 있는 추세임
- ▶ 일본 드론산업은 2022년에 406억엔으로 성장할 전망이며 농업용 드론이 전체 시장의 70% 이상을 차지하고 있음

[표3-5] 해외드론산업 동향

주요국	기술력	활용도	규제강도	제조업체수	시장규모
미국	상	상	강	다수	큼
유럽	상	중	중	보통	큼
중국	상	상	약	보통	큼
일본	중상	중	약	소수	보통
한국	중상	하	중	극소수	작음

※ 자료 : 사단법인 한국드론산업협회, 『국가별 드론(무인항공기) 주요기업과 제품특징

- ▶ 드론 및 GIS를 이용한 재해 및 재난분야 이용도 꾸준히 증가하고 있는 추세임

2. 사업화 필요성 및 가능성

가. 사업화 필요성

- ▶ 드론에 대한 규제가 점차적으로 완화되는 경향을 보이고 있는 실정으로 드론을 이용한 다양한 시도와 연구가 진행 중
- ▶ 해양, 토목, 측량, 방재, 안전진단, 경관분석, 산림, 농업 등 다양한 분야에서 드론을 활용중임
- ▶ 해안재해에 대한 안전관련 부처와 지자체의 체계적인 재해대응을 위한 시스템 필요

나. 사업화 가능성

- ▶ 안전성과 편리성을 극대화한 드론 제작 및 출시
 - 8엽기 멀티콥터로 바람에 대한 저항력 상승 및 기체 안전성을 확보
 - 자동비행프로그램을 활용해 누구나 쉽게 드론 조작성이 가능한 편리성 확보
 - 드론의 운용능력이 낮은 지자체 및 연구기관이 사용하기에 용이함
- ▶ 작업과정 간소화로 빠르고 정밀한 영상취득
 - 정밀한 RTK-GPS 탑재로 영상획득시 필요한 지상기준점 설치과정 생략
 - 지상기준점을 설치한 영상과 동일한 정밀도의 영상취득이 가능하며, 영상취득기간은 절반이상으로 간소화
 - 해안재해가 빈번하고 변화시기가 급격한 지역에서 변화 탐지 및 모니터링에 사용하기에 용이함.
- ▶ 센서 교체를 통한 다양한 분야 활용 가능
 - NIR, 열화상, RE, MULTI-SPEC4C 등 다양한 센서로 교체가 가능하여 센서 특성에 맞는 분야에 활용이 가능함
 - NIR, RE : 성장기간이 짧은 식물의 식생지수 판단 등 농업분야에 활용이 가능함
 - 열화상, MULTI-4C : 수온변화탐지, 생체량 탐지 등 해양분야에 활용이 가능함
- ▶ 재난관련 국가출현기관에서 현장상황 파악자료 획득에 활용
- ▶ 기능 고도화를 통한 드론사진촬영 및 분석 전반의 기능을 한 시스템에서 사용 가능한 시스템 개발
- ▶ 모듈형식의 맞춤형 추가 프로그램 개발을 통한 유연한 수요처 개발 및 판매 가능
- ▶ 개발된 드론에 대하여 해안지역의 지자체 및 연구기관 보급을 통한 성과확산
 - 향후 3년간 해안지역 지자체의 50% 이상 보급 : 매출액 약 15억원 예상
 - 해안관련 연구기관에 보급 및 활용분야 제시 : 매출액 약 7억원 예상
- ▶ 보급된 드론의 지속적인 유지 관리 및 성능개선을 통한 효율성 확대
 - 보급된 장비의 개선을 통한 활용방안 증대 : 매출액 약 3억원 예상

- 부품 추가 및 개선된 소모품을 통해 성능향상 : 매출액 약 2억원 예상
- ▶ 고객 접근성 강화를 위한 각 지자체 및 안전관련 부처 시연 및 Trail 버전의 사용 제공(국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션)
 - 지자체에 연간 20copy 이상 판매로 3년간 30억 매출 목표
 - 지자체에 연간 20copy 이상 판매로 5년간 50억 매출 목표
 - 기술 이전을 통한 시스템 판매 및 라이선스로 5년간 20억 매출 목표
- ▶ 영상획득에서 지도제작까지의 시간소요를 최소화하기 위한 방안으로 자료처리 전용 고성능 서버설치와 자동화 및 인공지능 프로그램 개발을 통하여 준실시간에 가까운 해안재해 대응기술 개발 사업화 가능

다. 성과홍보계획

- ▶ 지자체 및 연구기관에 연구성과 홍보
 - 활용 가능한 분야의 학회, 전시회, 컨퍼런스에 참여해 제품 홍보
 - 고객 접근성 강화를 위하여 지자체 및 안전관련 부처에 시연
 - 사용성 증대를 위한 Trial 버전 시스템 제공
 - 기능 제약 제품에 대한 가격 차별성 내부 협의 중
 - 관련 업무에 활용방법 및 업무 편리성을 강조한 맞춤형 홍보
- ▶ 다양한 분야에 적용 및 활용을 모색하기 위한 권역별 세미나 개최 및 참가
- ▶ 학회 및 전시회 부스 설치, 홍보 및 발표
 - 활용이 가능한 분야의 학회 및 전시회에 참여해 교육기관 및 관련업체에 홍보
- ▶ 국가 기관 시범사업 참여 및 성과검증 사업 참여.

라. 성과활용계획

- ▶ 지자체 확산방안
 - 울진군과 업무협약을 통한 연안침식 자료제공 및 연계사업 발굴
 - 지자체 및 해양수산부에 드론 공간정보 자료 제공 및 홍보
- ▶ 해수부 연안침식 실태조사 사업 적용
 - 연안침식 실태조사에 대한 시범적용
 - 주요 연안침식 지역 및 양빈지역에 대한 3차원 연안공간정보 구축
 - 양빈모래 확보를 위한 연안모래 부존량 조사
- ▶ 해수부 연안 안전 및 관리에 적용
 - 해안가 포락지 토지조성을 위한 점용 및 사용허가 관리
 - 공유수면내 불법 점용 및 사용 현황조사
 - 자연해안 및 바닷가 관리를 위한 유형 구분 및 관리제도 운영에 활용

- ▶ 타 분야와의 협력 및 공조 활용방안
 - 현재 개발된 프로그램을 확장하여 산사태, 건물 붕괴, 대규모 도로침하 등의 재해와 관련된 GIS 프로그램 개발 가능

마. 파급효과

- ▶ 기술적 효과
 - 드론 및 소프트웨어 국산화를 통한 무인기 원천기술 확보 및 선점
 - 해양수산분야 및 Hybrid 드론 & ICT 응용기술 확보
 - RTK-GPS 적용을 통한 정밀 드론 연안지형 탐사 기술 향상
 - 드론 활용 정밀 3차위 공간정보 생성 및 VR/AR 콘텐츠 구축 기술 확보
- ▶ 경제/산업적 효과
 - 육상 중심의 드론산업의 해양수산 분야 확대를 통한 산업 활성화
 - 드론을 활용한 해양수산조사 산업 활성화
 - 고해상 공간정보자료 확보를 통한 개발계획 수립 및 공간활용 정책 효율성 증대
- ▶ 사회/정책적 효과
 - 신속한 해안재해 보구를 통한 국민안전 확보
 - 고해상 공간정보자료 확보를 통한 연안 개발계획 및 공간활용 정책 효율성 증대
 - 국가 연안 재해·안전 대응 및 관리시스템의 세부 모듈로 활용 가능

제 4 절 고용 창출 효과

항목		세부 항목	성 과
고용 효과	개발 전	연구인력	9명
		생산인력	2명
	개발 후	연구인력	15명
		생산인력	4명

제 5 절 자체보안관리진단표

구분	체크항목	결과 체크 (√표)	비고 (미실시 사유)
보안관리 체계	○ 기관 내 보안관리규정을 제정/적용하고 있다	O(√), X()	
	○ 보안관리 조직이 있으며, 자체 보안점검실시 등 잘 운영되고 있다	O(√), X()	
	○ 보안교육을 정기적(1회이상/연)으로 실시하고 있다	O(√), X()	
	○ 보안사고에 대한 방지대책 및 비상시 대응계획이 준비되어 있다	O(√), X()	
참여 연구원 관리	○ 참여연구원에 대하여 보안서약서를 받았다	O(√), X()	
	○ 참여연구원에게 보안관리의 중요성 등을 인식시키고 있다	O(√), X()	
연구개발 내용/결과 관리	○ 주요 연구자료 및 성과물의 무단유출 방지대책을 수립하고 있다	O(√), X()	
	○ 보안성 검토 방법 및 절차를 이행하고 있다	O(√), X()	
	○ 기술이전 관련 내부규정 및 절차를 준수하고 있다	O(√), X()	
연구시설 관리	○ 연구시설 보안관련 내부규정 또는 지침을 이행하고 있다	O(√), X()	
	○ 주요 시설에는 보안장비가 설치되어 있다	O(√), X()	
	○ 보호구역이 지정되어 있다	O(√), X()	
정보 통신망 관리	○ 정보통신망 보안관련 내부규정 또는 지침이 구비되어 있다	O(√), X()	
	○ 보안관리책임자의 승인 항목이 구분되어 있다	O(√), X()	
	○ 주요 데이터에 대해 백업을 실시하고 있다	O(√), X()	
	○ 개인용 정보통신장비(노트북, USB메모리)에 대하여 인가/관리중이다	O(√), X()	
	○ 전산망 보호를 위한 HW 및 SW 등을 도입하여 적용하고 있다	O(√), X()	
	○ 직책, 임무별 열람 권한을 차등화하여 부여하고 있다	O(√), X()	

[별첨] SW연구개발 결과 정보

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명
기술정보	기술개요	<ul style="list-style-type: none"> - 국지 해안 공간정보 자료 관리 활용을 위한 시스템 개발은 시스템의 확장성, 고도화 편의성, 다양한 운영환경 대처를 위해 국내 개발 상용 GIS SW(JoyMap)를 도입하여 시스템 개발에 적용 - 현장에서 촬영된 UAV 영상 및 등고지도를 중첩하여 3D 시각화 및 지형단면도, 체적 연산 - 정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료 연동 프로그램 - 취득된 UAV 영상을 국지성 해안재해 대응 공간정보 관리 시스템에 개별 또는 일괄등록하고 촬영 시점, 장소 등의 정보를 등록 관리 - 촬영된 UAV 영상 및 등고 지도를 분석하여 해안 지역의 지형 지물 변화를 모니터링 - 해안 재난 재해 유형별에 따른 피해액 산정 기법을 도입하여 경계적 수치로 피해 규모를 정량화 - 기존 연안 침식 측량 자료를 연동하고 모니터링
	등록한 특허 및 표준	<ul style="list-style-type: none"> - 한국저작권위원회 프로그램 등록 : 해안재해대응분석시스템(제 C-2016---1340 호)
	경쟁력	<ul style="list-style-type: none"> - 국산 GIS 엔진 사용으로 최신의 GIS 데이터 표출, 분석 기술을 적용하여 농업, 국방, 환경, 해양 등 다양한 산업분야에서 최적의 GIS 기반 시스템, 솔루션을 제공 - Windows, Linux, Android 등 다양한 플랫폼 환경에서 동일한 운영환경 지원 - 대용량 공간 데이터 무손실 압축 기술 적용, 기존 제품 대비 탁월한 전송 및 처리속도 보장 - 국제적으로 사용되는 다양한 GIS 관련 포맷을 지원 - GIS 데이터 편집 및 다양한 분석 기능 제공 - ODBC, JDBC 지원 OpenSource DBMS 및 상용 DBMS 사용 - 2D, 3D 지원 - 64bit 설계로 H/W의 성능을 최대로 사용가능 - 국제 표준 준수
	기술이전실적 및 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 기술이전 실적 없음 - 기술이전 방식 : 라이선싱 - 이전 범위 : 활용 기술 및 GIS 엔진 인터페이스 등 - 기술관련 담당자 : 경명현(kyoungoon@kesti.co.kr)

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명
개발정보	개발목표	<ul style="list-style-type: none"> - 국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 현장 분석용 툴 개발 * 지형분석 및 관리 UI 개발 * DB/GIS 서버 구축 - 기존 연안침식 자료와의 연동 기능 개발 - RKT-GPS의 드론사진 촬영 연동 프로그램 개발
	타겟고객 및 시장	<ul style="list-style-type: none"> - 해양수산부 및 지자체와의 정보 공유/공동 활용 <ul style="list-style-type: none"> ① 웹기반 솔루션을 통하여 촬영된 드론사진촬영 공간정보에 대하여 직접적으로 시계열 변화 분석 관찰 ② 필요시 고도단면도, 해안선 변화, 체적연산, 연안침식 모니터링 등의 분석기능 활용을 통해 업무목적에 맞는 기초정보로 재활용 - 웹기반 정밀분석시스템은 현장관리시스템을 통해 취득된 사진측량 영상을 누적관리하고 동일 지역 대상 사용자 선택지점(지역)에 대한 변화 내역을 촬영지역별, 촬영시점별 비교 분석 할 수 있는 기능을 제공하므로 상기 시스템을 통해 관리되는 사진측량 영상은 시스템의 운영기관 뿐만 아니라 유관기관에 공개함으로써 정보의 공유 및 필요시 자료의 제공 수단으로 이용될 수 있음 - 향후 인터넷 Web Browser를 통한 대시민 서비스로 확장 적용될 경우 아래와 같은 운영과 기대효과가 있을 것으로 판단됨 <ul style="list-style-type: none"> ① 일반시민 대상 거주지 주변 또는 관심지역의 해안변화와 시설정보를 확인 할 수 있도록 서비스 기능 제공 - 영상 촬영 시점 차이로 인해 현재 해안지형과 차이가 있을 경우 최신 영상 서비스 요청 ② 거주지 또는 방문지 해안에서 시설 및 지형 붕괴, 노후화 등의 문제현상에 대한 민원 처리 - 문제현상 확인시 웹 시스템의 민원처리 기능을 통해 안전 관리 주의 요청, 현장시찰 및 예방 조치 등의 민원사항 등록 ③ 기타 해안 불법시설 또는 위험시설에 대한 신고
	세부구성기술	<ul style="list-style-type: none"> - 공간 자료 저장/ 검색 기술 <ul style="list-style-type: none"> ① 고성능 대용량 자료 처리 기술 ② 벡터 자료 압축 저장/복원 기술 ③ 공간 영상 자료 압축 저장/복원 기술 ④ 대용량 영상 정보의 서비스 기술

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명
		<p>⑤ 공간 자료 암호화 기술</p> <p>- 공간 정보 서비스/유동 기술</p> <p>① GIS 서버 서비스 기술 ② 공간 DBMS 부하 최소화 기술 ③ 공간 카탈로그 서비스 기술 ④ 공간 ETL 기술 ⑤ 벡터 자료 통신 서비스 기술</p> <p>- 공간 정보 단말 서비스 기술</p> <p>① 공간 영상 자료 검색 및 가시화 기술 ② 벡터/영상을 활용한 2D/3D 가시화 기술 ③ 공간 자료 연동성 및 자료 처리 기술 ④ DB 복제 및 동기화 기술 ⑤ 래스터 이미지를 활용한 3D 기반 체적 연산 기술 ⑥ 래스터 분석</p> <p>- 공간 자료 저장 /가공 기술</p> <p>① 대용량 영상 정보의 TMS(Tile Map Service) 서비스용 데이터 가공 처리 기술((병렬 필터 스트림 방식))</p>
	개발기간 및 소요 공수	<p>- 총 사업비 : 256,631,000원</p> <p>- 수행기간 : 2015.04.01 ~ 2016.03.31(12개월)</p>
	개발환경 (시스템환경, 도구, 개발언어, 제약사항)	<p>- H/W(PC) 사양</p> <p>① CPU : Quad Core 2.5 GHz 이상 ② MEM : 4GB 이상 ③ HDD : 100GB 이상</p> <p>- S/W 사양</p> <p>① OS : Microsoft Windows 7 Professional Editon 64bit 권장 ② DBMS : PostgreSQL ③ WAS : Tomcat ④ GIS Server : JoyMap Server</p> <p>- 개발 언어 : C++</p> <p>- 개발 도구 : MicroSoft Visual Studio</p>
	개발관리 및 적용방법론	<p>- CBD 개발 방법론 사용</p> <p>- 독립적으로 구현된 컴포넌트를 아키텍처로부터 컴포넌트 간 상호 작용과 의존성을 파악한 후, 조립하여 소프트웨어를 개발하는 방법론</p> <p>- 형상관리 : SVN 서버 활용(개발 소스 관리에 적합)</p>

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명																											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="647 309 780 360">단계</th> <th data-bbox="780 309 1086 360">수행절차</th> <th data-bbox="1086 309 1378 360">산출물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="647 360 780 465" rowspan="2">착수</td> <td data-bbox="780 360 1086 421">프로젝트 준비</td> <td data-bbox="1086 360 1378 421">작업분할표(WBS)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="780 421 1086 465">사업수행 계획</td> <td data-bbox="1086 421 1378 465">수행계획서</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 465 780 517">분석</td> <td data-bbox="780 465 1086 517">요구사항 정의</td> <td data-bbox="1086 465 1378 517">요구사항정의서</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 517 780 651" rowspan="2">설계</td> <td data-bbox="780 517 1086 568">프로그램 설계</td> <td data-bbox="1086 517 1378 568">화면설계서</td> </tr> <tr> <td data-bbox="780 568 1086 651">데이터베이스 설계</td> <td data-bbox="1086 568 1378 651">DB설계서(ERD) 테이블정의서(목록)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 651 780 757" rowspan="2">개발</td> <td data-bbox="780 651 1086 703">현장분석용 툴</td> <td data-bbox="1086 651 1378 703">실행파일</td> </tr> <tr> <td data-bbox="780 703 1086 757">지형분석 및 관리 UI</td> <td data-bbox="1086 703 1378 757">실행파일</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 757 780 808">전개</td> <td data-bbox="780 757 1086 808">사용자 교육</td> <td data-bbox="1086 757 1378 808">사용자매뉴얼</td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 808 780 860">완료</td> <td data-bbox="780 808 1086 860">완료보고서</td> <td data-bbox="1086 808 1378 860">완료보고서</td> </tr> </tbody> </table>	단계	수행절차	산출물	착수	프로젝트 준비	작업분할표(WBS)	사업수행 계획	수행계획서	분석	요구사항 정의	요구사항정의서	설계	프로그램 설계	화면설계서	데이터베이스 설계	DB설계서(ERD) 테이블정의서(목록)	개발	현장분석용 툴	실행파일	지형분석 및 관리 UI	실행파일	전개	사용자 교육	사용자매뉴얼	완료	완료보고서	완료보고서
단계	수행절차	산출물																											
착수	프로젝트 준비	작업분할표(WBS)																											
	사업수행 계획	수행계획서																											
분석	요구사항 정의	요구사항정의서																											
설계	프로그램 설계	화면설계서																											
	데이터베이스 설계	DB설계서(ERD) 테이블정의서(목록)																											
개발	현장분석용 툴	실행파일																											
	지형분석 및 관리 UI	실행파일																											
전개	사용자 교육	사용자매뉴얼																											
완료	완료보고서	완료보고서																											
	적용한 표준	<ul style="list-style-type: none"> - FIPS 140.2 보안 규격 준수 (FIPS : Federal Information Processing tandards 미 연방정보의 보안 요구사항) - OGC 표준 준수 : OGC(Open Geospatial Consortium) 공간정보 국제 표준화 기구 - TTA 표준 준수 : 한국 정보 통신 기술 협회 표준 준수 																											
품질정보	테스트기준	<ul style="list-style-type: none"> - 기능 테스트 <p><현장용 UAV 촬영 시스템></p> <ul style="list-style-type: none"> ① 날씨 정보 : 인근 연안 기상상황 및 우주 전파 환경예보 정보 표출 여부 ② UAV 연결 경로 설정 : GroundStation 소프트웨어를 실행 여부 ③ 데이터 다운로드 : GPSExporter 소프트웨어를 실행 여부 ④ RTK-GPS 연동 : RTK-GPS 위치자료를 연동파일 생성 																											

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명
		<p>여부</p> <p>⑤ 영상 통합 및 DEM 생성 : Photoscan 소프트웨어를 실행 여부</p> <p>⑥ 영상 분석 : 촬영 영상을 2D로 확인, 미리보기 이미지 생성, 이미지 타일링, 지도화면제어(이동, 거리, 면적 측정)의 기능 확인</p> <p>⑦ 3D 영상 표출 : 촬영 영상과 DEM 지도를 중첩하여 해안지형을 3D로 확인</p> <p><정밀 분석 시스템></p> <p>① 영상 관리 및 검색 : 촬영 영상의 촬영 기록부를 DB 파일에 저장하고 저장된 UAV 영상 촬영정보를 기준으로 사용자 요구 조건에 맞는 영상의 위치 경로 검색 확인</p> <p>② 고도변화 비교 분석 : 동일한 지역에서 다른 날 촬영된 DEM에서 고도값을 비교 기능 확인</p> <p>③ 해안선 추출 : DEM 지도에서 고도값을 이용하여 해안선을 추출하는 기능 확인</p> <p>④ 영상 비교 : 동일한 지역의 촬영 영상을 비교하는 기능 확인</p> <p>⑤ 3D 보기 : 촬영 영상과 DEM 지도를 중첩하여 해안지형을 3차원으로 가시화 하는 기능 확인</p> <p>⑥ 해안 재해 피해액 산정 : 건축물, 농경지, 도로/교량, 도로사태, 토공, 연안침식 발생 지역을 입력하고 피해액 산정하여 경제적 수치로 피해규모를 정량화되는지 확인</p> <p>⑦ 연안침식 자료 연동 : 기존 연안침식 측량 자료와 연동하여 표출 여부</p> <p>⑧ 연안침식 모니터링 : 기존 연안 침식 측량 자료의 고도값과 현장에서 촬영된 등고 지도에서 추출된 고도값을 비교하여 표출 여부</p>
	테스트방법	<p>- 테스트 환경</p> <p>① 테스트 장비</p> <ul style="list-style-type: none"> - CPU : 인텔 i7-5500U - 메모리 : 8GB - SDD : 256GB - OS : 윈도우 8.1 64비트 <p>② 테스트 환경</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실내 기능 테스트 - 현장 테스트 (UAV촬영 현장)
	인증현황	<p>- 해당사항 없음</p>
제품정보	제품명 및 구성	<p>- 현장용 UAV 촬영 시스템</p> <p>- 정밀분석 시스템</p>

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명
	주요기능	<p>- 현장용 UAV 촬영 시스템 : 드론을 통해 촬영된 UAV 영상을 현장에서 통합하고 DEM 지도를 생성하여 2D, 3D로 확인하는 기능제공 대표적인 기능은 다음과 같이 구성되어 있음</p> <p>① 날씨 정보 : 인근 연안 해상 기상상황 및 우주 전파 환경예보 정보를 확인</p> <p>② UAV 연결 경로 설정 : UAV 연결 및 경로 설정에 필요한 GroundStation 소프트웨어를 실행</p> <p>③ 데이터 다운로드 : 데이터 다운로드에 필요한 GPSExporter 소프트웨어를 실행</p> <p>④ RTK-GPS 연동 : 정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료를 연동</p> <p>⑤ 영상 통합 및 DEM 생성 : 촬영된 UAV 영상을 통합하고 DEM 지도 생성에 필요한 Photoscan 소프트웨어를 실행</p> <p>⑥ 영상 분석 : 현장에서 촬영된 UAV 영상을 2D로 확인하고 미리보기 이미지 생성, 이미지 타일링, 지도화면제어(이동, 거리, 면적 측정) 등의 기능을 제공하는 현장용 영상분석 시스템을 실행</p> <p>⑦ 3D 영상 표출 : 촬영된 UAV 영상과 DEM 지도를 중첩하여 해안지형을 3D로 확인하고 거리, 면적, 단면도를 측정할 수 있는 현장용 3D 시스템을 실행</p> <p>- 정밀 분석 시스템 : 드론을 통해 촬영된 UAV 영상을 정밀 분석, 관리, 모니터링 하는 기능을 제공 대표적인 기능은 다음과 같이 구성되어 있음.</p> <p>① 영상 관리 및 검색 : UAV 영상의 촬영 기록부를 DB 파일에 저장하고 저장된 UAV 영상 촬영정보를 기준으로 사용자 요구 조건에 맞는 영상의 위치 경로를 검색하는 기능</p> <p>② 고도변화 비교 분석 : 동일한 지역에서 다른 날 촬영된 DEM에서 고도값을 비교하여 해안지역의 지형, 지물 변화를 모니터링 하는 기능. 해당 기능을 통해 해안재해에 의한 지형(해안 건축물 붕괴, 해안사면 붕괴, 해안도로 붕괴)의 변화를 모니터링할 수 있음</p> <p>③ 해안선 추출 : DEM 지도에서 고도값을 이용하여 해안선을 추출하는 기능</p> <p>④ 영상 비교 : 동일한 지역에서 다른 날 촬영된 UAV 영상을 비교하여 현장에 대한 직접 방문 없이 실내에서 지형 또는 지물 변화를 확인하는 기능</p> <p>⑤ 3D 보기 : 현장에 대한 직접 방문 없이 실내에서 입체적인 지형 관측 및 정밀 측량이 가능하도록 정밀 분석 시스템에서 UAV 영상과 DEM 지도를 중첩하여 해안지형을 3차원으로 가시화 하는 기능</p> <p>⑥ 해안 재해 피해액 산정 : 건축물, 농경지, 도로/교량, 도로사태, 토공, 연안침식 발생 지역을 입력하고 재해 유형별에 따른 피해액 산정 기법을 도입하여 경제적 수치로 피해 규모를 정량화하는 기능</p> <p>⑦ 연안침식 자료 연동 : 기존 연안침식 측량 자료와 연동하</p>

구성항목	세부 구성항목	세부 구성항목 설명
		<p>는 기능</p> <p>⑧ 연안침식 모니터링 : 기존 연안 침식 측량 자료의 고도값과 현장에서 촬영된 등고 지도에서 추출된 고도값을 비교하는 기능</p>
	제품특장점	<ul style="list-style-type: none"> - 테스트탑, 웹, 모바일 환경의 모든 OS, 브라우저 환경을 지원하여 어떠한 근무환경, 업무용 기기의 구매를 받지 않고 시스템을 구축 - ODBC, JDBC가 지원되는 OpenSource DBMS 및 어떤 DBMS도 사용이 가능하도록 설계되어 있어 기존 제품들과 달리 특정 벤더사에 독립적으로 구성 가능 - 부하분산이 가능한 3-Tier 구조로 설계되었으며 WAS 기반의 JoyMap Server를 통해 대용량 GIS 데이터의 안정적인 서비스 제공 - 자체적인 대용량 공간 데이터 무손실 압축기술(LTM)을 적용하여 대용량의 GIS 데이터를 손실 없이 압축 전송
	사용환경	<ul style="list-style-type: none"> - H/W(PC) 사양 <ul style="list-style-type: none"> ① CPU : Quad Core 2.5 GHz 이상 ② MEM : 4GB 이상 ③ HDD : 100GB 이상 - S/W 사양 <ul style="list-style-type: none"> ① OS : Microsoft Windows 7 Professional Editon 64bit 권장 ② DBMS : PostGIS ③ WAS : Tomcat ④ GIS Server : JoyMap Server
	제품관리정책	<ul style="list-style-type: none"> - 라이선스 판매정책 적용 - 협력사 할인 : 20%~40% 할인 - 교육용 할인 : 70% 할인 - 담당자 : 경명현(kyungoon@kesti.co.kr)
	부속자료(사용자 매뉴얼, 백서, 데모, 브로셔 등)	<ul style="list-style-type: none"> - 현장용시스템_사용자매뉴얼.hwp - 정밀분석시스템_사용자매뉴얼.hwp

부록 1

한국형 RTK-GPS 탑재 드론사진측량 시스템 제작

제 1 절 한국형 해안 드론사진측량 시스템 개요

1. 시스템 개발범위

- ▶ 본 연구의 RTK-GPS 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템 개발은 해안구조물이 많고, 이·착륙 장소가 협소한 우리나라 해안특성을 고려하여 회전익 드론 선정하였으며, 상대적으로 바람이 강한 해안지역의 특성에 따라 풍속에 대한 저항성을 향상시킨 시스템을 구축하였다.
- ▶ 또한 위치정확도 향상을 위하여 초경량 드론에 고정밀 2주파 GPS를 장착하였으며, 드론사진측량의 체계화된 운용체계 구축 및 지침서를 제작하였다(부록 2 참조).

2. 세부 개발내용

- ▶ RTK-GPS 센서 탑재 한국형 해안 드론사진측량 시스템 제작
- ▶ RTK-GPS를 장착한 드론의 현장 작동 테스트
- ▶ 드론사진측량 오차발생 문제점 개선방안 및 시험적용
- ▶ 해안지형 자료 수집을 위한 초경량 드론사진측량 운용기술 체계화 및 지침서 제작
- ▶ 초경량 드론 점검기술, 사고사례 등 안전점검 설명서 제작

<그림 1-1> 해안재해 대응을 위한 초경량 드론 운용체계 개발 흐름도

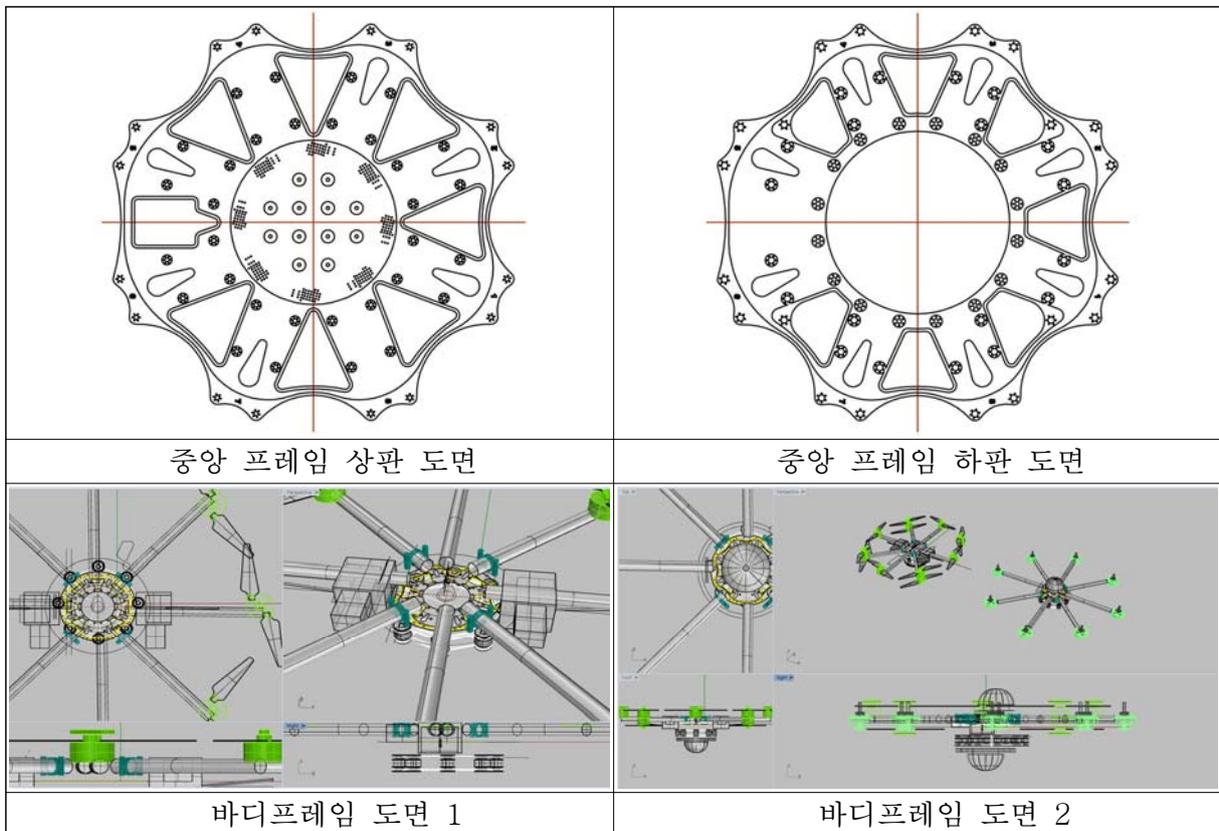


제 2 절 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론 제작

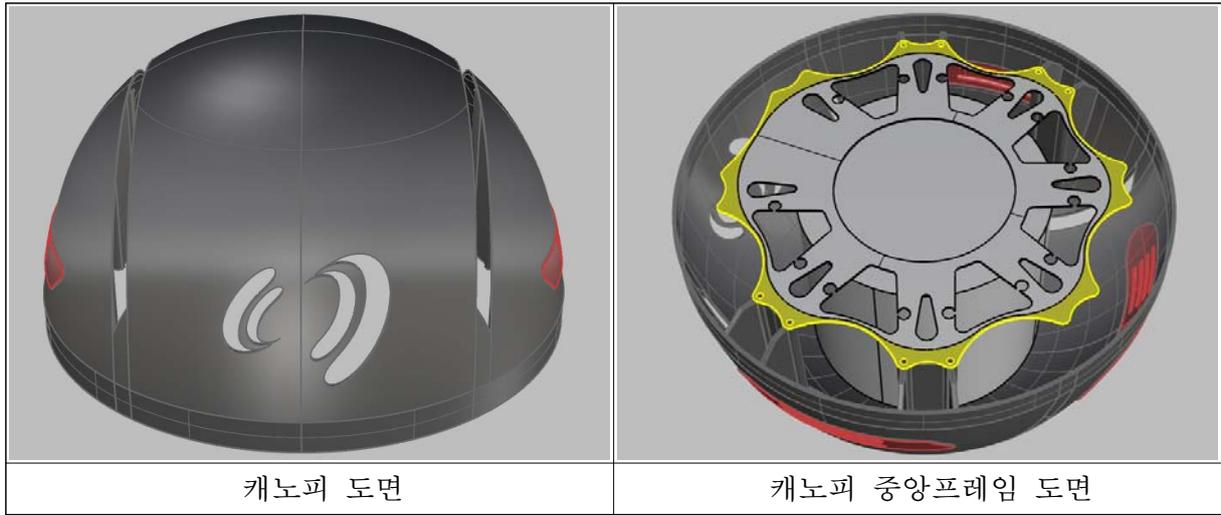
1. 드론설계

- ▶ 안정적인 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론 제작을 위하여 기체에 대한 설계를 진행 하였으며, 우리나라 해안의 특성을 고려하여 그에 적합한 시스템을 설계하였다.
- ▶ 구성부품이 30% 이상 국내제작 부품을 사용한 국산화
 - 프레임, 짐벌, 홀더, 프로펠러 허브, PDA, 서터부 등 국산부품 사용 및 자체 제작
- ▶ 시스템화 된 운용체계 구축
- ▶ 국내 지형 및 현황에 특성화 된 운용 시스템 구축
- ▶ RTK-GPS를 회전익 비행체에 탑재, 접근불가 지역의 사진측량 시스템 체계구축
- ▶ 모터부 개선 및 중량 조절로 풍속에 대한 저항성 향상
- ▶ 리튬폴리머 6셀 9000mAh 배터리 탑재로 넓은 지역을 조사하기 위한 비행시간 향상
- ▶ 또한 중앙프레임을 비롯한 바디프레임, 캐노피, 홀더, 모터마운트, 짐벌 등을 설계하여 체계적으로 제작하였다.

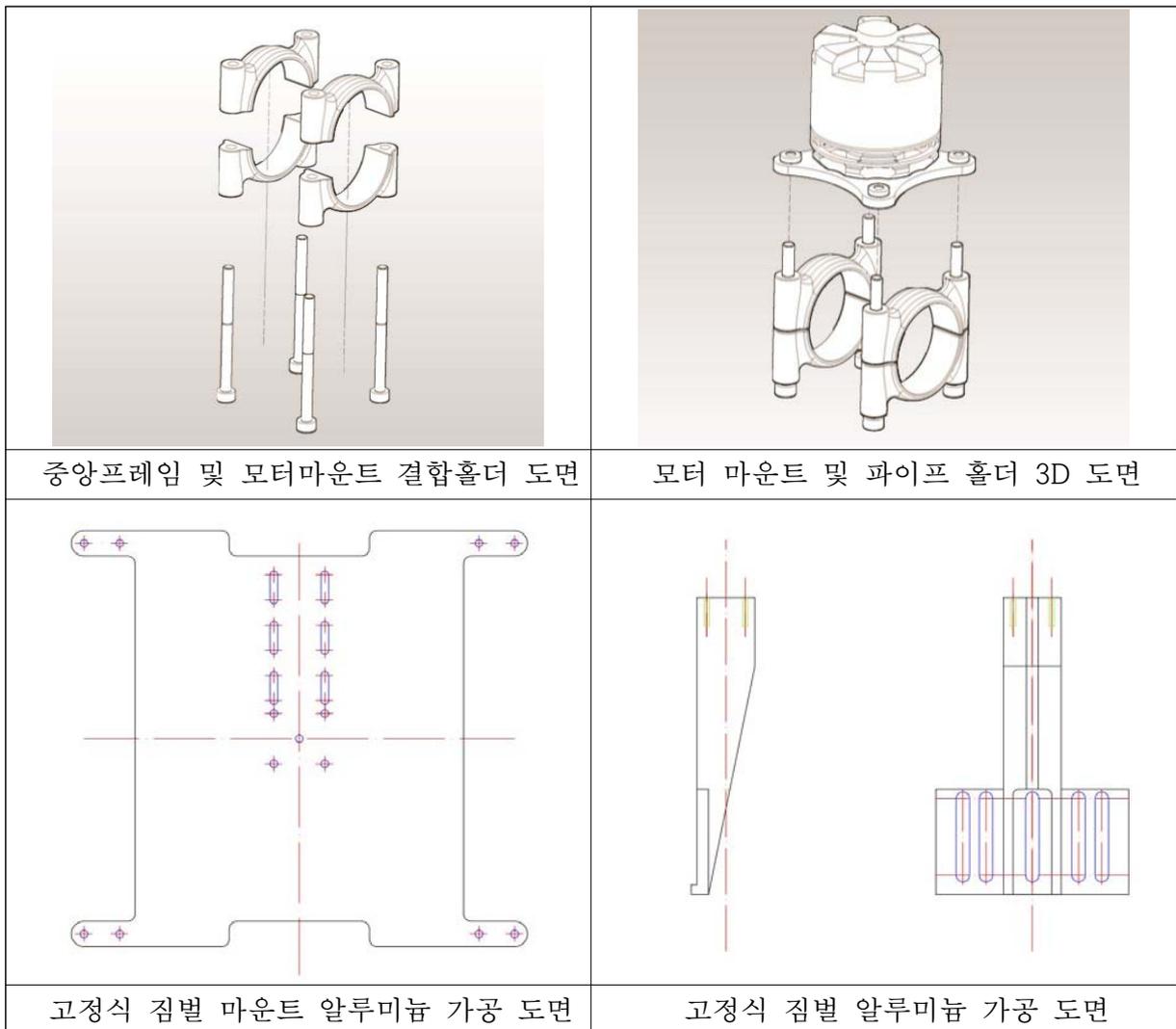
<그림 1-2> 프레임 설계도



<그림 1-3> 캐노피 3D 설계도



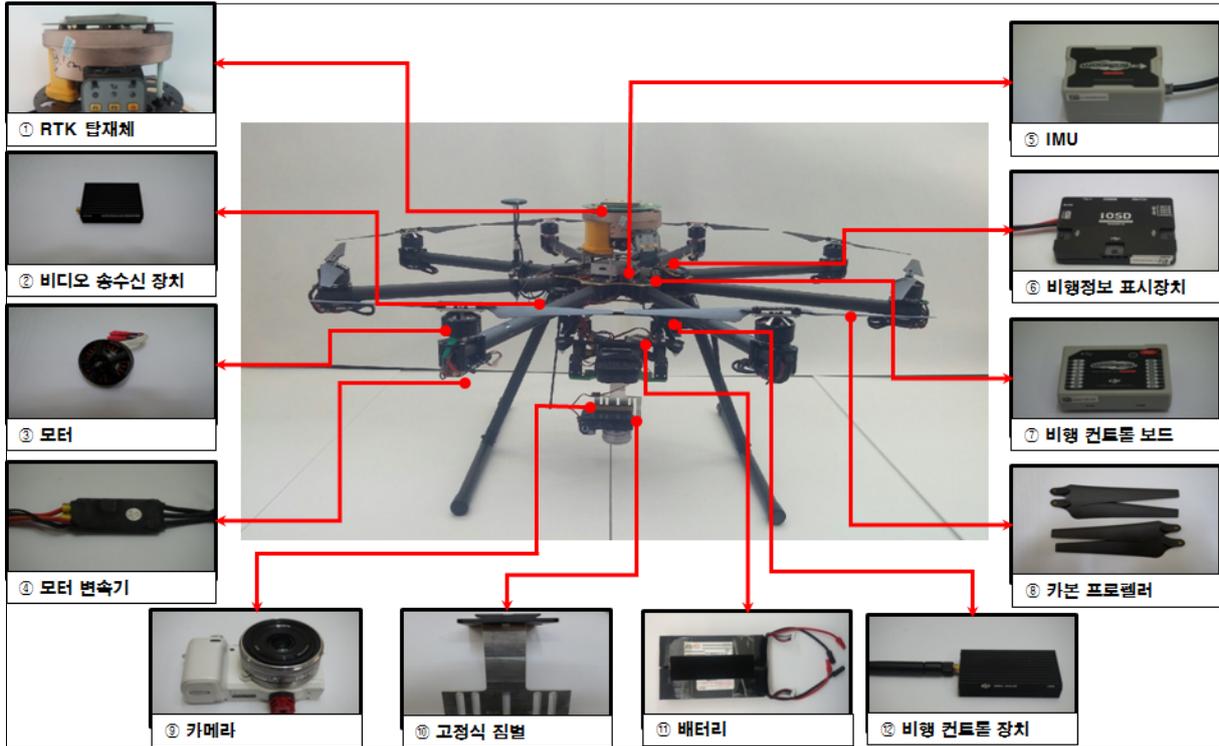
<그림 1-4> 홀더 및 짐벌 설계도



2. 드론제작

- ▶ 설계가 반영된 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론을 제작하였다. 제작은 프레임, 비행 시스템, 모터변속기 처리부, 짐벌/셔터부, 데이터 송수신부, RTK 제어부, 센서부로 각각 제작을 하였으며, 부품 구성도는 다음과 같다.

<그림 1-5> 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론 부품 구성도



가. 프레임

- ▶ RTK-GPS, 통합항법장치, 배터리 등 각종 전자보드 장착이 가능토록 공간확보
- ▶ 변속기, 안테나 등 복잡한 선들의 원활한 관통을 위한 설계
- ▶ 피로골절이 없는 고정식 골조 선택

<그림 1-6> 중앙 및 기체 프레임



<표 1-1> 프레임 사양

구분	내용	
중앙골조부 관 재질 및 사이즈	관 재질	탄소섬유, 구리
	센터사이즈	지름 : Ø 276.3mm , 높이 : 30mm
관재질 및 직경	관 재질	탄소섬유
	관 직경 및 수량	지름 : Ø 25mm 길이 : 386mm 수량 : 8개
모터장착 피치		Ø 60.7mm
배터리 사양	사이즈	220x70x30mm
	Capacity	10000mAh
	Voltage	22.2v / 6S1P
비행체 중량	배터리 장착	3330g
	배터리 무장착	1330g

나. 비행시스템

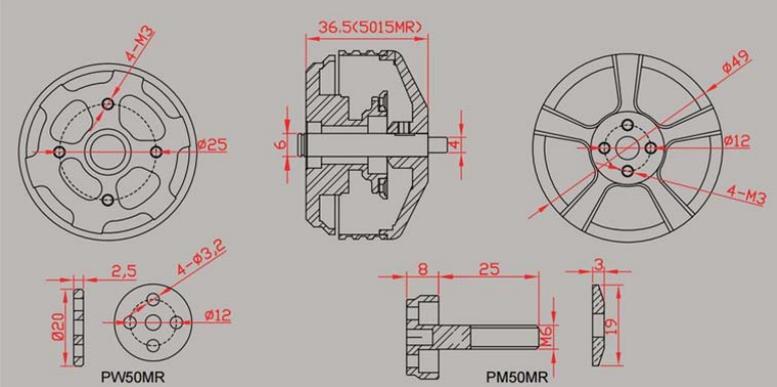
- ▶ 비행시스템용 GPS
- ▶ FCC (비행 컨트롤보드)
- ▶ IMU (자세제어장치)
- ▶ PMU (전원관리장치)
- ▶ IOSD (비행기록장치)

<그림 1-7> 비행시스템장치

		
<p>GPS</p>	<p>FCC</p>	<p>IMU</p>
		
<p>PMU</p>		<p>IOSD</p>

다. 모터변속기 처리부

<그림 1-8> 모터변속기

	
<p>모터</p>	<p>모터마운트 제작을 위한 도면</p>

<표 1-2> 모터 성능테스트

장치명	전압 (V)	프로펠러	속도	사용전압 (A)	와트 (W)	추진력 (g)	RPM	효율 (g/w)	가동온도
XM5015	22.2	15*5.2	87.3%	28.11	611.3	4.9	7513	2974	35

라. 짐벌/셔터부

- ▶ 정확한 드론 자세정보 취득을 위해 고정식 짐벌 제작
- ▶ 장기 비행을 고려하여 경량화한 고정식 짐벌 채택

바. 데이터 송수신부

- ▶ 실시간 지상모니터링을 위한 장치 제작
- ▶ 데이터모뎀을 통한 PC와 기체간 통신모듈 제작

<그림 1-9> 데이터 송수신 장치



사. RTK 제어부

- ▶ 위치정확도 개선을 위한 고정밀 2주파 GPS 장착
- ▶ GPS제어 및 자료 저장을 위한 PDA 탑재

<그림 1-10> RTK 제어



아. 센서부

- ▶ 사진측량을 위한 RGB센서(카메라) 장착
- ▶ 영상 왜곡 방지 및 넓은 화각을 가진 단렌즈 장착

<그림 1-11> 센서부



제 3 절 한국형 RTK-GPS 센서 탑재 드론 자체 검증

1. 검증 개요

- ▶ 본 연구에서 자체 제작한 회전익 RTK 드론을 자체적으로 검증을 해 보았다. 테스트 베드는 신속한 촬영과 데이터 검증을 위해 인근에 지형이 원만한 곳으로 선정하였고, 사고 발생 시에도 인명피해가 발생하지 않는 인적이 드문 곳을 택했다. 비행고도는 연안 침식지역 촬영과 동일한 150m로 설정하였고, 중복도는 65%, 80%로 설정하였다. 일반적인 RTK 방식과 동일하게 기지점(CP1)에 지상 기준국을 세우고 기체는 이동국의 형태로 설정하였으며, 촬영 후 비행로그데이터 및 GPS 데이터를 바탕으로 사진에 대한 외부표정요소 값을 취득하였다.
- ▶ 사진위치에 대한 정밀한 GPS-RTK 값을 도출하기 위하여 비행속도, 촬영방법, GPS-RTK 측량 및 저장 방법의 변화 등 다양한 방법으로 수차례 테스트를 수행하였다.

<표 1-3> 회전익 RTK 검증 개요

구 분	내 용	검증위치
대 상 지	전라남도 나주시 산포면 등수리	
해 상 도	0.45cm/pix	
촬영고도	150m	
촬영면적	300m × 320m	
중 복 도	65%, 80%	
지상기준점	최소 0점 ~ 최대 4점	
검증위치	8점	
비행횟수	총 6회	

2. 검증 방법

- ▶ 영상처리된 정사영상 및 DSM의 정확도를 검토하기 위하여 지상기준점으로 사용한 점과 지상기준점 사이를 GPS-RTK 측량방법으로 관측한 값을 비교하였다. 지상기준점 및 검증 점에 대한 좌표값은 <표 1-4>에 제시하였다.

- ▶ 영상검증은 수차례의 비행결과 비행로그데이터가 가장 양호한 결과를 바탕으로 지상기준점을 적용하지 않고 영상처리한 성과와 지상기준점을 적용한 성과를 각각 비교 하였다. 오차검증은 ‘Global Mapper’ 라는 프로그램을 사용하여 GPS-RTK 측량 성과와 동일한 위치에서의 영상성과 값을 추출하여 오차의 평균과 표준편차 값을 비교하였다.

<표 1-4> 지상기준점 및 검증점의 측량 성과

명칭	좌표체계(GRS80-중부)		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
GCP1	184300.089	170333.082	23.747
GCP2	184401.432	170222.697	29.533
GCP3	184485.217	170440.575	25.496
GCP4	184456.226	170428.154	24.550
VC1	184341.202	170289.219	24.906
VC2	184424.129	170321.060	26.008
VC3	184402.895	170362.163	24.811
VC4	184346.302	170424.355	23.090
VC5	184418.593	170481.430	23.308
VC6	184479.911	170376.502	26.082
VC7	184439.478	170306.518	26.727
VC8	184432.457	170282.108	27.217

3. 검증 결과

- ▶ 지상기준점 및 검증점에 대한 측량성과와 영상처리한 모델의 성과 검증을 <표 1-5>에 제시하였다.
- ▶ 총 6차례의 각기 다른 비행 방법으로 수집된 영상들을 분석한 결과 드론의 비행속도는 6m/s로 비행하고, 사진촬영지역에서 10초 동안 호버링 하여 사진촬영과 동시에 GPS-RTK를 측정하는 방법이 가장 좋은 성과를 나타냈다. 하지만 기준점 미적용시 오차를 검토한 결과평균 오차 및 표준편차는 기대오차 범위를 크게 벗어난 반면 동일 영상에 대해 지상기준점 4점을 적용한 모델의 평균 오차는 X축은 0.045m, Y축은 0.033m, Z축은 0.048m으로 나타났고, 표준편차는 X축은 0.025m, Y축은 0.023m, Z축은 0.028m로 나타나 본 연구과제의 목표인 기대 오차범위인 수평 오차 ± 5 cm 이

내, 수직 오차 ± 10 cm 이내로 정밀도를 구현 할 수 있었다.

- ▶ 또한 오차검토 결과 지상기준점 인근에서는 비교적 정밀한 결과가 나타났고, 지상기준점 사이의 검토포인트는 비교적 오차가 더 발생한 것으로 나타나 해상도 및 중첩도에 따른 지상기준점 개수 및 배치 간격에 대해 보다 많은 검증이 필요한 것으로 사료된다. 이에 ‘부록 5 드론사진측량 신뢰성 평가 보고서’에서 다양한 촬영 기법과 지상기준점 간격 및 배치 실제 측량성과 및 라이다 데이터와 비교 등 보다 정밀하고 다양한 방법으로 실증 운용 테스트를 수행하였다.

<표 1-5> 지상기준점 및 검증점과 비교결과

명칭	지상기준점 미적용 오차			지상기준점 적용 오차		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
GCP1	-2.777	1.146	5.789	-0.023	0.001	-0.040
GCP2	-1.076	-1.118	5.784	0.029	-0.005	-0.015
GCP3	0.832	2.815	5.718	0.048	-0.011	-0.010
GCP4	0.288	2.631	5.582	0.073	-0.021	0.049
VC1	-2.109	0.289	5.538	-0.049	0.043	-0.033
VC2	-0.467	0.653	5.072	0.015	-0.040	-0.067
VC3	-0.849	1.489	5.114	-0.025	-0.067	-0.085
VC4	-1.727	2.662	5.655	-0.007	-0.018	0.090
VC5	-0.400	3.587	6.057	-0.082	0.020	0.025
VC6	0.633	1.634	5.320	0.071	-0.052	-0.009
VC7	-0.422	0.009	5.173	0.079	-0.029	-0.072
VC8	-0.371	-0.026	5.291	0.044	-0.063	-0.068
평균	0.996	1.505	5.508	0.045	0.033	0.048
표준편차	0.797	1.190	0.312	0.025	0.023	0.028

부록 2

한국형 RTK-GPS 탑재 드론사진측량 시스템
운용 지침서

제 1 절 드론 사진측량 설계

1. 초경량드론 구성품 및 소프트웨어 구성

가. 초경량드론 구성품

1) 초경량 드론 구성품

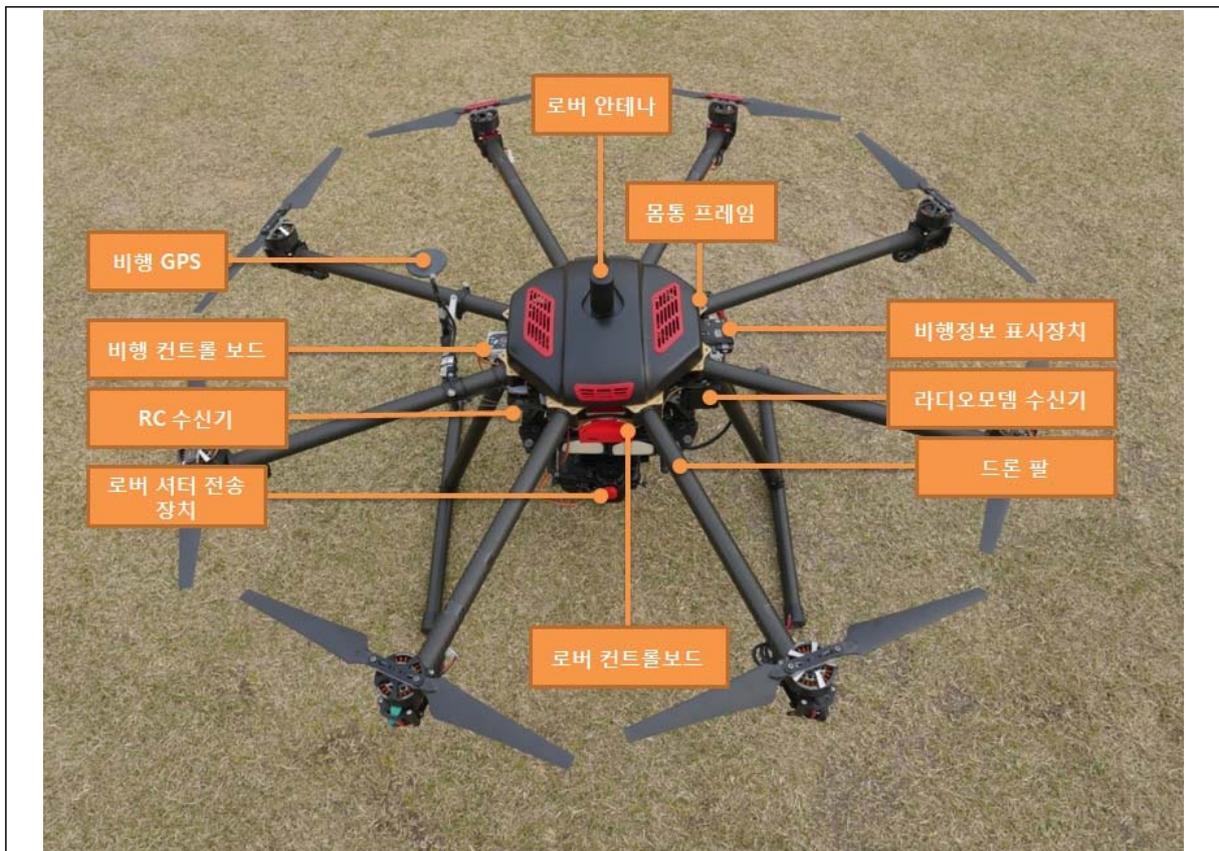
구성품	설명
초경량 드론	RTK-GPS가 탑재되어있으며 자동경로비행이 가능한 초경량 드론
RTK 베이스	RTK 측량을 실시하기 위한 RTK GPS 베이스
카메라	무인항공촬영을 실시하기 위한 고성능 카메라
모니터링용 모니터	촬영지역을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 모니터
USB 라디오 모뎀	자동경로비행을 실행하기 위한 USB 라디오모뎀
수동조종 컨트롤러	자동경로비행 중 비상상황 시 수동 컨트롤을 위한 수동조종 컨트롤러
충전기 및 파워서플라이	초경량드론 배터리 및 모니터, 수동조종 컨트롤러 배터리를 충전하기 위한 충전기 및 파워서플라이
배터리	배터리의 종류로 Lipo 6cell 9000mAh 22.2V 초경량드론 주전원배터리, Lipo 3cell 6250mAh 11.1V 모니터 배터리, Lipo 3cell 1800mAh 11.1V GPS베이스 배터리, Nimn 1800mAh 7.2V 수동조종컨트롤러로 구성

2) 부품 구성도

가) 전면

구성품	설명
로버 안테나	초경량 드론이 이동하면서 정확한 사진 위치 및 높이를 수신하여 로버 컨트롤보드로 전송
몸통(Body) 프레임	초경량드론의 핵심부위인 몸통이며, 각종 컨트롤 보드 및 IMU가 장착되어 있음
비행 GPS	비행의 위치 및 고도정보를 수신하는 운항용 GPS
비행 컨트롤 보드	드론의 각종 비행에 필요한 정보가 설정되어있으며, 비행의 제어 명령을 내려주는 보드
RC 수신기	수동조종컨트롤러의 명령신호를 받는 수신기
로버 셔터 전송장치	사진촬영 명령과 동시에 GPS데이터가 입력되는 장치
로버 컨트롤보드	로버GPS의 데이터 저장 및 GPS의 컨트롤제어를 할 수 있는 보드
드론 팔	카본으로 이루어져있으며 가벼우면서도 튼튼한 구조를 갖추고 있으며 몸통 프레임과 프로펠러 및 모터를 지지
라디오모뎀 수신기	라디오모뎀의 자동비행명령을 수신
비행정보 표시장치	비행에 필요한 배터리전압, GPS수신위성의 수, 비행모드, 비행모니터링 등의 비행정보를 표시해주는 장치이며, 드론의 위치 및 고도와 자세정보 값이 저장

[그림 1-1] 초경량 드론 전면 부품구성도



나) 후면

구성품	설명
모터	프로펠러에 동력을 제공
변속기	모터의 RPM을 조절하는 장치
비디오 송신기	지상의 모니터링용 모니터에 비디오신호를 송신해주는 장치
고정식 짐벌	카메라장착 및 지지하기 위한 장치이다. 단단하면서도 가벼운 고압축 알루미늄
배터리 받침대	배터리를 장착하기 위한 받침대이며, 슬라이딩형식으로 배터리를 쉽게 장착하고 분리
랜딩기어	지상에서 초경량드론을 지탱
드론 상태표시 LED	드론의 상태가 표시되며, 캘리브레이션의 상태, 수동 조종컨트롤러와의 연결 상태, GPS 수신상태가 LED로 표시
드론 커버	드론의 컨트롤 보드 및 자세제어장치를 보호하기 위한 덮개 커버
카본 프로펠러	카본재질의 접이식 프로펠러이며, 추력을 만드는데 사용된다. 프로펠러는 탈·부착이 가능하기 때문에 쉽게 교환

[그림 1-2] 초경량 드론 후면 부품구성도



가. 소프트웨어 구성

1) 소프트웨어 종류

가) PC Ground Station

- ▶ Ground Station은 드론에 장착된 GPS와 라디오 모뎀을 통해 자동경로비행을 수행하는 소프트웨어이다.
- ▶ 드론에 장착된 카메라 정보, 촬영고도, 중복도, 촬영구역 등 비행계획수립을 비롯하여 임무수행, 이·착륙 등의 명령도 수행할 수 있으며, 비행계획 수립 시 Google 위성영상을 활용한다.

[그림 1-3] Ground Station 실행화면



나) IOSD Assistant

- ▶ 비행 중 저장되는 드론의 비행 정보를 추출하는 소프트웨어이다.
- ▶ 배터리가 입력된 후 전압, 드론의 위치 및 자세, 모터 정보 등을 분석 할 수 있다.

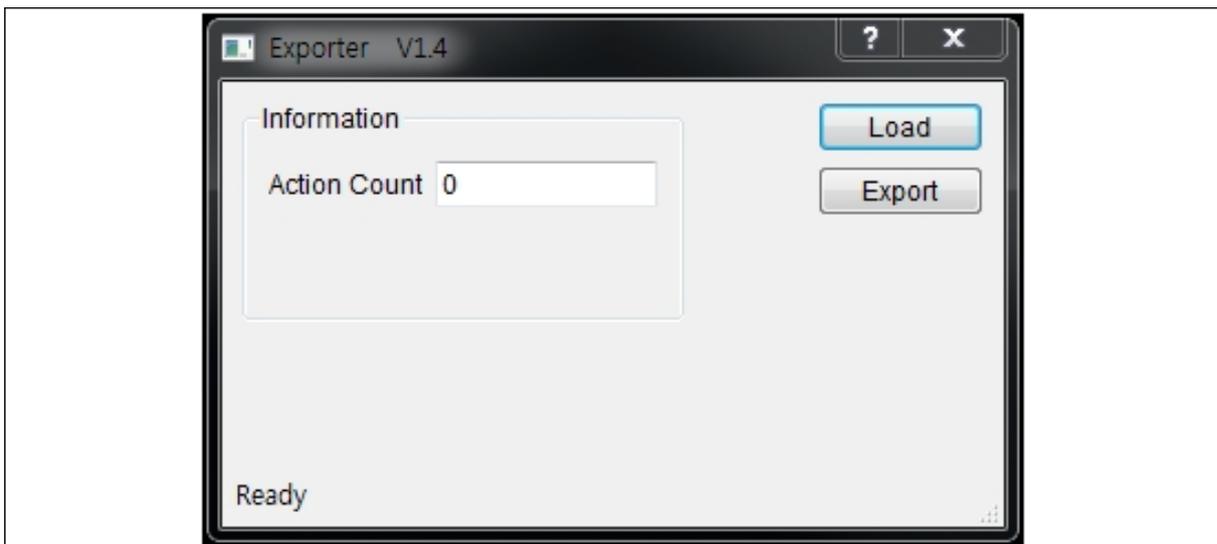
[그림 1-4] IOSD 실행화면



다) GPS Exporter

- ▶ IOSD로 추출한 '*.Dat' 파일을 위치 및 자세정보 텍스트 파일로 변환기능을 가진 소프트웨어이다.

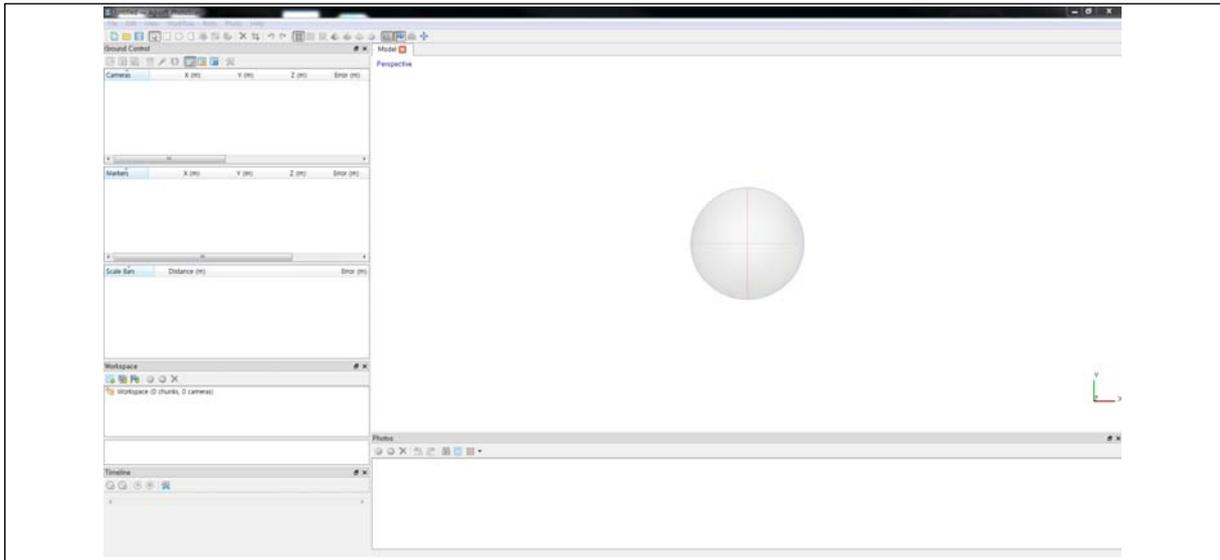
[그림 1-5] GPS Expoter 실행화면



라) Photo Scan

- ▶ Photo Scan은 현장에서 획득한 데이터를 종합하여 3차원 데이터를 제작하는 소프트웨어이다.
- ▶ 현장에서 획득한 사진정보, 드론의 자세정보, RTK-GPS의 위치정보, GCP의 위치정보를 자동 접합하여 정사영상과 DSM을 생성한다.

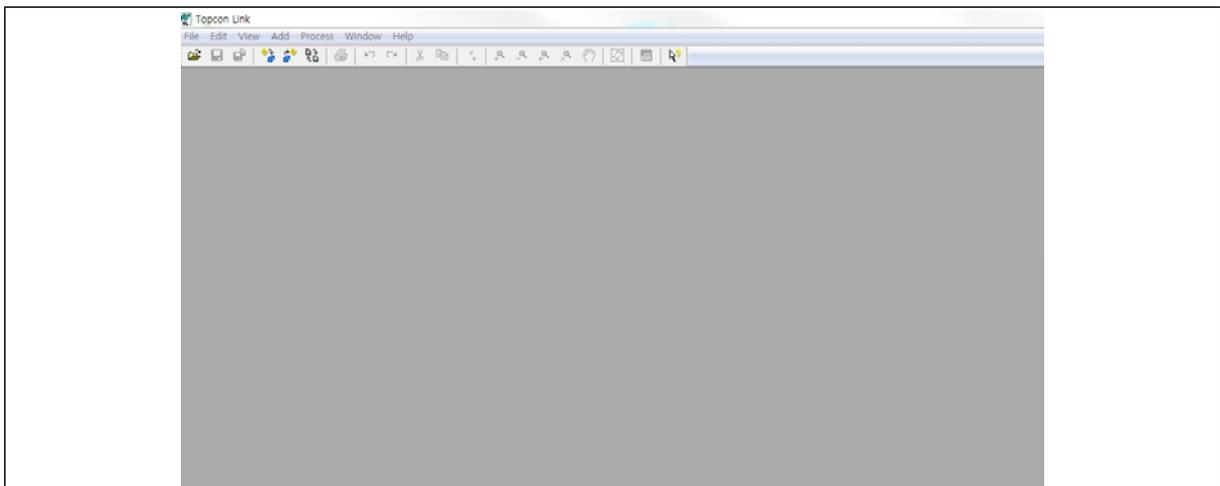
[그림 1-6] Photo Scan 실행화면



마) Topcon Link

- ▶ 현장에서 취득한 로버 및 베이스의 GPS정보를 추출하는 프로그램이다.
- ▶ 현장에서 취득한 로버 및 베이스 수신기의 원시데이터 변환 및 JOB 관리를 수행하는 파일변환 프로그램이다.

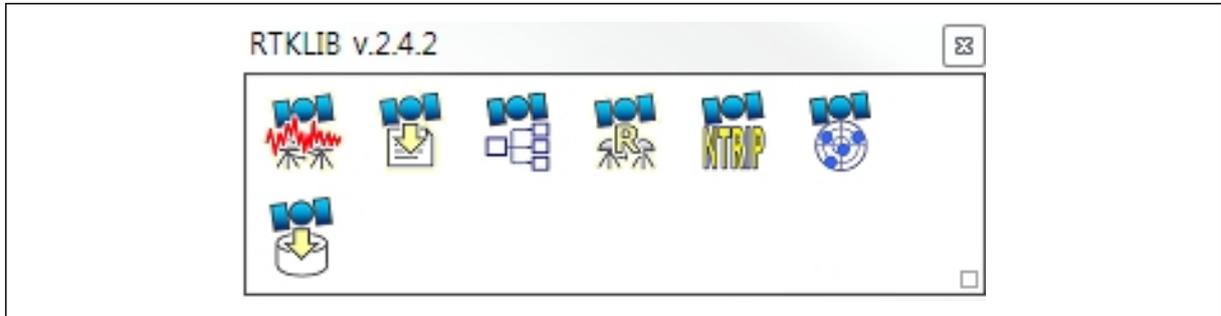
[그림 1-7] Topcon Link 실행화면



바) RTK LIB

- ▶ RTK POST를 실행시키기 위한 프로그램이다. 로버와 베이스의 GPS파일을 병합할 때 사용된다.

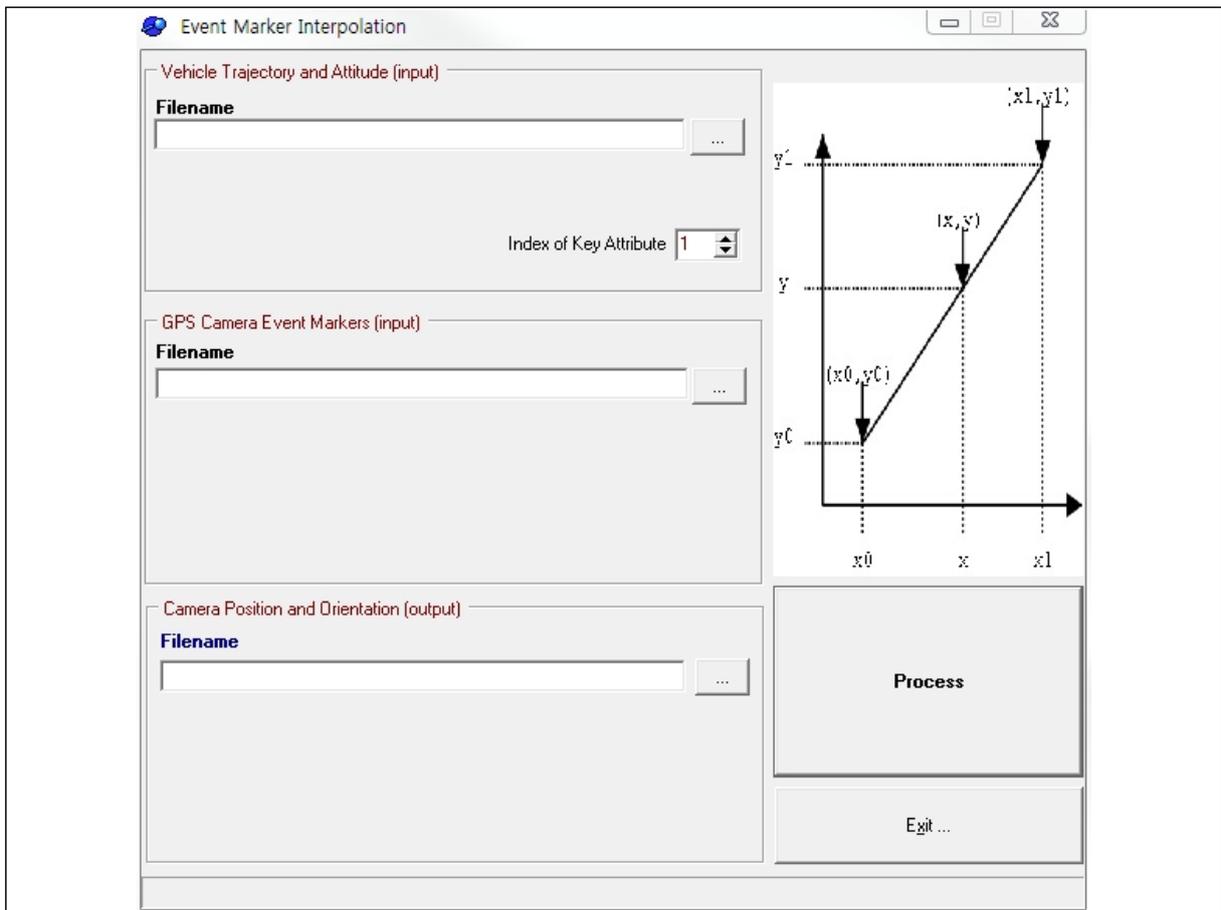
[그림 1-8] RTK LIB 실행화면



사) V-map EMI

- ▶ 로버의 측정시간을 기준으로 GPS데이터의 필터링하기 위한 소프트웨어이다.

[그림 1-9] V-map EMI 실행화면



2. 소프트웨어 설치 및 안전 주의사항

가. 소프트웨어 설치

1) Ground Station 설치

가) 지원운영체제

- ▶ Ground Station은 윈도우를 지원한다.
- ▶ 윈도우 XP 32bit
- ▶ 윈도우 Vista 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 7 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 8 32bit / 64bit

나) 설치방법

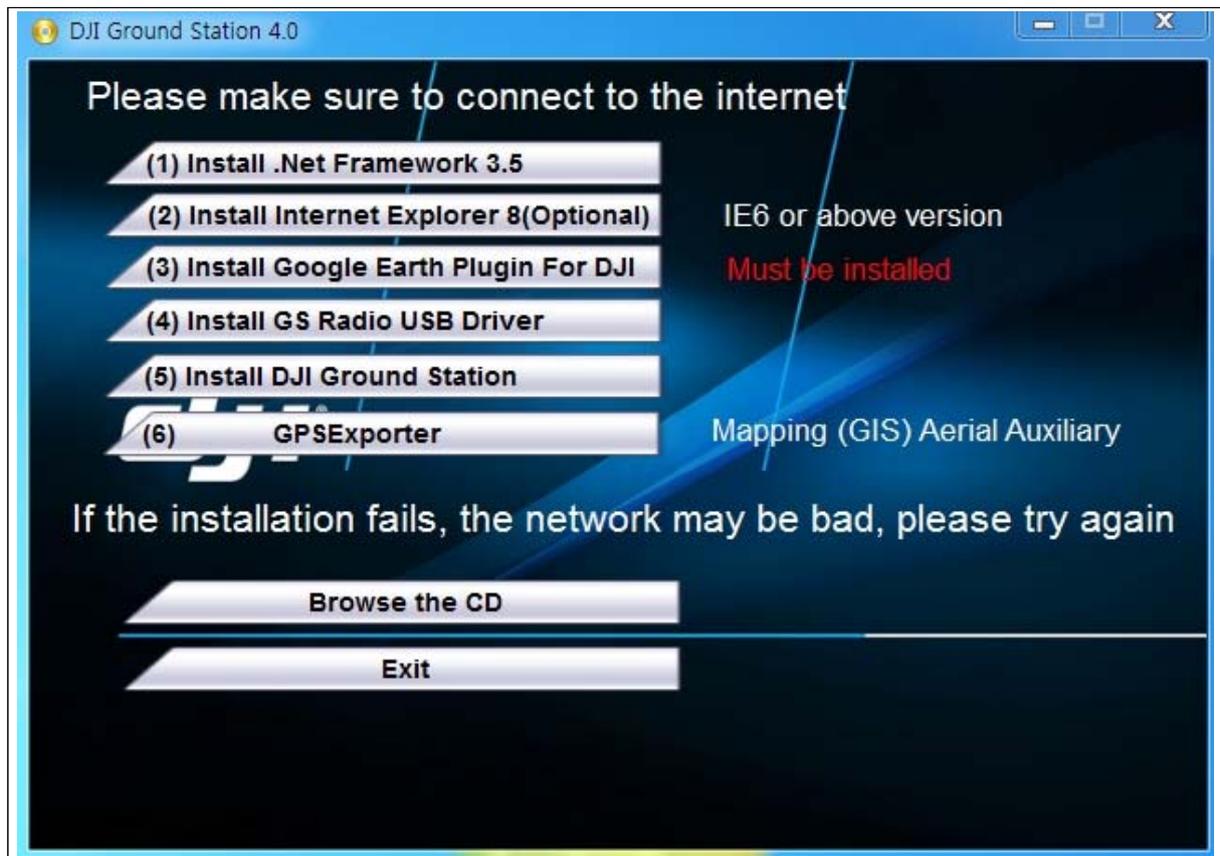
① 설치 CD삽입

- ▶ Ground Station을 사용하기 위해서는 부가적인 프로그램을 설치해야 한다. 부가적인 프로그램은 Ground Station을 구동시키기 위한 프로그램이므로 반드시 설치하여야 한다.
- ▶ Ground Station 설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ CD가 자동실행이 되는지 확인한다.

② 프로그램 설치

- ▶ 부가적인 프로그램은 인터넷에 연결되어있어야만 설치가 가능하다.
- ▶ 자동실행이 되지 않는다면 CD드라이브경로를 탐색하여 'Autorun.exe' 를 클릭한다.
- ▶ (1)번부터 (6)번까지의 프로그램을 순차적으로 설치한다.

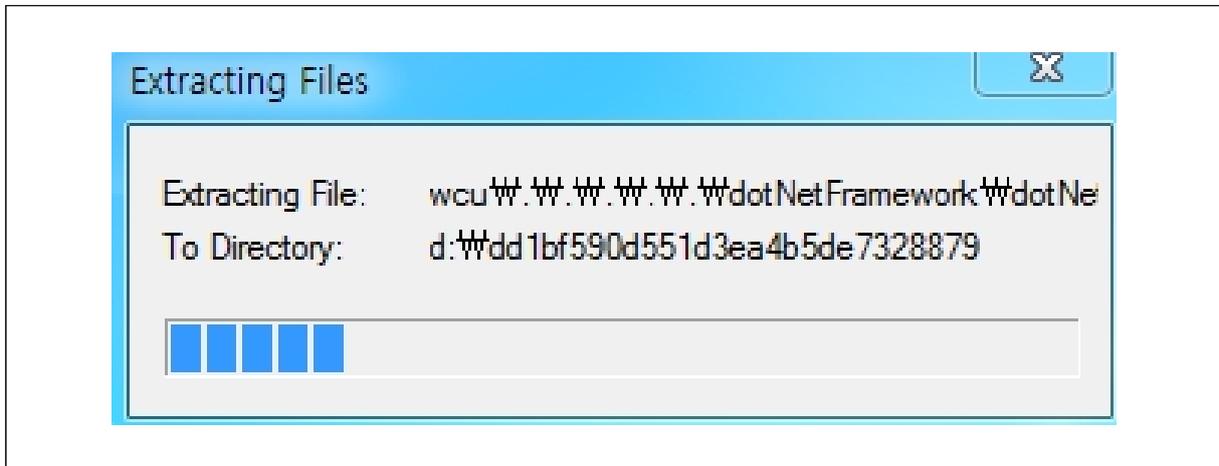
[그림 1-10] Ground Station 설치화면



㉞ Install .Net Framework 3.5 설치

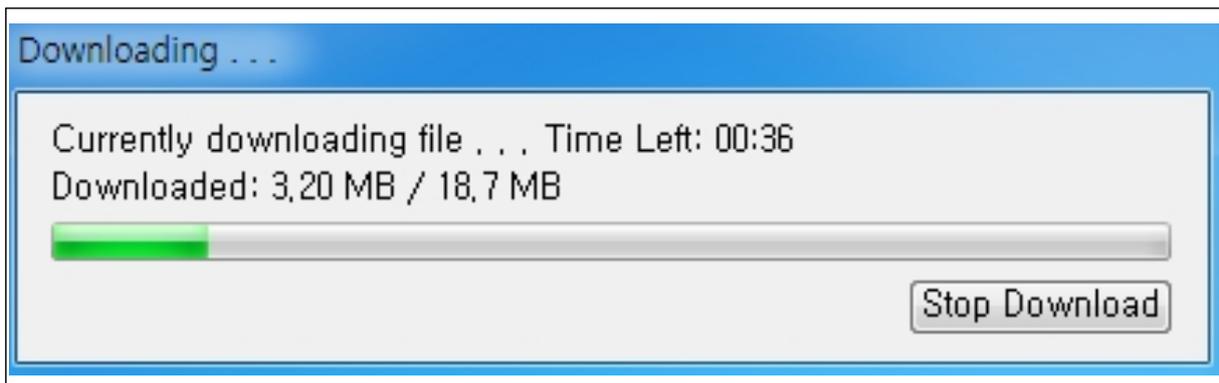
- ▶ 비영어권 사용자를 위해 각 언어별로 텍스트를 표시할 수 있게 해주는 언어 팩이다.
- ▶ Ground Station 설치창에 Install .Net Framework 3.5를 클릭하여 설치파일을 실행한다.
- ▶ 설치는 자동으로 진행된다.

[그림 1-11] Net Framwork 3.5 설치



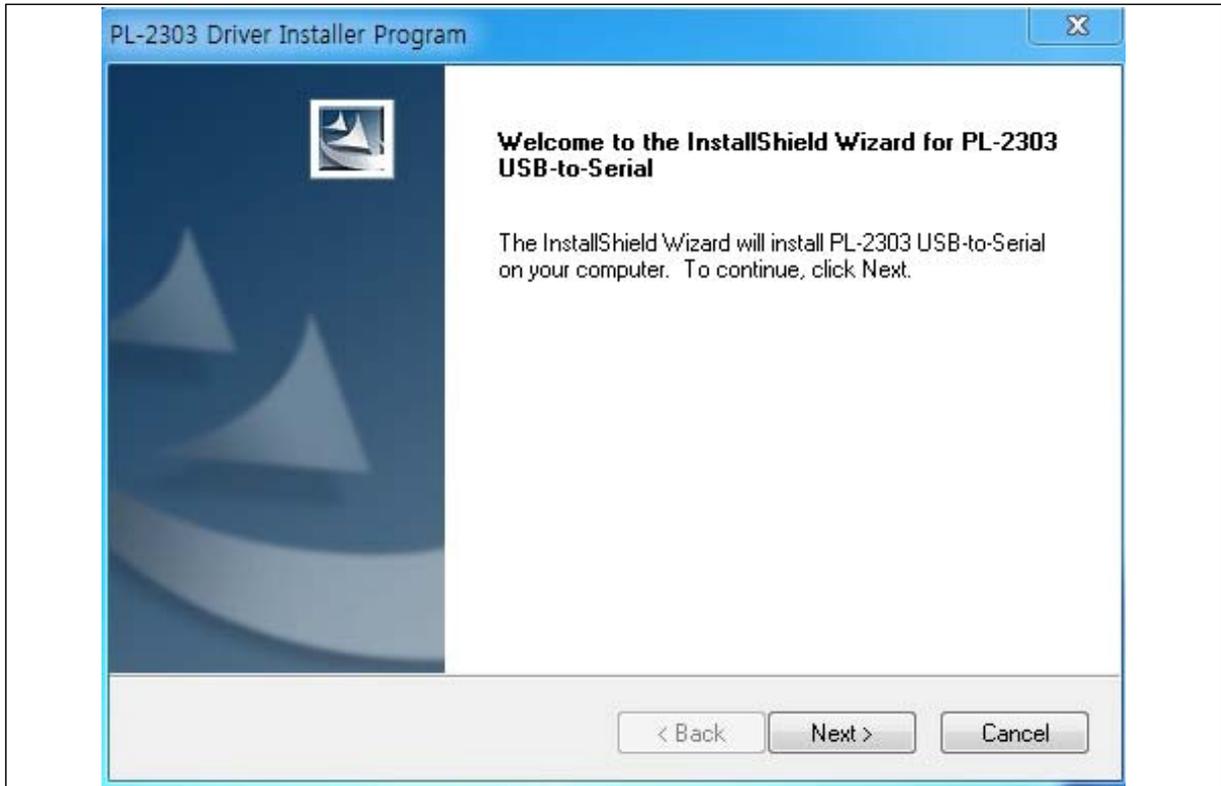
- ㉔ Install Internet Explorer 8 (Optional)
 - ▶ 해당 인터넷 익스플로러8의 설치는 선택사항이다.
 - ▶ 인터넷 익스플로러8을 설치한다.
- ㉔ Install Google Earth Plugin For DJI 설치
 - ▶ Ground Station의 3D맵을 실행시키기 위한 파일이다.
 - ▶ Ground Station 설치창에 Install Google Earth plugin For DJI를 클릭하여 설치파일을 실행한다.
 - ▶ 설치하는 자동으로 진행된다.

[그림 1-12] Google Earth plugin For DJI 설치



- ㉔ Install GS Radio USB Driver 설치
 - ▶ USB Radio Modem을 실행시키기 위한 드라이버설치 파일이다.
 - ▶ Ground Station 설치창에 Install GS Radio USB Driver을 클릭하여 설치파일을 실행한다.
 - ▶ 설치하는 화면에 나타나는 지시 사항을 따라 설치한다.

[그림 1-13] GS Radio USB Driver 설치



㉞ Install DJI Ground Station 설치

- ▶ 초경량드론에 자동경로비행 미션을 입력해주는 자동비행프로그램이다.
- ▶ Ground Station 설치창에 Install DJI Ground Station을 클릭하여 설치파일을 실행한다.
- ▶ 설치하는 화면에 나타나는 지시 사항을 따라 설치한다.
- ▶ 설치가 완료되면 바탕화면 또는 시작메뉴에 아이콘이 표시된다.
- ▶ ‘Ground Station’ 아이콘을 더블클릭하여 실행한다.



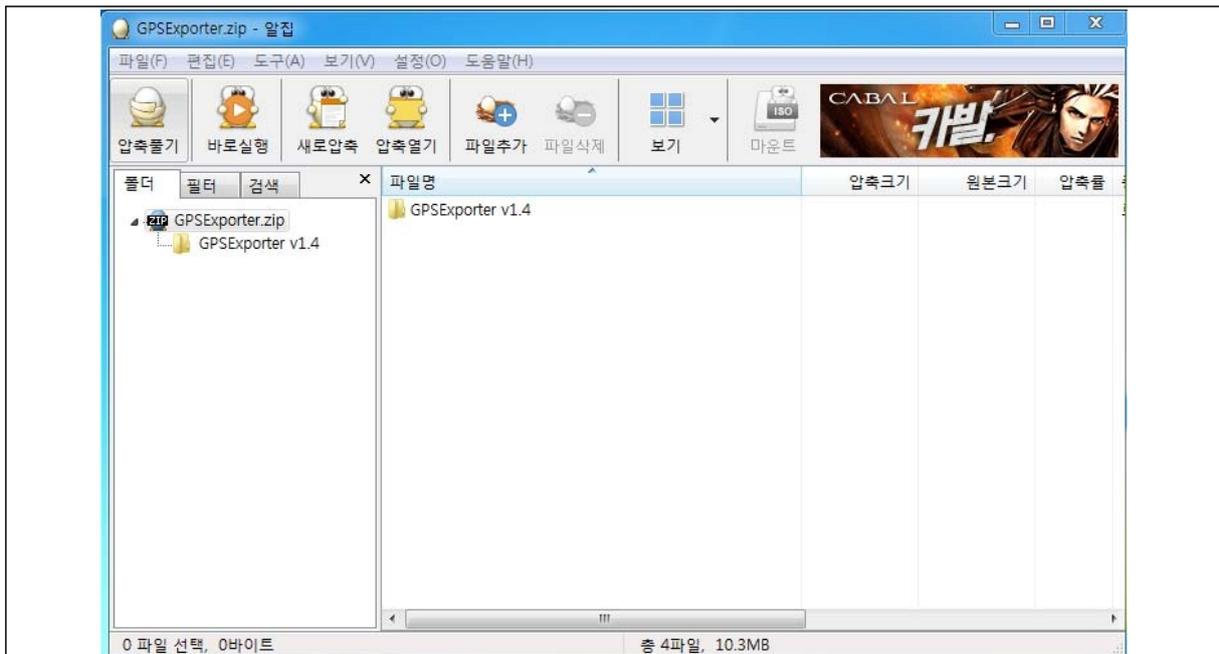
[그림 1-14] Ground Station 설치



㉞ GPS Exporter 설치

- ▶ Ground Station 설치창에 Install GPS Exporter를 클릭하여 설치한다.
- ▶ 압축파일이 생성되며 압축해제를 진행하여 설치한다.

[그림 1-15] GPS Exporter 설치



- ▶ 압축파일이 생성되며 압축해제를 진행하여 설치한다.

- ▶ ‘GpsExporter’ 아이콘을 더블클릭하여 실행한다.



나) 업데이트 방법

- ▶ 해당 프로그램은 인터넷이 연결된 곳이면 자동적으로 업데이트 팝업창이 표시되고 팝업창의 문구를 클릭하면 자동업데이트가 실행된다.

2) IOSD Assistant 설치

가) 지원 운용체제

- ▶ IOSD Assistant는 윈도우를 지원한다.
- ▶ 윈도우 XP 32bit
- ▶ 윈도우 Vista 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 7 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 8 32bit / 64bit

나) 설치방법

① 설치 CD삽입

- ▶ IOSD Assistant 설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ CD가 자동실행이 되는지 확인한다.

② Install 파일 실행

- ▶ 자동실행창이 활성화되지 않는다면 CD드라이브경로를 탐색하여 ‘IOSD Setup.exe’ 를 클릭한다.
- ▶ 화면에 나타나는 지시 사항을 따라한다.

[그림 1-16] IOSD Assistant 설치



- ▶ 설치 완료 후 바탕화면 또는 시작메뉴에 IOSD Assistant가 나타난다.
- ▶ ‘IOSD Assistant’ 아이콘을 더블클릭하여 실행한다.



다) 업데이트 방법

- ▶ 해당 프로그램은 인터넷이 연결된 곳이면 자동적으로 업데이트 팝업창이 표시되고 팝업창의 문구를 클릭하면 자동업데이트가 실행된다.

3) Photo Scan 설치

가) 지원 운영체제

- ▶ Photo Scan은 Windows, Mac OS, Linux 운영체제를 지원한다.
- ▶ 윈도우 XP 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 Vista 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 7 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 8 32bit / 64bit
- ▶ Linux Debian/Ubuntu(64 bit)
- ▶ Mac OS X Snow Leopard

나) 설치방법

- ▶ Photo Scan 설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ 실행창이 활성화되면 Install.exe를 클릭한다.

[그림 1-17] Photo Scan 설치

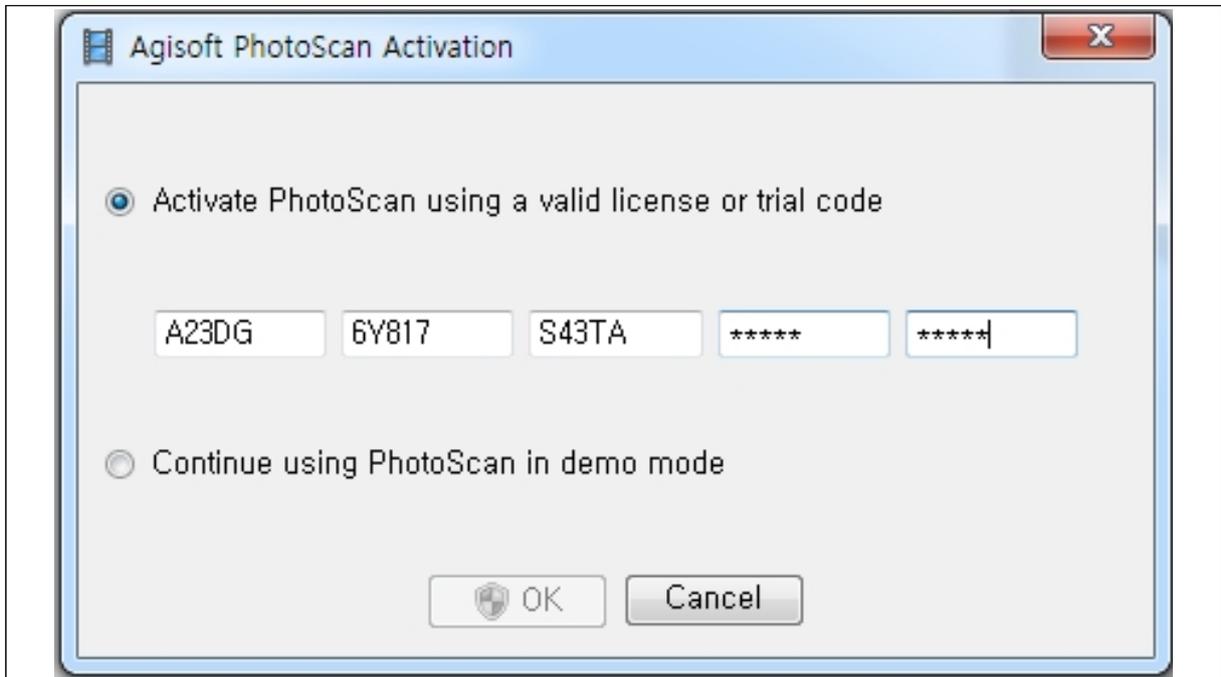


- ▶ 화면에 나타나는 지시 사항을 따라한다.
- ▶ 설치 완료 후 바탕화면 또는 시작메뉴에 Photo Scan 아이콘이 나타난다.
- ▶ ‘PhotoScan’ 아이콘을 더블클릭하여 실행한다.



- ▶ Photo Scan을 실행 후 라이선스키를 입력한다.

[그림 1-18] Photo Scan 라이선스키 입력



다) 업데이트 방법

- ▶ 제작사에서 프로그램의 업데이트를 한 경우 (인터넷이 접속된 상태에서) Photo Scan을 실행 했을 때 팝업 메시지가 나타난다. 팝업 메시지를 클릭하면 자동으로 업데이트가 진행된다.

4) Topcon Link 설치

가) 지원 운용체제

- ▶ Topcon Link는 윈도우를 지원한다.
- ▶ 윈도우 XP 32bit
- ▶ 윈도우 Vista 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 7 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 8 32bit / 64bit

나) 설치방법

① 설치 CD삽입

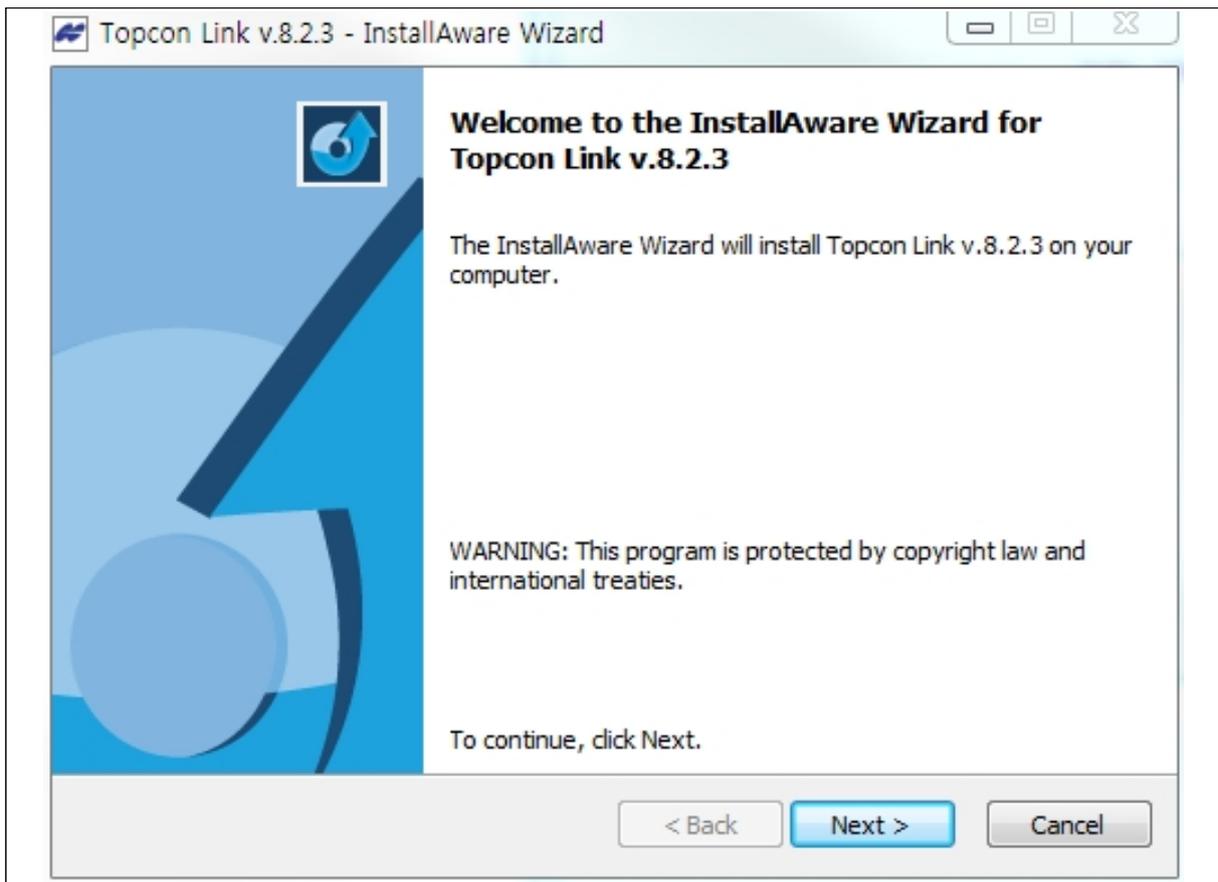
- ▶ Topcon Link 설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ CD가 자동실행이 되는지 확인한다.

② 설치

- ▶ Topcon Link 설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ CD가 자동실행이 되는지 확인한다.
- ▶ 설치하는 화면에 나타나는 지시 사항을 따라 설치한다.
- ▶ 설치가 완료되면 바탕화면 또는 시작메뉴에 아이콘이 표시된다.
- ▶ ‘Topcon Link’ 아이콘을 더블클릭하여 실행한다.



[그림 1-19] Topcon Link 설치



5) RTK LIB 설치

가) 지원 운영체제

- ▶ RTK LIB은 윈도우를 지원한다.
- ▶ 윈도우 XP 32bit
- ▶ 윈도우 Vista 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 7 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 8 32bit / 64bit

나) 설치방법

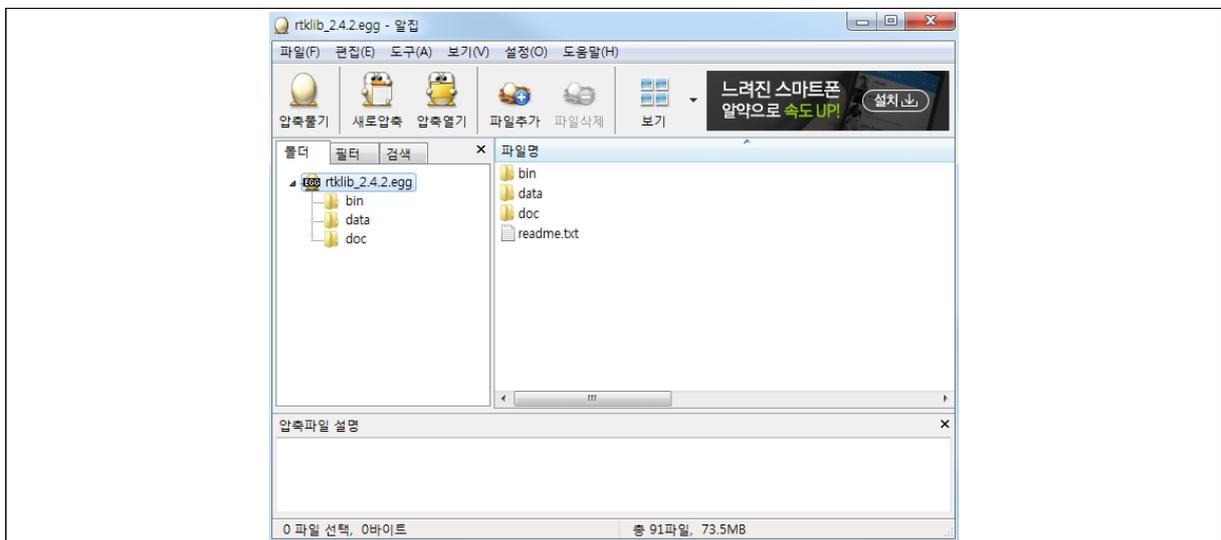
① 설치 CD삽입

- ▶ Topcon Link 설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ CD가 자동실행이 되는지 확인한다.

② 파일 압축해제

- ▶ RTK LIB의 압축을 해제한다.
- ▶ 압축해제 후 ‘rtklaunch.exe’ 프로그램이 실행되는지 확인한다.

[그림 1-20] Topcon Link 설치



6) Vmap EMI 설치

가) 지원 운용체제

- ▶ RTK LIB은 윈도우를 지원한다.

- ▶ 윈도우 XP 32bit
- ▶ 윈도우 Vista 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 7 32bit / 64bit
- ▶ 윈도우 8 32bit / 64bit

나) 설치방법

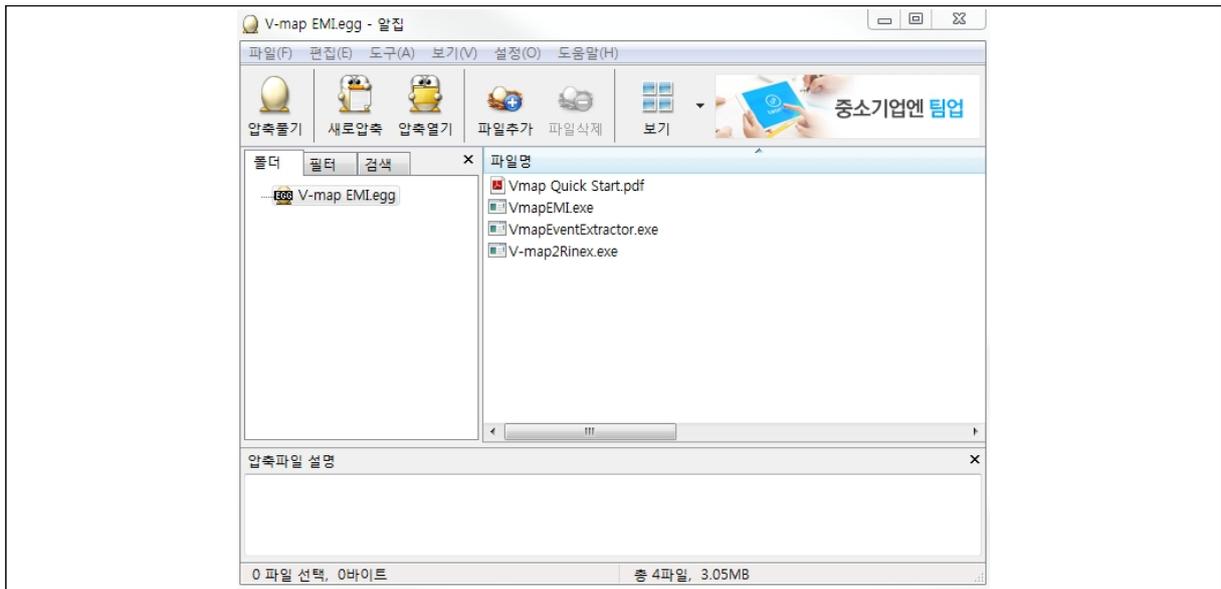
① 설치 CD삽입

- ▶ V-map EMI설치 CD를 CD-ROM에 삽입한다.
- ▶ CD가 자동실행이 되는지 확인한다.

② 압축해제

- ▶ V-map EMI의 압축을 해제한다.
- ▶ 압축해제 후 ‘V-mapEMI.exe’ 프로그램이 실행되는지 확인한다.

[그림 1-21] V-map EMI 설치



나. 안전 및 고장 주의사항

1) 안전에 대한 주의사항

가) 운용 전 주의사항

- ▶ 안전하지 않은 환경(장애물, 군중이 많은 곳, 고전압선, 해질 무렵)에서 운용을 하지 않는다.
- ▶ 비 또는 바람(풍속 12m/s 이상), 눈, 우박, 번개, 토네이도, 허리케인, 태풍 등이

- 발생한 기상상황에서 비행을 하지 않는다.
- ▶ 비정상적인 상태(드론에 물, 기름, 흙, 모래 그리고 불분명한 이물질 등이 들어갔을 때 또는 볼트가 풀린 상태, 주요 부품에 발생한 문제, 명백한 결함, 부품의 분실 등)시 비행을 하지 않는다.
 - ▶ 전자기적인(방해전파) 영향이 있는 지역, 조종기 전파방해 지역, 법으로 지정한 비행 금지구역 또는 빛이 없는 곳, 막혀 있는 곳, 시야 확보가 불가능한 곳 조작에 적합지 않은 시력, 비행에 부적합한 상황(음주상태, 약물복용, 마취제사용, 현기증, 피로, 메스꺼움, 신체적 이상 상태 또는 정신 이상 증세 등)에서 비행을 하지 않는다.
 - ▶ GPS/자이로(IMU) 자기(자석 및 전자파)간섭에 민감함으로 모든 전자 장치로부터 멀리 떨어져 있어야 한다. 자이로 캘리브레이션 중에는 전자장비(휴대폰, PDA, 스마트폰기기 등)를 소지 하게 되면 IMU에 장애가 생겨 사고가 발생할 수 있다.
 - ▶ 드론조종컨트롤러의 스위치를 켜 후 드론의 전원 켜다. 착륙 후에는 드론의 전원을 끈 후 드론조종컨트롤러의 전원을 OFF 하여야 한다. (드론전원을 먼저 켜면 외부 환경 전파 간섭으로 드론 오작동이 가능성이 있다.)
 - ▶ 비행에 사용되는 배터리는 완충된 상태에서에서만 사용하여야 한다.
 - ▶ 드론에 장착된 상태표시 LED가 적색으로 깜박일 경우 드론의 결함이 있으므로 정비 후 운용하여야 한다.
 - ▶ 모니터링용 모니터에 표시된 수신위성수가 7개 이상이어도 위성데이터(위성 수신 표시)가 깜박일 경우 비행을 하지 않는다. (Fix가 되지 않는 상태)
 - ▶ 수동 비행 시 수동조종컨트롤러의 오른쪽 스톱스틱은 10% 이상유지 해야 한다. 10%이하 시 모터가 정지하여 추락의 위험이 있다.
 - ▶ 드론은 항상 수평을 유지하여야 하며 드론 안전을 위해 반경 10m이내에는 장애물이 없어야 한다.
 - ▶ 드론 이륙 시 반경 5m내의 접근을 금지한다.
 - ▶ 지상 모뎀 안테나는 항공기 방향으로 향하게 설치한다.
 - ▶ 지상 모뎀과 드론의 거리는 5m 이상 유지해야 한다. 근거리에서는 통신이 두절될 수 있다.
 - ▶ 드론 조종 PC에 USB라디오모뎀이 제대로 연결되었는지 확인한다.
 - ▶ 비행을 할 때에는 제공한 배터리만을 사용해야 한다. 기타 다른 배터리를 사용할 시 추락의 위험이 있으며, 사고가 발생하는 경우에는 개발업체에서 책임을 지지 않는다.
 - ▶ 배터리가 부풀어 오른 것은 사용하지 않는다. (비행 중 급격한 전압 저하로 추락 위험 있다.)

- ▶ 배터리는 비행 하루 전 충전을 원칙으로 하고 완충된 배터리라도 장기간 보관 시 재충전하여 사용한다.
- ▶ 드론의 랜딩기어는 본체의 한 부분이며, 드론의 이착륙 안정성을 위하여 랜딩기어가 없는 상태에서는 비행을 금지한다.
- ▶ 수동조종컨트롤러를 이용하여 이륙 및 착륙을 중단하는 방법을 숙지하고 비상시에 대처하는 방법을 터득하여야 한다.
- ▶ 항상 드론의 이동 경로와 장애물 사이에 충분한 공간이 있는지 확인하도록 한다.
- ▶ 웨이포인트의 고도와 고도 데이터를 실제 지형과 비교하여 다시 한 번 확인해야 한다.
- ▶ 모터 마운트 및 프로펠러의 잠김 상태를 확인한 후 비행을 실시하여야 한다.
- ▶ 프로펠러가 제대로 잠겨있지 않는다면 사고로 이어질 수 있다.
- ▶ 수동조종컨트롤러를 이용하여 비행하는 경우에는 상황을 인식하고 교신 범위를 확장 할 수 있고, 사고가 발생했을 경우, 드론을 제어하고 착륙 절차를 시작하기 위한 수단으로 사용하기 위하여 드론을 Ground Station에 연결하도록 한다.

나) 운용 중 주의사항

- ▶ 자동 비행 중 스로틀스틱의 위치는 50%를 유지해야 한다.(자동모드에서 수동모드로 전환 시 스로틀스틱이 40%이하일 경우 급 하강 또는 모터 정지현상이 발생한다.)
- ▶ 초경량 드론 운용 시 2인 1조로 구조종자는 비행조종을 부조종자는 드론을 감시, 드론 상태, 비행자세, 위험요소에 대비해야 한다.
- ▶ 구조종자는 비행프로그램에서 비행경로, 드론 자세, 데이터 수집, 배터리 용량, 비행시간 등을 확인하고 촬영기록부에 기록한다.
- ▶ 부조종자는 초경량 드론이 이륙부터 착륙 시 까지 육안으로 관찰하여야 하며, 돌발 상황 발생 시 즉시 구조종자에게 알려야 한다.
- ▶ 배터리 잔량이 30%도달 시 미션을 정지하고 복귀하여야 한다.(임무수행중인 드론의 위치에서 착륙 장소까지 이동 중 배터리 방전 방지)
- ▶ 드론이 착륙 시 착륙지점으로부터 10m이내 접근을 금지한다.
- ▶ 수동조종컨트롤러는 컴퓨터에 문제가 생기거나 라디오 모뎀 링크에 문제가 발생할 경우 드론을 제어할 수 있는 비상수단으로 사용할 수 있다.
- ▶ 자동 착륙 시 구조종자는 만일의 사태에 대비해 항상 수동비행전환을 준비하여야 한다.
- ▶ 프로펠러는 고속으로 회전하기 때문에 노출된 피부에 접촉할 경우 위험할 수 있

다.

- ▶ 드론에 배터리를 장착할 때에는 항상 신체 부위나 기타 다른 물체가 프로펠러에 서멀리 떨어져 있도록 해야 한다.
- ▶ 드론을 집어 들기 전에 전원 스위치를 끄도록 한다. 프로펠러가 회전하고 있는 동안에는 절대로 드론을 집어 들어서는 안 된다.
- ▶ 비행 중 Ground Station이 설치된 컴퓨터에서 메모리나 연산력을 집중적으로 소모하는 소프트웨어를 구동하지 않도록 한다. 예를 들어, 드론 비행 중 Photo Scan을 이용하여 사진 처리 등과 같은 작업을 해서는 안된다.

다) 운용 후 주의사항

- ▶ 운용을 마친 드론은 먼지 및 이물질을 제거하고 드론 상태를 육안으로 점검하여야 한다.
- ▶ 볼트 및 너트 조임 상태를 확인한다.
- ▶ 모터 및 프로펠러 작동상태를 확인한다.
- ▶ 드론의 파손 및 구부러짐 등 전반적인 상태를 확인한다.
- ▶ 모든 배터리는 전용 충전기를 사용해야 하며, 사용한 배터리는 잔량을 50%로 충전 및 방전하여 보관한다. (완충 및 방전 시 폭발위험이 있다.)

라) 배터리 사용 시 주의사항

- ▶ 배터리 충전 시에는 반드시 전용 충전기를 사용해야 하며, 반드시 전용 셀 벨런스 케이블을 연결 후 충전해야 한다.
- ▶ 배터리 충전 전 배터리의 전압과 셀 개수를 확인해야 한다.
- ▶ 셀 세팅의 오류로 인해 배터리 부풀음 현상이 발생하며 폭발의 위험이 있다.
- ▶ 어떠한 경우에도 완전방전을 하지 않는다. (폭발위험)
- ▶ 과방전을 자주할 경우 배터리의 수명이 급격하게 떨어질 수 있다.
- ▶ 배터리를 사용하지 않을 때에는 반드시 배터리 커넥터를 분리해 놓아야 한다.
- ▶ 배터리에 정해진 방전율을 넘지 않도록 유의해야 한다.
- ▶ 배터리 사용 후 배터리 온도가 높을 경우 충분히 냉각한 후 충전을 해야 한다.
- ▶ 충전이 완료되면 바로 충전기에서 배터리를 분리해야 한다. (배터리 수명단축)
- ▶ 차량 내에서 배터리를 충전하지 않는다. (화재 위험)
- ▶ 배터리 보관 시 직사광선을 피하고 온도가 높은 밀폐된 장소에는 보관하지 않는다.

2) 심각한 고장

가) 경고

- ▶ 드론이 드론 내에서 문제를 감지한 경우에는, 드론에 부착된 LED의 상태가 적색 불로 표시된다.
- ▶ 심각한 경고 발생 시 자동적으로 홈 포인트로 복귀한다.

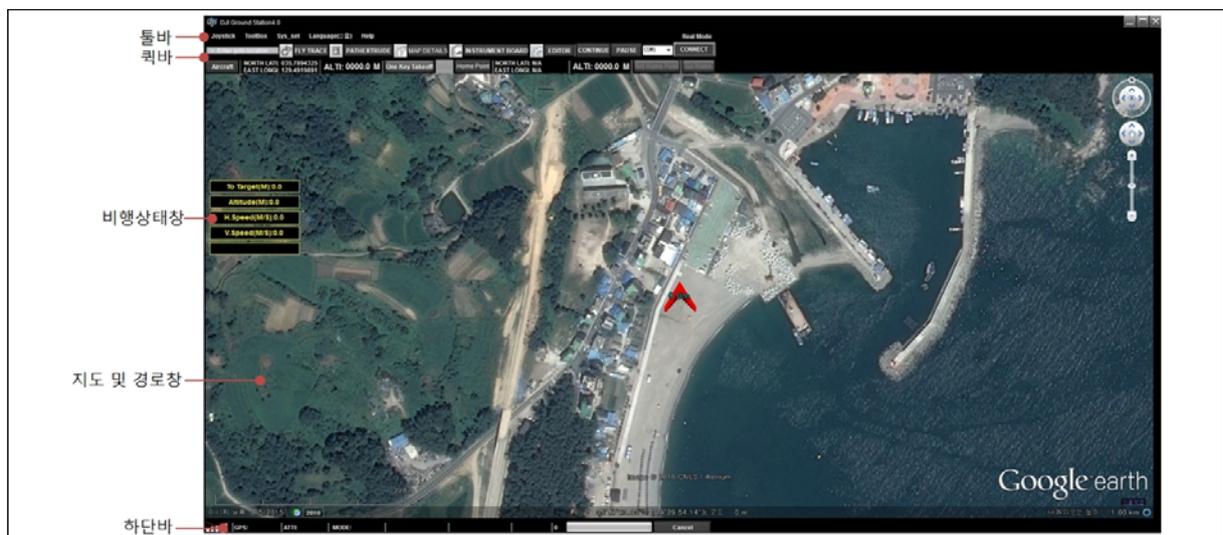
나) 고장

- ▶ 드론이 드론 내에서 문제를 감지한 경우에는, 드론에 부착된 LED의 상태가 적색 불로 표시된다.
- ▶ 심각한 경고 발생 시 비행을 금지한다.

다. Ground Station 알아보기

1) 화면 설명

[그림 1-22] Ground Station 화면설명



가) 툴바

- ▶ Ground Station의 메인 기능에 접근하고 메인 뷰어를 제어할 때 이 툴바를 사용한다.

나) 퀵바

- ▶ 초경량 드론을 연결하거나 Ground Station을 연결 후 간단히 조작해야하는 버튼이 표시된다.

다) 비행상태창

- ▶ 비행속도, 고도, 배터리전압, 이륙위치에서부터의 거리가 표시된다.

라) 지도 및 경로창

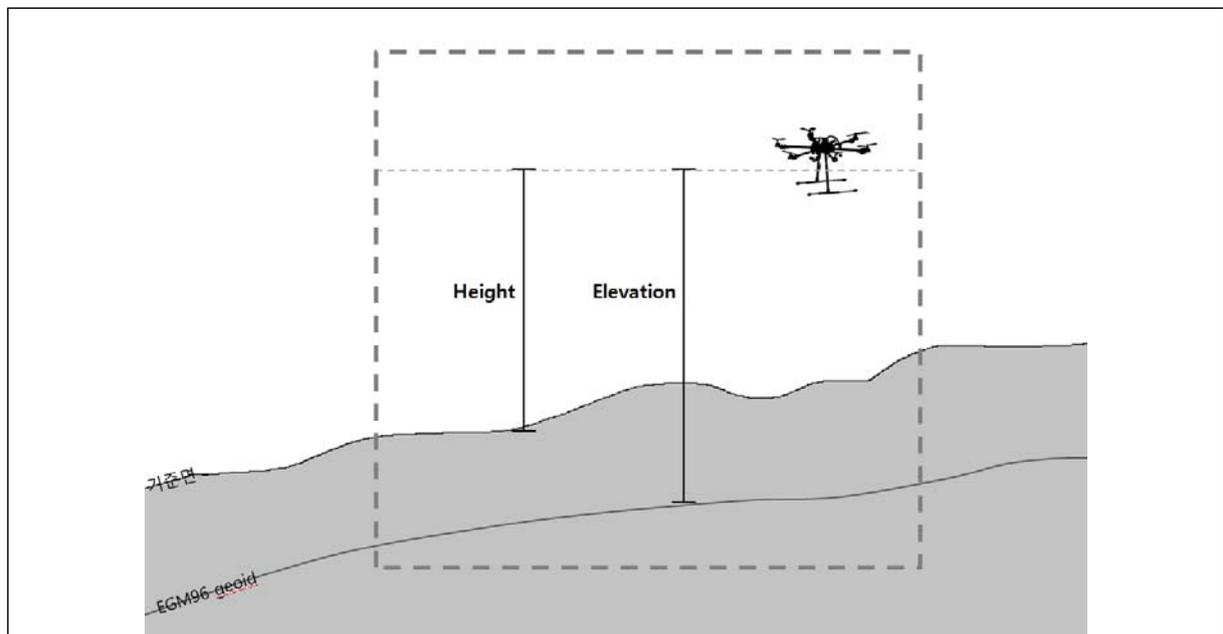
- ▶ 자동경로비행 영역 설정 및 비행 상태 확인이 가능하다.

마) 하단바

- ▶ GPS수신도 및 비행모드가 표시되며, 기본 비행모드는 GPS모드이다.

2) Ground Station에서 좌표와 고도 참조점

[그림 1-23] Ground Station 고도 참조



가) 좌표

- ▶ Ground Station은 사용자가 입력한 모든 좌표가 WGS84 기준좌표계를 이용하고 있는 것으로 가정한다.

나) Height

- ▶ Height고도는 이륙하기 직전에 모터를 기동한 장소를 기준하여 고도를 측정한다.

다) Elevation

- ▶ Elevation고도는 표준 평균 해수면 지오이드를 기준하여 상대적으로 고도를 측정한다.

라. 비행 전 체크리스트

1) 일반적 검사

- ▶ 비행을 실시하기 전에는 반드시 일반 검사를 실시해야 한다. 드론이 좋은 상태를 유지할 수 있도록 정기적인 기체에 대해 전면 검사를 하는 것도 좋은 관행이다.

[그림 1-24] 비행 전 체크리스트

	일반 검사 상태
	기상 상태 점검
	비행 조건 점검
	작업 구역 설정확인
	지도 다운로드확인
	이륙 및 착륙 조건 점검
	충전된 <u>드론</u> 배터리 장착확인
	<u>드론</u> 전원 확인
	라디오모뎀을 통해 <u>드론</u> 연결 확인
	수동조종컨트롤러의 배터리 확인

가) 드론의 팔 고정 확인

- ▶ 드론의 팔이 단단히 고정되었는지 점검한다. 파손이 있을 시에는 제작사에 문의하여 교체하여야 한다.

나) 프로펠러 확인

- ▶ 균열 및 파손이 된 프로펠러는 교체한다. 특히 허브 주변에 균열이 갔는지 조심스럽게 살펴본다.
- ▶ 마모된 프로펠러를 교체한다.
- ▶ 프로펠러가 적절하게 잠겨 있는데도 모터에 단단하게 고정되지 않는 프로펠러를 교체한다.

다) 카메라 렌즈상태 확인

- ▶ 렌즈의 파손 및 크랙을 확인한다.
- ▶ 렌즈에 이물질이 있다면 반드시 제거해주어야 한다.
- ▶ 카메라를 사용하지 않을 시 렌즈 덮개를 사용해야 한다.

라) 고정식 짐벌 고정상태 확인

- ▶ 고정식 짐벌의 파손 및 고정 상태를 확인한다.
- ▶ 볼트의 조임이 풀려있을 경우 수리 공구를 이용하여 수리한다.

바) 케이블 단선유무 확인

- ▶ 육안으로 케이블의 단선여부를 확인한다.
- ▶ 드론 보관 및 사용자의 부주의로 인하여 케이블 단선이 일어날 수 있다.
- ▶ 케이블 단선 시 비행을 하게 되면 쇼트로 인하여 사고의 위험이 있다.

아) 모터의 이물질 확인

- ▶ 모터에 이물질이 있는지 확인한다. 비행 중 모터에 저항을 주기 때문에 비행 전, 비행 후에는 항상 모터의 청결상태를 유지한다.
- ▶ 모터를 손으로 돌려보고 모터에 저항이 있는지 확인한다.

자) 랜딩기어의 상태를 확인

- ▶ 랜딩기어가 파손, 정렬이 되지 않으면 착륙 시에 사고가 발생할 위험이 있으므로 랜딩기어의 상태를 반드시 확인하여야 한다.

차) 상단커버 고정 확인

- ▶ 비행 중 상단 커버가 분리되면 큰 사고로 이어질 수 있으므로 상단 커버의 볼트 조임상태를 확인한다.

2) 기상 상태 점검

가) 매체를 통한 기상확인

- ▶ 비행하기 전 기상 상태를 확인하도록 해야 한다. 초경량 드론은 소형 드론이기 때문에 비가 심하게 오거나 바람이 강하게 불면 비행을 할 수 없다.

나) 풍속계를 이용한 기상확인

- ▶ 풍속계를 사용하여 비행구역의 풍향, 풍속을 체크해야한다. 고도가 높을수록 바람이 강하게 불며, 지표면에서 감지하는 바람은 비행고도에서 부는 바람을 예측하는데 적합하지 않을 수 있다.

다) 주변 여건을 이용한 기상확인

- ▶ 야외에서 구름이 흘러가는 속도나 방향 그리고 높은 나무의 흔들림 등은 풍속을 추정하는데 도움이 될 수 있다.

라) 초경량 드론 풍속

- ▶ 초경량 드론의 풍속제한은 12m/s이다. 풍속이 12m/s를 초과하게 되면 추락의 위험이 있으므로 강한 풍속이 불거나 자동비행의 제어 불능 상태가 되면 즉시 착륙을 해야 한다.

3) 비행 조건 점검

가) 비행 조건

- ▶ 촬영비행은 시정이 양호하고 구름 및 구름의 그림자가 사진에 나타나지 않도록 맑은 날씨에 하는 것을 원칙으로 한다.
- ▶ 촬영비행은 태양고도가 산지에서는 30° 평지에서는 25° 이상일 때 행하며 험준한 지형에서는 음영부에 관계없이 영상이 잘 나타나는 태양고도의 시간에 행하여야 한다.
- ▶ 촬영비행은 예정 촬영고도에서 가급적 일정한 높이로 직선이 되도록 한다.

나) 비행 금지

- ▶ 바람이 강할 때, 돌풍이 불어오는 경우, 먼지가 많이 날리는 상태이거나 황사가 심할때 그리고 안개가 짙어 시야가 방해 되는 경우에는 비행을 금지한다.
- ▶ 고도가 높은 지역과 같이 공기 밀도가 낮을 때, 기온이 높고 기압이 낮을 때 비행 금지
- ▶ 야간 비행 금지
- ▶ 새의 서식지 및 철새 도래지에서는 비행 금지

4) 이륙 및 착륙 조건 점검

가) 이륙 및 착륙장소 선정방법

- ▶ 모든 방향으로 10m거리 이내의 장애물(건물이나 바위, 전력선, 언덕이나 나무 등)이 없는 곳을 이륙 지점과 착륙 지점으로 선정한다. 이런 지역을 선택하는 이유는 이륙 후 바람에 의해 날릴 가능성을 줄이고 드론이 착륙할 때 충분한 공간을 확보하기 위해서이다.
- ▶ 이륙 장소와 착륙 장소는 평탄하고 프로펠러가 자유롭게 도는 것을 방해할 수 있는 물체가 없거나 드론이 이륙하는데 방해가 되는 장애물이 없는 곳으로 선택해야 한다.

나) 이·착륙 조건

- ▶ 홈 포인트는 현장에서 드론의 이·착륙이 가능하며, 촬영범위에서 가까운 지역으로 선택하여야 한다. 육안으로 드론이 식별될 수 있는 위치가 가장 좋긴 하지

만, 일부분의 촬영범위에서 육안으로 식별 되는 것도 위급상황에 대처하기 좋은 장소이다. 그리고 고도장애물이 없는 반경 5m 이상의 평지가 확보된 공터가 가장 좋은 홈 포인트이며, 주변에 높은 건물이나 나무 등은 바람 길을 만들어 드론의 이·착륙 시 위험요소가 되므로 가급적 피해야 한다.

- ▶ 홈 포인트 주위에 공항, 전파소, 첩탐, 전신주 등은 자동비행프로그램과 드론의 교류전파와 RTK-GPS의 전파를 방해받아 데이터 미 관측 또는 드론의 제어불능이나 추락의 위험을 초래하므로 피해서 선정하는 것이 좋다.
- ▶ 예를 들어 공항 근처와 같이 드론 비행이 법적으로 금지된 경우 비행을 실시 할 수 없다. 금지된 지역은 Ground Station에 반경으로 표시된다.
- ▶ 홈 포인트의 가장 좋은 지역은 학교운동장이나, 대형 주차장, 수확이 끝난 논이나 밭 등이 가장 이상적이지만 불가피할 경우 차량통행이 없는 도로나 단층건물의 옥상 등 하늘이 보이는 지역은 선정이 가능하다. 단, 다수의 비행경험과 위기 대처능력이 뛰어난 경우에만 선점하도록 한다.

[그림 1-25] 드론 이착륙 장소



다) 이륙 금지

- ▶ 인파가 북적이는 곳에서는 비행을 하여서는 안된다.
- ▶ 랜딩기어가 땅에 닿을 수 없는 표면, 진흙으로 덮이거나 물이 있거나 먼지가 많거나 모래가 날리는 지역, 급경사면에서는 이륙을 금지한다.

라) 이륙 위치 계산

- ▶ 초경량드론은 강한 위성 신호를 충분히 감지하여 처리할 수 있는 경우에는 위치를 정확하게 확정 할 수 있다.
- ▶ 위성개수는 최소 7개 이상으로 수신되어야 하며, 7개 미만일 때 이륙을 하게 되면 추락을 할 수 있으므로 주의해야 한다.

5) 배터리 충전 및 드론 배터리 확인

가) 배터리 충전

① 초경량 드론 배터리 충전

- ▶ 회전익의 배터리는 그림과 같이 충전기와 파워서플라이를 이용하여 초경량 드론 주전원배터리, 모니터배터리, 수동조종컨트롤러 배터리를 충전할 수 있다.
- ▶ 배터리 충전기는 2개의 배터리를 동시에 충전을 할 수 있으며, 각 셀의 전압 밸런스를 조정할 수 있고, 장기간 배터리를 사용하지 않을 시 적절 수준으로(충용량 기준 40%~80%) 방전을 하여 배터리를 장기간 보관할 수 있다.

[그림 1-26] 배터리 충전기와 파워서플라이



㉔ 배터리 충전기와 파워서플라이의 연결

- ▶ <그림 1-27>과 같이 배터리 충전기와 파워서플라이를 연결한다.
- ▶ 충전기의 뒷면 파워서플라이의 앞면에 메인전원케이블을 이용하여 충전기와 파워서플라이를 연결한다.
- ▶ 충전기의 전면부에 배터리 충전케이블을 연결한다. ‘+극(적색)’, ‘-극(흑색)’
- ▶ 전원 연결 전 파워서플라이의 전원스위치를 ‘OFF’ 로 조정 후 콘센트에 전원을 연결한다.
- ▶ 케이블 연결을 다시 한 번 확인 후 전원스위치를 ‘ON’ 으로 조정한다.

[그림 1-27] 충전기와 파워서플라이의 연결



㊤ 배터리 충전기와 배터리 연결

- ▶ 배터리 충전케이블과 배터리를 연결한다. 배터리의 연결은 -극인 검정색 케이블부터 연결을 실시한 후 +극인 빨간색케이블을 연결한다.
- ▶ 셀 밸런스 케이블을 연결한다.

[그림 1-28] 셀 밸런스 케이블



- ▶ 배터리의 종류에 따라 커넥터 모양이 달라지므로 아래의 <그림 1-29>와 같이 커넥터의 모양에 따라 연결한다.

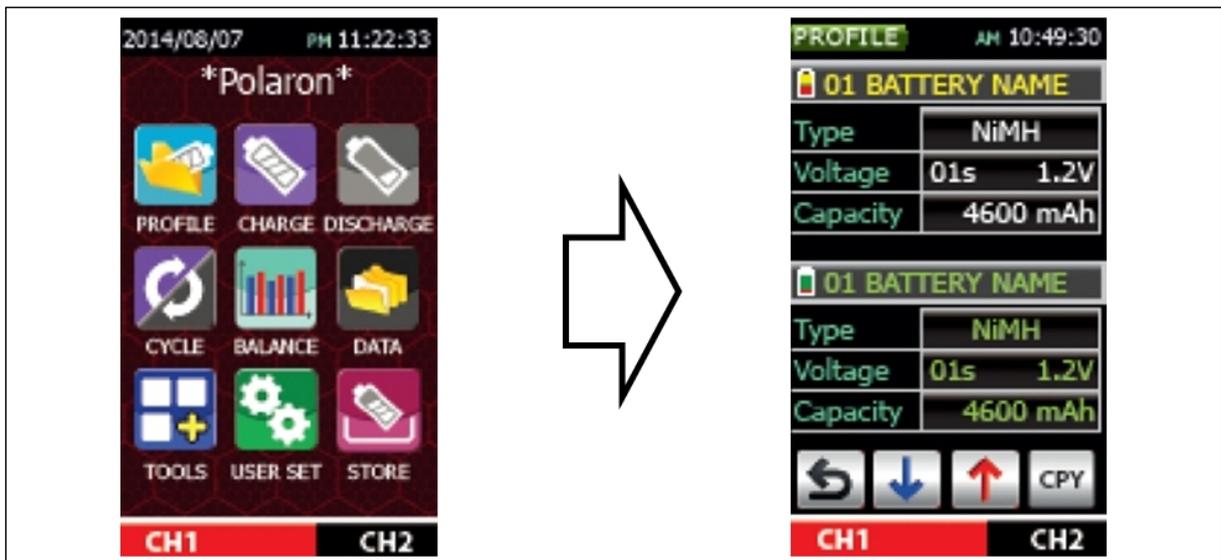
[그림 1-29] 배터리 커넥터 모양

		
<p>드론 주전원배터리 커넥터</p>	<p>모니터 , 베이스 배터리 커넥터</p>	<p>컨트롤러 배터리 커넥터</p>

㉔ 배터리 충전기 프로필 세팅

- ▶ 배터리 충전케이블과 배터리를 연결 후 배터리 각 배터리의 전압 및 용량을 설정하기 위해 배터리 충전기 프로필을 설정한다.
- ▶ 배터리의 종류마다 전압 및 용량을 다르게 세팅해야하므로 배터리 프로필메뉴에서 배터리의 타입, 전압, 용량을 설정한다. 배터리의 프로필 설정 값은 표와 같다.

[그림 1-30] 배터리 프로필 설정



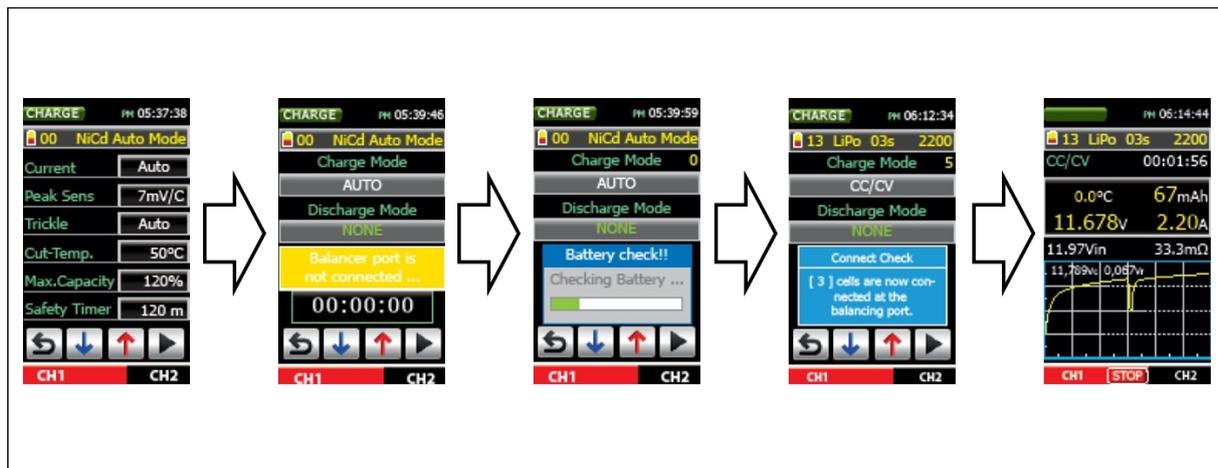
[표 1-1] 드론배터리 종류에 대한 전압, 용량

구성품	종류(Type)	전압(Voltage)	용량(Capacity)
드론 배터리	Lipo(리튬폴리머)	6s 22.2V	9000mAh
RTK GPS 배터리	Lipo(리튬폴리머)	3s 11.1V	2150mAh
모니터 배터리	Lipo(리튬폴리머)	3s 11.1V	6250mAh
RTK 베이스 배터리	Lipo(리튬폴리머)	3s 11.1V	3250mAh
조종컨트롤러 배터리	Nimh(니켈수소)	6s 7.2V	1800mAh

㉔ 배터리 충전

- ▶ 배터리 프로파일 세팅 후 배터리 충전을 실시한다. 배터리의 충전은 메인화면 -> CHARGE메뉴를 선택한 후 순서대로 프로파일 설정 값 확인 -> 셀 밸런스 케이블 장착 확인 -> 배터리 셀 검사 -> 배터리 표시 셀 확인 -> 배터리 충전으로 진행된다.

[그림 1-31] 배터리 충전 순서



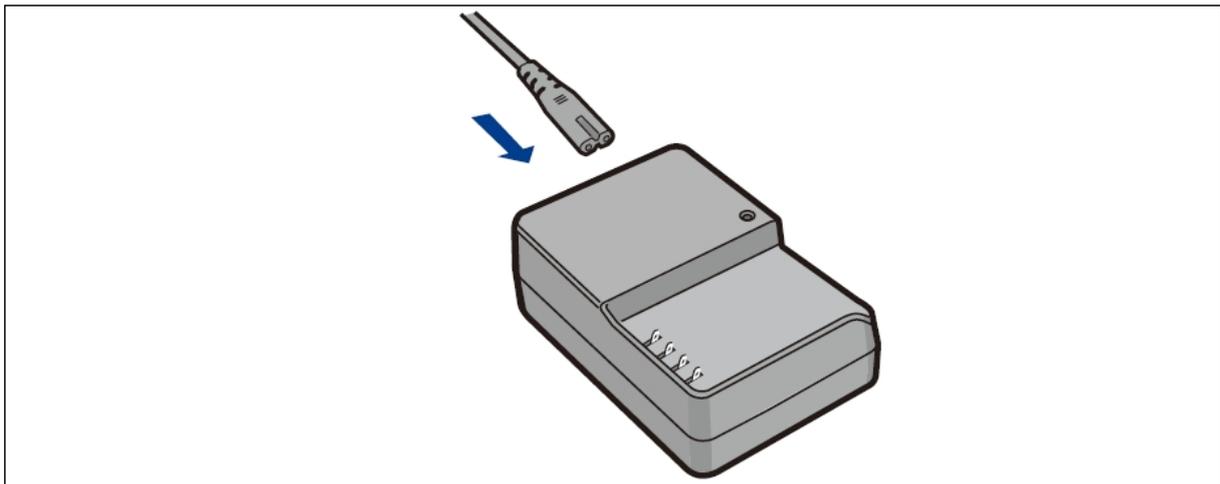
- ▶ 충전이 완료되면 <그림 1-32>와 같이 Operation Finished 팝업 창이 표시되며, 하단의 STOP를 클릭 후 배터리의 분리는 연결의 역순으로 케이블을 제거한다.

[그림 1-32] 충전 완료 팝업창



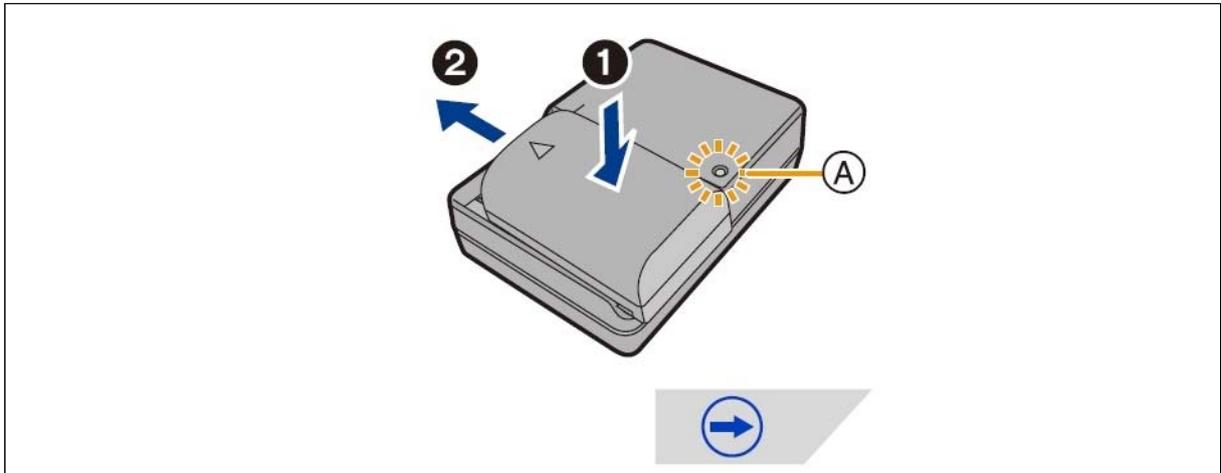
- ① 주변기기 배터리 충전
- ② 카메라 배터리 충전
 - ▶ 배터리 거치대식 충전기에 AC220V 전용케이블을 삽입한다.

[그림 1-33] 거치대식 충전기 AC220V 전용케이블 삽입



- ▶ 배터리를 1번의 화살표 방향대로 삽입 후 2번의 방향으로 밀어 넣는다.
- ▶ 딸각 소리가 날 때까지 배터리를 장착한다.

[그림 1-34] 배터리 삽입 및 CHARGE 램프 확인



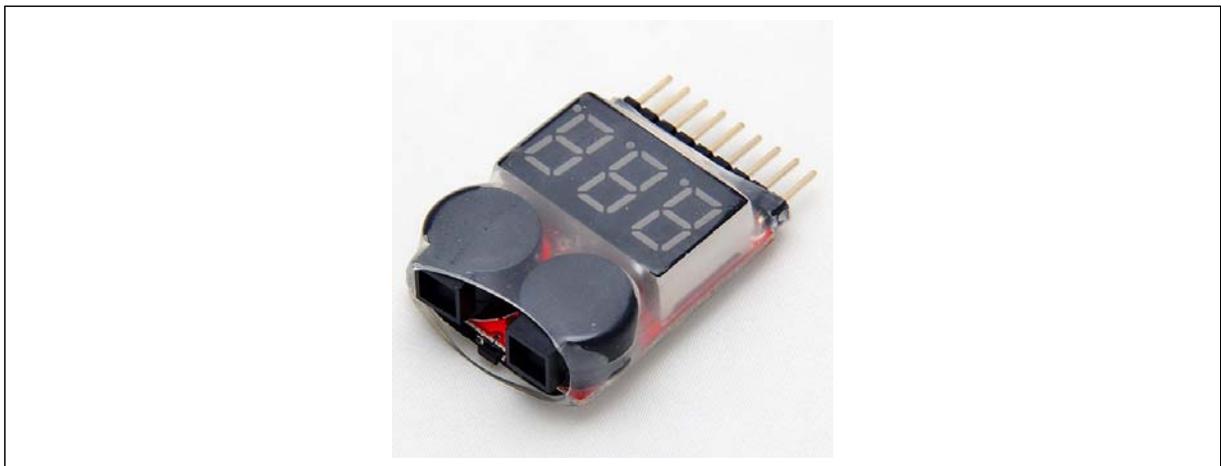
- ▶ ①의 CHARGE 램프가 점등되며 충전이 시작된다.
- ▶ 충전이 완료되면 CHARGE 램프는 소등된다.
- ▶ CHARGE 램프가 깜빡이는 경우 배터리의 온도가 너무 높거나 충전기나 배터리의 단자에 이물질이 있는 경우이므로 마른천으로 이물질을 제거한다.
- ▶ 배터리의 완충상태 시 촬영 가능한 사진 매수는 약 530매이다.

6) 드론 전원 확인

가) 배터리 전압 확인

- ▶ <그림 1-35>과 같은 배터리 체커를 이용하여 배터리의 전압을 확인할 수 있다.
- ▶ 체커기를 셀 밸런스에 연결하면 배터리의 전압을 확인할 수 있다.
- ▶ 체커기를 연결 후 ‘삐’ 소리와 함께 LCD창에 배터리 전압이 표시되며, 각 셀의 전압은 4.16V이상이 되어야한다.

[그림 1-35] 배터리 체커



7) 라디오 모뎀을 통해 드론 연결 확인

가) LED를 이용하여 연결 확인

- ▶ 지상의 라디오 모뎀 송수신기의 LED상태를 확인한다. 녹색이 점등 되었을 때의 송수신이 원활히 되고 있는 상태이다.
- ▶ LED 상태가 적색으로 점등되었을 때는, 송수신의 거리 경고를 알려준다.

[그림 1-36] 라디오 모뎀을 통해 드론 연결 확인

기능		설명	
지상			
	LINK-ALARM	Distance Alarm	송수신 거리 경고를 알려줍니다.
	LINK-ALARM	Network Light	송수신이 원활히 되고있습니다.
	DATA-POWER	Power Light	작업을 나타냅니다.
	DATA-POWER	Data Light	데이터를 전송을 나타냅니다.
공중			
	Link	Data Light	통신이 원활히 되고있습니다.
	Power	Power Light	작업을 나타냅니다.
	TX	Transmit Light	데이터 송신을 나타냅니다.
	RX	Receive Light	데이터 수신을 나타냅니다.

8) 수동조종컨트롤러의 배터리 확인

가) 배터리 장착

① 배터리 커버 분리

- ▶ 수동조종컨트롤러 하단의 배터리 커버를 분리한다.
- ▶ 배터리 커버의 화살표 표시방향으로 밀어 당기면 분리된다.

② 수동조종컨트롤러 배터리 삽입

- ▶ 수동조종컨트롤러 배터리를 삽입한다.

③ 배터리 커넥터 연결

- ▶ 수동조종컨트롤러 배터리 커넥터를 수동조종컨트롤러에 연결한다.

④ 배터리 커버 장착

- ▶ 수동조종컨트롤러 하단의 배터리 커버를 장착한다.
- ▶ 컨트롤러의 커버가 닫히지 않을 때 강제로 커버를 닫게 되면 배터리 케이블의 단선이 생길 수 있으므로 주의해야한다.

나) 배터리 상태 확인

① 수동조종컨트롤러 전원 켜기

- ▶ 전원을 켜기 전 오른쪽 스틱의 방향은 하단으로 향한다.
- ▶ 배터리를 수동조종컨트롤러에 삽입 후 중앙의 스위치를 위로 올려 컨트롤러의 전원을 켜다.

② 배터리 상태 확인

- ▶ 수동조종컨트롤러의 LCD창의 배터리 상태를 확인한다.
- ▶ 수동조종컨트롤러의 배터리는 완충 시 8.1V이다.
- ▶ 수동조종컨트롤러의 배터리가 7V 이하일 시 경고음을 확인 할 수 있다.
- ▶ 수동조종컨트롤러의 배터리는 항상 완충이 되어야하며, 비행 중 컨트롤러의 배터리가 방전 시 위급상황의 대처가 불가능하다.

[그림 1-37] 수동조종컨트롤러의 배터리 전압



제 2 절 현장운용 및 유의사항

1. 장비 설정 및 장착

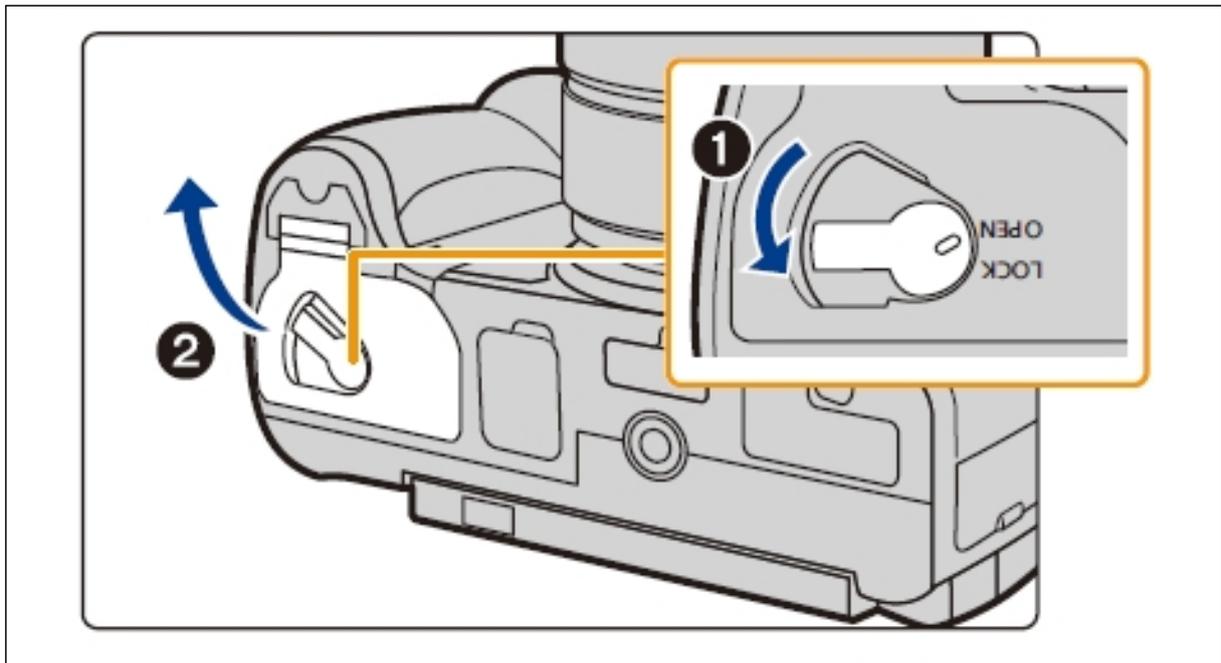
가. 장비 설정

1) 카메라 설정

가) 카메라 배터리 삽입 및 분리

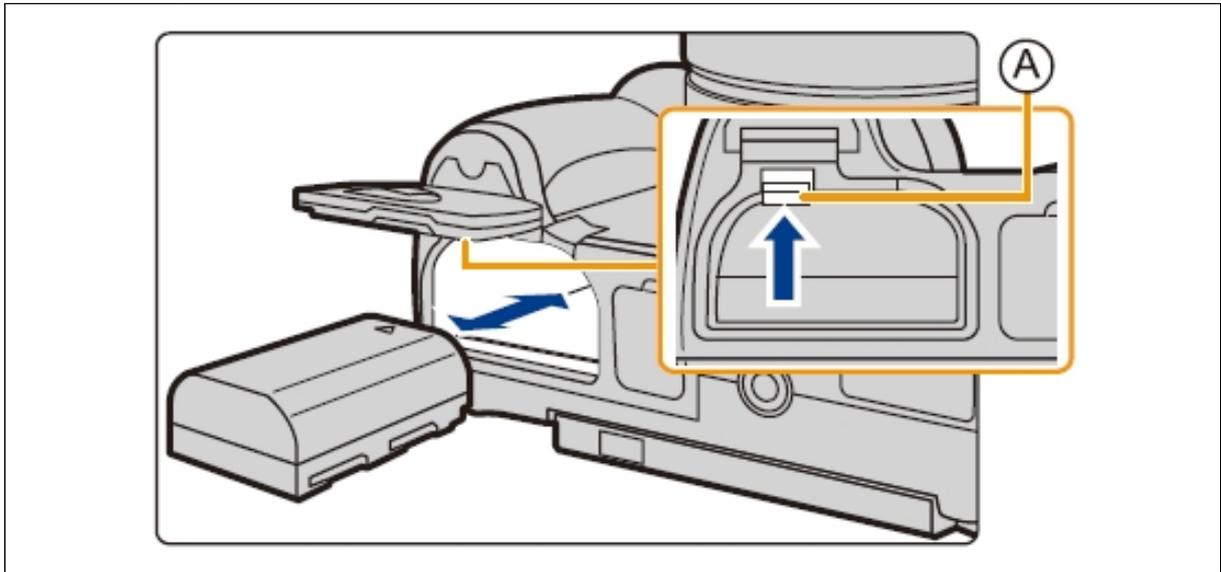
- ▶ 카메라의 전원이 꺼져있는 확인 후 카메라 하단의 열림 레버를 ‘OPEN’ 으로 밀어준다.

[그림 2-1] 카메라 열림 레버 조작방법



- ▶ 배터리의 방향에 주의하면서 잠기는 소리가 들릴 때까지 밀어 넣은 후 레버①로 잠겼는지 확인한다. 배터리를 분리할 시 레버①를 화살표 방향으로 당겨 배터리를 분리한다.

[그림 2-2] 카메라 배터리 삽입

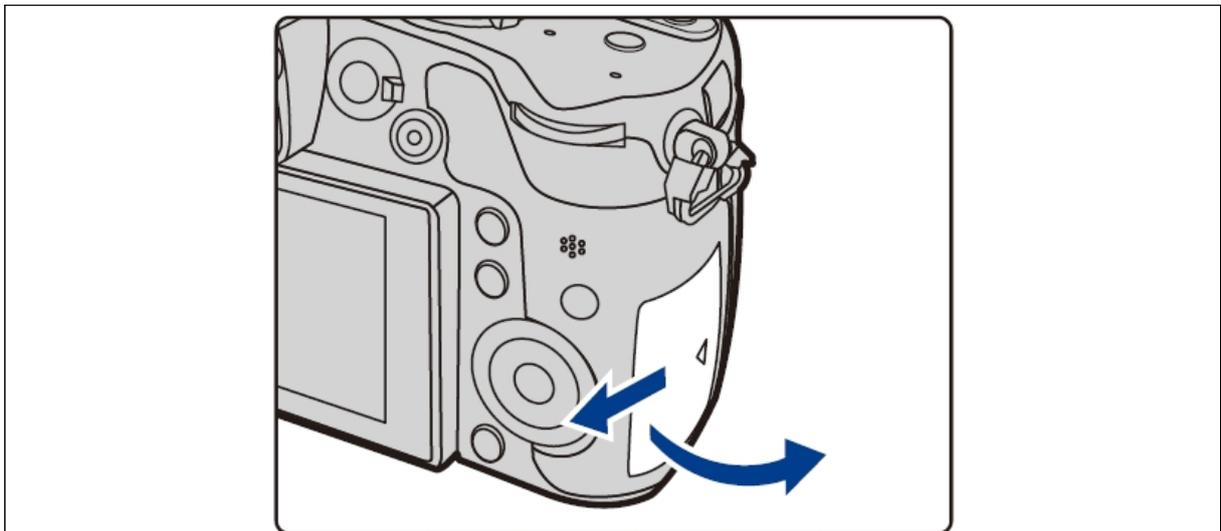


- ▶ 배터리 삽입이 완료되었으면 배터리 도어를 닫아준다.
- ▶ 열림 레버를 'LOCK' 으로 밀어준다.

나) SD카드 삽입 및 분리

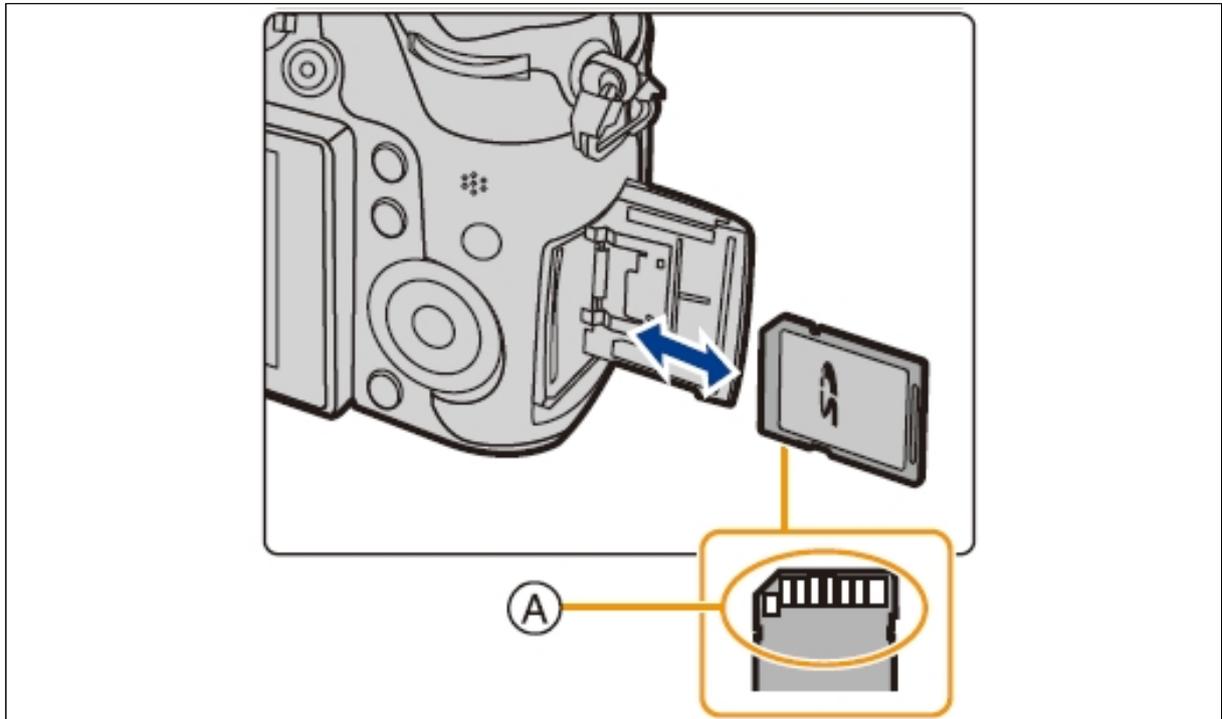
- ▶ 카메라의 전원이 꺼져있는 확인 후 SD카드 삽입을 실시한다.

[그림 2-3] SD카드 도어 열기



- ▶ SD카드 도어를 밀어 연다.

[그림 2-4] SD카드 삽입



- ▶ SD카드를 방향에 맞게 밀어 삽입한다. 딸각 소리가 들릴 때까지 밀어 삽입한다.
- ▶ ㉠에 표시된 단자의 접촉을 주의한다.
- ▶ SD카드를 삽입 및 분리 할 때, 항상 카메라의 전원을 끈 상태로 진행한다. 전원이 켜진 상태로 SD카드를 분리하게 되면 SD카드 자체가 손상되거나 촬영한 사진들이 손실 될 수 있다.

다) 카메라 조작

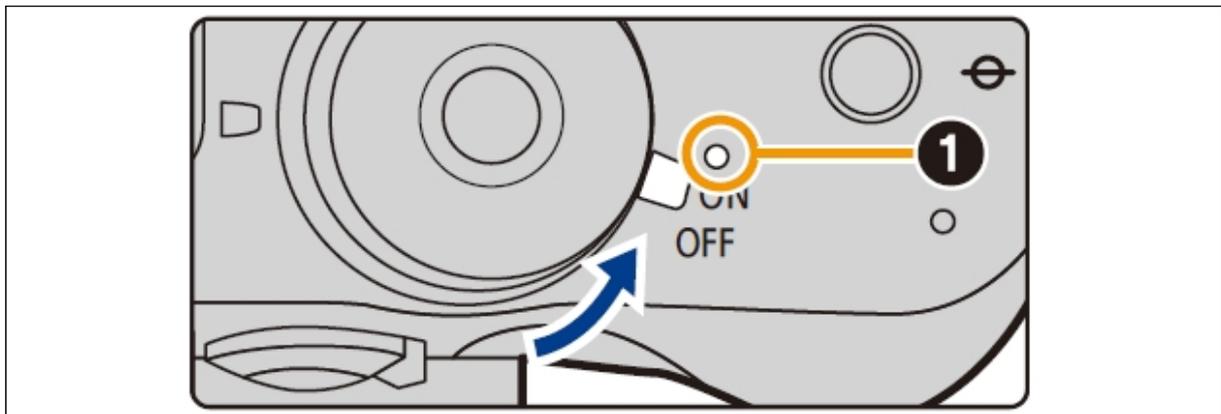
- ▶ 사진 뷰 버튼은 촬영한 사진 상태를 확인 할 수 있다.
- ▶ 터치스크린은 해당 촬영될 영상이 표시되며, 화면을 터치하여 설정을 조작할 수 있다.
- ▶ 전원버튼은 카메라를 켜고 끌 수 있다.
- ▶ 선택 및 메뉴버튼은 해당 메뉴에 진입하여 설정 값을 선택 및 조작이 가능하다.
- ▶ 뒤로가기 및 휴지통버튼은 촬영된 영상을 지우거나 메뉴의 뒤로가기를 진행할 수 있다.

[그림 2-5] SD카드 조작 버튼



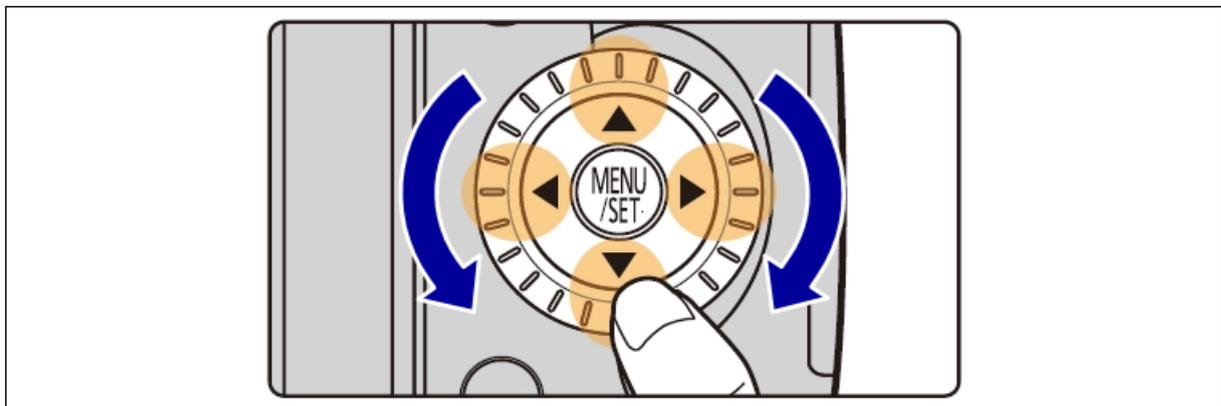
- ▶ 카메라 전원 버튼을 'ON' 으로 조정하여 카메라를 켜다.

[그림 2-6] 카메라 전원버튼



- ▶ 메뉴버튼을 눌러 메뉴창에서 카메라를 설정 할 수 있다.
- ▶ 선택 버튼은 휠 및 방향을 조작하여 메뉴를 선택 할 수 있다.

[그림 2-7] 카메라 메뉴조작



- ▶ 뒤로가기 및 휴지통 버튼으로 사진을 지우거나 뒤로가기를 할 수 있다.

라) 렌즈의 설정

- ▶ 카메라 전면부의 렌즈초점모드를 설정한다.
- ▶ 렌즈를 돌려 초점은 무한(∞)으로 설정한다.

[그림 2-8] 렌즈초점모드 설정

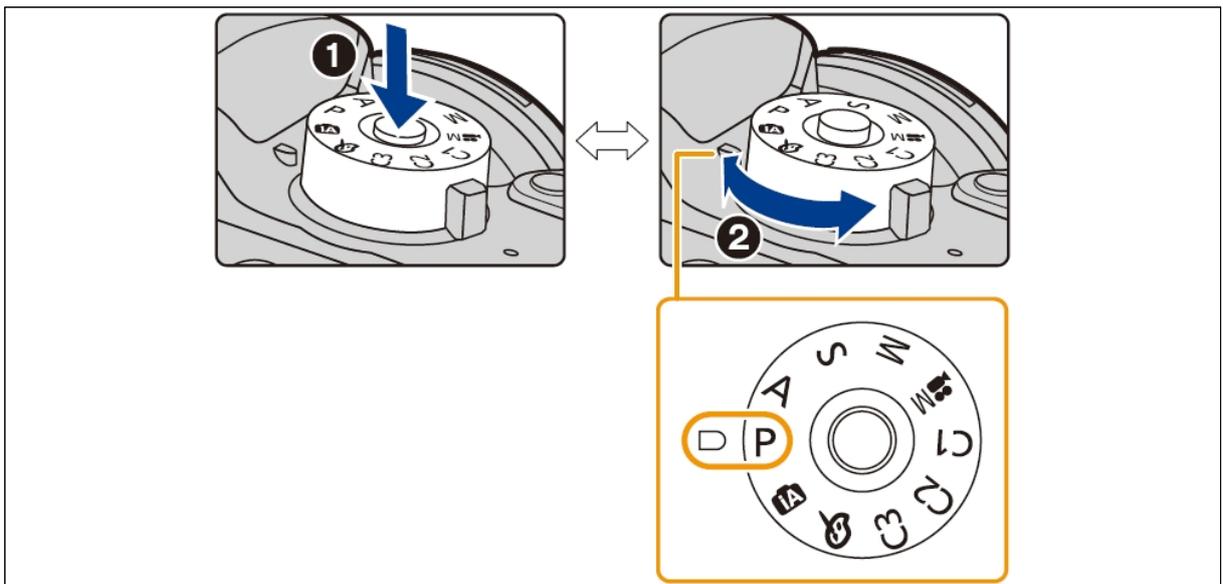


마) 촬영모드 설정

① 모드 다이얼 설정

- ▶ 카메라 오른쪽 상단의 촬영모드를 셔터우선(S)으로 설정한다.
- ▶ 고속 셔터 모드로 항공사진촬영에 적합하다.
- ▶ 뒷 다이얼이나 앞 다이얼을 돌려 셔터 스피드를 조정한다. 셔터의 스피드는 1/2500으로 조정한다.

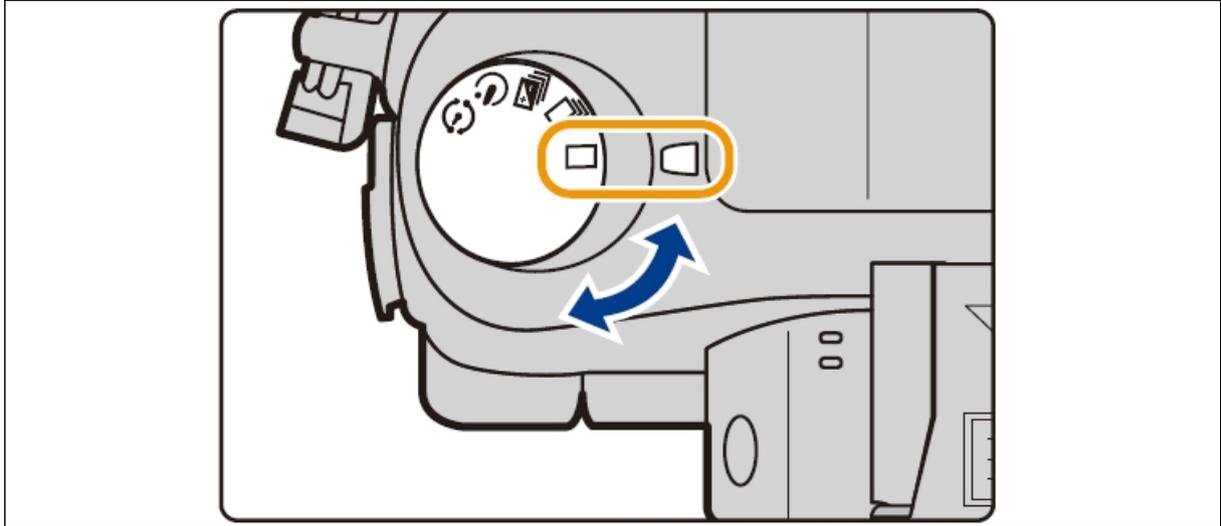
[그림 2-9] 모드다이얼 설정



② 드라이브 모드 설정

- ▶ 카메라 왼쪽 상단의 드라이브모드를 설정한다.
- ▶ 드라이브모드설정은 단일촬영으로 설정한다.

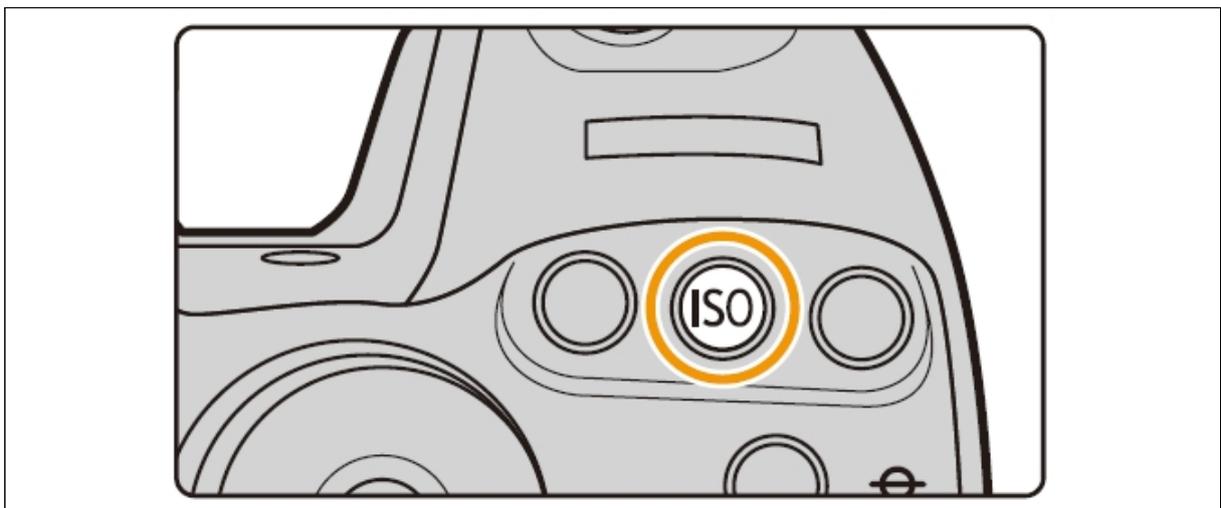
[그림 2-10] 드라이브 모드 설정



③ ISO 설정

- ▶ 카메라 상단의 ISO버튼을 누른 후 다이얼을 돌려 ISO감도를 설정한다.
- ▶ ISO는 맑은 날은 200으로 설정하고, 흐린 날은 사용자의 선택에 따라 조정한다.

[그림 2-11] 카메라 메뉴조작



④ 카메라 플래시 설정

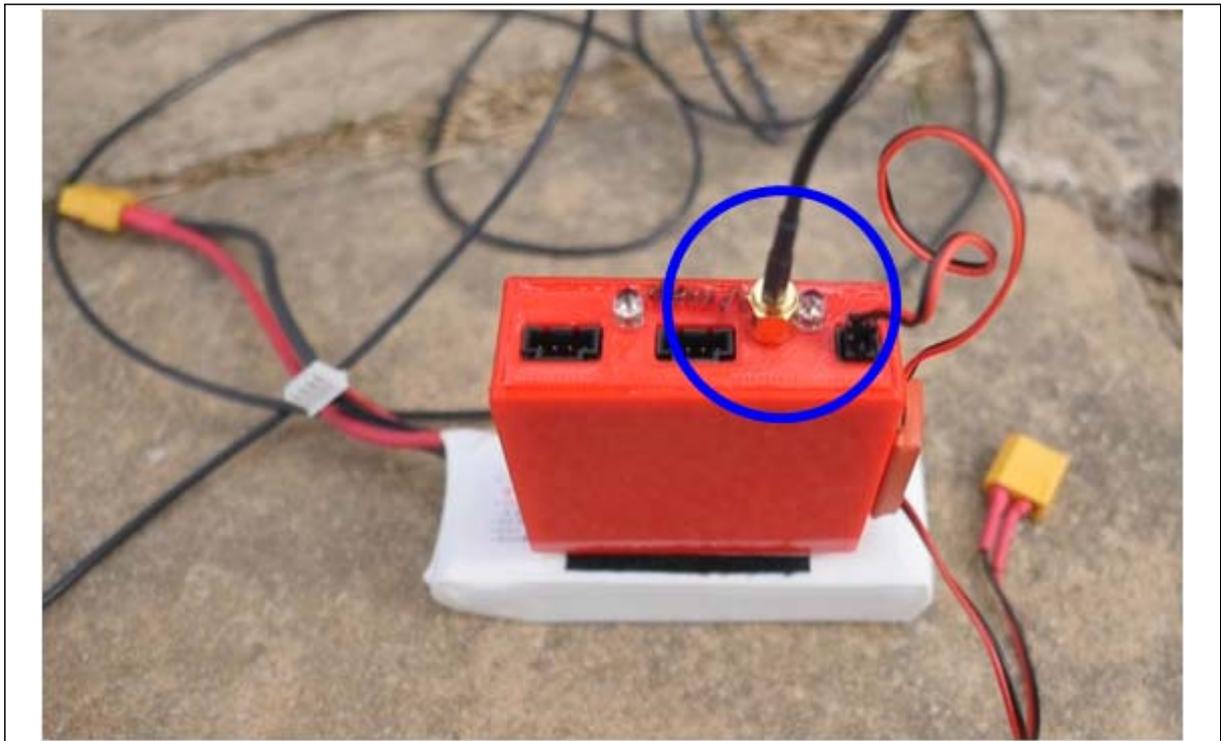
- ▶ 카메라의 플래시는 촬영 된 사진의 시간을 로버컨트롤러로 전송해주기 때문에 플래시 설정을 활성화하여야 한다.
- ▶ 메뉴 -> 촬영메뉴 -> 플래시 -> 플래시모드를 진입하여 플래시 강제발광으로 설정한다.
- ▶ 카메라 플래시가 작동되지 않는다면 메뉴에서 전자식셔터를 OFF로 설정하고 무음모드를 OFF로 설정해야 플래시가 작동한다.
- ▶ 촬영 메뉴에서 적목제거를 OFF로 설정한다.

2) GPS 설정

가) 베이스 안테나 조립

- ▶ 베이스의 안테나와 컨트롤보드의 케이블을 연결한다.

[그림 2-12] 카메라 메뉴조작



나) SD카드 삽입 및 분리

- ▶ SD카드를 삽입한다. GPS 컨트롤러보드의 SD카드는 Micro SD카드형식이다.
- ▶ SD카드는 아래의 <그림2-13>과 같은 SD카드 삽입구에 방향에 맞게 눌러서 삽입한다.

[그림 2-13] SD삽입



다) 베이스 전원 연결

- ▶ 베이스의 전원 연결 전 Micro SD카드를 삽입한다.
- ▶ 베이스의 배터리와 컨트롤보드의 전원 커넥트를 연결한다.

[그림 2-14] 카메라 메뉴조작



라) GPS컨트롤보드 LED상태확인

- ▶ GPS컨트롤보드에는 두개의 LED가 장착되어있으며, 해당 LED의 상태를 확인하여야 한다.
- ▶ LED는 GPS 상태표시 LED와 저장소, 수신기 상태표시 LED로 분류되어있다.
- ▶ GPS상태표시 LED는 <그림 2-15>과 같으며 저장소, 수신기 상태표시 LED는 <그림 2-16>, <그림2-17>와 같다.

[그림 2-15] V-MAP LED상태표시



[그림 2-16] GPS상태 표시 LED

색상 표시		상태	문제 해결
●	녹색	위성이 관측되고있는 상태	LED가 녹색으로 깜빡이지 않을 경우 안테나의 연결상태를 확인한다. LED가 전혀 깜빡이지 않을 경우 배터리 상태를 확인한다.
●	녹색 점등 후 적색	위성이 관측되지만 수신도가 낮은 상태	Fix상태는 2분 미만으로 소요됩니다. 2분이후에도 LED가 적색으로 표시된다면 GPS의 위치이동 또는 배터리를 다시 연결해야 한다.
●	적색	위성이 관측되지 않는 상태	안테나 연결을 확인한다.
● ●	녹색 + 적색	위성을 추적중인 상태	

[그림 2-17] 저장소, 수신기 상태표시 LED

색상 표시		상태	문제 해결
● ● ● ●	녹색과 적색 교차	수신기 내부의 파일 시스템이 초기화 또는 체크한다.	메모리 카드의 제조사 또는 메모리카드의 속도, 용량에 따라 몇 분 또는 몇 초동안 지속된다.
●	녹색	메모리카드에 데이터를 기록중이다. 녹색 점멸 초당 20개의 데이터 저장	
●	적색	오류 상태	메모리카드가 제대로 삽입되었는지 확인 후 메모리카드의 용량을 확인한다.
	표시되지 않음		컴퓨터에서 SD카드를 포맷한다.

마) 폴대 장착

- ▶ 설정이 완료된 베이스 GPS를 폴대에 장착한다.
- ▶ 폴대의 상단에 베이스 GPS 수신기를 시계방향으로 돌려 장착한다.

[그림 2-18] 베이스 GPS 폴대 장착



나. 장비 장착

1) 카메라 장착

가) 카메라 확인

- ▶ 카메라를 장착 전 SD카드 및 배터리가 정상적으로 삽입되었는지 확인한다.
- ▶ 카메라의 배터리가 충분한지 확인 하고 SD카드의 메모리 및 인식 상태를 확인한다.
- ▶ 지상에서 1회 이상의 촬영으로 저장 및 불량 화소가 없는지 확인한다.
- ▶ 카메라의 설정 값을 다시 한 번 확인한다.

나) 카메라 장착

- ▶ 고정식 짐벌의 지정된 자리에 카메라를 장착한다. 카메라장착 시 렌즈 파손을 주의하며 카메라 하단의 볼트를 짐벌에 밀어 넣은 후 너트로 고정시킨다.

[그림 2-19] 고정식 짐벌 카메라 장착



- ▶ 카메라와 고정식 짐벌의 이격이 있는지 확인한다.
- ▶ 많은 힘을 주어 고정시키게 되면, 짐벌 및 카메라 파손을 일으킬 수 있다.
- ▶ 고정식 짐벌의 지정된 자리에 카메라를 장착한다. 카메라장착 시 렌즈 파손을 주의하며 카메라 하단의 볼트를 짐벌에 밀어 넣은 후 너트로 고정시킨다.

다) 카메라선 연결

- ▶ 카메라의 장착 완료 후 카메라의 셔터 신호선과 HDMI케이블을 카메라에 연결한다.

[그림 2-20] HDMI 연결



- ▶ 카메라의 플래시포트에 로버 컨트롤보드의 신호선을 카메라 플래시커넥터에 장착한다.

[그림 2-21] 로버 컨트롤보드의 신호선 장착



- ▶ 플래시 포트의 포트모양을 확인 후 장착한다. 검정색 원형 너트를 시계방향으로 돌려 고정한다.

[그림 2-22] 신호선 잠금



2) 배터리 장착

가) 배터리 확인

- ▶ 육안으로 배터리의 단선 및 배부름 상태를 확인한다.
- ▶ 배부른 상태의 배터리는 불량이 확률이 크므로 비행을 하게 되면 비행시간이 현저히 짧아진다.
- ▶ 배터리의 충전 상태를 확인한다.

나) 배터리 장착

- ▶ 드론에 장착된 배터리거치대를 분리한다.

[그림 2-23] 배터리 거치대 분리



- ▶ 분리된 거치대의 끈 벨크로를 정리한다.

[그림 2-24] 배터리 거치대 분리



[그림 2-25] 배터리 거치대 장착



- ▶ 배터리를 거치대에 장착한다. 이 때 배터리가 풀리지 않게 끈 벨크로를 이용하여 단단히 고정시킨다.
- ▶ 배터리의 고정상태를 확인 후 드론에 장착한다.
- ▶ 배터리의 연결은 -극(흑색)부터 연결을 실시하고 그 후 +극(적색)을 연결한다.

다. 주변기기 설치

1) 드론 조종 PC 설치

가) 드론조종PC 배터리 상태확인

- ▶ 드론조종PC의 배터리 상태를 확인한다. 자동비행 중 드론조종PC의 배터리가 방전되면 경로 모니터링을 할 수 없으므로, 항상 드론조종PC의 배터리를 확인하여야 한다.

나) 드론 조종 PC설치

- ▶ 드론조종 PC의 설치 위치는 드론을 바라볼 수 있는 방향으로 설치하여야 하며, 평평한 곳에 놓아야 한다.

[그림 2-26] 드론 조종 PC 설치



- ▶ Ground Station을 실행하기 위해서는 인터넷의 연결이 필요하므로, 무선랜을 통하여 인터넷접속을 실시한다.

2) USB 라디오 모뎀 설치

가) 라디오 모뎀 안테나 조립

- ▶ 라디오 모뎀의 안테나를 조립하기 전 안테나 단자의 상태를 확인한다.
- ▶ 안테나 단자에 이물질이나, 단자 불량일 경우 라디오 모뎀의 송수신도는 감소한다.
- ▶ 안테나는 시계방향으로 돌려 단자에 맞게 연결한다.
- ▶ 안테나 장착 후 안테나의 힌지는 90도를 향하여야 한다.

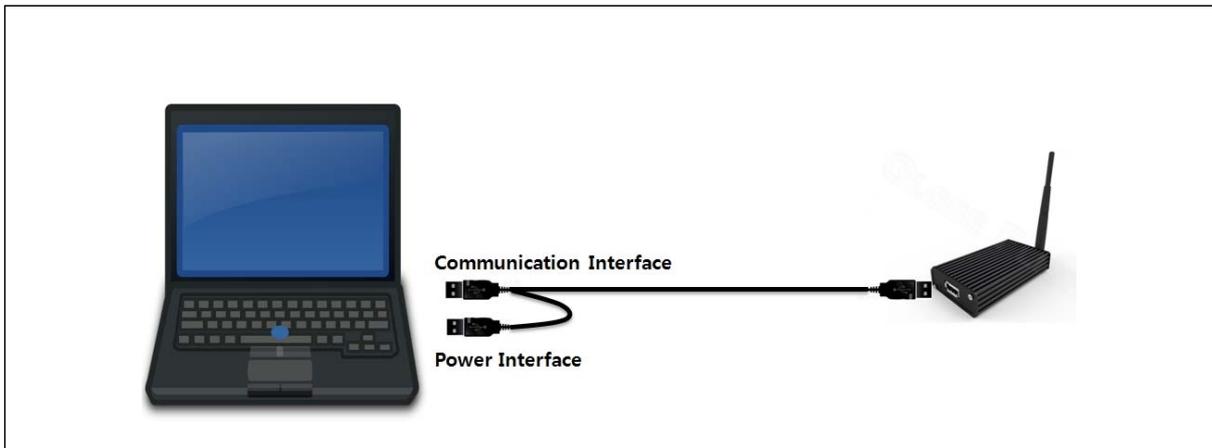
[그림 2-27] 라디오 모뎀 힌지



나) USB를 이용하여 라디오 모뎀 연결

- ▶ Communication Interface는 USB라디오 모뎀과 연결하기 위한 포트이고, Power Interface는 USB라디오 모뎀의 링크 출력을 향상시키기 위한 포트이다.
- ▶ 라디오 모뎀 전용 USB케이블을 이용하여 라디오 모뎀을 연결한다.
- ▶ 다른 방향의 USB를 드론조종PC에 연결한다.
- ▶ 라디오 모뎀의 LED색이 녹색으로 표시되면 연결 완료 상태이다.

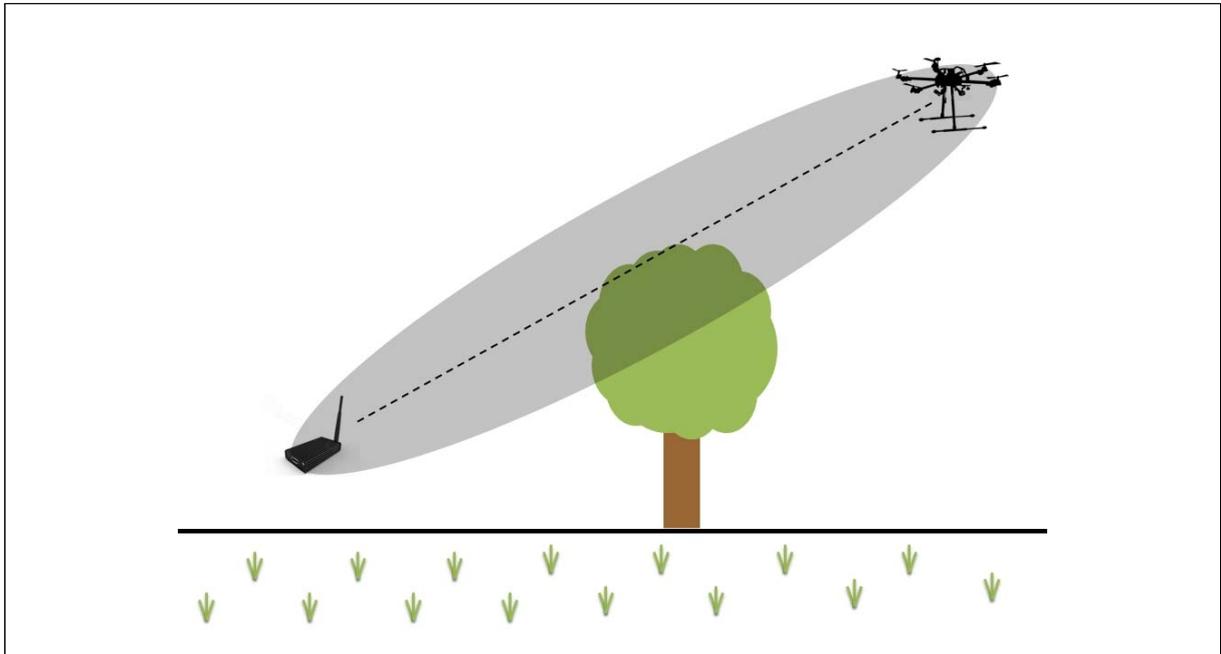
[그림 2-28] USB 라디오 모뎀 설치



다) USB 라디오 모뎀 위치

- ▶ USB 라디오 모뎀과 드론 사이를 잇는 직선을 가시선이라고 부른다.
- ▶ USB 라디오모뎀의 신호가 드론까지 도달하기 위해서는 가시선의 물론 가시선 주변의 장애물이 없어야한다.
- ▶ 드론의 수신이 끊기는 일을 방지하기 위해서는 라디오모뎀을 금속 표면위에 놓지 말아야 한다.

[그림 2-29] USB 라디오 모뎀 위치 방향



3) 모니터링 모니터 설치

가) 모니터 설치방법

- ▶ 드론조종PC옆에 삼각대를 세워 수평을 조절한다.
- ▶ 삼각대의 기반 방향에 맞게 모니터링용 모니터를 장착한다.
- ▶ 모니터링용 모니터의 배터리를 연결 후 왼쪽 하단의 전원버튼을 눌러 켜다.

[그림 2-30] 모니터 삼각대 설치



나) 모니터에 표시된 드론정보 확인

- ▶ 모니터를 켜 후 모니터링 모니터에 드론의 상태가 표시되고, 표시된 드론의 상태를 파악한다. 이 때 배터리의 전압은 25V이상, 비행모드는 GPS모드, 수신위성 개수는 7개 이상이 되어야 한다.

[그림 2-31] 모니터 확인



4) 수동조종컨트롤러 설치

가) 수동조종컨트롤러 설정

- ▶ 수동조종컨트롤러의 전원을 켜기 전 오른쪽의 스틱을 아래 방향으로 위치한 후 상단의 모든 스위치를 뒤로 넘긴다.
- ▶ 배터리 삽입 전 오른쪽 스틱의 스로틀이 아래로 향하게 조정하고 컨트롤러의 스위치를 뒤로 넘긴다.
- ▶ Ground Station을 사용하여 자동경로비행을 실시할 때, 수동조종컨트롤러와 드론이 연결되어야 한다.

[그림 2-32] 수동조종컨트롤러 설정



나) 수동조종컨트롤러 배터리 삽입

- ▶ 수동조종컨트롤러 하단의 배터리 커버를 분리한다. 수동조종컨트롤러의 오른쪽 방향으로 커버를 밀어 당기면 커버가 분리된다.

[그림 2-33] 수동조종컨트롤러 배터리 커버 분리



- ▶ 배터리의 커넥터를 수동조종컨트롤러에 연결한다. 배터리 연결 시 해당 포트의 모양에 맞게 연결한다.

[그림 2-34] 수동조종컨트롤러 배터리포트 확인



- ▶ 수동조종컨트롤러의 배터리를 삽입한다. 수동조종컨트롤러의 배터리는 해당 <그림 2-35>와 같은 방향으로 삽입 한다.

[그림 2-35] 수동조종컨트롤러 배터리 삽입



- ▶ 배터리 커버가 닫히지 않을 시 배터리 케이블을 정리 후 커버를 닫는다.
- ▶ 수동조종 컨트롤러의 배터리를 연결 후 중앙의 전원스위치를 위로 올려 켜다.

[그림 2-36] 수동조종컨트롤러 전원 ON, OFF



- ▶ 전파간섭을 막기 위하여 드론조종 컨트롤러의 전원을 켜 후 초경량 드론의 배터리를 연결해야 한다.

다) 수동조종컨트롤러의 위치

- ▶ 비행 중 수동조종컨트롤러의 위치는 항상 사용자의 손에 쥐어있어야 한다.
- ▶ 비행 중 위급상황 시 수동조종컨트롤러를 이용하여 곧바로 비상조치를 하여야 한다.

2. 현장운용 소프트웨어 사용방법

가. Ground Station 실행

1) 초경량드론 Ground Station 연결

가) 인터넷 연결 확인

- ▶ Ground Station을 실행하기 위해서는 인터넷의 연결이 필요하므로, 무선 랜을 통하여 인터넷접속을 실시한다.

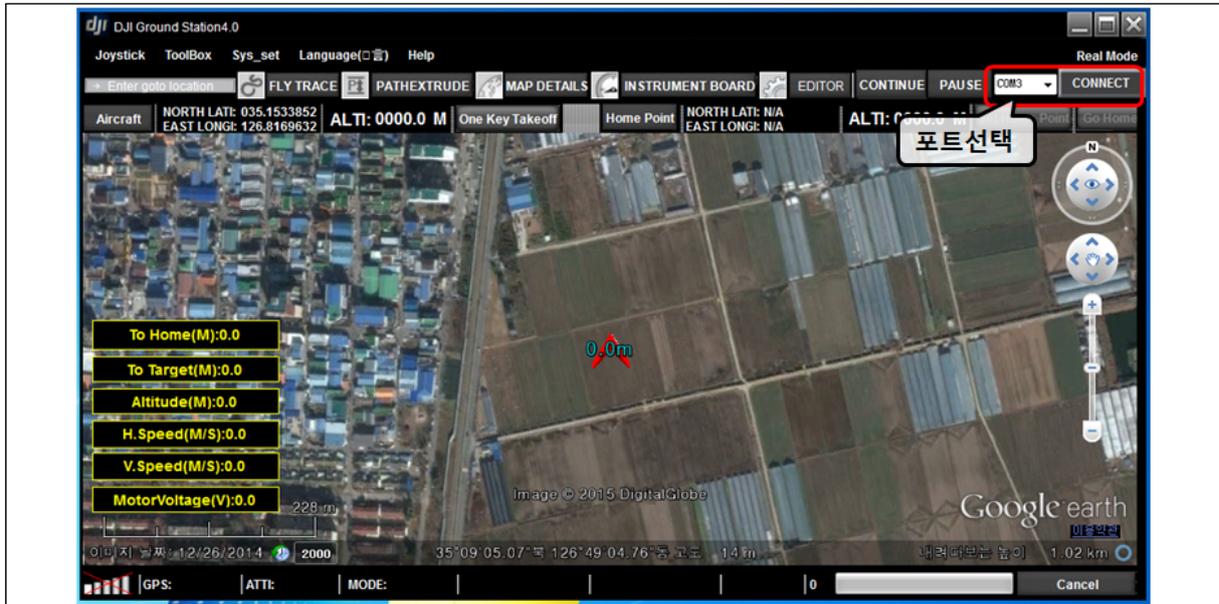
나) Ground Station 실행

- ▶ 바탕화면 또는 시작프로그램에 Ground Station아이콘을 클릭하여 실행한다.
- ▶ 바탕화면 또는 시작프로그램에 Ground Station아이콘이 생성되어있지 않는 경우는 C drive -> Program File(X86) -> DJI Product -> Ground Station -> release에 Gorund StationVer4를 클릭하여 실행한다.

다) Ground Station 연결

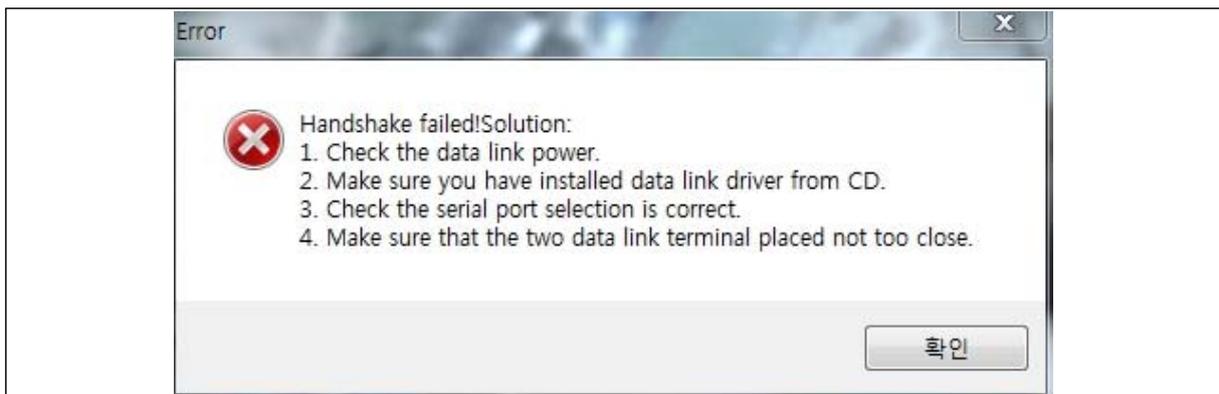
- ▶ Ground Station이 USB라디오 모뎀을 제대로 인식하면, 킷바의 오른쪽 끝 Connect 대화상자에서 포트번호가 나타난다. 해당 포트를 선택 후 Connect를 클릭하면 Ground Station과 드론이 연결되며 지도 및 경로창에 드론의 위치가 표시된다.

[그림 2-37] Ground Station 커넥트



- ▶ 연결 실패 시 아래 <그림 2-38>과 같은 경고창이 활성화되며, 경고문을 확인 후 다시 Connect를 클릭한다.

[그림 2-38] Ground Station 연결 실패



- ▶ 연결완료 후 Connect창 활성화, 드론위치 표시, 하단바의 활성화를 상태를 확인할 수 있다.
- ▶ 하단바의 GPS, ATTI, MODE, MotorVoltage를 확인한다. 하단바는 아래의 <그림 2-39>과 같은 상태로 표시되어야한다.

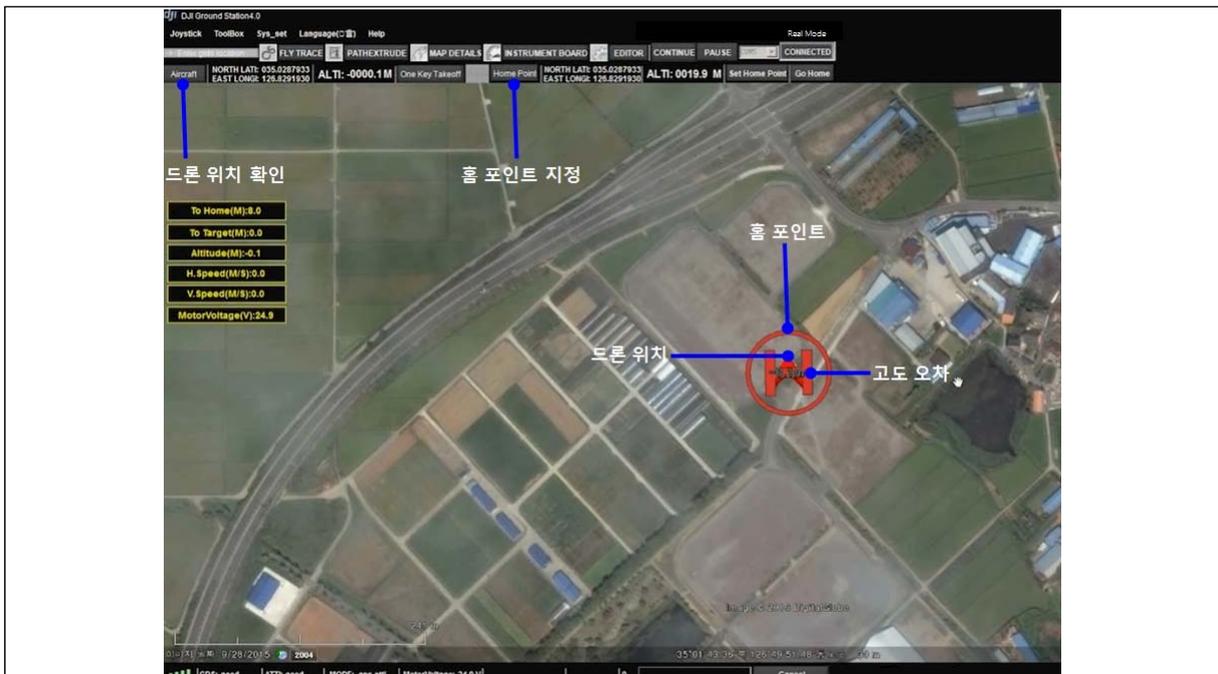
[그림 2-39] Ground Station 연결확인



2) 홈 포인트 지정

- ▶ 홈 포인트 지정은 드론의 이륙 및 착륙 위치를 지정하기 위함이다.
- ▶ 홈 포인트를 지정하지 않을 시 이륙이 되지 않는 현상 또는 추락 사고가 발생할 수 있다.

[그림 2-40] Ground Station 드론 위치 확인 및 홈 포인트 지정



가) Aircraft

- ▶ Ground Station의 지도 및 경로창에 드론의 위치가 표시되는지 확인한다.
- ▶ 드론의 정확한 위치를 파악하기 위해 상단의 킷 아이콘인 Aircraft를 클릭하여 드론의 위치를 확인한다.

나) 홈 포인트

- ▶ 홈 포인트는 이·착륙 장소이다.
- ▶ 홈 포인트를 지정하기 위해서는 상단의 킷 아이콘인 홈 포인트를 클릭하여 지도 및 경로창에 'H' 표시를 확인한다.
- ▶ 'H' 표시는 전원이 연결된 드론의 위치에 표시된다.
- ▶ 홈 포인트에 표시된 드론의 고도 오차는 $\pm 1m$ 이내여야 하며, 이상으로 오차가 발생 시 드론의 배터리를 분리한 후 다시 연결하여야 한다.
- ▶ 고도 오차는 장시간 배터리 연결, 주변 지형 및 장애물에 의한 GPS신호 방해 등에 의해 발생된다.

3) 고도 설정

가) 고도 설정 메뉴 (Altitude Offset)

- ▶ 고도 설정 메뉴는 드론의 비행 기준고도를 설정할 수 있다.
- ▶ 메뉴창의 Sys_set -> Altitude Offset을 클릭하여 Altitude Offset창을 클릭한다.

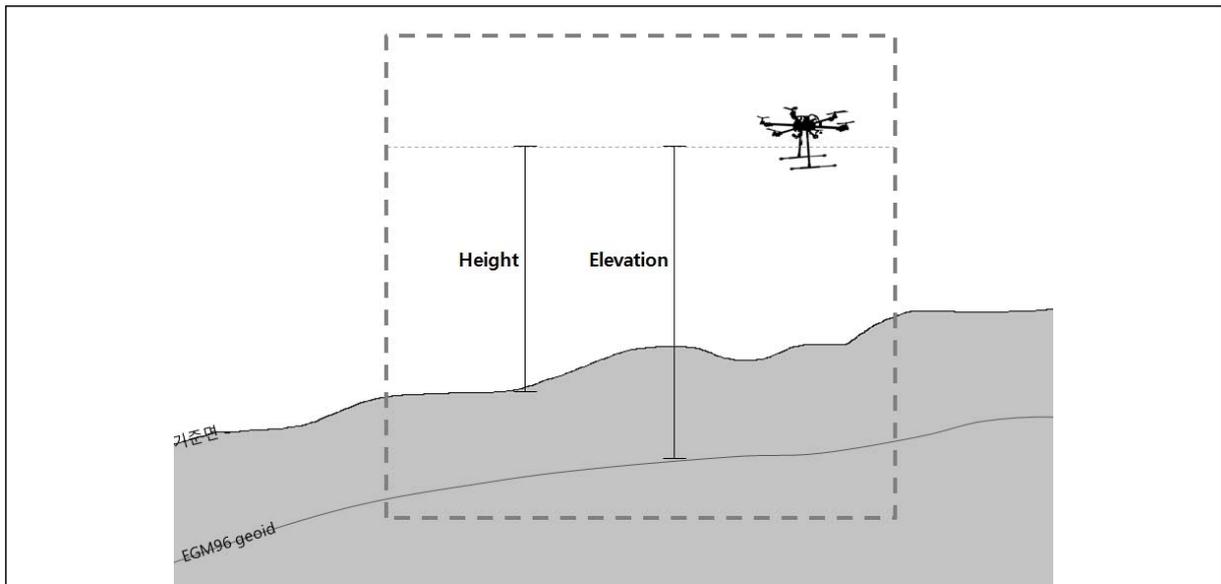
[그림 2-41] Ground Station 고도 설정



나) 기준 고도 설정

- ▶ 설정화면에서 ‘Height’(기본 값)을 선택한다.
- ▶ ‘Height’ 는 기체가 위치한 기준면의 고도를 0으로 기준 후 비행고도가 책정된다.
- ▶ ‘Elevation’ 은 해수면의 고도를 기준으로 비행고도가 책정된다. 이 설정은 사용자의 계산오차로 인해 고도장애물과 충돌이 일어날 가능성이 있으므로 사용하지 않는 것을 권장한다.

[그림 2-42] Ground Station 기준 고도



4) 서보 설정

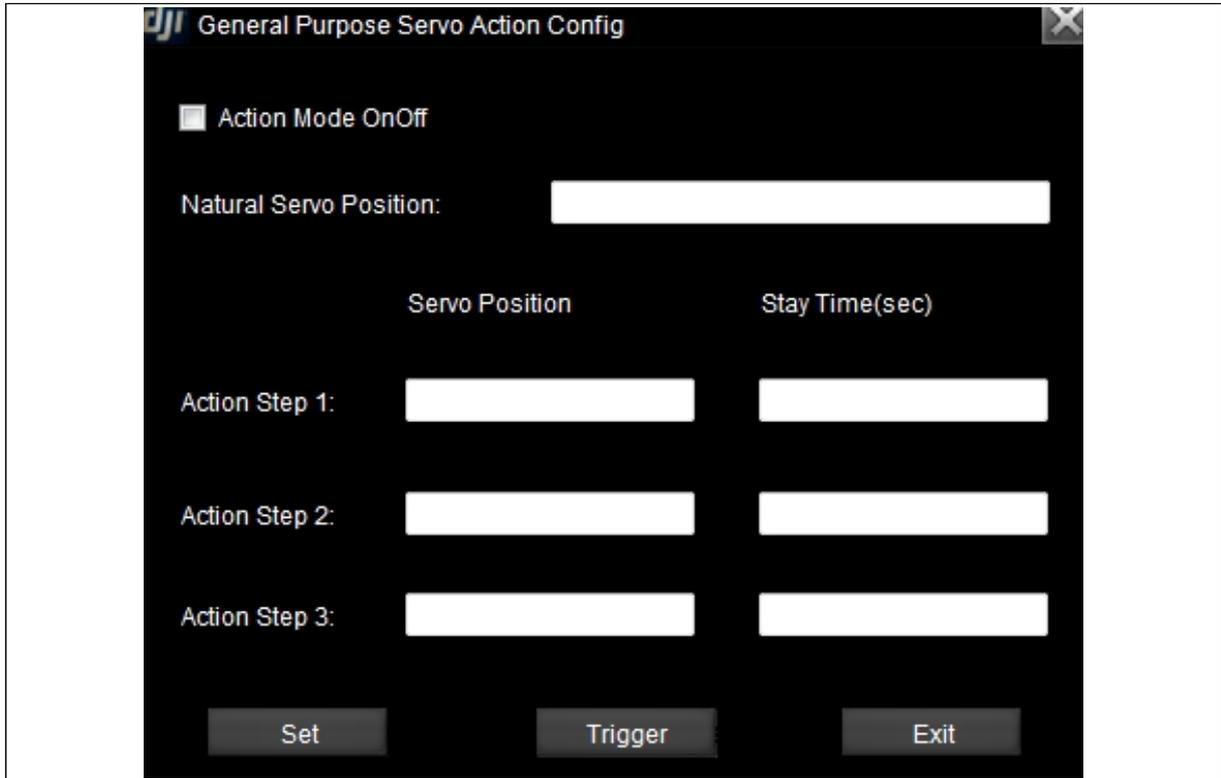
가) 서보 설정 메뉴

- ▶ Servo기능은 카메라 셔터 명령을 주는 기능이다.
- ▶ Tool Box -> GP Servo Action Config를 클릭하여 GP Servo Action Config창을 실행한다.

나) 서보 설정

- ▶ Servo의 위치각도, 실행 각도, 정지 시간을 입력하고 ‘Set’ 클릭 -> ‘Trigger’ 클릭 -> ‘Exit’ 버튼을 클릭하여 설정한다.
- ▶ ‘Set’ 을 클릭하면 해당 Servo의 입력 값이 저장되며, ‘Trigger’ 을 클릭하면 서보가 1회 작동을 실시한다. ‘Trigger’ 를 이용하여 카메라의 촬영여부를 확인한다. 정상적으로 촬영이 된다면 ‘Exit’ 버튼을 클릭하여 설정을 종료한다.
- ▶ 설정 값은 저장되며, 서보의 상태에 따라 재설정이 이루어질 수 있다.

[그림 2-43] GP Servo 설정



5) 비행경로 설정

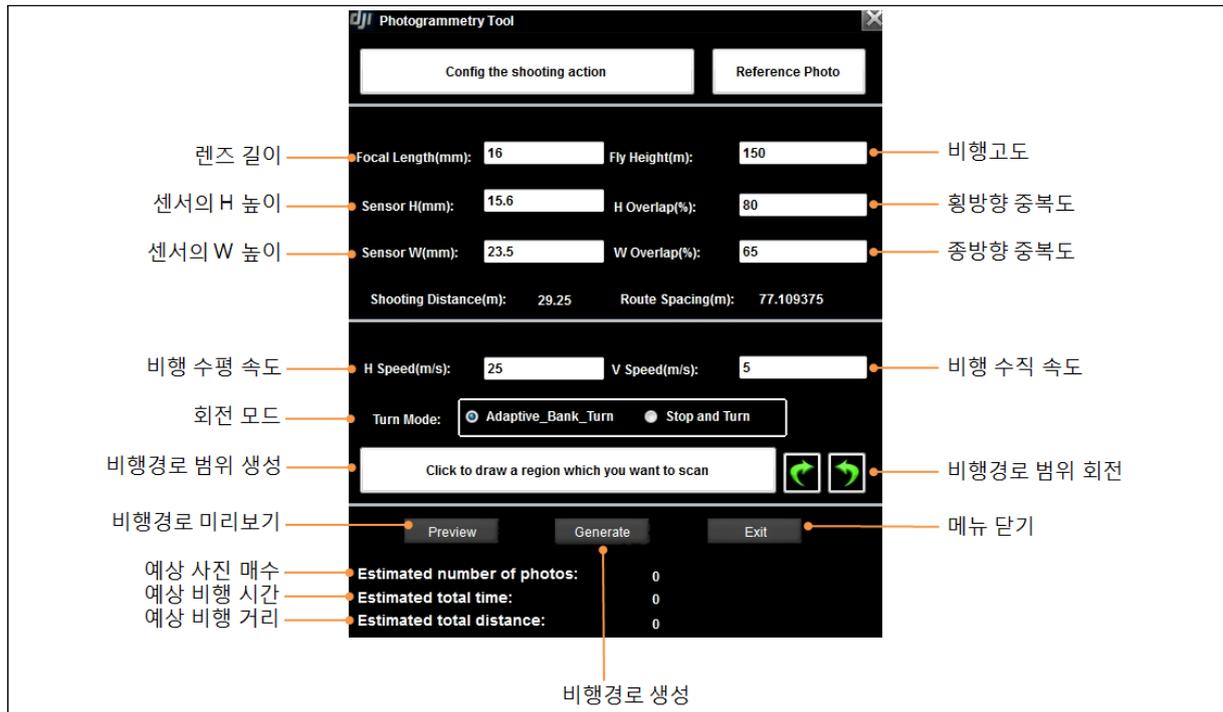
가) 촬영 범위 메뉴 (Photogrammetry Tool)

- ▶ Tool Box -> Photogrammetry Tool을 클릭하여 Photogrammetry Tool 창을 실행한다.

나) 비행 설정 값 입력

- ▶ 카메라의 렌즈길이, 센서 크기를 입력한다.
- ▶ 비행고도, 횡방향 중복도, 종방향 중복도를 입력한다.
- ▶ 평지 촬영 시 기본 중복도는 기본적으로 종방향 중복도 65%, 횡방향 중복도 80%이며, 산, 바다, 호수와 같이 매칭 포인트가 없는 곳, 고저차가 심한 곳은 종방향 중복도 70%, 횡방향 중복도 90%로 설정하여야 한다.
- ▶ 비행고도는 일반적으로 150m가 기본 값이며, 고도장애물에 따라 변경할 수 있다.
- ▶ 비행 수평속도는 6m/s가 기본 값이며, 비행의 수직속도는 5m/s가 기본 값이다.

[그림 2-45] Photogrammetry Tool 설정창



다) 자동비행경로 생성

- ▶ ‘Click to draw a region which you want to scan’ 버튼을 클릭하면 지도 및 경로창에 녹색으로 촬영범위를 설정할 수 있는 사각형 박스가 생성된다. 촬영할 범위를 설정한다.
- ▶ 녹색 사각형 모서리 부분의 적색, 노란색의 핀 아이콘을 이용하여 크기를 조절할 수 있으며,  버튼을 이용하여 시계 및 반시계방향으로 회전이 가능하다.
- ▶ 설정이 끝난 후 ‘Preview’ 버튼을 클릭하여 비행경로를 확인한다.
- ▶ 화면의 설정 창 하단에 예상 사진 매수, 예상 비행시간, 예상 비행거리가 표시되며, 상세 촬영경로는 지도 및 경로창에 표시된다.
- ▶ 촬영시간이 너무 길거나 촬영범위를 수정하고 싶을 때는 지도 및 경로창에서 범위 수정 후 ‘Preview’ 버튼을 클릭하여 수정된 범위로 경로를 재 생성한다.
- ▶ 일반적으로 예상 비행시간은 16분이 넘지 않아야하며, 기상상황에 따라 예상 비행시간은 적거나 더 많은 시간이 소요될 수 있다.
- ▶ 촬영범위 설정이 끝나면 설정창의 ‘Generate’ 버튼을 클릭하여 비행경로를 생성한다. 비행경로가 생성되면 비행경로만 남게 되며 ‘EDITOR’창이 활성화 된다.

[그림 2-46] 자동비행경로 생성

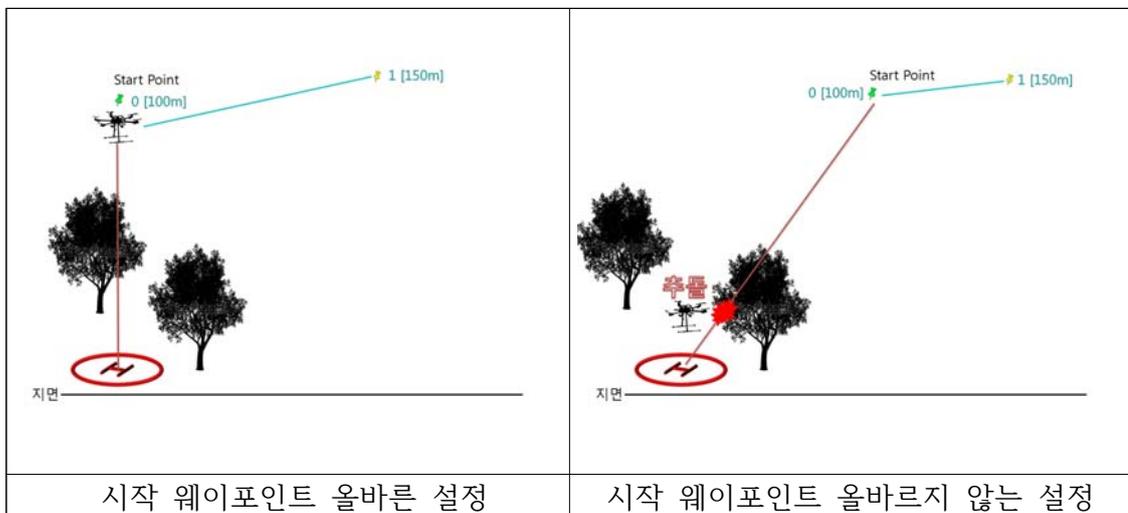


6) 시작 웨이포인트 설정

가) 시작 웨이포인트 이동

- ▶ 자동경로가 생성되면 0번의 시작 웨이포인트를 드래그하여 이동해야 한다.
- ▶ 시작 웨이포인트를 조절하여 비행시간을 절약 할 수 있지만, 잘못사용하게 되면 사고발생의 위험이 있다.
- ▶ 아래의 <그림 2-47>과 같이 주변에 고도장애물이 있다면 홈 포인트의 중앙 수직 방향으로 시작 웨이포인트를 이동하여야 한다.
- ▶ 고도장애물이 있는 상태에서 시작 웨이포인트를 이동하지 않는다면 장애물과 충돌할 수 있다.

[그림 2-47] 시작 웨이 포인트 올바른 예



나) 시작 웨이포인트 수정

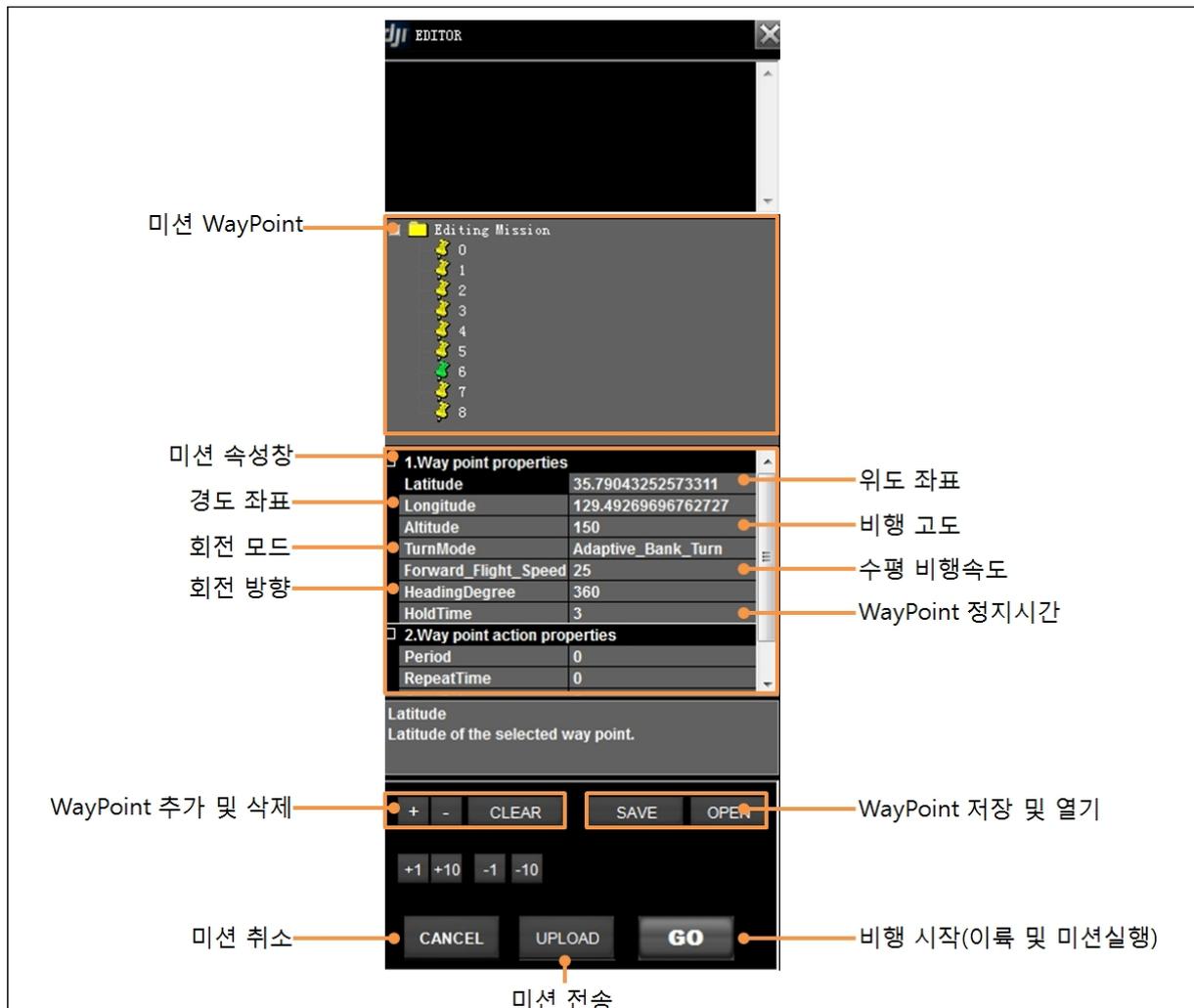
- ▶ 시작 웨이포인트의 EDITOR창에서 고도 및 위치를 수정을 할 수 있으며, 시작 웨이포인트의 기본고도 값은 100m이다.

7) 비행경로 수정

가) EDITOR창 설명

- ▶ 비행경로가 생성된 ‘EDITOR’ 창에서 비행경로를 수정할 수 있다.
- ▶ 미션 WayPoint는 해당 드론이 향하는 위치를 Waypoint숫자로 표시하고 있다.
- ▶ 미션속성창에서 해당 웨이포인트의 위치, 고도, 속도, 회전모드, 회전방향등을 설정할 수 있다.
- ▶ 웨이포인트를 추가 및 삭제를 할 수 있고, 저장 또는 불러오기를 진행할 수 있다.

[그림 2-48] EDITOR창 설명



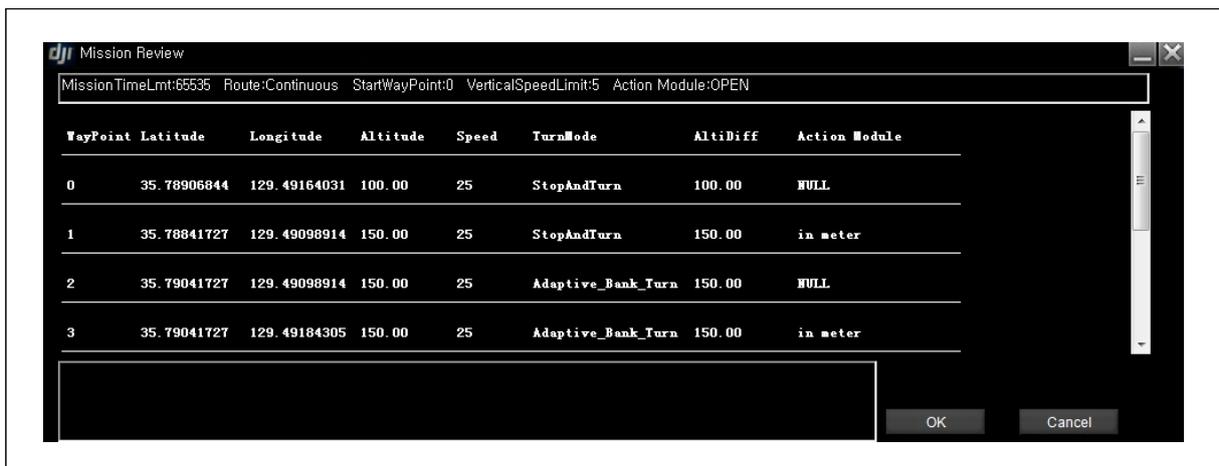
나) 비행경로 수정

- ▶ 비행경로는 웨이포인트방식으로 생성되며, 웨이포인트의 위치 및 고도를 수정할 수 있다.
- ▶ 웨이포인트는 해당 미션의 경로를 표시한다. 해당 웨이포인트를 선택 후 미션 속성창에서 미션의 속성을 편집할 수 있다.
- ▶ 웨이포인트는 각 해당번호로 표기되어있으며 각 웨이포인트의 고도를 확인 할 수있다.
- ▶ 드론은 지면과 50m이상의 고도로 비행하여야하며, 그 이하로 비행할 시 추락 및 사고로 이어지며, 비행이 완료되어도 영상의 접합이 되지 않을 수 있다.

다) 미션 전송

- ▶ 미션의 수정이 끝난 후 ‘Upload’ 를 클릭하면 해당 수정한 비행경로가 드론으로 전송된다.
- ▶ 전송된 미션은 다시 재전송을 실시할 수 있다.

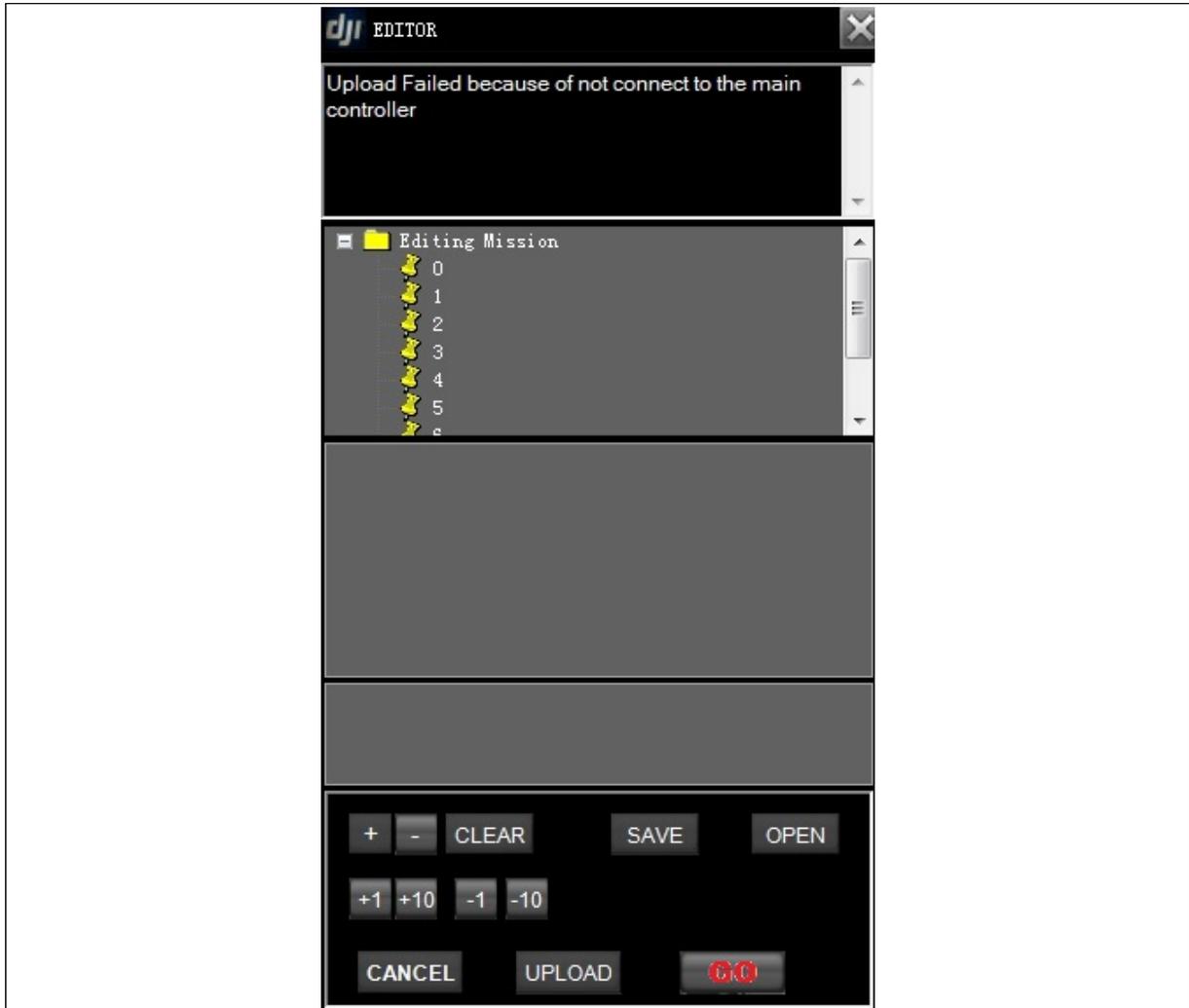
[그림 2-49] EDITOR창 설명



라) 비행 시작

- ▶ 업로드가 완료되면 ‘EDITOR’ 창의 하단에 ‘GO’ 버튼이 적색으로 활성화된다.
- ▶ 적색으로 활성화된 ‘GO’ 버튼을 클릭하면 자동경로비행이 시작된다.

[그림 2-50] EDITOR 창 설명



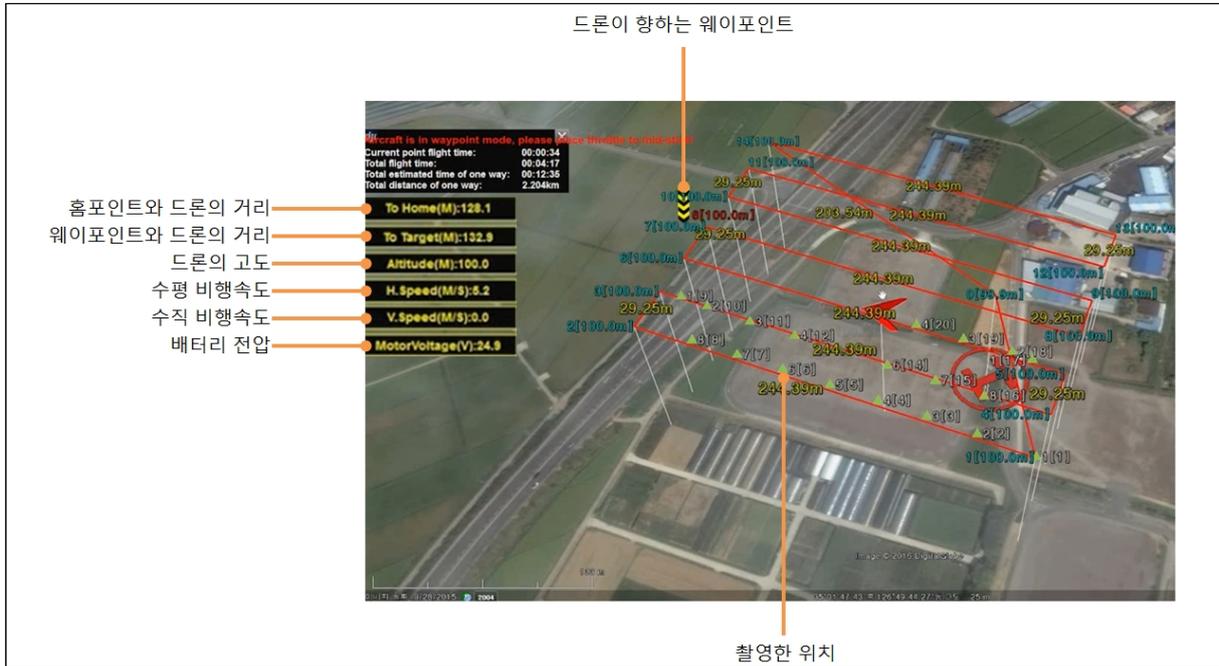
나. 자동경로비행

1) 모니터링

가) Ground Station 모니터링

- ▶ 이륙 후 Ground Station으로 드론의 배터리 상태, 비행속도, 위치 등을 확인하여야 한다.
- ▶ 드론이 향하는 웨이포인트 및 촬영한 위치를 확인한다.
- ▶ 드론의 배터리 전압은 이륙 전 완충상태일 때 25.1V이며, 21V이하로 전압강하하게 되면 추락의 위험이 있다. 21V 전압강하 전 홈으로 복귀하는 시간을 고려하여 착륙명령을 실행하여야 한다.

[그림 2-51] EDITOR 창 설명



나) 모니터 모니터링

- ▶ 이륙 후 Ground Station과 함께 모니터링모니터로 배터리의 전압, 비행모드, 수신위성의 개수를 확인한다.
- ▶ 배터리 전압은 21V이하로 전압강하가 되면 추락의 위험이 있으므로, 반드시 21V 이하의 전압강하 전 착륙명령을 내려 착륙하여야 한다.
- ▶ 비행 중 수신위성의 개수가 7개미만으로 수신되면 곧바로 수동모드로 전환하여 착륙한다.

[그림 2-52] 모니터화면 설명



다. 착륙

1) 자동 착륙 방법

가) 자동 착륙 명령

- ▶ 비행경로가 완료되거나 배터리 전압이 부족할 시 착륙 명령을 주어 자동 착륙을 실행할 수 있다.
- ▶ 자동 착륙 명령은 오른쪽상단의 ‘Go Home’ 버튼을 클릭한 후 지도 및 경로창에 홈 포인트의 위치를 확인한다.

나) 착륙 명령실행

- ▶ ‘Click to Go Home’ 버튼을 클릭하여 착륙명령을 실행한다.
- ▶ 착륙 명령실행즉시 2초정도의 호버링 후 드론은 홈 웨이포인트로 향하게 되며 홈웨이포인트의 20m고도에서 정확한 착륙위치를 파악한 뒤 착륙을 실시한다.
- ▶ 자동 착륙 명령 중에는 항상 수동조종컨트롤러를 손에 쥐고 있어야 하며 비상상황 시에는 수동조종컨트롤러를 이용하여 수동으로 착륙하여야 한다.

[그림 2-53] 자동 착륙 방법



2) 수동 착륙 방법

가) 수동 착륙 전환

- ▶ 착륙 중 드론의 오류 또는 착륙반경 오차가 심하면 수동컨트롤모드로 전환하여야 한다.

- ▶ 수동조종컨트롤러의 왼쪽 비행모드 스위치를 빠르게 ① 당겼다가 ② 으로 밀어 주면 수동비행모드로 전환된다. 이 때 오른쪽 스로틀 스틱이 아래로 향하면 곧바로 추락하게 되니 주의해야한다.
- ▶ 수동비행모드로 전환하기 전 항상 오른쪽 스로틀 스틱은 중앙으로 위치해야하며, 수동전환 시 호버링을 하며 유지된다.
- ▶ 오른쪽 스로틀 스틱을 중간이하로 내리면 드론은 천천히 하강한다. 스틱을 끝까지 내리게 된다면 드론의 모터는 꺼지게 되며, 곧바로 추락하게 된다.

[그림 2-54] 수동조종컨트롤러 수동모드전환



3. 수동비행

가. 수동조종 컨트롤러 사용방법

1) 수동조종컨트롤러 명칭 및 기능

- ▶ 수동비행은 비상시 또는 비행검사에 이용되며, 그 외의 비행 중 추락에 대한 책임은 사용자 본인에게 있다.

가) 수동조종컨트롤러 조작키 명칭

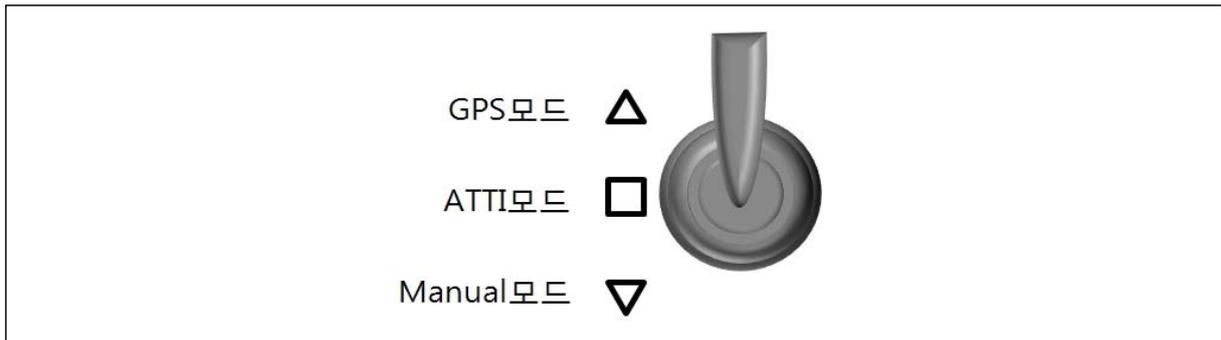
- ▶ 수동조종컨트롤러의 조작키의 명칭은 아래의 <그림 2-55>와 같다.

[그림 2-55] 수동조종컨트롤러 조작키 명칭



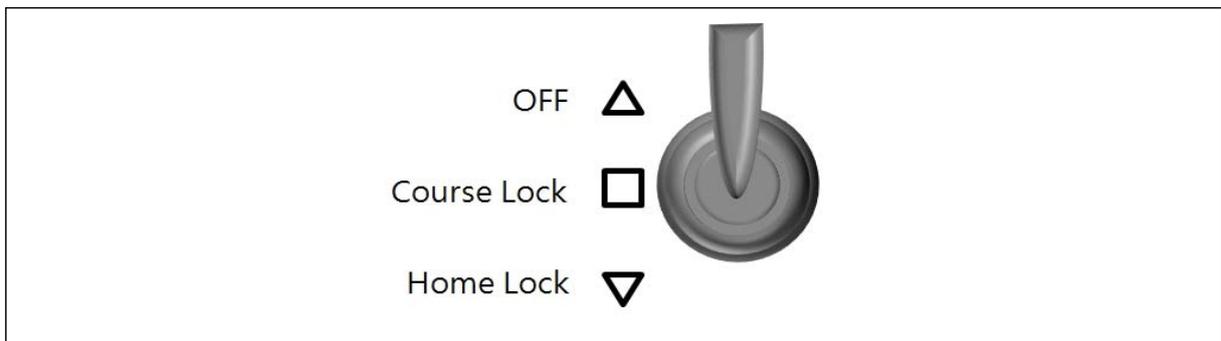
- ▶ 비행모드에는 GPS모드, ATTI모드, Manual모드가 있다.

[그림 2-56] 비행모드 스위치



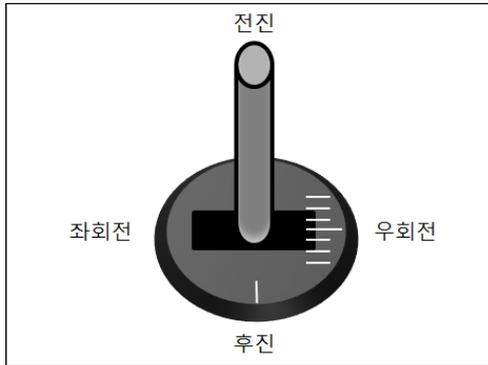
- ▶ 비행 컨트롤방향에는 OFF, Course Lock, Home Lock가 있다.

[그림 2-57] 비행 컨트롤방향

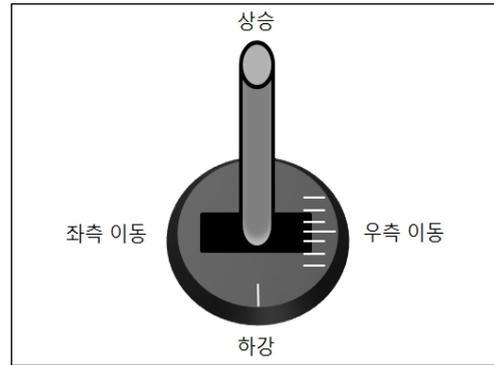


- ▶ 방향 조작키는 전진, 후진, 좌회전, 우회전이 있다.

[그림 2-58] 방향 조작키 스틱



[그림 2-59] 상승 및 회전 스틱



- ▶ 상승 및 회전에는 상승, 하강, 좌측이동, 우측이동이 있다.
- ▶ 상태 및 세팅 LCD창은 수동조종컨트롤러의 배터리전압이 표시되며, 수동조종컨트롤러의 세팅을 할 수 있다.
- ▶ 전원스위치는 수동조종컨트롤러를 켜고 끌 수 있다.

나) 수동조종컨트롤러 기능

- ▶ 비행모드는 GPS, ATTI, Manual모드로 구성되어있으며, 기본적으로 GPS모드를 이용하여 비행한다.
- ▶ GPS모드는 위성에서 수신되는 데이터로 드론의 위치 및 고도정보를 인지하게 되며 안정적인 비행을 할 수 있다.
- ▶ ATTI모드는 위치정보가 포함되어있지 않는 IMU정보만으로 비행을 실시하게 된다. 정확한 위치와 고도를 인지할 수 없으며, 비행에 어려움이 있다.
- ▶ Manual모드는 드론의 위치, 고도, IMU정보를 쓰지 않고 사용자가 방향 조작키 및 상승 및 회전 스틱을 이용하여 비행을 실시하게 된다. 비행 시 호버링이 어려워 추락등 사고가 발생할 수 있으며, 주의해야한다.
- ▶ 비행모드는 GPS, ATTI, Manual모드로 구성되어있으며, 기본적으로 GPS모드를 이용하여 비행한다.

2) 초경량드론 연결

가) 컨트롤러 전원 ON

- ▶ 컨트롤러의 중앙의 전원스위치를 위로 밀게 되면 전원이 켜진다.
- ▶ 전파간섭에 의한 오작동을 방지하게위해 드론의 전원을 켜기 전 컨트롤러의 전원을 켜야 한다.
- ▶ 컨트롤러의 전원이 연결된 상태로 드론의 전원을 켜게 되면 자동으로 연결이 완료된다.

나) 초경량 드론 연결

- ▶ 수동조종컨트롤러의 전원 스위치를 켜 후 드론의 전원을 켜게 되면, 자동으로 연결이 완료된다.
- ▶ 드론에 연결이 되지 않는 상태를 확인 하는 방법은 드론의 LED 표시가 녹색 빛으로 깜빡인다.
- ▶ 드론에 연결이 완료된 상태를 확인 하는 방법은 드론의 LED 표시가 보라색 빛으로 깜빡인다.
- ▶ 드론이 대기 중일 때 보라색 외로 다른 색으로 빛나게 되면 비행을 해서는 안되며, 비행준비완료 상태는 보라색으로 깜빡일 때이다.

[그림 2-60] 초경량 드론 비행 상태 LED

비행 상태 LED					
	Manual Mode	Atti.Mode	GPS Mode	IOC	Tx Signal Lost
GPS 위성 < 5개 미만	● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
GPS 위성 5개	● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
GPS 위성 6개	●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
고도 및 GPS상태 좋음		● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●

3) 모니터링용 모니터 확인

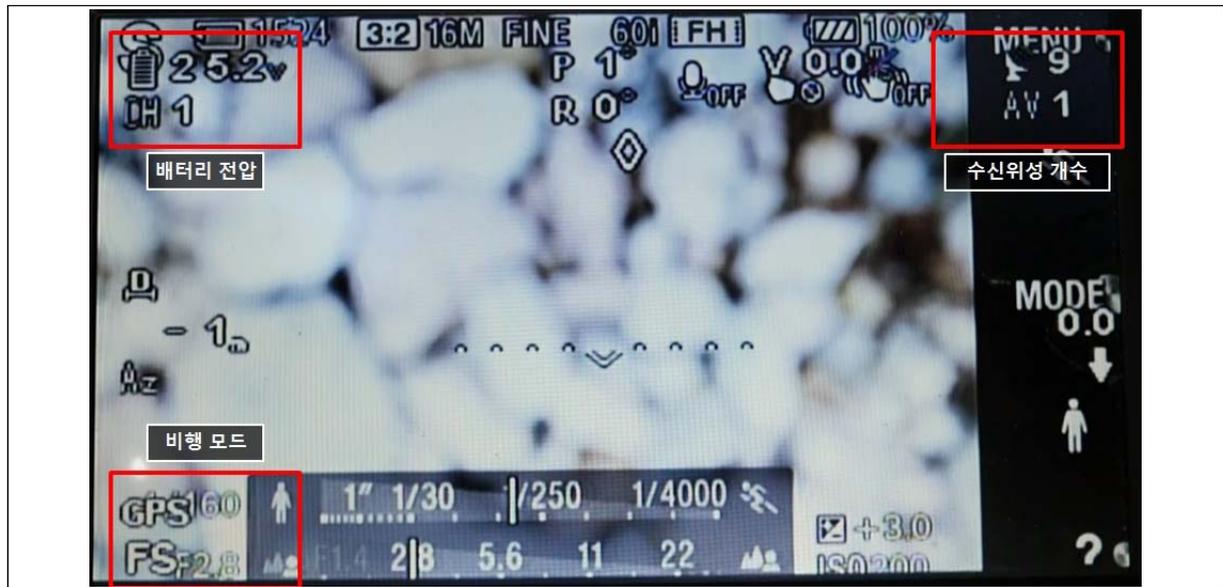
가) 모니터화면 확인

- ▶ 비디오화면이 정상적으로 수신되는지 확인한다.
- ▶ 정상적으로 기체가 비행하는지 모니터링 한다.
- ▶ 드론과 지상이 가까워지지 않는지 모니터링 한다.

나) 모니터에 표시된 드론정보 확인

- ▶ 자동비행과 같이 배터리의 상태, 비행모드, 수신위성의 개수를 확인한다.
- ▶ 배터리의 전압은 25V이상, 비행모드는 GPS ATTI모드, 수신위성의 개수는 7개 이상이다.
- ▶ 자동비행과 마찬가지로 모니터링용 모니터의 상태를 확인하여야한다.
- ▶ 배터리 상태, 비행모드, 수신위성의 개수를 확인한다.

[그림 2-61] 모니터화면 확인



4) 수동비행

가) 모터 시동

- ▶ 오른쪽과 왼쪽의 스틱을 왼쪽 아래방향으로 당기면 모터의 시동이 걸리며 비행을 할 수 있다.

[그림 2-62] 드론의 시동방법



- ▶ 오른쪽 스로틀 스틱의 방향이 하단에 위치할 경우 3초 이상 대기 후 시동이 꺼진다.
- ▶ 오른쪽의 스로틀 스틱을 5%상승 할 경우 이륙하지 않고 회전한다.

나) 이륙

- ▶ 이륙 장소는 하늘이 트인 곳, 주변에 고도장애물이 없는 곳으로 정한다.
- ▶ 드론의 이륙을 위해 오른쪽 스로틀 스틱을 50%이상으로 올려야한다.
- ▶ 드론의 이륙 중 바람 불게 되면 주변 고도장애물과 부딪힐 수 있으므로, 방향키를 조정하며 이륙한다.
- ▶ 지형과 장애물로 인하여 수신위성의 개수가 줄어들 수 있으므로, 수신위성의 개수가 7개 이하로 내려갈 경우 비행을 하지 않는다.
- ▶ 이륙 중 드론의 자세제어가 되지 않을 경우 즉시 착륙한다.

다) 착륙

- ▶ 드론의 착륙을 위해 오른쪽 스로틀 스틱을 50%이하로 내려주어야 착륙이 진행된다.
- ▶ 고도를 천천히 내려 정확한 이륙위치를 확보하였을 때 착륙을 시도한다.
- ▶ 드론의 착륙 중 바람이 불게 되면 주변 고도장애물과 부딪힐 수 있으므로, 방향키를 조정하며 착륙한다.
- ▶ 착륙 중 주변의 고도장애물 및 전파방해 요소로 인하여 GPS수신위성의 수가 7개 미만으로 수신율이 저하가 될 수 있으므로 주의하며 착륙한다.

제 3 절 데이터 추출 및 영상처리

1. 데이터 추출

가. GPS데이터 추출

1) 데이터 추출

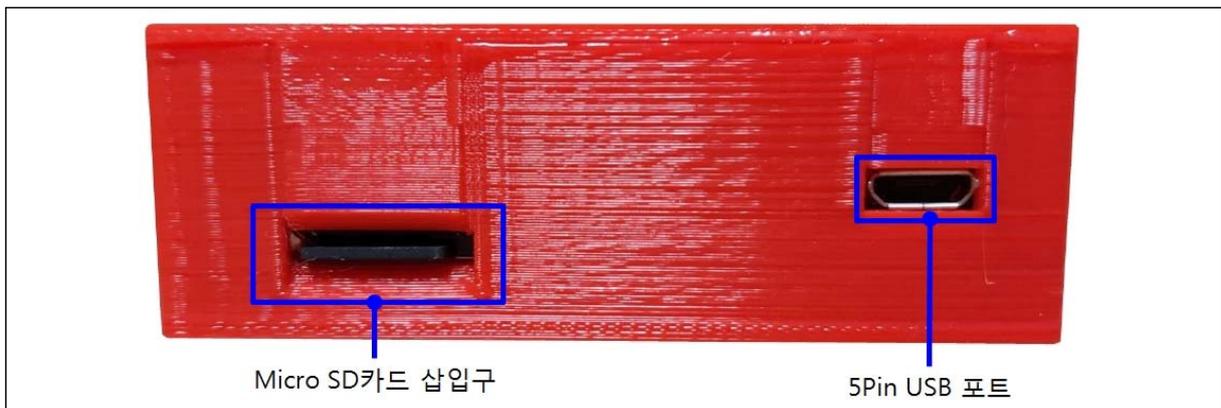
가) 베이스 GPS 데이터

- ▶ 영상처리를 실시하기 위한 베이스 GPS데이터를 추출한다.
- ▶ 베이스의 데이터와 로버의 데이터의 타임 싱크를 맞춰 정확한 데이터를 추출하기 위함이다.

① 베이스 Micro SD카드 분리

- ▶ 베이스 컨트롤러에 장착된 Micro SD카드를 분리한다.
- ▶ 전원이 연결된 상태로 MicroSD카드를 분리하게 되면 카드 내부의 데이터가 손상될 수 있으므로, 전원이 분리된 상태를 확인 후 SD카드를 분리한다.
- ▶ 분리방법은 Micro SD카드 삽입구의 SD카드를 밀면 Micro SD카드 분리된다.
- ▶ 베이스의 SD카드 이름은 B로 되어있다.

[그림 3-1] 베이스 컨트롤러 SD카드 분리



② 카드리더기 연결

- ▶ 카드리더기에 B Micro SD를 삽입한다.
- ▶ 카드리더기의 USB케이블을 PC에 연결한다.
- ▶ PC에 자동으로 인식된 Micro SD카드는 포맷하라는 문구가 표시된다.
- ▶ 절대로 포맷을 하여서는 안되며, 해당 파일은 전용프로그램을 이용하여 추출하여야 한다.

[그림 3-2] 카드리더기 연결



③ Topcon Link을 이용하여 추출

- ▶ 베이스 Micro SD카드의 데이터를 추출하기 위하여 Tocon Link프로그램을 실행한다.

[그림 3-3] Tocon Link 실행



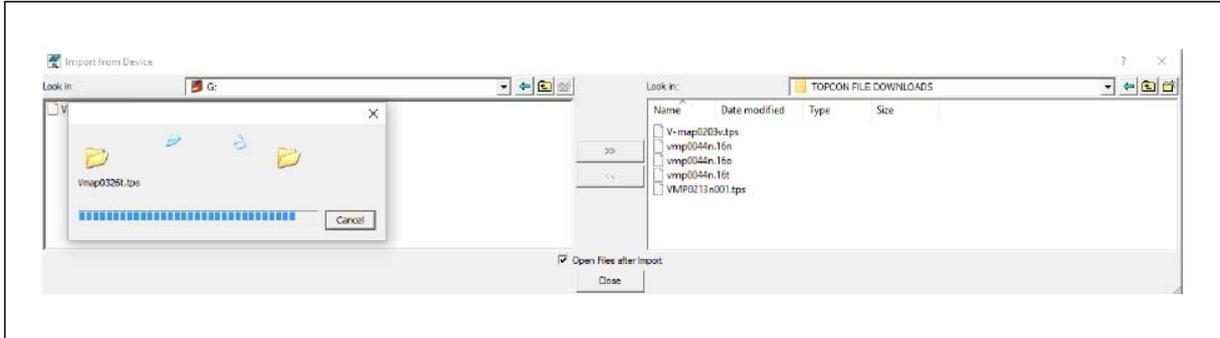
㉔ 장치 불러오기

- ▶ Topcon Link의 상단메뉴인 File -> Import from Device를 클릭한다.
- ▶ Import From Device창이 실행되면 Look in을 Tocon Memory Card로 선택한다.
- ▶ 해당 표시된 드라이브를 클릭하면 ‘Mounting... ‘이라는 문구가 표시되고 데이터를 확인할 수 있게 된다.

㉞ 데이터 복사

- ▶ Micro SD 확인된 데이터를 복사한다.
- ▶ ‘파일명.tps’의 파일을 선택 후 ‘>>’ 표시의 아이콘을 클릭한다.

[그림 3-4] Tocon Link 실행

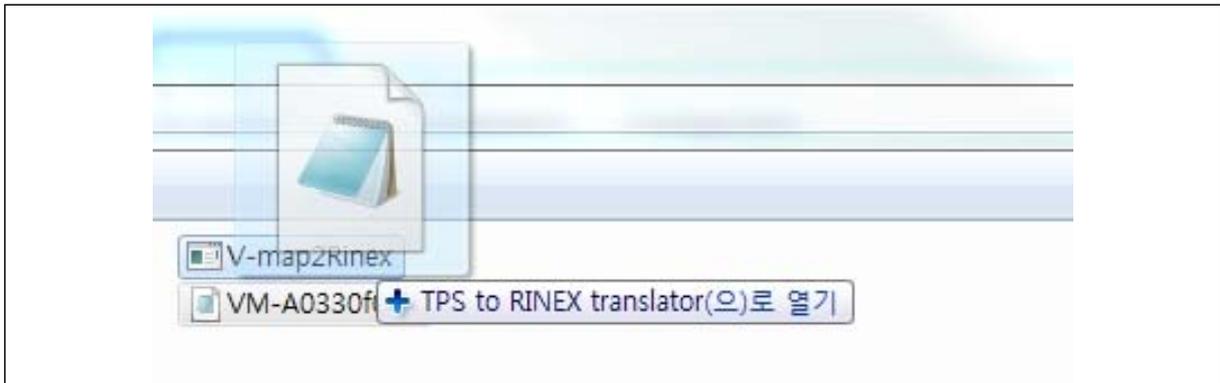


- ▶ 해당 파일이 PC로 복사되며, 제대로 복사됐는지 확인한다.

㉞ 데이터 변환

- ▶ 해당 ‘파일명.tps’를 변환한다.
- ▶ 파일변환은 ‘V-map2Rinex.exe’를 이용한다.
- ▶ 추출된 ‘파일명.tps’ 클릭 후 드래그하여 ‘V-map2Rinex.exe’ TPS To RINEX Translator(으)로 열기를 실행한다.

[그림 3-5] ‘파일명.tps’ 파일변환



㉞ RINEX파일 생성

- ▶ ‘파일명.tps’를 변환하면 ‘파일명.16g’, ‘파일명.16n’, ‘파일명.16o’가 생성된다. 해당 파일을 가지고 GPS 위치정보를 추출할 수 있다.

나) 로버 GPS 데이터

- ▶ 영상처리를 위한 사진위치의 로버 GPS데이터를 추출한다.

① 로버 Micro SD카드 분리

- ▶ 로버의 SD카드 이름은 A로 되어있다.
- ▶ 로버 컨트롤러에 장착된 Micro SD카드를 분리한다.
- ▶ 분리방법은 Micro SD카드 삽입구를 밀면 Micro SD카드 분리된다.

[그림 3-6] 베이스 컨트롤러 SD카드 분리



② 카드리더기 연결

- ▶ 카드리더기에 A Micro SD를 삽입한다.
- ▶ 카드리더기의 USB케이블을 PC에 연결한다.
- ▶ PC에 자동으로 인식된 Micro SD카드는 포맷하라는 문구가 표시된다.
- ▶ 절대로 포맷을 하여서는 안되며, 해당 파일은 전용프로그램을 이용하여 추출하여야 한다.

[그림 3-7] 카드리더기 연결



③ Topcon Link을 이용하여 추출

- ▶ Micro SD카드의 데이터를 추출하기 위하여 Tocon Link프로그램을 실행한다.

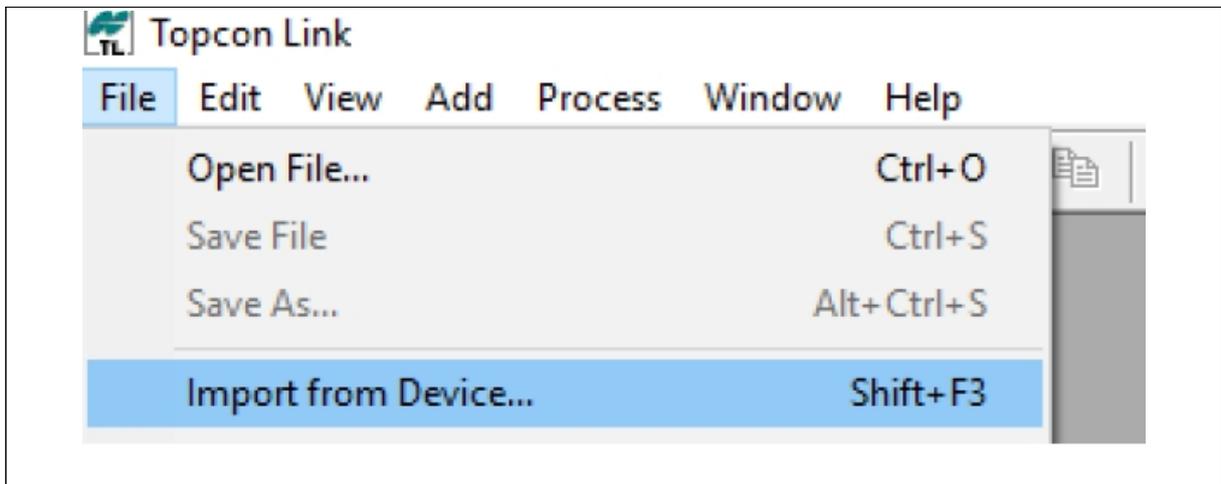
[그림 3-8] Tocon Link 실행



㉔ 장치 불러오기

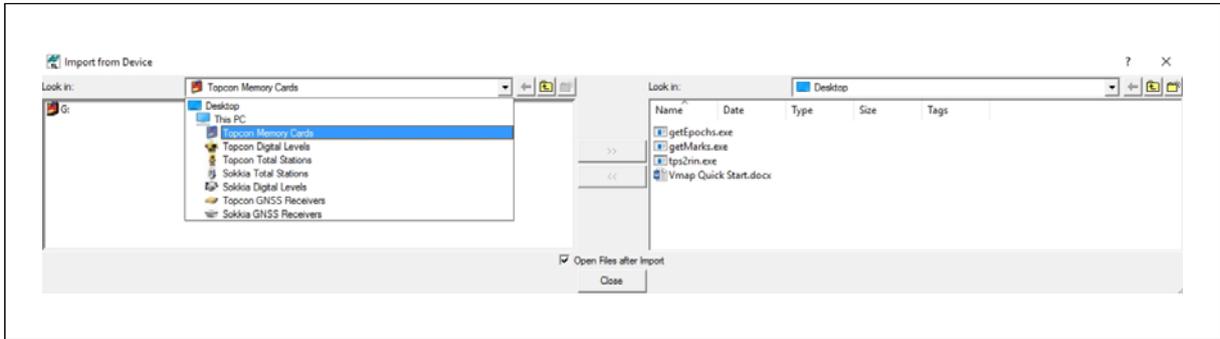
- ▶ Topcon Link의 상단메뉴인 File -> Import from Device를 클릭한다.

[그림 3-9] 장치 불러오기



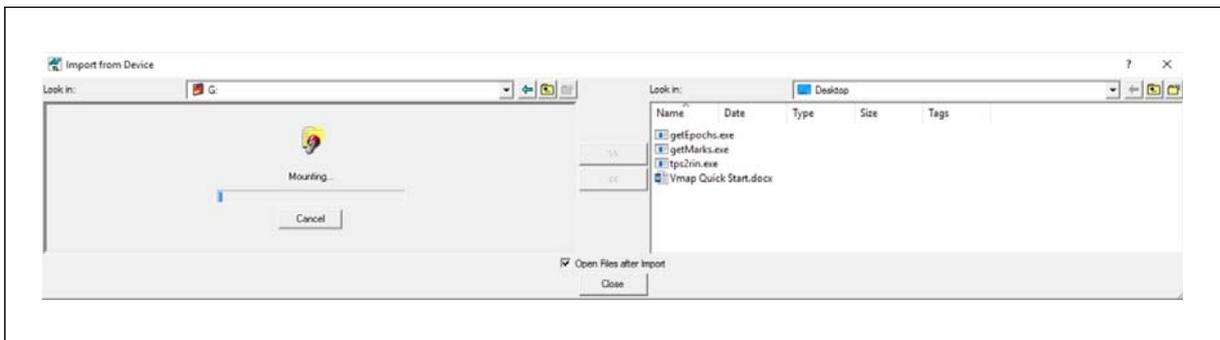
- ▶ Import From Device창이 실행되면 Look in을 Tocon Memory Card로 선택한다.

[그림 3-10] 드라이브 선택



- ▶ 해당 표시된 드라이브를 클릭하면 ‘Mounting...’이라는 문구가 표시되고 데이터를 확인할 수 있게 된다.

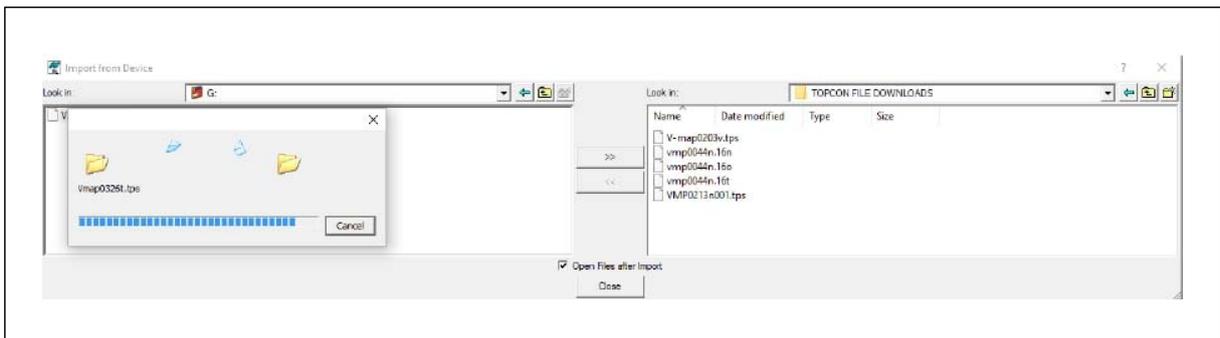
[그림 3-11] 드라이브 마운팅



㉔ 데이터 복사

- ▶ Micro SD 확인된 데이터를 복사한다.
- ▶ ‘파일명.tps’의 파일을 선택 후 ‘>>’ 표시의 아이콘을 클릭한다.

[그림 3-12] tps파일 복사



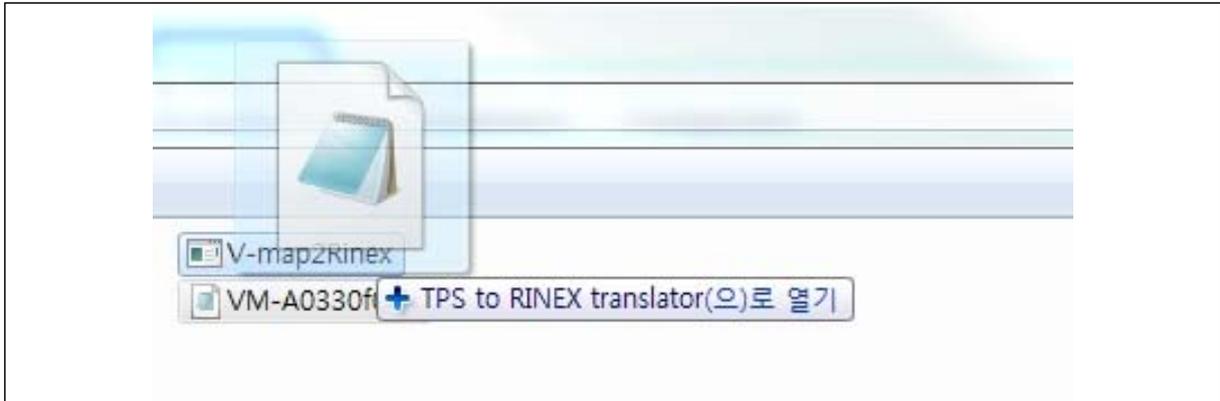
- ▶ 해당 파일이 PC로 복사되며, 제대로 복사됐는지 확인한다.

㉔ 데이터 변환

- ▶ 해당 ‘파일명.tps’를 변환한다.
- ▶ 파일변환은 ‘V-map2Rinex.exe’를 이용한다.

- ▶ 추출된 ‘파일명.tps’ 클릭 후 드래그하여 ‘V-map2Rinex.exe’ TPS To RINEX translator(으)로 열기를 실행한다.

[그림 3-13] ‘파일명.tps’ 파일변환



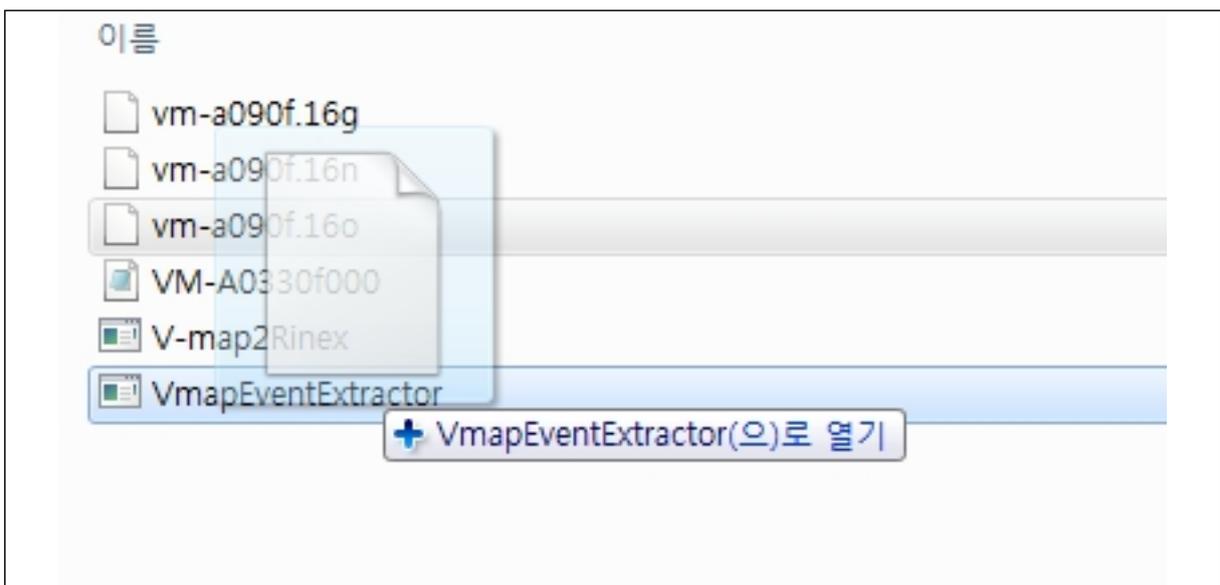
㉔ RINEX파일 생성

- ▶ ‘파일명.tps’ 를 변환하면 ‘파일명.16g’, ‘파일명.16n’, ‘파일명.16o’ 가 생성된다. 이 해당 파일을 가지고 GPS 위치정보를 추출할 수 있다.

㉕ EVENT파일 변환

- ▶ 생성된 ‘파일명.16o’ 를 이용하여 ‘파일명.16t’ 를 생성할 수 있다.
- ▶ 파일의 생성은 ‘VmapEventExtractor.exe’ 를 이용한다.
- ▶ 추출된 ‘파일명.16o’ 클릭 후 드래그하여 ‘VmapEventExtractor.exe’ VmapEventExtractor(으)로 열기를 실행한다.

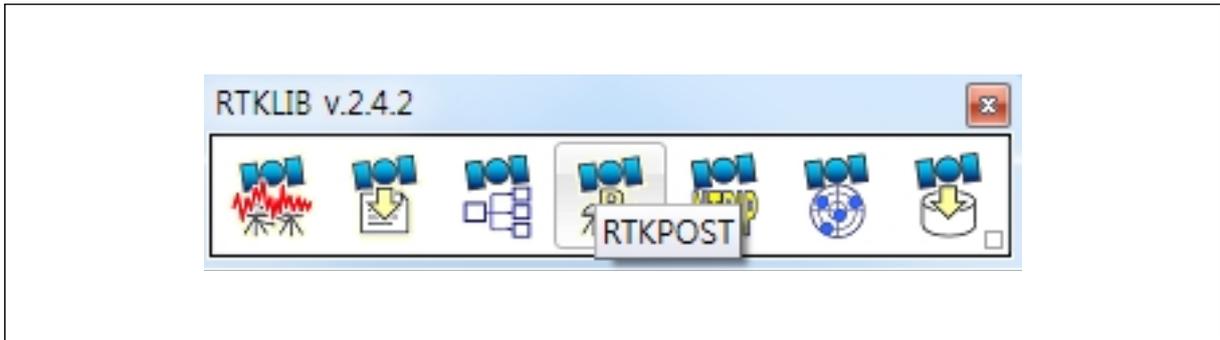
[그림 3-14] ‘파일명.tps’ 파일변환



㉞ Trajectory 파일 정리

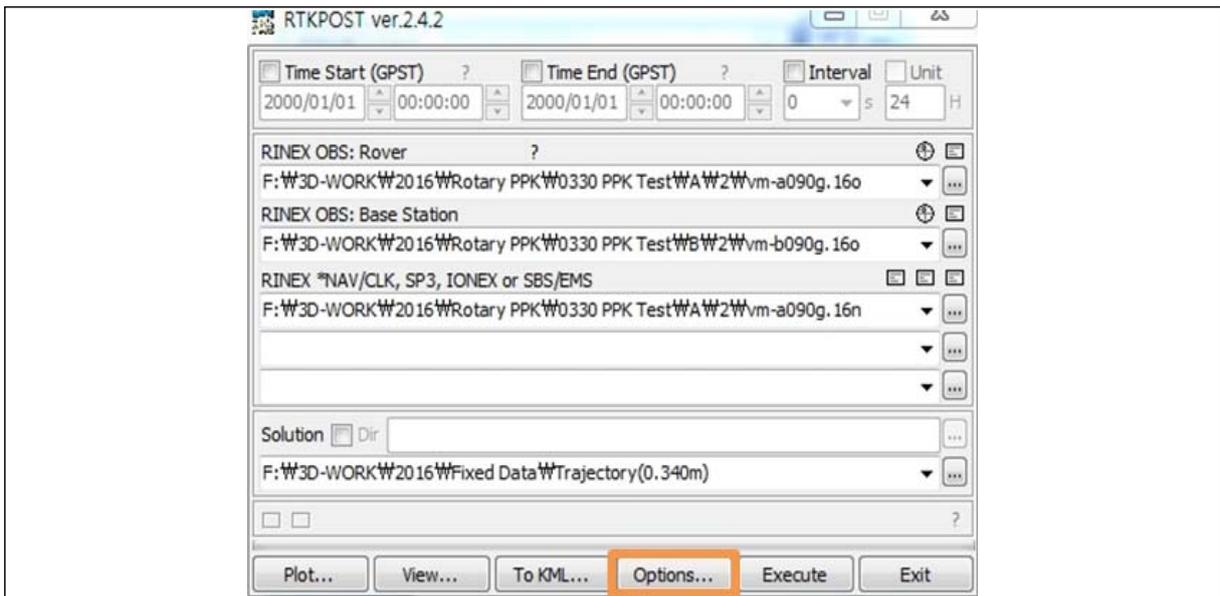
- ▶ ‘RTK LIB’ 프로그램을 이용하여 Trajectory파일을 생성한다.
- ▶ RTK LIB폴더 -> bin폴더 -> ‘rtklaunch.exe’ 를 실행한다.
- ▶ ‘RTK LIB’ 프로그램의 ‘RTKPOST.exe’ 를 클릭하여 실행한다.

[그림 3-15] RTKPOST 실행



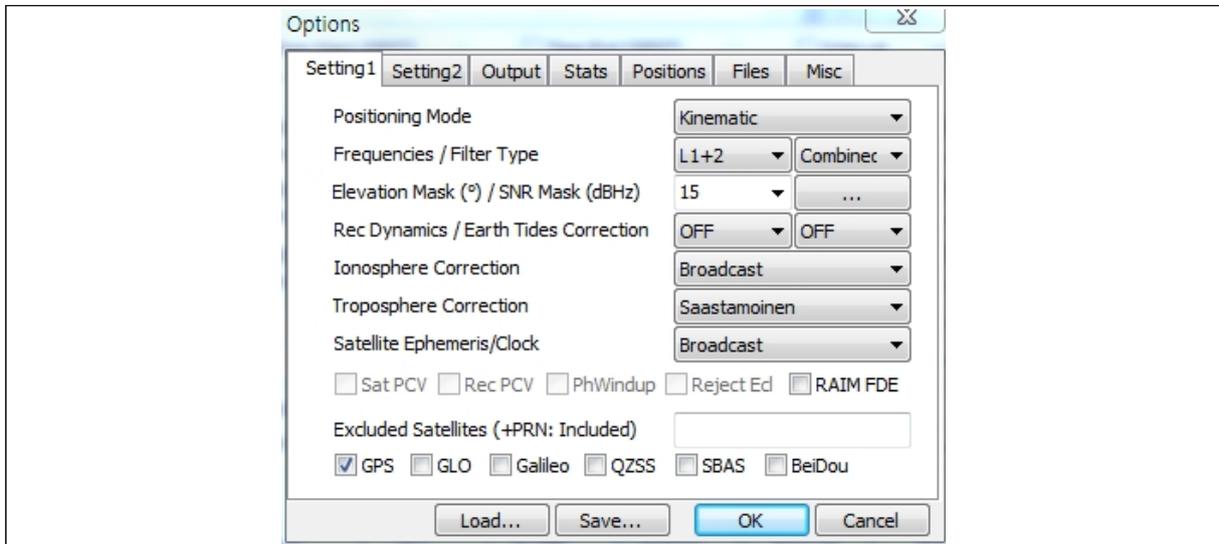
- ▶ RTKPOST실행 후 ‘Option’ 을 클릭한다.

[그림 3-16] RTKPOST Option진입



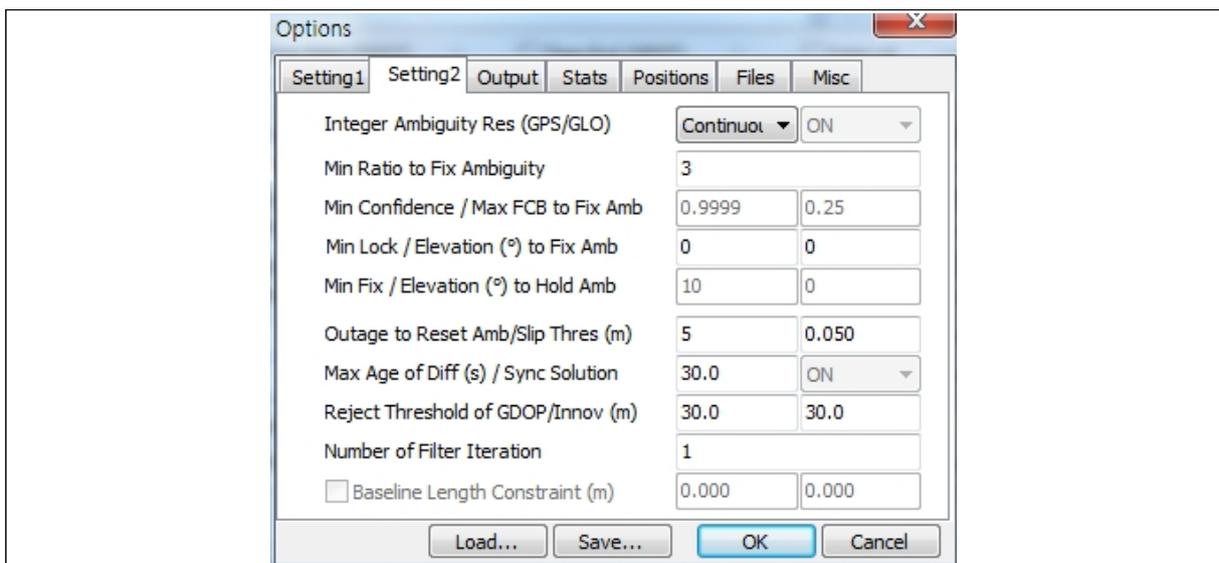
- ▶ RTKPOST실행 후 ‘Option’ 을 클릭한다.

[그림 3-17] Setting1 설정



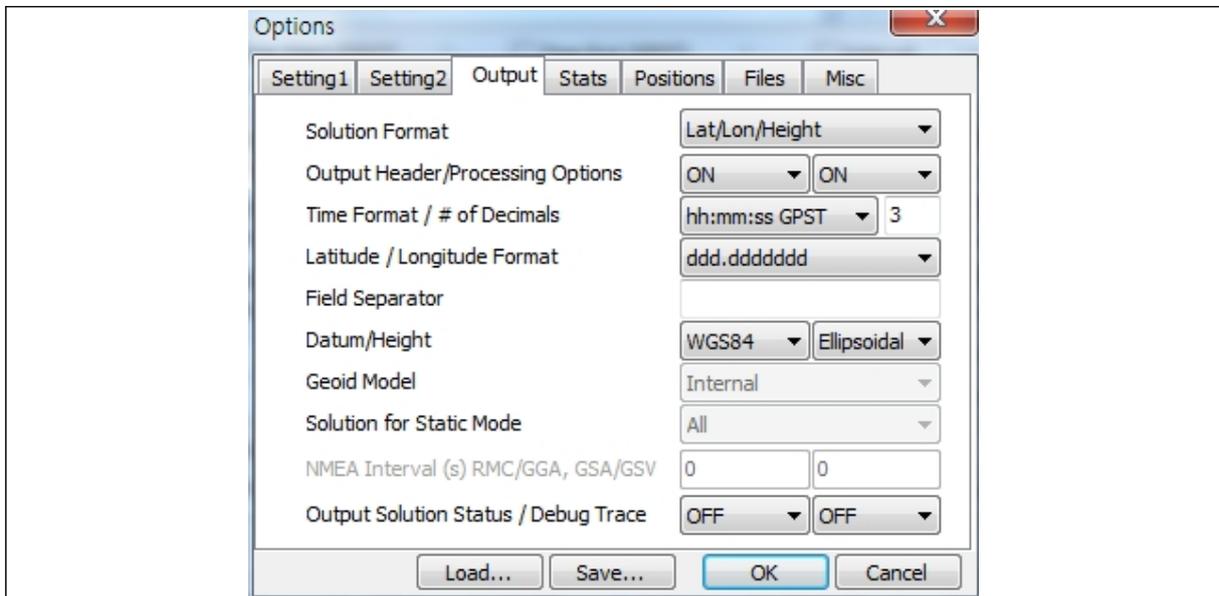
- ▶ Positioning Mode - Kinematic
- ▶ Frequencies / Fiter Type - L1+2, Combined
- ▶ Elevation mask(°) / SNR Mask(dBHz) - 15
- ▶ Rec Dynamics / Earth Tides Correction - OFF
- ▶ Ionosphere Correction - Broadcast
- ▶ Troposphere Correction - Saastamoinen
- ▶ Satellite Ephemeris/clock - Broadcast
- ▶ Excluded Satellites (+PRN : Included) - GPS

[그림 3-18] Setting2 설정



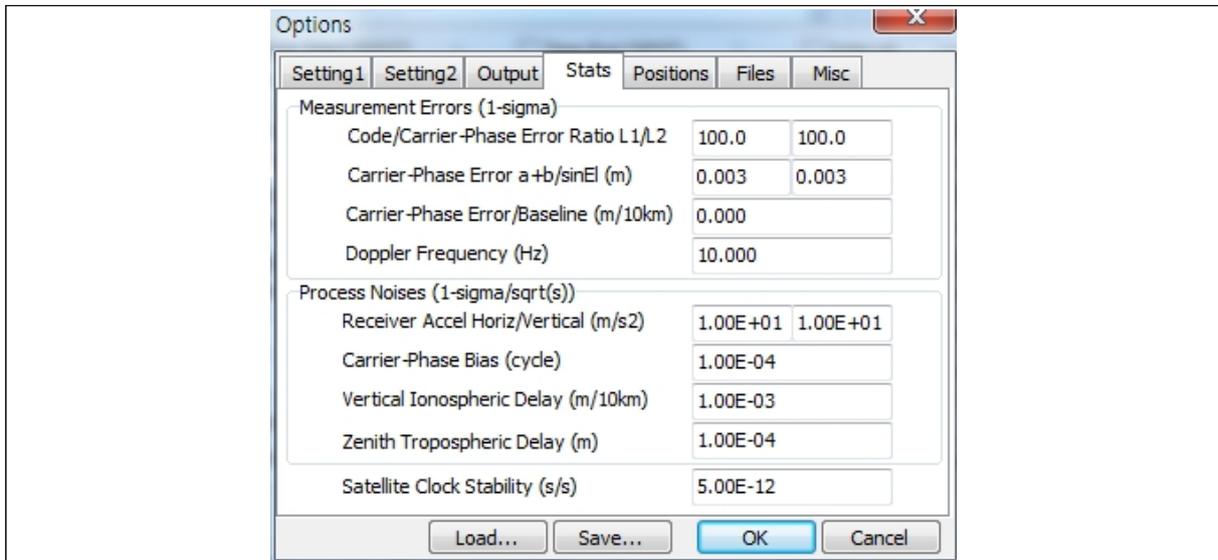
- ▶ Integer Ambiguity Res (GPS/GLO) - Continuous
- ▶ Min Ratio to Fix Ambiguity - 3
- ▶ Min Confidence / Max FCB to Fix Amb - 비활성
- ▶ Min Lock / Elevation(°) to Fix Amb - 0, 0
- ▶ Min Lock / Elevation(°) to Hold Amb - 비활성
- ▶ Outage to Reset Amb / Slip Thres (m) - 5, 0.050
- ▶ Max Age of Diff (s) / Sync Solution - 30.0, 비활성
- ▶ Reject Threshold of GDOP / Innov (m) - 30.0, 30.0
- ▶ Number of Filter Iteration - 1

[그림 3-19] Output 설정



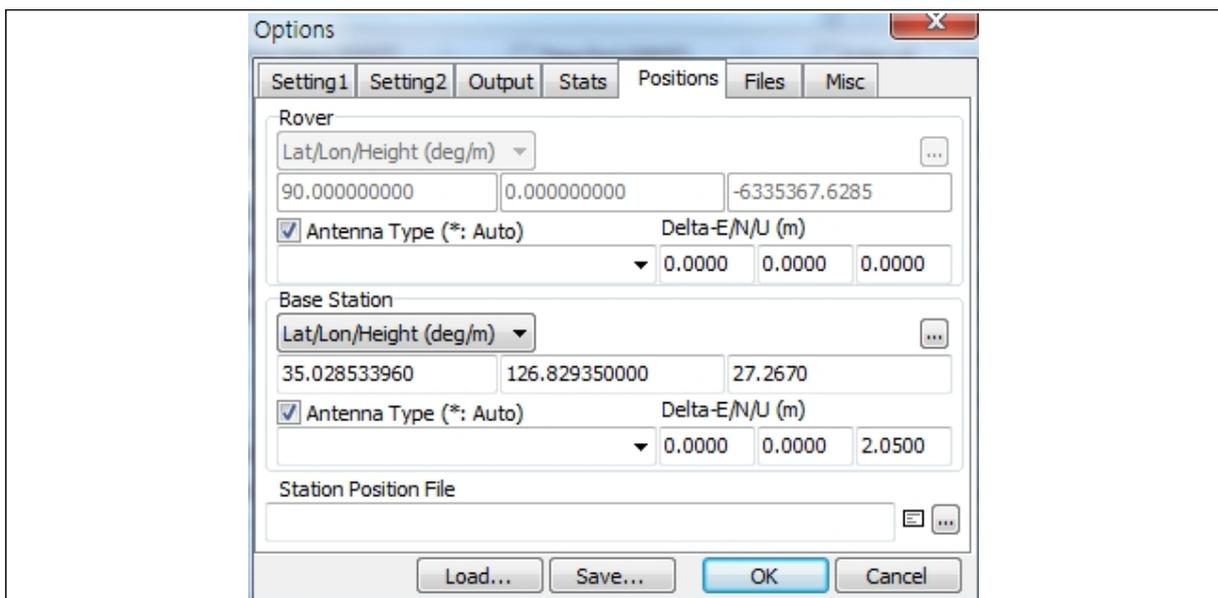
- ▶ Solution Format - Lat/Lon/Height
- ▶ Output Header / Processing Option - ON, ON
- ▶ Time Format / # of Decimals - hh:mm:ss GPST, 3
- ▶ Latitude / Longitude Format - ddd.ddddddd
- ▶ Field Separator - 없음
- ▶ Datum / Height - WGS84, Ellipsoidal
- ▶ Geoid Model - 비활성
- ▶ NMEA Interval (s) RMC / GGA, GSA/GSV - 비활성
- ▶ Output Solution Status / Debug Trace - OFF, OFF

[그림 3-20] Stats 설정



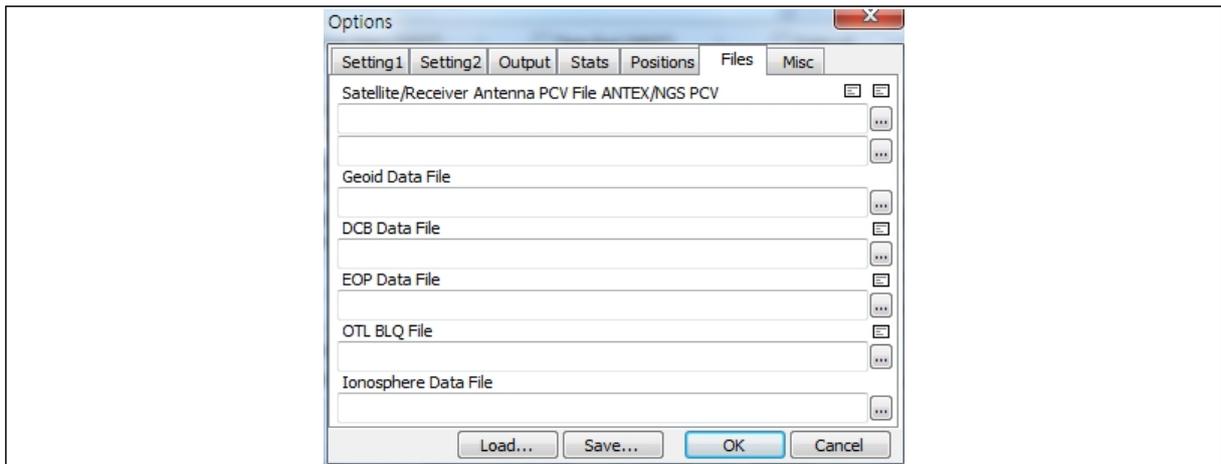
- ▶ Code / Carrier - Phase Error Ratio L1/L2 - 100.0, 100.0
- ▶ Carrier-Phase Error a+b/sinEl (m) - 0.003, 0.003
- ▶ Carrier-Phase Error a+b/Baseline (m/10km) - 0.000
- ▶ Doppler Frequency (Hz) - 10.000
- ▶ Receiver Accel Horiz / Vertical (m/s²) - 1.00E+01, 1.00E+01
- ▶ Carrier-Phase Bias (cycle) - 1.00E-04
- ▶ Vertical Ionospheric Delay (m/10km) - 1.00E-03
- ▶ Zenith Tropospheric Delay (m) - 1.00E-04
- ▶ Satellite Clock Stability (s/s) - 5.00E-12

[그림 3-21] positions 설정



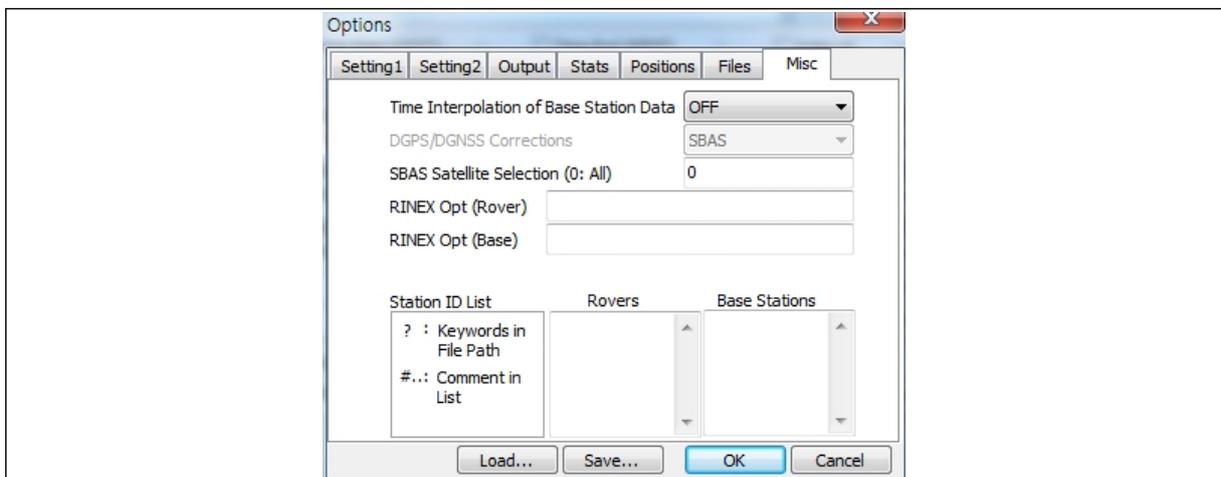
- ▶ Rover - 비활성
- ▶ Antenna Type (*:Auto) - 체크
- ▶ Delta-E/N/U (m) - (E, N) 없음, (U) 0.3400
- ▶ Base Station - lat/Lon/Height (deg/m) - 기준점의 좌표 및 고도입력
- ▶ Antenna Type (*:Auto) - 체크
- ▶ Delta-E/N/U (m) - (E, N) 없음, (U) 2.0500
- ▶ Station position File - 없음

[그림 3-22] Files 설정



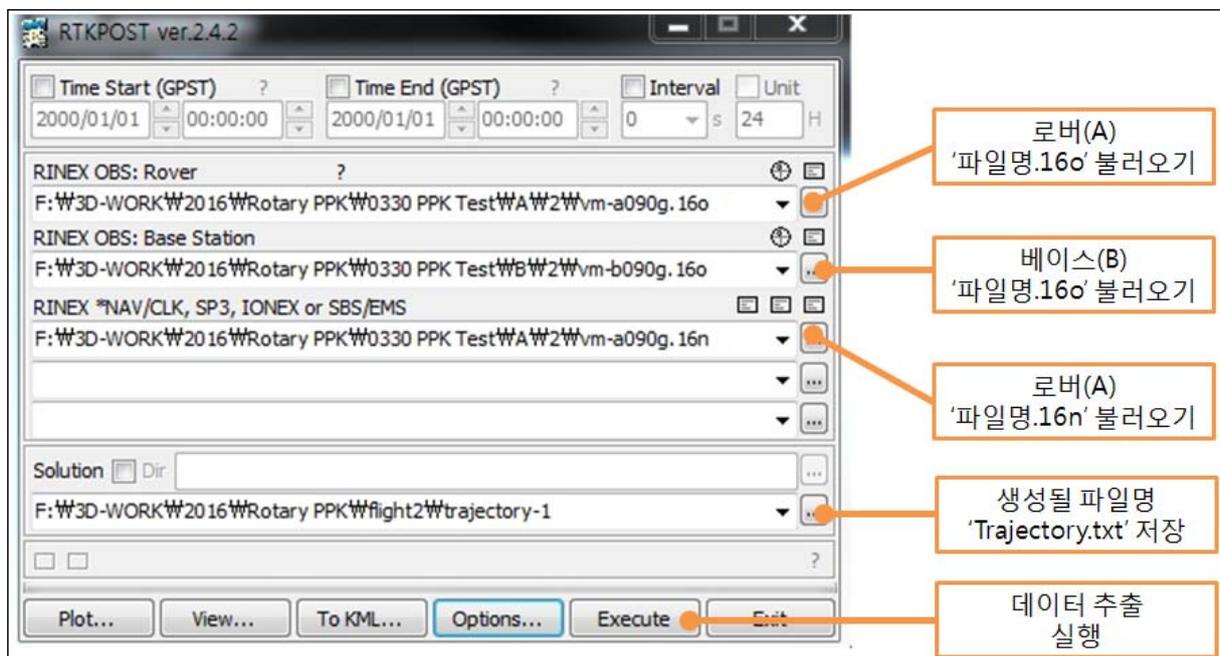
- ▶ Satellite / Receiver Antenna PCV File ANTEX / NGS PCV - 없음
- ▶ Geoid DATA File - 없음
- ▶ DCB Data File - 없음
- ▶ EOP Data File - 없음
- ▶ OTL BLQ File - 없음
- ▶ Ionosphere Data File - 없음

[그림 3-23] Misc 설정



- ▶ Time Interpolation of Base Station Data - OFF
- ▶ DGPS / DGNSS Corrections - 비활성
- ▶ SBAS Satellite Selection (0:ALL) - 0
- ▶ RINEX Opt (Rover) - 없음
- ▶ RINEX Opt (Base) - 없음
- ▶ 설정이 완료되었으면 OK를 클릭한다.
- ▶ RTKPOST메인창에서 RINEX파일을 불러온다.
- ▶ RINEX OBS : Rover - 로버(A) '파일명.16o' 불러오기
- ▶ RINEX OBS : Base Station - 베이스(B) '파일명.16o' 불러오기
- ▶ RINEX *NAV/CLK, SP3, IONEX or SBS/EMS - 로버(A) '파일명.16n' 불러오기
- ▶ 파일명은 'Trajectory.txt' 로 지정한다.
- ▶ 'Execute' 를 클릭하면 데이터 추출이 실행된다.
- ▶ 추출된 파일명은 'Trajectory.txt.pos' 로 저장된다.

[그림 3-24] Misc 설정



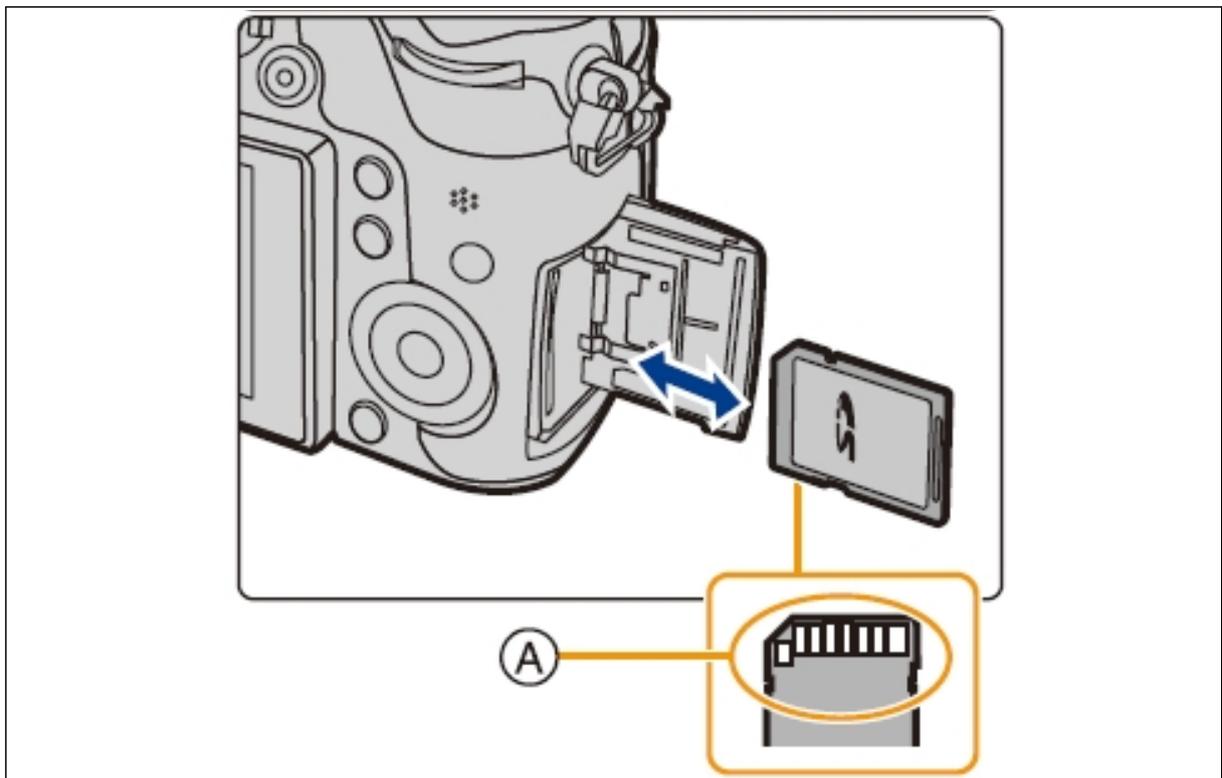
나. 영상데이터 및 드론자세정보데이터 추출

1) 영상데이터 추출

가) 카메라 SD카드 분리

- ▶ 카메라의 영상데이터를 추출하기 위하여 카메라에 삽입되어있는 SD카드를 분리한다.
- ▶ 카메라의 SD카드 도어를 밀어서 연다.
- ▶ SD카드를 밀게 되면 SD카드가 분리된다.

[그림 3-25] SD카드 분리



나) 영상데이터 복사

- ▶ 분리된 SD카드를 카드리더기에 삽입한다.
- ▶ 카드리더기를 PC와 연결하여 인식된 SD카드 내부의 사진 데이터를 복사한다.
- ▶ 폴더의 이름은 'Photo' 또는 해당 사진촬영 날짜로 지정한다.

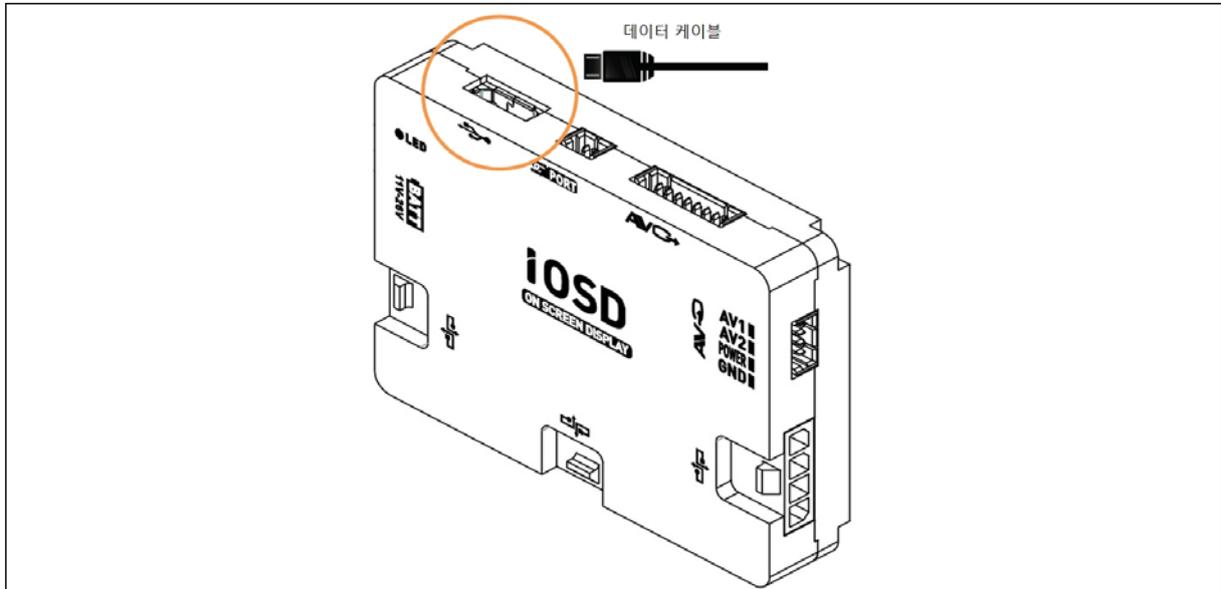
다) 드론 로그데이터 추출

- ▶ 드론의 자세정보 및 비행정보를 추출한다.
- ▶ 자세정보 및 비행정보를 추출하기 위해 'IOSD Assistant' 프로그램을 이용한다.

㉗ USB 데이터 케이블 연결

- ▶ 드론에 장착된 비행정보표시장치에 USB 데이터 케이블을 연결한다.
- ▶ 연결 후 드론조종PC에 USB를 연결한다.

[그림 3-26] IOSD 연결



㉘ IOSD Assistant 실행 및 복사

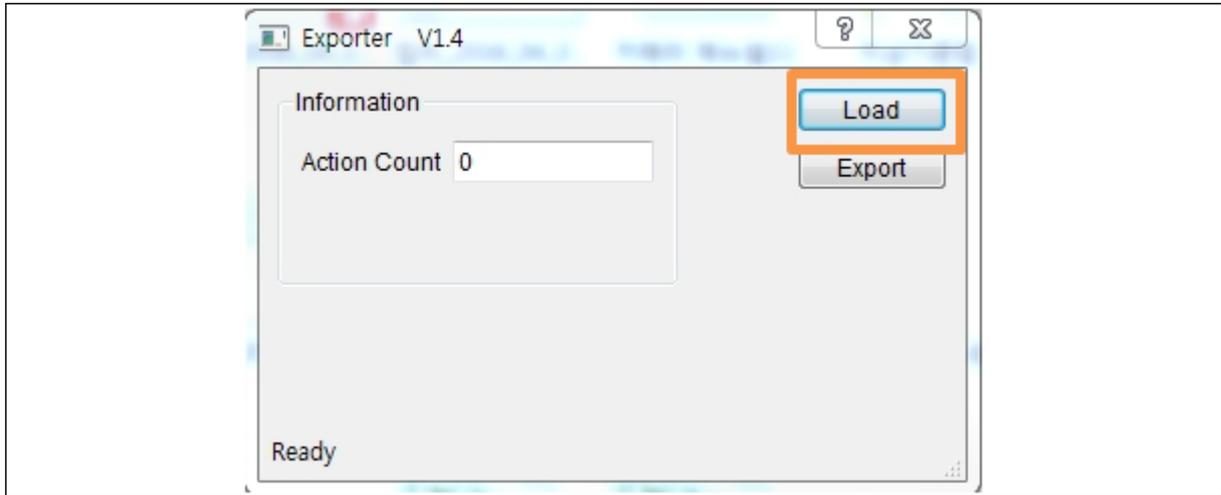
- ▶ 드론조종PC의 IOSD Assistant를 실행한다.
- ▶ 탭의 ‘Data View’ 를 클릭한다.
- ▶ ‘Data View’ 아이콘을 클릭하면 자동으로 이동식저장소가 활성화되며, 해당 비행한 드론 로그데이터를 추출 할 수있다.
- ▶ 자동으로 이동식저장소가 활성화되며, 해당 비행한 드론 로그데이터를 추출 할 수 있다.
- ▶ 드론로그데이터의 파일명은 ‘Fly00.dat’ 이다.
- ▶ 드론로그데이터는 배터리가 연결된 후부터 생성이 되며, 시간이 표시되어있지 않아 사용자가 비행순서를 기록해두었다가 복사를 실시해야 한다.
- ▶ 데이터 복사 중 드론의 전원을 분리하게 되면 데이터의 손실이 생기므로 주의해야한다.

㉙ GPS Export를 이용하여 데이터변환

- ▶ 드론로그데이터 ‘Fly00.dat’ 를 ‘GPS Export’ 프로그램을 이용하여 파일을 텍스트로 변환한다.
- ▶ ‘GPS Export’ 프로그램을 실행 후 Load를 클릭한다. 해당 ‘Fly00.dat’ 를 로드한다.

- ▶ 로드 후 Action Count에는 사진매수와 동일하게 드론로그의개수가 표시되며, 해당 촬영한 사진매수와 동일한지 확인 후 Export를 클릭하여 데이터를 추출한다.

[그림 3-27] GPS Exporter 데이터 불러오기



- ㉔ GPS Export를 이용하여 데이터변환
 - ▶ 드론로그데이터 ‘Fly00.dat’ 를 ‘GPS Export’ 프로그램을 이용하여 파일을 텍스트로 변환한다.
 - ▶ ‘GPS Export’ 프로그램을 실행 후 Load를 클릭한다. 이용하여 파일을 텍스트로 변환한다.

다. GPS데이터 정리

1) GPS데이터 파일 정리

가) EVENT파일 정리

- ▶ EVENT파일은 영상을 취득한 시간을 기록하고 있으며, 영상이 기록된 위치의 타임싱크를 맞추기 위한 파일이다.

① EVENT파일 불러오기

- ▶ A의 로버데이터에서 생성된 ‘파일명.16t’ 는 EVENT파일이다.
- ▶ ‘파일명.16t’ 를 Excel또는 메모장을 이용하여 파일을 정리한다.

[그림 3-28] '파일명.16t' 파일정리

	A	B	C	D	E	F
1	1	282418.3	0	2016 03 30	06:26:58.268433	
2	2	282425.1	6.858641	2016 03 30	06:27:05.127074	
3	3	282429.6	4.492701	2016 03 30	06:27:09.619776	
4	4	282433.9	4.237576	2016 03 30	06:27:13.857352	
5	5	282438.4	4.504491	2016 03 30	06:27:18.361842	
6	6	282442.6	4.254286	2016 03 30	06:27:22.616128	
7	7	282447.1	4.504515	2016 03 30	06:27:27.120643	
8	8	282451.6	4.48781	2016 03 30	06:27:31.608454	
9	9	282455.9	4.265975	2016 03 30	06:27:35.874428	
10	10	282460.5	12.81184	2016 03 30	06:27:40.487067	
11	11	282470.4	1.885235	2016 03 30	06:27:50.372302	
12	12	282475.4	4.988444	2016 03 30	06:27:55.360746	
13	13	282480.4	4.993205	2016 03 30	06:28:00.353951	
14	14	282485.4	5.009501	2016 03 30	06:28:05.398962	
15	15	282490.1	4.754764	2016 03 30	06:28:10.113725	
16	16	282494.6	4.504499	2016 03 30	06:28:14.618224	
17	17	282499.4	4.749792	2016 03 30	06:28:19.368015	
18	18	282504.1	4.738178	2016 03 30	06:28:24.106194	
19	19	282517.3	13.19651	2016 03 30	06:28:37.302699	
20	20	282519.9	2.569201	2016 03 30	06:28:39.871900	
21	21	282525.1	5.24355	2016 03 30	06:28:45.115450	
22	22	282530.1	5.016722	2016 03 30	06:28:50.132172	
23	23	282535.1	5.009505	2016 03 30	06:28:55.137222	
24	24	282539.9	4.726376	2016 03 30	06:29:00.136402	
25	25	282544.9	5.000023	2016 03 30	06:29:04.863621	
26	26	282549.5	4.759731	2016 03 30	06:29:09.623352	
27	27	282554.4	4.749791	2016 03 30	06:29:14.373143	
28	28	282567.3	12.89631	2016 03 30	06:29:27.269449	
29	29	282569.4	2.102053	2016 03 30	06:29:29.371501	
30	30	282574.1	4.743403	2016 03 30	06:29:34.114904	
31	31	282574.6	0.517009	2016 03 30	06:29:34.631913	
32	32	282579.1	4.487827	2016 03 30	06:29:39.119741	
33	33	282579.6	0.528865	2016 03 30	06:29:39.648606	
34	34	282583.9	4.209198	2016 03 30	06:29:43.857804	
35	35	282588.9	5.009501	2016 03 30	06:29:48.862805	
36	36	282593.6	4.76647	2016 03 30	06:29:53.629275	

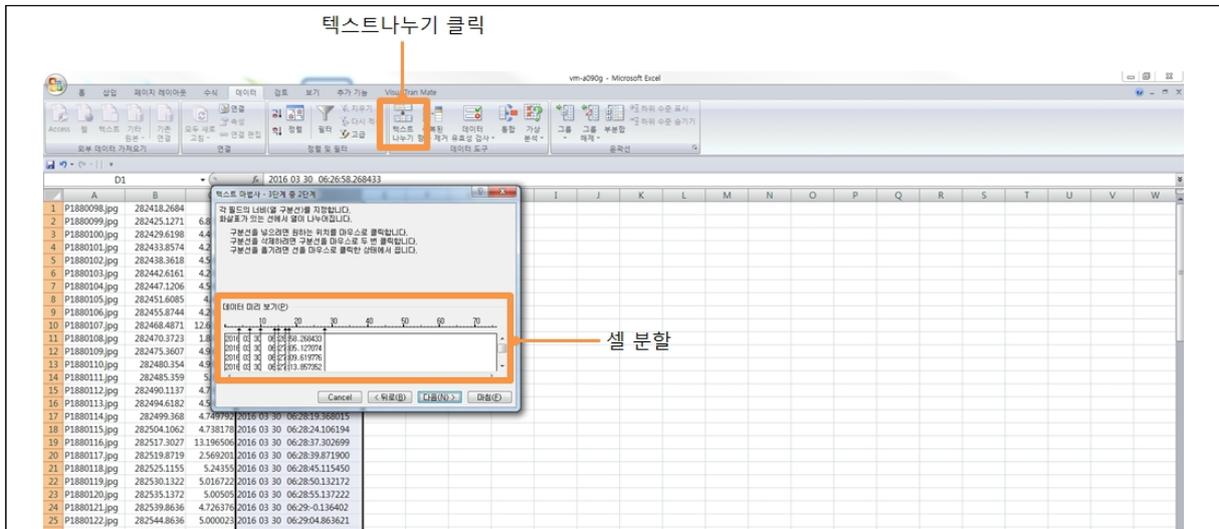
② EVENT파일 사진파일명 입력

- ▶ 해당 '파일명.16t'의 순서대로 사진이름을 입력한다.
- ▶ 파일명은 '사진번호.jpg'로 입력 후 엑셀의 채우기 핸들기능을 이용하여 순서대로 나열한다.

[그림 3-29] EVENT파일 사진이름 입력

	A	B	C	D	E	F
1	P1880008.jpg	282418.2684	0	2016 03 30	06:26:58.268433	
2	P1880009.jpg	282425.1271	6.858641	2016 03 30	06:27:05.127074	
3	P1880101.jpg	282429.6186	4.492701	2016 03 30	06:27:09.619776	
4	P1880101.jpg	282433.8574	4.237576	2016 03 30	06:27:13.857352	
5	P1880102.jpg	282438.3618	4.504491	2016 03 30	06:27:18.361842	
6	P1880103.jpg	282442.6161	4.254286	2016 03 30	06:27:22.616128	
7	P1880104.jpg	282447.1206	4.504515	2016 03 30	06:27:27.120643	
8	P1880105.jpg	282451.6085	4.48781	2016 03 30	06:27:31.608454	
9	P1880106.jpg	282455.8744	4.265975	2016 03 30	06:27:35.874428	
10	P1880107.jpg	282460.4871	12.812639	2016 03 30	06:27:40.487067	
11	P1880108.jpg	282470.3723	1.885235	2016 03 30	06:27:50.372302	
12	P1880109.jpg	282475.3607	4.988444	2016 03 30	06:27:55.360746	
13	P1880110.jpg	282480.354	4.993205	2016 03 30	06:28:00.353951	
14	P1880111.jpg	282485.359	5.009501	2016 03 30	06:28:05.398962	
15	P1880112.jpg	282490.1137	4.754764	2016 03 30	06:28:10.113725	
16	P1880113.jpg	282494.6182	4.504499	2016 03 30	06:28:14.618224	
17	P1880114.jpg	282499.368	4.749792	2016 03 30	06:28:19.368015	
18	P1880115.jpg	282504.1062	4.738178	2016 03 30	06:28:24.106194	
19	P1880116.jpg	282517.3027	13.196506	2016 03 30	06:28:37.302699	
20	P1880117.jpg	282519.8719	2.569201	2016 03 30	06:28:39.871900	
21	P1880118.jpg	282525.1155	5.24355	2016 03 30	06:28:45.115450	
22	P1880119.jpg	282530.1322	5.016722	2016 03 30	06:28:50.132172	
23	P1880120.jpg	282535.1372	5.009505	2016 03 30	06:28:55.137222	
24	P1880121.jpg	282539.8636	4.726376	2016 03 30	06:29:00.136402	
25	P1880122.jpg	282544.8636	5.000023	2016 03 30	06:29:04.863621	
26	P1880123.jpg	282549.6234	4.759731	2016 03 30	06:29:09.623352	
27	P1880124.jpg	282554.3731	4.749791	2016 03 30	06:29:14.373143	
28	P1880125.jpg	282567.2694	12.896306	2016 03 30	06:29:27.269449	
29	P1880126.jpg	282569.3735	2.102053	2016 03 30	06:29:29.371501	
30	P1880127.jpg	282574.1149	4.743403	2016 03 30	06:29:34.114904	
31	P1880128.jpg	282574.6319	0.517009	2016 03 30	06:29:34.631913	
32	P1880129.jpg	282579.1197	4.487827	2016 03 30	06:29:39.119741	
33	P1880130.jpg	282579.6486	0.528865	2016 03 30	06:29:39.648606	
34	P1880131.jpg	282583.8578	4.209198	2016 03 30	06:29:43.857804	
35	P1880132.jpg	282588.8628	5.009501	2016 03 30	06:29:48.862805	
36	P1880133.jpg	282593.6293	4.76647	2016 03 30	06:29:53.629275	

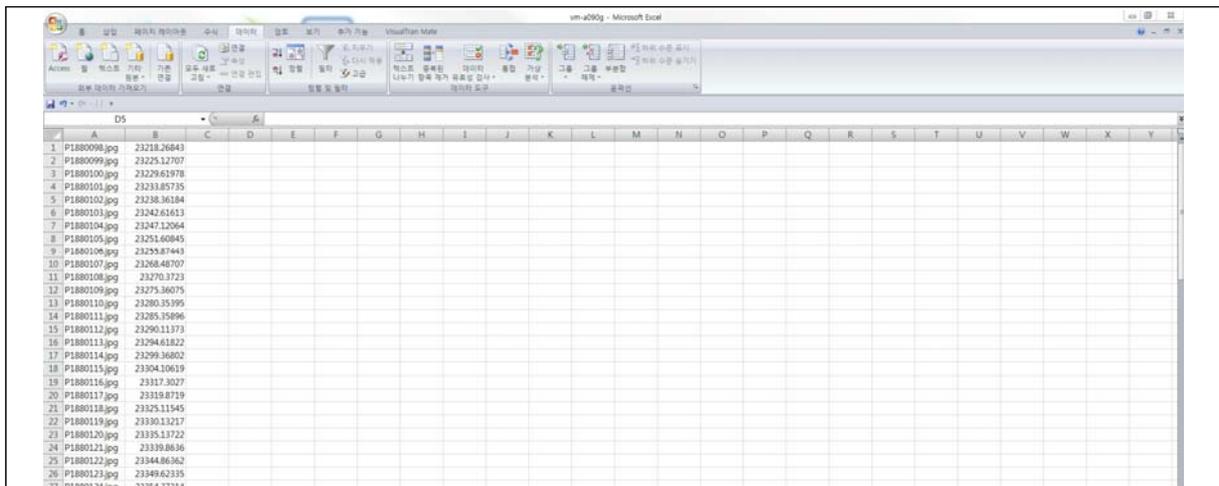
[그림 3-30] EVENT파일 텍스트나누기



③ 텍스트 나누기

- ▶ 사진의 날짜 시간데이터를 정리한다. 정리방법은 엑셀 메뉴에서 데이터 분리를 선택 후 해당 데이터의 셀을 분리한다.
- ▶ 분리된 셀들의 시간을 초단위로 변환하여준다.
- ▶ 엑셀의 수식 '(시간*3600)+(분*60)+초' 를 이용하여 시간, 분, 초를 초르 변환한다.
- ▶ 아래의 <그림 3-31>과 같이 데이터를 정리 후 저장한다.
- ▶ 파일형식은 '텍스트 탭으로 분리' 로 선택 후 파일명은 'EVENT.txt' 로 저장한다.

[그림 3-31] EVENT 파일정리완료



가) Trajectory파일 정리

- ▶ Trajectory파일은 영상이 기록된 위치의 시간을 기록하고 있으며, 영상이 기록된 위치의 타임싱크를 맞추기 위한 파일이다.

① Trajectory파일 불러오기

- ▶ RTKPOST에서 로버와 베이스의 데이터를 변환하여 생성된 ‘Trajectory.txt.pos’ 파일을 엑셀에 불러온다..
- ▶ ‘Trajectory.txt.pos’ 는 Excel 또는 메모장을 이용하여 파일을 정리할 수 있다.

[그림 3-32] Trajectory파일 불러오기

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

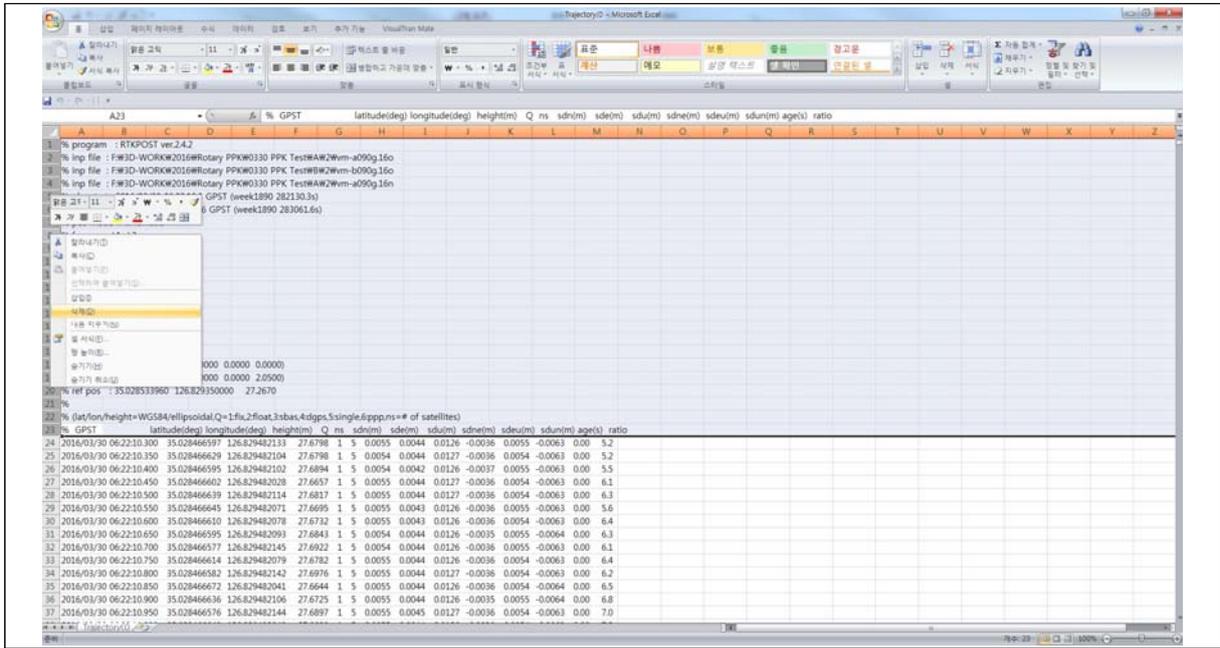
```

1 % program : RTKPOST ver.2.4.2
2 % inp file : F:\3D-WORK\2016\Rotary PPK\0330 PPK Test\AW2wm-a090g.16o
3 % inp file : F:\3D-WORK\2016\Rotary PPK\0330 PPK Test\AW2wm-a090g.16o
4 % inp file : F:\3D-WORK\2016\Rotary PPK\0330 PPK Test\AW2wm-a090g.16n
5 % obs start : 2016/03/30 06:22:10.3 GPST (week1890 282130.3s)
6 % obs end : 2016/03/30 06:37:41.6 GPST (week1890 283061.6s)
7 % pos mode : kinematic
8 % freqs : L1+L2
9 % solution : combined
10 % elev mask : 15.0 deg
11 % dynamics : off
12 % tidecorr : off
13 % ionos opt : broadcast
14 % tropo opt : saastamoinen
15 % ephemeris : broadcast
16 % amb res : continuous
17 % val thres : 3.0
18 % antenna1 : ( 0.0000 0.0000 0.0000)
19 % antenna2 : ( 0.0000 0.0000 2.0500)
20 % ref pos : 35.028533960 126.829350000 27.2670
21 %
22 % (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,Q=1,fix,2,float,3,sbas,4,ddgps,5,single,6,pppps=# of satellites)
23 % GPST latitude(deg) longitude(deg) height(m) Q ns sdn(m) sde(m) sdu(m) sdrn(m) sdeu(m) sdrn(m) age(s) ratio
24 2016/03/30 06:22:10.300 35.028466597 126.829482133 27.8798 1 5 0.0055 0.0044 0.0126 -0.0036 0.0055 -0.0063 0.00 5.2
25 2016/03/30 06:22:10.350 35.028466629 126.829482104 27.8798 1 5 0.0054 0.0044 0.0127 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 5.2
26 2016/03/30 06:22:10.400 35.028466595 126.829482102 27.8894 1 5 0.0054 0.0042 0.0126 -0.0037 0.0055 -0.0063 0.00 5.5
27 2016/03/30 06:22:10.450 35.028466602 126.829482028 27.8657 1 5 0.0055 0.0044 0.0127 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 6.1
28 2016/03/30 06:22:10.500 35.028466639 126.829482114 27.8817 1 5 0.0055 0.0044 0.0127 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 6.3
29 2016/03/30 06:22:10.550 35.028466645 126.829482071 27.8695 1 5 0.0055 0.0043 0.0126 -0.0036 0.0055 -0.0063 0.00 5.6
30 2016/03/30 06:22:10.600 35.028466610 126.829482078 27.8712 1 5 0.0055 0.0043 0.0126 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 6.4
31 2016/03/30 06:22:10.650 35.028466595 126.829482093 27.8843 1 5 0.0054 0.0044 0.0126 -0.0035 0.0055 -0.0064 0.00 6.3
32 2016/03/30 06:22:10.700 35.028466577 126.829482145 27.8922 1 5 0.0054 0.0044 0.0126 -0.0036 0.0055 -0.0063 0.00 6.1
33 2016/03/30 06:22:10.750 35.028466614 126.829482079 27.8782 1 5 0.0055 0.0044 0.0126 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 6.4
34 2016/03/30 06:22:10.800 35.028466582 126.829482142 27.8976 1 5 0.0055 0.0044 0.0127 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 6.2
35 2016/03/30 06:22:10.850 35.028466672 126.829482041 27.8644 1 5 0.0055 0.0044 0.0126 -0.0036 0.0054 -0.0064 0.00 6.5
36 2016/03/30 06:22:10.900 35.028466636 126.829482106 27.8725 1 5 0.0055 0.0044 0.0126 -0.0035 0.0055 -0.0064 0.00 6.8
37 2016/03/30 06:22:10.950 35.028466576 126.829482144 27.8897 1 5 0.0055 0.0045 0.0127 -0.0036 0.0054 -0.0063 0.00 7.0
  
```

② Trajectory 파일정리 및 텍스트 분리

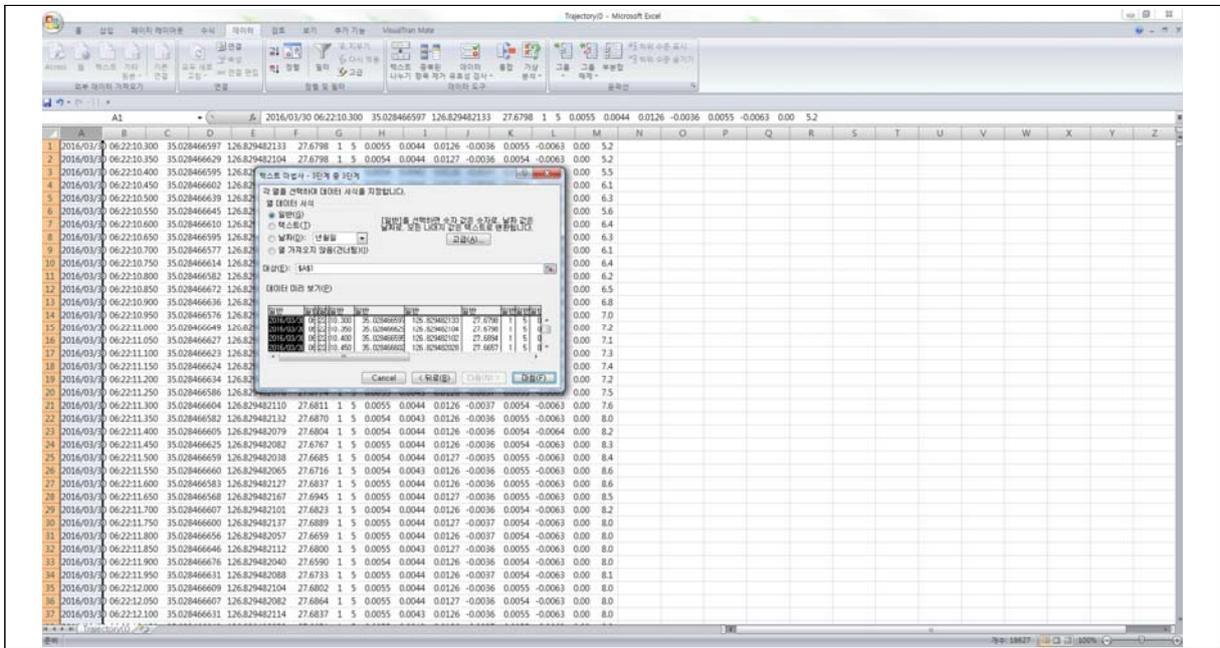
- ▶ Trajectory파일의 불필요한 데이터를 정리한다.
- ▶ 필요없는 행을 선택 후 삭제를 클릭한다.

[그림 3-33] Trajectory파일 불필요한 파일정리



- ▶ Trajectory파일은 공백으로 분리되어 있으며, EVENT파일과 동일하게 텍스트 분리 기능을 이용하여 셀을 분리한다.

[그림 3-34] Trajectory파일 텍스트 분리

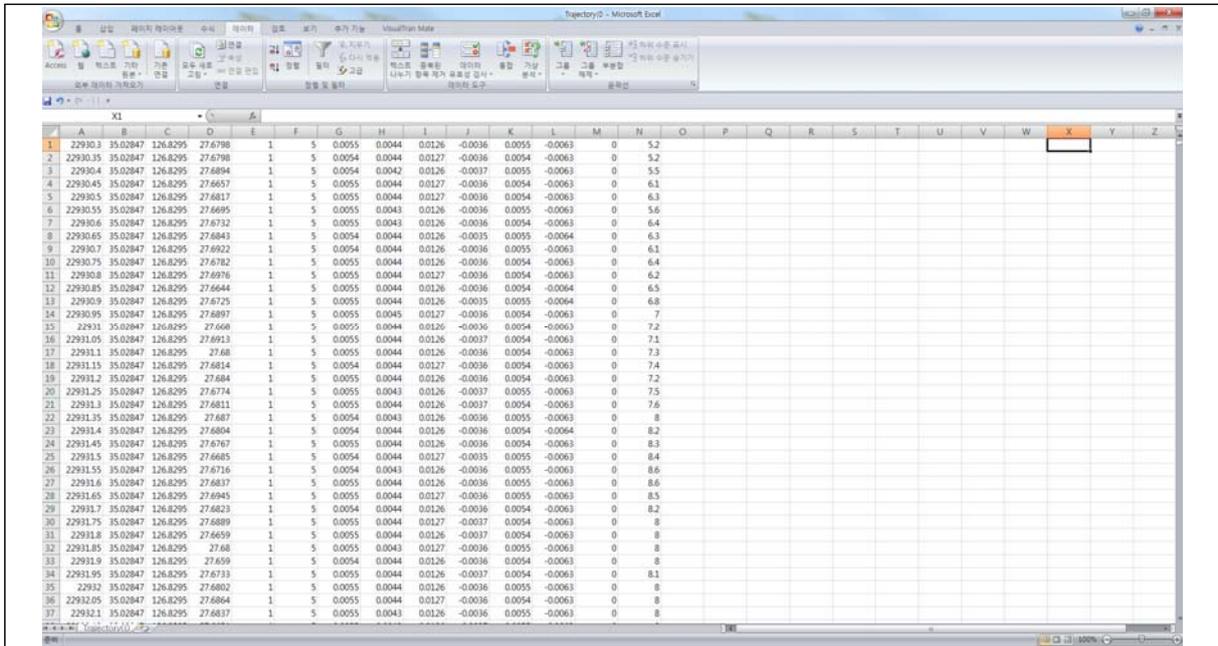


③ Trajectory 시간변환

- ▶ Trajectory파일의 시간, 분을 엑셀의 수식 '(시간*3600)+(분*60)+초' 를 이용하여 초로 환산하여 변환한다.

- ▶ <그림 3-35>와 같이 데이터를 정리 후 저장한다.

[그림 3-35] Trajectory파일 정리 완료

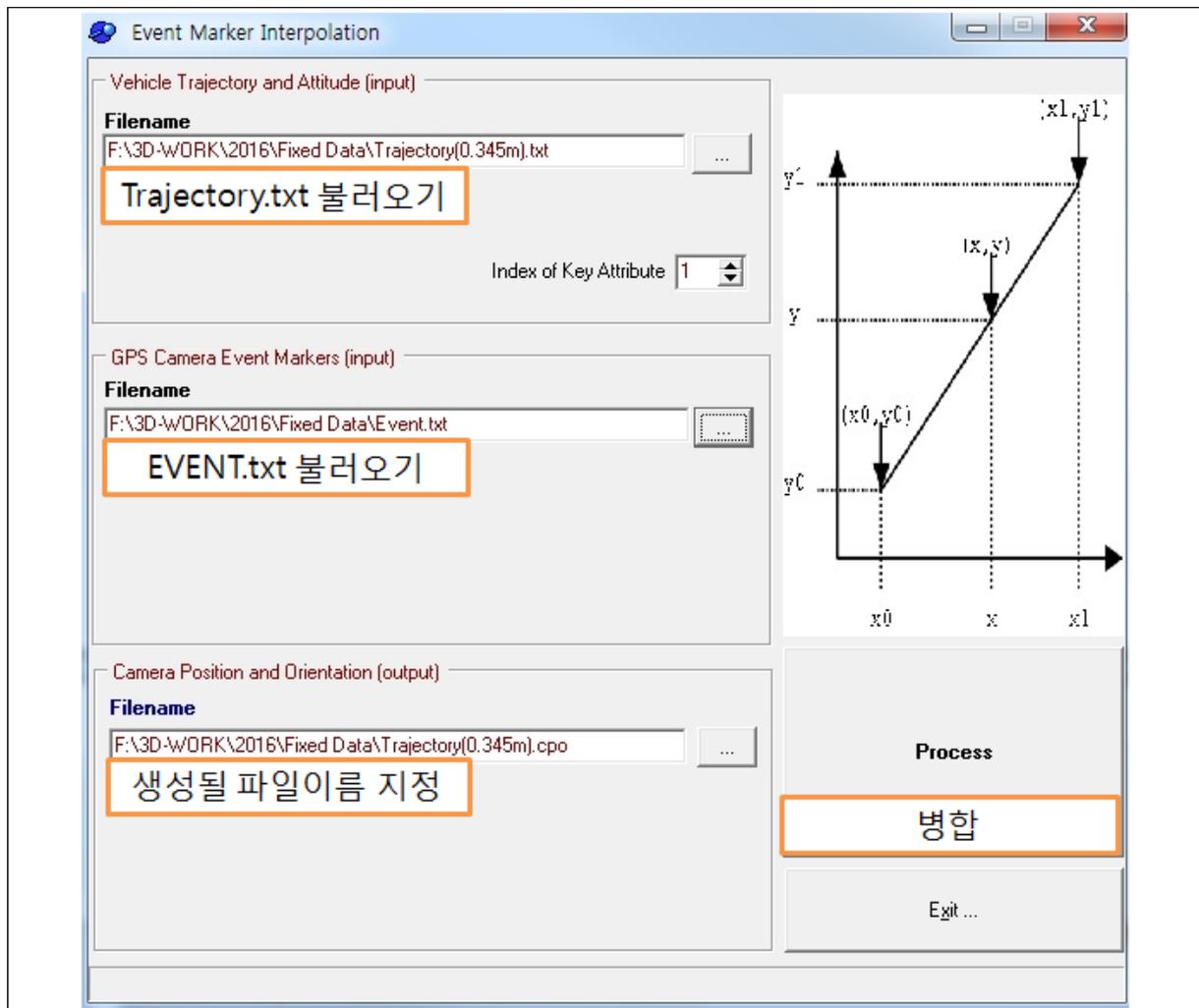


- ▶ 파일형식은 ‘텍스트 탭으로 분리’로 선택 후 파일명은 ‘Trajectory.txt’로 저장한다.

④ GPS데이터 병합

- ▶ 로버의 데이터와 베이스의 데이터를 병합하기 위해 ‘VMAP EMI.exe’ 프로그램을 이용한다.
- ▶ Vehicle Trajectory and attitude (input) - ‘Trajectory.txt’
- ▶ GPS Camera Event Makers (input) - ‘EVENT.txt’
- ▶ Camera Position and Orientation (output) - ‘생성할 파일명.cpo’

[그림 3-36] GPS데이터 병합



라) 병합된 ‘파일명.cpo’ 데이터 정리

- ▶ 로버와 베이스의 타임싱크로 맞춘 ‘파일명.cpo’ 데이터를 정리한다.
- ▶ ‘파일명.cpo’ 파일은 사진영상의 경도, 위도, 고도 등을 표시한다.
- ▶ 파일의 라벨이름은 다음과 같다. Label, Time, Latitude, Longitude, Elevation이다.
- ▶ ‘PhotoScan’ 프로그램에서 지원하는 확장자(csv, 텍스트 탭으로분리)로 변환한다.

2. 영상 처리

가. Photo Scan 시작하기

1) Photo Scan 권장사양

- ▶ 데이터 처리과정은 Photo Scan 프로그램 운용방법이며, 현장에서 얻어진 자료를 통해 정사영상과 DSM생성과정을 설명한다. 처리시간은 PC의 사양과 촬영면적, 정사영상의 화질에 따라 다르며 데이터 처리에 필요한 사양은 <표 3-1>과 같다. 최소 사양에서도 프로그램 구동이 가능하지만, 처리시간이 오래 걸리고 대용량의 영상처리는 무리가 있어 권장사양의 PC사용을 권장한다.

[표 1-2] PhotoScan 사양

구 분	최소사양	권장사양
CPU	Inter Core 2 Duo processor	Inter Core i7 processor
RAM	2GB 이상의 메모리	12GB이상의 메모리
OS	Windows XP이상의 버전(32bit 또는 64bit), Mac os Snow Leopard, Debian/Ubuntu(64bit)	

- ▶ Photo Scan에서 처리되는 사진의 수는 RAM을 사용하여 처리한다. 하나의 사진 해상도가 10MPx라고 가정한다면 2GB의 RAM은 20~30의 사진을 처리할 수 있다. 12GB의 메모리는 최대 처리할 수 있는 사진의 수는 200~300장 정도이다.

2) 프로그램 설정

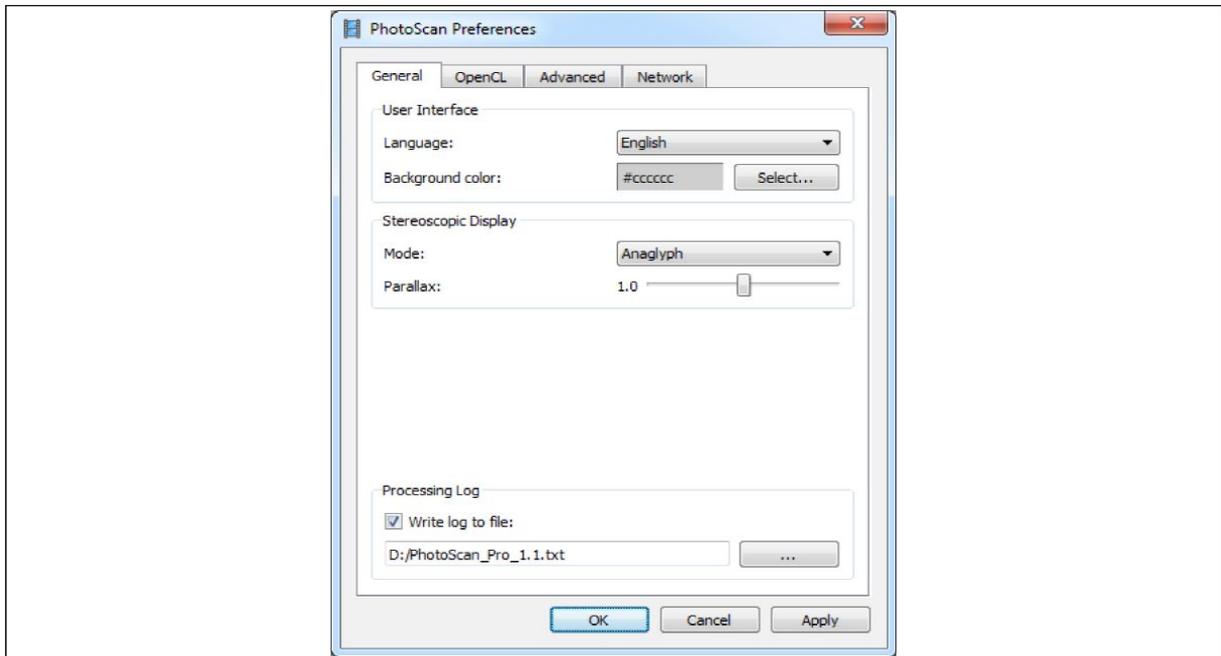
가) 프로그램 설정

- ▶ Photoscan 상단의 메뉴 -> Tool -> Preferences 클릭한다.
- ▶ 컴퓨터 사양 및 프로그램의 초기정보를 설정한다.

나) General 설정

- ▶ Language : 언어(영어, 독일어, 프랑스어, 스페인어, 포르투갈어, 러시아어, 중국어)
- ▶ Background color : 모델표시창의 배경색을 설정할 수 있다.
- ▶ Stereoscopic display Mode : Anaglyph(기본 값) - (그래픽카드가 Quad Buffered Stereo 지원시)
- ▶ Parallax : 1.0(기본 값) - 시차

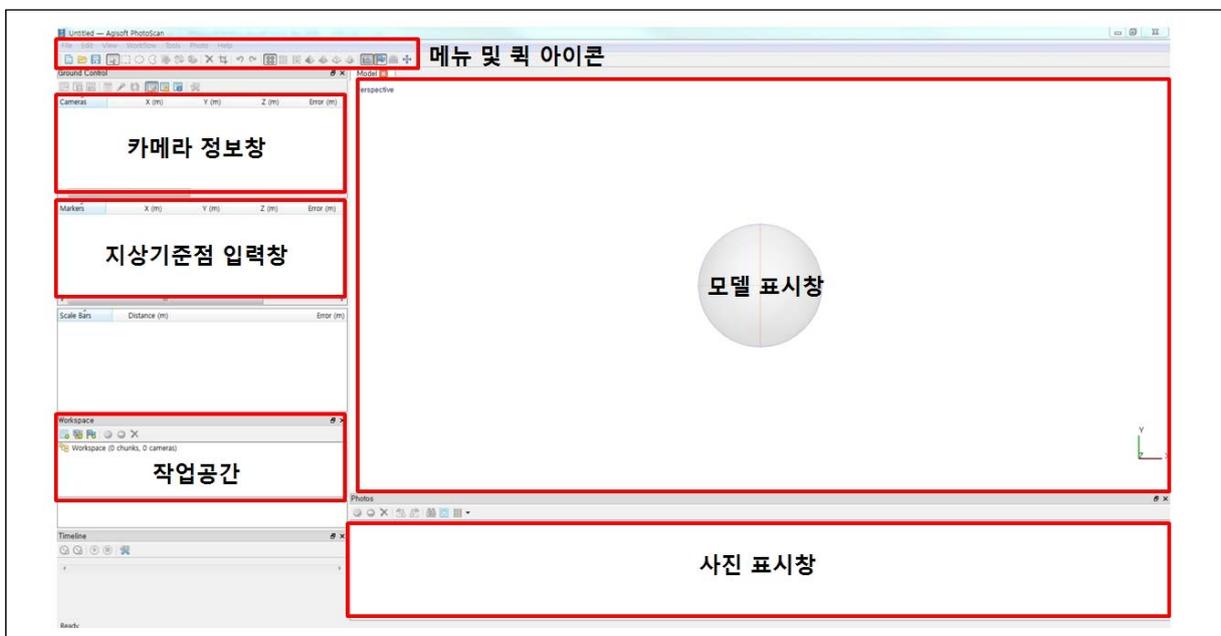
[그림 3-37] PhotoScan 설정



나. Photo Scan 실행

1) 화면 설명

[그림 3-38] 화면 설명



가) 메뉴 및 킷 아이콘

- ▶ 빠른 작업 및 작업을 처리하기 위한 메뉴는 메뉴 및 킷 아이콘이 나열되어 있다.

나) 카메라 정보창

- ▶ 해당 사진이 입력되면 해당 사진의 위치 좌표 및 드론의 자세정보가 표시된다.

다) 지상기준점 입력창

- ▶ 지상기준점을 입력하면 포인트로 표시되며 해당 입력창에 좌표를 기입하여 지상 기준점을 생성 할 수 있다.

라) 작업 공간

- ▶ 영상처리 작업공간으로 수개의 작업공간을 생성할 수 있으며, 분할 영상 처리 시 유효하게 사용된다.

마) 모델 표시창

- ▶ 처리 중 또는 처리된 모델이 화면상에 표시되며, 모델을 확인 할 수 있는 창이다.

바) 사진 표시창

- ▶ 해당 사진을 입력 후 사진을 미리보기 할 수 있으며 더블클릭을 하면 사진을 확인 할 수 있다.

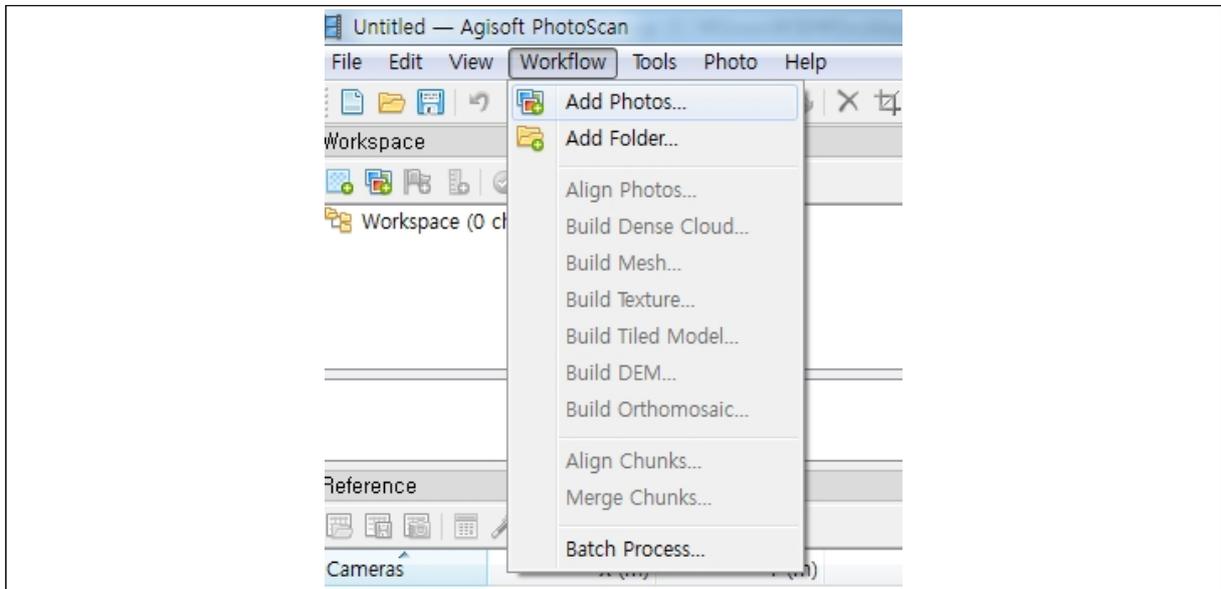
다. 사진입력

1) 사진입력 방법

가) Add Photos...

- ▶ 메뉴 -> Workflow -> Add Photos..를 클릭한다.
- ▶ 영상처리를 진행 할 사진을 선택 후 열기를 클릭한다.
- ▶ 사진 입력 후 카메라 정보창에서 사진데이터를 확인한다.

[그림 3-39] Add Photos...



나) Add Folders

- ▶ 메뉴 -> Workflow -> Add Folders..를 클릭한다.
- ▶ 영상처리를 진행 할 사진이 저장되어있는 폴더를 선택 후 열기를 클릭한다.
- ▶ 폴더 입력 후 카메라 정보창에서 사진데이터를 확인한다.

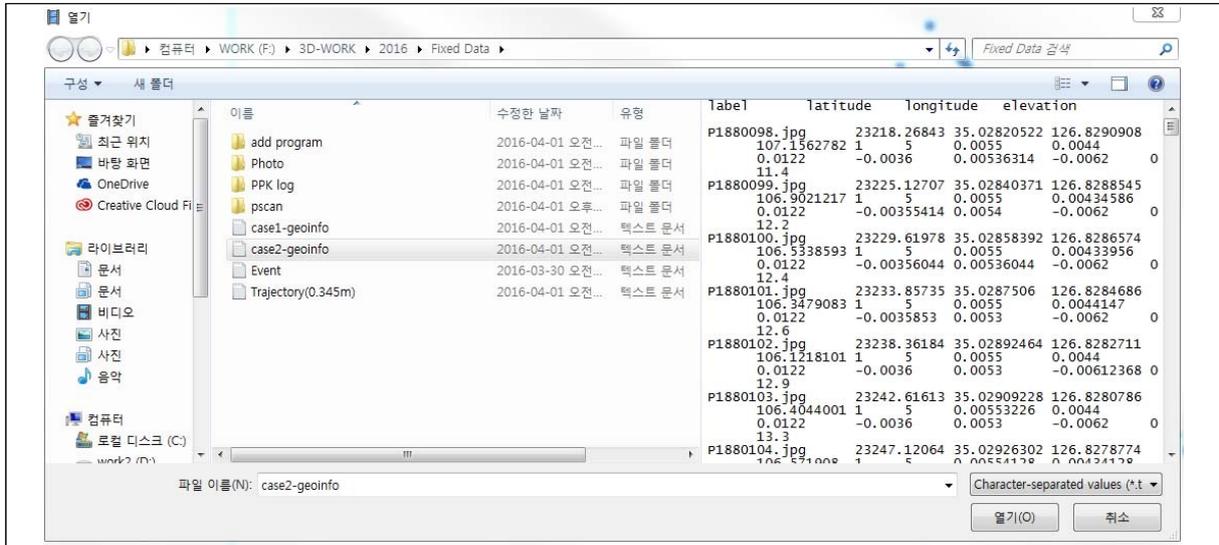
라. 비행 로그 입력

1) Import CSV

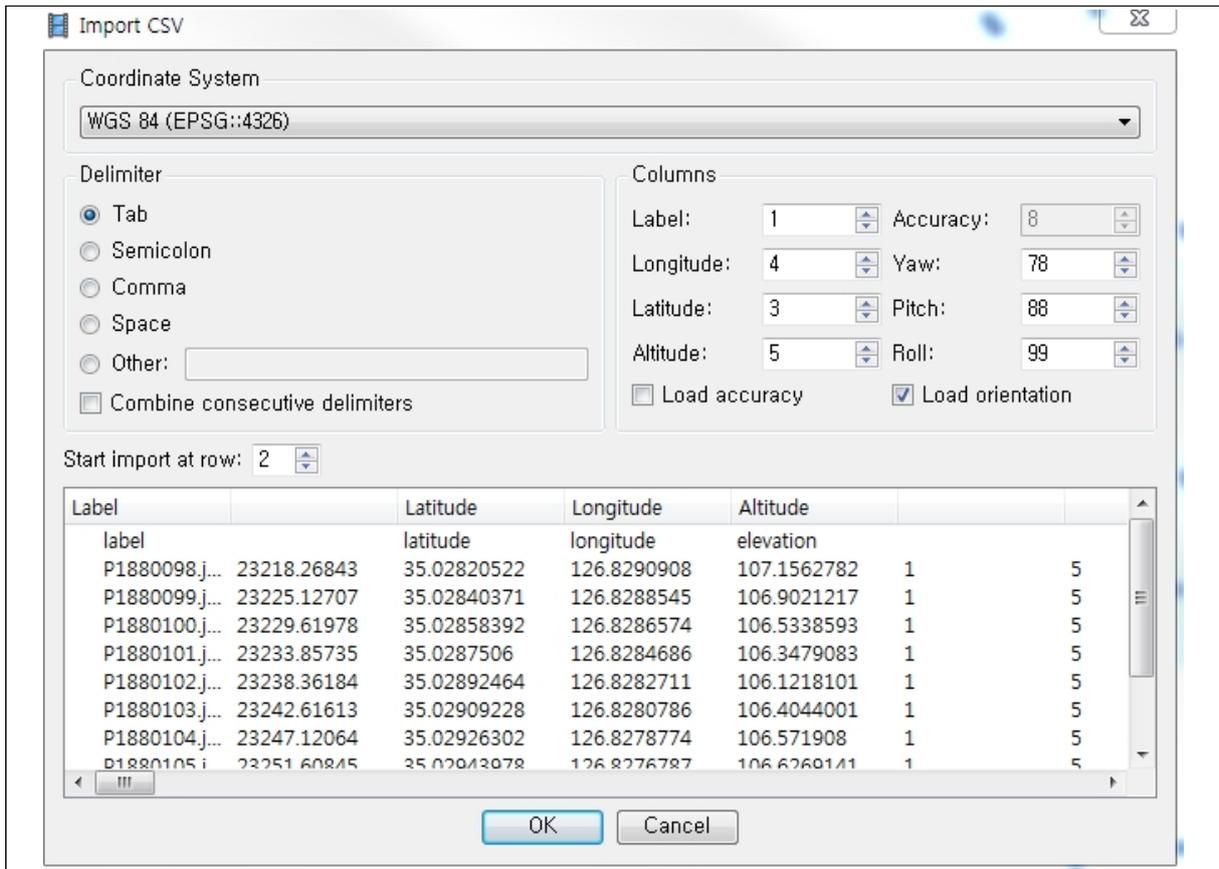
가) 로그데이터 삽입

- ▶ 왼쪽 상단의 📁(Import) 킷 아이콘을 클릭한다.
- ▶ 정리된 GPS데이터를 선택 후 열기를 클릭한다.

[그림 3-40] CSV파일 불러오기



[그림 3-41] Import CSV



나) Delimiter 데이터 정리

- ▶ Tab : 데이터를 탭으로 분리한다.
- ▶ Semicolon : 데이터를 세미콜론으로 분리한다.

- ▶ Comma : 데이터를 콤마로 분리한다.
- ▶ Space : 데이터를 여백으로 분리한다.
- ▶ Other : 다른 분리방법을 선택한다.

다) Columns 데이터 정리

- ▶ 해당 입력칸에 불러온 데이터의 순서대로 숫자를 기입한다.
- ▶ Label : 데이터 또는 사진의 이름
- ▶ X : 데이터의 X좌표 열을 입력
- ▶ Y : 데이터의 Y좌표 열을 입력
- ▶ Z : 데이터의 고도 열을 입력
- ▶ Yaw : 데이터의 Yaw값 열을 입력
- ▶ Pitch : 데이터의 Pitch 열을 입력
- ▶ Roll : 데이터의 Roll값 열을 입력
- ▶ Other : 다른 분리방법을 선택한다.

라) Start Import at row 데이터 시작 열 설정

- ▶ Start Import at row : 데이터를 입력 할 시작 행을 숫자로 입력한다.

2) 좌표계 선택

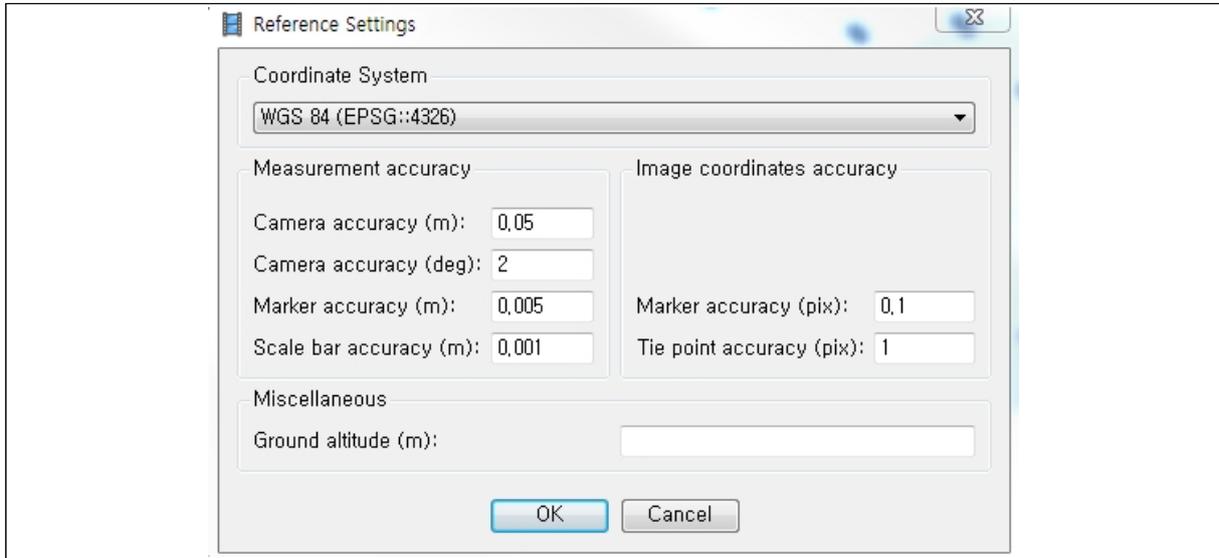
가) Coordinate System 좌표계 선택

- ▶  (Setting) 버튼을 클릭하여 측정된 지상기준점에 맞는 좌표계를 선택하여 준다.
- ▶ 좌표계는 전세계의 좌표계가 입력되어있으며, 필요에 따라 사용자가 원하는 좌표계를 선택할 수 있다.
- ▶ 사용자가 원하는 좌표계가 입력이 되어 있지 않다면, '*.prj' 파일을 이용하여 좌표계를 삽입할 수 있다.

나) Measurement accuracy 디폴트값 입력

- ▶ Camera accuracy (m) - 0.05
- ▶ Camera accuracy (deg) - 2
- ▶ Maker accuracy (m) - 0.05(기본 값)
- ▶ Scale bar accuracy (m) - 0.001 (기본 값)
- ▶ Projection accuracy (pix) : 0.1 (기본 값)
- ▶ Tie point accuracy (pix) : 1 (기본 값)

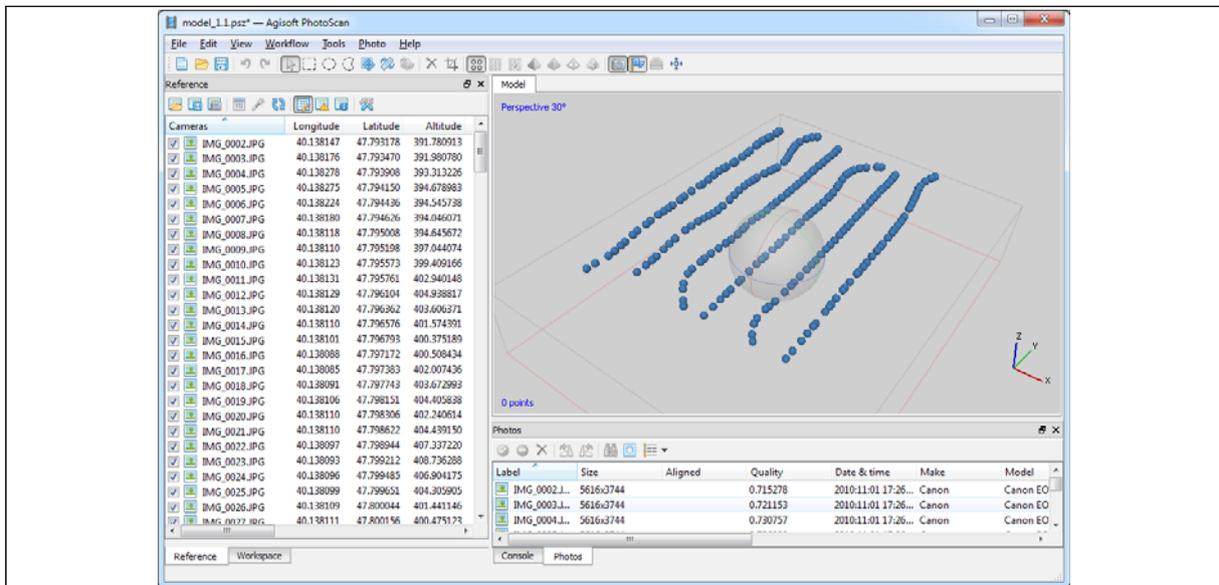
[그림 3-42] 좌표계 선택 및 카메라 정확도 설정



다) 입력 값 및 모델 표시창 확인

- ▶ 로그데이터 삽입 및 좌표계선택이 완료되었으면 모델 표시창의 사진배열을 확인한다.
- ▶ 카메라 정보창에서 카메라의 정보가 제대로 입력되었는지 확인한다.

[그림 3-43] 화면 설명



라) 사진 위치 확인

- ▶ 좌표계 선택 후 모델 표시창에서 사진의 정렬 정보를 확인 한다.

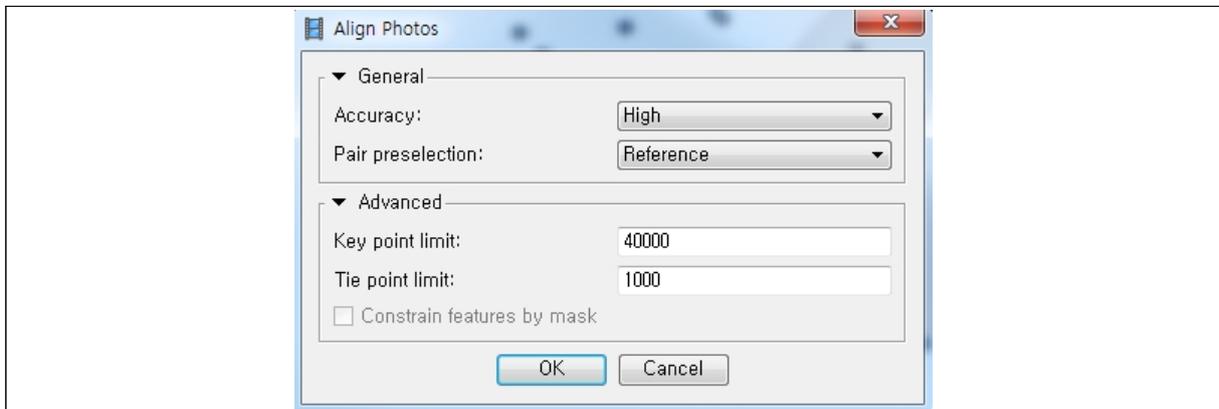
라. 사진 접합

1) Align Photos

가) 사진 접합

- ▶ 메뉴 -> Workflow -> Align Photo를 이용하여 사진을 포인트 클라우드 형식으로 생성 한다.
- ▶ Accuracy : High
- ▶ Pair preselection : Reference
- ▶ Point limit : 40000 (기본 값)
- ▶ Tie point limit : 1000 (기본 값)

[그림 3-44] Align Photo



마. 지상기준점 입력

1) Import CSV

가) 지상기준점 삼입

- ▶ 왼쪽 상단의  (Import) 킷 아이콘을 실행
- ▶ 해당 입력할 '*.csv' 및 '*.txt(탭으로분리)' 파일을 선택 후 열기

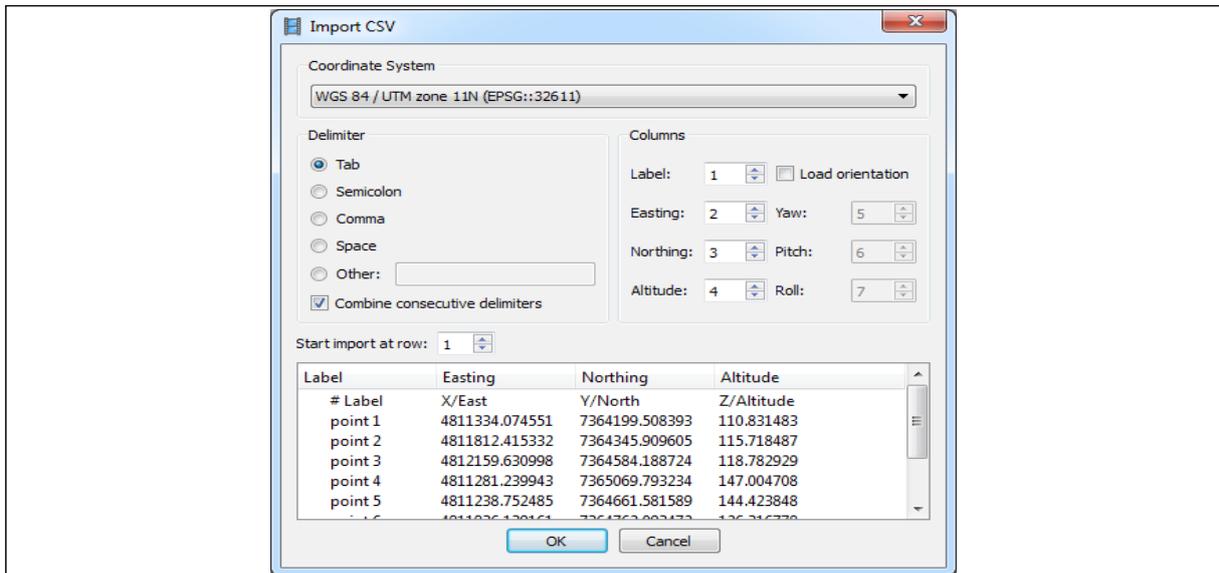
나) Delimiter 데이터 정리

- ▶ Tab : 데이터를 탭으로 분리한다.
- ▶ Semicolon : 데이터를 세미콜론으로 분리한다.
- ▶ Comma : 데이터를 콤마로 분리한다.
- ▶ Space : 데이터를 여백으로 분리한다.
- ▶ Other : 다른 분리방법을 선택한다.

다) Columns 데이터 정리

- ▶ 해당 입력칸에 불러온 데이터의 순서대로 숫자를 기입한다.
- ▶ Label : 데이터 또는 사진의 이름
- ▶ X : 지상기준점 데이터의 X좌표 열을 입력
- ▶ Y : 지상기준점 데이터의 Y좌표 열을 입력
- ▶ Z : 지상기준점 데이터의 고도 열을 입력

[그림 3-45] 화면 설명



2) 지상기준점 확인

가) 지상기준점 확인

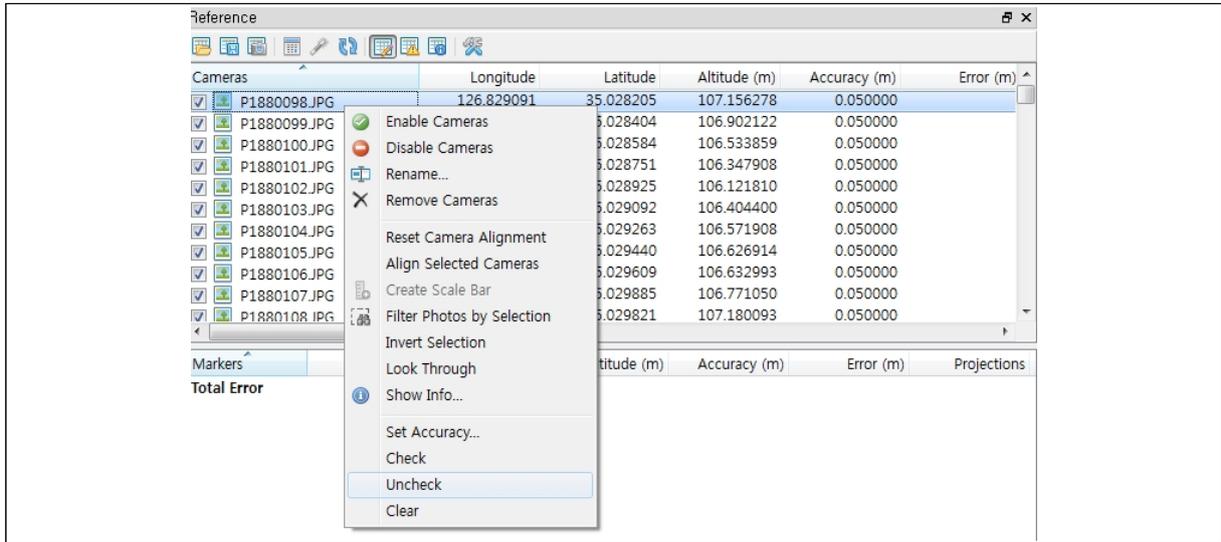
- ▶ 지상기준점 입력창에 입력한 지상기준점의 개수와 데이터의 X, Y, Z 순서가 정확히 입력되었는지 확인한다.

3) 지상기준점 좌표계 선택

가) 사진 체크 해제

- ▶ 사진의 좌표와 지상기준점의 좌표계가 다를 경우 사진을 모두 선택하여 체크해제를 한다.
- ▶ 사진의 좌표와 지상기준점의 좌표계가 같은 경우에는 체크해제를 하지 않아도 된다.

[그림 3-46] 사진 체크 해제



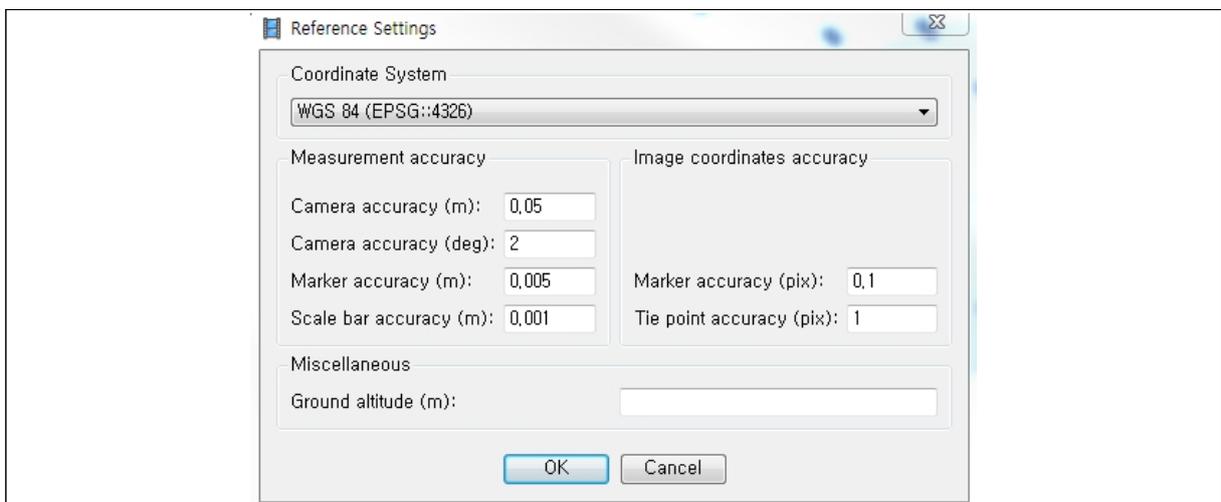
나) 좌표계 선택

- ▶ (Setting) 버튼을 클릭하여 측정된 지상기준점에 맞는 좌표계를 선택하여 준다.

다) 설정 값

- ▶ Camera accuracy : 1000 (기본 값)
- ▶ Marker accuracy : 0 (기본 값)
- ▶ Scale bar accuracy : 0.001 (기본 값)
- ▶ Projection accuracy : 0.5 (기본 값)
- ▶ Tie Point accuracy : 4 (기본 값)

[그림 3-47] 지상기준점 좌표계선택

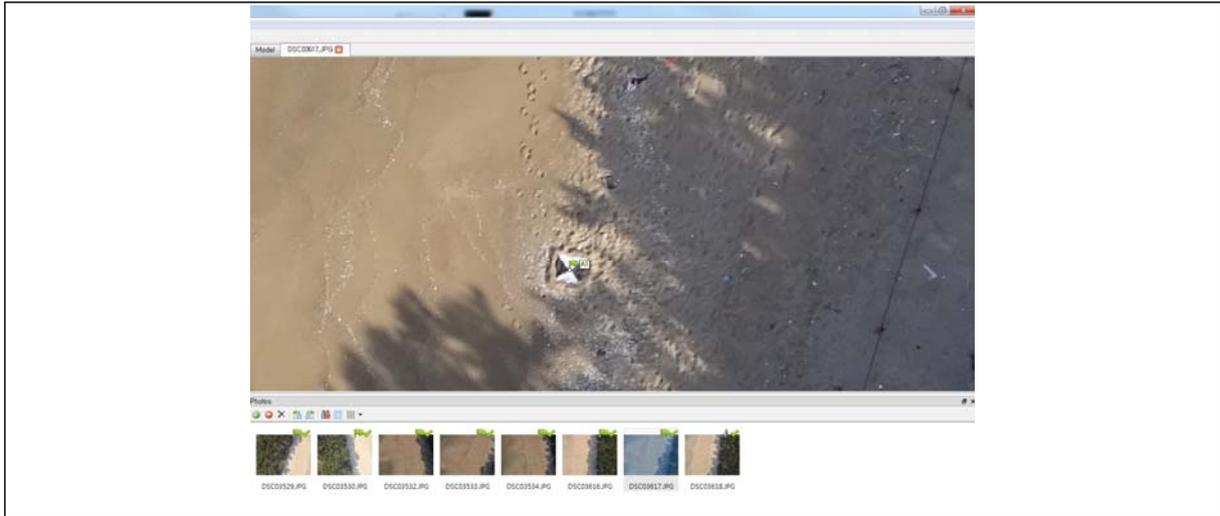


4) 지상기준점 삽입

가) 지상기준점 매칭

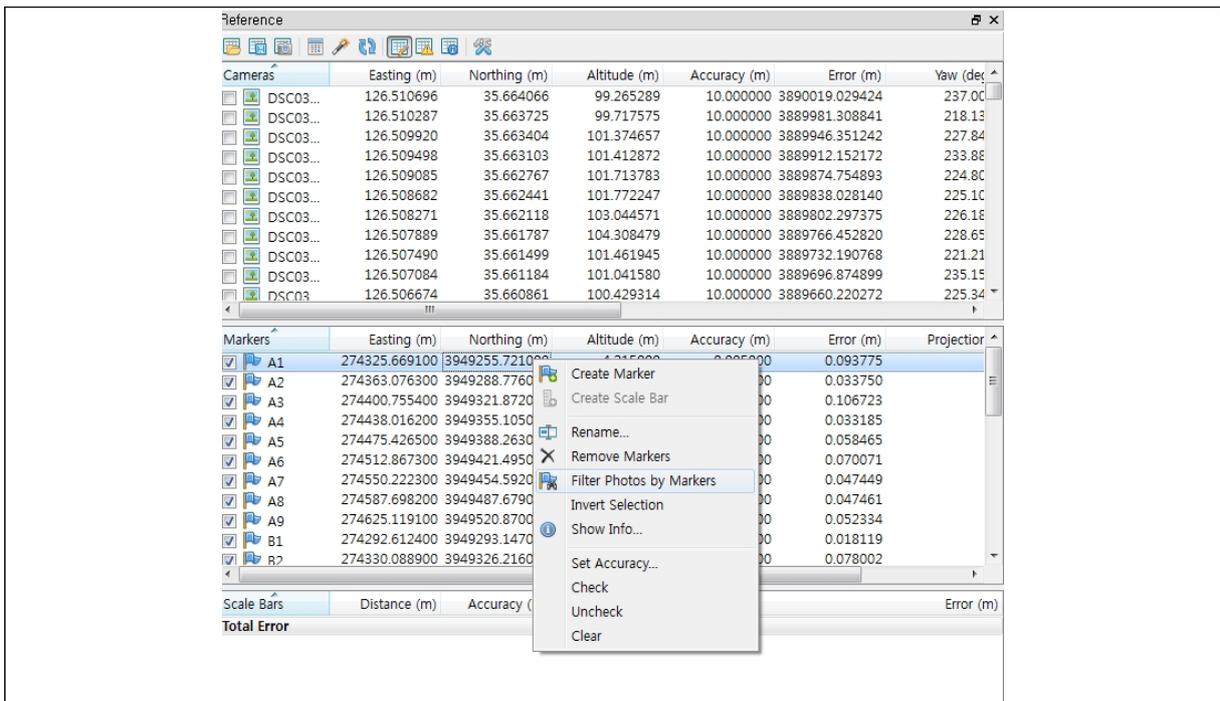
- ▶ 알고 있는 지상기준점의 위치의 사진을 더블클릭한다.
- ▶ 모델표시창에 사진이 표시되며, 모델 표시창에서 오른쪽클릭 -> Place marker를 클릭하여 해당 위치의 기준점을 입력한다.

[그림 3-48] 지상기준점 입력



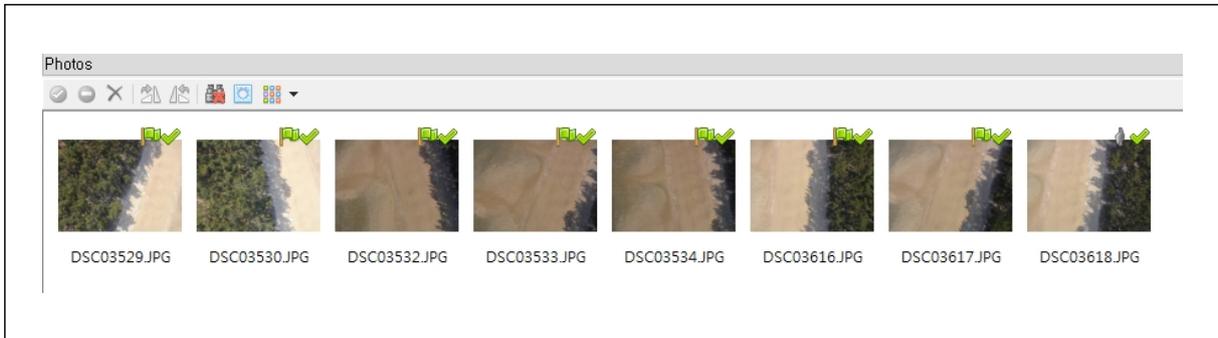
- ▶ 최소 2장 이상의 사진에 지상기준점을 입력 후 지상기준점 입력창의 해당 기준점을 오른쪽 클릭을 하여  'Filter Photos by makers' 메뉴를 클릭한다.

[그림 3-49] Filter Photos by Markers메뉴



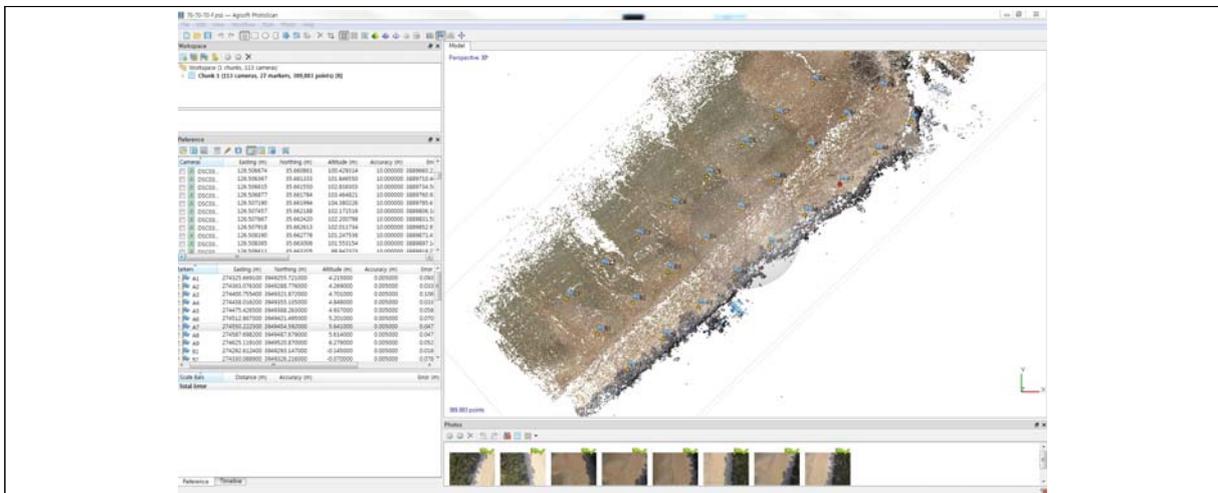
- ▶ 매칭되지 않는 나머지 사진들이 사진 표시창에 나열되며, 나열된 사진에 지상기준점을 매칭한다.

[그림 3-50] 사진 표시창 지상기준점 나열



- ▶ 모든 지상 기준점의 사진을 이와 같은 방법으로 매칭한다.
- ▶ 매칭 된 지상기준점의 수가 3점 이상일 때, 새로고침 킷 아이콘을 클릭하게 되면 지상기준점의 위치가 재배열된다.

[그림 3-51] Filter Photos by Markers메뉴



바. 사진 정렬

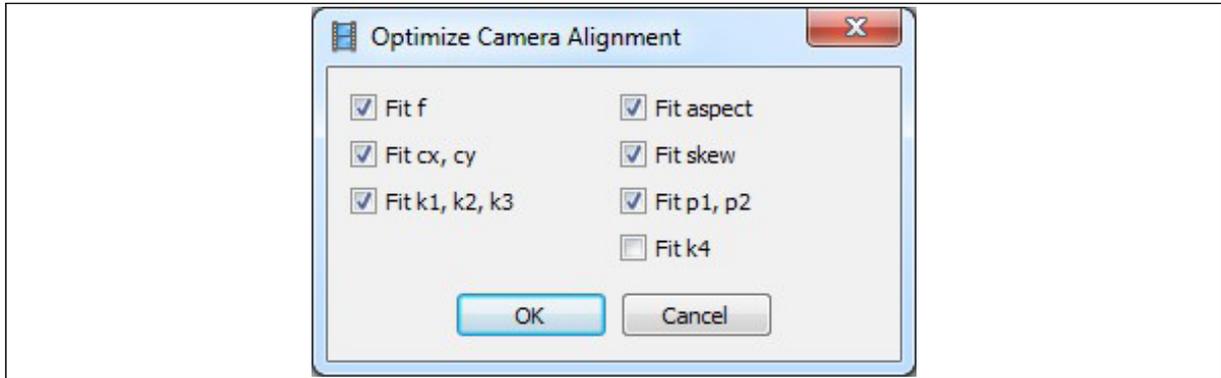
1) Optimize

가) 사진정렬의 최적화

- ▶  (Optimize)를 클릭하여 아래와 같이 카메라 매개변수를 선택한다. OK버튼을 클릭하면 최적화 프로세스가 시작된다.

- ▶ 카메라 외부 및 내부 매개 변수를 이용하여 높은 정확도를 계산하고 왜곡을 줄이기 위해 최적화 절차를 실행한다.
- ▶ 지상 기준점 좌표가 정확한 경우에 이 단계를 반드시 실행한다.

[그림 3-52] Optimize



나) Photo Scan 오차 확인

- ▶ 상단의  (View Error) 킷 아이콘을 클릭하여 지상기준점 오차를 확인한다.
- ▶ 지상기준점의 최대 X, Y, Z오차는 0.10.m이내여야 하며, 최소 0.05m이다.
- ▶ X, Y, Z오차는 0.10.m 이상이면 큰 오차를 가진 모델이 생성된다.

[그림 3-53] Photo Scan 오차확인

Reference					
Cameras	East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)	Accuracy (m)	Err
DSC03...	315682.847742	3689072.285607	1191866.871919	10.000000	3889660.2...
DSC03...	315663.293672	3689116.934193	1191897.762496	10.000000	3889710.4...
DSC03...	315682.212272	3689136.091551	1191912.160227	10.000000	3889734.5...
DSC03...	315702.276856	3689157.075848	1191927.941851	10.000000	3889760.9...
DSC03...	315726.663807	3689176.033157	1191943.358977	10.000000	3889785.6...
DSC03...	315746.850577	3689191.730745	1191956.555972	10.000000	3889806.1...
DSC03...	315763.409248	3689212.131332	1191971.918902	10.000000	3889831.5...
DSC03...	315783.005999	3689228.827753	1191984.652202	10.000000	3889852.9...
DSC03...	315803.646681	3689242.811978	1191996.299482	10.000000	3889871.4...
DSC03...	315819.284470	3689263.503088	1192012.067460	10.000000	3889897.1...
DSC03...	315836.420925	3689279.950208	1192025.592894	10.000000	3889918.2...
Markers	East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)	Accuracy (m)	Err
<input checked="" type="checkbox"/> C1	0.015744	-0.008522	0.005280	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C2	0.013902	-0.030979	0.004124	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C3	0.004537	0.013083	0.006280	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C4	-0.000636	-0.023398	0.020472	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C5	-0.033837	-0.003152	-0.012060	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C6	0.005047	0.003090	-0.006433	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C7	-0.023077	-0.006418	-0.008379	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C8	0.004998	0.007928	-0.000789	0.005000	0.0...
<input checked="" type="checkbox"/> C9	-0.012520	0.003351	0.009539	0.005000	0.0...
Total Error	0.025347	0.035738	0.015035		0.0...

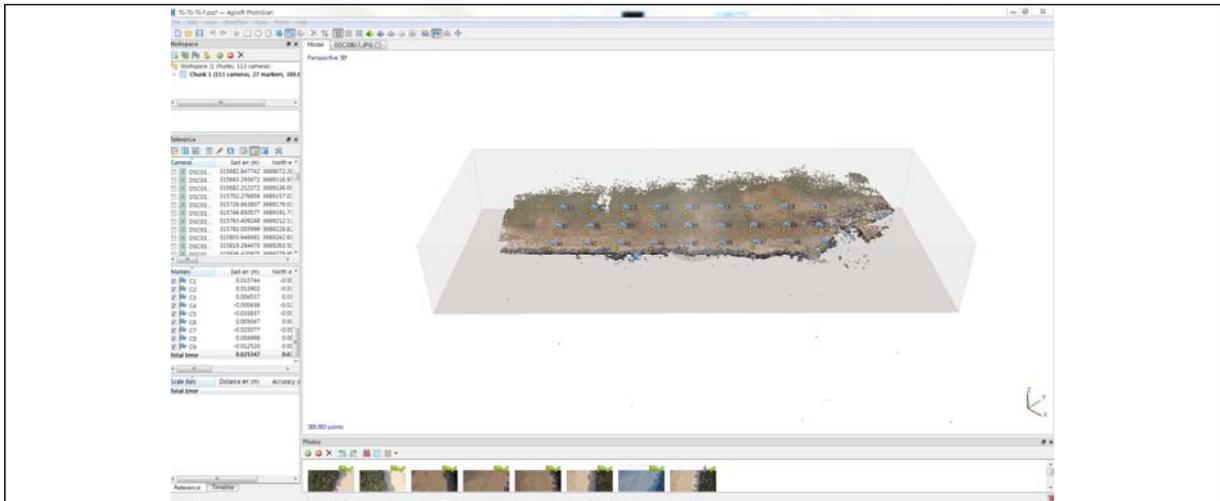
사. 경계 상자 설정

1) 모델의 영역 설정

가) 모델의 영역 설정 확인

- ▶ 모델의 영역이 자동으로 계산되어 설정되므로 모델영역을 확인한다.
- ▶ 선택 영역에만 모델이 구축되므로 필요한 경우 사용을 권장한다.

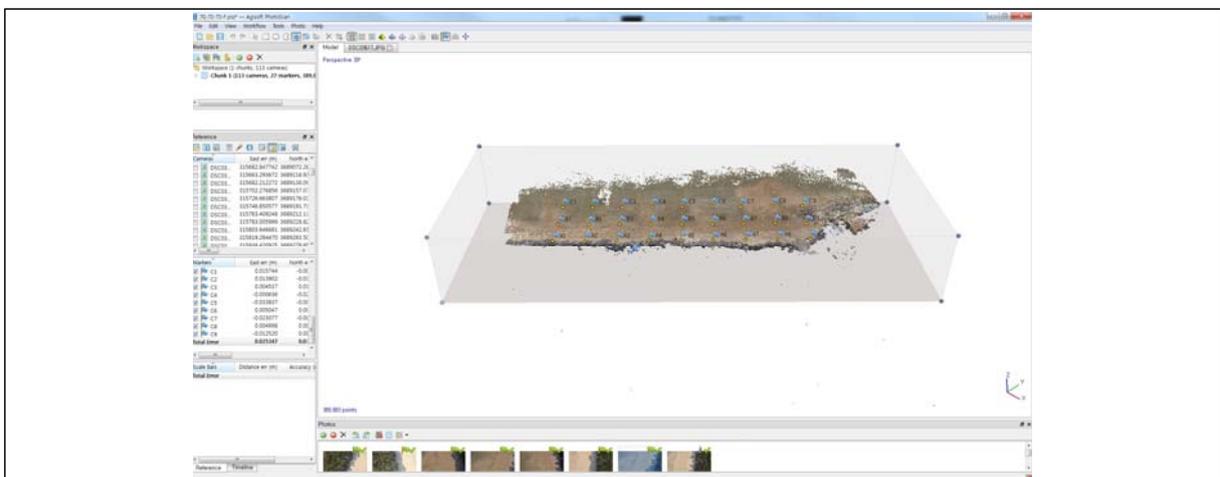
[그림 3-54] 모델영역 확인



나) 모델의 영역 설정 방법

- ▶ 프로그램 상단의 킷 아이콘인  (Resize Region)을 클릭하여 모델 표시창에서 모델영역의 크기를 늘리거나 줄입니다.
- ▶ 프로그램 상단의 킷 아이콘인  (Rotate Region)을 클릭하여 모델 표시창에서 범위를 설정합니다.

[그림 3-55] 모델의 영역 설정



아. 질감 구축

1) Build Dense cloud

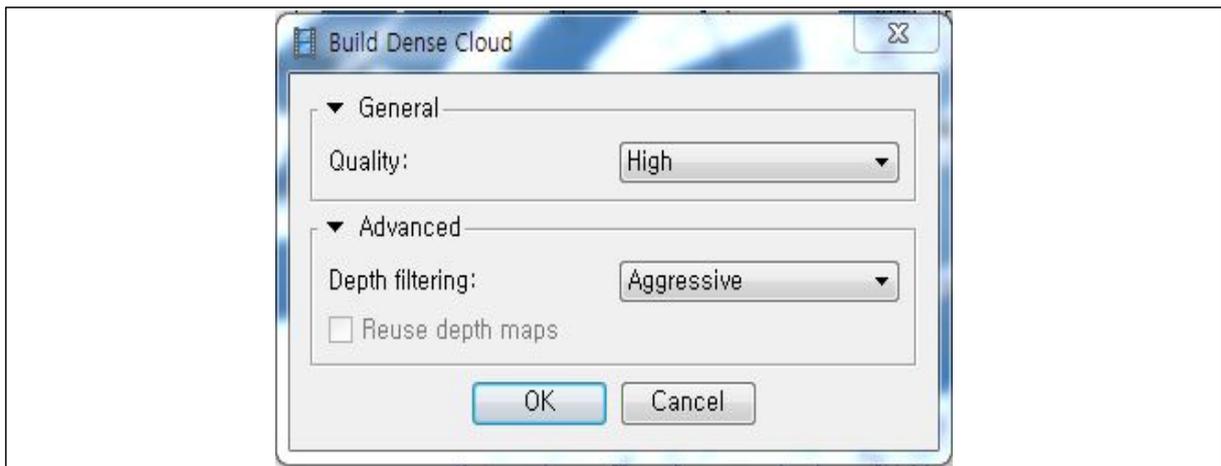
가) 지형 구축

- ▶ 이 단계에서는 각 사진에서 Point Cloud 방식으로 추출된 점들을 고밀도화 시키는 작업이다.
- ▶ Work flow -> Build Dense Cloud 클릭하여 실행한 뒤 설정 값을 선택하고 OK버튼을 클릭하면 작업이 시작된다.

나) Build Dense Cloud 설정 값

- ▶ Quality : High
- ▶ Depth filtering : Aggressive

[그림 3-56] 질감 구축



자. 그물망 형성

1) Build Mesh

가) 삼각망 형성

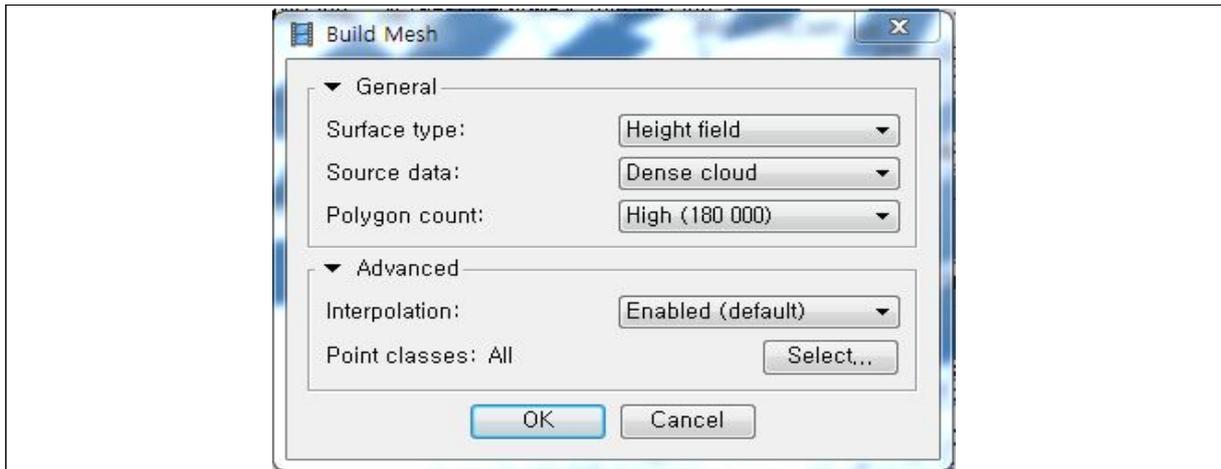
- ▶ 이 단계에서는 고밀도화 된 점들을 바탕으로 그물망을 형성하는 작업이다.
- ▶ Work flow -> Build Mesh 실행한 뒤 설정 값을 선택하고 OK버튼을 클릭하면 작업이 시작된다.

나) Build Mesh 설정 값

- ▶ Surface type : Height field

- ▶ Source data : Dense cloud
- ▶ Polygon count : High
- ▶ Interpolation : Enabled
- ▶ Point classes : All

[그림 3-57] 삼각망 형성



차 디지털표고모델 구축

1) Build DEM

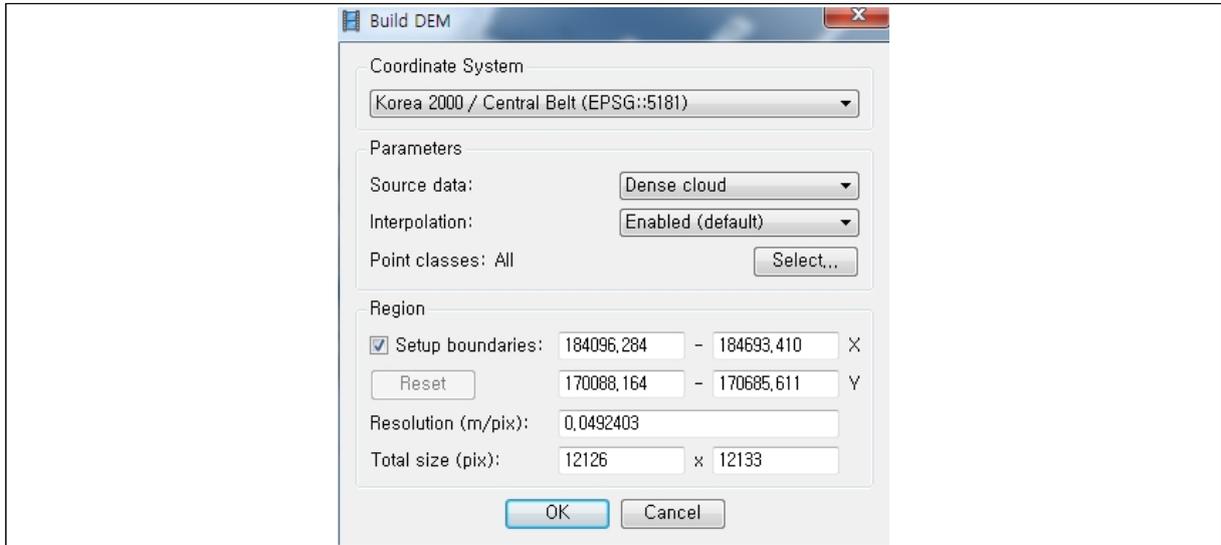
가) DEM 구축

- ▶ 이 단계에서는 그물망이 형성된 모델에 DEM을 구축한다.
- ▶ Work flow -> Build DEM을 실행한 뒤 설정 값을 선택하고 OK버튼을 클릭하면 작업이 시작된다.

나) Build DEM 설정 값

- ▶ Coordinate System : 사용자가 원하는 좌표계
- ▶ Source data : Dense cloud
- ▶ Interpolation : Enabled (기본 값)
- ▶ Point classes : All
- ▶ Setup Boundaries : 자동설정
- ▶ Resolution (m/pix) : 자동설정
- ▶ Total size (pix) : 자동설정

[그림 3-58] DEM 구축



카. 정사영상 구축

1) Build Orthomosaic

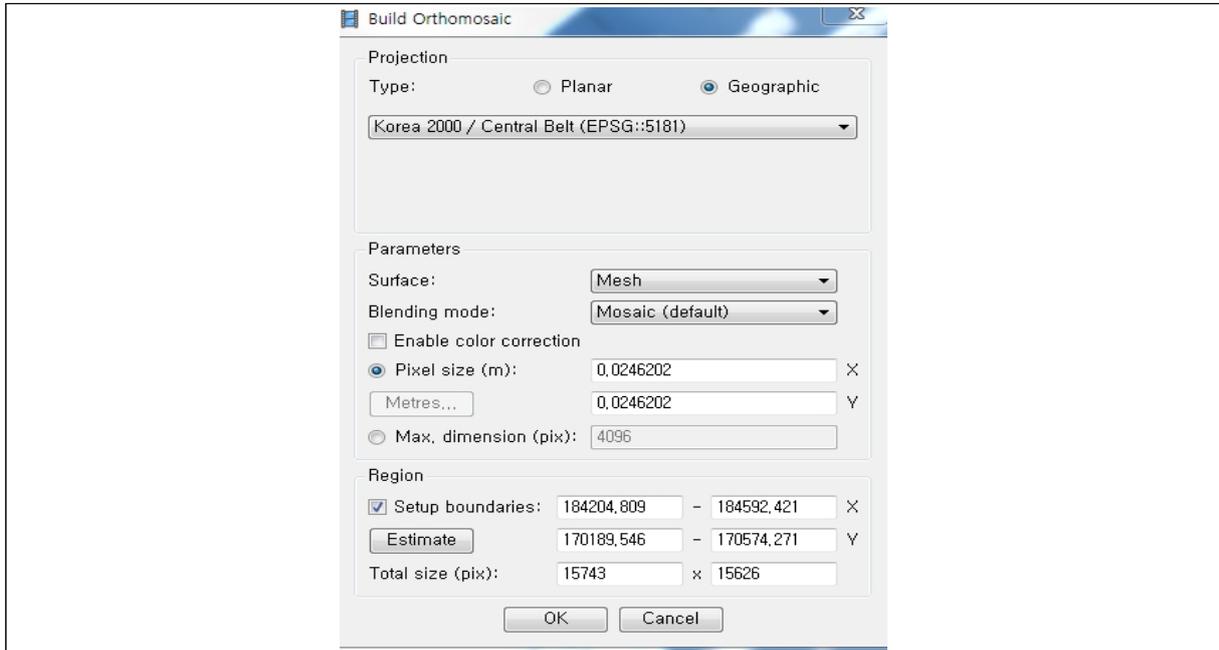
가) Orthomosaic 구축

- ▶ 이 단계에서는 DEM이 구축된 모델에 정사영상을 구축한다.
- ▶ Work flow -> Build OrthoMosaic을 실행한 뒤 설정 값을 선택하고 OK버튼을 클릭하면 작업이 시작된다.

나) Build Orthomosaic 설정 값

- ▶ Type : Geographic
- ▶ Source data : Mesh
- ▶ Blending mode : Mosaic (기본 값)
- ▶ Pixel size (m) : 기본 값
- ▶ Setup boundaries : 체크
- ▶ Total size (pix) : 자동설정

[그림 3-59] 정사영상 구축



타. 정사영상 및 수치표고모델 내보내기

1) Export OrthoMosaic

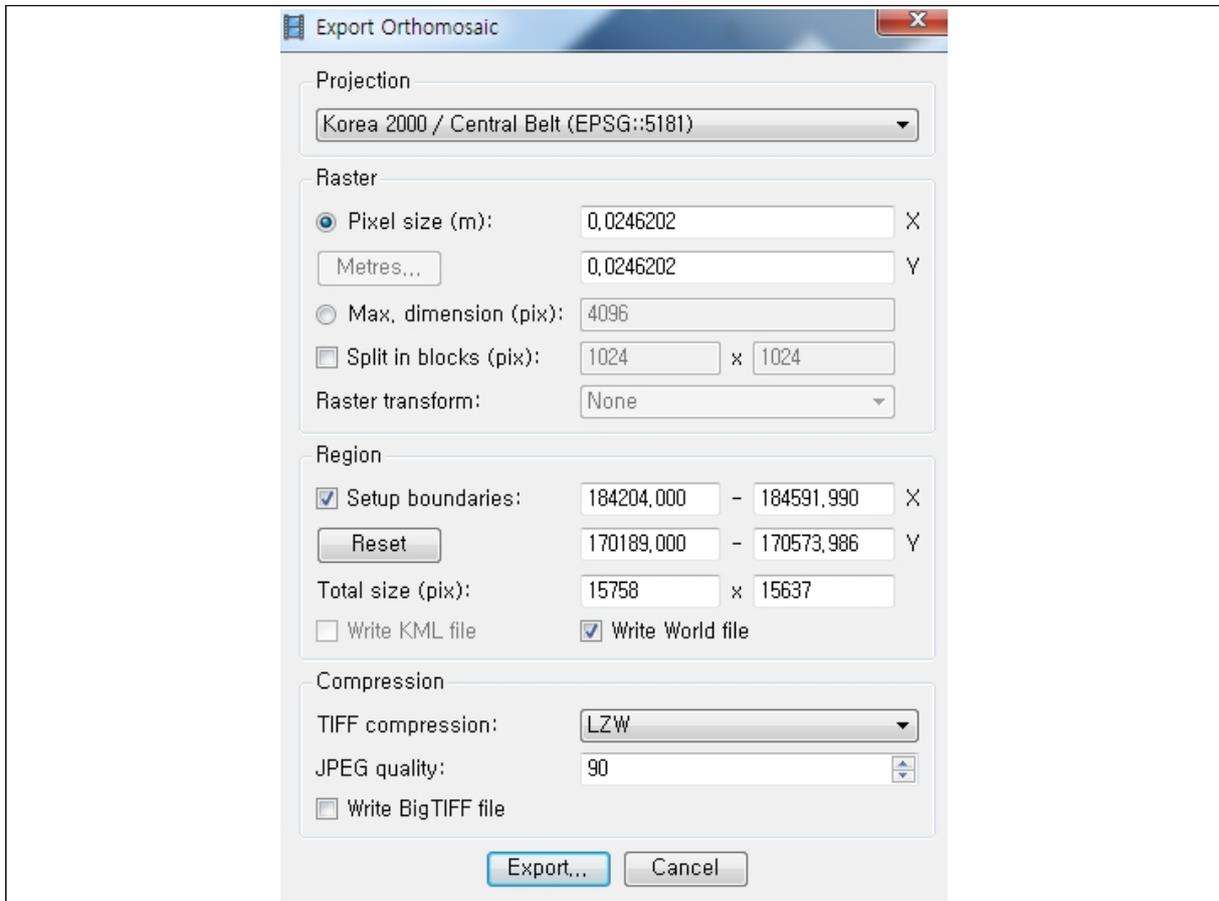
가) 정사영상 내보내기

- ▶ 데이터 처리는 모두 마무리 된 상태이며, 결과물을 추출하는 단계이다.
- ▶ File -> Export Ortho photo - JPEG/TIFF/PNG 실행한 뒤 설정 값을 선택하고 Export 버튼을 클릭하여 이미지를 추출한다.

나) Export OrthoMosaic 설정 값

- ▶ Projection : Geographic
- ▶ 좌표계 : 기본적으로 지상기준점의 좌표계로 적용된다.
- ▶ Blending mode : Mosaic (기본 값)
- ▶ Enable color correction : 체크
- ▶ Pixel size : 자동 (사용자가 원하는 Pixel size를 입력)
- ▶ Max. dimension(pix) : 기본 값 (최대 유효해상도가 기본적으로 표시된다)
- ▶ Split in blocks(pix) : 체크 시 영상을 타일로 내보낸다.
- ▶ Setup boundaries : 체크
- ▶ Estimate를 클릭하면 자동으로 영상의 영역 값이 표시됨
- ▶ Write World file : 체크

[그림 3-60] 정사영상 내보내기

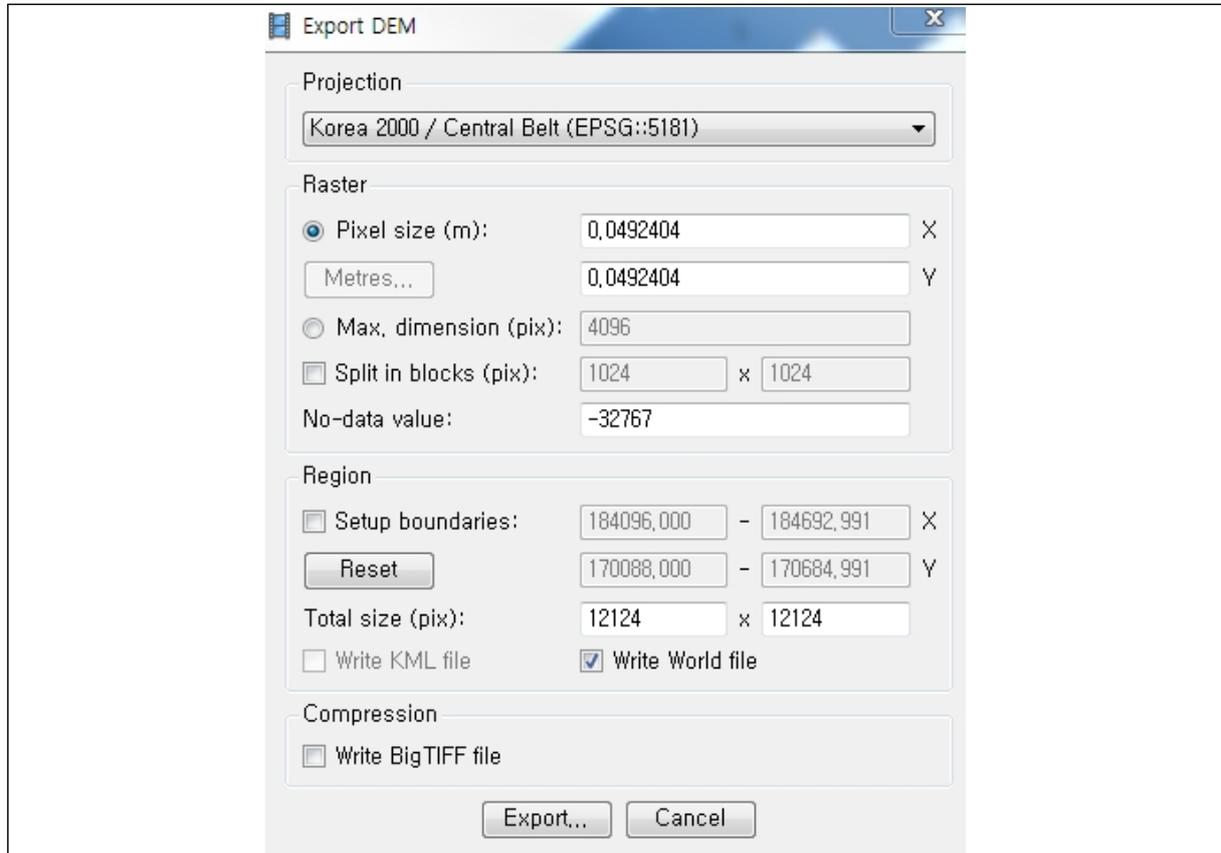


2) Export DEM

가) 수치표고모델 내보내기

- ▶ File - Export DEM - Geo TIFF/BIL/XYZ 실행한 뒤 설정 값을 선택하고 Export 버튼을 클릭하여 DEM을 추출한다.
- ▶ Projection : Geographic
- ▶ 좌표계 : 기본적으로 지상기준점의 좌표계로 적용된다.
- ▶ Blending mode : Mosaic (기본 값)
- ▶ Enable color correction : 체크
- ▶ Pixel size : 자동 (사용자가 원하는 Pixel size를 입력)
- ▶ Max. dimension(pix) : 기본 값 (최대 유효해상도가 기본적으로 표시된다)
- ▶ Split in blocks(pix) : 체크 시 영상을 타일로 내보낸다.
- ▶ Setup boundaries : 체크
- ▶ Estimate를 클릭하면 자동으로 영상의 영역 값이 표시됨
- ▶ Write World file : 체크

[그림 3-61] 수치표고모델 내보내기



제 4 절 장비보관 및 관리

1. 초경량 드론 보관 및 자가수리

가. 초경량 드론 보관

1) 드론 보관법

- ▶ 드론은 직사광선을 받지 않는 곳, 온도 영하 10도에서 영상 35도 그리고 습도 45% 이하의 실온에서 보관하여야 한다.
- ▶ 드론은 정기적으로 점검을 하여야하며, 이상이 없는지 수시로 점검하여야 한다.
- ▶ 비행 후에는 항상 드론의 청결을 유지하여야 하며, 드론에 배터리를 채워서 보관하지 않는다.

2) 배터리 보관법

- ▶ 사용자의 보관법에 따라 드론의 배터리의 상태는 달라지므로 유의해야 한다.

가) 전압유지

- ▶ 배터리의 완충 시 전압은 각 셀당 약 4.2V이다. 배터리 보관에 있어서 가장 적당한 전압은 1셀당 3.7V에서 3.85V사이다.
- ▶ 장기간 보관할 경우 모든 셀이 각각 3.7V에서 3.85V 사이의 전압을 유지해야 한다.
- ▶ 배터리의 완충 시 일주일만 지나도 배터리는 망가질 수 있다.

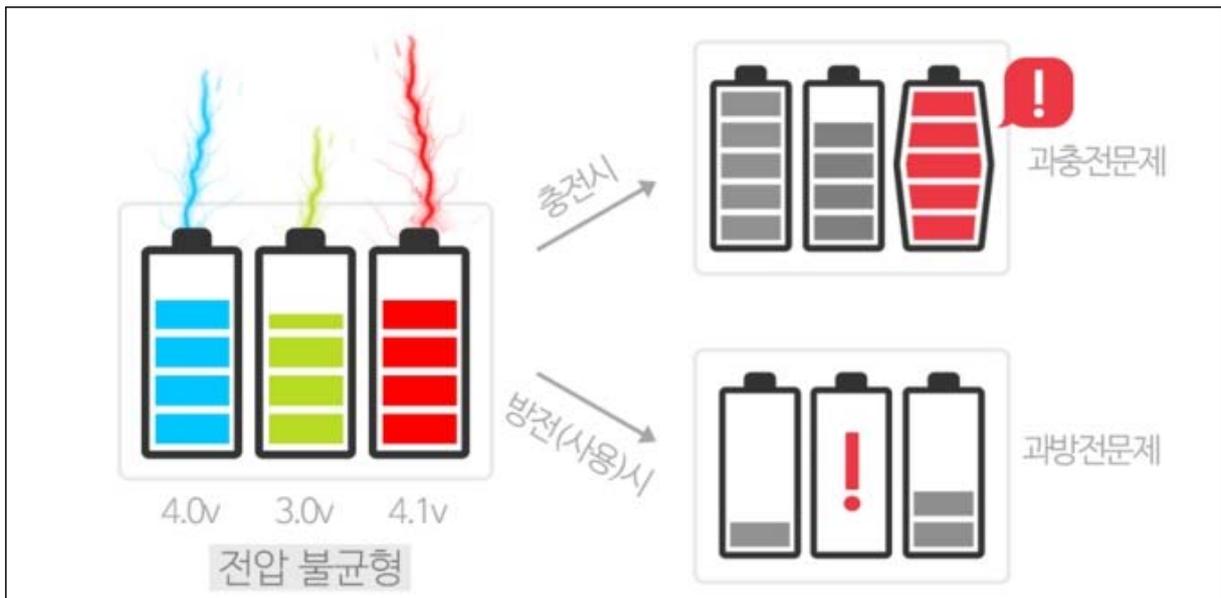
[그림 4-1] 전압유지



나) 셀 밸런스 사용

- ▶ 기본적으로 배터리 충전 시 셀 밸런스를 사용하도록 되어있다.
- ▶ 셀 밸런스를 사용하지 않고 충전을 하게 되면, 배터리의 각 셀의 전압 불균형이 이루어진다.
- ▶ 전압의 불균형이 된 상태로 충전을 하면, 특정 셀에 과한 전압이 가해져 폭발 할 수 있으므로 주의해야한다.

[그림 4-2] 전압 불균형



다) 온도 및 보관 장소

- ▶ 리튬 폴리머의 배터리는 온도에 민감하다. 주변의 온도가 너무 높으면 전압이 올라가 배가 부르거나 폭발할 위험이 있다.
- ▶ 반대로 온도가 너무 낮으면 전압이 너무 내려가 배터리를 쓸 수 없는 상태가 된다.
- ▶ 배터리보관 시 직사광선을 피해야 하며, 온도는 20°C가 적당하고 습도는 45% 이하여야 한다.
- ▶ 여름철 또는 겨울철 배터리를 자동차 실내 또는 트렁크에 장기간 보관하지 않아야 한다.

나. 초경량 드론 자가 수리

1) 점검

- ▶ 드론에 대한 사용자의 점검으로 이상 유무를 판단하여 개발업체에 문의를 하면 빠른 답변과 수리가 완료될 수 있고, 사용자가 직접 수리를 진행 할 수 있다.

가) 모터점검

- ▶ 사용자가 육안 또는 모터를 회전시켜 모터를 점검 할 수 있다.
- ▶ 모터가 부드럽게 돌아가지 못하거나 모터가 회전하는데 모래나 다른 이물질이 없는지 확인한다.
- ▶ 모터가 부드럽게 회전하지 않는다면, 모터 안을 입김으로 불어 이물질을 제거합니다.
- ▶ 압축 공기를 사용하게 되면 모터내부의 손상이 될 수 있다.
- ▶ 위의 방법을 사용하여도 해결되지 않는다면, 개발업체에 문의해야한다.

나) 프로펠러 점검

- ▶ 육안으로 프로펠러의 휨, 크랙등을 확인한다.
- ▶ 프로펠러의 볼트 조임 상태를 확인한다.
- ▶ 파손이 되거나 느슨하게 결합된 프로펠러는 진동을 일으킬 수 있으므로, 조그만 크랙이라도 반드시 교체해야 한다.
- ▶ 프로펠러의 문제가 생김으로 비행이 불가능하며, 비행을 실시 할 시에는 추락의 요인이 될 수 있으므로 프로펠러의 점검은 필수 실시한다.

다) 랜딩기어 점검

- ▶ 랜딩기어의 볼트 조임 상태 또는 랜딩기어의 정렬됨을 확인한다.
- ▶ 이륙 또는 착륙 중 랜딩기어 불안정으로 추락 또는 사고가 발생할 수 있으므로 랜딩기어의 점검을 한다.

라) USB 라디오모뎀 안테나 점검

- ▶ USB 라디오모뎀의 안테나는 사용자의 부주의로 인하여 쉽게 파손되며, 안테나의 단자를 항상 확인하여야한다.
- ▶ 안테나의 단자파손으로 인하여 비행 중 라디오모뎀의 수신감도가 저하 또는 단절 될 수 있다.

2) 수리

- ▶ 초경량드론은 카본 소재와 전자기 부품으로 이루어져 있기 때문에 사용자가 정비할 수 있는 부분이 거의 없다.
- ▶ 사용자는 간단한 자가 수리를 할 수 있으며, 프로펠러, 랜딩기어, 고정식 짐벌 이외의 부품 등을 수리하게 되면 개발업체에서 책임을 지지 않는다.

가) 프로펠러 수리

- ▶ 프로펠러는 CW, CCW로 이루어져있다.
- ▶ 프로펠러의 CW는 시계방향의 프로펠러이며, CCW는 반시계방향의 프로펠러이다.
- ▶ 사용자의 부주의로 프로펠러를 바꿔 장착하면, 즉시 사고로 이어짐을 주의해야 한다.
- ▶ 파손이 되거나 느슨하게 결합된 프로펠러는 진동을 일으킬 수 있으므로, 조그만 크랙이 발견될 시에도 반드시 교체해야 한다.
- ▶ 프로펠러의 문제가 생김으로 비행이 불가능하며, 비행을 실시할 때 추락의 요인이 될 수 있으므로 프로펠러의 점검은 필히 실시한다.

[그림 4-3] 프로펠러



① 볼트 분리

- ▶ 초경량드론의 프로펠러 볼트를 지정된 육각렌치를 사용하여 풀어준다.

[그림 4-4] 프로펠러 분리



- ▶ 프로펠러를 분리하면 아래의 <그림 4-5>과 같으며, 분리 후 흰색 와셔의 분실을 주의해야한다.

[그림 4-5] 프로펠러 마운트



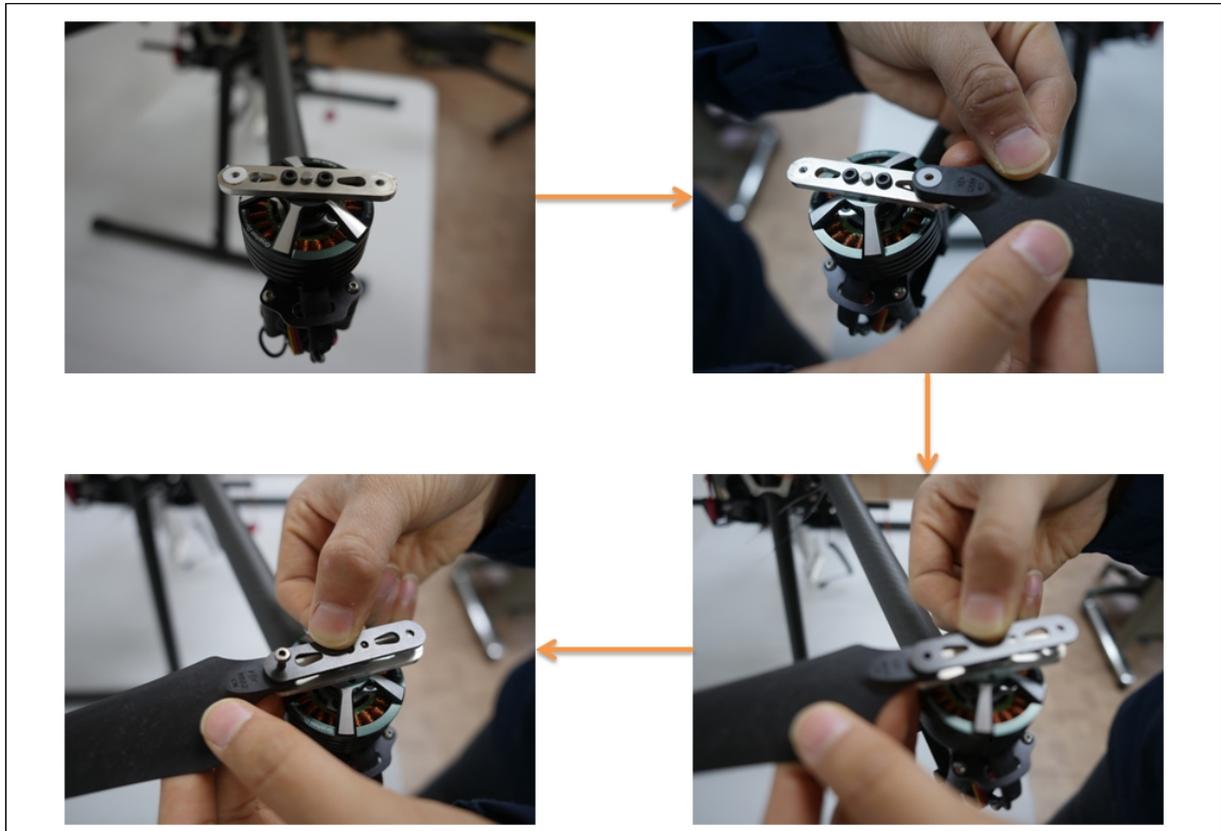
- ▶ 프로펠러 분리를 완료하면 와서 4개, 볼트 2개, 프로펠러 2개를 확인한다.
- ▶ 프로펠러의 방향을 확인한다.

[그림 4-6] 프로펠러 분리 완료



- ▶ 프로펠러를 교체 후 새 프로펠러를 장착한다.
- ▶ 프로펠러의 장착은 아래<그림 4-7>과 같이 장착한다.

[그림 4-7] 프로펠러 장착완료



- ▶ 장착을 완료 후 볼트의 조임 상태를 다시 한 번 확인한다.

나) 랜딩기어 수리

- ▶ 랜딩기어 파손 시 개발업체에 문의하여 랜딩기어 부품을 인수받아 자가 수리를 진행한다.
- ▶ 랜딩기어 교체는 해당 부품만 교체를 할 수 있기 때문에 사용자가 간단히 수리를 진행할 수 있다.

① 랜딩기어 고정 볼트 분리

- ▶ 해당 파손된 랜딩기어의 고정 볼트를 분리한다.
- ▶ 볼트를 분리할 때 나사가 헛돌지 않도록 약하게 풀어 주어야한다.

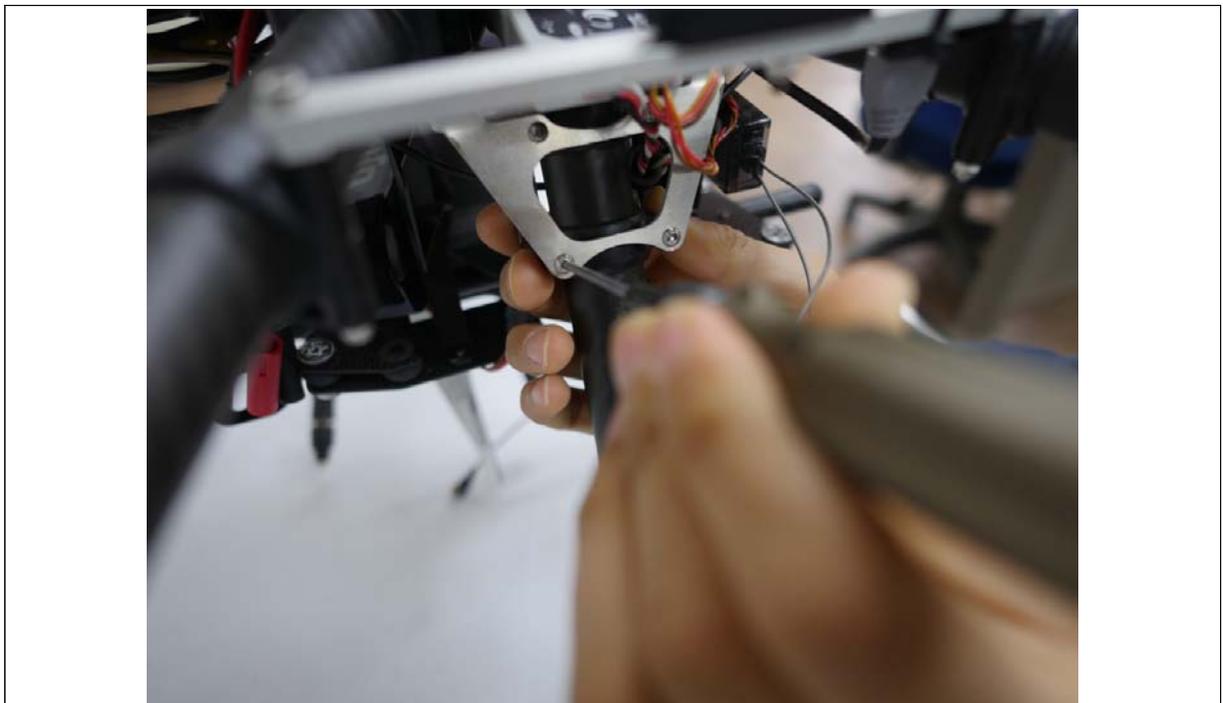
[그림 4-8] 랜딩기어 볼트 분리



② 랜딩기어 교체

- ▶ 개별업체에서 인수받은 랜딩기어 부품을 교체한다.
- ▶ 볼트를 너무 강하게 조이면 랜딩기어가 파손될 수 있으므로 유의하여야 한다.

[그림 4-9] 고정식 짐벌 교체



부록 3

시범지역에 대한 공간정보 구축

제 1 절 연구사업 시범 대상지 개요

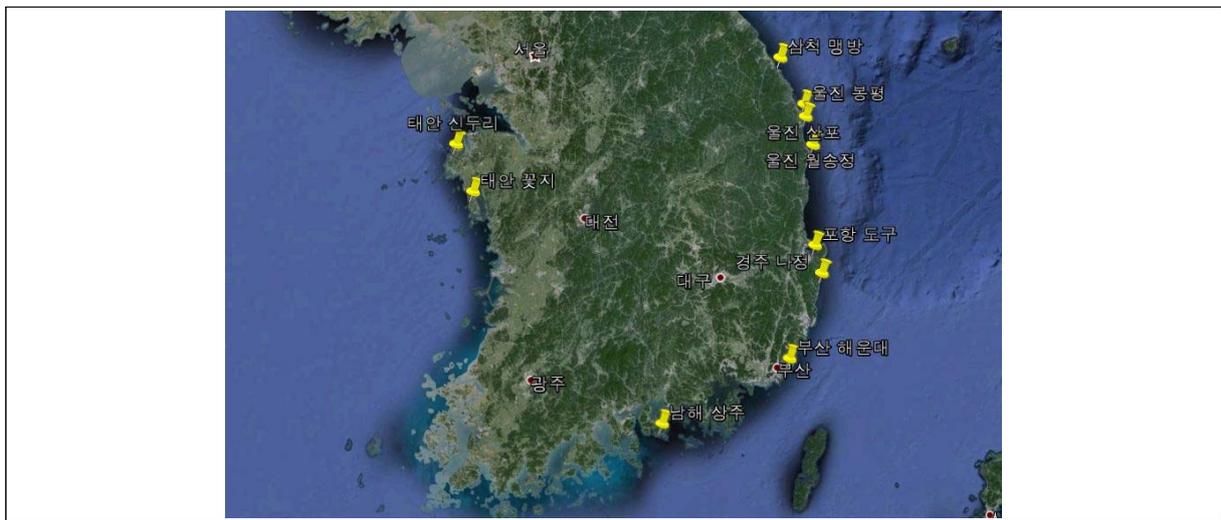
1. 대상지역 개요

- ▶ 본 연구의 대상지역은 최근 빈번하게 연안침식이 발생하고 있는 곳을 중심으로 대표적인 10개소로 선정하였고, 침·퇴적 양상을 파악할 수 있도록 장마 전·후로 드론 사진촬영을 수행하였다.

<표 3-1> 대상지역 개요

명칭	위치	해변 연장	영상촬영
삼척 맹방	강원도 삼척시 근덕면	6.3km	2회
울진 봉평	경상북도 울진군 죽변면	2.6km	2회
울진 산포	경상북도 울진군 근남면	3.4km	2회
울진 월송정	경상북도 울진군 평해읍	3.6km	2회
포항 도구	경상북도 포항시 남구 동해면	3.0km	2회
경주 나정	경상북도 경주시 감포읍	1.6km	2회
부산 해운대	부산광역시 해운대구	1.5km	2회
태안 신두리	충청남도 태안군 원북면	3.9km	2회
태안 꽃지	충청남도 태안군 안면읍	3.4km	2회
남해 상주	경상남도 남해군 상주면	0.7km	2회

<그림 3-1> 대상지역 위치도



제 2 절 과제수행 장비개요

1. 국지성 해안재해 모니터링 드론

- ▶ 연안침식 관심지역에 대한 드론사진측량 영상취득 장비인 드론은 크게 두 가지로 하나는 대상지역 전체영상 확보를 위한 고정익 드론과 일부지역의 신뢰성 검증을 위해 본 연구과제에서 개발한 한국형 회전익 드론을 이용하여 각각 모델링을 수행하였으며 드론의 제원은 아래 표와 같다.

<표 3-2> 고정익, 회전익 드론 제원

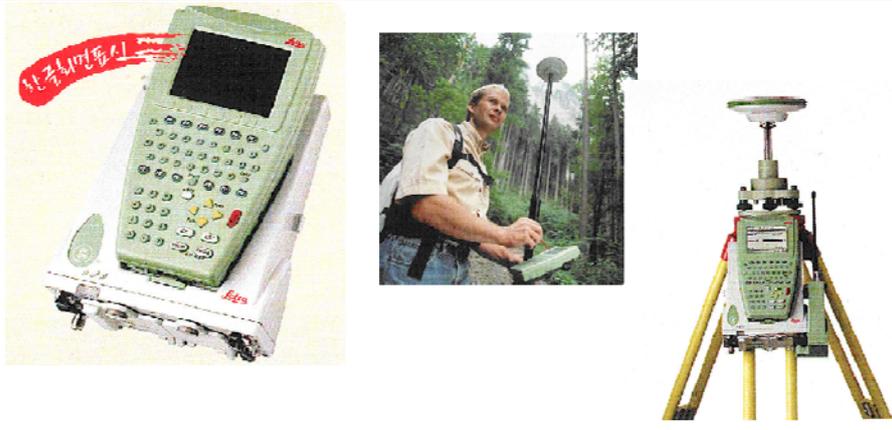
종류	고정익 드론	회전익 드론
사진		
제품명	eBee	GD-801
무게	0.7kg	3.5kg
길이	96cm	110cm
비행시간	45분	20분
비행속도	10~16m/s	1~25m/s
수신거리	3km	3km
이·착륙	수동이륙, 자동착륙	자동 이·착륙
비행형식	자동경로비행	자동경로비행

- ▶ 고정익 드론인 ‘eBee’장비의 무게는 0.7kg이며 길이는 96cm, 비행시간은 45분, 비행속도는 초당 10~16m의 속도로 비행이 가능하며 1회 비행시 비행면적은 0.5~5.0km²이고 이착륙 방식은 수동이륙이나 착륙은 자동으로 가능하고 비행형식은 사전에 입력된 정보에 의한 자동경로 비행이 가능하다.
- ▶ 회전익 드론인 ‘GD-801’은 본 과업을 위해 제작한 장비로서 무게는 3.5kg의, 길이는 110cm, 비행시간은 20분, 비행속도는 초당 1~25m의 속도로 비행이 가능하며 1회 비행시 비행면적은 0.16km²이고 이착륙은 모두 자동으로 가능하고 비행형식은 사전에 입력된 정보에 의한 자동경로 비행이 가능하다.

2. 기준점 측량 및 지상기준점 측량 장비 개요

- ▶ 기준점측량은 국토지리정보원에 검증된 측량기 장비인 Leica사의 'GX1230+ GNSS GPS'를 사용하였고, 측량에 사용한 국가 GPS기준점을 중심으로 과업구간을 삼각망 속에 포함하여 각 지역의 상시 관측 데이터 및 수준점을 이용하였다. 또한 취득된 데이터를 후처리 후 기준국 좌표에 좌표계망을 설정한 뒤에 Base를 설치하여 GPS-RTK(Real Time Kinematic)방식으로 지상기준점 측량을 실시하였다.

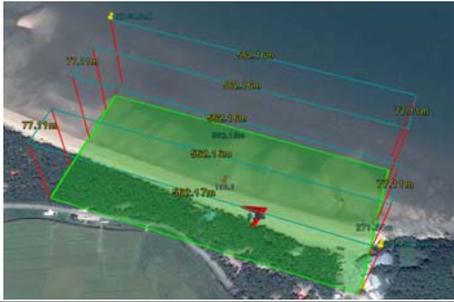
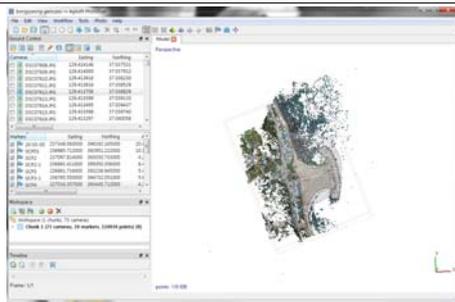
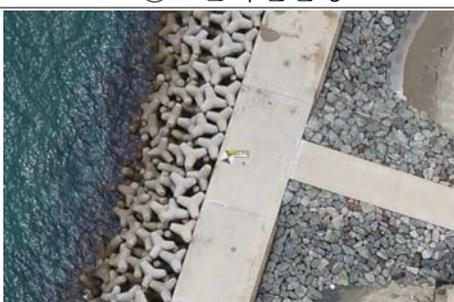
<표 3-3> Leica GX1230+GNSS 장비 개요

항목	내용
제조사	LEICA (스위스)
수신기록특징	12 L1 channels Full phase C/A narrow code, precision code 12 L2 channels, P code, P-code-aided under AS
측정모드	정지측량, 신속정지측량, 이동측량, RTK (실시간측량), DGPS / RTCM
정확도	Static, long observations : 3mm+0.5ppm(rms) Rapid static : 5mm+0.5ppm(rms) Kinematic/moving after initialization : 10mm+1ppm(rms)
안테나	AX1203+GNSS Antenna L1/L2 microstrip, built-in ground plane, 0.4kg
RTK	Range : Typically 10km with low-power radio. Up to 30km with high-power radio or GSM phone infavorable conditions
사진	

제 3 절 드론사진측량 및 데이터 처리 절차

- ▶ 드론을 활용한 데이터 취득 및 처리흐름은 무인항공기(UAV)의 종류인 고정익과 회전익 모두 공통적으로 크게 ①계획 → ②지상기준점 관측 → ③드론사진촬영 → ④포인트 클라우드 추출 → ⑤지상기준점 보정 → ⑥정사영상 및 수치표고모델(Digital Surface Model) 생성 → ⑦3차원 모델 생성 → ⑧성과검토 순서로 진행된다.

<그림 3-2> 드론사진측량 데이터 처리 절차

																									
①계획	②지상기준점 관측																								
																									
③드론사진촬영	④포인트 클라우드 추출																								
																									
⑤지상기준점 보정	⑥정사영상 및 DSM 생성																								
	 <table border="1" data-bbox="1133 1859 1329 1926"> <thead> <tr> <th>Label</th> <th>x</th> <th>y</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>237036.422</td> <td>393445.581</td> <td>4.380</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>236820.672</td> <td>393473.241</td> <td>5.910</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>236860.817</td> <td>393242.749</td> <td>6.520</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>236797.558</td> <td>393610.973</td> <td>6.160</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>236845.344</td> <td>393326.588</td> <td>5.510</td> </tr> </tbody> </table>	Label	x	y	z	1	237036.422	393445.581	4.380	2	236820.672	393473.241	5.910	3	236860.817	393242.749	6.520	4	236797.558	393610.973	6.160	5	236845.344	393326.588	5.510
Label	x	y	z																						
1	237036.422	393445.581	4.380																						
2	236820.672	393473.241	5.910																						
3	236860.817	393242.749	6.520																						
4	236797.558	393610.973	6.160																						
5	236845.344	393326.588	5.510																						
⑦3차원 모델 생성	⑧성과검토																								

제 4 절 드론사진측량

1. 비행계획 수립

- ▶ 본 연구에서 선정된 대상지는 10곳으로 비행전 사전답사를 통해 비행고도 및 비행 경로를 설정하였으며 고정익 드론 비행시뮬레이션 프로그램인 eMotion2와 회전익 드론 비행시뮬레이션 프로그램 Ground Station을 이용하여 비행계획을 수립하였다.
- ▶ 해안지역은 모래사장과 갯벌로 인하여 보다 정밀한 드론사진측량을 위하여 해상도는 고정익 4cm/pix, 회전익 4.5cm/pix로 설정하였고, 중복도도 비교적 많은 비행폭 70%, 진행방향 90%의 중복도로 설정하였다. 또한 해변의 연장에 따라 1~3회 비행으로 나누어 촬영계획을 수립하였다.

<표 3-4> 고정익 1차 비행 개요

대상지	맹방	봉평	산포	월송정	도구	나정	해운대	상주	꽃지	신두리
촬영일	2015.07.23	2015.07.21	2015.07.09	2015.07.21	2015.07.22	2015.07.06	2015.06.16	2015.08.19	2015.07.02	2015.07.03
비행고도	141.1m									
해상도	4cm									
촬영면적	3.12km ²	1.80km ²	1.83km ²	1.91km ²	1.23km ²	0.79km ²	0.70km ²	0.51km ²	2.20km ²	2.13km ²
중복도	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90
비행횟수	3회	2회	2회	2회	2회	1회	2회	1회	3회	2회
비행시간	69분	34분	59분	44분	57분	20분	36분	11분	76분	58분
사진매수	1068장	676장	596장	661장	572장	276장	388장	159장	1121장	834장

<표 3-5> 회전익 1차 비행 개요

대상지	맹방	봉평	산포	월송정	도구	나정	해운대	상주	꽃지	신두리
촬영일	2015.07.23	2015.07.21	2015.07.09	2015.07.21	2015.07.22	2015.07.06	2015.06.16	2015.08.19	2015.07.02	2015.07.03
비행고도	150m									
해상도	4.5cm									
촬영면적	0.20km ²	0.19km ²	0.15km ²	0.27km ²	0.26km ²	0.23km ²	0.21km ²	0.13km ²	0.34km ²	0.48km ²
중복도	65×80	65×80	65×80	65×80	65×80	65×80	65×80	65×80	65×80	65×80
비행횟수	1회	2회	2회							
비행시간	10분	12분	10분	14분	14분	12분	11분	10분	22분	23분
사진매수	67장	73매	65매	92매	89매	73매	71매	66매	132매	131매

<표 3-6> 고정익 2차 비행 개요

대상지	맹방	봉평	산포	월송정	도구	나정	해운대	상주	꽃지	신두리
촬영일	2015.10.20	2015.10.16	2015.10.30	2015.10.15	15.10.29	15.10.29	15.10.28	2015.10.19	2015.10.13	2015.10.14
비행고도	141.1m									
해상도	4cm									
촬영면적	3.12km ²	1.80km ²	1.83km ²	1.91km ²	1.23km ²	0.79km ²	0.70km ²	0.51km ²	2.20km ²	2.13km ²
중복도	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90	70×90
비행횟수	4회	2회	3회	2회	2회	1회	2회	1회	3회	2회
비행시간	95분	40분	58분	53분	58분	25분	42분	12분	58분	80분
사진매수	1089매	689매	548매	690매	388매	282매	377매	153매	804매	1026매

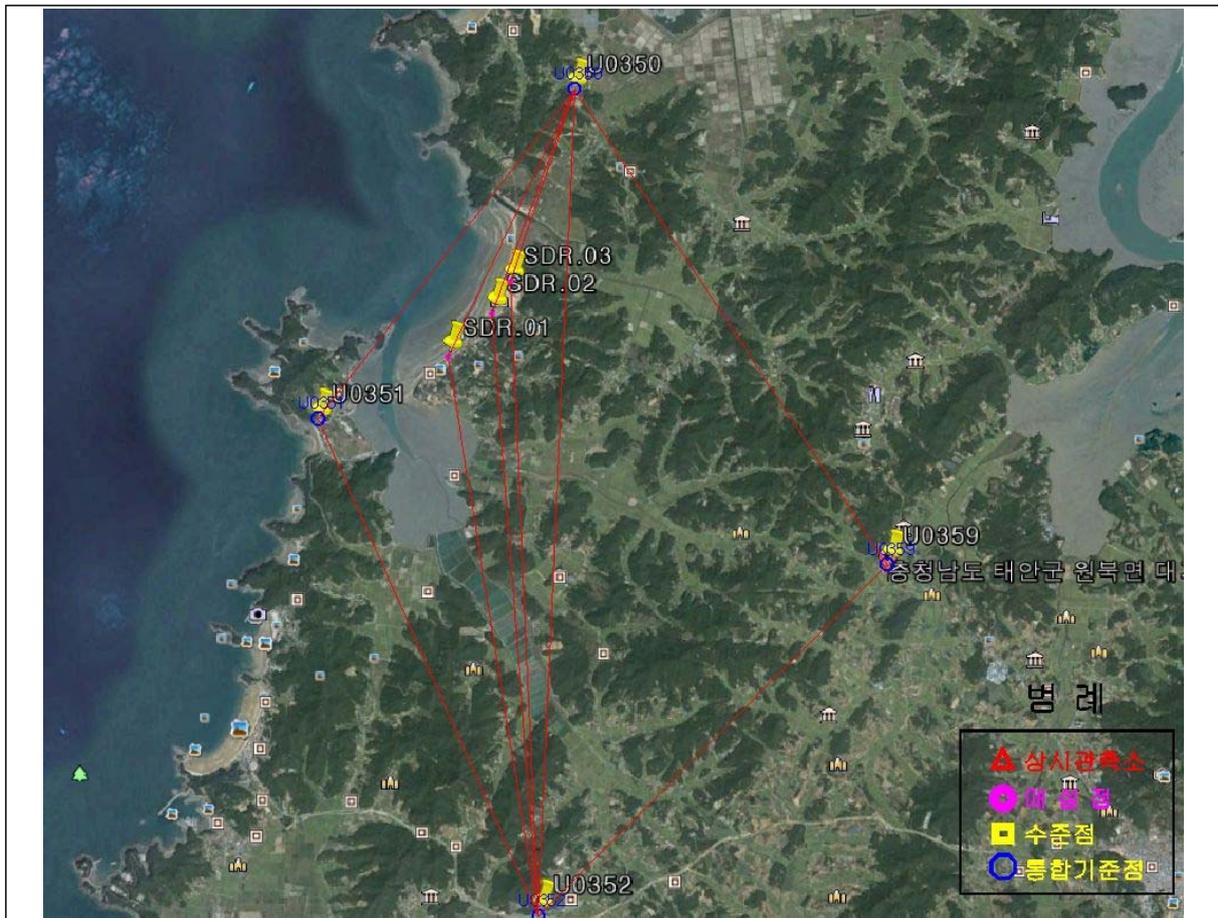
<표 3-7> 회전익 2차 비행 개요

대상지	맹방	봉평	산포	월송정	도구	나정	해운대	상주	꽃지	신두리
촬영일	2015.10.20	2015.10.16	2015.10.30	2015.10.15	15.10.29	15.10.29	15.10.28	2015.10.19	2015.10.13	2015.10.14
비행고도	150m									
해상도	4.5cm									
촬영면적	0.20km ²	0.19km ²	0.15km ²	0.27km ²	0.26km ²	0.23km ²	0.21km ²	0.13km ²	0.34km ²	0.48km ²
중복도	60×80	60×80	60×80	60×80	60×80	60×80	60×80	60×80	60×80	60×80
비행횟수	2회	1회	1회	3회	1회	1회	1회	2회	2회	2회
비행시간	20분	10분	7분	19분	8분	9분	6분	16분	16분	30분
사진매수	170매	73매	36매	158매	39매	41매	33매	136매	137매	287매

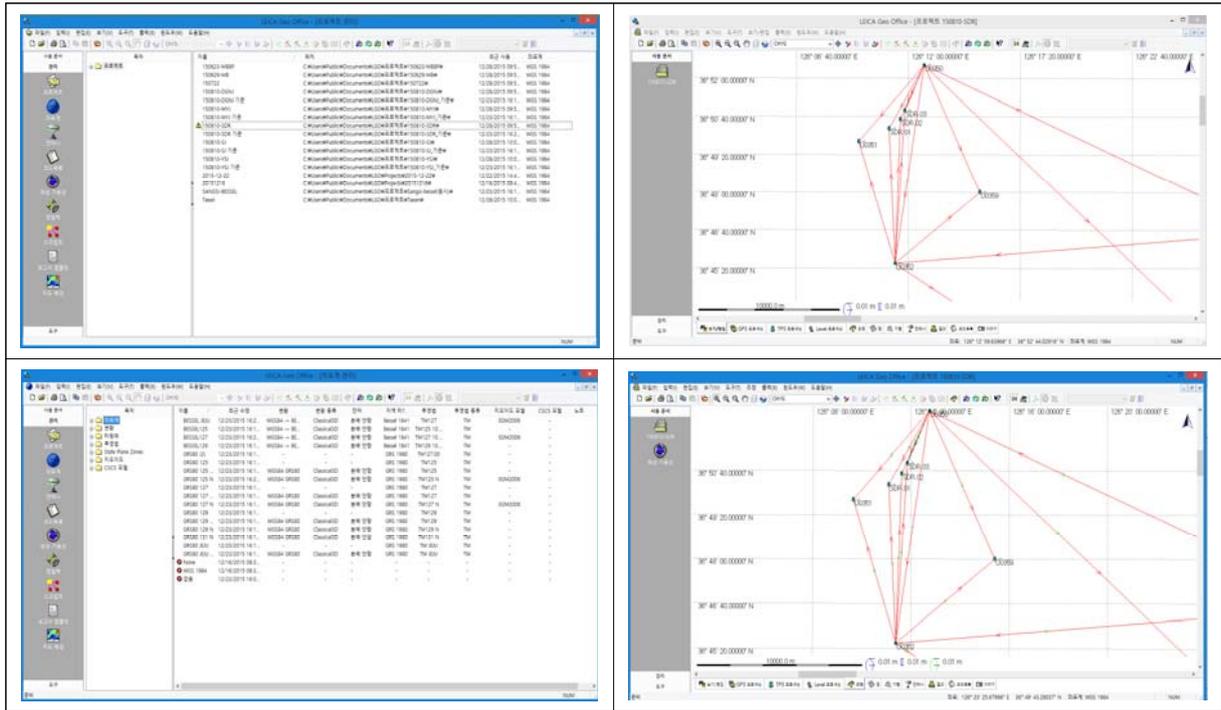
2. 기준점 및 지상기준점 측량

- ▶ 상시관측소와 수준점 및 대상지에 매설한 기준점 측량을 실시하였고, 수신된 데이터의 처리는 LGO8.0 소프트웨어를 이용하여 후처리 하였다. LGO는 GPS측량 데이터를 후처리하여 기선해석을 하는 소프트웨어로 매 작업시마다 수집된 데이터를 분석하여 기선해석 및 망 조정을 실시하여 기준점에 대한 GRS80타원체상의 TM좌표를 결정하였다(‘부록 4 기준점 및 지상기준점 점의조서‘ 참조).
- ▶ 각 대상지의 기준점은 약 1km의 간격으로 동판으로 매설 후 관측하여 기선해석 후 위치정보를 획득하였고, GPS-RTK 방식으로 지상기준점 측량을 실시하였다. 지상기준점은 약 400m 간격으로 지그재그로 배치하였고, 영상 상에서 명확한 위치 파악이 가능한 지형, 지물 및 대공표지판을 설치하여 관측하였다.

<그림 3-3> GPS 삼각망도



<그림 3-4> 기준점 프로세싱



<그림 3-5> 지상기준점 관측



<표 3-8> 관측된 기준점 및 지상기준점 수

대상지	맹방	산포	봉평	월송정	도구	나정	해운대	상주	꽃지	신두리
기준점	6	4	3	3	3	3	3	2	4	3
지상기준점	20	15	13	11	11	10	13	8	15	14

3. 드론 사진촬영

- ▶ 드론의 이·착륙 장소는 고정익은 최소 70m×40m, 회전익은 5m×5m 공간을 필요로 하여 사전답사를 통하여 주로 모래사장을 선정하여 비행하였다.
- ▶ 연안재해 전·후의 침·퇴적 양상을 파악하기 위하여 장마발생 전·후 시기를 기점으로 1차와 2차로 구분하여 촬영하였고, 신속하고 효율적인 영상획득을 위해 해변 전체를 촬영하는 고정익의 경우 해변길이에 따라 1~3회로 나누어 촬영하였고, 일부구간을 촬영하는 회전익의 경우 1~2회 비행으로 촬영하였다.
- ▶ 원활한 촬영을 위하여 비행전 국방부에 비행허가신청서를 제출하여 허가승인을 받았고, 맹방 및 산포, 봉평, 월송정, 도구 일부 지역은 군사요충지로서 담당기무사와 동행하여 촬영하였으며 검열을 실시한 후 영상을 확보하였다.
- ▶ 정밀한 정사영상과 DSM(Digital Surface Model) 제작을 위하여 취득된 영상자료는 각 사진별로 비행 로그데이터와 연동하여 사진 위치정보 및 드론 자세정보를 추출하였고, 촬영 기록부를 작성하여(‘부록 5 촬영 기록부’ 참조) 사진측량 메타파일로 기록을 해 두었다.

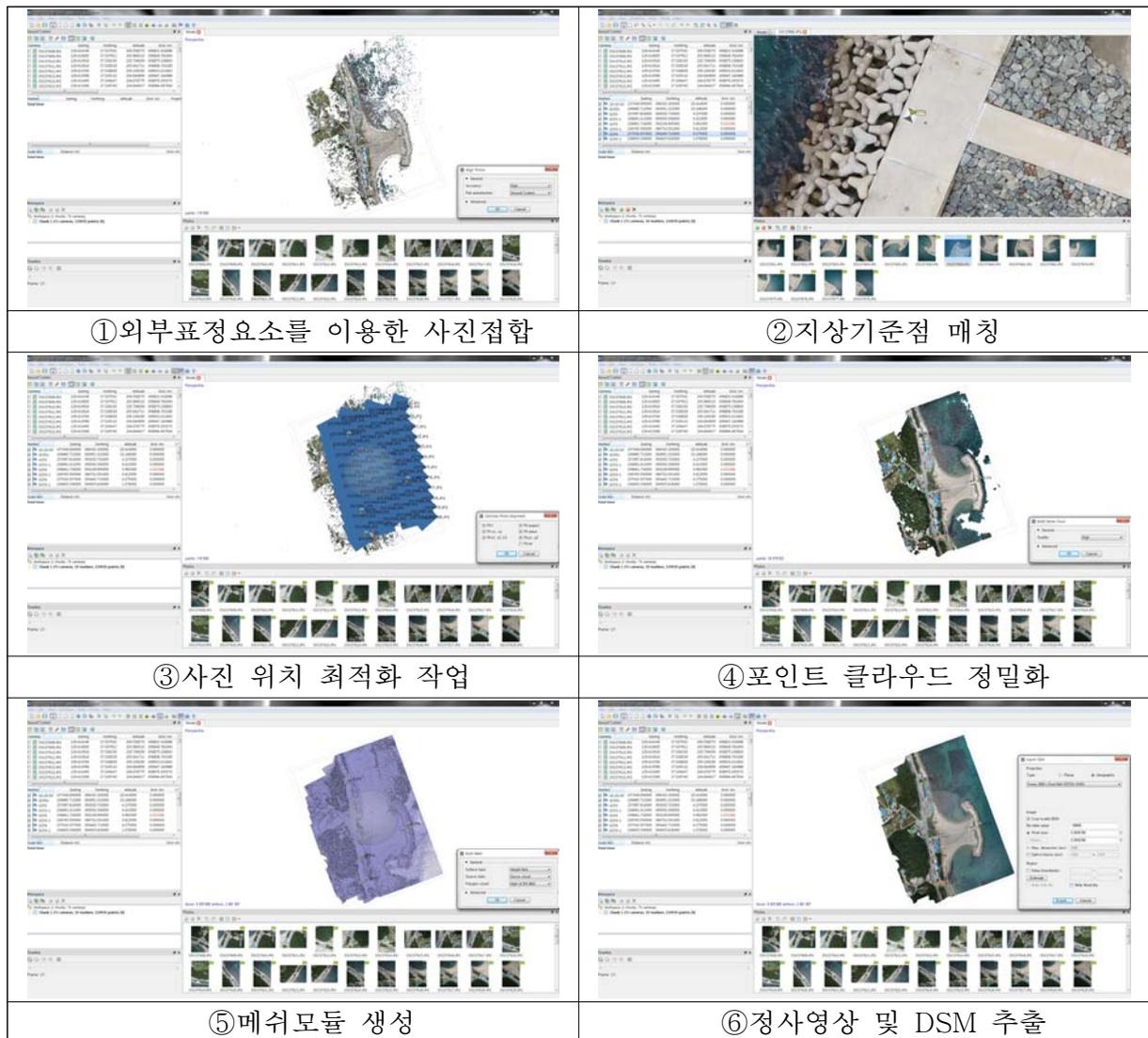
<그림 2-6> 드론사진촬영



4. 영상처리

- ▶ 비행완료 후 취득된 영상데이터는 정밀한 정사영상과 DSM을 제작하기 위해 Photoscan 이라는 소프트웨어를 이용하여 영상처리 작업을 실시하였으며 고정익과 회전익을 통해 취득한 데이터를 각각 모델링 하였다.
- ▶ 후처리 작업의 순서는 ① 외부표정요소를 이용한 사진접합 ② 지상기준점 매칭 ③ 사진 위치 최적화 작업 ④ 포인트 클라우드 정밀화 ⑤ 메쉬모듈 생성 ⑥ 정사영상 및 DSM 추출 이상 6단계로 구분되며 각 단계별 처리과정은 고정익과 회전익 모두 동일한 절차와 소프트웨어를 이용하여 진행되었다

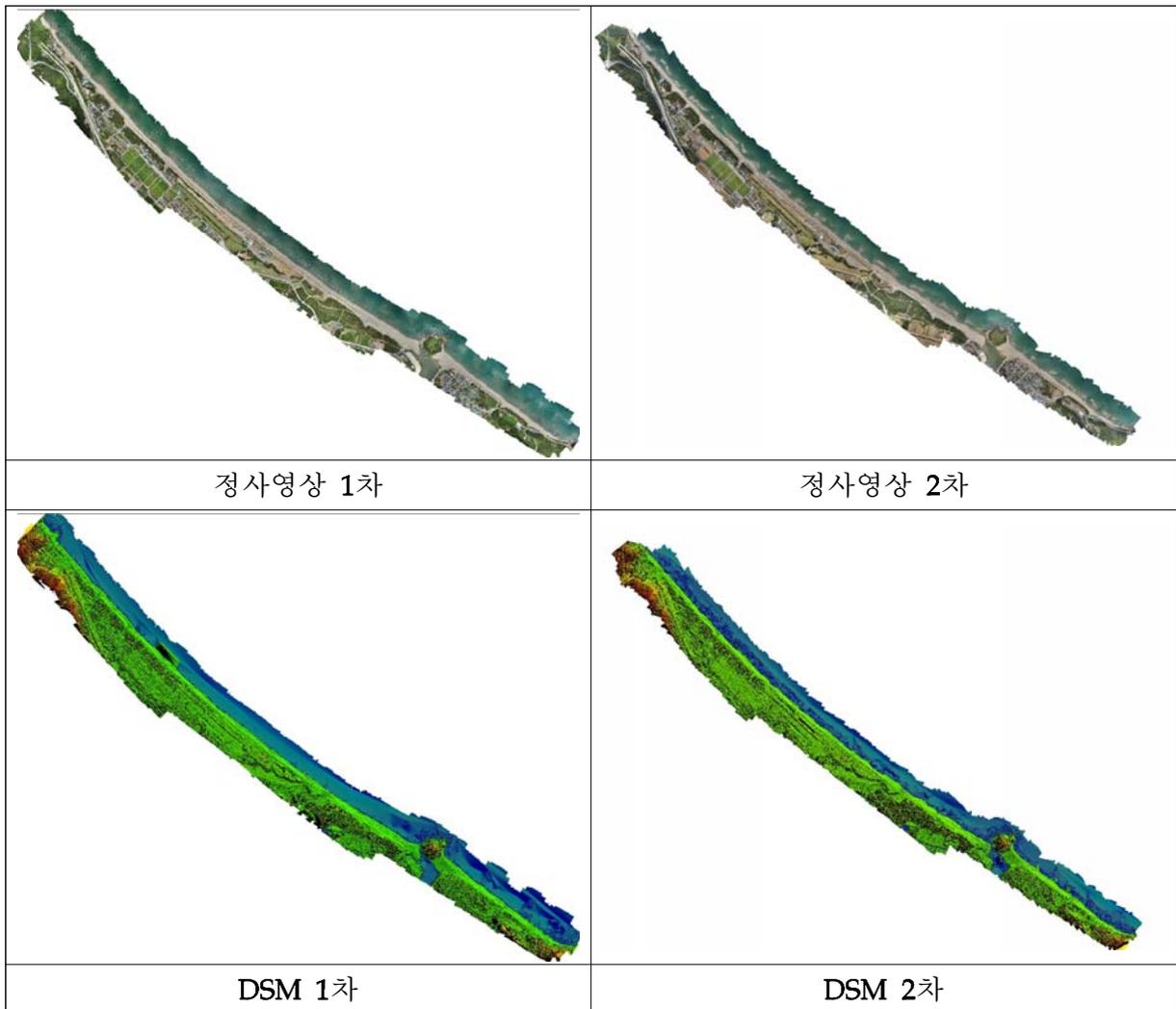
<그림 2-7> 영상처리 순서



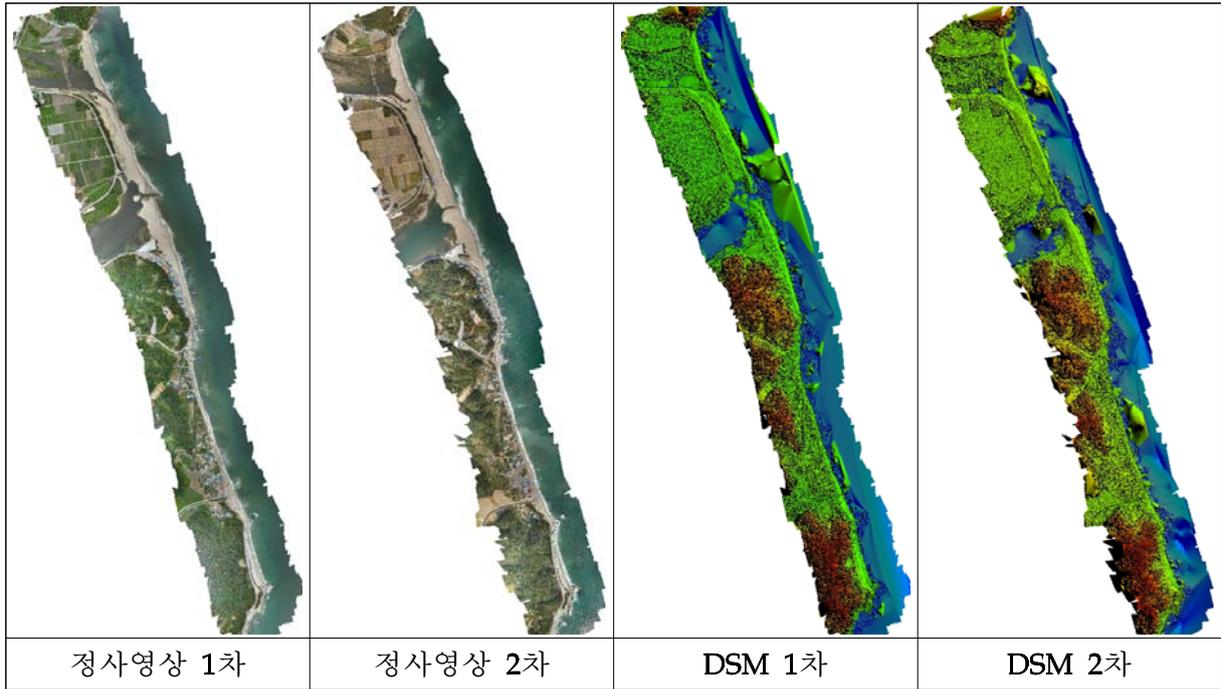
5. 3차원 모델링

- ▶ 대상지역에 대해 일련의 절차를 거쳐 취득된 저고도 고해상도 영상데이터를 이용하여 영상처리를 통해 정사영상과 DSM을 생성하였다. 영상처리 소프트웨어는 4GB이상의 정사영상을 내보낼 수 없다. 이에 삼척 맹방, 신두리, 꽃지의 경우 정사영상이 4GB를 초과하여 타일로 분할하여 내보낸 후 GIS 툴을 이용하여 하나의 파일로 제작했다.
- ▶ 제작된 정사영상과 DSM은 TerrainCreator를 이용하여 3차원 모델을 생성하였고, 완성된 모델의 평가는 기준점 및 지상기준점 측량성과와의 비교를 수행하였다.
- ▶ 관심지역인 해변주위는 정사영상과 DSM 잘 계산 되어 졌으나 물과 인접한 쇄파대 부근과 영상의 주변부에서는 SW의 처리 한계 및 사진 중복도 부족으로 인하여 노이즈가 발생하였다.

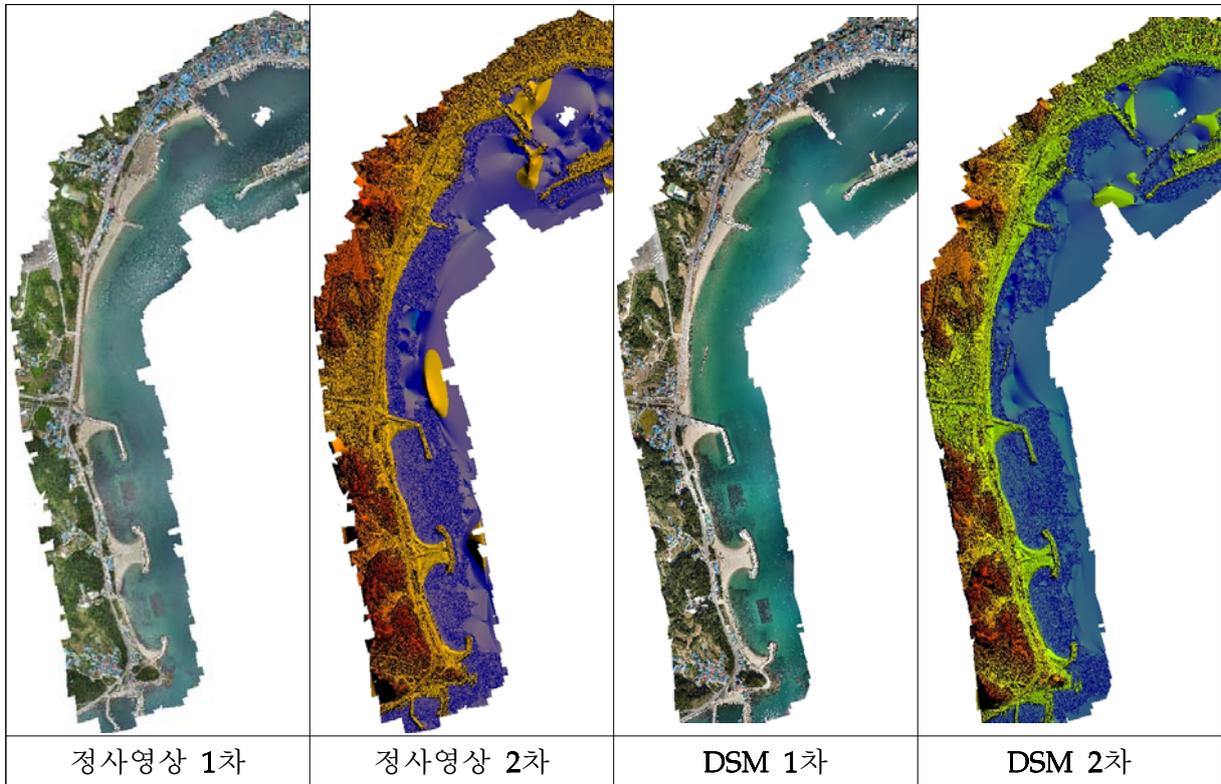
<그림 2-8> 고정익 정사영상 및 DSM(삼척 맹방)



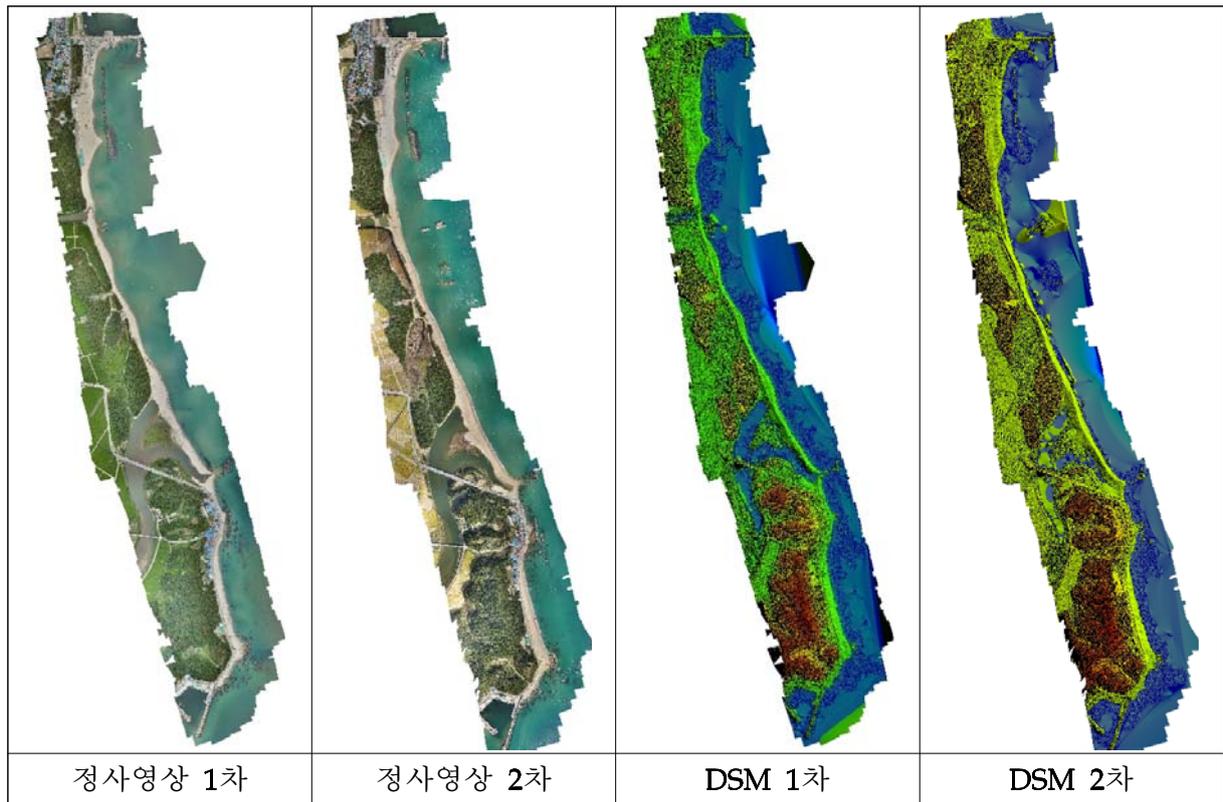
<그림 2-9> 고정익 정사영상 및 DSM(울진 산포)



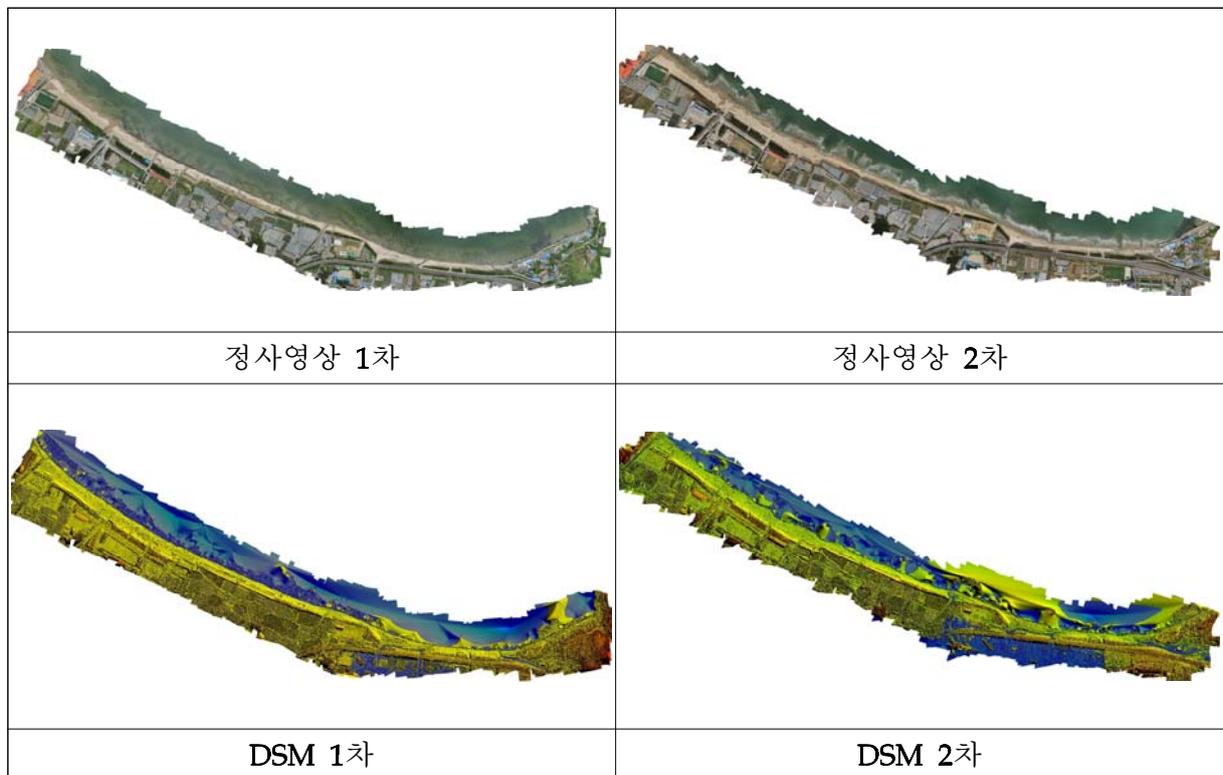
<그림 2-10> 고정익 정사영상 및 DSM(울진 봉평)



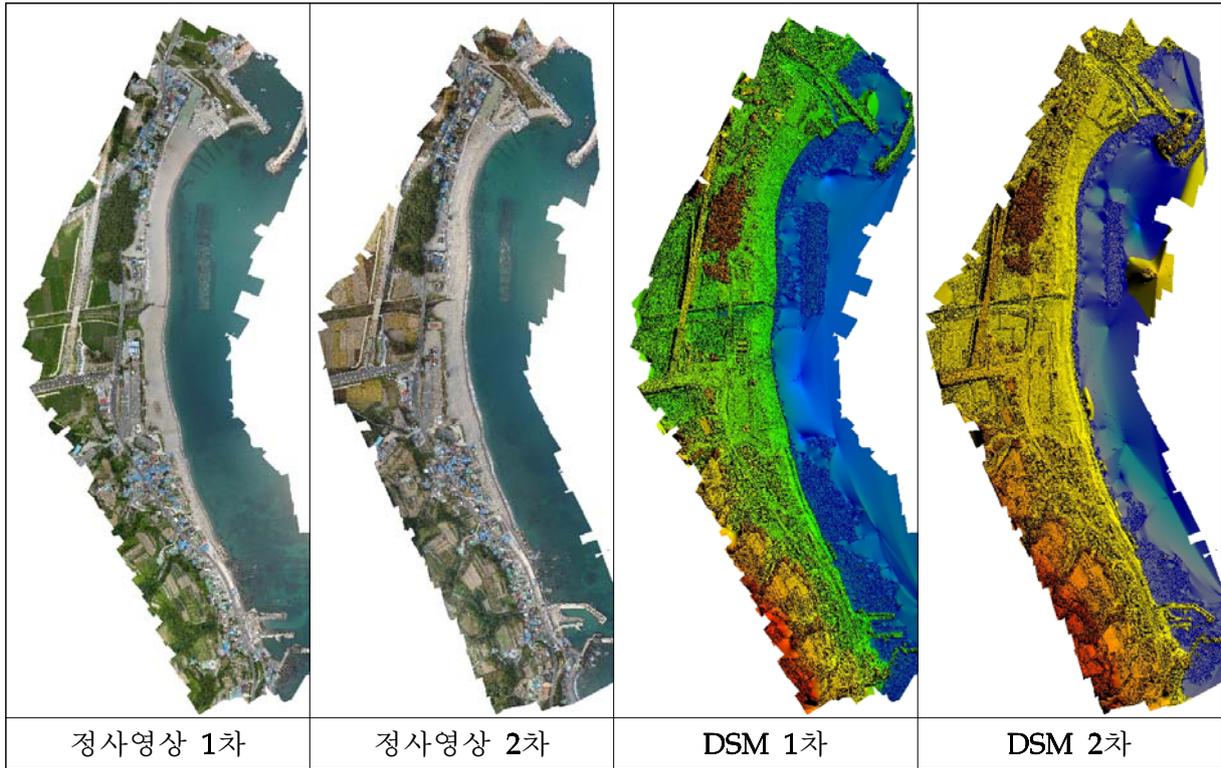
<그림 2-11> 고정익 정사영상 및 DSM(울진 월송정)



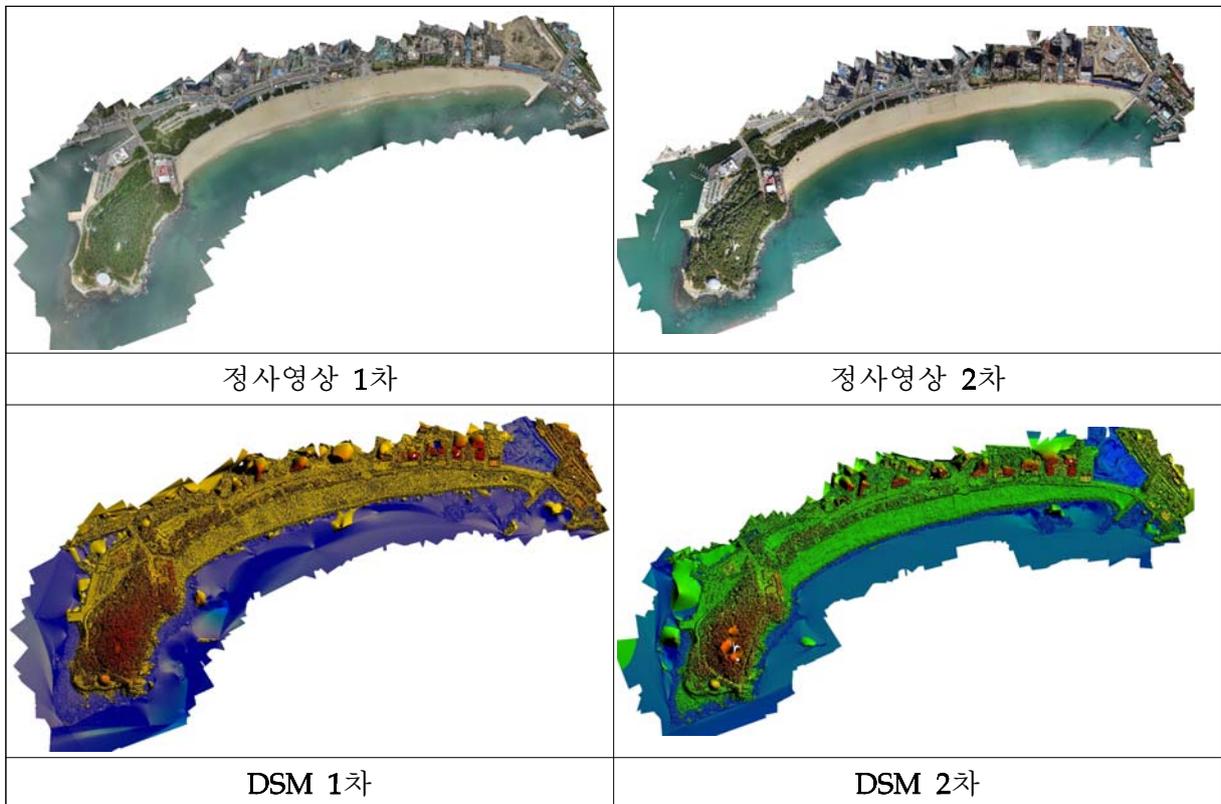
<그림 2-11> 고정익 정사영상 및 DSM(포항 도구)



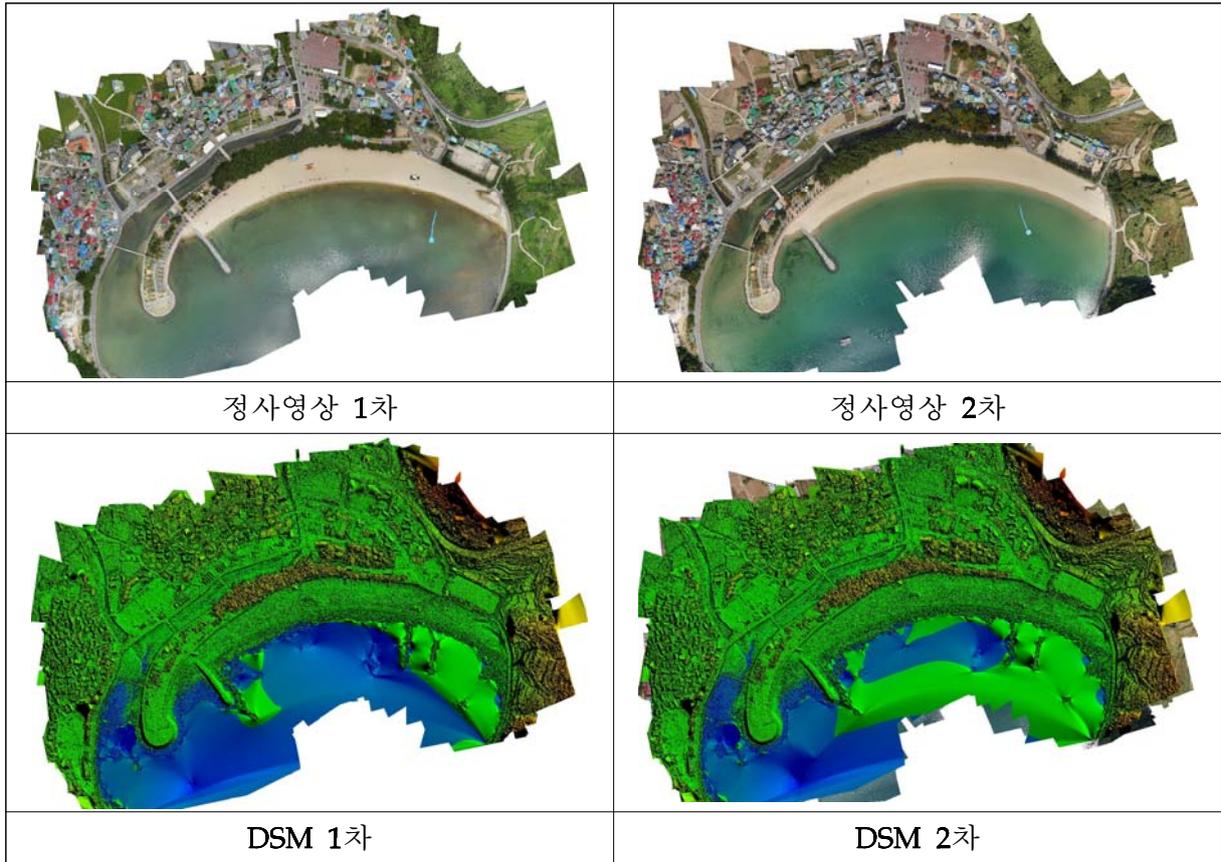
<그림 2-12> 고정익 정사영상 및 DSM(경주 나정)



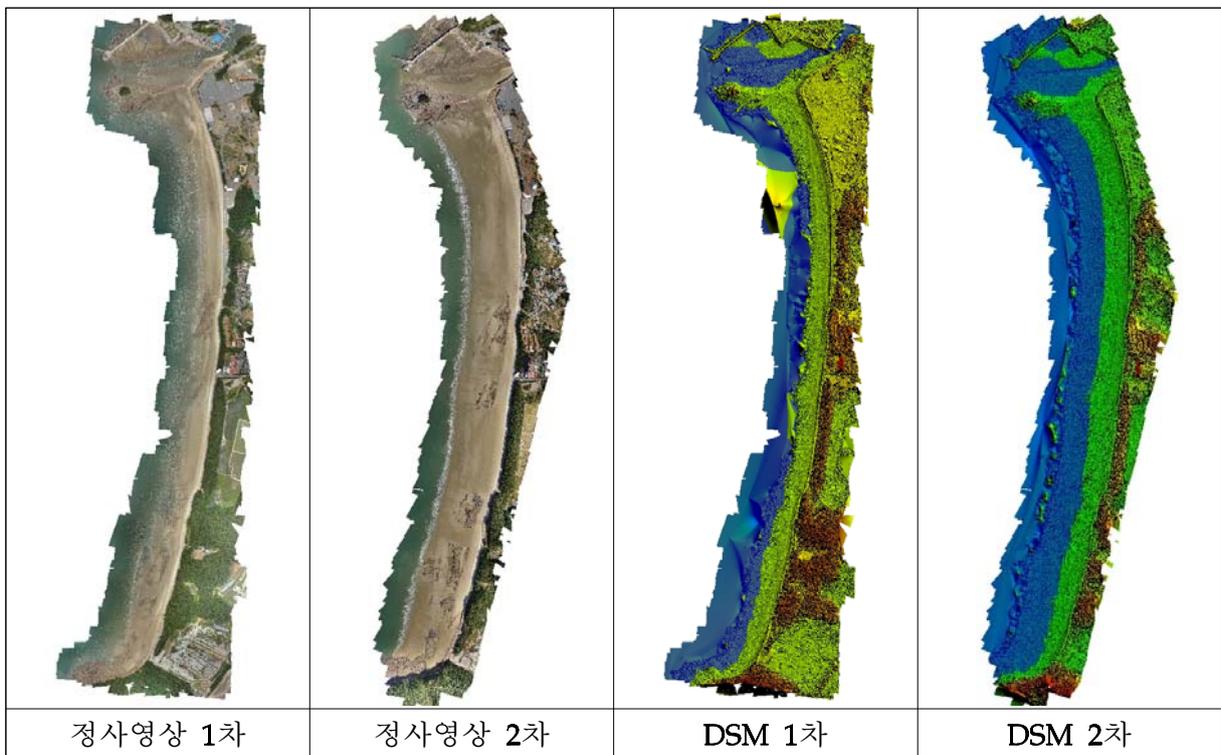
<그림 2-13> 고정익 정사영상 및 DSM(부산 해운대)



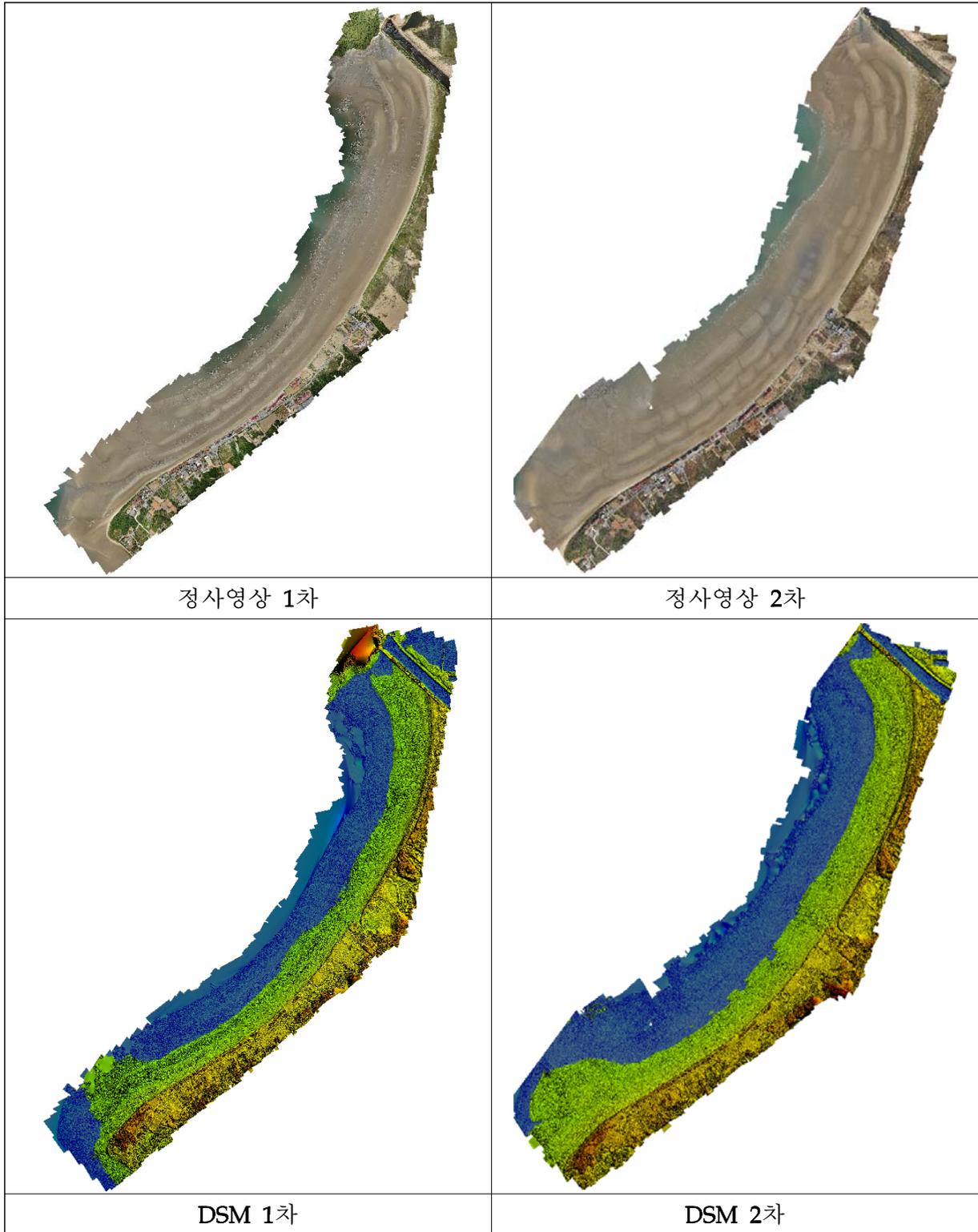
<그림 2-14> 고정익 정사영상 및 DSM(남해 상주)



<그림 2-15> 고정익 정사영상 및 DSM(태안 꽃지)



<그림 2-16> 고정익 정사영상 및 DSM(태안 신두리)



6. 구축 모델 자체 성과 평가

- ▶ 드론을 이용하여 생성한 모델을 평가하기 위해 대상지 전체를 모델링한 고정익 드론 성과를 기준점 및 지상기준점으로 선점한 위치에 대해 관측 성과와 구축된 모델을 서로 비교하였다.
- ▶ 구축모델의 성과는 지상표본거리 5cm로서 국토지리정보원에서 고시된 항공사진측량 작업규정에 의거하여 <표 2-9>에 제시된 지상표본거리(GSD)의 허용규정을 기준으로 <표 2-10>에 제시된 오차의 한계를 도화축척 1/500 ~ 1/600의 기준인 표준편차 0.14m, 최대값 0.28m을 적용하였다.

<표 2-9> 도화축척, 항공사진축척, 지상표본거리와의 관계

도화축척	항공사진축척	지상표본거리
1/500 ~ 1/600	1/3,000 ~ 1/4,000	8cm 이내
1/1,000 ~ 1/1,200	1/5,000 ~ 1/8,000	12cm 이내
1/2,500 ~ 1/3,000	1/10,000 ~ 1/15,000	25cm 이내
1/5,000	1/18,000 ~ 1/20,000	42cm 이내
1/10,000	1/25,000 ~ 1/30,000	65cm 이내
1/25,000	1/37,500	80cm 이내

<표 2-10> 조정계산 및 오차의 한계

도화축척	표준편차(m)	최대값(m)
1/500 ~ 1/600	0.14	0.28
1/1,000 ~ 1/1,200	0.20	0.40
1/2,500 ~ 1/3,000	0.36	0.72
1/5,000	0.72	1.44
1/10,000	0.90	1.80
1/25,000	1.00	2.00

- ▶ 구축모델의 성과는 각 대상지별로 최소 10점에서 최대 26점에 대해 검토하였고, 측량성과와 모델의 성과의 차이를 각각 표준편차 및 최대오차를 비교하였다.
- ▶ 1차 모델의 성과 검토결과 오차의 표준편차는 X는 울진 산포에서 0.036m, Y는 남해 상주에서 0.031m, Z는 태안 꽃지에서 0.034m로 나타났고, 오차의 최대값은 X는 포항 도구에서 0.104m, Y는 포항 도구에서 0.095m, Z는 태안 신두리에서 0.107m로 가장 높게 나타났지만 도화축척 1/500을 기준으로 모두 허용기준치를 만족하였다.
- ▶ 2차 모델의 성과 검토결과 오차의 표준편차는 X는 울진 산포에서 0.026m, Y는 남해 상주에서 0.024m, Z는 태안 꽃지에서 0.046m로 나타났고, 오차의 최대값은 X는 울진 월송정에서 0.113m, Y는 남해 상주에서 0.084m, Z는 태안 꽃지에서 0.156m로 가장 높게 나타났지만 도화축척 1/500을 기준으로 모두 허용기준치를 만족하였다.

<표 2-8> 성과검토에 사용된 기준점 및 지상기준점 수

대상지	맹방	산포	봉평	월송정	도구	나정	해운대	상주	꽃지	신두리
기준점총계	26	19	16	14	14	13	16	10	19	17

<표 2-11> 1차 모델과 기준점 및 지상기준점 성과와의 비교

명칭	표준편차(m)			최대값(m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
삼척 맹방	0.029	0.020	0.018	0.093	0.073	0.067
울진 산포	0.036	0.018	0.022	0.099	0.056	0.071
울진 봉평	0.017	0.016	0.012	0.062	0.053	0.036
울진 월송정	0.023	0.007	0.018	0.067	0.031	0.063
포항 도구	0.025	0.023	0.009	0.104	0.095	0.023
경주 나정	0.024	0.030	0.012	0.060	0.073	0.036
부산 해운대	0.011	0.026	0.026	0.038	0.094	0.103
남해 상주	0.027	0.031	0.021	0.088	0.088	0.068
태안 꽃지	0.011	0.008	0.034	0.033	0.030	0.096
태안 신두리	0.017	0.014	0.028	0.066	0.046	0.107

<표 2-12> 2차 모델과 기준점 및 지상기준점 성과와의 비교

명칭	표준편차(m)			최대값(m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
삼척 맹방	0.029	0.023	0.018	0.106	0.072	0.066
울진 산포	0.026	0.019	0.016	0.068	0.060	0.048
울진 봉평	0.012	0.018	0.021	0.036	0.060	0.065
울진 월송정	0.025	0.023	0.015	0.113	0.076	0.043
포항 도구	0.012	0.008	0.010	0.040	0.025	0.039
경주 나정	0.010	0.010	0.015	0.037	0.033	0.040
부산 해운대	0.015	0.015	0.028	0.049	0.043	0.102
남해 상주	0.019	0.024	0.016	0.057	0.084	0.048
태안 꽃지	0.020	0.008	0.046	0.069	0.023	0.156
태안 신두리	0.012	0.009	0.030	0.041	0.030	0.097

제 5 절 드론사진측량 오차 발생 문제점 개선방안

1. 오차의 유형

- ▶ 드론사진측량은 일반 항공사진측량시스템이 비하여 비행체, 카메라, GPS/INS 등의 하드웨어나 항공사진도화용 소프트웨어 등이 상대적으로 가볍고 성능이 열악하여 항공사진측량시스템 보다는 오차의 유형이 다양하게 발생한다. 본 연구뿐만 아니라 기존에 발생한 오차의 유형을 살펴보고 그에 따른 해결방법을 연구해 보았다.
- ▶ 드론사진측량의 오차 유형에는 크게 기계적 오차, 자연적 오차, 인위적 오차와 같은 기본적인 오차 외에도 비행고도, 표면 장애물, 지상기준점 등에 의한 다양한 오차들이 있다.

<표 2-9> 드론사진측량 오차의 유형

유형	내용	비고
기계적 오차	●비행체, 전파장애, S/W, GPS/INS, 카메라 등 비행과 영상수집 과정에서 장비의 문제로 발생하는 오차	
자연적 오차	●바람, 기온, 태양의 굴절 및 반사, 구름에 의한 음영 등 자연적인 영향에 의해 발생하는 오차	
인위적 오차	●조종실수, 비행설계오류, 측량 오류, 미숙한 S/W 영상처리 등 사람에게 의해 개인적인 차이로 발생하는 오차	
비행고도에 의한 오차	●지형의 기복 및 편위에 따른 사진 기하학적 오차	
표면 장애물에 의한 오차	●지형 표면에 위치하는 수목, 부유식 구조물, 자동차, 형형 색상 구조물 등 장애물 및 색상에 의한 오차	
지상기준점 오차	●면적과 지역 특성에 맞는 지상기준점 수와 배치, 기준점 측량오차에 따른 오차	

2. 오차의 유형별 문제점 및 개선방안

가. 기계적 오차

- ▶ 기계적인 오차에는 주로 비행체 오작동 및 전파장애, GPS 신호 불량, 카메라 오작동 등 비행과 영상수집 과정에서 장비의 구조상의 불완전성으로 발생한다. 이러한 기계적 오차는 장비와 프로그램의 성능을 개선하고 주기적인 점검을 통하여 오차의 발생 확률을 최소화 하여야 한다. 기계적인 오차를 줄이기 위해 주기적인 점검 및 장비 보관에 관한 내용을 ‘부록 1 초경량 드론 운용 지침서’에 제시하였다.

나. 자연적 오차

- ▶ 자연적인 오차는 드론사진측량에 있어 현장운용에 대한 많은 제한을 주는 요인이다. 특히 눈, 비가 내리는 날과 강풍이 부는 날에는 비행을 할 수 없으며 구름이 많은 날에도 음영지역이 많이 발생하여 지상표본거리를 5cm로 설정하여 비행하였음에도 실제 취득된 영상의 해상력은 이보다 많이 저하된다. 자연적인 오차를 줄이기 위해서는 풍속 8m/s 미만의 비교적 맑은 날 태양이 남중고도인 시점을 기준으로 10~14시에 비행을 하여 오차를 최소화 하여야 한다.

<그림 2-17> 맑은 날과 흐린 날의 해상력 차이



다. 인위적 오차

- ▶ 인위적인 오차는 주로 사람에 의한 조종실수, 비행설계오류, 측량방법 미숙지, 미숙한 S/W 영상처리 등 개인적인 차이로 발생하는 오차이다. 주로 현장작업시 많이 발생하며 인위적인 오차의 경우 오차 값이 제일 크고 발견하기가 쉽다. 허용치의 오차를

벗어난 경우 운용 지침서의 내용을 참고로 현장에서 운용 및 측량, 비행설계, 영상처리에서의 문제점을 검토·개선하여 장비의 숙련도를 높이고, 현장 작업규정을 준수하여 인위적인 오차를 최소화 시켜야 한다.

라. 비행고도에 의한 오차

- ▶ 드론에 장착된 카메라로 취득된 디지털사진은 전반적으로 기존의 측량용 디지털카메라로 촬영된 사진과 큰 차이는 없지만, 촬영고도가 상대적으로 낮아 비고가 큰 피사체에 대한 기복변위가 많이 발생하고, 디지털사진의 투영중심에서는 피사체의 형상과 색상이 양호하지만, 주변부에 피사체의 형상과 색상의 품질이 저하되는 것으로 나타났다. 드론은 장비의 특성상 저고도에 비행에 의한 촬영이 용이하여 고해상도의 영상을 언제 어디서나 획득할 수 있다는 장점이 있지만 사진이 가지고 있는 기하학적 특성이나 지형적 특성과 기복변위에 의한 오차들은 비행고도와 관련이 있기 때문에 도심지나 기복변위가 심한 지형에서는 고고도의 비행이나 기복변위 차에 의한 비행고도 설계가 필요하다. 또한 영상처리 S/W에서 사진상의 공역점이 많아지도록 중복도를 높이면 이러한 기복변위 오차를 줄일 수 있다.

<그림 2-18> 비행고도에 따른 정사영상 품질 차이



마. 표면 장애물에 의한 오차

- ▶ 드론사진측량은 항공사진측량과 마찬가지로 지형위의 표면에 위치하고 있는 장애물들에 의한 간섭을 받게 되어 정확한 DSM 성과를 도출하기가 힘들다. <그림 2-10>에 제시한 것처럼 움직이는 피사체, 다양한 장애물에 의한 영향이 지형의 표면까지 미치게 된다. 산림지의 경우에도 주변 수목으로 채워진 사진에서 나무사이를 횡단하는 작은 도로는 수목의 영향을 받아 정확하게 재현이 되지 않는다. 부유식 구조물이 많은

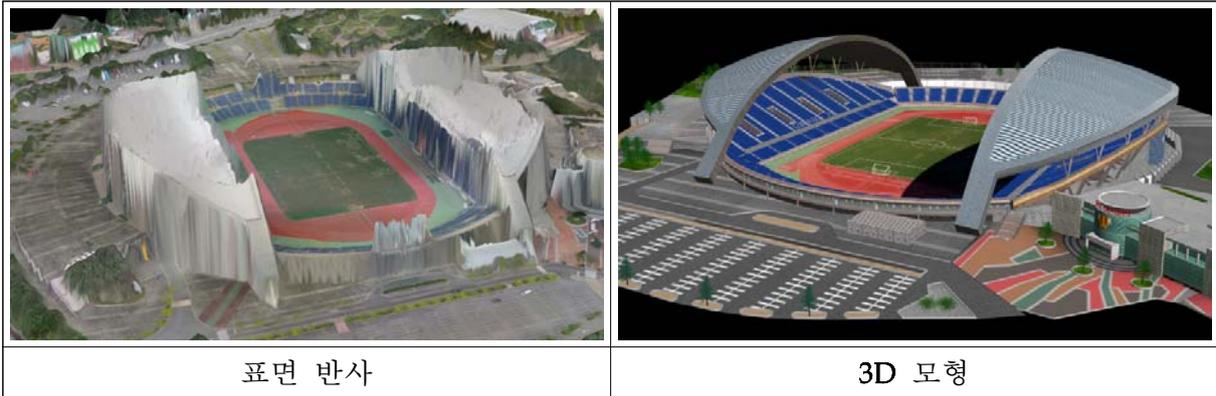
공장이나 교량같은 경우에는 상층부의 표면이 지상까지 연결되어 표현되고 구조물 아래의 지형은 표현이 되지 않는다. 또한 태양의 반사가 심한 형광색 재질이나 흰색, 은색 바탕의 재질의 경우 영상처리시 표면이 뭉개지는 형태로 나타난다. 특히 사진측량용 S/W는 물과 움직이는 물체를 표현하는것에 취약한데 쇠파대의 경우 이 두 가지를 모두 포함하여 오차가 심하게 발생한다.

- ▶ 이렇게 발생하는 표면 장애물의 오차의 경우는 항공사진측량이 가지고 있는 적용 한계로 이를 보정하기 위해서는 실제 측량으로 보완하는 방법과 <그림 2-20>에 제시한 영상처리된 결과물에서 인위적으로 표면장애물을 제거하고 3차원 모형을 제작해 주는 방법이 있다. 다만 이는 작업시간과 인원이 많이 투입되므로 효율성을 고려하여 현장 작업계획을 세워야 한다.

<그림 2-19> 표면 장애물에 의한 오차



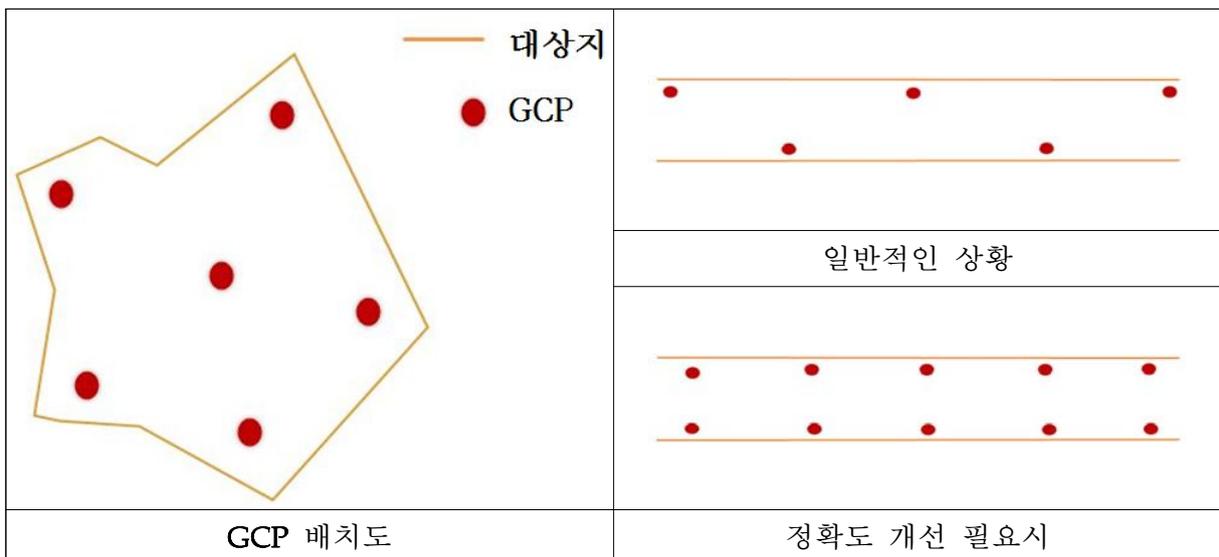
<그림 2-20> 표면 반사오차를 소거한 3차원 모형 제작



라. 지상기준점 오차

- ▶ 정밀도 높은 3D 모형을 제작하기 위해 지상기준점을 측량하고 이를 영상처리에 적용시켜야 한다. 지상기준점의 개수도 중요하지만 현장상황에 맞는 적절한 지상기준점의 배치가 이루어져야 요구정확도를 만족시킬 수 있다. 지상기준점의 오차는 지상기준점의 개수 부족이나 부적절한 배치에 의해 발생하며 현장 특성에 따라 적절한 기준점 개수와 배치를 해도 오차가 발생하는 경우가 있다. 이런 경우 지상기준점 개수를 늘리고 좀 더 촘촘한 간격으로 배치를 해야 한다.

<그림 2-20> 올바른 지상기준점 배치



부록 4

국지성 해안재해 대응 GIS 솔루션 사용 매뉴얼

제 1 절 현장용 시스템 사용자 매뉴얼

1. 현장용 시스템 개요

가. 현장용 시스템이란

- ▶ 현장용 시스템은 드론을 통해 촬영된 UAV 영상을 현장에서 통합하고 DEM 지도를 생성하여 2D, 3D로 확인 및 검증을 하기 위한 현장 분석용 툴이다.

나. 메뉴 구성

메뉴구조		설 명
UAV 촬영 시스템	날씨정보	인근 연안 해상 기상상황 및 우주 전파 환경예보 정보를 확인
	UAV 연결 & 경로설정	UAV 연결 및 경로 설정에 필요한 GroundStation 소프트웨어 실행
	데이터 다운로드	데이터 다운로드에 필요한 GPSExporter 소프트웨어 실행
	RTK-GPS 연동	정확도 향상을 위한 획득한 사진과 RTK-GPS 위치자료를 연동
	영상 통합 & DEM 생성	촬영된 UAV 영상을 통합하고 DEM 지도 생성에 필요한 Photoscan 소프트웨어 실행
	영상 분석	현장에서 촬영된 UAV 영상을 2D로 확인하고 미리보기 이미지 생성, 이미지 타일링, 지도화면제어 등의 기능을 제공하는 현장용 영상분석 시스템을 실행
	3D 영상 표출	촬영된 UAV 영상과 등고 지도를 중첩하여 해안지형을 3D로 확인하고 거리, 면적, 단면도를 측정할 수 있는 현장용 3D 시스템을 실행
	도움말	무인비행체 시스템 사용 설명서를 연결
현장용 영상 분석 시스템	이미지 열기	현장에서 촬영된 UAV 영상 로딩
	미리보기 생성	UAV 영상의 개요 이미지 생성 또는 재구축
	래스터 타일화	UAV 영상, 등고 지도를 2D, 3D 이미지로 타일링
	화면 제어 및 측정	지도 화면 이동, 거리 및 면적 측정
	설정	2D 지도 화면 상태 설정
현장용 3D 시스템	이미지 열기	3D에서 UAV 영상 로딩
	등고 지도 열기	3D에서 등고 지도 로딩
	화면 제어 및 측정	화면이동 및 거리, 면적, 체적, 단면도 측정
	설정	3D 지도 화면 상태 설정

다. 현장용 시스템 설치하기



[그림 1-1] 현장용 시스템 설치하기

▶ Setup_UAVFieldManager_v1.0.exe를 실행하고 설치 언어를 선택합니다.

- ▶ 설치 마법사가 시작되면 다음을 클릭합니다.
- ▶ 소프트웨어 이용약관에 동의합니다.
- ▶ 현장용 시스템이 설치될 폴더를 지정합니다. (Default : C:\Program Files\UAVFieldManager)
- ▶ 일련 번호 입력란에 시리얼 키를 입력합니다.
- ▶ 시작메뉴 폴더를 선택합니다. (Default : UAVFieldManager)
- ▶ 설치 준비를 완료하고 설치를 클릭합니다. 이전 단계에서 설정된 값을 변경을 원하시면 ‘뒤로’ 버튼을 클릭하시고 수정바랍니다.
- ▶ 설치가 완료되면 바탕화면에 ‘현장용 UAV 촬영시스템’ 아이콘이 생성됩니다.

2. 현장용 시스템 기능별 사용방법

가. UAV 촬영 시스템

1) 날씨 정보

- ▶ 현재의 시간과 지역에 따른 날씨 정보 및 우주 전파 환경 예보 정보를 확인 할 수 있습니다.



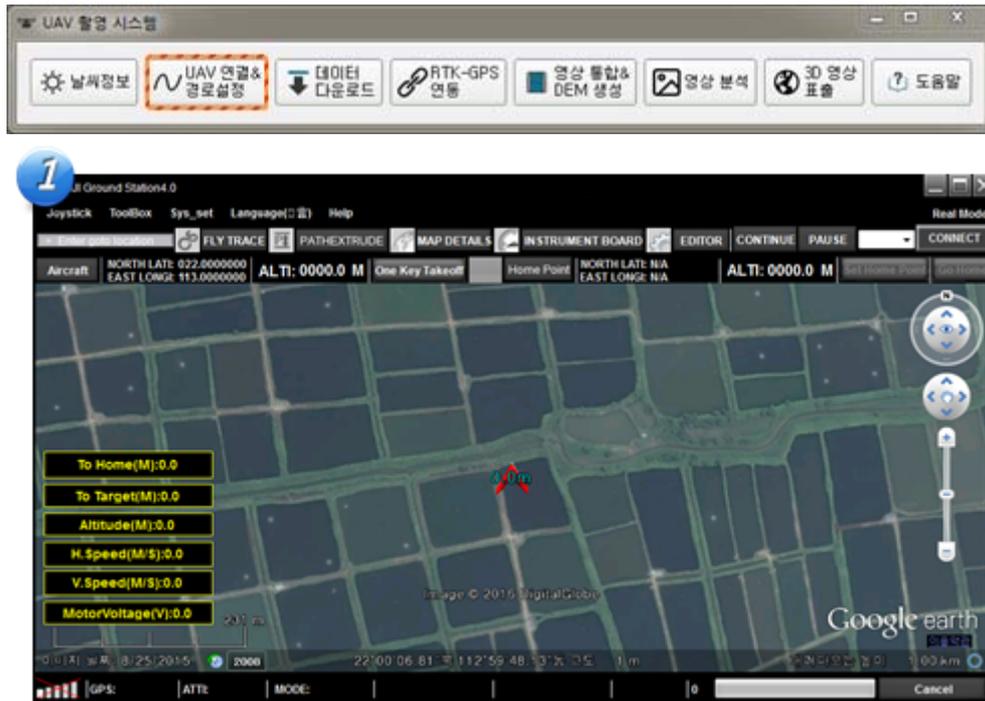
[그림 1-2] UAV 촬영 시스템 날씨정보

- ▶ 날씨정보 메뉴를 클릭하고 원하는 지역을 선택합니다.

- ▶ 해당 지역의 날씨 정보를 확인합니다.
- ▶ 우주 전파 환경 예보를 확인합니다.

2) UAV 연결 경로 설정

- ▶ UAV 연결 및 경로 설정에 필요한 소프트웨어인 GroundStation SW를 실행합니다.



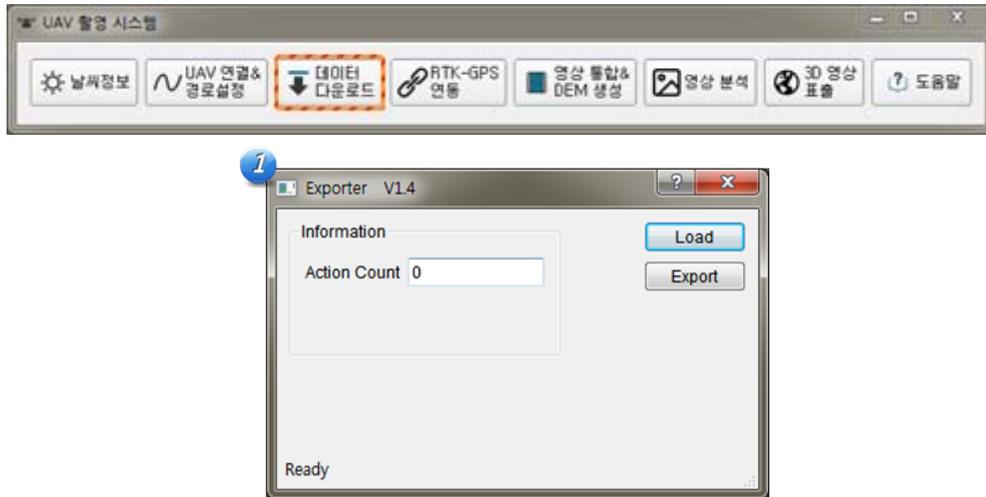
[그림 1-3] UAV 촬영 시스템 UAV 연결 경로 설정

- ▶ UAV 연결 & 경로 설정 메뉴를 클릭하면 GroundStation이 실행됩니다.
- ▶ GroundStation SW를 실행하기 전 “현장용 UAV 촬영 시스템” 설치 경로 (C:\Program Files \UAVFieldManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 UAV_PATH를 사용자 PC에서 GroundStation SW가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다. 단, txt 파일의 해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.

3) 데이터 다운로드

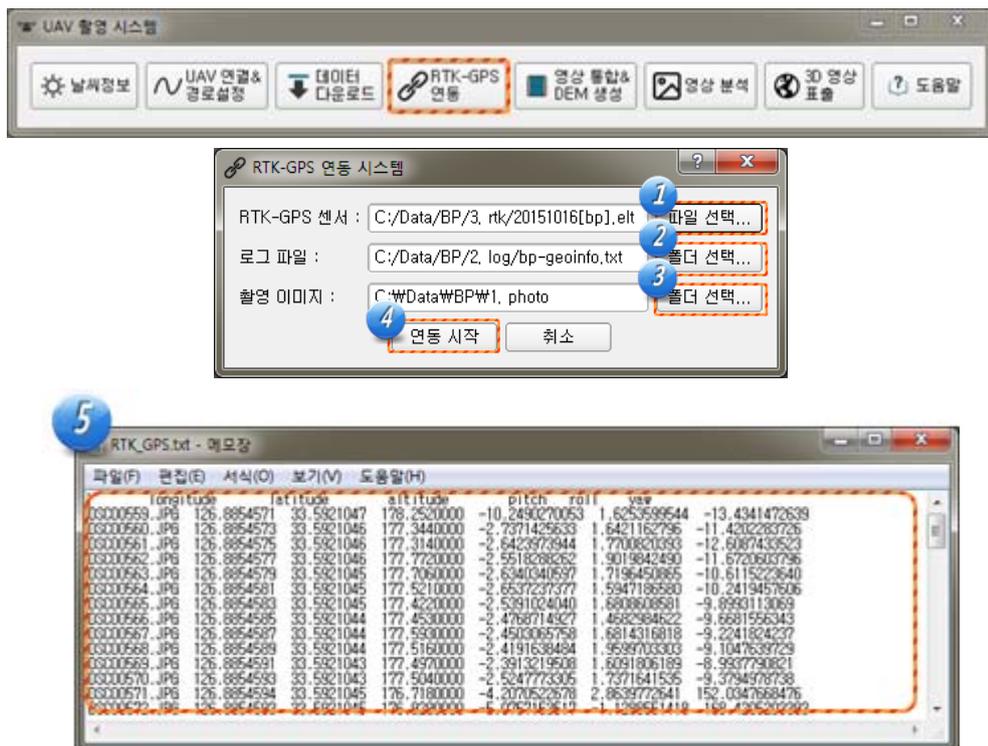
- ▶ 데이터 다운로드에 필요한 소프트웨어인 GPSExporter를 실행합니다.
- ▶ 데이터 다운로드 메뉴를 클릭하면 GPSExporter.exe가 실행됩니다.
- ▶ GPSExporter SW를 실행하기 전 “현장용 UAV 촬영 시스템” 설치 경로 (C:\Program Files \UAVFieldManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 UAV_LOG를 사용자 PC에서 GPSExporter SW가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다. 단, txt 파일의

해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.



[그림 1-4] UAV 촬영 시스템 데이터 다운로드

4) RTK-GPS 연동

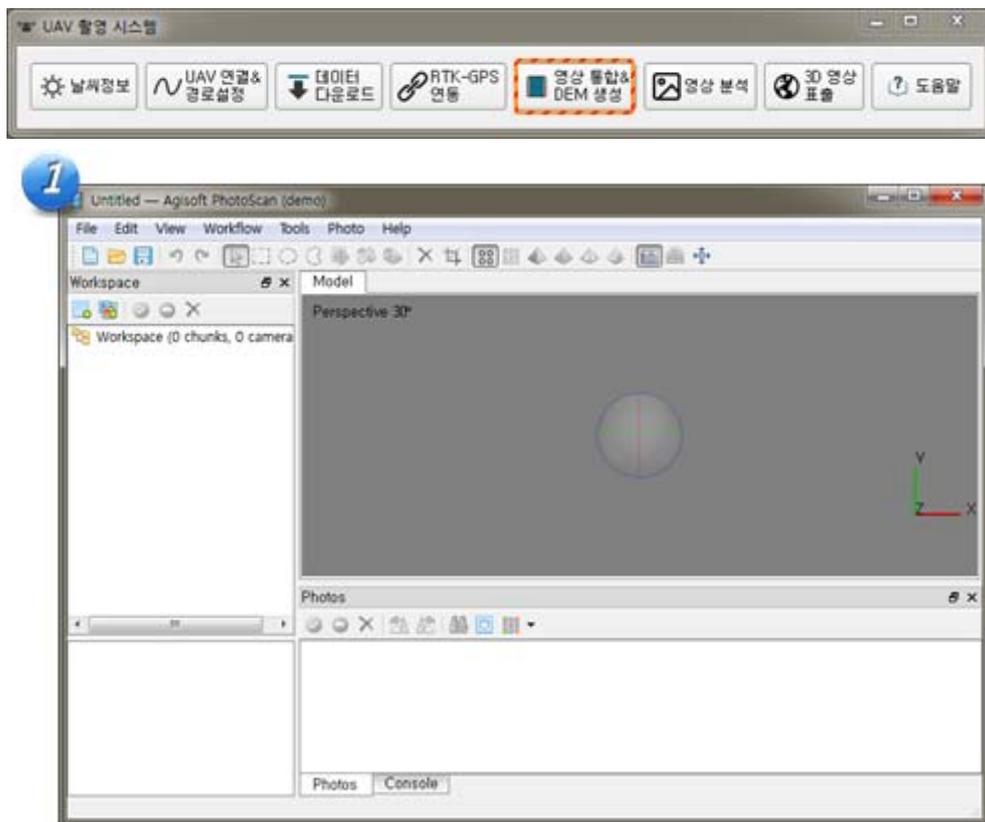


[그림 1-5] UAV 촬영 시스템 RTK-GPS 연동

- ▶ 촬영 이미지에 해당하는 RTK 신호 정보와 GPS 정보를 연동 합니다.
- ▶ RTK-GPS 연동 메뉴를 클릭하고 RTK-GPS 파일을 선택합니다.

- ▶ 로그파일을 선택합니다.
- ▶ RTK 센서로 촬영된 이미지 폴더를 선택합니다.
- ▶ 연동시작 버튼을 클릭합니다.
- ▶ 촬영 이미지에 해당하는 경도, 위도, 고도, pitch, roll, yaw 값이 연동됩니다.
- ▶ 해당 결과 파일은 UAV 촬영 시스템 설치 경로 Data 폴더에 RTK_GPS.txt 파일로 자동 생성됩니다.

5) 영상 통합 & DEM 생성

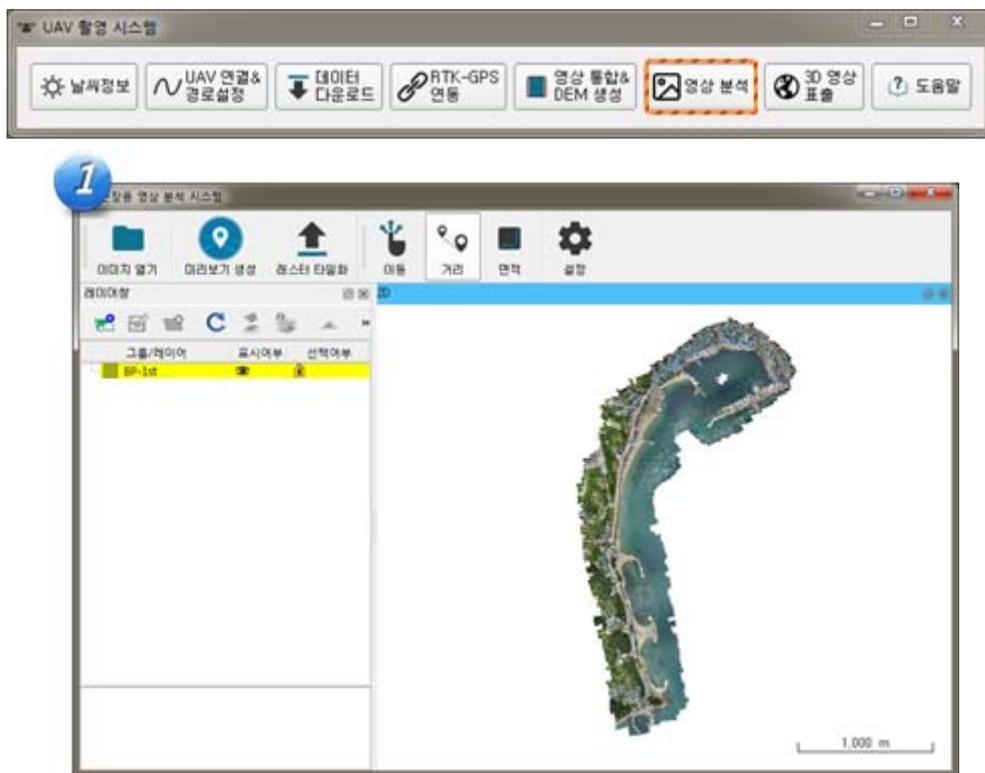


[그림 1-6] UAV 촬영 시스템 UAV 연결 경로 설정

- ▶ 영상 통합 및 DEM 생성에 필요한 Photoscan 소프트웨어를 실행합니다.
- ▶ 영상통합 & DEM 생성 메뉴를 클릭하면 Phtoscan 소프트웨어가 실행됩니다.
- ▶ Photoscan SW를 실행하기 전 “현장용 UAV 촬영 시스템” 설치 경로 (C:\Program Files \UAVFieldManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 IMAGE_MERGE를 사용자 PC에서 Phtoscan SW가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다. 단, txt 파일의 해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.

6) 영상 분석

- ▶ 현장용 영상 분석 시스템을 실행하는 기능입니다.
- ▶ 현장용 영상 분석 시스템은 현장에서 촬영된 UAV 영상을 확인하고 거리, 면적 등을 측정할 수 있습니다.
- ▶ 영상분석 메뉴를 클릭하면 현장용 영상분석 소프트웨어가 실행됩니다.
- ▶ 영상분석 SW를 실행하기 전 “현장용 UAV 촬영 시스템” 설치 경로 (C: \Program Files \UAVFieldManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 FIELD_ANAL를 사용자 PC에서 UAVFieldAnalysis.exe가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다. 단, txt 파일의 해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.

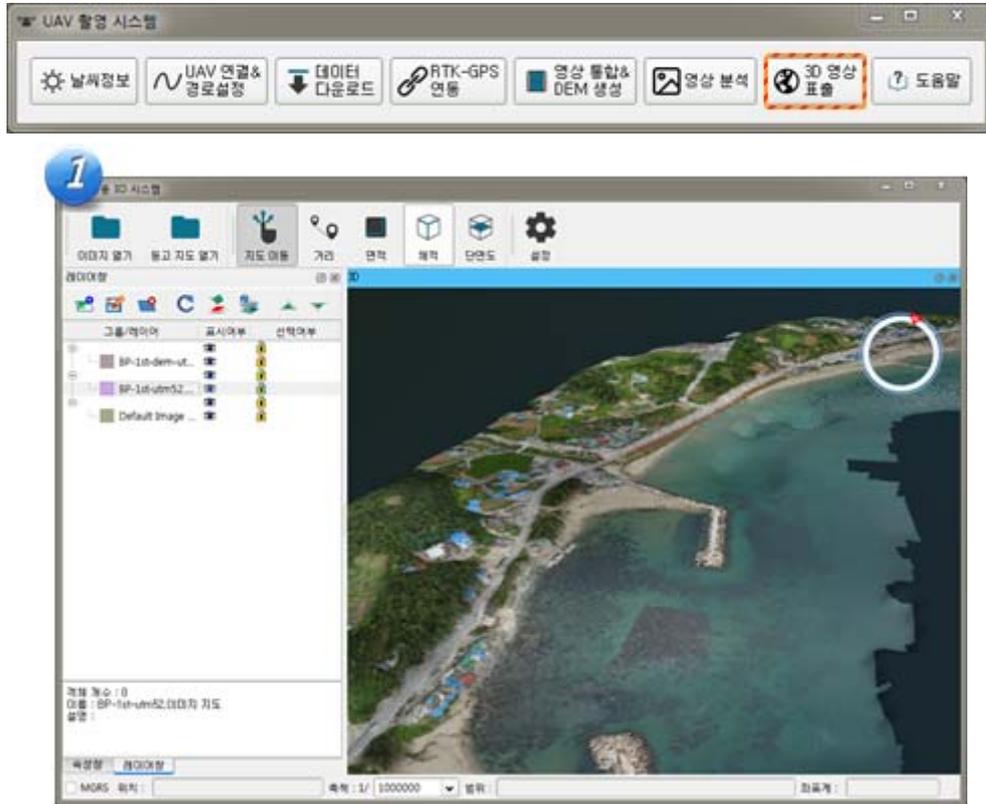


[그림 1-7] UAV 촬영 시스템 영상분석

7) 3D 영상 표출

- ▶ 현장용 3D 시스템을 실행하는 기능입니다.
- ▶ 현장용 3D 시스템은 현장에서 촬영된 UAV 영상과 DEM지도를 3D로 확인하고 3D 상의 거리, 면적 등을 측정할 수 있습니다.
- ▶ 3D 영상 표출 메뉴를 클릭하면 현장용 3D 소프트웨어가 실행됩니다.
- ▶ 3D 영상 표출 SW를 실행하기 전 “현장용 UAV 촬영 시스템” 설치 경로 (C:

\Program Files \UAVFieldManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 FIELD_3D를 사용자 PC에서 UAVField3D.exe가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다. 단, txt 파일의 해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.



[그림 1-8] UAV 촬영 시스템 3D 영상 표출

8) 도움말

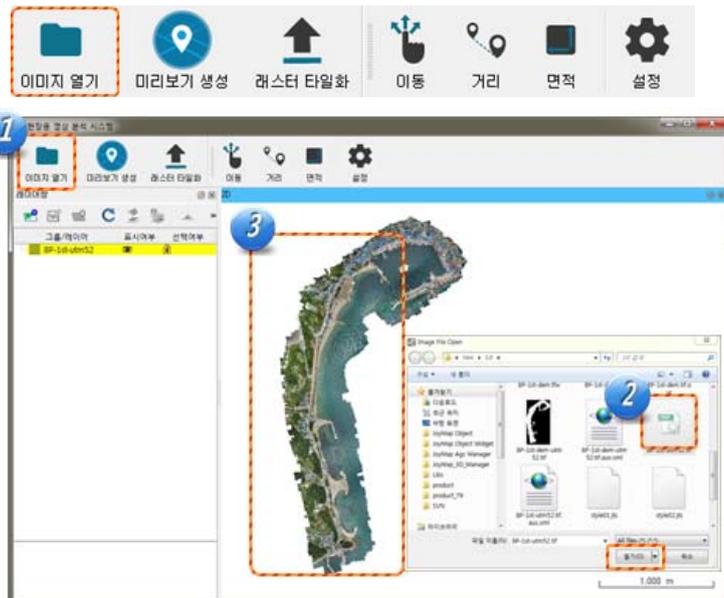
- ▶ 무인비행체(UAV) 시스템 사용 설명서를 연결합니다.
- ▶ 도움말 메뉴를 클릭하면 무인비행체 시스템 사용 설명서를 확인할 수 있습니다.
- ▶ 도움말 메뉴를 실행하기 전 “현장용 UAV 촬영 시스템” 설치 경로 (C: \Program Files \UAVFieldManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 AcroRd32를 사용자 PC에서 PDF Reader SW가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다. 단, txt 파일의 해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.



[그림 1-9] UAV 촬영 시스템 도움말

나. 현장용 영상분석 시스템

1) 이미지 열기

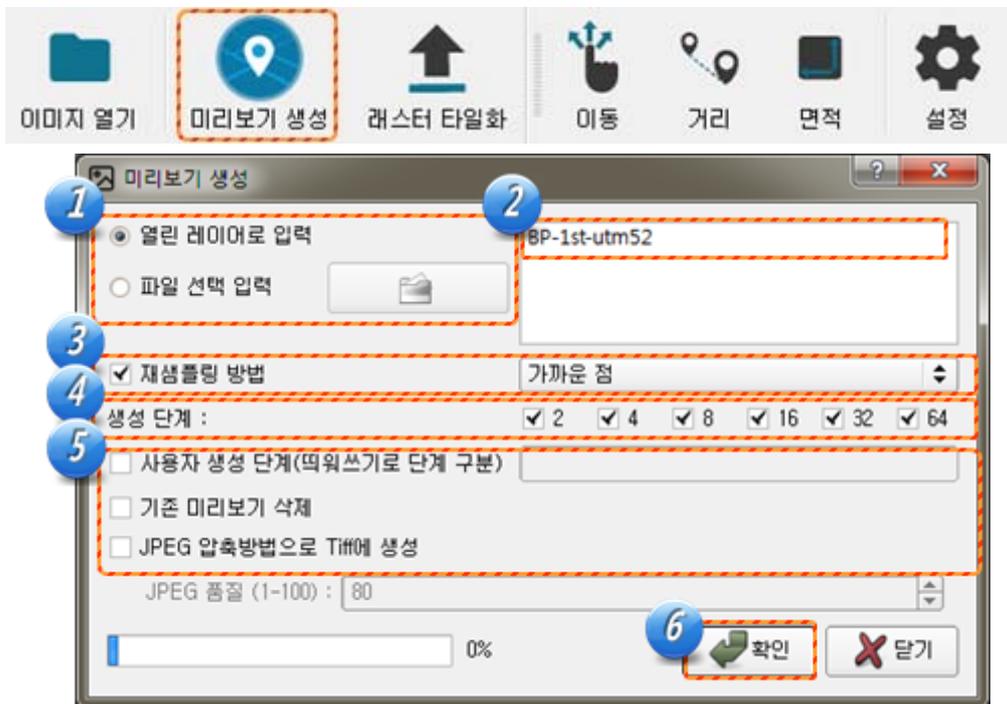


[그림 1-10] 현장용 영상분석 시스템 이미지 열기

- ▶ 현장에서 촬영된 UAV 영상을 여는 기능입니다.
- ▶ 이미지 열기 메뉴를 클릭합니다.
- ▶ 파일 선택 탐색기가 뜨면 로딩할 영상 파일을 선택하고 열기를 클릭합니다.
- ▶ 2D 화면에 로딩된 UAV 영상을 확인합니다.

2) 미리보기 생성

- ▶ UAV 영상의 개요 이미지를 생성하거나 재구축하는 기능입니다.
- ▶ 해당 기능을 이용하여 미리보기 생성을 했을 경우 영상을 읽고 쓰는데 소요되는 시간을 줄일 수 있습니다.



[그림 1-11] 현장용 영상분석 시스템 미리보기 생성

- ▶ 파일을 선택할 모드를 체크합니다.
- ▶ 미리보기를 생성할 영상을 클릭합니다.
- ▶ 재 샘플링방법 : 재 샘플링 알고리즘을 선택합니다.
- ▶ 생성단계 : 생성단계를 선택합니다.
- ▶ 필요한 모드가 있으면 선택합니다.
 - 기존 미리보기 삭제 : 기존에 생성되었던 미리보기를 삭제할 수 있습니다.
 - JPEG압축방법으로 Tiff에 생성 : JPEG 압축방법으로 원하는 품질을 선택하여 TIFF를 생성합니다.

3) 래스터 타일화

▶ UAV 영상, DEM 지도를 2D, 3D 이미지로 타일링 하는 기능입니다.



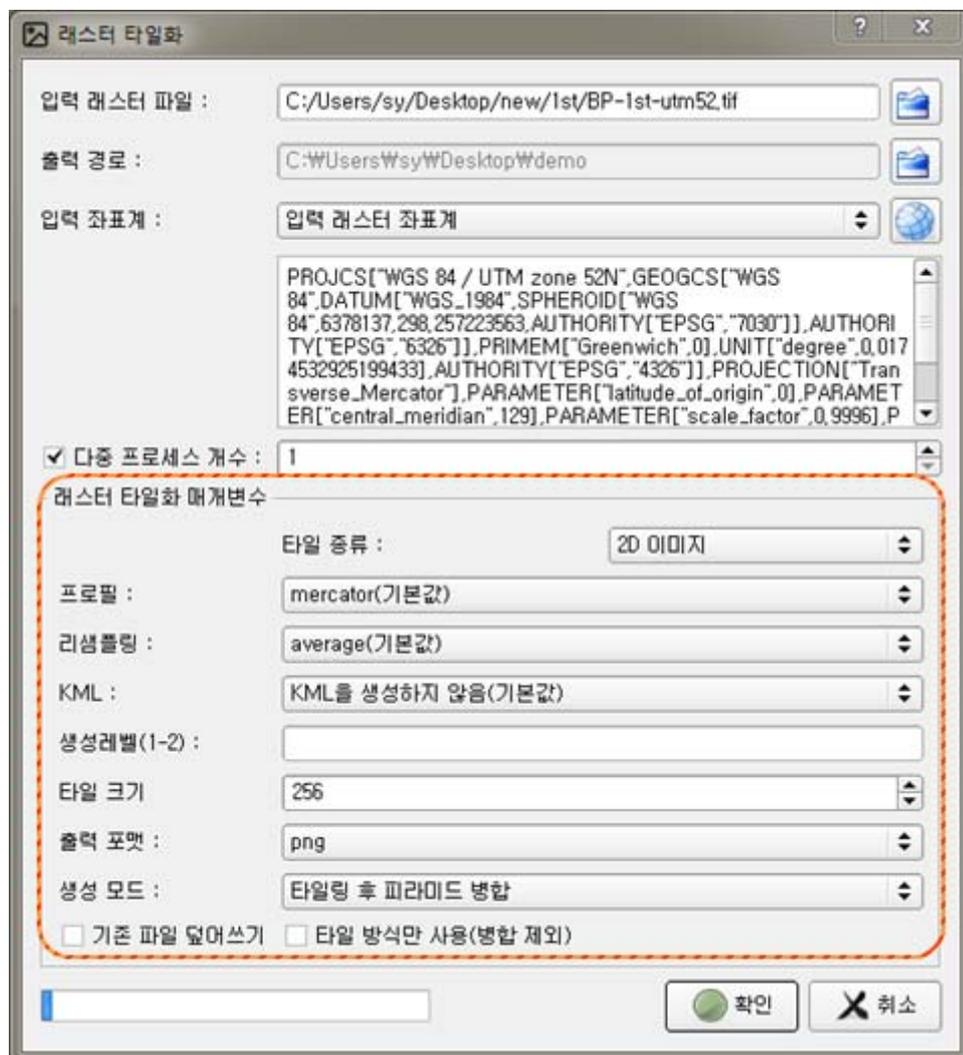
[그림 1-12] 현장용 영상분석 시스템 래스터 테일화

- ▶ 타일링 작업을 할 래스터 파일을 선택합니다.
- ▶ 타일링 결과 파일이 저장될 경로를 설정합니다.
- ▶ 입력 래스터 파일의 좌표계를 설정합니다.
- ▶ 타일링 작업을 할 프로세스 개수를 설정합니다. 적정 프로세스 개수 : CPU 개수 - 1
- ▶ 래스터 타일화 매개변수를 설정합니다.
- ▶ 확인을 클릭하고 출력경로에 타일링 작업이 완료된 결과 파일을 확인합니다.

가) 래스터 타일화 매개변수 설명

- ▶ 타일 종류: 타일 이미지의 종류
- ▶ 프로필 : 타일링 방법(Default 값으로 설정)
- ▶ 리샘플링 : 리샘플링 방법(Default 값으로 설정)

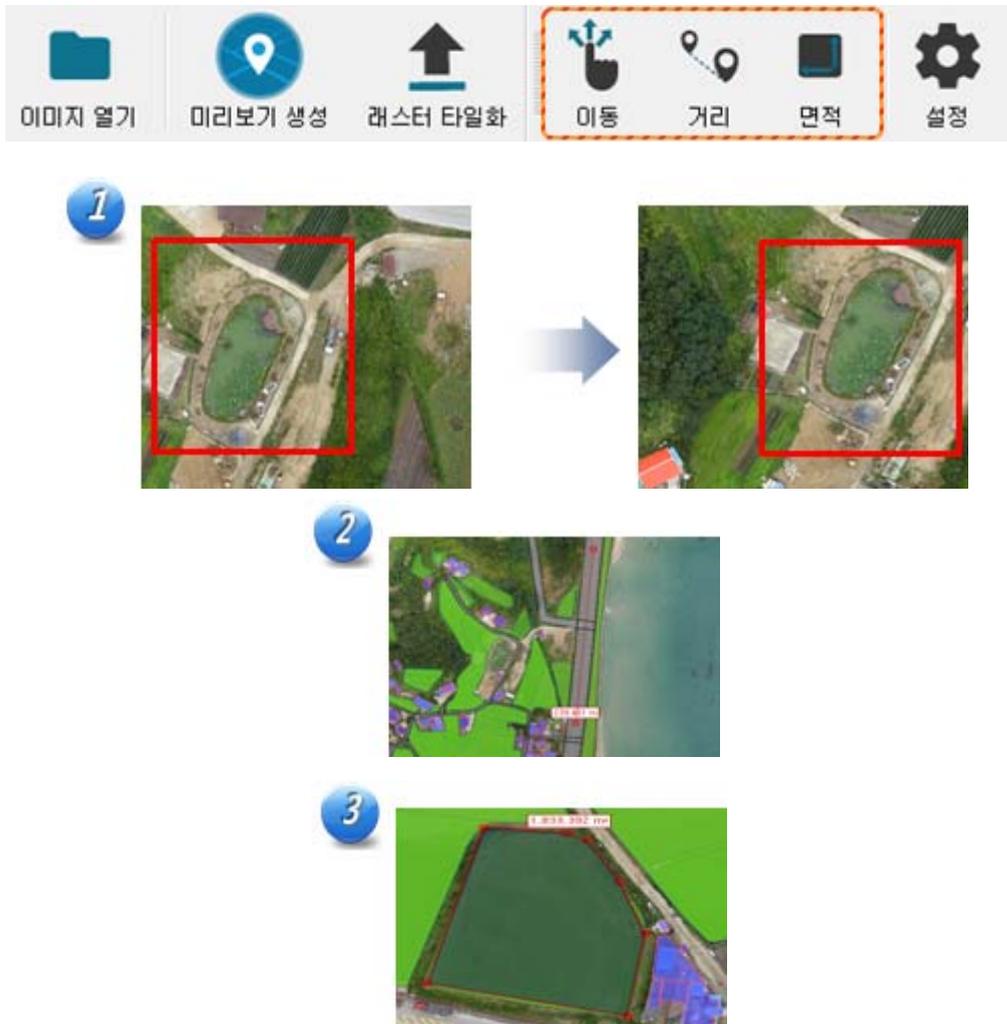
- ▶ KML : kml 파일 생성 여부
- ▶ 생성레벨 : 생성 레벨 (ex포맷: 15-20, 단 생성레벨을 별도로 입력하지 않으면 적정 레벨로 자동 생성)
- ▶ 출력포맷 : 타일 이미지 출력 포맷
- ▶ 생성모드 : 타일이미지 생성 모드
 - 타일링 후 피라미드 병합 : 최상의 레벨의 타일링 작업이 완료 된 후 생성된 타일 이미지를 병합하면서 하위 레벨 이미지를 생성 (Default)
 - 타일링 만 : 최상의 레벨의 타일링 작업만 진행
 - 피라미드 병합만 : 최상의 레벨의 타일 이미지가 있다면 병합만 하여 하위 레벨 이미지를 생성
- ▶ 기존 파일 덮어쓰기 : 덮어쓰기 여부



[그림 1-13] 현장용 영상분석 시스템 레스터 타일화

4) 지도화면 제어

▶ 지도 화면을 이동하거나 거리 면적을 측정하는 기능입니다.



[그림 1-14] 현장용 영상분석 시스템 지도화면 제어

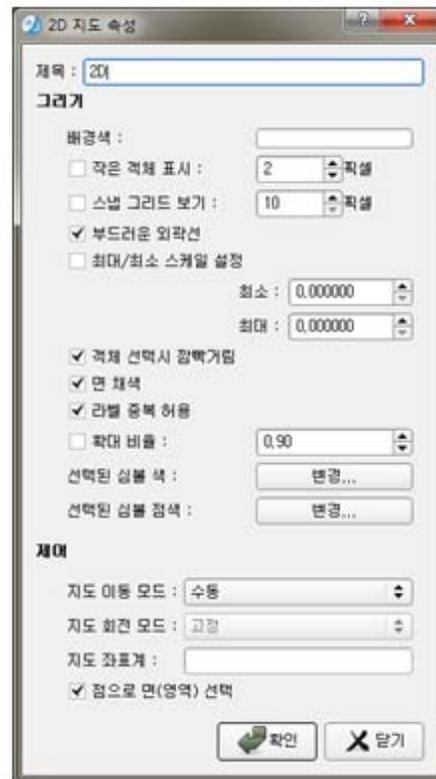
- ▶ 메뉴에서 지도 이동 아이콘을 클릭하면 마우스가 지도 이동 모드로 변환됩니다. 2D 화면에서 이동하고 싶은 부분을 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 끌어 당깁니다.
- ▶ 메뉴에서 거리 측정 아이콘을 클릭하고 거리를 측정할 시작점을 클릭 끝점을 더블 클릭합니다.
- ▶ 메뉴에서 면적 측정 아이콘을 클릭하고 면적을 측정하고자 하는 도형을 만들어 측정할 영역을 지정합니다.

5) 설정

- ▶ 2D 지도 화면 상태를 설정하기 위한 기능입니다.
- ▶ 메뉴에서 설정 아이콘을 클릭하고 2D 지도 화면 상태를 변경합니다.



1

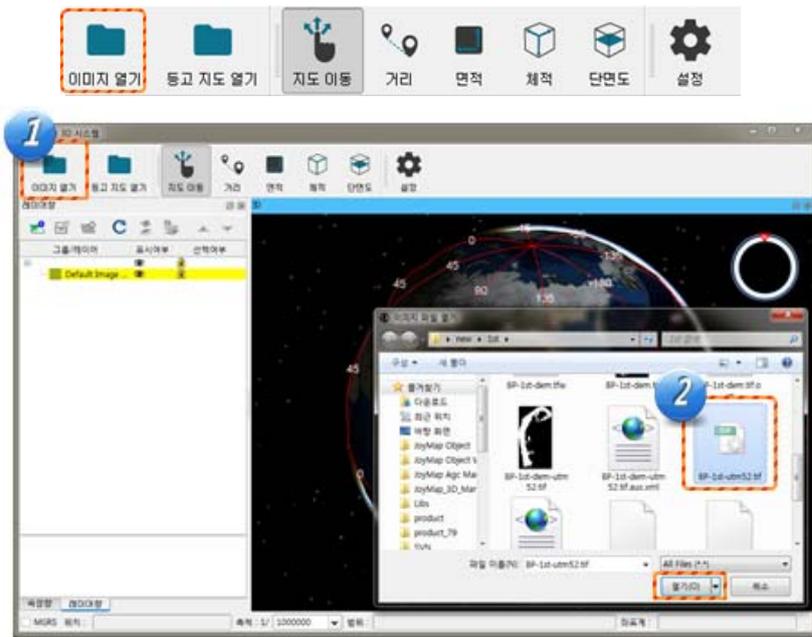


[그림 1-15] 현장용 영상분석 시스템 설정

다. 현장용 3D 시스템

1) 이미지 열기

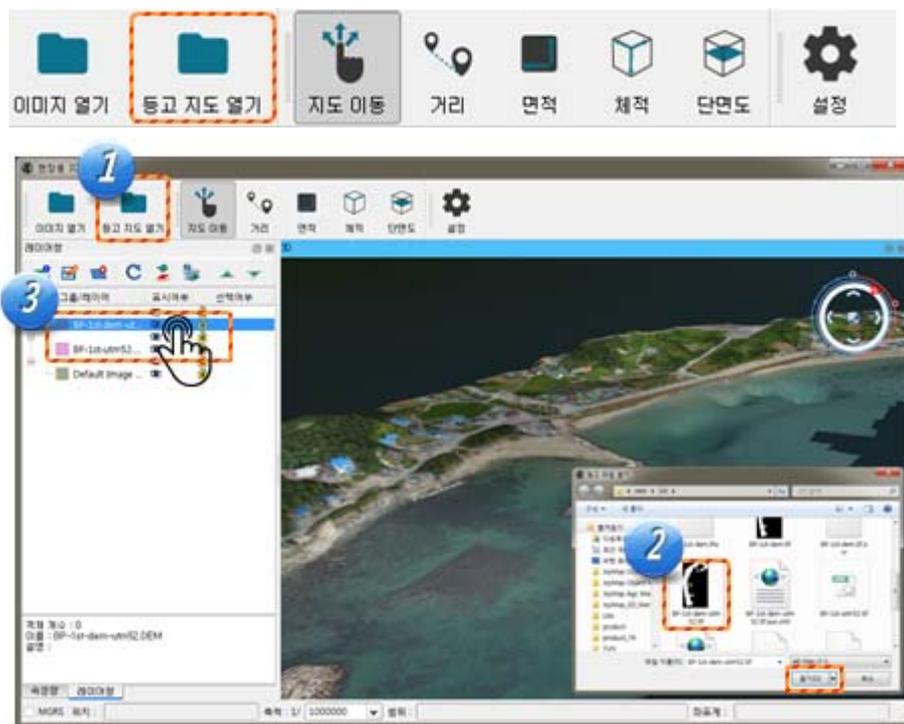
- ▶ 3D에서 UAV 영상을 여는 기능입니다.
- ▶ 메뉴에서 이미지열기 아이콘을 클릭합니다.
- ▶ 파일 탐색기에서 열고자 하는 파일을 선택하여 열기를 클릭합니다.



[그림 1-16] 현장용 영상분석 시스템 이미지 열기

2) 등고지도 열기

- ▶ 3D에서 등고지도를 여는 기능입니다.

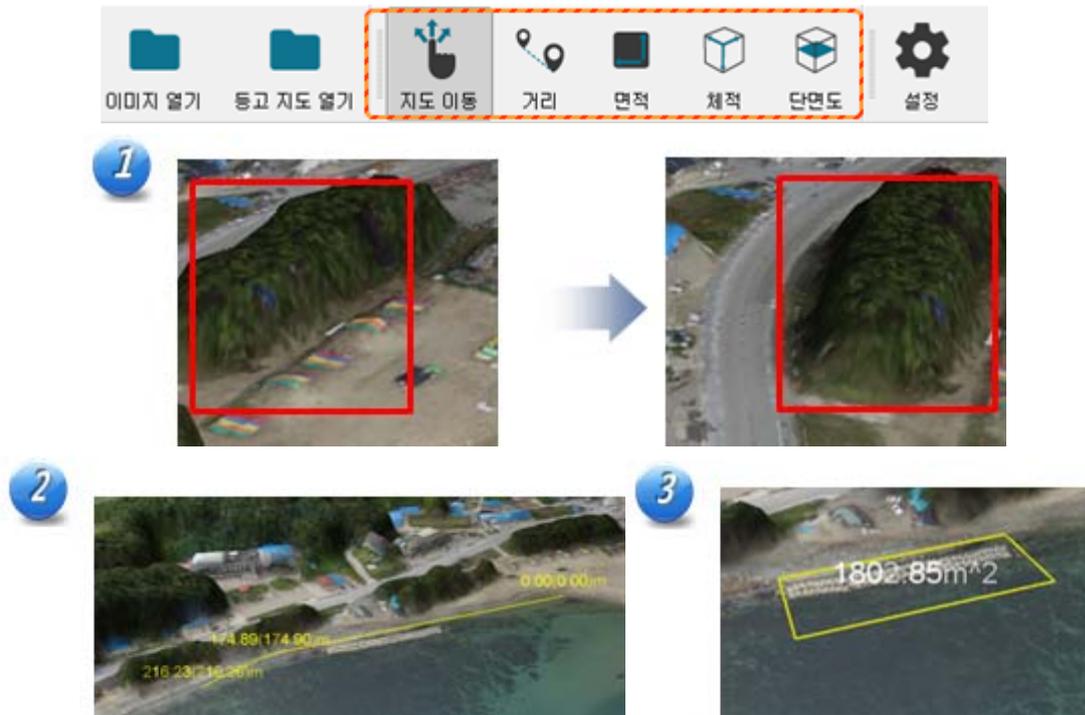


[그림 1-17] 현장용 영상분석 시스템 등고지도 열기

- ▶ 메뉴에서 등고지도 열기 아이콘을 클릭합니다.
- ▶ 파일 탐색기에서 열고자 하는 파일을 선택하고 열기를 클릭합니다.
- ▶ 레이어창에 로딩된 UAV 영상 또는 등고 지도를 더블 클릭하면 해당 위치로 3D 화면이 이동됩니다.
- ▶ 3D에서 마우스 조작법
 - 화면 이동 : 왼쪽 마우스 클릭 후 이동방향으로 드래그
 - 시점(카메라) 이동 : 오른쪽 마우스 클릭 후 드래그
 - 확대 : 양쪽 마우스 클릭 후 아래방향으로 드래그
 - 축소 : 양쪽 마우스 클릭 후 위쪽방향으로 드래그

3) 화면제어 및 측정

- ▶ 화면 이동 및 3D 측정을 위한 기능입니다.



[그림 1-18] 현장용 영상분석 시스템 화면제어 및 측정

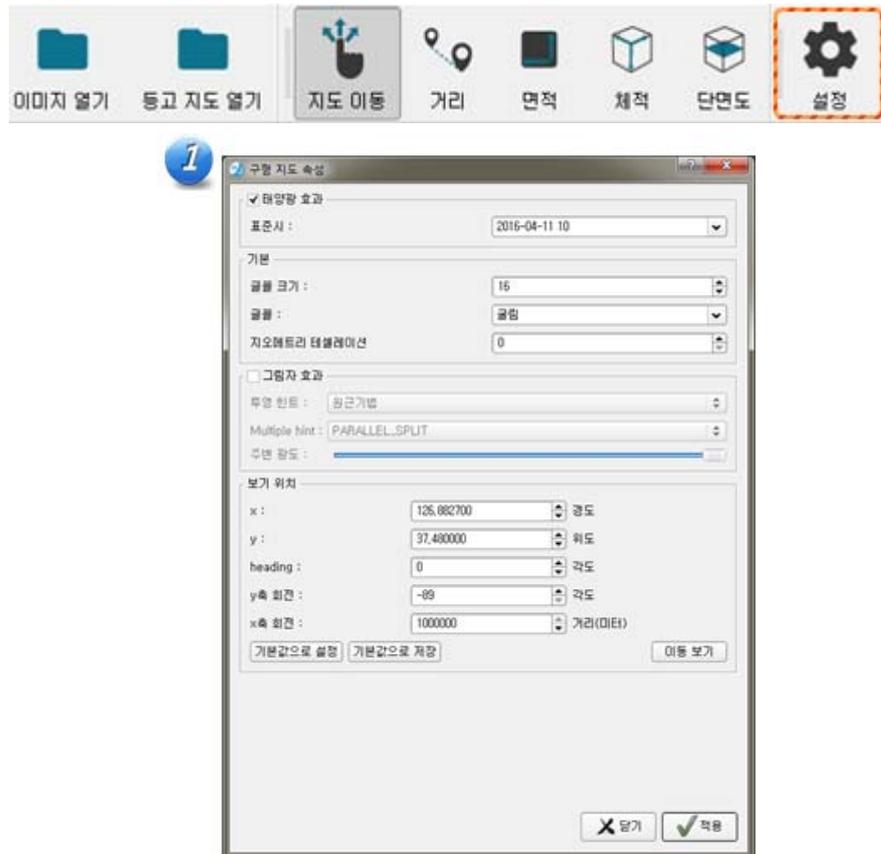
- ▶ 메뉴에서 등고지도 지도 이동 아이콘을 클릭하면 마우스가 지도 이동 모드로 변환됩니다. 3D 화면에서 이동하고 싶은 부분을 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 끌어당깁니다.
- ▶ 메뉴에서 거리 측정 아이콘을 클릭합니다. 거리를 측정할 시작점을 클릭하고 끝점을 오른쪽 클릭합니다.
- ▶ 메뉴에서 면적 측정 아이콘을 클릭합니다. 면적을 측정하고자 하는 도형을 만들어

측정할 영역을 지정합니다. 시작점(왼쪽 클릭), 끝점(오른쪽 클릭)

- ▶ 메뉴에서 체적 측정아이콘을 클릭합니다. 체적을 측정하고자 하는 도형을 만들어 측정할 영역을 지정합니다. 시작점(왼쪽 클릭), 끝점(오른쪽 클릭)

4) 설정

- ▶ 3D 화면의 설정을 변경하기 위한 기능입니다.



[그림 1-19] 현장용 영상분석 시스템 설정

- ▶ 메뉴에서 설정 아이콘을 클릭하고 설정을 변경합니다.
- ▶ 태양광 효과 표준시 : 현재 시간을 설정합니다. 이 시간에 따라서 햇빛의 방향이 달라집니다.
- ▶ 기본 : 글꼴 크기 및 글꼴 모양을 설정합니다. 3D에서 측정 기능을 작동했을 때 표시되는 결과 값의 글꼴 및 크기를 변경합니다.
- ▶ 그림자 효과 : 그림자 효과를 설정합니다.
- ▶ 투영 힌트 : 투영법을 선택합니다.
- ▶ 주변 광도 : 화면의 밝기를 설정합니다.
- ▶ 보기 위치 : Earth Map을 바라보는 시점을 설정합니다.

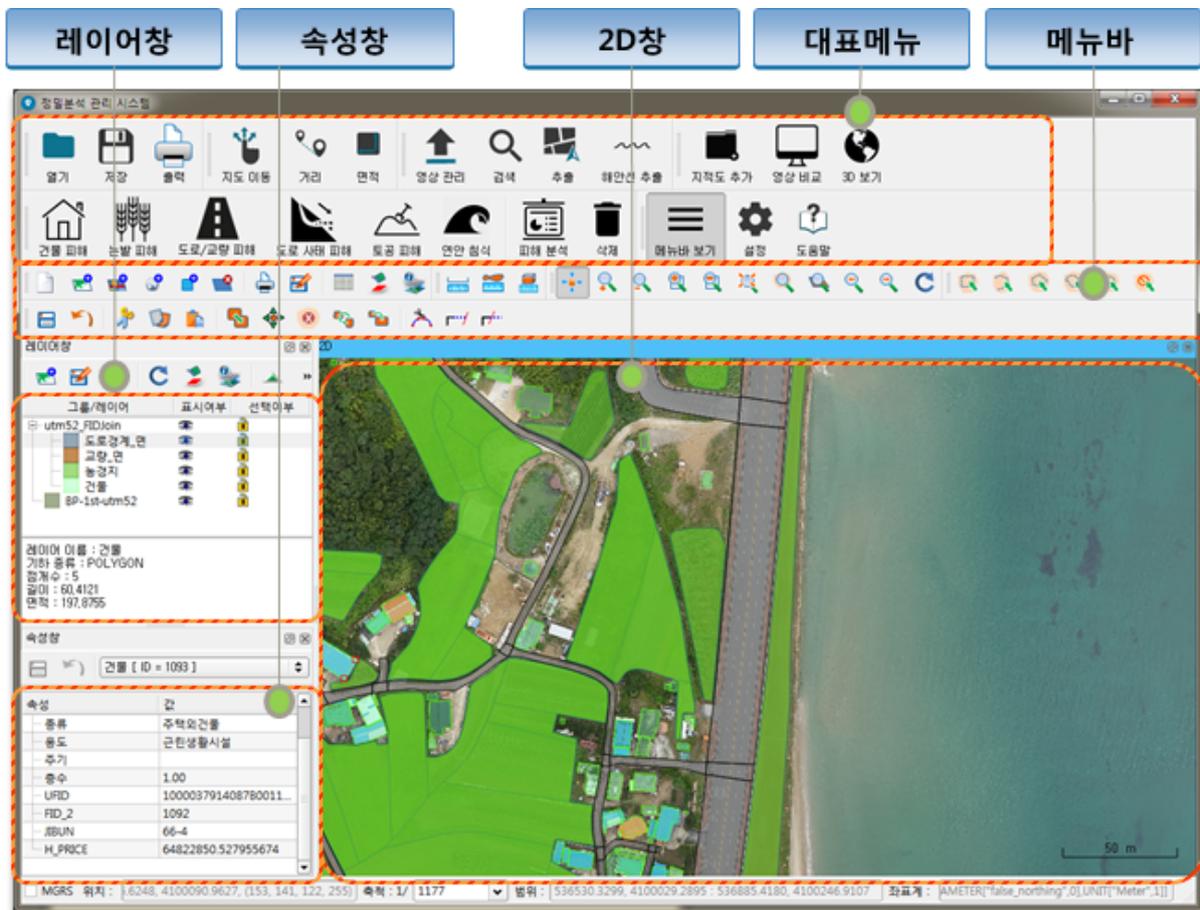
제 2 절 정밀분석 시스템 사용자 매뉴얼

1. 정밀분석 시스템 개요

가. 정밀분석 시스템이란

- ▶ 정밀분석 시스템은 드론을 통해 촬영된 UAV 영상을 정밀 분석, 관리, 모니터링 하기 위한 정밀 분석용 틀입니다.

나. 정밀분석 시스템 화면 구성



[그림 2-1] 정밀분석 시스템 화면 구성

- ▶ 대표 메뉴 : 이 시스템에서 제공되는 대표 기능을 그룹화 하여 찾기 쉽게 분류해 놓았습니다.
- ▶ 메뉴바 : 자주 사용되는 기능들을 빠른 실행 도구 모음으로 제공합니다.
- ▶ 레이어 창 : GIS 데이터에 포함된 레이어 리스트를 나열하고 각 레이어에 속한 객체들을 보기, 선택 제어 할 수 있습니다.

- ▶ 속성 창 : GIS 데이터에 포함된 객체들에 대해 기하정보를 제외한 일반 속성 정보를 표시하고 편집할 수 있습니다.
- ▶ 2D 창 : 각종 형식의 GIS 데이터를 열거나, 생성하여 데이터 중 기하 정보 및 주석정보를 표시하는 화면입니다.

다. 메뉴 구성

[표 2-1] 메뉴 구성

메뉴구조	설 명
정밀분석 시스템	
열기 & 저장	작업영역 파일 저장 및 로딩
출력	지도 화면 출력
화면 제어 및 측정	지도 화면 이동, 거리 및 면적 측정
영상 관리	UAV 영상의 촬영 기록부를 DB 파일에 저장 및 관리
검색	사용자 요구 조건에 맞는 영상의 위치 경로를 검색
추출	등고 지도에서 고도값을 비교하여 해안지역의 지형, 지물 변화를 모니터링
해안선 추출	등고 지도의 고도 값을 이용하여 해안선을 추출
지적도 추가	해당 지역의 지적도를 추가
영상 비교	UAV 영상을 비교하여 현장 방문 없이 지형 또는 지물 변화를 확인
3D 보기	UAV 영상과 등고 지도를 중첩하여 해안지형을 3차원으로 가시화
해안재해 피해 분석	재해 유형별(건축물, 농경지, 도로/교량, 도로사태, 토공, 연안침식)에 따른 피해액 산정 기법을 도입하여 경제적 수치로 피해규모를 정량화
삭제	해안재해 피해 분석 데이터 삭제
연안침식 추가	기존 연안침식 측량 자료 연동
연안침식 모니터링	기존 연안침식 측량 자료 고도값과 현장에서 촬영된 등고 지도에서 추출된 고도값을 비교
메뉴바 보기	정밀 분석 관리를 위한 기본 기능 메뉴바 보기
설정	2D 지도 화면 상태 설정
도움말	정밀분석시스템 사용자 매뉴얼을 연결

라. 정밀분석 시스템 설치하기



[그림 2-2] 정밀분석 시스템 설치하기

- ▶ Setup_AnalysisManager_v1.0.exe를 실행하고 설치 언어를 선택합니다.
- ▶ 설치 마법사가 시작되면 다음을 클릭합니다.
- ▶ 소프트웨어 이용약관에 동의합니다.
- ▶ 현장용 시스템이 설치될 폴더를 지정합니다. (Default : C:\Program Files\AnalysisManager)
- ▶ 일련 번호 입력란에 시리얼 키를 입력합니다.
- ▶ 시작메뉴 폴더를 선택합니다. (Default : AnalysisManager)
- ▶ 설치 준비를 완료하고 설치를 클릭합니다. 이전 단계에서 설정된 값을 변경을 원하시면 ‘뒤로’ 버튼을 클릭하시고 수정바랍니다.
- ▶ 설치가 완료되면 바탕화면에 ‘정밀분석 시스템’ 아이콘이 생성됩니다.

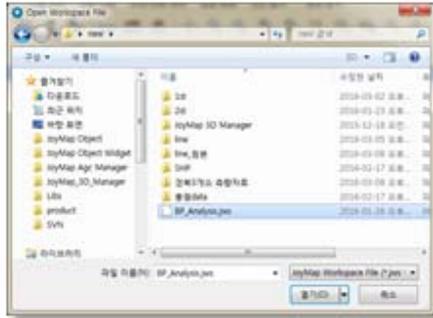
2. 정밀분석 시스템 기능별 사용방법

가. 열기 & 저장

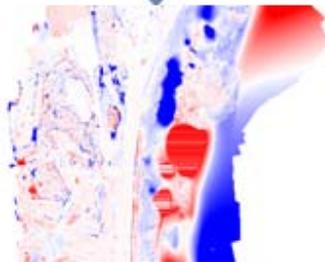
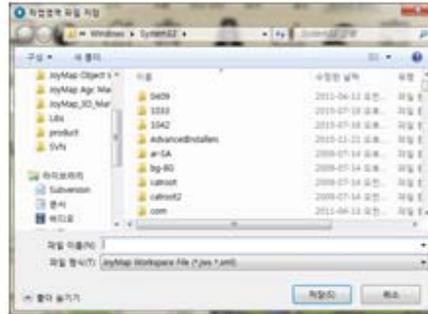
- ▶ 현재 화면 상태를 작업영역 파일로 저장하거나 여는 기능입니다.
- ▶ 메뉴에서 열기 아이콘을 클릭하면 작업 영역 파일 열기 창이 뜹니다. 원하는 작업영역 파일을 선택하고 열기를 클릭합니다. (작업 영역 확장자 명 : *.jws)
- ▶ 메뉴에서 저장아이콘을 클릭하면 작업영역 파일 저장창이 뜹니다. 저장할 파일 이름과 경로를 선택하시고 저장을 클릭합니다. 저장을 클릭하면 2D창에서 현재 보여지고 있는 화면이 작업영역 파일로 저장됩니다.



1



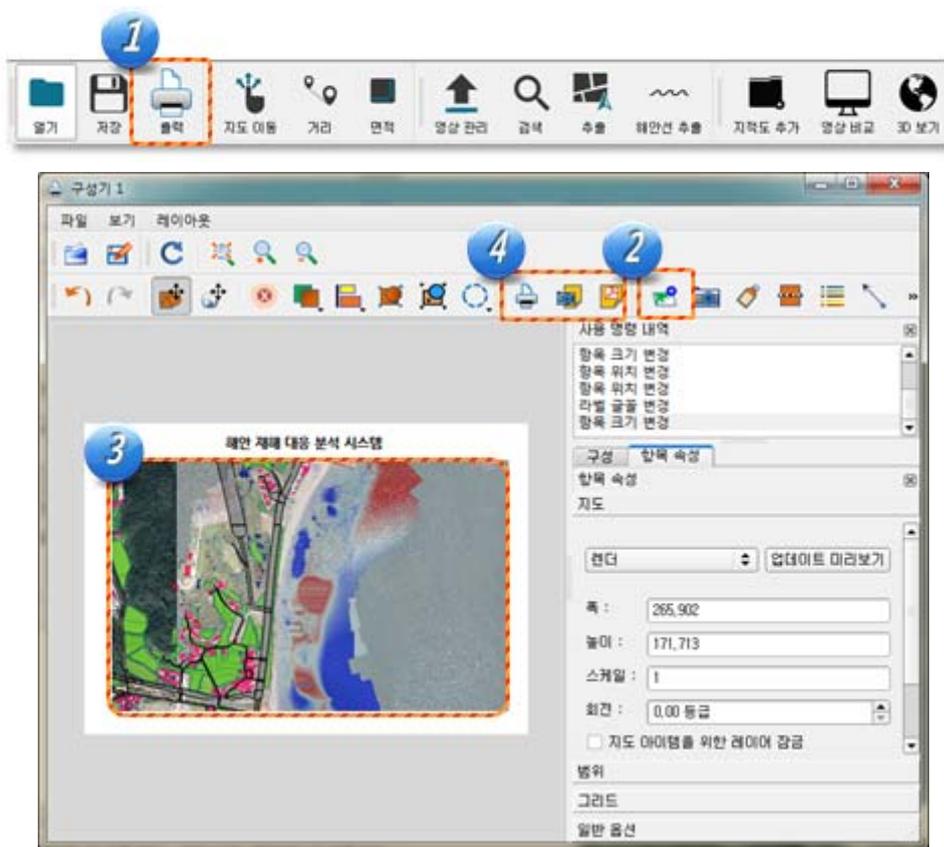
2



[그림 2-3] 정밀분석 시스템 작업영역 열기&저장

나. 출력

- ▶ 2D 화면에서 보여 지는 지도를 출력하기 위한 기능입니다. 사용자가 출력 폼을 구성하여 여러 가지 파일 포맷으로 지도화면을 저장할 수 있습니다.
- ▶ 메뉴에서 출력 아이콘을 클릭합니다.
- ▶ 프린트 구성기 메뉴에서 새로운 지도 추가 버튼을 클릭합니다.
- ▶ 프린트 출력 폼 위에서 마우스 드래그 방식으로 지도를 추가합니다. (현재 2D에서 보여 지는 화면을 기준으로 프린트 출력 폼에 추가가 됩니다.)
- ▶ 지도화면을 출력하는 방식을 선택합니다. (프린터, 이미지 저장, PDF 파일 저장)



[그림 2-4] 정밀분석 시스템 출력

다. 지도화면 제어 및 측정

- ▶ 지도 화면을 이동하거나 거리 면적을 측정하는 기능입니다.
- ▶ 메뉴에서 지도이동 아이콘을 클릭하면 마우스가 지도이동 모드로 변환됩니다. 2D 화면에서 이동하고 싶은 부분을 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 끌어당깁니다.
- ▶ 메뉴에서 거리 측정 아이콘을 클릭합니다. 거리를 측정할 시작점을 클릭하고 끝점을 더블 클릭합니다.
- ▶ 메뉴에서 면적 측정 아이콘을 클릭합니다. 면적을 측정하고자 하는 도형을 만들어 측정할 영역을 지정합니다.
 - 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면 도형의 한쪽 변을 끌어 당겨 꼭지점을 만듭니다.
 - 마우스 왼쪽 버튼을 더블 클릭하면 도형 만들기가 끝나고 면적이 계산됩니다.



[그림 2-5] 정밀분석 시스템 지도 화면 제어 및 측정

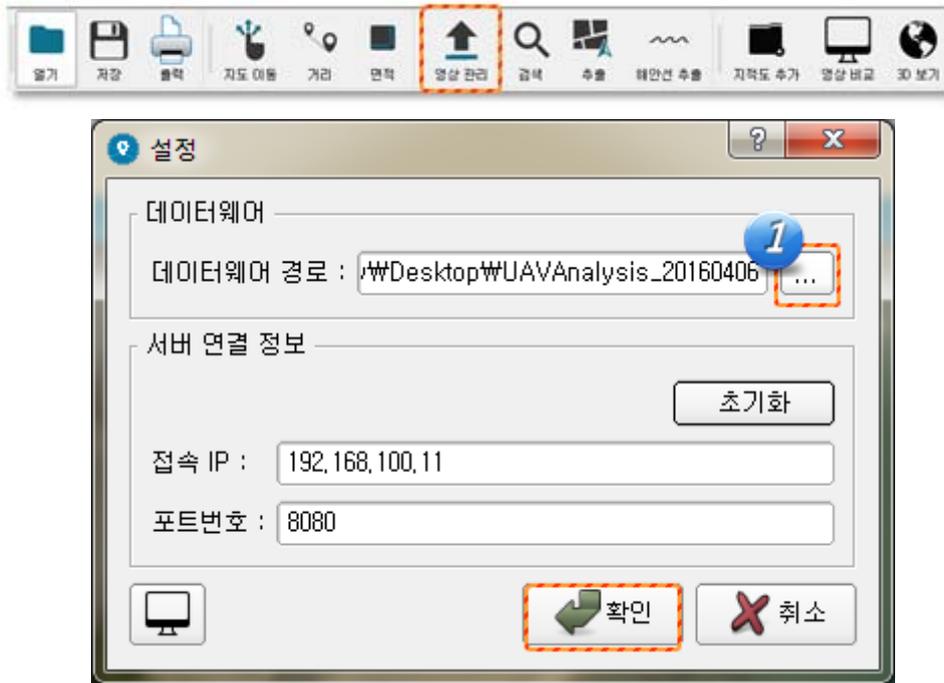
라. 영상관리

1) 영상관리를 위한 설정

- ▶ 자동 생성된 촬영 기록부 DB 파일에 UAV 영상 촬영정보를 기록하고 UAV 영상 및 등고 파일을 3D 서비스를 위한 데이터로 변환하기 위한 기능입니다.

※ 영상 관리 기능을 구동하기 전에 “설정” 메뉴에서 데이터웨어 경로를 반드시 설정합니다.

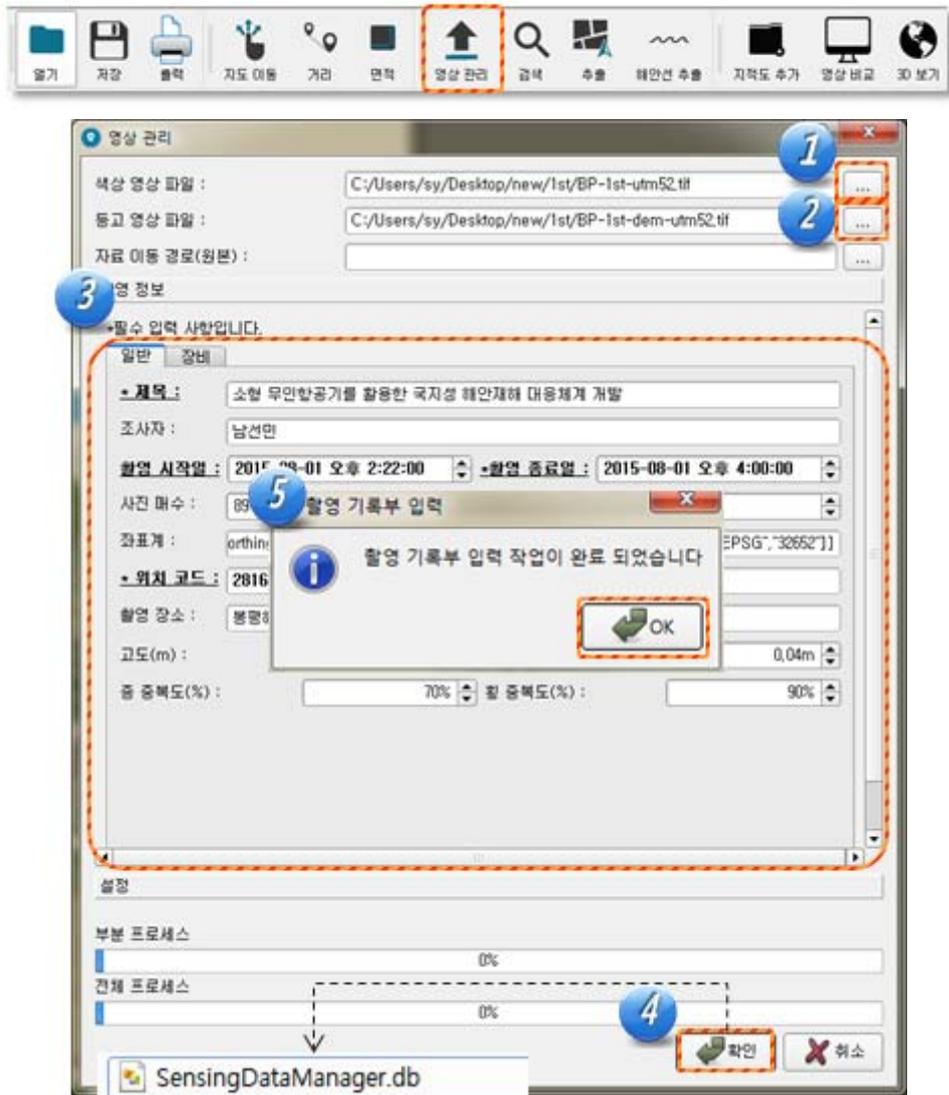
- ▶ ‘설정’ 메뉴를 클릭하고 촬영기록부 및 3D 서비스 데이터를 저장할 경로를 설정합니다.



[그림 2-6] 정밀분석 시스템 영상관리-설정

2) 촬영 기록부 작성 및 타일링

- ▶ 촬영 기록부에 해당 경로 색상 영상 파일의 정보가 없을 경우 별도의 물음 없이 프로세스가 진행됩니다.
- ▶ 촬영기록부 저장 및 데이터 변환을 할 색상 영상 파일을 선택합니다.
- ▶ 촬영 기록부 저장 및 데이터 변환을 할 등고 영상 파일을 선택합니다.
- ▶ 일반과 장비 탭에서 기록할 촬영 정보를 입력합니다. (* 필수 입력 사항은 반드시 입력합니다.)
- ▶ 입력을 완료 하고 확인 버튼을 누르면 ‘4-1 설정’ 단계에서 설정된 데이터웨어 경로에 “SensingDataManager.db” 파일이 자동 생성되며 기록된 촬영 정보가 입력됩니다.
- ▶ 촬영 정보가 입력 완료되면 색상 및 등고 영상파일을 타일링 하는 작업이 진행됩니다.

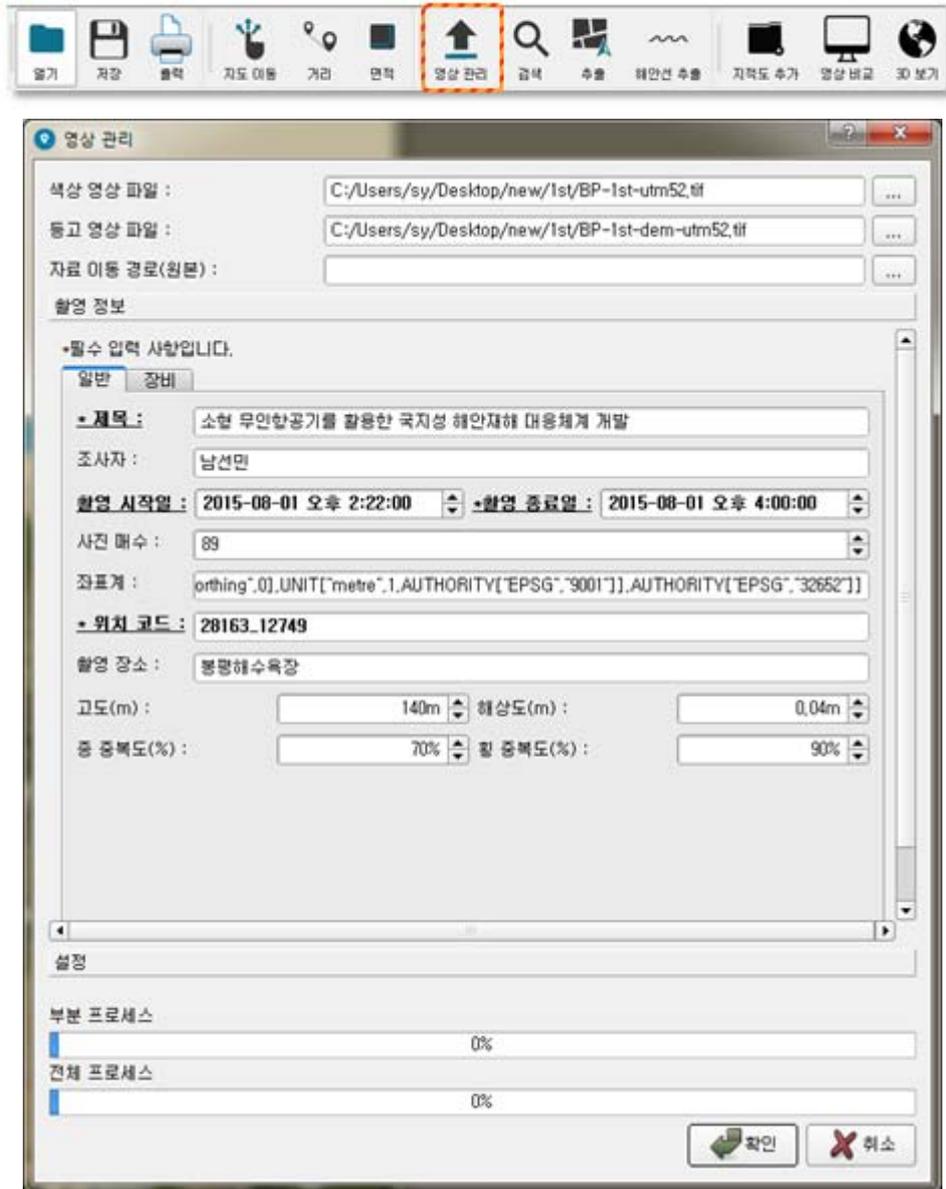


[그림 2-7] 정밀분석 시스템 영상관리

가) 촬영정보 항목(일반) 설명

- ▶ 제목 : 사업명
- ▶ 조사자 : UAV 영상 촬영 수행인
- ▶ 촬영 시작일 : UAV 촬영 시작일, 시간
- ▶ 촬영 종료일 : UAV 촬영 종료일, 시간
- ▶ 사진 매수 : 촬영된 사진 수
- ▶ 좌표계 : UAV 영상이 보유하고 있는 좌표계 (해당 항목은 자동 입력이 됩니다.)
- ▶ 위치코드 : UAV 영상의 위치 코드 (해당 항목은 자동 입력이 됩니다.)
- ▶ 촬영 장소 : UAV 영상 촬영 장소
- ▶ 고도(m) : UAV 영상 촬영 고도

- ▶ 해상도(m) : UAV 영상 해상도
- ▶ 종/횡 중복도(%) : UAV 영상 촬영 중복도

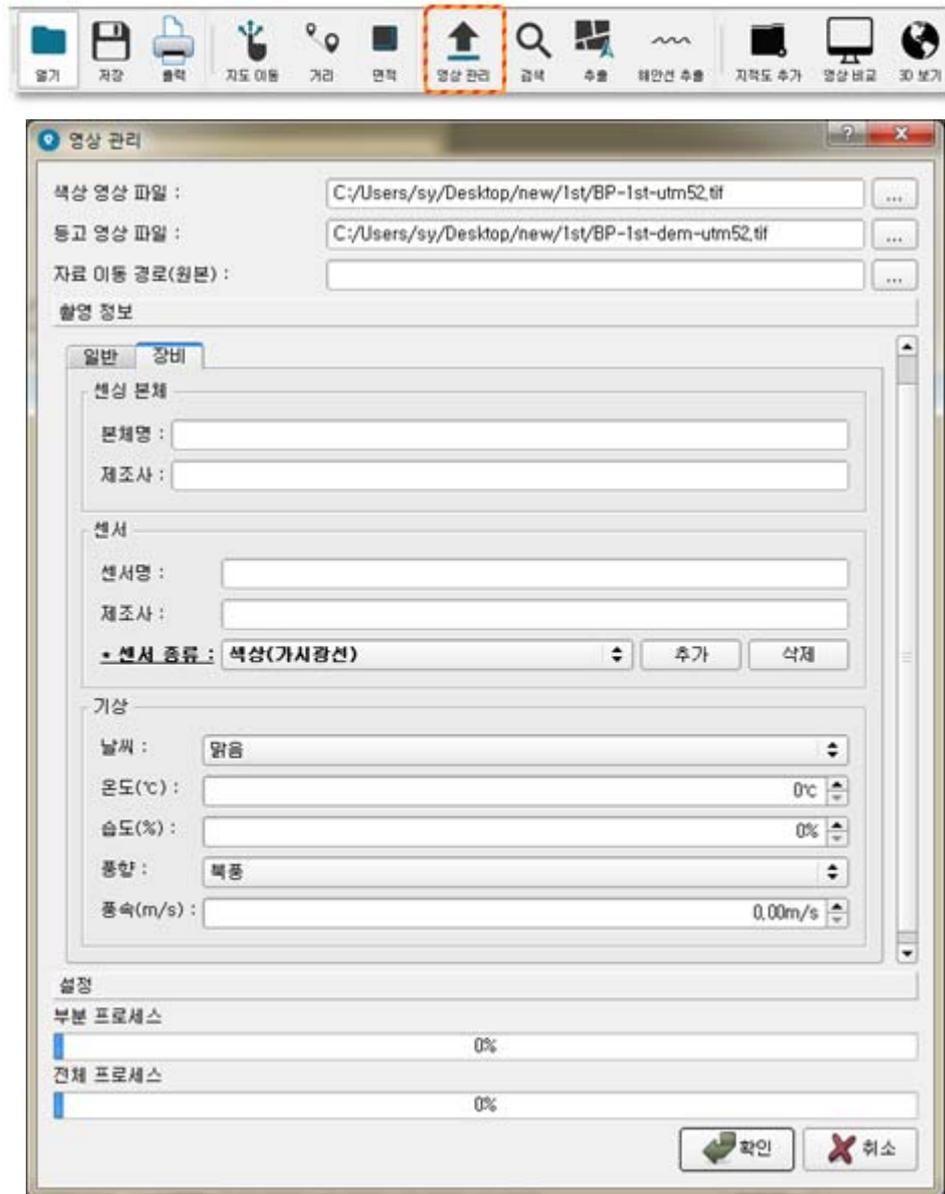


[그림 2-8] 정밀분석 시스템 영상관리 촬영정보 항목(일반) 설명

나) 촬영정보 항목(장비) 설명

- ▶ 본체명 : 촬영 장비 이름
- ▶ 제조사 : 촬영 장비 제조사
- ▶ 센서명 : 센서 이름
- ▶ 제조사 : 센서 제조사
- ▶ *센서 종류 : 센서 종류 (* 해당 표시는 필수 입력 사항입니다.)

- ▶ 날씨 : UAV 영상 촬영시 날씨
- ▶ 온도(℃) : UAV 영상 촬영시 온도
- ▶ 습도(%) : UAV 영상 촬영시 습도
- ▶ 풍향 : UAV 영상 촬영시 풍향
- ▶ 풍속(m/s) : UAV 영상 촬영시 풍속



[그림 2-9] 정밀분석 시스템 영상관리 촬영정보 항목(장비) 설명

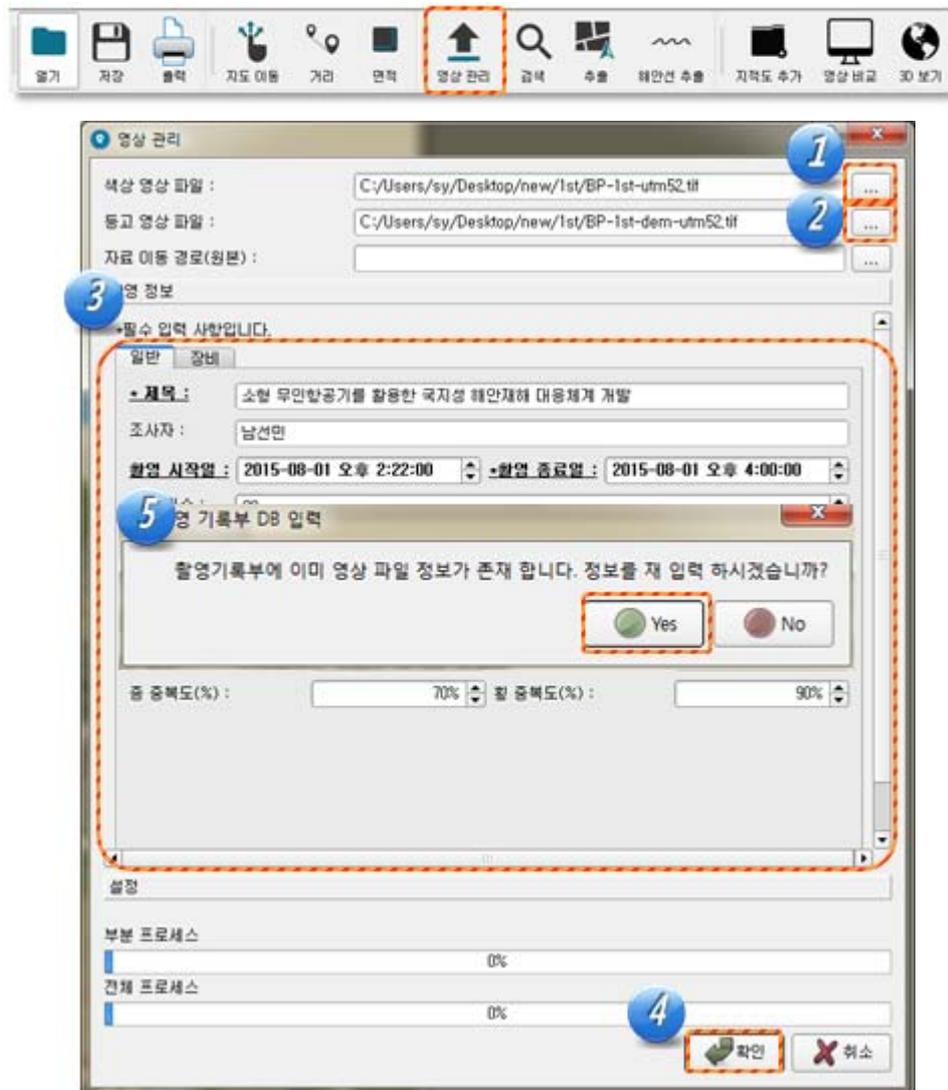
다) 도움말

- ▶ 색상영상파일에 선택된 영상의 정보가 촬영기록부 DB 파일에 이미 저장

되어 있을 경우 입력된 정보를 업데이트 할 수 있습니다. 선택된 영상의 정보가 변경되었다면 ‘다. 촬영기록부 업데이트 및 타일링’ 을 참고하시어 작업을 진행바랍니다.

3) 촬영 기록부 업데이트 및 타일링

- ▶ 촬영 기록부에 해당 경로 영상 파일의 정보가 있을 경우에는 입력된 정보를 업데이트 할건지 여부를 확인 합니다. 이미 저장된 기록을 변경하기 위해서는 업데이트를 진행합니다.



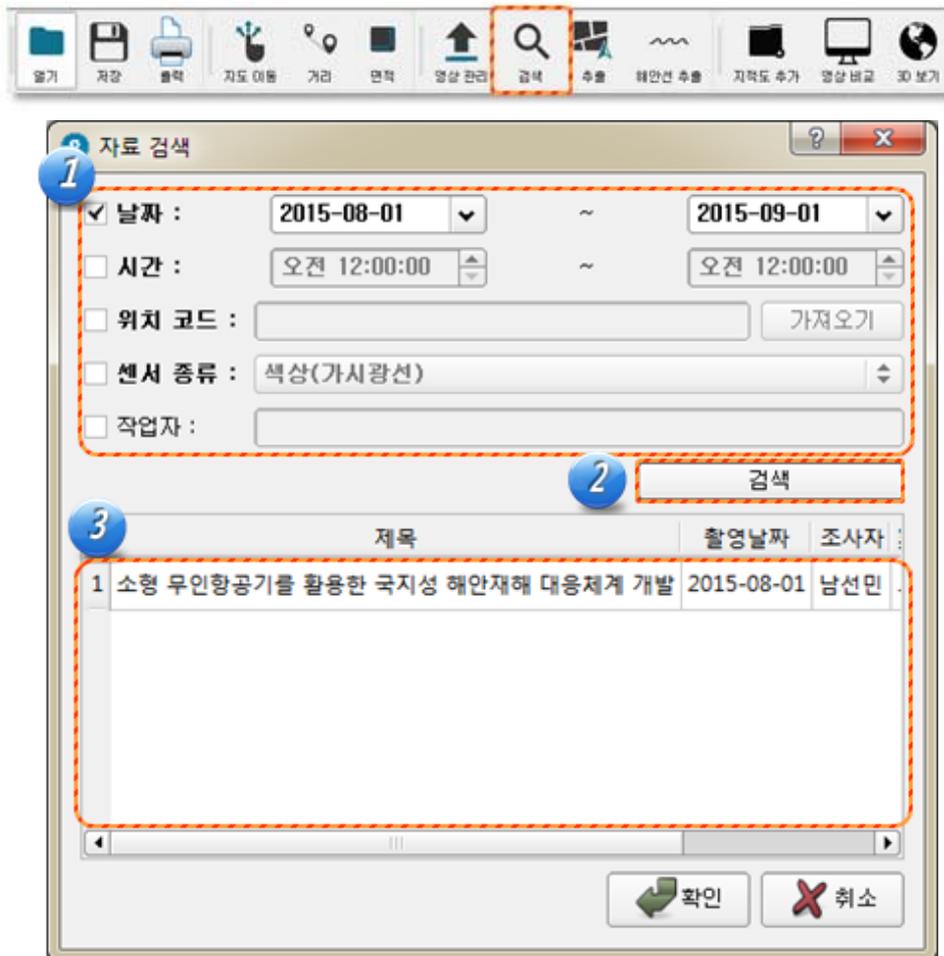
[그림 2-10] 정밀분석 시스템 영상관리

- ▶ 촬영기록부 저장 및 데이터 변환을 할 색상 영상 파일을 선택합니다.
- ▶ 촬영 기록부 저장 및 데이터 변환을 할 등고 영상 파일을 선택합니다.

- ▶ 일반과 장비 탭에서 기록할 촬영 정보를 입력합니다.
- ▶ * 필수 입력 사항은 반드시 입력합니다.
- ▶ 입력을 완료 하고 확인 버튼을 클릭합니다.
- ▶ 촬영 기록부에 이미 해당 영상 파일 정보가 있다면 업데이트 여부를 확인합니다.
정보를 재입력 하시려면 확인을 클릭합니다.

마. 검색

- ▶ 저장된 UAV 영상 촬영정보를 기준으로 해당 조건에 맞는 영상의 경로를 검색해 준다.
- ▶ 검색 메뉴를 클릭하고 검색 조건을 설정합니다.
- ▶ 검색을 클릭합니다.
- ▶ 검색 조건에 맞는 영상 경로 및 관련 정보가 결과창에 나옵니다.



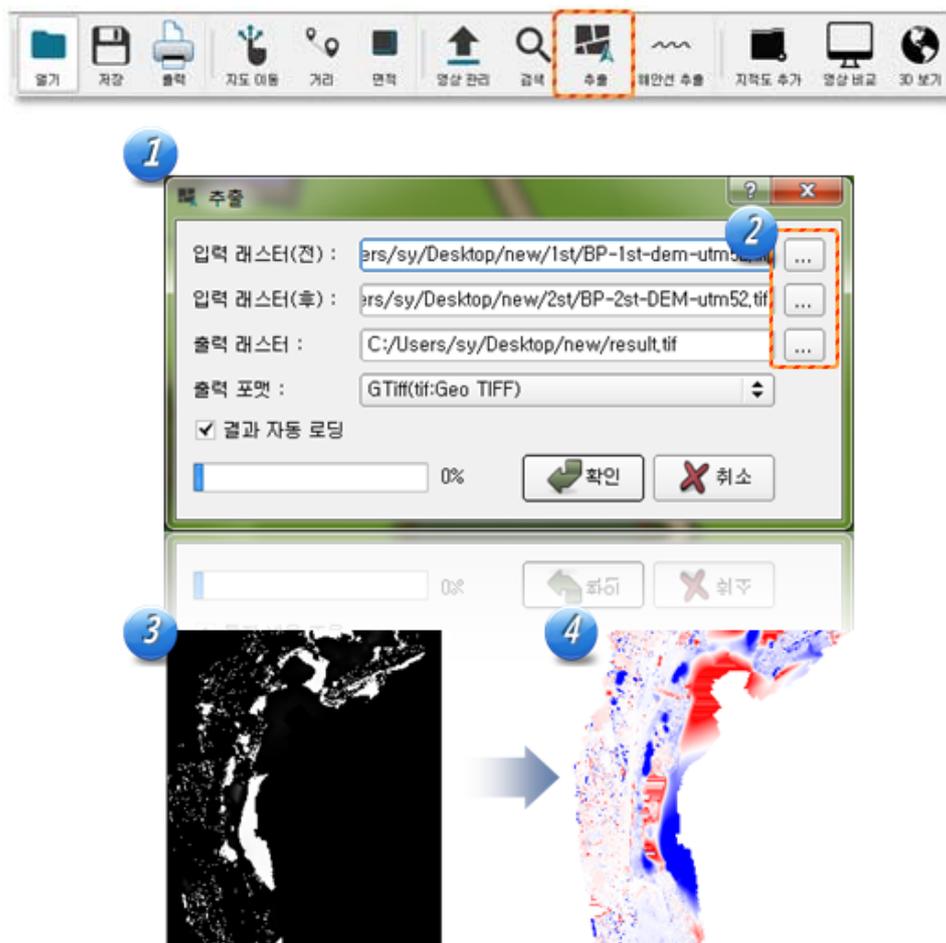
[그림 2-11] 정밀분석 시스템 검색

1) 검색조건

- ▶ 날짜 : UAV 영상 촬영 날짜
- ▶ 시간 : UAV 영상 촬영 시간
- ▶ 위치코드 : UAV 영상 촬영 장소 (‘가져오기’ 버튼을 클릭하여 촬영 위치 리스트에서 선택)
- ▶ 센서 종류 : 센서 종류
- ▶ 작업자 : UAV 영상 촬영 수행인

바. 추출

- ▶ 동일한 지역에서 다른 날 촬영된 DEM 값을 비교하여 해안지역의 지형, 지물 변동을 모니터링 하는 기능입니다. 결과 파일로 (후)DEM 파일 Z값에서 (전)DEM 파일 Z값을 빼서 Z의 차이 값을 저장한 DEM 파일이 생성됩니다.

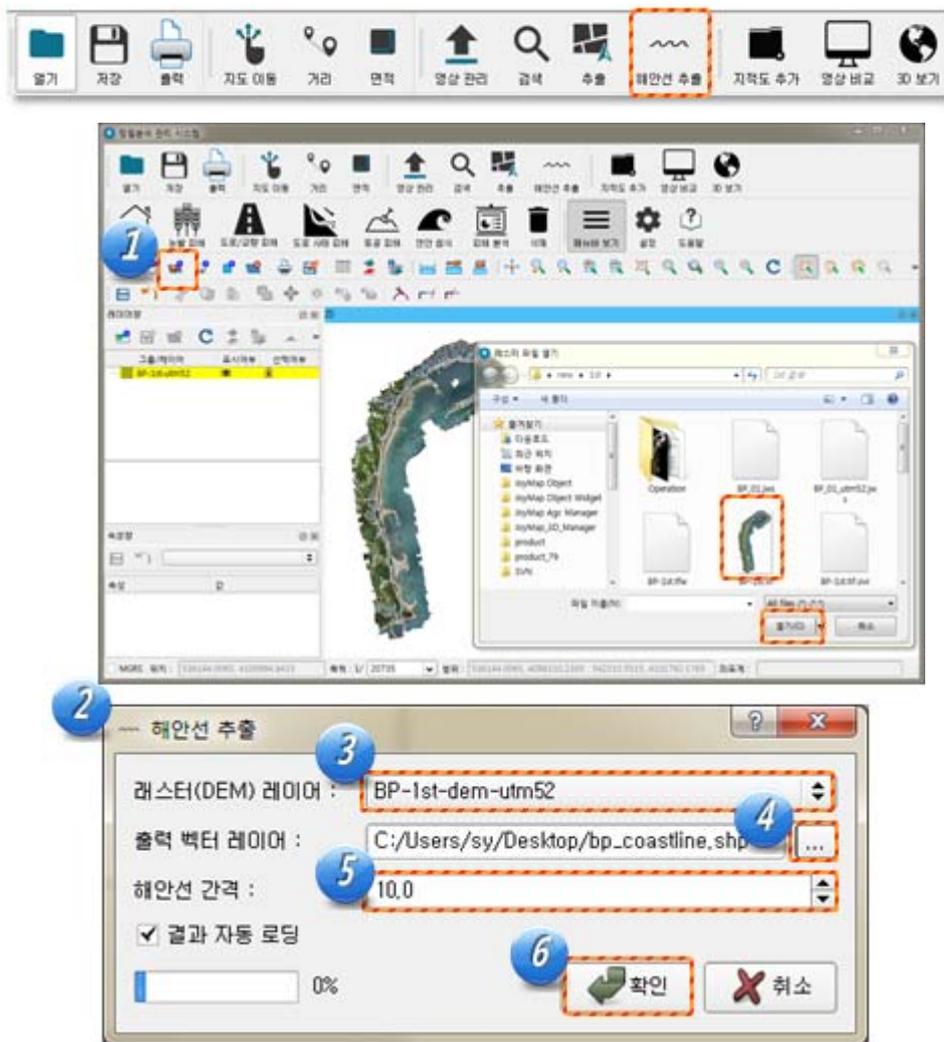


[그림 2-12] 정밀분석 시스템 추출

- ▶ 메뉴에서 추출 아이콘을 클릭하면 추출 기능 창이 뜹니다.
- ▶ 지역의 (전, 후) DEM 파일을 설정하고 출력 래스터 파일 경로와 파일명을 설정합니다.
- ▶ 확인을 클릭하면 결과 파일이 2D 화면에 자동 로딩 됩니다.
- ▶ 결과 파일에 스타일을 적용하여 Z값의 변동 여부를 편리하게 확인 합니다. (빨간색 : +값, 파란색: -값)

사. 해안선 추출

- ▶ DEM 파일에서 Z값을 이용하여 해안선을 추출하는 기능입니다.



[그림 2-13] 정밀분석 시스템 해안선추출

- ▶ 해안선을 추출할 래스터 파일을 로딩 합니다.
- ▶ 메뉴에서 해안선 추출 아이콘을 클릭하면 기능 창이 뜹니다.

- ▶ 해안선을 추출할 DEM 레이어를 선택합니다.
- ▶ 출력 벡터 레이어의 이름 및 경로를 설정합니다.
- ▶ 해안선의 간격을 설정합니다.
- ▶ 확인을 클릭하면 결과 파일이 자동 로딩 됩니다.

아. 지적도 추가

- ▶ 해당 지역의 지적도를 서버로부터 요청 합니다.
- ▶ 지적도를 추가 하기 위해서는 서버 IP 등 필요정보를 설정해야 합니다.



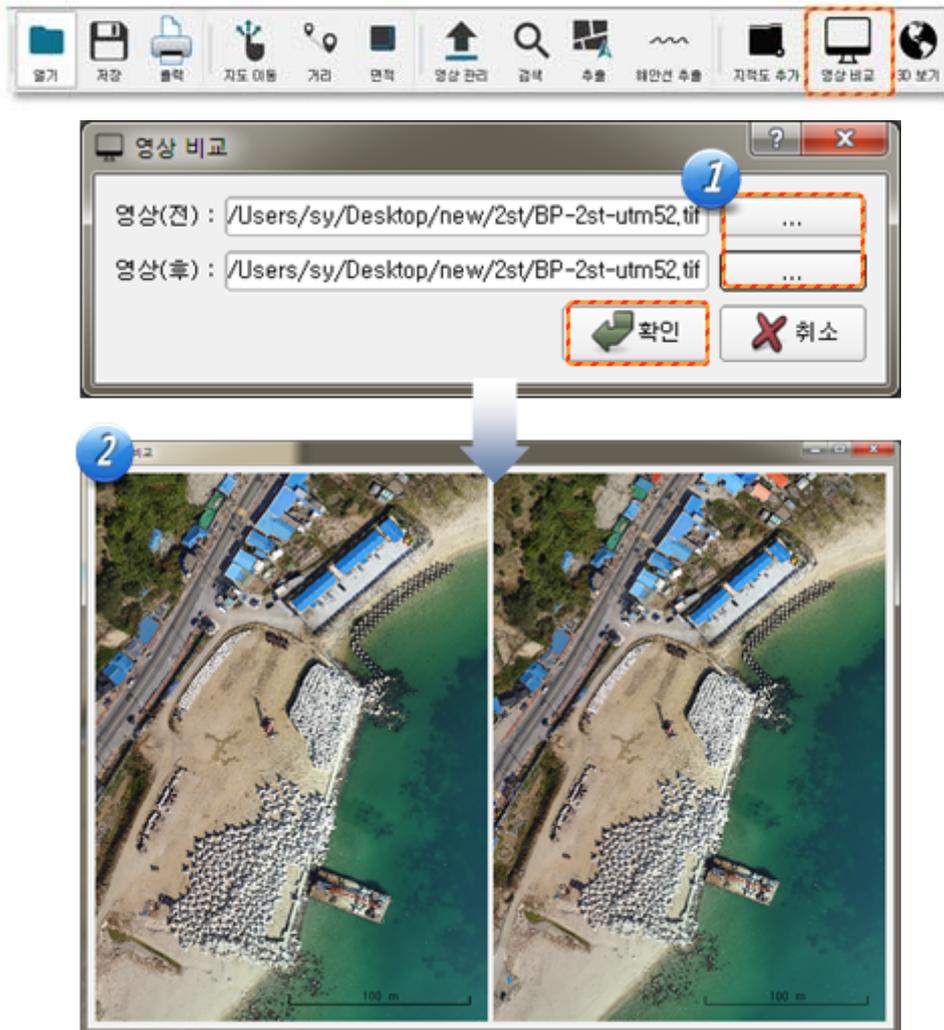
[그림 2-14] 정밀분석 시스템 지적도 추가

- ▶ 지적도 추가에 필요한 서버 정보(IP, Port)를 설정 아이콘을 클릭하여 설정합니다.
- ▶ 메뉴에서 지적도 추가 아이콘을 클릭합니다.

- ▶ 2D 화면에서 마우스 휠을 위로 올리면서 지도를 확대합니다. 화면 스케일이 값이 2이상 일때 지적도가 로딩 됩니다.

자. 영상 비교

- ▶ 2장의 영상을 비교하여 해안의 지형 또는 지물 변화를 모니터링 하는 기능입니다.

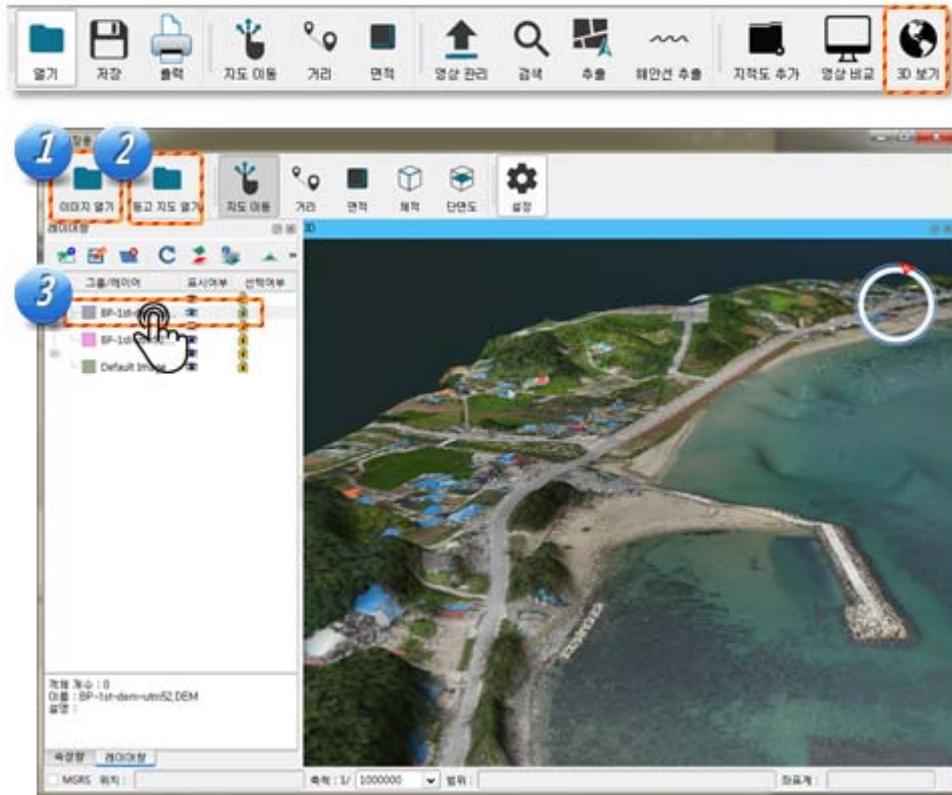


[그림 2-15] 정밀분석 시스템 영상 비교

- ▶ 메뉴에서 영상 비교 아이콘을 클릭하고 비교할 영상을 선택하고 확인을 클릭합니다.
- ▶ 두개의 지도 화면 창에 로딩된 영상을 보고 변화를 비교 합니다.
 - 확대 : 마우스 휠을 위쪽 방향으로
 - 축소 : 마우스 휠을 아래쪽 방향으로

차. 3D 보기

▶ 정밀 분석 시스템에서 UAV 영상을 3D로 보기 위한 기능입니다.



[그림 2-16] 정밀분석 시스템 3D보기

- ▶ 3D 보기 메뉴를 클릭하면 현장용 3D 시스템 창이 열립니다. 3D로 보기 위한 UAV 영상 파일을 로딩 합니다.
- ▶ 3D로 보기 위한 등고 지도 파일을 로딩 합니다.
- ▶ 레이어창에 로딩된 UAV 영상 또는 등고 지도를 더블 클릭하면 해당 위치로 3D 화면이 이동됩니다.

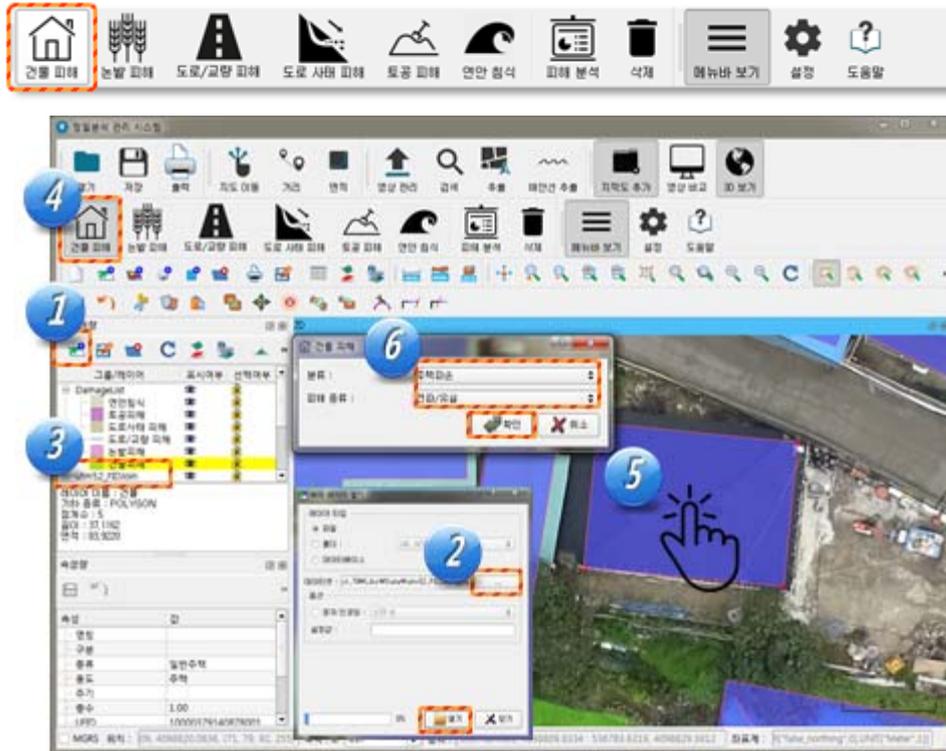
1) 3D 마우스 조작법

- ▶ 화면 이동 : 왼쪽 마우스 클릭 후 이동방향으로 드래그
- ▶ 시점(카메라) 이동 : 오른쪽 마우스 클릭 후 드래그
- ▶ 확대 : 양쪽 마우스 클릭 후 아래방향으로 드래그
- ▶ 축소 : 양쪽 마우스 클릭 후 위쪽방향으로 드래그

카. 피해산정

1) 건물 피해

- ▶ 건축물의 재난 피해액을 산정하기 위한 기능입니다.

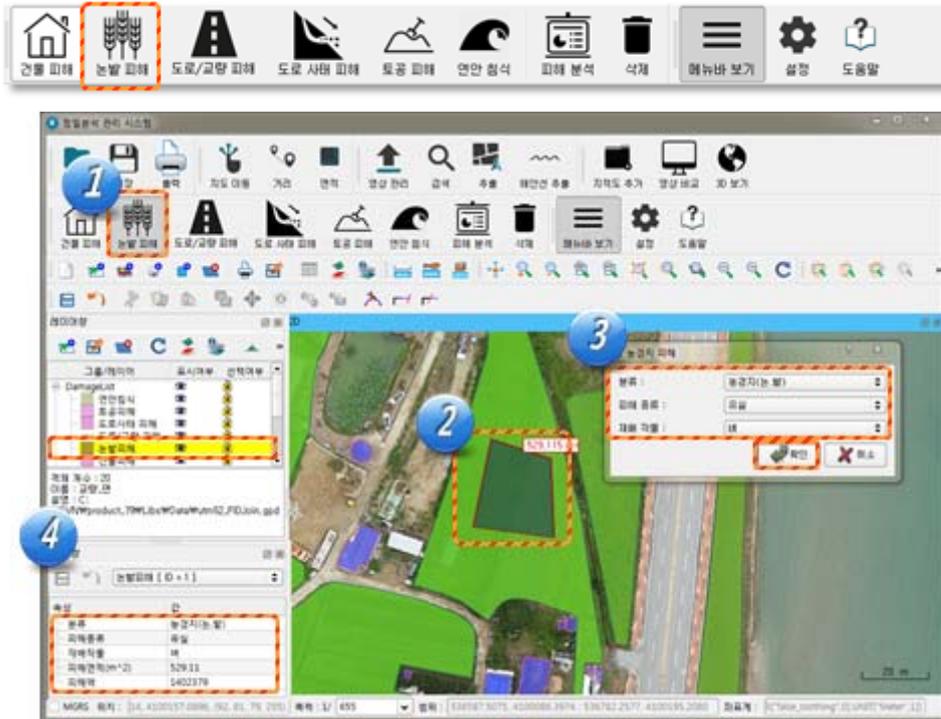


[그림 2-17] 정밀분석 시스템 건물 피해

- ▶ 건물피해액 산정에 필요한 건물데이터를 로딩하기 위해 “벡터 레이어 추가” 버튼을 클릭합니다.
- ▶ 설치파일 경로 Data폴더에 있는 utm52_FIDJoin.gpd파일을 선택합니다.
- ▶ 레이어창에서 utm52_FIDJoin 파일 로딩여부를 확인합니다.
- ▶ 건물피해 아이콘을 클릭하면 레이어창에 DamageList가 자동 생성되고 ‘건물피해’ 레이어가활성화(노란색표시)됩니다
- ▶ 피해가 난 건물의 객체를 지도화면에서 클릭합니다.
- ▶ 클릭을 하면 건물피해정보를 선택하는 팝업창이 뜹니다. 해당하는 정보를 선택하시고 확인을 클릭합니다.
- ▶ 피해액을 산정하기 위해서는 설치 파일 경로 Data 폴더(C: \Program Files \AnalysisManager\Data)에 있는 utm52_FIDJoin.gpd파일을 반드시 사용해야 합니다.

2) 논밭 피해

- ▶ 농경지의 재난 피해액을 산정하기 위한 기능입니다. 폴리곤 형태로 피해 지역의 범위를 선정하고 피해 종류 및 재배작물을 선택하여 피해액을 확인합니다.

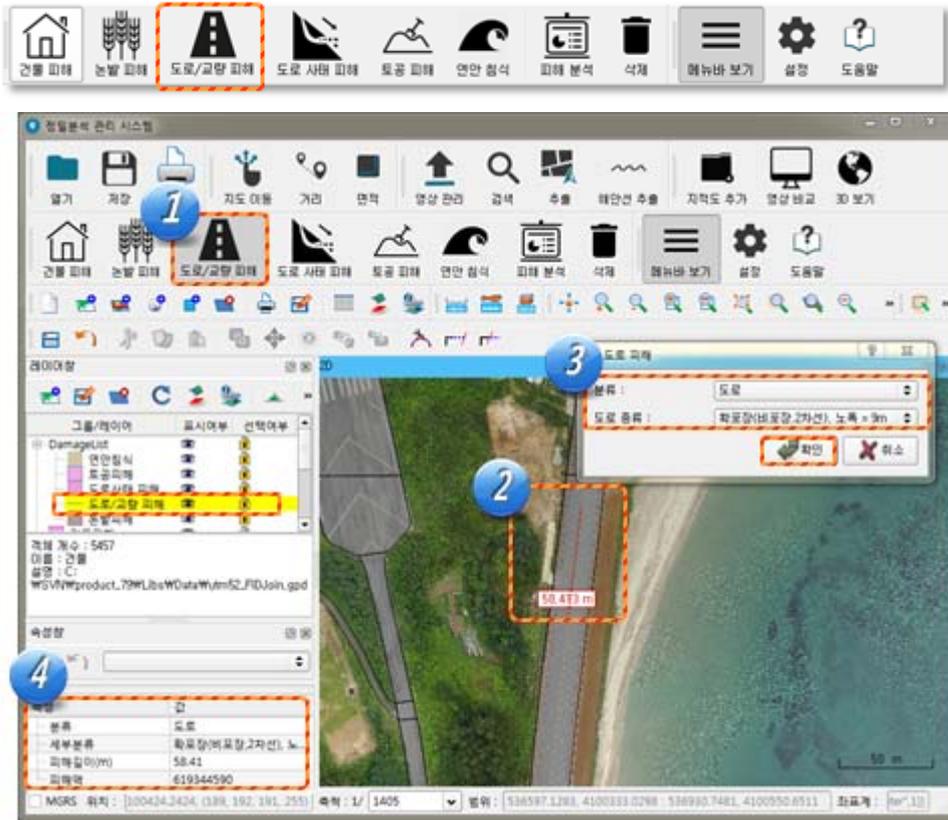


[그림 2-18] 정밀분석 시스템 논밭 피해

- ▶ 논밭피해 아이콘을 클릭하면 레이어창에 DamageList가 자동 생성되고 ‘논밭피해’ 레이어가 활성화(노란색 표시)됩니다
- ▶ 피해가 난 논 밭의 범위를 설정합니다. 설정방법은 기준점을 잡고 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 꼭지점의 개수를 늘려잡니다. 마지막 꼭지점에서 더블 클릭하여 다각형을 완성시킵니다.
- ▶ 클릭을 하면 논밭피해정보를 선택하는 팝업창이 뜹니다. 해당하는 정보를 선택하시고 확인을 클릭합니다.
- ▶ 속성정보 탭에서 입력된 피해 정보를 확인합니다.

3) 도로/교량 피해

- ▶ 도로 및 교량 재난 피해액을 산정하기 위한 기능입니다. 도로/교량에 라인 형태로 피해지역 범위를 선정하고 도로 분류, 종류를 선택하여 피해액을 확인 합니다.



[그림 2-19] 정밀분석 시스템 도로/교량 피해

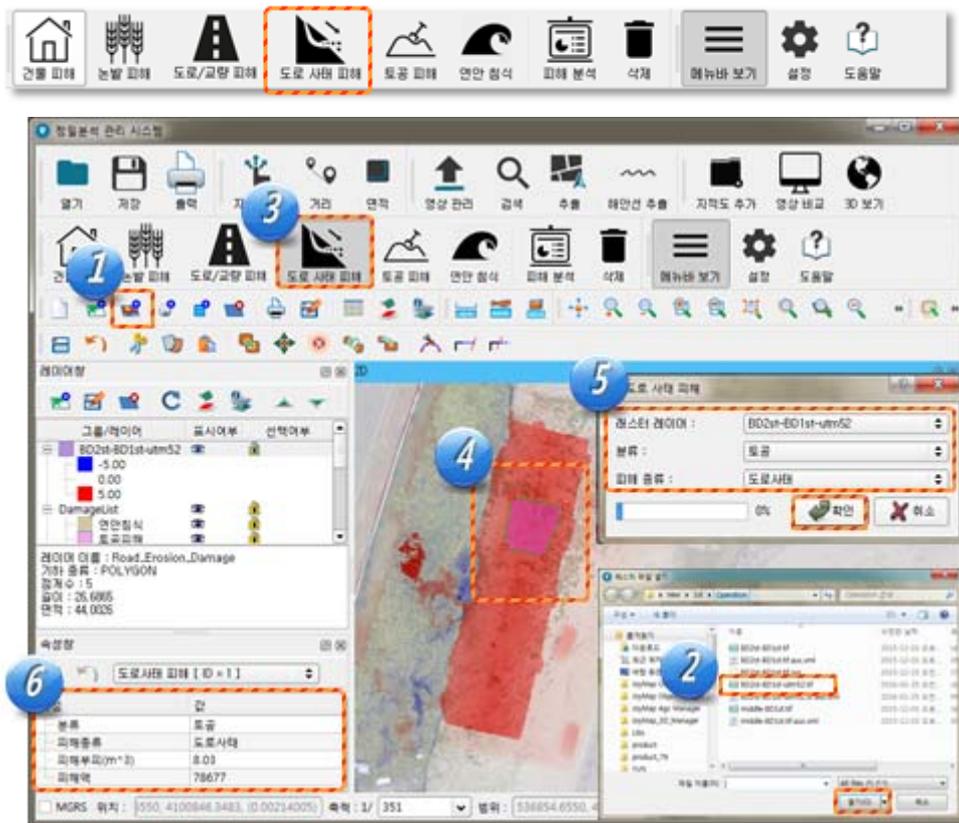
- ▶ 도로/교량피해 아이콘을 클릭하면 레이어창에 DamageList가 자동 생성되고 ‘도로/교량피해’ 레이어가 활성화(노란색 표시)됩니다.
- ▶ 피해가 난 도로/교량의 범위를 설정합니다. 설정방법은 시작점, 중간점을 클릭하고, 끝점을 더블 클릭합니다. 끝점에서 더블 클릭을 하여 라인을 완성 시킵니다.
- ▶ 클릭을 하면 도로피해정보를 선택하는 팝업창이 뜹니다. 해당하는 정보를 선택하시고 확인을 클릭합니다.
- ▶ 속성정보 탭에서 입력된 피해 정보를 확인합니다.

4) 도로사태 피해

- ▶ 도로 사태 피해액을 산정하기 위한 기능입니다.
- ▶ 도로사태 지역의 부피를 계산하기 위해 DEM 지도를 로딩합니다. ‘래스터 파일 열기’ 메뉴를 클릭합니다.
- ▶ 피해 부피를 산정하는데 사용될 래스터 파일을 선택합니다. 부피 산정에 사용되는 래스터 파일은 ‘추출’ 메뉴에서 결과 파일로 나온 래스터 파일을 사용합니다.
- ▶ 도로사태피해 아이콘을 클릭하면 레이어창에 DamageList가 자동 생성되고 ‘도

로사태피해' 레이어가 활성화(노란색 상태)됩니다.

- ▶ 폴리곤 형태로 피해가 난 도로사태 범위를 설정합니다. 설정방법은 기준점을 잡고 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 꼭지점의 개수를 늘려잡니다. 마지막 꼭지점에서 더블 클릭하여 다각형을 완성시킵니다.
- ▶ 클릭을 하면 도로사태피해정보를 선택하는 팝업창이 뜹니다. 해당하는 정보를 선택하시고 확인을 클릭합니다.
 - 래스터 레이어 : 부피 값 계산 기준 래스터 레이어
- ▶ 속성정보 탭에서 입력된 피해 정보를 확인합니다.

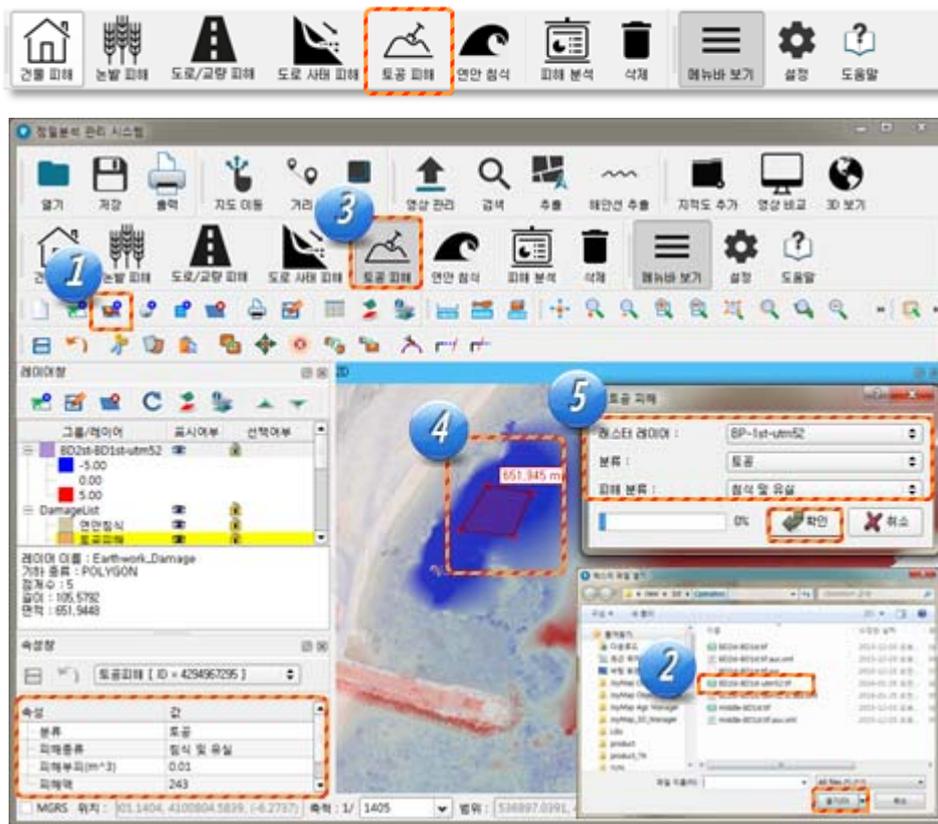


[그림 2-20] 정밀분석 시스템 도로사태 피해

5) 토공 피해

- ▶ 토공 피해액을 산정하기 위한 기능입니다.
- ▶ 토공피해 지역의 부피를 계산하기 위해 DEM 지도를 로딩합니다. '래스터 파일 열기' 메뉴를 클릭합니다.
- ▶ 피해 부피를 산정하는데 사용될 래스터 파일을 선택합니다. 부피 산정에 사용되는 래스터 파일은 '추출' 메뉴에서 결과 파일로 나온 래스터 파일을 사용합니다.

- ▶ 토공피해 아이콘을 클릭하면 레이어창에 DamageList가 자동 생성되고 ‘토공피해’ 레이어가 활성화(노란색 상태)됩니다.
 - ▶ 폴리곤 형태로 피해가 난 토공피해 범위를 설정합니다. 설정방법은 기준점을 잡고 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 꼭지점의 개수를 늘려갑니다. 마지막 꼭지점에서 더블 클릭하여 다각형을 완성시킵니다.
 - ▶ 클릭을 하면 토공피해정보를 선택하는 팝업창이 뜹니다. 해당하는 정보를 선택하시고 확인을 클릭합니다.
- 래스터 레이어 : 부피 값 계산 기준 래스터 레이어
- ▶ 속성정보 탭에서 입력된 피해 정보를 확인합니다.



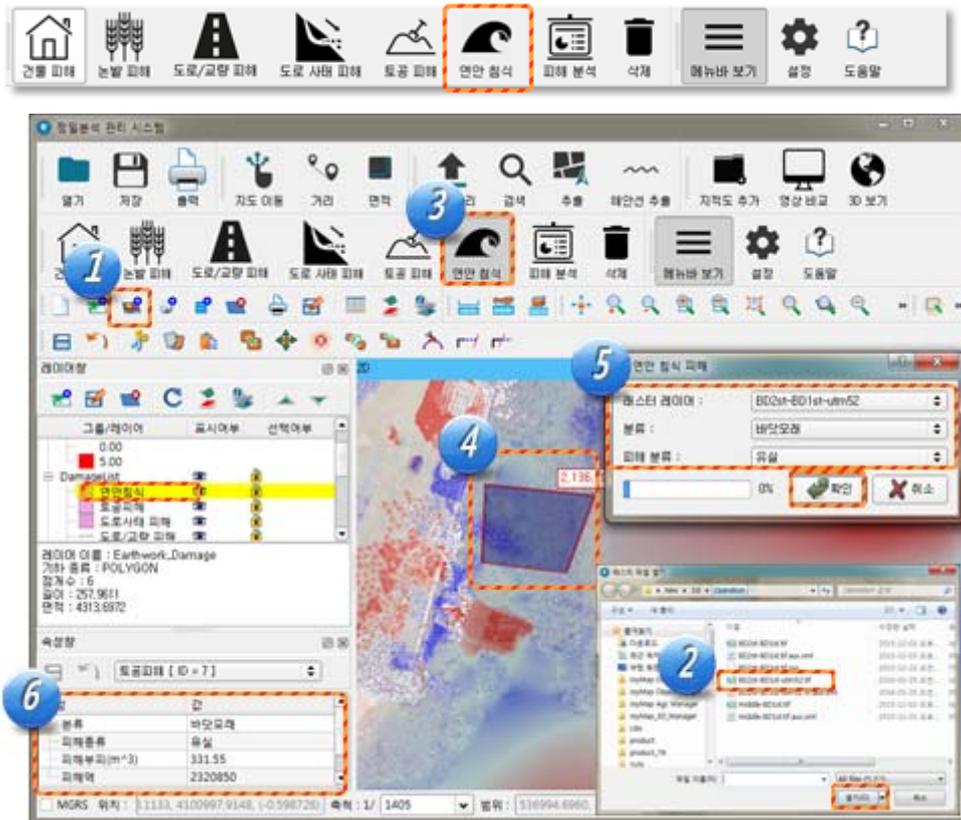
[그림 2-21] 정밀분석 시스템 토공 피해

6) 연안침식 피해

- ▶ 연안침식 피해액을 산정하기 위한 기능입니다.
- ▶ 연안침식피해 지역의 부피를 계산하기 위해 DEM 지도를 로딩합니다. ‘래스터 파일 열기’ 메뉴를 클릭합니다.
- ▶ 피해 부피를 산정하는데 사용될 래스터 파일을 선택합니다. 부피 산정에 사용되는

래스터 파일은 ‘추출’ 메뉴에서 결과 파일로 나온 래스터 파일을 사용합니다.

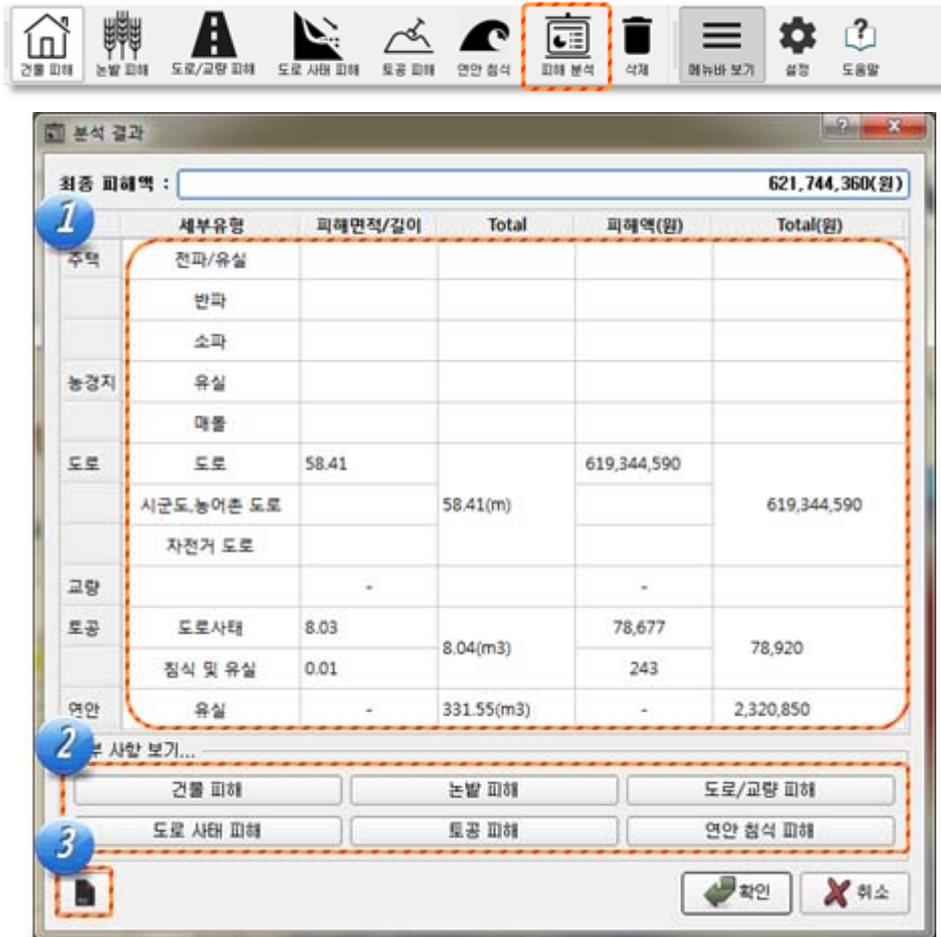
- ▶ 연안침식 아이콘을 클릭하면 레이어창에 DamageList가 자동 생성되고 ‘연안침식’ 레이어가 활성화(노란색 상태)됩니다.
- ▶ 폴리곤 형태로 피해가 난 연안침식 범위를 설정합니다. 설정방법은 기준점을 잡고 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하면서 꼭지점의 개수를 늘려갑니다. 마지막 꼭지점에서 더블 클릭하여 다각형을 완성시킵니다.
- ▶ 클릭을 하면 연안침식정보를 선택하는 팝업창이 뜹니다. 해당하는 정보를 선택하고 확인을 클릭합니다.
 - 래스터 레이어 : 부피 값 계산 기준 래스터 레이어
- ▶ 속성정보 탭에서 입력된 피해 정보를 확인합니다.



[그림 2-22] 정밀분석 시스템 연안침식 피해

7) 피해 분석

- ▶ 6가지 단계를 통해 산정된 모든 피해 항목에 대한 재난 피해액을 표시하기 위한 기능입니다.



[그림 2-23] 정밀분석 시스템 피해분석

- ▶ 피해분석 아이콘을 클릭하면 항목별 피해 길이/면적, 피해액과 최종 피해액이 산정되어 보여 집니다.
- ▶ 세부사항 보기 버튼을 클릭을 하면 피해항목별 자세한 정보가 보여집니다.
- ▶ 최종 피해액을 PDF 파일로 저장합니다.

8) 삭제

- ▶ 6가지 피해 항목별로 추가된 피해영역 정보를 모두 삭제하는 기능입니다.
- ▶ 해당 기능을 통해 피해산정 DB 파일에 저장된 정보를 모두 삭제할 수 있습니다.
- ▶ 삭제 아이콘을 클릭하면 항목별 입력된 피해 지역 정보가 삭제됩니다.



삭제 전

Attribute Table - Erosion_Damage - total : 4, selected : 1 (25.00%)

번호	분류	피해종류	피해부피(m ³)	피해면
1	바닷모래	유실	331.55000000...	2320850
2	바닷모래	유실	0	0
3	바닷모래	유실	51.420000000...	359940
4	바닷모래	유실	286.90999999...	2008369

확인 취소

삭제 후

Attribute Table - Erosion_Damage - total : 0, selected : 0 (0.00%)

번호	분류	피해종류	피해부피(m ³)	피해면
----	----	------	-----------------------	-----

확인 취소

[그림 2-24] 정밀분석 시스템 삭제

타. 메뉴바 보기

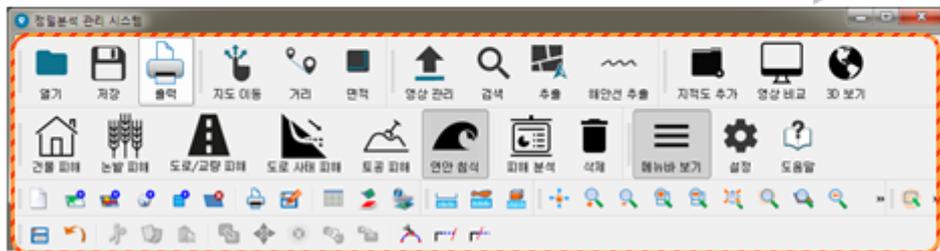
- ▶ 정밀 분석 관리를 위해 필요한 기본 기능을 메뉴바로 구성하였습니다. 메뉴바 보기를 클릭하면 다양한 메뉴가 추가됩니다.
- ▶ 메뉴바보기 아이콘을 클릭하면 기본 기능 메뉴바가 추가됩니다.



메뉴바 보기 클릭 전



메뉴바 보기 클릭 후



[그림 2-25] 정밀분석 시스템 메뉴바

파. 설정

1) 데이터웨어

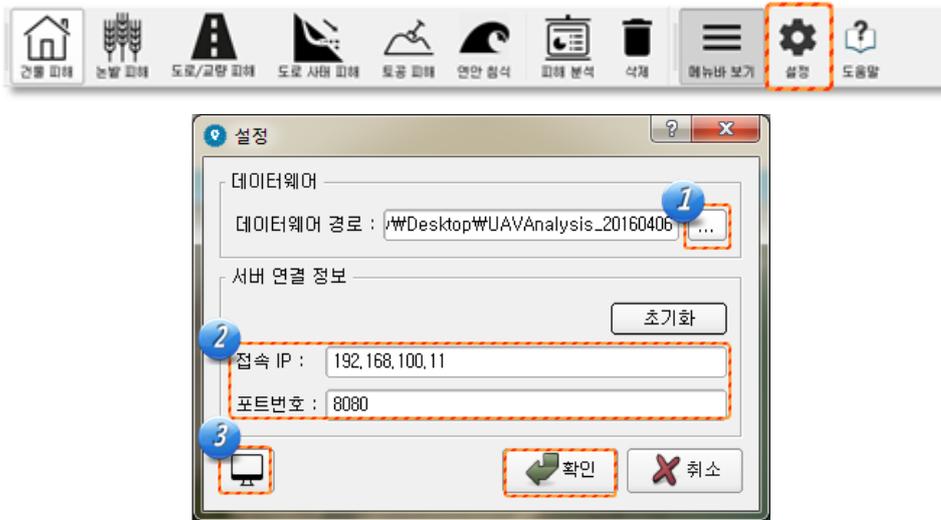
- ▶ 촬영된 UAV 영상 촬영정보 및 3D 변환 데이터를 저장해주기 위한 데이터 웨어 경로를 설정합니다. 해당 경로 아래로 촬영 정보 DB 및 3D 타일링 데이터가 저장됩니다.

2) 서버연결 정보

- ▶ 지적도 데이터를 불러오기 위한 서버 연결 정보를 설정합니다.

3) 2D 화면 설정

- ▶ 2D 화면 상태를 설정하기 위한 기능입니다.



[그림 2-26] 정밀분석 시스템 설정

- ▶ 데이터웨어 경로를 설정합니다. 촬영정보를 관리하기 위해서는 데이터웨어 경로를 반드시 설정해야 합니다.
- ▶ 서버연결정보를 설정합니다.
- ▶ 2D 화면 설정을 버튼을 클릭하여 설정값을 변경합니다.

하. 도움말

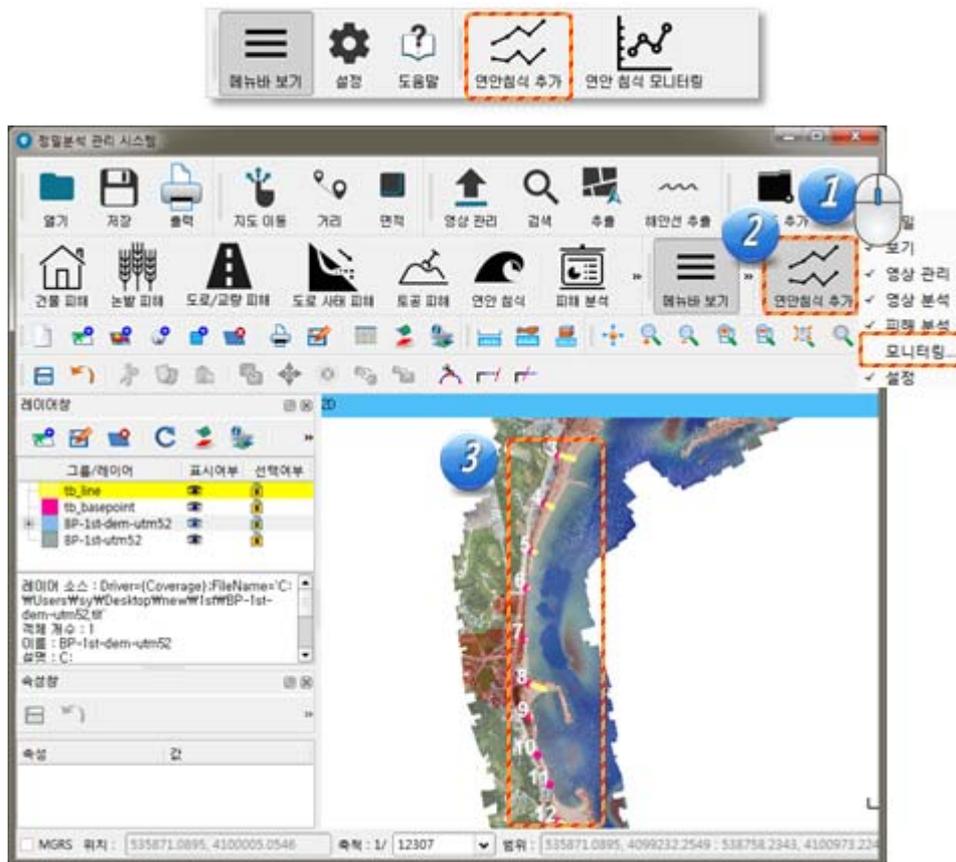


[그림 2-27] 정밀분석 시스템 도움말

- ▶ 정밀분석 관리 시스템 사용자 매뉴얼을 연결합니다.
- ▶ 도움말 버튼을 클릭합니다. 사용자 매뉴얼 참고하여 프로그램을 사용합니다.
- ▶ 도움말을 실행하기 전 “정밀분석시스템” 설치 경로 (C: \Program Files \AnalysisManager) Data 폴더에서 path.txt 파일에 AcroRd32를 사용자 PC에서 PDF Reader SW가 설치된 경로로 변경 저장바랍니다.
- ▶ 또한 AnalysisManager_PDF를 정밀분석시스템_사용자매뉴얼.pdf 경로로 변경합니다. 단, txt 파일의 해당 형식은 그대로 유지해주시고 ‘= ‘ 다음에 작성된 경로만 수정합니다.

거. 연안침식 추가

- ▶ 연안침식 조사 기준점과 조사지역 라인 데이터가 추가 되는 기능입니다.

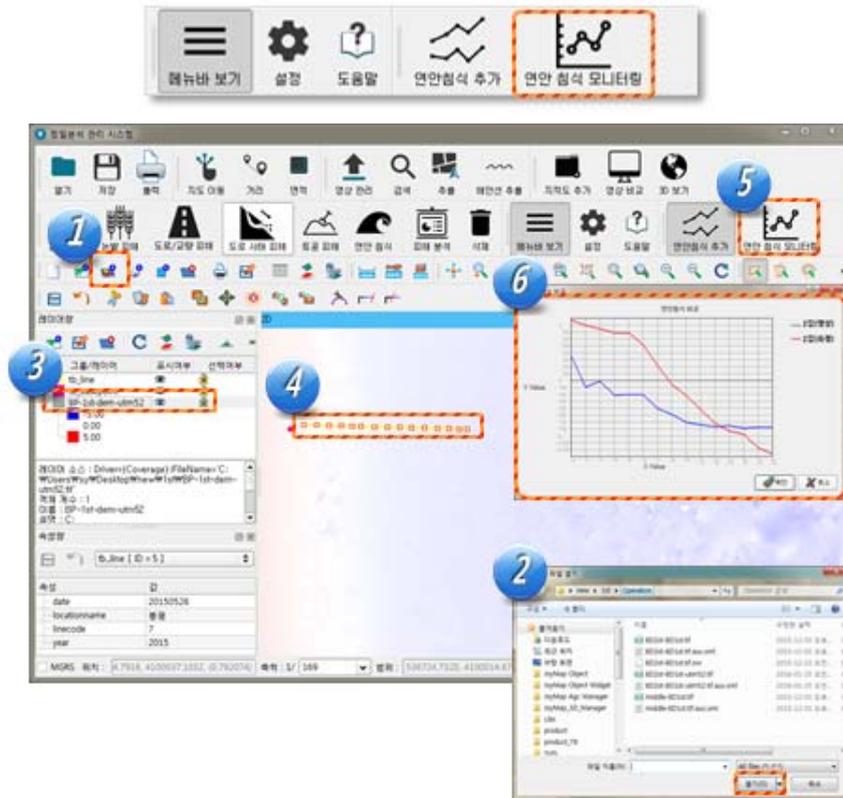


[그림 2-28] 정밀분석 시스템 연안침식 추가

- ▶ 메뉴바에서 오른쪽 클릭 후 ‘모니터링’ 기능 탭을 추가합니다.
- ▶ 연안침식추가 아이콘을 클릭합니다.
- ▶ 지도 화면에 연안침식 조사 기준점과 라인 데이터가 추가됩니다.

너. 연안침식 모니터링

- ▶ 연안침식 모니터링을 하기 위한 기능입니다.
- ▶ 등고 지도에서 추출한 Z값과 현장에서 측정된 Z값을 비교합니다.



[그림 2-29] 정밀분석 시스템 연안침식 모니터링

- ▶ 연안의 고도 값을 비교하기 위해 등고 지도를 로딩 합니다. ‘래스터 파일 열기’ 메뉴를 클릭합니다.
- ▶ 고도 값을 비교할 래스터 파일을 선택합니다.
- ▶ 레이어창에서 로딩한 등고 지도를 활성화 시켜 줍니다. (노란색 -활성화된 상태)
- ▶ 2D 화면에서 고도 값을 비교할 대상 Line (현장에서 측정된 Z값)을 선택합니다.
- ▶ 연안 침식 모니터링 아이콘을 클릭합니다.
- ▶ 등고 지도에서 추출된 Z값과 현장에서 직접 측정된 Z값을 비교한 그래프가 나옵니다.
- ▶ 연안침식 비교 그래프
 - X축 : 측정 지점
 - Y축 : 고도 값
 - 파란선 : DEM 지도에서 취득된 Z값
 - 붉은선 : 현장 측정으로 취득한 Z값

제 3 절 정밀분석 웹 시스템

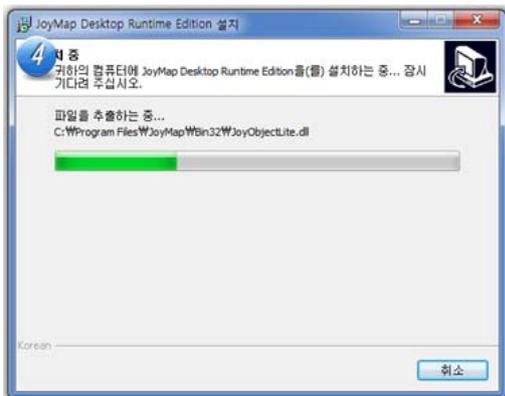
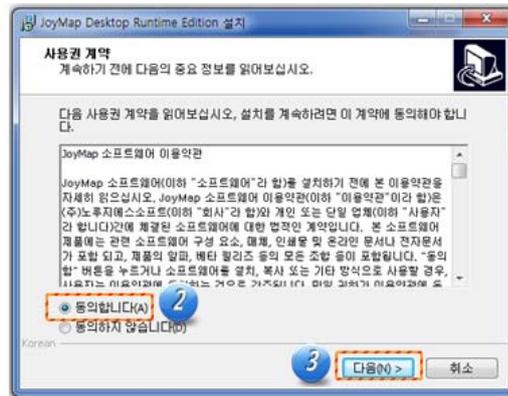
1. 정밀분석 웹 시스템이란

- ▶ 웹 시스템은 드론을 통해 촬영된 UAV 영상을 분석, 관리, 모니터링 하는 시스템입니다.

2. 정밀분석 웹 시스템 설치하기



JoyMap_Runtime.exe 설치가 필요합니다.



[그림 3-1] 웹시스템 설치하기

- ▶ 웹 시스템을 로그인 하면 JoyMap_Runtime.exe 설치 여부 또는 버전에 따라 설치 파일 다운로드 팝업이 표현됩니다.
- ▶ 소프트웨어 이용약관에 동의합니다.
- ▶ 다음을 클릭합니다.
- ▶ 설치가 진행되며, 웹 시스템 GIS 화면이 정상적으로 표현됩니다.
- ▶ 웹 시스템 로그인 정보
 - 주소 : <http://아이피:포트번호/Analysis/> (예시) <http://192.168.100.11:8080/Analysis/>
 - UserName : admin
 - Password : admin

3. 정밀분석 웹 시스템 사용방법

가. 로그인 화면

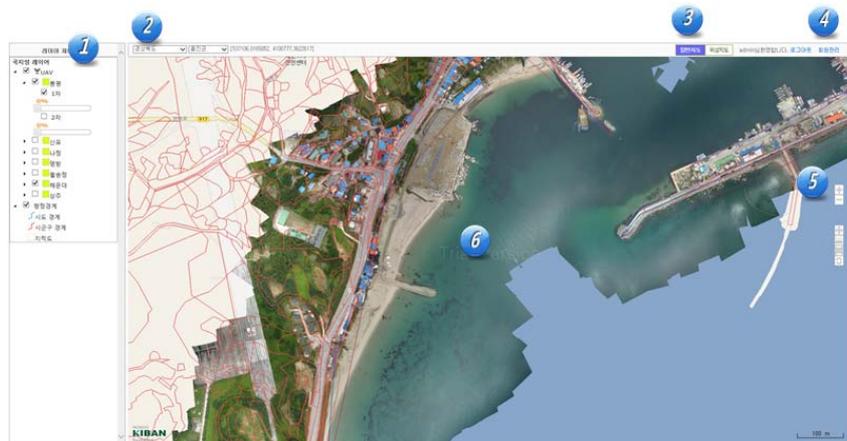
- ▶ 웹 시스템 로그인 화면입니다. 로그인을 하면 메인 GIS화면으로 이동합니다.



[그림 3-2] 웹시스템 로그인

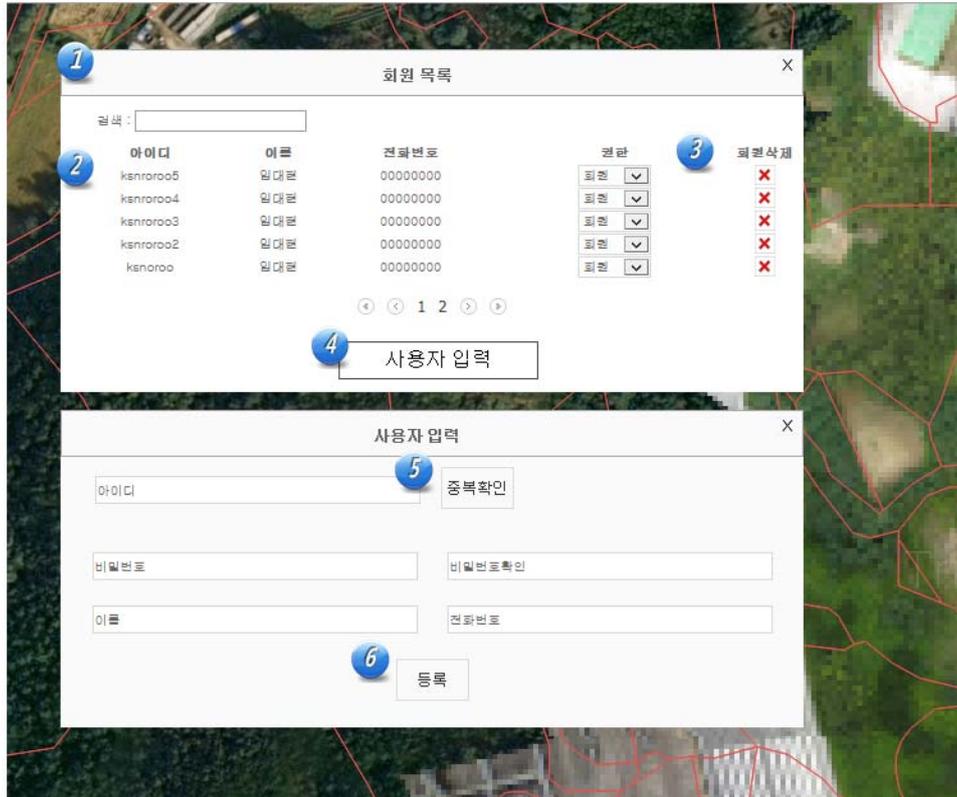
나. GIS 화면

- ▶ 레이어 제어 목록 창입니다. 레이어를 켜거나 끄고 항공영상 레이어의 투명도를 조절할 수 있습니다.
- ▶ 현재 GIS 화면 중심점의 시도, 시군구정보 와 좌표 정보입니다. 시도, 시군구 드롭박스를 선택 시 선택한 지역으로 이동합니다.
- ▶ 일반지도/위성지도 선택 라디오박스입니다.
- ▶ 회원관리 창 호출 버튼입니다. 선택 시 회원 리스트를 보여주는 화면이 GIS화면상에 표현됩니다.
- ▶ 지도 제어 버튼입니다. 위에서 아래 순으로 줌인, 줌아웃, 패닝모드, 거리재기, 면적측정, 새로 고침 기능 버튼입니다.
- ▶ GIS 화면입니다. 모든 레이어들이 이곳에 표현됩니다.



[그림 3-3] 웹시스템 GIS 화면

다. 회원관리 화면



[그림 3-4] 웹시스템 회원관리

- ▶ 회원 목록 창입니다.
- ▶ 등록된 회원정보가 리스트로 표출 됩니다.
- ▶ 권한 부여 및 회원 삭제 기능 버튼입니다.
- ▶ 사용자 입력 버튼입니다. 선택하면 사용자 입력 창이 표출 됩니다.
- ▶ 등록하려는 회원 아이디 중복체크버튼 입니다.
- ▶ 회원 등록 버튼입니다. 등록하면 사용자 입력 창이 사라지며, 회원 목록 창에 추가 됩니다.

부록 5

드론사진측량 신뢰성 평가 보고서

제 1 절 서론

- ▶ 여름휴가 시즌에 첫 번째로 손꼽히는 휴가지는 단연 해수욕장이 있는 바닷가이다. 바닷가에는 물놀이와 일광욕 등의 다양한 즐길 거리가 있고 아름다운 경치가 존재하기 때문에 사람들은 휴가가 아니더라도 식사와 차를 위하여 바닷가에 위치한 식당이나 카페를 찾는다. 이처럼 연안 공간은 관광, 휴양, 레크리에이션 공간으로서 현대인의 삶에서 중요한 비중을 차지하고 있다.
- ▶ 국내 최대 해수욕장인 해운대만 하더라도 일대 해안을 따라 초호화 호텔과 식당, 카페가 즐비하고, 휴가 시즌엔 이를 즐기기 위하여 수많은 사람들이 찾는다. 그러나 해운대의 백사장 모래가 해운대 것이 아니고, 다른 지역의 모래를 투입하여 유지되고 있다는 뉴스를 접한 적이 있을 것이다. 실제로 해운대 백사장은 1947년에 비하여 면적은 약 54 %, 폭은 34 % 감소했다고 한다. 이는 파도에 의해 해마다 수백 톤의 모래가 유실되고 인근 마린시티 매립과 지나친 개발에 따른 후유증이라는 것이 전문가들의 의견이다.
- ▶ 이와 같이 최근 기후 변화, 과도한 해안 개발 등 자연적·인공적 요인으로 인하여 백사장 침식과 같은 연안 침식 현상은 빈번하게 발생하고 있다. 지속적인 파랑, 조류, 태풍에 노출되어 있고 지구 온난화에 의한 해수면 상승으로 인하여 연안 침식 현상은 점차 가속화될 전망이다. 전 세계의 약 70 %의 해변이 후퇴하고 있을 만큼 연안 침식은 전 지구적인 문제이다(Zhang et al., 2004).
- ▶ 연안 침식은 유형에 따라 백사장 침식, 사구 포락, 토사 포락, 호안 붕괴로 나뉠 수 있다. 백사장 침식은 파랑에 의해 모래가 유실되어 사빈의 폭이 줄고 깊이가 낮아져 기반암이 노출되기도 한다. 침식된 사빈이 회복되지 않은 상태에서 파랑이 닦치면 호안 붕괴에 이어 배후지까지 직접적인 피해가 발생할 수 있다. 강한 해풍에 의해 사빈의 모래가 육지로 이동, 퇴적되어 오랜 기간에 걸쳐 형성된 모래언덕인 사구의 포락은 장기적인 해수면 상승 및 외빈과 사빈의 모래총량 감소로 사구로의 모래공급이 감소할 때 나타나며, 백사장 침식과 달리 사빈의 폭과 깊이 변화는 작으나, 사구가 육지 쪽으로 후퇴하고 급경사를 형성하게 된다. 토사 포락은 연안의 연약한 토사나 암반 지반이 지속적으로 파식을 받아 표토가 포락되어 후퇴하는 현상으로 자연적 복원이 어려우며 해안선이 후퇴되고, 배후지의 토지 및 산림이 손실될 수 있다. 사질해안 지역에 설치된 석축을 의미하는 호안의 붕괴는 파랑이 닦쳤을 때 반사파에 의해 호안 전면 지반이 세굴작용을 받으며, 세굴에 의해 지반이 침식되면 호안의 선단부가 노출되고 배후토사가 유출·침하되어 붕괴되는 현상으로 배후지 침하 및 붕괴로 전도될 수 있다.

- ▶ 우리나라 동해의 경우에는 백사장 침식, 서해에는 사구포락과 토사 포락, 남해에는 토사 포락과 호안 붕괴의 발생 빈도가 높다. 해역의 지형, 기상 등의 연안 환경과 방파제, 호안 등의 인공 구조물 설치에 따라 해역별로 상이하게 침식 현상이 발생한다. 이들에 대한 지속적인 모니터링을 통하여 장기적이고 정량적인 연안 변화 자료를 축적함으로써 유형별로 침식 지역 관리 및 대책 방안 수립을 효과적으로 수행할 수 있을 것이다. 이와 같은 이유로 사람이 측위 장비를 가지고 직접 측량을 하거나 항공 영상이나 위성 영상을 활용한 원격 탐사 기법으로 연안 침식 모니터링이 수행되고 있다(김규한 외, 2008).
- ▶ 동해시에서는 최근 연안 침식의 심각성을 인지하고 GPS 수신기를 이용하여 백사장 끝부분에 대한 지속적인 위치 좌표 측정을 수행함으로써 연안 침식 실태 파악에 대한 계획을 발표하였다. 망상 해수욕장을 포함하여 10 곳에 40여 개의 관측 지점을 선정하여 매달 측정할 계획이다. 이러한 모니터링 기법은 극소수의 관측점으로 넓은 대상 영역에 대한 지형 변화를 파악하기에 한계가 있고, 측정자가 장시간 외업을 수행해야하기 때문에 빈번한 관측이 어렵다는 단점이 있다. 이를 보완하고자 RTK-GPS 수신기를 이용해 특정 경로를 따라 지형의 프로파일을 측정함으로써 연안의 지형 변화를 파악하기도 한다. 그러나 여전히 연안 지형에 대한 전수 조사가 어렵고, 측정자의 행동 경향이 오차로 반영될 수 있다. 반면 영상을 이용하여 연안 지형을 모니터링하면 대상 영역에 대하여 높은 밀도의 측점이 가능하며, 시간·비용 측면에서 경제적인 작업이 가능하다. 그러나 높은 고도에서 촬영된 위성 영상이나 항공 영상은 낮은 해상도로 수 센티미터 이내의 정밀한 지형 변화 파악이 어렵다. 이와 같은 이유로 해양수산부에서는 연안 지형 변화 자료를 축적하기 위하여 CCTV(Close Circuit Television)를 설치하여 이로부터 취득된 비디오 영상을 이용하였다. 이를 통하여 연안 해역의 전반적인 변화를 직관적으로 파악할 수 있으나 3차원적인 지형 변화량을 도출하기에는 한계가 있다.
- ▶ 기존의 연안 모니터링 방법들의 한계를 극복하면서 보다 정밀하게 정량적인 분석을 수행할 수 있고, 장기적으로 빈번한 관측이 가능한 연안 침식 모니터링 체계가 요구된다. 그 대안으로써 저고도 자율 비행이 가능한 드론에 카메라와 같은 비전 센서를 탑재하여 고해상도 영상을 경제적으로 취득할 수 있는 드론사진측량 시스템이 제안되고 있다. 한국해양과학기술원에서는 RTK-GPS와 디지털 카메라가 탑재된 드론 시스템을 활용하여 국지성 해안 재해에 효과적으로 대응하고자 하며, 해안 재해의 일례로 연안 침식을 선정하여 개발 시스템을 시범 적용하였다. 이에 대한 적용 가능성이 입증된다면 드론 시스템을 운용하여 연안에 대하여 영상자료를 축적하고, 이로부터 처리된 공간정보와 분석정보는 시계열적으로 침식 정도를 정량적으로 평가하여

연안의 지형 변화를 정밀하게 파악하는데 기여할 것으로 기대된다.

- ▶ 본 과제에서는 연안에서 드론 시스템을 운용하여 취득된 데이터로부터 생성된 정사영상, 수치표고모델(DEM: Digital Elevation Model)과 같은 공간정보를 다양한 기준 데이터와 비교함으로써 정확도를 분석하고자 한다. 분석된 정확도를 확인함으로써 연안 침식 모니터링에 드론 사진측량의 도입 가능성을 검증할 수 있을 것이다. ‘고정익’과 ‘회전익’ 두 가지 형태의 드론을 운용하여 여러 촬영 중복도와 고도의 조합을 갖도록 항공 영상을 취득하였다. 취득 영상에 대하여 현지 측량을 통해 획득한 지상 기준점(GCP: Ground control Point)을 활용하여 항공삼각측량(AT: Aerial Triangulation)을 수행하고, 고밀도(dense) 매칭, 격자화 및 보간, 미분 편위 수정 등의 과정을 통하여 DEM과 정사영상을 생성하였다. 드론 항공사진 촬영 당시에 동일한 대상 지역에 대하여 GCP 이외에도 검사점(Check Point), 지상 라이다 데이터, 프로파일 데이터를 취득함으로써 기준 데이터를 구축하였다. 생성된 DEM과 정사영상의 정확도를 평가하기 위하여 구축된 기준 데이터와 비교 검증 방법을 수립하고, 이를 적용함으로써 1) 고도, 2) 중첩도, 3) 활용된 GCP의 개수, 4) 드론의 종류, 5) 데이터 취득 날짜에 따라 정확도를 산출할 것이다.

제 2 절 정확도 검증 방법

1. 검증 데이터

- ▶ 연안 지역에서 회전익과 고정익 기반의 두 가지 드론사진측량 시스템을 운용하여 서로 다른 조건에서 취득된 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 정사영상의 정확도를 검증한다. 운용된 드론사진측량 시스템은 그림 2-1과 같다. 회전익 기반 시스템은 (주)공간정보의 멀티콥터에 RTK-GPS와 소니 알파 NEX-5 카메라를 탑재하였으며, 고정익 기반 시스템은 상용 시스템으로써 소니 사이버샷 DSC-WX100이 탑재된 Parrot사의 eBee이다.



그림 2-457. 드론사진측량 시스템 (좌: 회전익, 우: 고정익)

가. 시험 대상지

- ▶ 데이터 취득 대상지는 전라북도 부안의 고사포 해수욕장의 연안 지역이다. 부안 고사포 해수욕장의 시험 대상지 면적은 약 450m×150m로 암반, 경사진 모래 해변, 편평한 갯벌 해변이 공존하는 특징을 가지며 그림 2-2에서 확인할 수 있다.

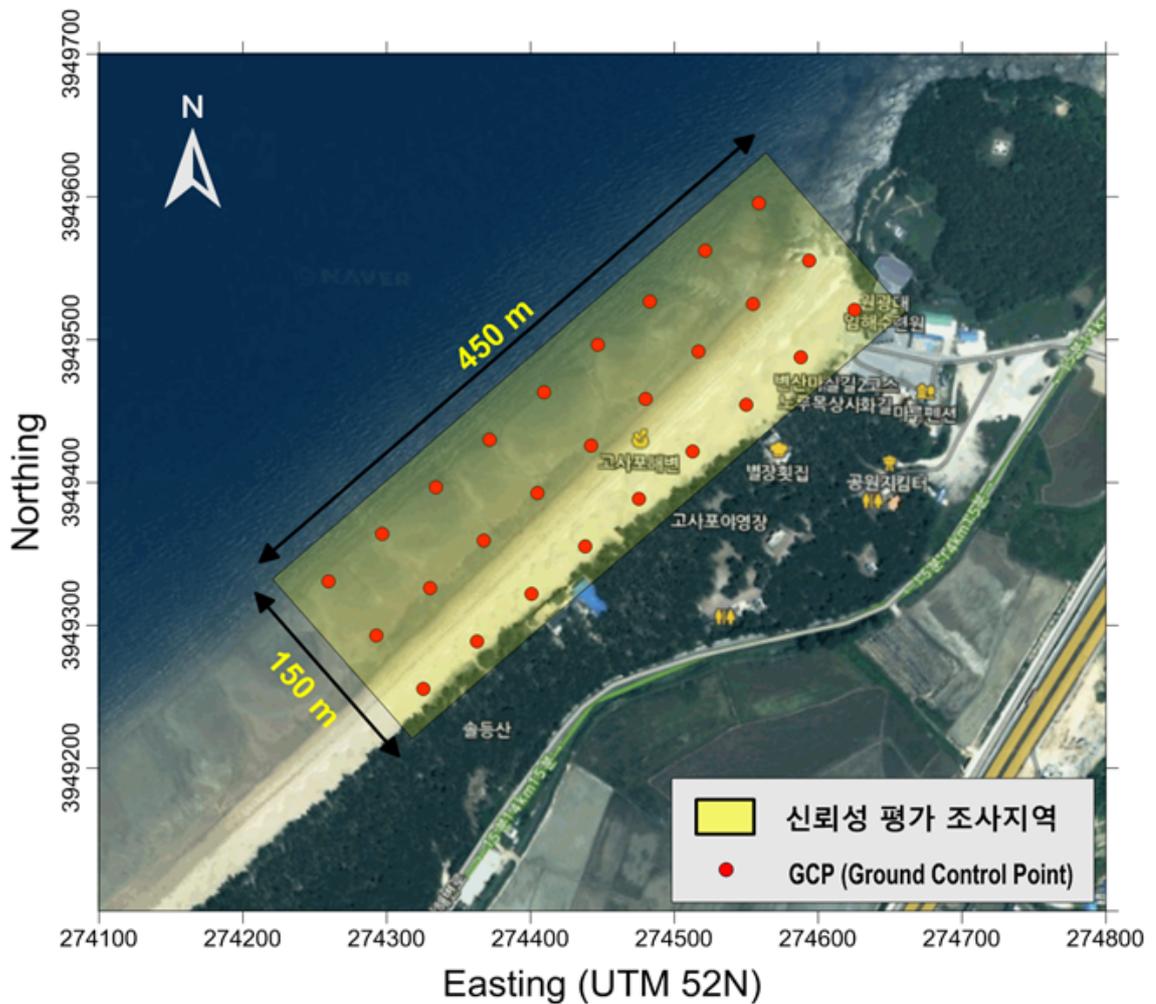


그림 2-458. 부안 고사포 해수욕장 시험 대상지역

나. 취득 데이터

- ▶ 부안 고사포 해수욕장에서는 ‘고정익’과 ‘회전익’ 두 가지 형태의 드론을 운용하여 3 가지 촬영 중중복도와 3 가지 촬영 고도, 3 가지 취득 날짜의 조합을 갖도록 표 2-1과 같이 항공 영상을 취득하였다. 영상 블록에서 횡중복도는 모든 경우 70 %로 동일하다.

표 2-1. 부안 고사포 데이터 취득 Configuration

드론 시스템 유형	촬영 고도 (m)	중중복도 (%)	데이터 취득 날짜
회전익	50 / 100 / 150	70 / 80 / 90	2016.1.12
			2016.1.16
고정익	70 / 100 / 150	70 / 80 / 90	2016.1.12
			2016.1.14
			2016.1.18

- ▶ 촬영 고도에 따른 취득 영상의 지상 해상도(GSD: Ground Sampling Distance)는 약 1 ~ 5 cm 범위를 가지며 고도별 샘플 영상은 그림 2-3과 같다.



그림 2-459. 회전익 시스템으로 취득된 샘플 영상

- ▶ 드론 항공영상 취득과 함께 동일한 대상 지역에 대하여 영상 처리 시 기준 데이터로 활용할 지상 기준점(GCP: Ground control Point)을 취득하였다. 대상 영역 내에서 GCP는 Hi-Target V30 RTK를 이용하여 그림 2-4과 같이 종·횡으로 50 m의 간격을 두고 2016년 1월 12일과 16일 양일 측량되었다. V30의 위치 정확도는 수평 좌표에 있어서 1 cm, 수직 좌표의 경우 2cm이다.

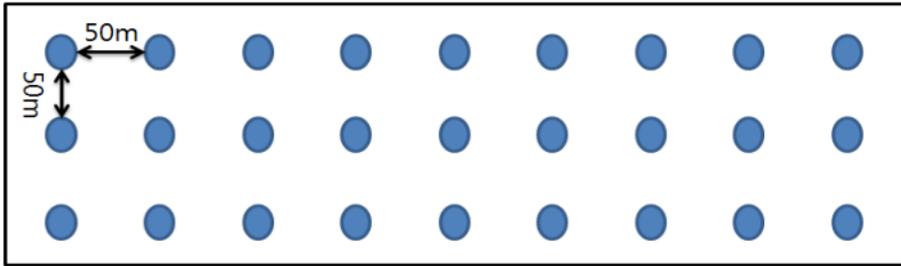


그림 2-4. GCP 분포도

- ▶ 영상 처리 과정에서는 27개의 GCP를 모두 활용할 수도 있으며, 이 중에 일부를 그림 2-5와 같이 활용하여 GCP의 개수에 따른 처리 결과의 정확도를 검증할 수도 있다.

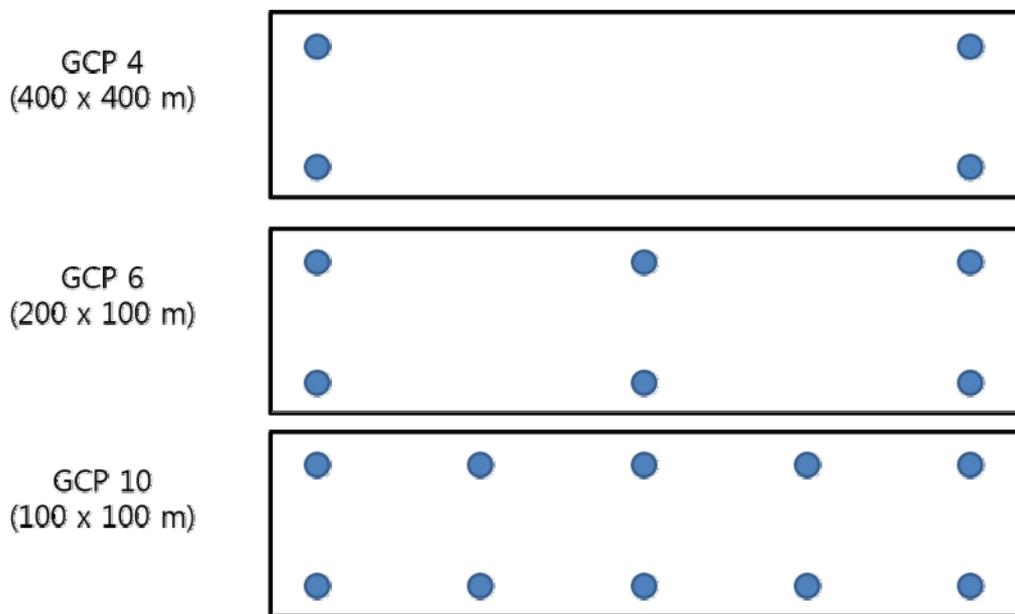


그림 2-5. 영상 처리에서 활용되는 GCP의 분포

다. 처리 데이터

- ▶ 취득된 드론 항공 영상과 기준점을 입력으로 그림 2-6과 같은 처리과정에 의하여 대상 지역에 대한 DEM과 정사영상을 생성하였다. 항공삼각측량을 통하여 개별 항공 영상의 외부표정요소를 결정하고, 고밀도(dense) 매칭, 격자화 및 보간을 수행함으로써 DEM을 생성한다. 다음으로 앞서 산출된 외부표정요소와 DEM을 입력으로 미분편위 수정과 영상 재배열 과정을 통하여 정사보정된 개별 정사영상을 생성한다. 마지막으로 개별 정사영상 간 seam line을 결정하여 모자이크를 수행함으로써 대상 지역 전체에 대한 정상영상을 생성한다.

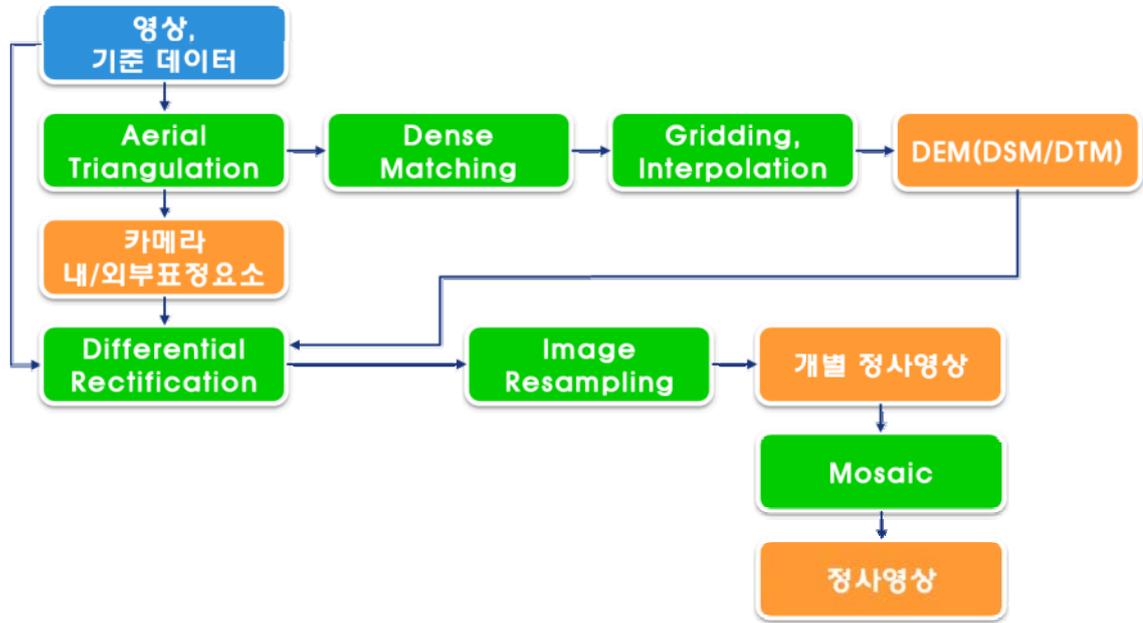


그림 2-6. 공간정보 생성과정

- ▶ 상기 과정에 따라 회전익과 고정익 시스템으로 취득된 데이터 셋을 각각 표 2-2과 표 2-3와 같은 조합으로 처리하였다. 각 15개의 처리 결과로부터 동일한 촬영 고도와 활용된 GCP의 개수일 때 중복도에 따른 정확도 검증과 동일한 중복도 활용된 GCP의 개수일 때 촬영 고도에 따른 정확도 검증, 동일한 촬영 고도와 중복도일 때 활용된 GCP의 개수에 따른 정확도 검증, 동일한 촬영 고도, 활용된 GCP의 개수, 중복도일 때, 서로 다른 비행 데이터의 정확도 일관성 검증을 수행할 수 있다. 또한 동일한 촬영 고도, 활용된 GCP의 개수, 중복도일 때, 회전익과 고정익 시스템 데이터의 처리 결과 간의 정확도 비교도 수행할 수 있다.

표 354-2. 회전익 시스템 데이터 처리 조합

Configuration	Height (m)	Overlap (%)	No. of GCPs	Date
50-7070	50	70	27	2016.1.12
50-7080		80	27	2016.1.16
50-7090		90	27	2016.1.16
100-7070	100	70	27	2016.1.12
100-7080		80	27	2016.1.12
100-7090		90	27	2016.1.12
100-7080 (4P)		80	4	2016.1.16
100-7080 (6P)		80	6	2016.1.16
100-7080 (10P)		80	10	2016.1.16
100-7080 (27P)		80	27	2016.1.16
100-7080 (27P) - 1		80	27	2016.1.16
100-7080 (27P) - 2		80	27	2016.1.16
150-7070		150	70	27
150-7080	80		27	2016.1.12
150-7090	90		27	2016.1.12

표 2-355 고정익 시스템 데이터 처리 조합

Configuration	Height (m)	Overlap (%)	No. of GCPs	Date
70-7070	70	70	27	2016.1.12
70-7080		80	27	2016.1.12
70-7090		90	27	2016.1.14
100-7070	100	70	27	2016.1.12
100-7080		80	27	2016.1.12
100-7090		90	27	2016.1.12
100-7080 (4P)		80	4	2016.1.18
100-7080 (6P)		80	6	2016.1.18
100-7080 (10P)		80	10	2016.1.18
100-7080 (27P)		80	27	2016.1.18
100-7080 (27P) - 1		80	27	2016.1.18
100-7080 (27P) - 2		80	27	2016.1.18
150-7070		150	70	27
150-7080	80		27	2016.1.12
150-7090	90		27	2016.1.12

- ▶ 처리 결과 생성된 DEM과 정사 영상의 일부는 그림 2-7과 그림 2-8에서 확인할 수 있다. 그림 2-7은 회전익 시스템으로 취득된 데이터의 처리 결과이고, 그림 2-8은 고정익 시스템으로 취득된 데이터의 처리 결과이다.

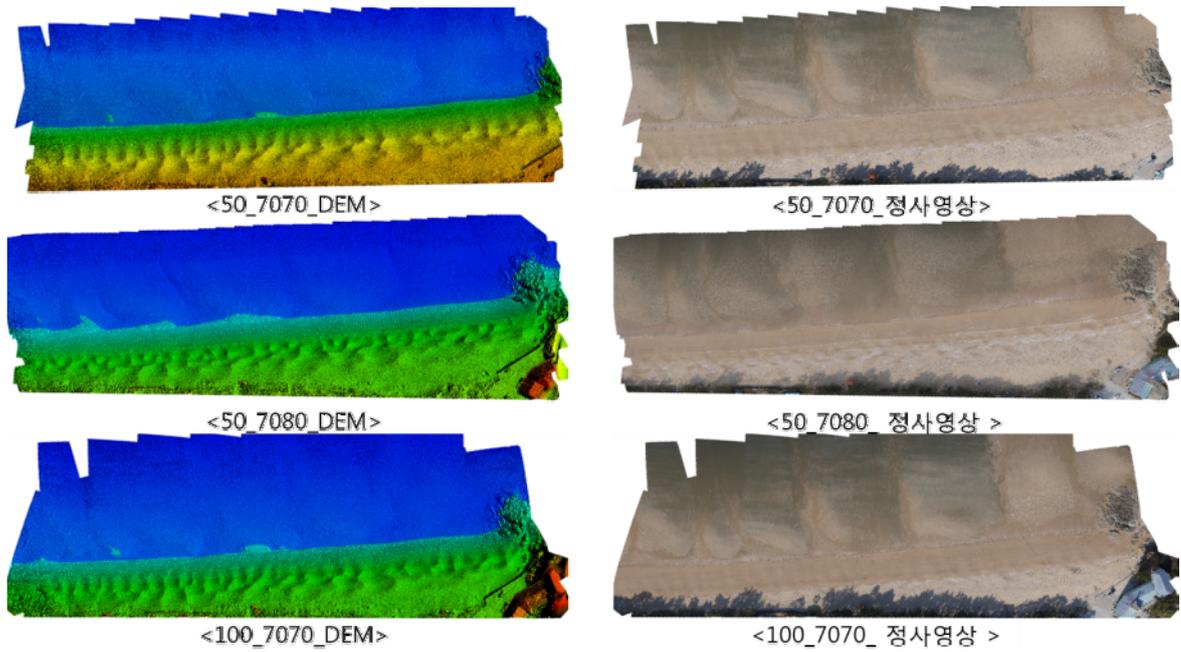


그림 2-7. 회전익 시스템으로 취득된 데이터로부터 생성된 공간정보 예

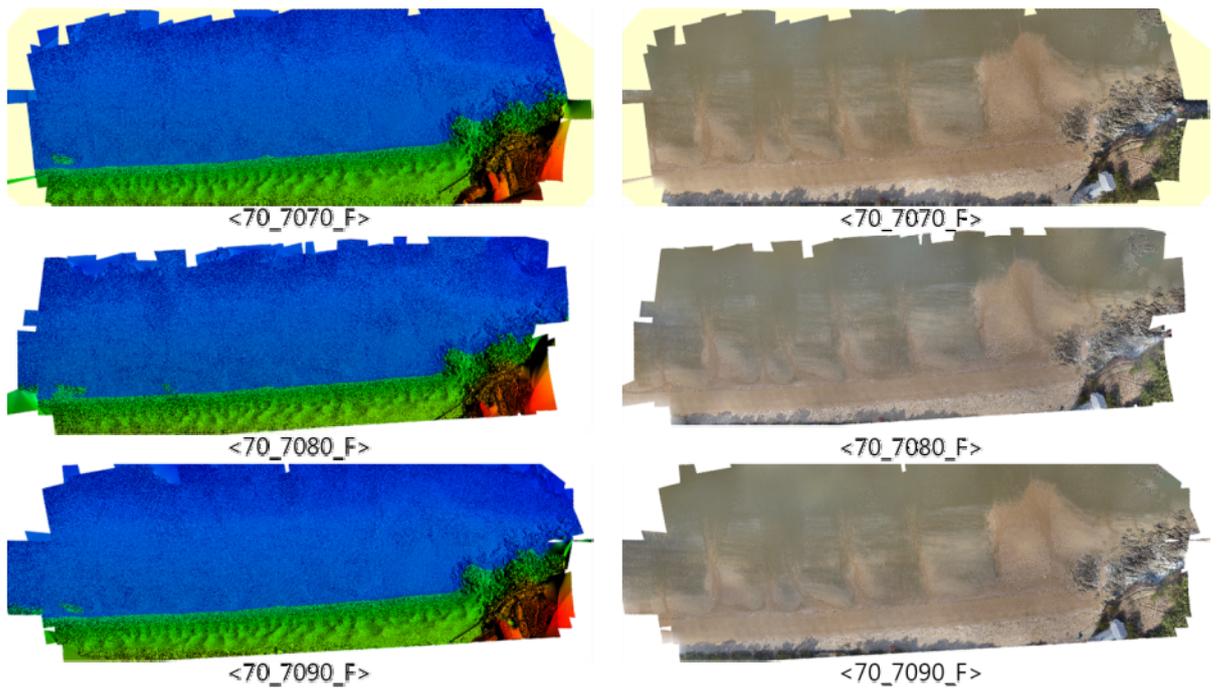


그림 2-8. 고정익 시스템으로 취득된 데이터로부터 생성된 공간정보 예

2. 기준 데이터

- ▶ 생성된 공간정보의 정확도 검증을 위한 기준 데이터로는 영상 처리 시 활용된 GCP와 검사점(Check Point), 지상 라이다 데이터, 프로파일 데이터가 있다.

가. 지상 기준점

- ▶ 드론 항공 영상 처리 시 사용된 27개의 GCP에 대하여 2016년 1월 12일과 16일 에 측량된 54 개의 3차원 좌표를 공간정보 정확도 검증을 위한 기준 데이터로 활용할 수 있다. 처리 과정 중 항공삼각측량 수행 시 지상 기준점 좌표를 기준으로 영상점에 상응하는 지상점 좌표와 개별 영상의 외부표정요소를 결정하게 되며, 이 같은 계산 과정에서 지상 기준점 좌표에 대한 조정 계산도 이루어진다. 기준이 되는 값이 조정 계산 과정에서 크게 변한다면 조정 계산의 신뢰도가 낮아진다. 따라서 입력된 지상 기준점의 좌표와 조정된 좌표 간의 차이를 비교함으로써 1차적인 정확도 검증을 수행할 수 있다.

나. 검사점

- ▶ 영상 처리 결과의 정확도를 절대적으로 평가하기 위하여 영상 처리에 활용되지 않으면서 절대 위치 좌표를 아는 검사점(Check Point)이 요구된다. 따라서 2016년 1월 12일과 16일 이틀 동안 지상 기준점과 동일한 장비를 이용하여 총 85 개의 검사점 측량을 수행하였으며 그 분포는 그림 2-9과 같다. 12일에는 27 개의 검사점을 16일에는 58개의 검사점을 측정하였다.

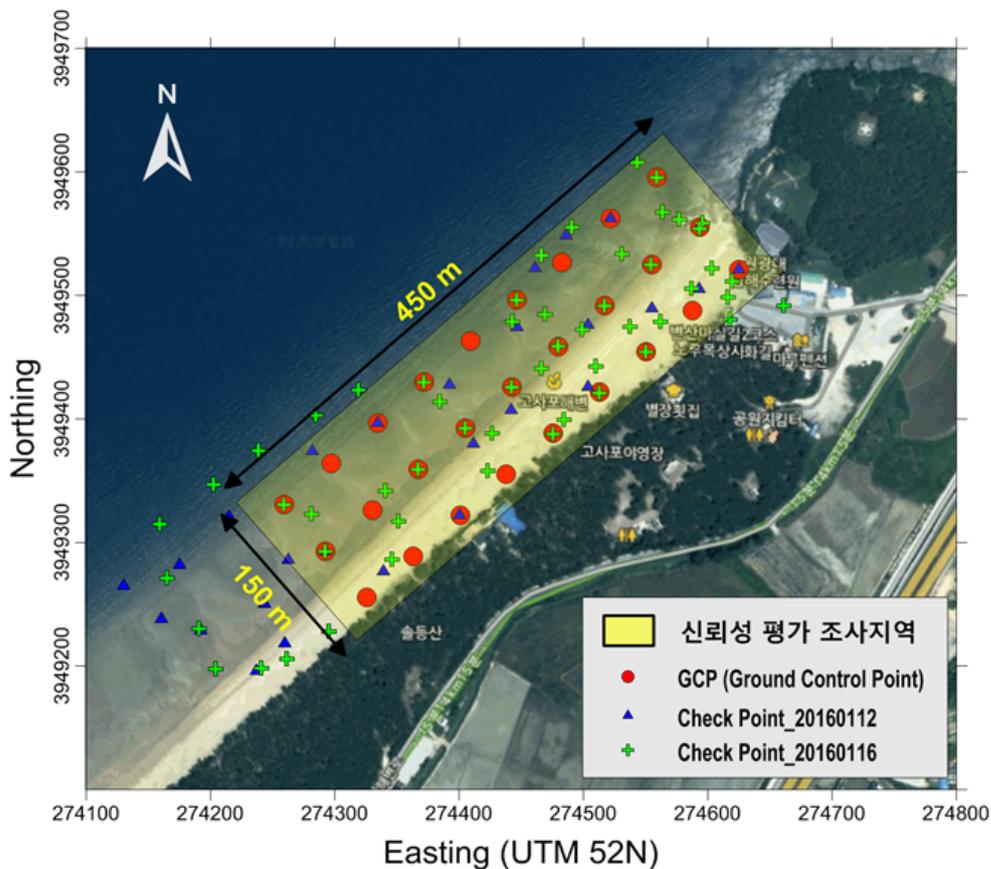


그림 2-465. 검사점 분포

다. 프로파일 데이터

- ▶ GCP나 검사점은 연속되는 대상 지역에서 소수의 특정 위치에 대한 정확도 확인만 가능하다는 점에서 검증을 위한 기준 데이터로써 한계가 있다. 이를 보완하기 위하여 특정 경로를 따라 연속적으로 좌표를 측정하는 프로파일 센서를 활용할 수 있다. Leica의 viva GS15를 이용하여 그림 2-10과 같이 대상 영역에 대하여 종방향으로 5개, 횡방향으로 2개 총 7개의 프로파일 2016년 1월 12일과 16일 양일에 걸쳐 데이터를 취득하였다.

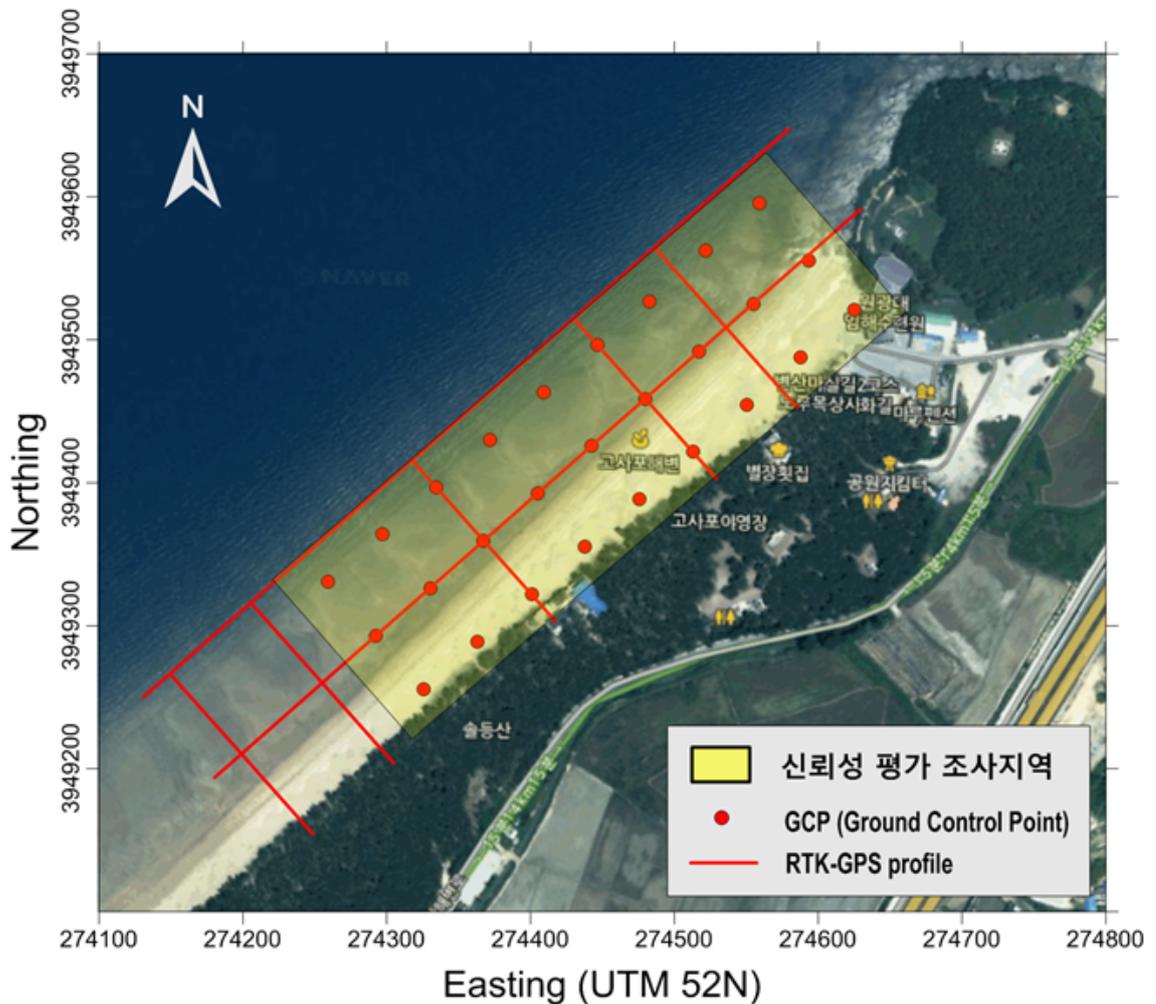


그림 2-466. 프로파일 측정 경로

- ▶ 양일에 각 프로파일을 따라 측정된 좌표의 개수는 표 2-4와 같으며 총 3,625 개의 좌표이다.

표 2-356. 프로파일 상의 측정 점 개수

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	총 개수
2016.1.12	510	494	148	107	130	145	176	1710
2016.1.16	559	544	139	133	160	171	229	1935

라. 지상 라이다 데이터

- ▶ 프로파일 데이터와 비교하여 훨씬 밀도 높은 3차원 좌표 측정이 가능한 레이저 스캐너를 활용하여 대상 영역 전체에 대한 균일한 검증을 수행하고자 한다. 활용된 지상 레이저 스캐너는 RIEGL사의 VZ-1000로 FOV(Field of View)는 100° ~ 360°로 초당 최대 122,000 개의 포인트 좌표를 취득할 수 있다. 그림 2-11은 대상 영역에서 레이저 스캐너의 설치 위치와 취득된 라이다 데이터의 패턴을 보여주고 있다. 2016년 1월 12일과 16일 양일에 대상 영역에 대하여 각각 6,186,914 개, 5,937,095 개의 3차원 절대 좌표를 취득하였다.

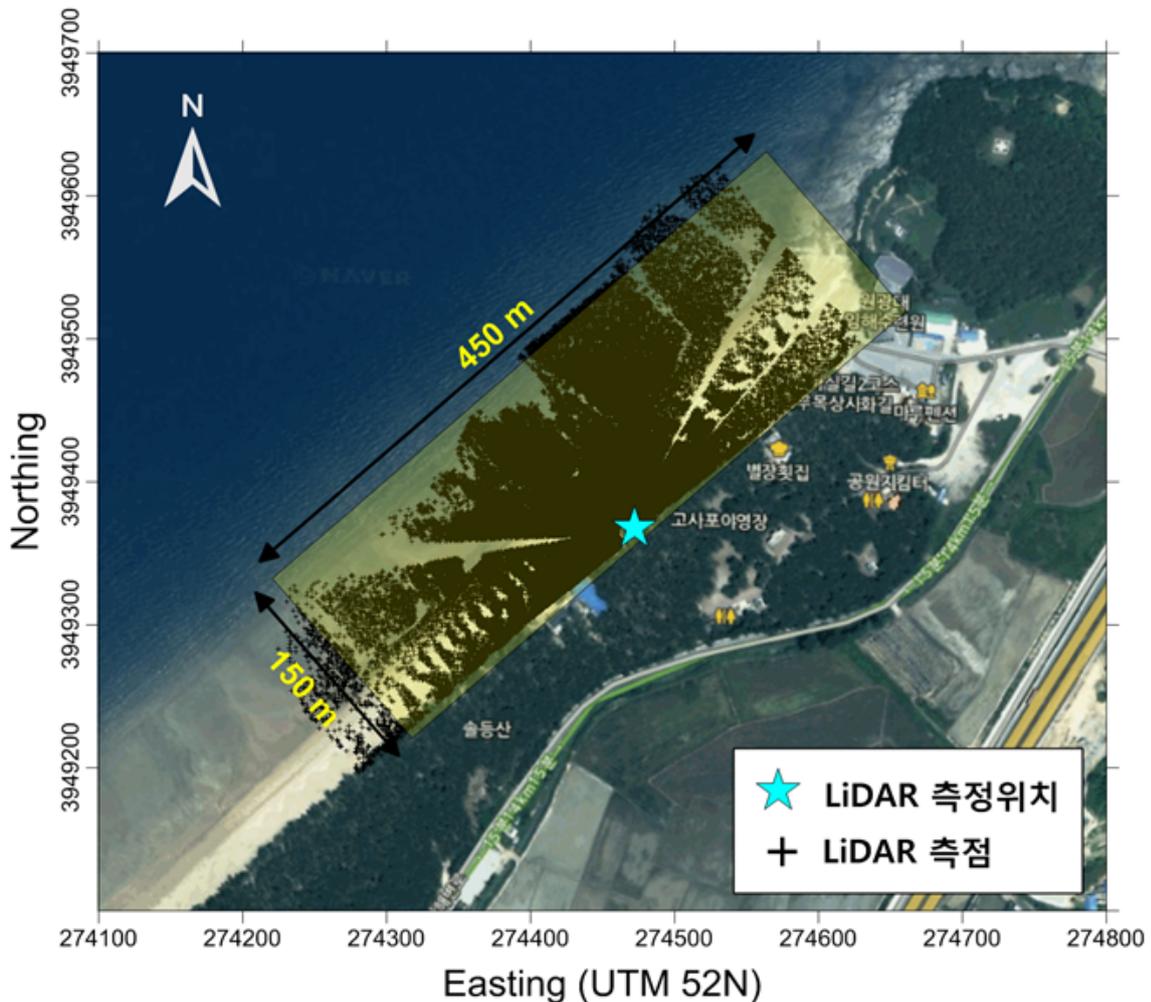


그림 2-467. 지상 라이다 측량 위치

3. 검증 방법

- ▶ 지상의 동일한 위치에 대하여 드론 사진 측량을 통하여 생성된 DEM과 정사영상을 4종의 기준 데이터와 비교하여 차이에 대한 각종 통계값을 산출함으로써 정확도 검증을 수행한다. DEM 상에서는 특정 객체의 수평 위치 식별이 어렵고 일정 간격마다의 고도값이 저장된 공간정보이므로 기준 데이터의 수직 위치 좌표를 비교함으로써 정확도 검증을 수행하고, 정사 영상 상에서는 객체의 수평 위치 식별이 가능하기 때문에 동일한 지상점에 대하여 기준 데이터의 수평 위치 좌표와 비교하여 정확도 검증을 수행한다.

가. 정사 영상 vs 지상 기준점

- ▶ 대상 지역이 사질 연안이기 때문에 취득된 영상 상에서 특징점을 찾기가 매우 어렵다. 따라서 지상 기준점을 측량할 때 대공 표지를 설치하고 해당 위치에 대하여 측량을 수행하였다. 그러나 대공 표지는 영상 처리 시 특징점으로 인식되어 영상 처리의 정확도를 증가시키는 요인이 될 수 있다는 판단 하에 검사점을 측량할 때는 대공 표지를 두지 않았다. 대공 표지 없이는 정사 영상 상에서 측점 위치를 식별하기 어렵기 때문에 검사점을 제외하고 GCP만 활용하여 정사 영상의 수평 위치 좌표에 대한 정확도 검증을 수행한다. 수평 위치 좌표 간의 차이에 대한 각종 통계값을 산출함으로써 정확도를 확인하게 된다.

나. DEM vs 지상 기준점

- ▶ 드론 사진 측량으로 생성된 DEM에서 기준점 위치의 좌표와 지형 정밀 측량을 통하여 취득된 기준점 좌표의 수직 위치를 비교하였다. DEM은 일정 간격마다 고도값이 저장되어 있기 때문에 GCP의 수평 위치에 해당하는 고도값이 존재하지 않을 수 있다. 이러한 경우 선형 보간법(Bilinear interpolation)에 의해 GCP의 수평 위치를 기준으로 네 방향으로 가까운 그리드 점들의 고도를 수평 거리에 가중 평균하여 GCP의 수직 좌표와 비교한다. 수직 위치 좌표 간의 차이에 대한 각종 통계값을 산출함으로써 정확도를 확인하게 된다.

다. DEM vs 검사점

- ▶ 드론 사진 측량으로 생성된 DEM에서 검사점 위치의 좌표와 지형 정밀 측량을 통하여 취득된 검사점 좌표의 수직 위치를 비교한다. 검사점을 이용한 수직 좌표 기준의 정확도 검증은 지상 기준점에 대한 수직 좌표 비교와 동일한 방법에 의하여 이루어진다. 지상 기준점은 드론 항공 영상 처리 시 활용된 반면 검사점은 활용되지 않은

절대 좌표이기 때문에 이 경우에 좀 더 독립적인 정확도 평가가 가능하다.

라. DEM vs 프로파일 데이터

- ▶ 드론 사진 측량으로 생성된 DEM과 프로파일 측량으로 취득된 데이터 간의 비교를 수행한다. 프로파일 데이터는 특정 경로를 따라 연속된 3차원 좌표를 측정된 것으로 검사점보다 높은 밀도의 3차원 좌표 취득이 가능하다. 따라서 프로파일 데이터와의 비교 검증을 수행할 경우 지형의 특성에 따른 DEM과 프로파일 데이터 간의 차이의 경향도 파악할 수 있게 된다. 프로파일 좌표의 수평 위치에 해당하는 DEM 수평 위치를 찾고, 존재하지 않을 경우 앞에서 설명된 선형 보간법에 의하여 해당 위치의 수직 좌표를 서로 비교하여 차이를 계산한다. 그림 2-12은 프로파일 위치에서 수직 좌표의 차이에 따라 색으로 표현한 경우의 예시이다.

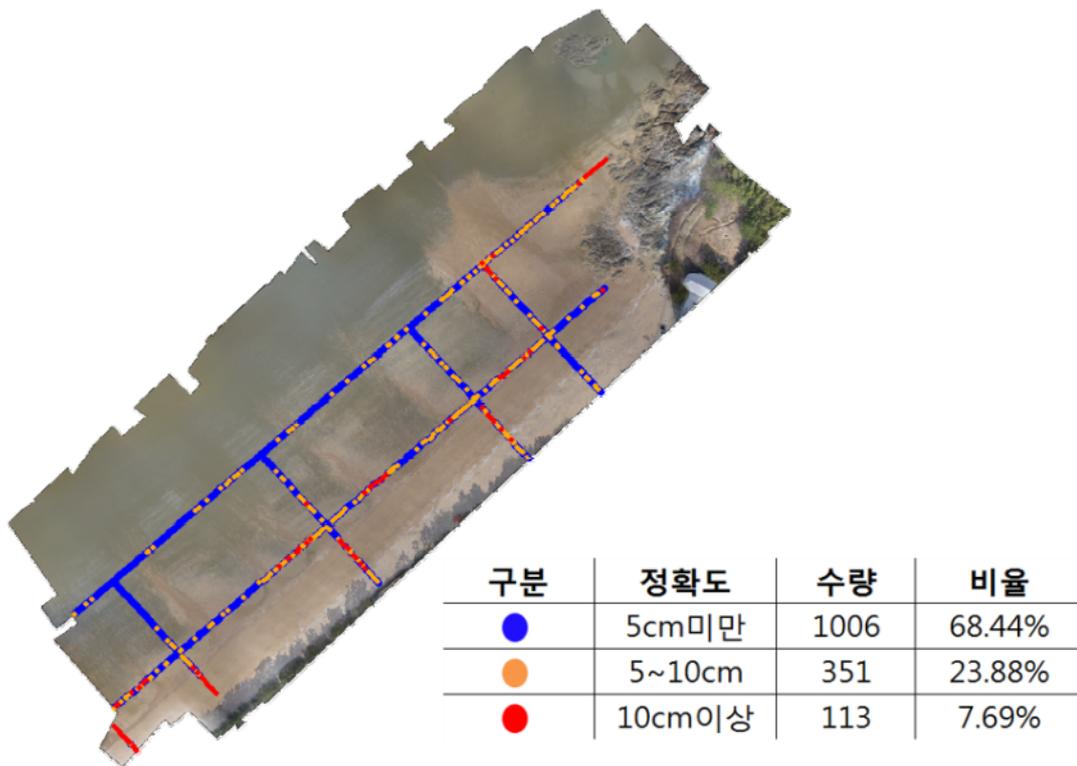


그림 2-468. 프로파일 데이터와 비교 검증의 예시

마. DEM vs 지상 라이다 데이터

- ▶ 대상 영역의 3차원 절대 좌표를 가장 높은 밀도로 취득할 수 있는 방법은 레이저 스캐너를 이용한 측량이다. 레이저 스캐너로 취득된 라이다 데이터를 기준 데이터로 드론 사진 측량의 결과물을 검증한다면 가장 고른 분포를 유지하면서 균일한 검증이

수행될 수 있을 것이다. 따라서 드론 사진 측량으로 생성된 DEM과 지상 레이저 스캐너를 이용하여 취득된 라이다 데이터의 수직 좌표를 비교한다. 라이다 데이터의 개별 점들의 수평 좌표에 상응하는 DEM의 수평 위치를 찾고 그 수직 좌표와 라이다 데이터의 수직 좌표를 비교한다. 라이다 데이터 량이 너무 많을 경우에는 모든 라이다 데이터가 아니고 일정 간격 마다 샘플링한 좌표에 대하여 비교를 수행할 수 있다. 그림 2-13 10 m × 10 m 마다 샘플링한 라이다 데이터를 DEM 상에 위치시킨 모습을 보여준다.

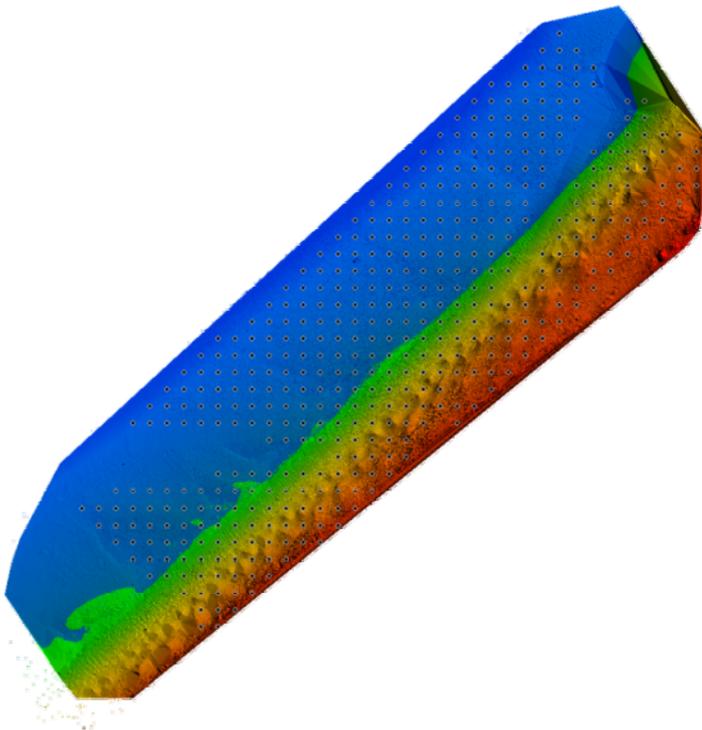


그림 2-469. 라이다 데이터의 검사 위치 예시

제 3 절 정확도 검증 수행 결과

1. 부안 고사포 공간정보 검증 결과

- ▶ 드론사진측량 시스템을 이용하여 취득된 데이터의 처리 결과는 회전익 시스템에 의한 결과 15 셋과 고정익 시스템에 의한 15 셋으로 총 30 셋의 DEM과 정사영상이 산출되었다. 회전익 시스템으로 취득하여 처리된 결과는 'R', 고정익 시스템으로 취득하여 처리된 결과는 'F' 를 이용하여 구분하였다. 각 결과를 지상 기준점, 검사점, 프로파일 데이터, 라이다 데이터와 비교하여 검증한다.

가. 지상 기준점과 비교 검증 - 수평 좌표

1) 회전익

- ▶ 생성된 공간정보에 대한 수평 좌표를 검증하기 위하여 정사영상과 정사영상 상에서 표식된 지상 기준점을 비교하는 방법이 있다. 따라서 회전익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 정사영상과 영상 취득일에 측정된 지상 기준점 좌표를 비교하여 표 3-1과 같이 수평 좌표 차이에 대한 통계값을 계산하였다. 수평 좌표 차이에 대한 RMS는 약 2.6 cm로 해안 침식 모니터링의 요구정확도인 5 cm보다 작은 것을 확인할 수 있다. 가장 작은 RMS는 100 m의 고도에서 80 %의 중복도로 촬영된 영상에 6 개의 GCP를 활용한 R11의 RMS인 1.2 cm이다. 표 3-2에서와 같이 수평 좌표 차이에 대한 RMS를 X좌표와 Y좌표로 나누어 살펴보았다. 그 결과, X좌표보다 Y좌표에서 약간씩 더 큰 RMS가 확인되었다.

표 3-357. 회전익 시스템 데이터로 생성된 정사영상과 지상 기준점 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	26	-6.1	7.6	0.3	0.2	3	3
R2		80		26	-5.9	8.6	0.5	0.2	2.9	2.9
R3		90		27	-6.7	7.5	-0.1	0	2.9	2.9
R4	100	70		27	-6.1	8.1	0.3	0.8	3.1	3.2
R5		80		27	-7.3	7.2	-0.5	0.1	3.2	3.2
R6		90		27	-7.4	6.9	0.5	0.9	3.3	3.3
R7	150	70		27	-5.9	8.7	-0.2	0.2	3.2	3.1
R8		80		27	-4.7	7	0.4	0.3	2.9	2.9
R9		90		27	-6.8	11.1	0.2	0.6	3.2	3.2
R10	100	80	4	4	-2.6	1.5	0.1	-0.3	1.5	1.4
R11			6	6	-1.6	2.2	-0.1	0.2	1.2	1.2
R12			10	10	-6.7	6.1	-0.5	-0.1	3.1	3
R13			27	20	-7.1	6	0.6	0.2	2.5	2.5
R14				27	-4.5	4	0.4	0.2	1.8	1.8
R15				27	-6.1	5.2	0.7	0.2	2.4	2.4

표 3-358. 회전익 시스템 데이터로 생성된 정사영상과 지상 기준점 비교 결과 (X, Y 구분)

Set ID	X (단위: cm)						Y (단위: cm)					
	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	-6.1	6.1	-0.3	-0.3	2.5	2.5	-4.8	7.6	0.6	0.6	3.4	3.4
R2	-5.9	4.2	-0.8	-0.6	2.8	2.8	-5.2	8.6	1.3	0.9	2.9	3
R3	-6.6	5.1	0.2	0.1	3	3	-6.7	7.5	-0.2	-0.1	2.8	2.7
R4	-6.1	5.9	-0.1	0.1	2.7	2.6	-5.7	8.1	1.9	1.5	3.4	3.7
R5	-6.2	5.6	-0.5	0.3	3	2.9	-7.3	7.2	-0.4	-0.1	3.5	3.5
R6	-3.9	6.3	1	1.2	2.7	3	-7.4	6.9	0.2	0.5	3.7	3.7
R7	-5.9	5.8	0.4	0.5	2.8	2.8	-5.3	8.7	-0.4	0	3.5	3.5
R8	-4.7	4.2	0.7	0.3	2.3	2.2	-4.7	7	0.1	0.3	3.4	3.4
R9	-6.7	5	0.8	0.5	2.8	2.8	-6.8	11.1	0.2	0.8	3.6	3.6
R10	-1.7	1.5	0.7	0.3	1.4	1.3	-2.6	1	-0.9	-0.9	1.6	1.6
R11	-0.8	2	0	0.3	1	0.9	-1.6	2.2	-0.4	0	1.5	1.4
R12	-6.7	4.9	1.1	0.5	3.1	3	-4.2	6.1	-1.5	-0.6	3.2	3.1
R13	-7.1	5.2	0.6	0.1	2.6	2.5	-6.7	6	0.6	0.2	2.5	2.5
R14	-2.4	3	0.8	0.4	1.7	1.7	-4.5	4	0	0	1.9	1.9
R15	-5.4	3.8	0.1	0.1	2.4	2.3	-6.1	5.2	1	0.3	2.5	2.4

2) 고정익

- ▶ 고정익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 정사영상과 영상 취득 일에 측정된 지상 기준점 좌표를 비교하여 표 3-3과 같이 수평 좌표 차이에 대한 통계값을 계산하였다. 수평 좌표 차이에 대한 RMS는 평균 약 3 cm로 회전익의 경우보다 조금씩 큰 것을 확인할 수 있다. 100 m의 고도에서 80 %의 중복도로 촬영된 영상에 6 개의 GCP를 활용한 F11의 처리 결과 생성된 정사영상의 RMS가 1.4 cm로 가장 작은 값이었다. 동일한 촬영 조건에 4 개의 GCP를 활용한 F10의 경우에도 1.9 cm로 전반적인 RMS와 비교했을 때 정확한 편이다.

표 3-359. 고정익 시스템 데이터로 생성된 정사영상과 지상 기준점 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	27	-6.8	11.1	0.2	0.4	3.4	3.4
F2		80		27	-10.5	8	-0.2	0	4	4
F3		90		27	-8.6	8	0.1	0.1	3	3
F4	100	70		27	-6.2	8.4	0.7	0.7	3.3	3.3
F5		80		27	-5.8	9.3	0.3	0.5	3.6	3.6
F6		90		27	-7.5	11.1	-0.8	0	3.9	3.8
F7	150	70		27	-9.7	9.3	-0.5	-0.3	3.7	3.7
F8		80		27	-8.2	9.9	-0.1	0	3.5	3.5
F9		90		27	-7.6	11.2	-0.9	-0.2	3.9	3.9
F10	100	80	4	4	-3.3	2.9	-0.9	-0.4	2	1.9
F11			6	6	-2.4	2.1	1	0.3	1.4	1.4
F12			10	10	-4.1	4.7	-0.2	0.1	2.5	2.4
F13			27	27	-8.4	8.8	0.4	0.2	3.5	3.5
F14			27	27	-3.6	4.1	0.1	0.3	1.8	1.8
F15			27	27	-6.8	5.9	0.6	0.1	2.6	2.6

- ▶ 표 3-4에서와 같이 수평 좌표 차이에 대한 RMS를 X좌표와 Y좌표로 나누어 살펴본 결과, 고정익의 경우에도 X좌표보다 Y좌표에서 약간씩 더 큰 RMS가 확인되었다. 이는 대상 영역이 X방향보다 Y방향으로 넓게 존재하기 때문인 것으로 추정된다.

표 3-360. 고정익 시스템 데이터로 생성된 정사영상과 지상 기준점 비교 결과 (X, Y구분)

Set ID	X (단위: cm)						Y (단위: cm)					
	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	-6.8	3.4	-0.9	-0.7	2.5	2.6	-5.8	11.1	1	1.5	3.8	4
F2	-10.5	7.4	-0.4	-1.2	3.7	3.9	-9	8	1.3	1.2	4	4.1
F3	-8.6	4.3	-0.7	-0.8	2.7	2.8	-3.6	8	0.6	1.1	3.1	3.2
F4	-6.2	7.2	0.3	0.6	3.4	3.4	-4	8.4	0.8	0.9	3.2	3.2
F5	-5.8	6.7	1.1	0.6	3.5	3.5	-4.8	9.3	-0.6	0.4	3.8	3.8
F6	-5.8	7.8	-0.9	-0.1	3.4	3.4	-7.5	11.1	-0.6	0.1	4.3	4.2
F7	-9.7	5.6	-0.2	-0.5	4	3.9	-5.7	9.3	-0.9	-0.1	3.5	3.5
F8	-6.3	4.3	-0.1	-0.4	2.8	2.8	-8.2	9.9	0.1	0.4	4.1	4.1
F9	-5.8	7	-1.1	-0.4	3.4	3.4	-7.6	11.2	-0.4	0	4.4	4.3
F10	-3.3	2.9	-0.9	-0.5	2.5	2.3	-1.7	1.7	-0.6	-0.3	1.6	1.4
F11	-2.4	1.4	1.1	0.2	1.6	1.5	-1.9	2.1	0.7	0.5	1.4	1.4
F12	-2	4.2	-0.6	-0.2	2	1.9	-4.1	4.7	0.2	0.3	3	2.8
F13	-4.5	7.2	0.1	0.3	2.9	2.9	-8.4	8.8	1	0.2	4	4
F14	-2.3	3.1	0.9	0.5	1.7	1.7	-3.6	4.1	0	0	1.9	1.8
F15	-6.8	5.4	0.1	0.1	2.7	2.7	-5.8	5.9	0.8	0.1	2.6	2.6

나. 지상 기준점과 비교 검증 - 수직 좌표

1) 회전익

- ▶ 회전익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12일 측정된 지상 기준점 좌표와 비교한 결과는 표 3-5과 같다.
- ▶ 100 m의 고도에서 80 %의 중복도를 갖도록 촬영된 영상에 대하여 지상 기준점을 4 개만 활용하여 생성된 DEM(R10)은 다른 경우와 비교하여 정확도가 낮게 나타난다. 생성된 DEM의 수직 좌표와 GCP의 수직 좌표 간 차이의 최소값을 살펴보면 지상 기준점 측량 또는 데이터 처리 과정에 오류가 있었을 것으로 추측된다. 이 경우를 제외하고는 수직 좌표 차이값에 대한 RMS가 10 cm인 것을 확인할 수 있다. 수직 좌표 차이 값에 대하여 1 m가 넘는 경우는 제외하고 정확도를 계산하여 표 3-6와 같이 정리하였다. 총 27 개의 GCP에 대하여 수직 좌표 차이 값이 1 m보다 큰 경우는 15 개의 DEM에 대하여 하나도 없었다.

표 3-361. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 지상 기준점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	26	-2.5	4	1.1	1.2	1.8	2.1
R2		80		26	-10.6	13.6	1.1	2.1	5.9	6.2
R3		90		27	-11.5	14.3	0.3	2	6.5	6.7
R4	100	70		27	-3.2	13	3	3.8	3.5	5.1
R5		80		27	-5.8	7.6	1.6	1.8	2.8	3.3
R6		90		27	-4.6	9.5	3.7	3.4	3	4.5
R7	150	70		27	-4.4	5.1	1.4	1.4	2	2.4
R8		80		27	-3.2	8.8	2.8	2	2.7	3.3
R9		90		27	-5.5	8.4	2.1	2.4	3	3.8
R10	100	80	4	27	-28.7	9.8	-11.4	-11.6	11.1	15.9
R11			6	27	-7.8	20.9	2.1	4	7.3	8.2
R12			10	27	-11.2	18.4	4.3	4.5	6.8	8.1
R13			27	27	-28.2	13.4	0.9	-0.9	9.5	9.4
R14			27	27	-11.2	14.4	3.5	3.5	5.9	6.8
R15			27	27	-10.7	13.7	2.3	2.6	6	6.4

표 3-362. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 지상 기준점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	26	100	-2.5	4	1.1	1.2	1.8	2.1
R2	26	100	-10.6	13.6	1.1	2.1	5.9	6.2
R3	27	100	-11.5	14.3	0.3	2	6.5	6.7
R4	27	100	-3.2	13	3	3.8	3.5	5.1
R5	27	100	-5.8	7.6	1.6	1.8	2.8	3.3
R6	27	100	-4.6	9.5	3.7	3.4	3	4.5
R7	27	100	-4.4	5.1	1.4	1.4	2	2.4
R8	27	100	-3.2	8.8	2.8	2	2.7	3.3
R9	27	100	-5.5	8.4	2.1	2.4	3	3.8
R10	27	100	-28.7	9.8	-11.4	-11.6	11.1	15.9
R11	27	100	-7.8	20.9	2.1	4	7.3	8.2
R12	27	100	-11.2	18.4	4.3	4.5	6.8	8.1
R13	27	100	-28.2	13.4	0.9	-0.9	9.5	9.4
R14	27	100	-11.2	14.4	3.5	3.5	5.9	6.8
R15	27	100	-10.7	13.7	2.3	2.6	6	6.4

- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 지상 기준점 좌표와 비교한 결과는 표 3-7과 같다. 드론 시스템으로 데이터를 취득한 날짜와 기준점 측량일

이 상이하지만 표 3-5와 비교하여 오차가 큰 경향은 찾기 어렵다. 표 3-8와 같이 모든 GCP에 대하여 수직 좌표 차이 값은 1 m 이내였다.

표 3-363. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 지상 기준점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	26	-9.2	11.9	-0.2	0	4.7	4.6
R2		80		26	-3.8	9.6	1.7	1.7	2.8	3.2
R3		90		27	-6	12.8	0.8	1.3	3.6	3.8
R4	100	70		27	-8.1	14.4	2.3	2.7	5.5	6
R5		80		27	-11	10.5	1	0.8	5.2	5.1
R6		90		27	-10	15.4	2.5	2.3	5.6	6
R7	150	70		27	-11.3	12	0.9	0.5	4.7	4.7
R8		80		27	-9.9	13	0.1	1.1	5.2	5.2
R9		90		27	-8.2	13.7	1.6	1.4	5.2	5.3
R10	100	80	4	27	-28.5	6.6	-13.7	-12.3	10	15.8
R11			6	27	-8.3	12.4	2.4	3.3	5	5.9
R12			10	27	-4.5	9.5	4.2	3.8	4	5.5
R13			27	27	-27.8	4.7	1.3	-1.8	7.3	7.4
R14			27	27	-2	9.9	2.1	2.6	2.7	3.7
R15			27	27	-5	9	2.3	1.7	2.8	3.2

표 3-364. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 지상 기준점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	26	100	-9.2	11.9	-0.2	0	4.7	4.6
R2	26	100	-3.8	9.6	1.7	1.7	2.8	3.2
R3	27	100	-6	12.8	0.8	1.3	3.6	3.8
R4	27	100	-8.1	14.4	2.3	2.7	5.5	6
R5	27	100	-11	10.5	1	0.8	5.2	5.1
R6	27	100	-10	15.4	2.5	2.3	5.6	6
R7	27	100	-11.3	12	0.9	0.5	4.7	4.7
R8	27	100	-9.9	13	0.1	1.1	5.2	5.2
R9	27	100	-8.2	13.7	1.6	1.4	5.2	5.3
R10	27	100	-28.5	6.6	-13.7	-12.3	10	15.8
R11	27	100	-8.3	12.4	2.4	3.3	5	5.9
R12	27	100	-4.5	9.5	4.2	3.8	4	5.5
R13	27	100	-27.8	4.7	1.3	-1.8	7.3	7.4
R14	27	100	-2	9.9	2.1	2.6	2.7	3.7
R15	27	100	-5	9	2.3	1.7	2.8	3.2

2) 고정익

- ▶ 고정익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12일 측정된 지상 기준점 좌표와 비교한 결과는 표 3-9와 같다. 이 경우도 회전익 시스템 데이터 처리 결과와 동일하게 100 m의 고도에서 80 %의 중복도를 갖도록 촬영된 영상에 대하여 지상 기준점을 4 개만 활용하여 생성된 DEM(F10)은 다른 경우와 비교하여 정확도가 낮게 나타난다. 이 경우를 제외하고는 수직 좌표 차이값에 대한 RMS가 10 cm인 것을 확인할 수 있다. 회전익의 경우와 비교해서 촬영 고도가 높거나 같음에도 불구하고 F10의 경우를 제외하고 더 높은 정확도가 성취되었다.

표 3-365. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 지상 기준점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	27	-4.4	2.9	0.3	-0.2	1.8	1.7
F2		80		27	-6.5	4.3	0	0.1	2.3	2.2
F3		90		27	-4.2	2.9	0.2	-0.2	1.6	1.6
F4	100	70		27	-5.7	9.2	0.5	0.4	3.1	3.1
F5		80		27	-6	6.9	0.2	0.6	3	3
F6		90		27	-4.3	5.6	0.4	0.5	2.1	2.1
F7	150	70		27	-5.4	4.3	0.5	0.6	2	2
F8		80		27	-5.8	4.4	0.3	0.2	2.2	2.2
F9		90		27	-4.7	4.5	0.8	0.3	2.4	2.4
F10	100	80	4	27	-1.8	117.7	72.5	63.2	38.8	73.8
F11			6	27	-12.1	13.7	2.2	2.1	6.3	6.6
F12			10	27	-12.7	11.9	-0.3	-0.2	6.3	6.2
F13			27	27	-13.3	12.8	1.5	1.6	5.7	5.8
F14			27	27	-8.9	12	0.3	1.4	5.4	5.4
F15			27	27	-14.1	10.8	1.1	1.3	5.7	5.7

- ▶ 마찬가지로 수직 좌표 차이 값에 대하여 1 m가 넘는 경우는 제외하고 정확도를 계산하여 표 3-10와 같이 정리하였다. 고정익 데이터 처리 결과에 있어서는 총 27 개의 GCP에 대하여 수직 좌표의 차이는 대부분 1 m 이내였지만, F10의 결과에 대해서는 85.2 %만 인라이어로 지상 기준점 4 개의 위치에서는 높이값의 차이가 1 m를 초과하였다.
- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 지상 기준점 좌표와 비교한 결과는 표 3-11과 같다. 이 경우에도 표 3-12와 같이 F10의 결과를 제외하고 모든 GCP에 대하여 수직 좌표 차이 값은 1 m 이내였다.

표 3-366. 인라이어에 대한 고정익 DEM과 지상 기준점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	27	100	-4.4	2.9	0.3	-0.2	1.8	1.7
F2	27	100	-6.5	4.3	0	0.1	2.3	2.2
F3	27	100	-4.2	2.9	0.2	-0.2	1.6	1.6
F4	27	100	-5.7	9.2	0.5	0.4	3.1	3.1
F5	27	100	-6	6.9	0.2	0.6	3	3
F6	27	100	-4.3	5.6	0.4	0.5	2.1	2.1
F7	27	100	-5.4	4.3	0.5	0.6	2	2
F8	27	100	-5.8	4.4	0.3	0.2	2.2	2.2
F9	27	100	-4.7	4.5	0.8	0.3	2.4	2.4
F10	23	85.2	-1.8	99	64.9	54.9	35.9	65.2
F11	27	100	-12.1	13.7	2.2	2.1	6.3	6.6
F12	27	100	-12.7	11.9	-0.3	-0.2	6.3	6.2
F13	27	100	-13.3	12.8	1.5	1.6	5.7	5.8
F14	27	100	-8.9	12	0.3	1.4	5.4	5.4
F15	27	100	-14.1	10.8	1.1	1.3	5.7	5.7

표 3-367. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 지상 기준점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	27	-14	11.4	0.3	-1.2	5.6	5.6
F2		80		27	-14.8	12.2	-0.8	-0.8	5.6	5.5
F3		90		27	-13	11.2	0.1	-1	5.3	5.3
F4	100	70		27	-15.3	11	0.3	-0.5	5.5	5.4
F5		80		27	-17.3	14.9	-0.4	-0.4	6	5.9
F6		90		27	-10	17.4	-0.1	-0.5	5.7	5.6
F7	150	70		27	-15.1	12.6	0.5	-0.3	5.8	5.7
F8		80		27	-11.3	12.5	-1.2	-0.6	5.1	5
F9		90		27	-14.1	15.8	-0.6	-0.6	6	5.9
F10	100	80	4	27	-2	108.9	78.6	62.5	38	72.8
F11			6	27	-5.6	13.8	0.7	1.4	3.9	4.1
F12			10	27	-12.4	12	-0.4	-1	4.1	4.1
F13			27	27	-3.4	4.9	0.8	0.7	2.2	2.3
F14			27	27	-3	4.8	0.3	0.5	2.3	2.3
F15			27	27	-2.8	4.2	-0.1	0.4	1.7	1.7

표 3-368. 인라이어에 대한 고정익 DEM과 지상 기준점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	27	100	-14	11.4	0.3	-1.2	5.6	5.6
F2	27	100	-14.8	12.2	-0.8	-0.8	5.6	5.5
F3	27	100	-13	11.2	0.1	-1	5.3	5.3
F4	27	100	-15.3	11	0.3	-0.5	5.5	5.4
F5	27	100	-17.3	14.9	-0.4	-0.4	6	5.9
F6	27	100	-10	17.4	-0.1	-0.5	5.7	5.6
F7	27	100	-15.1	12.6	0.5	-0.3	5.8	5.7
F8	27	100	-11.3	12.5	-1.2	-0.6	5.1	5
F9	27	100	-14.1	15.8	-0.6	-0.6	6	5.9
F10	23	85.2	-2	99.4	56.3	54.7	35.8	64.9
F11	27	100	-5.6	13.8	0.7	1.4	3.9	4.1
F12	27	100	-12.4	12	-0.4	-1	4.1	4.1
F13	27	100	-3.4	4.9	0.8	0.7	2.2	2.3
F14	27	100	-3	4.8	0.3	0.5	2.3	2.3
F15	27	100	-2.8	4.2	-0.1	0.4	1.7	1.7

다. 검사점과 비교 검증

1) 회전익

- ▶ 회전익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12 일 측정된 검사점 좌표와 비교한 결과는 표 3-13과 같다. 27 개의 검사점 중에 DEM 상에 중첩되는 검사점의 개수는 경우에 따라 17 ~ 21 개였다. 정확도가 가장 낮은 경우는 가장 높은 고도인 150 m에서 70 %의 중복도를 갖도록 촬영된 영상에 대하여 지상 기준점을 27 개 모두 활용하여 생성된 DEM(R7)이었다. 100 m의 고도에서 80 %의 중첩도로 촬영된 영상에 대해서 4 개의 기준점만 활용하여 생성된 DEM(R10)의 RMS도 약 18 cm로 낮은 정확도를 보여주었다. 그 밖의 DEM과 검사점의 수직 좌표 차이값에 대한 RMS는 약 7.3 cm인 것을 확인할 수 있다.
- ▶ 수직 좌표 차이 값에 대하여 1 m가 넘는 경우는 제외하고 정확도를 계산하여 표 3-14와 같이 정리하였다. 모든 검사점에 대하여 수직 좌표 차이 값이 1 m 이내로 인라이어들에 대한 RMS는 표 3-13의 결과와 동일하다.
- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 검사점 좌표와 비교한 결과는 표 3-15와 같다. 비행 고도 100 m에서 80 %의 중복도로 촬영된 영상에 대하여 지상 기준점을 27 개 모두 활용하여 생성된 DEM(R13)의 경우 RMS가 약 55 cm로

가장 정확도가 낮았으나 모든 DSM의 평균 RMS는 약 25 cm를 나타내었다.

표 3-369. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 검사점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	18	-3.6	8.2	1.4	1.2	3.2	3.3
R2		80		17	-20.9	9.4	-0.6	-1.4	6.8	6.7
R3		90		17	-20.5	10.6	-2	-1.9	6.5	6.6
R4	100	70		18	-5.3	11.9	3.6	2.8	4.3	5.1
R5		80		18	-2.9	7	0.8	1.1	3.2	3.3
R6		90		20	-2.2	53.4	2.5	6	12.5	13.6
R7	150	70		20	-98.8	22.1	1.7	-3	23.2	22.8
R8		80		21	-1.5	20.6	3.1	3.7	4.5	5.8
R9		90		21	-2	49.4	3.2	5	10.6	11.5
R10	100	80	4	18	-28.8	6.5	-18.2	-15	10.3	18.1
R11			6	18	-22.3	18	1.1	0.5	8.1	7.9
R12			10	18	-24	13.3	2.6	1.1	8.4	8.2
R13			18	-23.4	10	-3.6	-3.6	7.8	8.4	
R14			27	18	-18.9	8.9	3.2	0.6	7.1	6.9
R15			18	-22.5	9.7	0.4	-1	7.7	7.6	

표 3-370. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 검사점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	18	100	-3.6	8.2	1.4	1.2	3.2	3.3
R2	17	100	-20.9	9.4	-0.6	-1.4	6.8	6.7
R3	17	100	-20.5	10.6	-2	-1.9	6.5	6.6
R4	18	100	-5.3	11.9	3.6	2.8	4.3	5.1
R5	18	100	-2.9	7	0.8	1.1	3.2	3.3
R6	20	100	-2.2	53.4	2.5	6	12.5	13.6
R7	20	100	-98.8	22.1	1.7	-3	23.2	22.8
R8	21	100	-1.5	20.6	3.1	3.7	4.5	5.8
R9	21	100	-2	49.4	3.2	5	10.6	11.5
R10	18	100	-28.8	6.5	-18.2	-15	10.3	18.1
R11	18	100	-22.3	18	1.1	0.5	8.1	7.9
R12	18	100	-24	13.3	2.6	1.1	8.4	8.2
R13	18	100	-23.4	10	-3.6	-3.6	7.8	8.4
R14	18	100	-18.9	8.9	3.2	0.6	7.1	6.9
R15	18	100	-22.5	9.7	0.4	-1	7.7	7.6

- ▶ 수직 좌표 차이 값에 대하여 1 m가 넘는 경우는 제외하고 정확도를 계산하여 표 3-16과 같이 정리하였다. 검사점에 대하여 약 97 %는 수직 좌표 차이 값이 1 m 이

내였으며, 이러한 인라이어들에 대한 RMS는 R10, R13, R14의 경우 다소 크지만 평균 7 cm이다.

표 3-371. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 검사점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	39	-145.9	10.6	-1.6	-4.8	23.8	23.9
R2		80		43	-147.4	7.4	-0.3	-3.5	22.6	22.6
R3		90		41	-150.9	7.1	-1.3	-4.4	23.7	23.8
R4	100	70		46	-147.6	14.7	1.1	-2.2	22.7	22.5
R5		80		44	-149.6	14.5	-1.2	-3.5	23.2	23.2
R6		90		47	-150.2	10.1	0.3	-2.8	22.7	22.6
R7	150	70		46	-146.6	11.5	-1.3	-4.2	22.3	22.4
R8		80		46	-151.3	32.4	-1.4	-2.9	23.6	23.5
R9		90		46	-152.6	12.5	-0.6	-3	23.3	23.2
R10	100	80	4	45	-146.9	4.4	-14.6	-16.1	21.9	27
R11			6	45	-145.9	11.8	2.1	-0.6	22.5	22.2
R12			10	45	-146.2	8.8	2.5	-1.1	22.5	22.3
R13			46	-270.3	4.1	-1.7	-16.9	53	55.1	
R14			27	46	-146.2	22.4	0.2	-5.2	26.1	26.4
R15			44	-149.2	13.9	-0.6	-4	22.8	22.9	

표 3-372. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 검사점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	38	97.4	-16.4	10.6	-1.4	-1.1	5.3	5.3
R2	42	97.7	-4.6	7.4	-0.3	-0.1	2.5	2.5
R3	40	97.6	-10.3	7.1	-1.1	-0.7	3.7	3.7
R4	45	97.8	-13.1	14.7	1.1	1	5.8	5.8
R5	43	97.7	-16	14.5	-0.9	-0.1	5.7	5.7
R6	46	97.9	-20	10.1	0.5	0.4	5.8	5.7
R7	45	97.8	-13.2	11.5	-1.1	-1	5.9	6
R8	45	97.8	-14.5	32.4	-1.2	0.4	7.5	7.4
R9	45	97.8	-14	12.5	-0.6	0.3	5.8	5.7
R10	44	97.8	-30.5	4.4	-14.3	-13.1	9.2	16
R11	44	97.8	-6.6	11.8	2.2	2.7	3.9	4.7
R12	44	97.8	-11.1	8.8	2.5	2.2	4.2	4.7
R13	43	93.5	-58.3	4.1	-1.3	-3.7	10	10.6
R14	45	97.8	-96.8	22.4	0.2	-2	15.4	15.4
R15	43	97.7	-16	13.9	-0.5	-0.6	4.3	4.3

2) 고정익

- ▶ 고정익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12 일 측정된 검사점 좌표와 비교한 결과는 표 3-17과 같다. 이 경우는 회전익 시스템 데이터 처리 결과와 상이하게 100 m의 고도에서 80 %의 중복도를 갖도록 촬영된 영상에 대하여 지상 기준점을 4 개만 활용하여 생성된 DEM(F10)이 가장 낮은 정확도를 나타내었고, 70 m의 고도에서 80 %의 중복도를 갖는 영상에 27 개의 지상 기준점을 활용하여 생성된 DEM(F2)이 가장 높은 정확도를 나타내었다. F10의 경우를 제외하고는 수직 좌표 차이값에 대한 RMS가 약 8.3 cm인 것을 확인할 수 있다.

표 3-373. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 검사점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	23	-13.2	4.3	-0.3	-1.3	4.3	4.4
F2		80		22	-5.5	9.1	0	0.7	3.6	3.6
F3		90		23	-13.5	5.2	-0.6	-0.7	3.9	3.9
F4	100	70		27	-34.5	6	-0.7	-5.1	10.9	11.9
F5		80		27	-17.2	5.1	-0.4	-2.3	5.8	6.1
F6		90		27	-28.3	4.7	-0.9	-3.9	9.3	9.9
F7	150	70		27	-12.8	10.4	0.5	-1.1	5.3	5.3
F8		80		27	-9.9	3.3	0.5	-0.8	3.8	3.8
F9		90		27	-7.1	11.9	0.7	0.8	3.8	3.8
F10	100	80	4	27	-185.3	106.6	32.8	5.1	91.7	90.1
F11			6	27	-21.8	9.9	-0.5	-2.2	7	7.2
F12			10	27	-77	6.4	-5.4	-11	19.5	22.1
F13			27	27	-21.4	11.5	1.5	-0.6	7.4	7.3
F14				27	-24.5	37.7	3.2	6.2	14	15
F15				27	-22	34.1	0.9	3.4	11.6	11.9

- ▶ F10의 RMS는 약 90 cm로 수직 좌표 차이값의 최솟값과 최댓값을 확인해보면 이상적으로 절대값이 큰 것을 확인할 수 있다. 이에 수직 좌표 차이 값에 대하여 1 m 가 넘는 경우는 아웃라이어로 간주하고 정확도를 계산하여 표 3-18과 같이 정리하였다. F10의 결과에 대해서는 약 70 %만이 인라이어였으며, 아웃라이어를 제거한 후의 RMS도 약 60 cm로 데이터 처리나 기준 데이터 취득에 오류가 있었을 가능성이 추측된다.

표 3-374. 인라이어에 대한 고정익 DEM과 검사점(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	23	100	-13.2	4.3	-0.3	-1.3	4.3	4.4
F2	22	100	-5.5	9.1	0	0.7	3.6	3.6
F3	23	100	-13.5	5.2	-0.6	-0.7	3.9	3.9
F4	27	100	-34.5	6	-0.7	-5.1	10.9	11.9
F5	27	100	-17.2	5.1	-0.4	-2.3	5.8	6.1
F6	27	100	-28.3	4.7	-0.9	-3.9	9.3	9.9
F7	27	100	-12.8	10.4	0.5	-1.1	5.3	5.3
F8	27	100	-9.9	3.3	0.5	-0.8	3.8	3.8
F9	27	100	-7.1	11.9	0.7	0.8	3.8	3.8
F10	19	70.4	-83.8	98.5	43	29.8	55.3	61.5
F11	27	100	-21.8	9.9	-0.5	-2.2	7	7.2
F12	27	100	-77	6.4	-5.4	-11	19.5	22.1
F13	27	100	-21.4	11.5	1.5	-0.6	7.4	7.3
F14	27	100	-24.5	37.7	3.2	6.2	14	15
F15	27	100	-22	34.1	0.9	3.4	11.6	11.9

- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 검사점 좌표와 비교한 결과는 표 3-19와 같다. 이 경우는 회전익 시스템 데이터 처리 결과와 상이하게 100 m의 고도에서 80 %의 중복도를 갖도록 촬영된 영상에 대하여 지상 기준점을 4 개만 활용하여 생성된 DEM(F10)이 가장 낮은 정확도를 나타내었고, 70 m의 고도에서 80 %의 중복도를 갖는 영상에 27 개의 지상 기준점을 활용하여 생성된 DEM(F2)이 두드러지게 높은 정확도를 나타내었다. 두 경우를 제외하고는 수직 좌표 차이값에 대한 RMS가 약 22 cm인 것을 확인할 수 있다.
- ▶ 수직 좌표 차이 값에 대하여 1 m가 넘는 경우는 아웃라이어로 간주하고 정확도를 계산하여 표 3-20과 같이 정리하였다. 고정익 데이터 처리 결과에 있어서는 대부분의 GCP에 대하여 수직 좌표의 차이는 대부분 1 m 이내였지만, F10의 결과에 대해서는 85.2 %만이 인라이어로 지상 기준점 4 개의 위치에서는 높이값의 차이가 1 m를 초과하였다.

표 3-375. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 검사점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	48	-144	7.7	-0.9	-6.1	21.4	22
F2		80		48	-23.5	35.8	-1.6	-1.3	8.9	8.9
F3		90		49	-150.8	8.2	-2.1	-5.2	22	22.4
F4	100	70		52	-141.3	11.9	-1.5	-6.6	22.2	23
F5		80		52	-148.4	13.3	-1.4	-4.9	21.4	21.8
F6	90	53		-139.1	19.1	-1.1	-4.8	20.5	20.8	
F7	150	70		52	-147.7	11.7	-1.1	-5.1	21.7	22.1
F8		80		54	-142.6	20.9	0.3	-3.7	20.7	20.8
F9		90		54	-151.4	12.8	-0.7	-4.3	21.3	21.6
F10	100	80	4	54	-164.8	109.4	52	30.6	74.6	80
F11			6	54	-143.3	13.5	-0.5	-3.7	20.4	20.5
F12			10	52	-143.5	11.6	-3.8	-7.8	21.4	22.6
F13			27	54	-153.7	23.6	-1.5	-3.3	22	22
F14				54	-141.5	42.2	-0.4	-0.6	21.3	21.1
F15				54	-147.6	17.7	0.1	-1.9	20.7	20.6

표 3-376. 인라이어에 대한 고정익 DEM과 검사점(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	47	97.9	-28.8	7.7	-0.9	-3.2	6.7	7.4
F2	48	100	-23.5	35.8	-1.6	-1.3	8.9	8.9
F3	48	98	-15.1	8.2	-1.6	-2.2	5.8	6.1
F4	51	98.1	-61.2	11.9	-1.3	-4	11.6	12.1
F5	51	98.1	-23.2	13.3	-0.9	-2.1	7	7.3
F6	52	98.1	-24.4	19.1	-1	-2.2	8.1	8.4
F7	51	98.1	-32.9	11.7	-0.9	-2.3	8	8.3
F8	53	98.1	-24.2	20.9	0.3	-1	7.6	7.6
F9	53	98.1	-19.1	12.8	-0.5	-1.6	6.3	6.4
F10	40	74.1	-50.9	99	52	45.4	41.2	61
F11	53	98.1	-25.8	13.5	-0.5	-1	6.4	6.4
F12	51	98.1	-42.6	11.6	-3.8	-5.2	9.5	10.7
F13	53	98.1	-13.7	23.6	-1.4	-0.5	7	6.9
F14	53	98.1	-7.1	42.2	-0.4	2	8.5	8.7
F15	53	98.1	-9.6	17.7	0.1	0.9	4.7	4.8

라. 프로파일과 비교 검증

1) 회전익

- ▶ 회전익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12일 측정된 프로파일 데이터와 비교한 결과는 표 3-21과 같다. 7 개의 프로파일을 따라 측정된 모든 좌표에 대하여 DEM과 수직 좌표값의 차이를 계산하였다. 그 결과 R3, R6, R9, R11, R12, R13에서 차이의 최댓값이 이상적으로 큰 현상이 발견되었고, 그에 따라 수직 좌표 차이에 대한 RMS도 큰 경향이 나타났다. 특히, 150 m의 고도에서 90 %의 중첩도를 갖고 취득된 영상에 27 개의 GCP를 활용하여 생성된 DEM(R9)의 RMS가 가장 크게 나타났다. 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 경우 아웃라이어로 간주하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-22와 같다. R3, R6, R9, R11, R12, R13의 결과에 아웃라이어가 일부 존재하여 인라이어에 대한 RMS가 감소한 것을 확인할 수 있다. 그러나 지상 기준점을 가장 적게 활용한 R10의 결과에는 아웃라이어가 존재하지 않음에도 불구하고 RMS가 약 17.4 cm로 가장 정확도가 낮은 것을 확인할 수 있다.

표 3-377. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	981	-15.8	18.5	4.2	4.2	3.7	5.6
R2		80		807	-27.2	35	5.7	6.5	8.6	10.8
R3		90		801	-27.8	687.8	6.2	8	25.8	27
R4	100	70		1165	-27.3	33.7	5.8	5.2	6	8
R5		80		1190	-18.5	25.5	3.7	3.4	5.3	6.3
R6		90		1231	-26.3	868.3	5	7	35.4	36.1
R7	150	70		1284	-127.1	32.7	4	4	8.4	9.3
R8		80		1300	-76.1	44.5	4.2	4.6	7.8	9
R9		90		1398	-14.8	865	5.3	10.8	43.3	44.6
R10	100	80	4	1193	-44.8	58.8	-13.3	-11.8	12.8	17.4
R11			6	1191	-39.3	629.6	4.7	6.6	21.5	22.5
R12			10	1196	-33.5	481.4	6.6	7.5	17	18.5
R13			1194	-244.5	230.8	1.7	-6.5	37.1	37.6	
R14			27	1192	-61.2	34.3	5.7	5.9	9.1	10.8
R15			1195	-39.7	39.5	3.8	4.2	9.5	10.4	

- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 프로파일 데이터와 비교한 결과는 표 3-23과 같다. 12일의 프로파일 데이터와 비교했을 때 전반적으로 정확

도가 높았으나 동일한 날짜에 똑같은 조합으로 여러 번 취득한 데이터의 처리 결과인 R13, R14, R15 중에 R13의 RMS가 크게 나타났다.

표 3-378. 인라이어에 대한 회전의 DEM과 프로파일(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	981	100	-15.8	18.5	4.2	4.2	3.7	5.6
R2	807	100	-27.2	35	5.7	6.5	8.6	10.8
R3	800	99.9	-27.8	46.5	6.2	7.1	9.4	11.7
R4	1165	100	-27.3	33.7	5.8	5.2	6	8
R5	1190	100	-18.5	25.5	3.7	3.4	5.3	6.3
R6	1229	99.8	-26.3	62	5	5.6	7.6	9.5
R7	1283	99.9	-87.8	32.7	4	4.1	7.6	8.6
R8	1300	100	-76.1	44.5	4.2	4.6	7.8	9
R9	1391	99.5	-14.8	98.5	5.3	8.4	14	16.3
R10	1193	100	-44.8	58.8	-13.3	-11.8	12.8	17.4
R11	1190	99.9	-39.3	41.1	4.7	6.1	11.7	13.2
R12	1195	99.9	-33.5	38.6	6.6	7.1	10	12.3
R13	1152	96.5	-99.5	91.9	2	-2.5	23.8	24
R14	1192	100	-61.2	34.3	5.7	5.9	9.1	10.8
R15	1195	100	-39.7	39.5	3.8	4.2	9.5	10.4

표 3-379. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	1072	-20.7	30.1	1.9	1.7	6.9	7.1
R2		80		854	-9.2	16.2	2.6	2.5	3.9	4.6
R3		90		855	-10.8	45.8	3	3.2	5.5	6.4
R4	100	70		1334	-25.4	33.2	3.2	3.1	8.2	8.7
R5		80		1379	-20.6	31.1	1.2	1.3	7.1	7.2
R6		90		1421	-19.8	73.1	2.7	3.7	9	9.7
R7	150	70		1488	-141.6	32.9	2	1.7	10.9	11
R8		80		1524	-81	47.6	2.6	2.7	8.7	9.1
R9		90		1628	-22.4	116.5	3	6.4	15.7	16.9
R10	100	80	4	1363	-37.7	23.9	-15.2	-14.3	9.5	17.2
R11			6	1364	-29.2	27.3	4.1	3.1	7.5	8.2
R12			10	1362	-31.4	35.4	5	4.6	6.5	7.9
R13			27	1357	-253.9	397.4	0.3	-10.7	41.2	42.5
R14			27	1358	-136.9	43.1	2.8	3.6	8.7	9.4
R15			27	1373	-39.5	36.8	2.2	1.8	6.4	6.6

- ▶ 표 3-24과 같이 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 아웃라이어를 제외하고 RMS를 다시 계산하였다. 그 결과 R13에 약 5 %의 아웃라이어가 있었음을 확인할 수 있고, 아웃라이어를 제외한 후에도 여전히 RMS는 약 25 cm로 가장 낮은 정확도를 보여주고 있다.

표 3-380. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 프로파일(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	1072	100	-20.7	30.1	1.9	1.7	6.9	7.1
R2	854	100	-9.2	16.2	2.6	2.5	3.9	4.6
R3	855	100	-10.8	45.8	3	3.2	5.5	6.4
R4	1334	100	-25.4	33.2	3.2	3.1	8.2	8.7
R5	1379	100	-20.6	31.1	1.2	1.3	7.1	7.2
R6	1421	100	-19.8	73.1	2.7	3.7	9	9.7
R7	1486	99.9	-95.3	32.9	2	1.8	9.8	9.9
R8	1524	100	-81	47.6	2.6	2.7	8.7	9.1
R9	1624	99.8	-22.4	96.8	3	6.1	14.8	16
R10	1363	100	-37.7	23.9	-15.2	-14.3	9.5	17.2
R11	1364	100	-29.2	27.3	4.1	3.1	7.5	8.2
R12	1362	100	-31.4	35.4	5	4.6	6.5	7.9
R13	1293	95.3	-99.4	87.6	0.5	-6.2	23.7	24.5
R14	1357	99.9	-66.4	43.1	2.8	3.7	7.8	8.6
R15	1373	100	-39.5	36.8	2.2	1.8	6.4	6.6

2) 고정익

- ▶ 고정익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12 일 측정된 프로파일 데이터와 비교한 결과는 표 3-25와 같다. 회전익 시스템 데이터 처리 결과와 다르게 최소의 지상 기준점을 활용한 결과인 F10을 제외하고 전반적으로 RSM가 10 cm 내외로 고른 경향을 나타내었다. F10의 경우, 수직 좌표 차이의 최댓값, 최솟값, 중간값, 표준편차가 매우 크게 나타나고 RMS도 92 cm이나 되는 것을 확인할 수 있다.
- ▶ 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 아웃라이어를 제외하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-26와 같다. 이로부터 R13의 검증 결과에 1 m 이상 차이나는 경우가 약 30 % 존재하였음을 확인할 수 있고, 이를 제외한 후에도 여전히 RMS는 약 65 cm로 가장 낮은 정확도를 보여주고 있다.

표 3-381. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	1506	-50.7	103.4	1.3	0.3	10.2	10.2
F2		80		1472	-45	73.5	2	2.5	7.4	7.8
F3		90		1585	-10.8	23.3	1.9	2	3.9	4.3
F4	100	70		1675	-87.9	21.1	1.2	-1.3	10	10.1
F5		80		1659	-27.6	30.5	2.4	1.8	6.8	7
F6		90		1593	-38.7	18	1.1	-0.5	8.3	8.3
F7	150	70		1700	-48	16.9	1.3	0.6	6.8	6.8
F8		80		1710	-25.2	19.7	2.3	1.8	5.6	5.9
F9		90		1710	-28.4	874.8	2.6	3.7	30	30.3
F10	100	80	4	1710	-209.1	127.6	58.1	17	90.7	92.2
F11			6	1695	-43.6	35	1.8	1.2	9.8	9.9
F12			10	1695	-88.4	29.5	-1.9	-5.7	17.6	18.5
F13			27	1683	-44.9	40.2	3.6	3.6	9.7	10.3
F14				1710	-27.4	58.7	5.3	8.2	11.6	14.1
F15				1710	-26.3	143.5	4.7	7	11.7	13.6

표 3-382. 인라이어에 대한 고정익 DEM과 프로파일(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	1505	99.9	-50.7	96.7	1.3	0.2	9.9	9.9
F2	1472	100	-45	73.5	2	2.5	7.4	7.8
F3	1585	100	-10.8	23.3	1.9	2	3.9	4.3
F4	1675	100	-87.9	21.1	1.2	-1.3	10	10.1
F5	1659	100	-27.6	30.5	2.4	1.8	6.8	7
F6	1593	100	-38.7	18	1.1	-0.5	8.3	8.3
F7	1700	100	-48	16.9	1.3	0.6	6.8	6.8
F8	1710	100	-25.2	19.7	2.3	1.8	5.6	5.9
F9	1708	99.9	-28.4	35.8	2.6	2.7	4.5	5.3
F10	1192	69.7	-99.7	99.8	59.9	37.6	52.7	64.7
F11	1695	100	-43.6	35	1.8	1.2	9.8	9.9
F12	1695	100	-88.4	29.5	-1.9	-5.7	17.6	18.5
F13	1683	100	-44.9	40.2	3.6	3.6	9.7	10.3
F14	1710	100	-27.4	58.7	5.3	8.2	11.6	14.1
F15	1705	99.7	-26.3	98.1	4.6	6.6	10	12

▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 프로파일 데이터와 비교한

결과는 표 3-27과 같다. 마찬가지로 4개 의 지상 기준점을 활용한 결과인 F10의 RMS가 눈에 띄게 큰 값이었으며, 이를 제외하고는 평균 약 9.5 cm의 RMS를 나타내고 있다.

표 3-383. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	1741	-47.1	118.6	0.6	-0.7	10.2	10.3
F2		80		1713	-45.1	73.4	1.1	1.1	8.9	9
F3		90		1844	-23.6	27.1	1.4	0.9	7	7.1
F4	100	70		1897	-83.9	36.7	0	-1.7	9.5	9.7
F5		80		1894	-40.9	33.2	1.8	0.7	8.1	8.1
F6		90		1795	-34.5	35.9	-0.1	-0.9	7.8	7.8
F7	150	70		1922	-53.9	33.2	0	-0.6	8	8
F8		80		1935	-22.5	36.4	1.7	0.8	7.3	7.4
F9		90		1935	-25.3	29.6	1.9	1.7	6.6	6.8
F10	100	80	4	1935	-184.7	116.7	52.3	18.5	82.1	84.2
F11			6	1910	-31.1	18.5	0.6	-0.7	7.6	7.6
F12			10	1921	-93.2	14.2	-2.9	-6.1	13.6	14.9
F13			27	1895	-49	34.7	1.7	1.6	8.2	8.4
F14				1935	-181.6	93.9	3.2	5.6	11.6	12.9
F15				1935	-101.3	172	3.2	5.7	14.4	15.5

표 3-384. 인라이어에 대한 고정익 DEM과 프로파일(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	1740	99.9	-47.1	97.3	0.5	-0.8	9.8	9.9
F2	1713	100	-45.1	73.4	1.1	1.1	8.9	9
F3	1844	100	-23.6	27.1	1.4	0.9	7	7.1
F4	1897	100	-83.9	36.7	0	-1.7	9.5	9.7
F5	1894	100	-40.9	33.2	1.8	0.7	8.1	8.1
F6	1795	100	-34.5	35.9	-0.1	-0.9	7.8	7.8
F7	1922	100	-53.9	33.2	0	-0.6	8	8
F8	1935	100	-22.5	36.4	1.7	0.8	7.3	7.4
F9	1935	100	-25.3	29.6	1.9	1.7	6.6	6.8
F10	1473	76.1	-99.1	100	55	35.3	51.9	62.8
F11	1910	100	-31.1	18.5	0.6	-0.7	7.6	7.6
F12	1921	100	-93.2	14.2	-2.9	-6.1	13.6	14.9
F13	1895	100	-49	34.7	1.7	1.6	8.2	8.4
F14	1933	99.9	-51.2	93.9	3.2	5.8	10.5	12
F15	1922	99.3	-54	99	3.2	4.9	9.1	10.3

- ▶ 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 아웃라이어를 제외하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-28과 같다. 대부분의 경우에 아웃라이어가 없었으나, F10의 경우에는 약 24 %의 아웃라이어가 필터링되었으며, 이를 제외하고 RMS는 약 62.8 cm이었다. 검증 결과에 1 m 이상 차이 나는 경우가 약 30 % 존재하였음을 확인할 수 있고, 이를 제외한 후에도 여전히 RMS는 약 65 cm로 가장 낮은 정확도를 보여주고 있다. 인라이어에 대한 RMS는 평균은 F10의 검증 결과를 반영했을 때 약 13 cm이었고, F10의 검증 결과를 제외했을 때 약 9 cm이었다.

마. 지상 라이다와 비교 검증

1) 회전익

- ▶ 회전익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12 일 측량된 라이다 데이터와 비교한 결과는 표 3-29와 같다. 라이다 데이터는 가장 균일하며 밀도 높은 기준 데이터로써, 취득된 모든 라이다 좌표에 대하여 DEM과 수직 좌표값의 차이를 계산하였기 때문에 정확도 검증의 신뢰도가 가장 높다고 할 수 있다. 정확도 검증을 위하여 측정되는 위치가 평균 6,160,729 개이기 때문에 소수의 아웃라이어에 의한 영향을 덜 받을 수 있다. 생성된 DEM과 라이다 데이터의

수직 좌표 차이에 대한 RMS는 평균 6.8 cm이고, 이상적으로 RMS가 크게 나타난 R10의 경우를 제외할 때 RMS는 평균 5.7 cm이다. 수직 좌표의 차이가 1 m 이상인 경우를 제외하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-30과 같으며, 1 m 이상의 차이를 나타내는 경우는 거의 없는 것으로 확인된다.

- ▶ 따라서 표 3-31과 같이 수직 좌표의 차이를 5 cm이하, 5~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~50 cm, 50~100 cm, 100 cm를 넘는 경우로 구분하여 비율을 산출하였다. 대체로 20 cm를 넘지 않는 차이를 보였으나, 4 개의 지상 기준점을 활용하여 처리한 결과인 R10에서는 20~30 cm 구간에서 가장 높은 분포를 나타내고 있다.
- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측량된 라이더 데이터와 비교한 결과는 표 3-32와 같다. 마찬가지로 4개의 지상 기준점을 활용한 결과인 F10의 RMS가 눈에 띄게 큰 값이었으며, 이를 포함했을 때 평균 RMS는 약 6.3 cm, 제외했을 때 평균 약 5.3 cm이다. 수직 좌표의 차이가 1 m 이상인 경우를 제외하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-33과 같으며, 1 m 이상의 차이를 나타내는 경우는 거의 없는 것으로 확인된다.

표 3-385. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 라이더(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	6145033	-84.2	69.8	0.4	0.5	2.1	2.2
R2		80		6137862	-82.9	67.6	0.5	0.5	5.1	5.1
R3		90		6131956	-82.3	807.3	0	0.1	6.3	6.3
R4	100	70		6162726	-92.5	818.7	2.7	2.6	3.9	4.7
R5		80		6162273	-85.9	712.3	2.4	2.4	2.6	3.5
R6		90		6171653	-90.3	1002.5	2.4	2.5	5.4	6
R7	150	70		6181519	-163.3	818.5	1.9	1.8	3.8	4.2
R8		80		6174662	-102.7	951.6	0.9	0.8	3.4	3.5
R9		90		6184119	-144.4	979.3	0.5	1	11.1	11.1
R10	100	80	4	6159818	-94.5	820	-21.9	-21.6	6.1	22.5
R11			6	6159489	-114.8	860.4	2.5	2.6	6.1	6.6
R12			10	6159978	-85.6	862.7	0	0.4	5.8	5.8
R13			27	6158438	-430.3	804.8	1.8	1.2	9.3	9.4
R14				6160478	-202.6	856.4	1.1	0.9	6.1	6.2
R15				6161871	-156.2	729.4	0.7	0.6	5.5	5.5

표 3-386. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 라이다(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	6145033	100	-84.2	69.8	0.4	0.5	2.1	2.2
R2	6137862	100	-82.9	67.6	0.5	0.5	5.1	5.1
R3	6131661	100	-82.3	96.4	0	0.1	5.2	5.2
R4	6162634	100	-92.5	91.6	2.7	2.6	3.2	4.1
R5	6162238	100	-85.9	79.6	2.4	2.4	2.3	3.3
R6	6171243	100	-90.3	99.5	2.4	2.5	2.4	3.5
R7	6181302	100	-99.9	98.2	1.9	1.8	3.4	3.8
R8	6174638	100	-99.3	93.8	0.9	0.8	3.2	3.3
R9	6177964	99.9	-89.2	100	0.5	0.7	3.2	3.3
R10	6159716	100	-94.5	76.1	-21.9	-21.7	5.6	22.4
R11	6159375	100	-99.8	98.2	2.5	2.5	5.5	6.1
R12	6159930	100	-85.6	65.2	0	0.4	5.6	5.6
R13	6152637	99.9	-100	99.9	1.8	1.4	5.6	5.8
R14	6158781	100	-99.9	87.4	1.1	1	5.3	5.4
R15	6161790	100	-99	79.4	0.7	0.6	5.3	5.3

표 3-387. 회전익 DEM과 라이다(12일)의 수직 좌표 차이 수준 (단위: %)

Set ID	0~5 (cm)	5~10 (cm)	10~20 (cm)	20~30 (cm)	30~50 (cm)	50~100 (cm)	> 100 (cm)
R1	98.094	1.635	0.203	0.044	0.019	0.005	0
R2	86.844	6.607	5.189	0.982	0.374	0.005	0
R3	86.875	6.333	5.366	1.023	0.394	0.004	0.005
R4	82.246	16.413	1.234	0.06	0.038	0.007	0.001
R5	91.671	7.922	0.316	0.055	0.029	0.006	0.001
R6	90.781	8.712	0.356	0.075	0.061	0.009	0.007
R7	83.812	15.421	0.648	0.073	0.033	0.01	0.004
R8	89.668	9.792	0.434	0.068	0.032	0.005	0
R9	91.164	8.145	0.444	0.076	0.043	0.028	0.1
R10	1.039	2.573	15.127	77.49	3.3	0.47	0.002
R11	79.942	11.004	7.408	1.424	0.212	0.008	0.002
R12	82.613	8.929	6.968	1.169	0.313	0.008	0.001
R13	82.02	10.993	5.504	0.983	0.353	0.053	0.094
R14	84.85	8.337	5.467	1.013	0.292	0.014	0.028
R15	85.79	7.373	5.475	0.997	0.352	0.012	0.001

표 3-388. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 라이다(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	50	70	27	5916233	-63.4	74.9	1.2	1.4	5	5.2
R2		80		5905046	-64.3	71.9	1.4	1.4	1.7	2.2
R3		90		5889995	-62	872.9	1	1	3.8	3.9
R4	100	70		5926765	-93.6	816	3.4	3.6	5.6	6.6
R5		80		5924331	-68.2	727.6	3.3	3.2	5.1	6.1
R6		90		5931145	-67.2	1013.2	3.3	3.4	6.5	7.4
R7	150	70		5934775	-184.1	464	2.6	2.6	5.7	6.2
R8		80		5922797	-116.4	80.1	1.6	1.8	5.6	5.9
R9		90		5935280	-79.2	1051.3	1.1	1.9	11.9	12
R10	100	80	4	5924152	-71.3	928.2	-21	-20.8	3.3	21
R11			6	5923210	-74.8	806	3.6	3.4	2.8	4.5
R12			10	5925007	-69.8	796.6	1.1	1.3	2.9	3.2
R13			27	5922862	-431.8	794.9	2.4	2.2	4.1	4.7
R14				5923912	-79.4	835.1	2	1.9	2.6	3.2
R15				5923859	-64.2	787	1.6	1.5	3.1	3.5

- ▶ 마찬가지로 수직 좌표 차이에 대한 구간을 나눠서 그에 해당하는 비율을 표 3-34와 같이 산출하였다. 12일 라이다 데이터와 검증한 표 3-31과 비교하여 10~20 cm와 20~30 cm 구간에 해당하는 위치의 비율이 늘어난 것을 확인할 수 있다. 4 개의 지상 기준점을 활용하여 처리한 결과인 R10에서는 10~20 cm와 20~30 cm 구간에 대부분 분포하고 있다.

표 3-389. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 라이다(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
R1	5916233	100	-63.4	74.9	1.2	1.4	5	5.2
R2	5905046	100	-64.3	71.9	1.4	1.4	1.7	2.2
R3	5889746	100	-62	99.6	1	1	1.8	2
R4	5926749	100	-93.6	84	3.4	3.5	5.5	6.5
R5	5924308	100	-68.2	76.4	3.3	3.2	5.1	6
R6	5930743	100	-67.2	84.2	3.3	3.3	5.1	6.1
R7	5934555	100	-99.9	98.3	2.6	2.6	5.6	6.2
R8	5922789	100	-99	80.1	1.6	1.8	5.6	5.9
R9	5930444	99.9	-79.2	100	1.1	1.6	5.6	5.8
R10	5924080	100	-71.3	73.9	-21	-20.8	2.9	21
R11	5923156	100	-74.8	90.1	3.6	3.4	2.6	4.3
R12	5924962	100	-69.8	80.5	1.1	1.3	2.6	2.9
R13	5921781	100	-99.9	98.6	2.4	2.2	3.2	3.9
R14	5923874	100	-79.4	77.2	2	1.9	2.4	3
R15	5923727	100	-64.2	87.7	1.6	1.5	2.2	2.7

표 3-390. 회전익 DEM과 라이다(16일)의 수직 좌표 차이 수준 (단위: %)

Set ID	0~5 (cm)	5~10 (cm)	10~20 (cm)	20~30 (cm)	30~50 (cm)	50~100 (cm)	> 100 (cm)
R1	86.784	7.461	4.336	0.963	0.45	0.007	0
R2	98.849	0.982	0.126	0.026	0.011	0.006	0
R3	98.8	0.975	0.157	0.04	0.018	0.006	0.004
R4	69.638	22.92	5.538	1.26	0.636	0.008	0
R5	74.144	20.019	4.262	1.043	0.526	0.006	0
R6	76.065	17.791	4.47	1.119	0.542	0.007	0.007
R7	71.734	21.439	5.107	1.246	0.457	0.014	0.004
R8	81.612	11.729	4.803	1.323	0.53	0.004	0
R9	84.663	8.789	4.653	1.206	0.578	0.031	0.081
R10	0.398	0.59	26.143	72.182	0.683	0.002	0.001
R11	78.222	20.673	1.043	0.038	0.016	0.007	0.001
R12	91.467	8.138	0.327	0.042	0.018	0.008	0.001
R13	85.424	13.553	0.85	0.082	0.042	0.031	0.018
R14	93.758	5.721	0.463	0.033	0.018	0.007	0.001
R15	95.918	3.844	0.178	0.036	0.014	0.008	0.002

2) 고정익

- ▶ 고정익 시스템으로 취득한 영상을 처리하여 생성된 15 개의 DEM과 2016년 1월 12

일 측량된 라이다 데이터와 비교한 결과는 표 3-35와 같다. 생성된 DEM과 라이다 데이터의 수직 좌표 차이에 대한 RMS는 평균 12 cm이고, 이상적으로 RMS가 크게 나타난 R10의 경우를 제외하면 RMS는 평균 5.5 cm이다. 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 경우를 제외하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-36과 같으며, R10의 DEM을 제외하고는 1 m 이상의 차이를 나타내는 경우는 거의 없는 것으로 확인된다.

표 3-391. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 라이다(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	6184512	-97.7	209.5	1.5	1.5	2.5	3
F2		80		6155902	-90.3	108.6	3.7	3.4	2.7	4.3
F3		90		6177353	-112.7	76.2	0.6	0.6	2.4	2.5
F4	100	70		6186502	-148.7	259.6	-1.9	-2.1	4.4	4.9
F5		80		6184263	-114.2	120.1	0.9	1.2	4.4	4.6
F6		90		6186084	-92.7	186.6	2	2.1	6.4	6.8
F7	150	70		6182802	-151.4	187.5	0.4	0.6	4.2	4.2
F8		80		6186913	-100.4	905.4	-1.9	-1.9	5	5.4
F9		90		6186908	-123	937.6	-0.8	-0.8	5.2	5.3
F10	100	80	4	6185709	-212.5	167.4	105.6	102.3	13.8	103.6
F11			6	6186507	-105.7	75	1.8	1.5	5.3	5.5
F12			10	6174417	-234.4	102.6	-1.7	-2.6	5.9	6.5
F13			27	6186598	-236.3	194.1	1.1	0.9	5.7	5.7
F14				6186520	-607.5	547.1	-1.3	-1.4	10.1	10.1
F15				6186188	-914.3	613	1.6	1.1	8.7	8.7

- ▶ 100 m의 고도에서 80 %의 중첩도를 갖고 취득된 영상에 4 개의 GCP를 활용하여 생성된 DEM(F10)에서는 라이다 데이터와 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 경우가 약 85 %이며, 1 m 이내의 차이를 나타내는 위치에서 수직 좌표의 차이에 대한 RMS도 약 85.2 cm로 상당히 나쁜 정확도를 확인할 수 있다.
- ▶ 수직 좌표 차이에 대한 구간을 나눠서 그에 해당하는 비율을 표 3-37과 같이 산출하였다. 대부분 20 cm의 차이를 넘지 않았으나, 4 개의 지상 기준점을 활용하여 처리한 결과인 F10에서는 50~100 cm과 100 cm 이상 구간에 대부분 분포하고 있다.

표 3-392. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 라이다(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	6184500	100	-97.7	78.9	1.5	1.5	2.5	2.9
F2	6155893	100	-90.3	99.2	3.7	3.4	2.7	4.3
F3	6177350	100	-93.7	76.2	0.6	0.6	2.4	2.5
F4	6186405	100	-99.8	93.2	-1.9	-2.1	4.4	4.8
F5	6184255	100	-95.5	94.9	0.9	1.2	4.4	4.6
F6	6186071	100	-92.7	99.4	2	2.1	6.4	6.7
F7	6182783	100	-100	67.5	0.4	0.6	4.2	4.2
F8	6186712	100	-98.4	97.6	-1.9	-1.9	4.1	4.5
F9	6186669	100	-97.9	93.3	-0.8	-0.8	3.5	3.6
F10	952643	15.4	-100	100	90.2	81.8	23.9	85.2
F11	6186506	100	-98.9	75	1.8	1.5	5.3	5.5
F12	6174306	100	-99.6	81.6	-1.7	-2.6	5.9	6.5
F13	6186252	100	-99.9	97.9	1.1	0.9	5.6	5.6
F14	6180822	99.9	-99.8	99.9	-1.2	-1.2	5.5	5.6
F15	6183947	100	-100	99.6	1.6	1.2	6.5	6.6

표 3-393. 고정익 DEM과 라이다(12일)의 수직 좌표 차이 수준 (단위: %)

Set ID	0~5 (cm)	5~10 (cm)	10~20 (cm)	20~30 (cm)	30~50 (cm)	50~100 (cm)	> 100 (cm)
F1	93.723	5.861	0.324	0.058	0.026	0.008	0
F2	74.733	24.689	0.492	0.056	0.026	0.004	0
F3	96.799	2.803	0.314	0.051	0.023	0.009	0
F4	74.311	22.566	2.754	0.276	0.075	0.017	0.002
F5	88.634	9.143	1.444	0.299	0.448	0.033	0
F6	64.506	24.927	9.071	1.03	0.456	0.009	0
F7	80.691	16.686	2.495	0.08	0.036	0.011	0
F8	75.705	21.564	2.589	0.1	0.035	0.003	0.003
F9	87.184	11.741	0.937	0.092	0.037	0.005	0.004
F10	0.096	0.096	0.186	0.247	0.611	14.165	84.599
F11	81.84	11.712	5.185	0.938	0.318	0.006	0
F12	73.181	17.592	7.42	1.203	0.59	0.013	0.002
F13	80.603	12.308	5.732	1.051	0.286	0.015	0.006
F14	85.214	8.234	4.846	1.135	0.452	0.026	0.092
F15	63.98	27.219	7.289	1.097	0.361	0.017	0.036

- ▶ 상기 동일한 15 개의 DEM과 2016년 1월 16일 측량된 라이다 데이터와 비교한 결과는 표 3-38과 같다. 마찬가지로 4개의 지상 기준점을 활용한 결과인 F10의 RMS가 눈에 띄게 큰 값이었으며, 이를 포함했을 때 평균 RMS는 약 12 cm, 제외했

을 때 평균 약 5.4 cm이다.

표 3-394. 고정익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 라이다(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	No. Samples	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	70	70	27	5935462	-70.2	220.4	2.7	2.3	5.4	5.9
F2		80		5901724	-59.2	99.9	4.8	4.2	5.6	7
F3		90		5926282	-77.1	77.5	1.8	1.5	5.4	5.6
F4	100	70		5936680	-93.8	270.9	-1.5	-1.1	6.4	6.4
F5		80		5933790	-94.2	122	1.8	2.2	6.6	7
F6		90		5937075	-75.9	205.4	2.6	2.9	7.7	8.3
F7	150	70		5932313	-85.1	196.1	1.1	1.4	5.9	6.1
F8		80		5937075	-80.3	824	-1.1	-0.9	6.3	6.4
F9		90		5937069	-70.8	941.9	0.1	0.1	6	6
F10	100	80	4	5937085	-200	172.5	106.6	103.7	13.2	104.1
F11			6	5937076	-69.6	73	2.4	2.4	2.6	3.5
F12			10	5919465	-76.4	72.5	-0.9	-1.6	3.3	3.7
F13			27	5937095	-81.9	216.5	1.9	1.8	2.8	3.4
F14				5937095	-66	96.2	-0.4	-0.2	2.2	2.2
F15				5937095	-121.7	209.9	1.4	2	4.3	4.7

표 3-395. 인라이어에 대한 회전익 DEM과 라이다(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	No. Inliers	Proportion	Min	Max	Med	Avg	Std. Dv.	RMS
F1	5935423	100	-70.2	97.8	2.7	2.3	5.4	5.9
F2	5901724	100	-59.2	99.9	4.8	4.2	5.6	7
F3	5926282	100	-77.1	77.5	1.8	1.5	5.4	5.6
F4	5936555	100	-93.8	99.8	-1.5	-1.1	6.3	6.4
F5	5933780	100	-94.2	99	1.8	2.2	6.6	7
F6	5937034	100	-75.9	98.1	2.6	2.9	7.7	8.3
F7	5932297	100	-85.1	96.4	1.1	1.4	5.9	6.1
F8	5936849	100	-80.3	87.7	-1.1	-0.9	6	6.1
F9	5936930	100	-70.8	97.7	0.1	0.1	5.7	5.7
F10	777303	13.1	-100	100	90.4	81	25.3	84.9
F11	5937076	100	-69.6	73	2.4	2.4	2.6	3.5
F12	5919465	100	-76.4	72.5	-0.9	-1.6	3.3	3.7
F13	5937053	100	-81.9	96.6	1.9	1.8	2.8	3.3
F14	5937095	100	-66	96.2	-0.4	-0.2	2.2	2.2
F15	5937054	100	-68.2	99.4	1.4	2	4.2	4.7

▶ 수직 좌표의 차이가 1 m 이상 인 경우를 제외하고 RMS를 계산한 결과는 표 3-39와 같으며, F10의 경우를 제외하고는 1 m 이상의 차이를 나타나는 경우는 없는 것

으로 확인된다.

- ▶ 수직 좌표 차이에 대한 구간을 나눠서 그에 해당하는 비율을 표 3-40과 같이 산출하였다. 회전익 시스템 데이터 처리 결과 분석에서와 동일하게 경향으로 12일 라이다 데이터와 검증한 표 3-37과 비교하여 10~20 cm와 20~30 cm 구간에 해당하는 위치의 비율이 늘어난 것을 확인할 수 있다. 심지어 30~50 cm 구간의 차이를 나타내는 위치의 비율도 눈에 띄게 증가하였다.

표 3-396. 고정익 DEM과 라이다(16일)의 수직 좌표 차이 수준 (단위: %)

Set ID	0~5 (cm)	5~10 (cm)	10~20 (cm)	20~30 (cm)	30~50 (cm)	50~100 (cm)	> 100 (cm)
F1	75.342	18.312	4.906	1.02	0.412	0.007	0.001
F2	48.818	44.87	4.5	1.133	0.676	0.004	0
F3	82.009	11.651	4.913	1.024	0.396	0.008	0
F4	72.651	19.719	5.759	1.206	0.639	0.023	0.002
F5	76.771	15.271	5.316	1.423	1.166	0.053	0
F6	56.161	28.175	12.476	2.154	1.01	0.023	0.001
F7	71.101	20.898	6.548	1.162	0.284	0.006	0
F8	72.876	19.412	6.028	1.344	0.336	0.001	0.004
F9	77.942	14.937	5.721	1.041	0.349	0.007	0.002
F10	0.101	0.105	0.188	0.227	0.571	11.9	86.908
F11	87.456	11.926	0.574	0.027	0.011	0.007	0
F12	85.156	12.584	2.15	0.078	0.026	0.006	0
F13	88.232	11.425	0.292	0.03	0.013	0.007	0.001
F14	97.838	1.88	0.23	0.032	0.013	0.007	0
F15	72.914	23.22	3.816	0.032	0.013	0.004	0.001

바. 종합적 검증 결과 분석

1) 정사영상의 정확도 분석

- ▶ 정사영상의 정확도 분석은 정사영상 상에서 식별이 가능한 기준 데이터와의 비교를 통해서만 가능하기 때문에 주어진 데이터 셋 중에는 GCP에 의한 분석만 가능하다. 또한 2016년 1월 12일과 16일 양일에 GCP를 취득하였더라도 영상 취득일에 표지를 두고 측정한 GCP와만 비교할 수 있다. 회전익 시스템과 고정익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 정사영상 상에서 GCP의 수평 좌표와 측량된 GCP 수평 좌표를 비교하여 차이에 대한 RMS를 계산하여 각각 그림 3-1과 그림 3-2에서 보여주고 있다. 두 그래프에서 모두 5 cm 이하의 RMS를 확인할 수 있다.

이는 영상 처리 과정에서 GCP를 기준으로 절대 좌표를 조정하기 때문에 GCP의 위치에 대해서는 높은 정확도가 성취된다. 또한 GCP를 적게 활용한 R10, R11, F10, F11의 처리 결과의 정확도가 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이는 적은 GCP에 대해서 좌표의 차이를 계산하기 때문에 서로 상충되는 정도가 작아지기 때문인 것으로 추정된다.

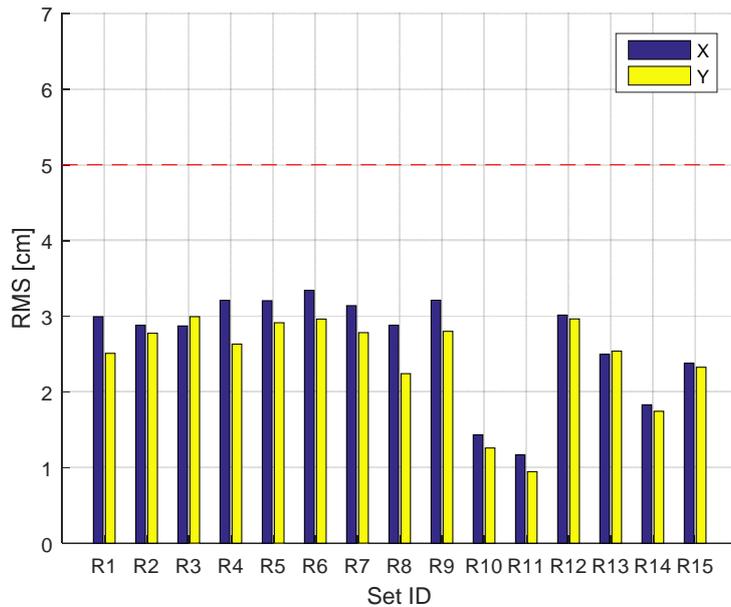


그림 3-470 정사영상(회전익)과 GCP의 개별 수평 좌표(X,Y) 차이

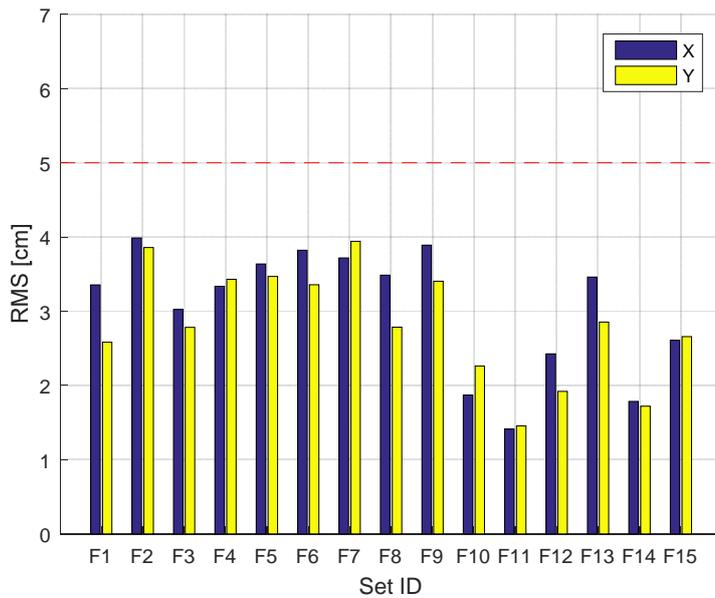


그림 3-471 정사영상(고정익)과 GCP의 개별 수평 좌표(X,Y) 차이

- ▶ 그림 3-3에서처럼 X, Y의 수평 좌표를 통합하여 고정익과 회전익 시스템 데이터 처리 결과를 구분하여 살펴봤을 때에도 동일하게 GCP를 적게 활용한 10, 11의 처리 결과가 높은 정확도를 보여준다.

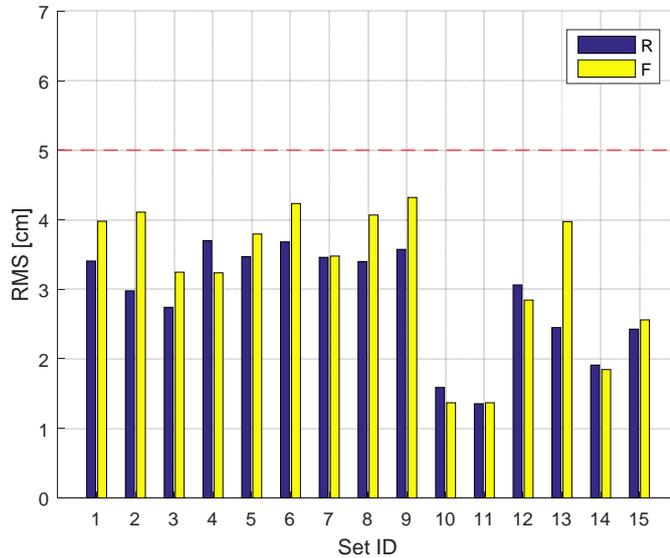


그림 3-472 정사영상과 GCP의 통합 수평 좌표 차이

2) 지상 라이다 기준의 경향 파악

- ▶ 앞서 개별 검증 데이터와의 비교 결과, 검증 데이터로써 생성된 공간정보에 대한 가장 신뢰성 높은 검증을 도출할 수 있는 것은 라이다 데이터로 판단된다. 이론적으로 비행고도가 낮을수록, 중첩도가 높을수록, 활용된 GCP의 개수가 많을수록 처리 결과의 정확도는 높다. 회전익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 라이다 데이터의 수직 좌표 차이에 따라 해당하는 비율을 그림 3-4과 같이 히스토그램으로 표현한 결과, R10의 경우를 제외하고는 대부분 10 cm미만의 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 특히, 50 m의 고도에서 촬영된 영상을 처리한 결과인 R1, R2, R3에서 높은 정확도를 보이고 있다.

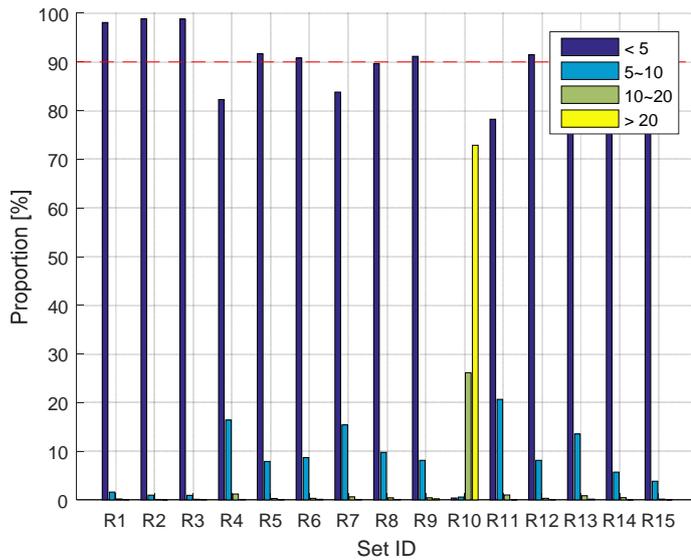


그림 3-473 DEM(회전익)과 LP의 차이의 분포

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM 중 R1의 처리 결과 생성된 DEM은 그림 3-5와 같다.

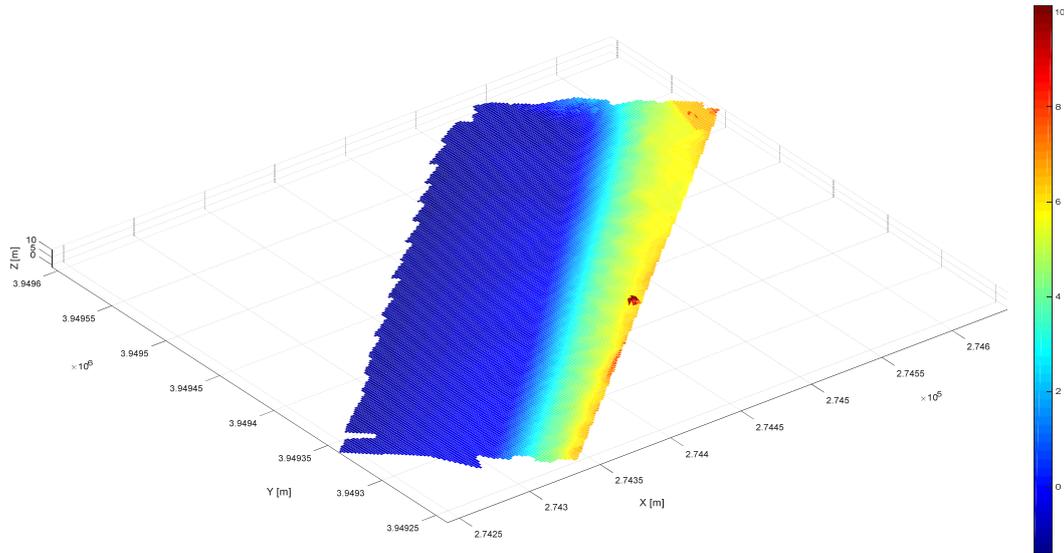


그림 3-474 DEM (R1) in 3D view

- ▶ 그림 3-6과 같이 X-Y 평면을 기준으로 2D로 확인했을 때, 대상영역의 고도 분포를 직관적으로 확인할 수 있다.
- ▶ 이와 같은 DEM을 라이다 데이터와 비교하여 그 차이를 그림 3-7과 같이 표현하여 확인해보았다. DEM과 라이다 데이터의 중복되는 지상 커버리지에 대하여 수직 좌표의 좌표값을 확인한 결과, 대부분 0 m에 해당하는 녹색으로 표현되었고 커버리지의 외곽부분으로 갈수록 수직 좌표 차이가 나타나는 경향을 확인할 수 있다. 이

는 실제 생성된 공간정보의 정확도가 GCP의 영향이 적은 대상 역역의 외곽부분에서 낮게 나타나고, 기준 데이터와 공간정보 간의 정합이 완벽하게 이루어지지 않았기 때문에 발생할 수 있는 경향이다.

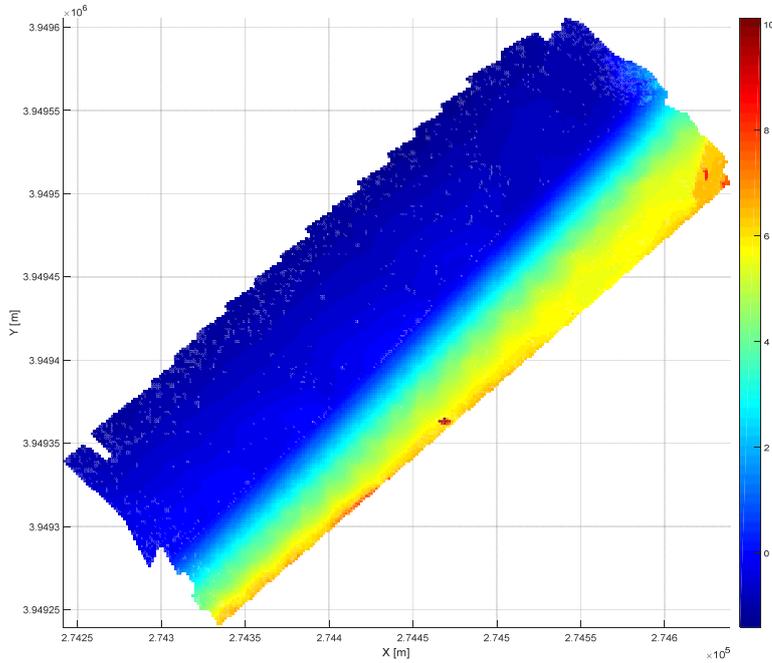


그림 3-475 DEM (R1) in 2D view

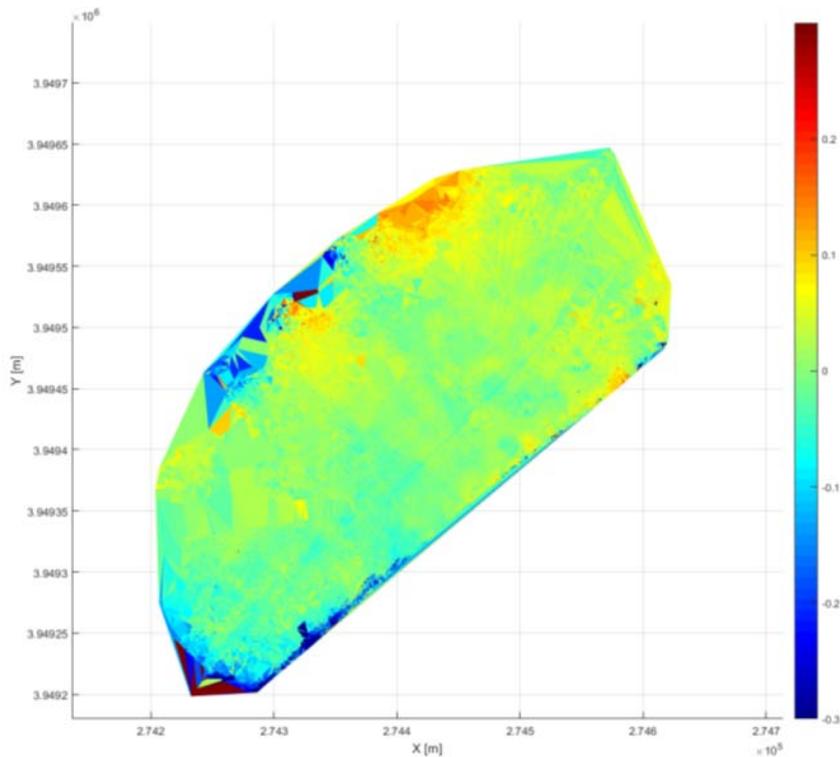


그림 3-476 Differences between DEM (R1) and LP (D1)

- ▶ 가장 나쁜 정확도를 보여주었던 R10에 의하여 생성된 DEM은 그림 3-8과 같다. 그림 3-9와 같이 2D로 확인했을 때, 실제 대상 영역의 지형과 상이한 결과라는 것이 명확해진다. 이를 그림 3-10과 같이 라이다 데이터와 비교한 결과, 대부분의 영역에서 수직 좌표 차이값을 보여주고 있다. 4개의 지상점이 위치했던 인근에서 일부 수직 좌표 차이가 없는 녹색이 발견되고 있다.

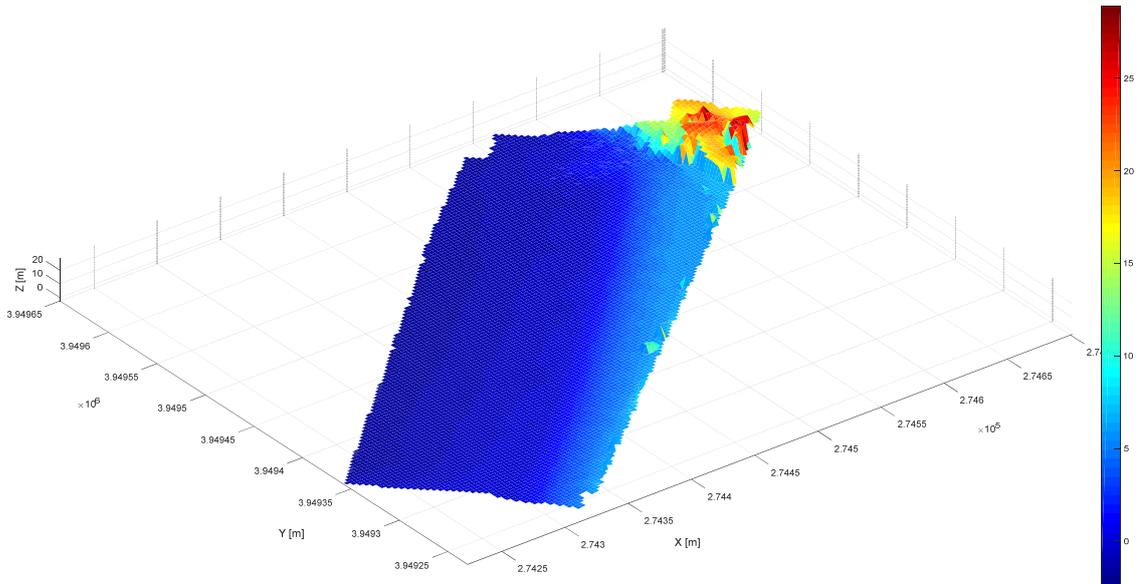


그림 3-477 DEM (R10) in 3D view

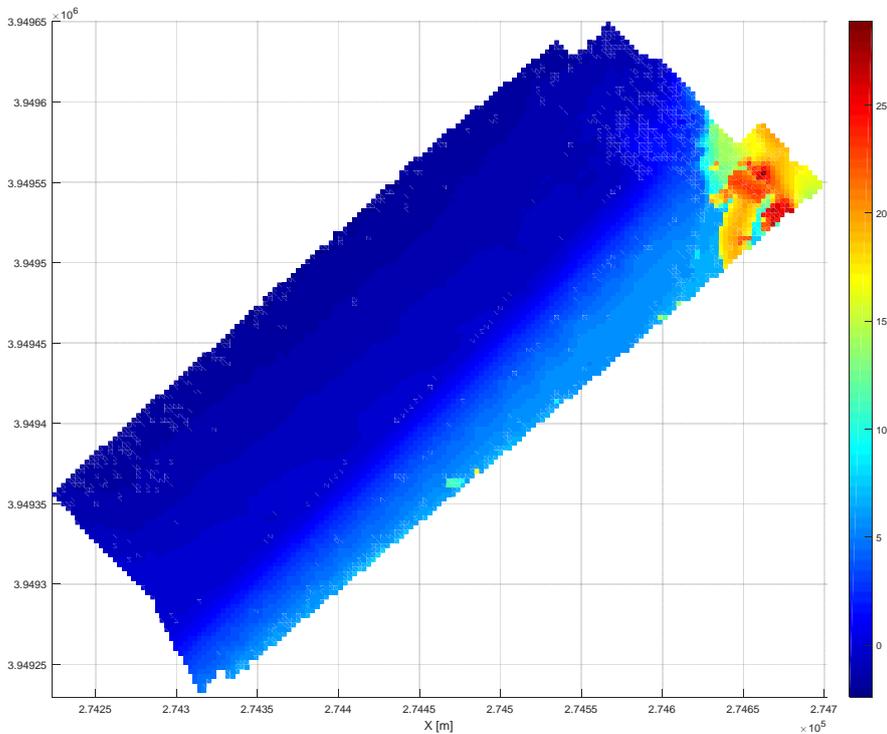


그림 3-478 DEM (R10) in 2D view

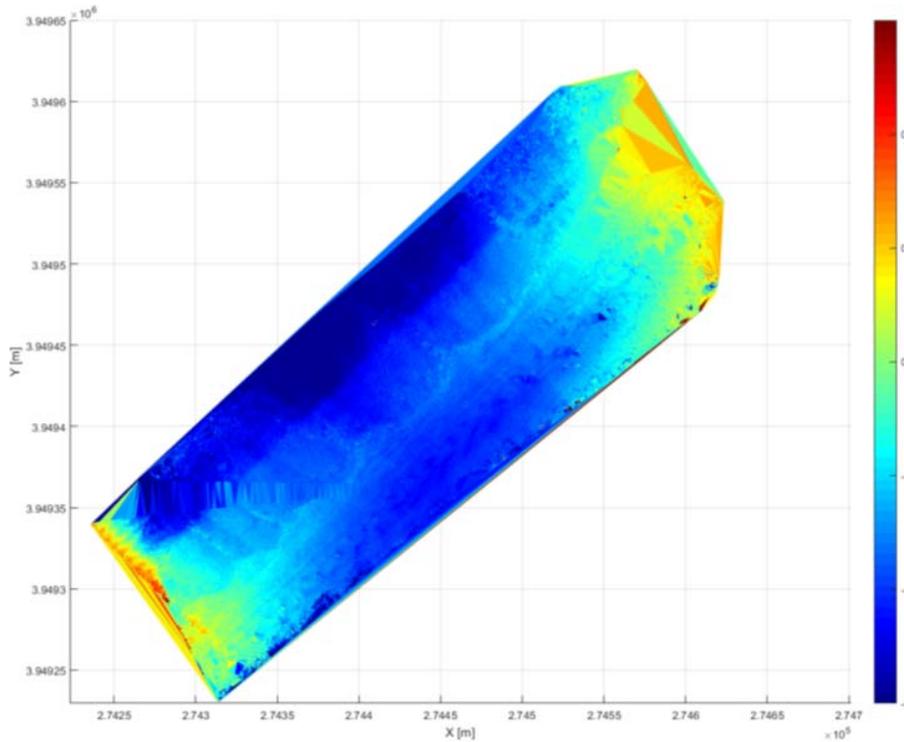


그림 3-479 Differences between DEM (R10) and LP (D2)

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 라이다 데이터의 수직 좌표 차이에 따라 해당하는 비율을 그림 3-11과 같이 히스토그램으로 표현한 결과, F10의 경우를 제외하고는 대부분 10 cm미만의 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 특히, 70 m의 고도에서 90 %의 중복도로 촬영된 영상을 처리한 결과인 F3에서 높은 정확도를 확인할 수 있다.

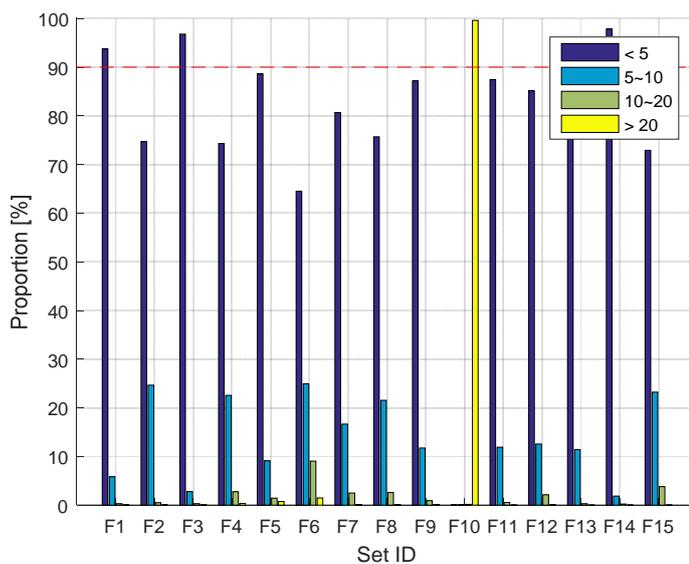


그림 3-480 DEM(고정익)과 LP의 차이의 분포

- ▶ F3의 처리 결과 생성된 DEM은 그림 3-12와 같고 이를 2차원적으로 가시화한 것은 그림 3-13과 같다.

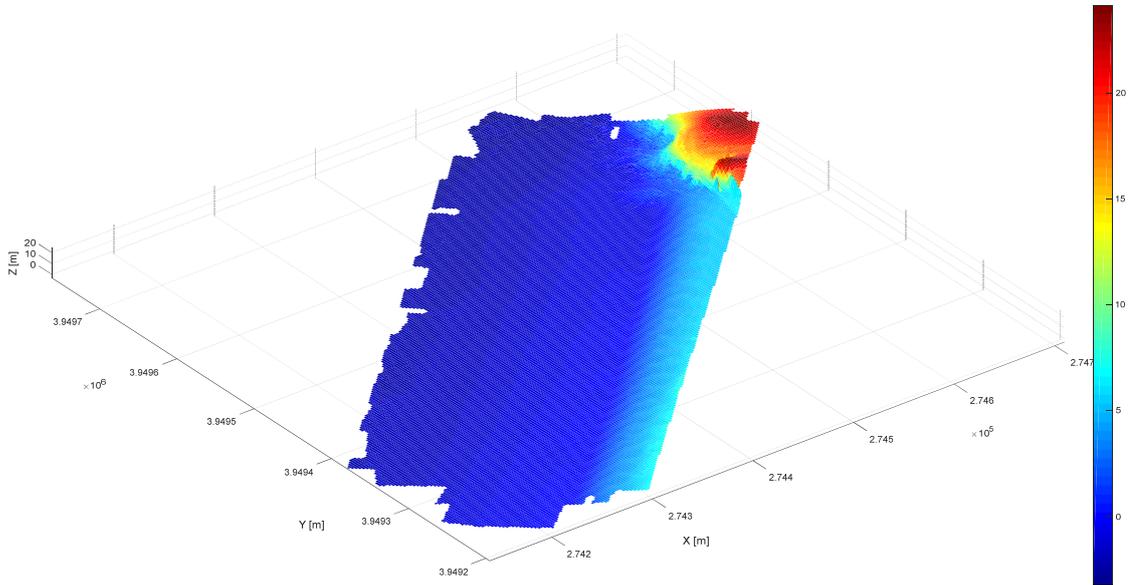


그림 3-481 DEM (F3) in 3D view

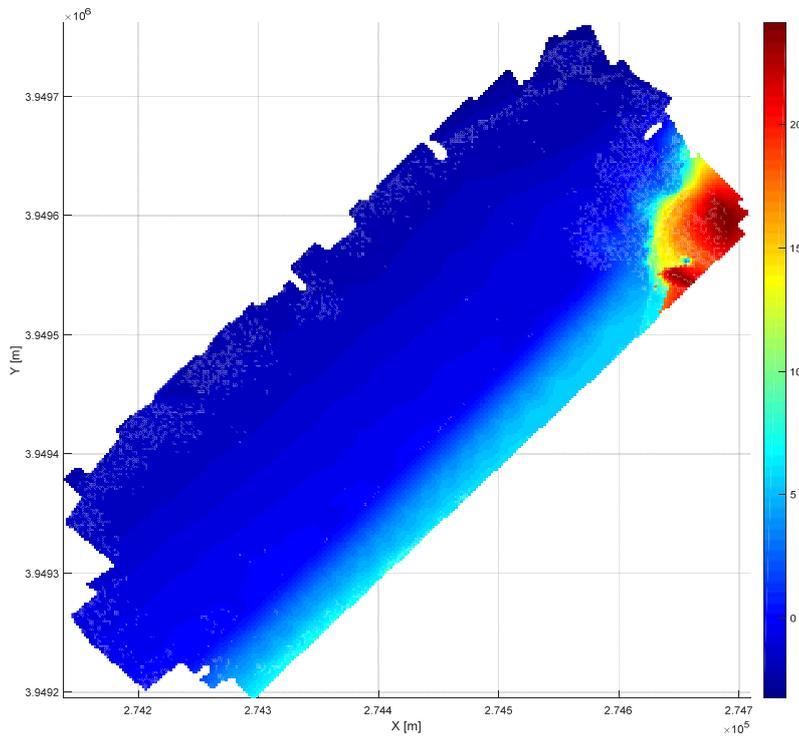


그림 3-482 DEM (F3) in 2D view

- ▶ 이와 같은 DEM을 라이다 데이터와 비교하여 그 차이를 그림 3-14와 같이 표현하였다. DEM과 라이다 데이터의 중복되는 지상 커버리지에 대하여 수직 좌표의 좌

표값을 확인한 결과, 대부분 0 m에 해당하는 녹색으로 표현되었다. 그러나 바다쪽으로 갈수록 수직 좌표 차이가 나타나는 경향을 확인할 수 있다. 이는 실제 생성된 공간정보의 정확도가 GCP의 영향이 적은 대상 지역의 외곽부분에서 낮게 나타나고, 라이더 데이터 취득 위치로부터 거리가 멀수록 기준 데이터 자체의 정확도도 낮게 나타나기 때문에 발생할 수 있는 경향이다.

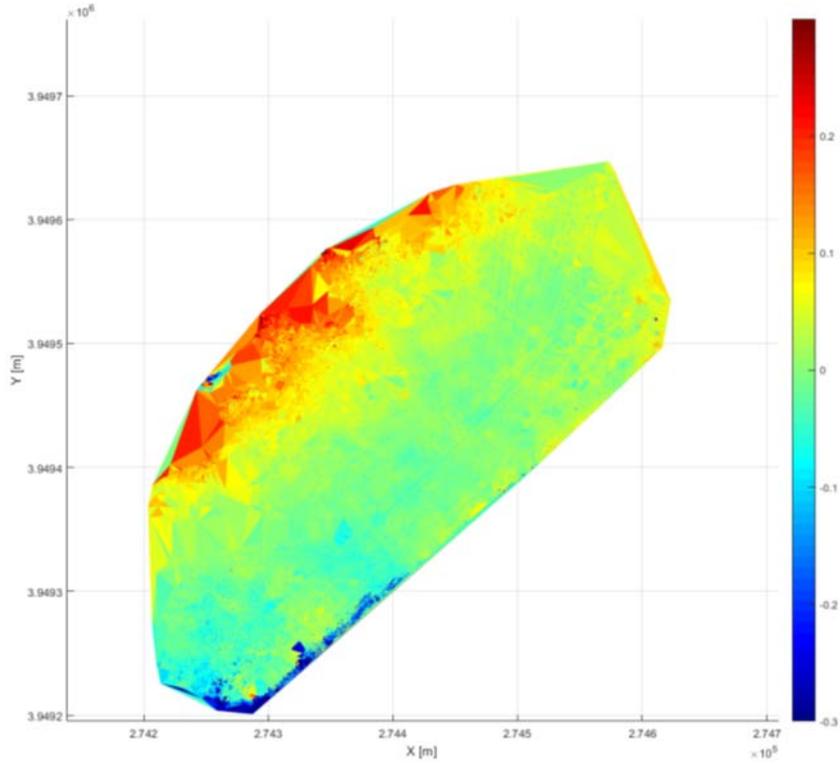


그림 3-483 Differences between DEM (F3) and LP (D1)

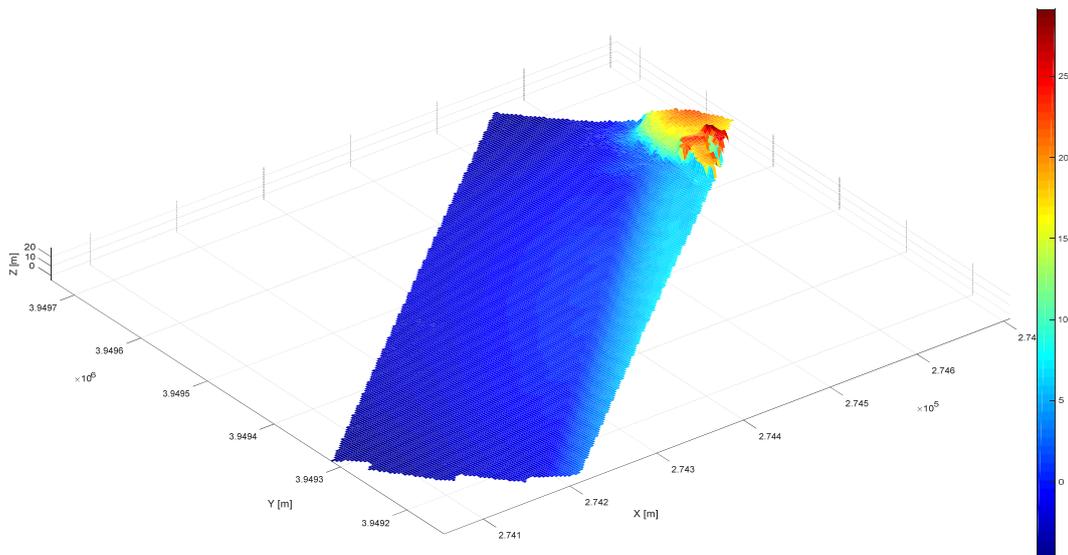


그림 3-484 DEM (F10) in 3D view

- ▶ 고정익 시스템 데이터 중에서도 가장 나쁜 정확도를 보여주었던 F10에 의하여 생성된 DEM을 그림 3-15와 같이 가시화하였다. 그림 3-16과 같이 2D로 확인한 결과, 그림 3-13과 지형의 변화가 상이하게 표현된 것을 확인할 수 있다. 이를 그림 3-17과 같이 라이다 데이터와 비교한 결과, 대부분의 영역에서 상당히 큰 수직 좌표 차이값을 보여주고 있다.

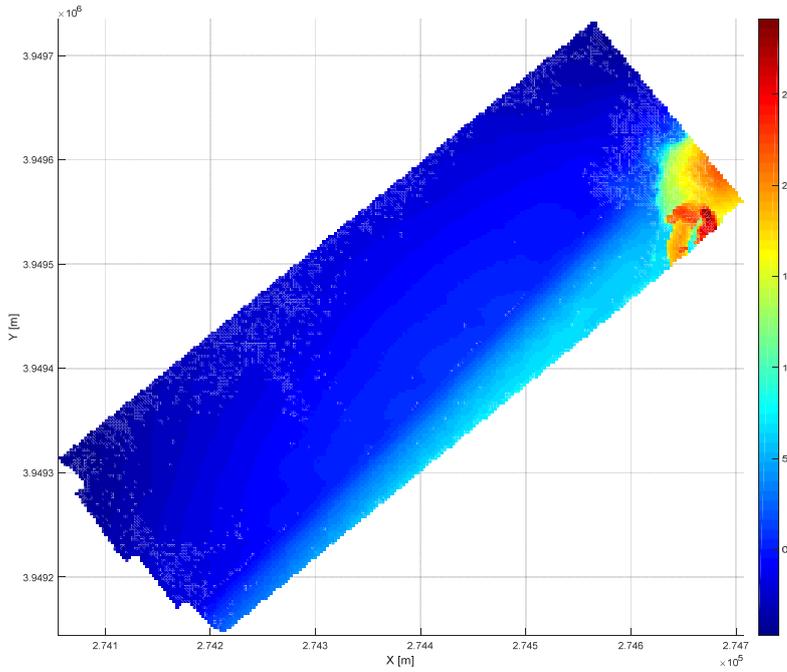


그림 3-485 DEM (F10) in 2D view

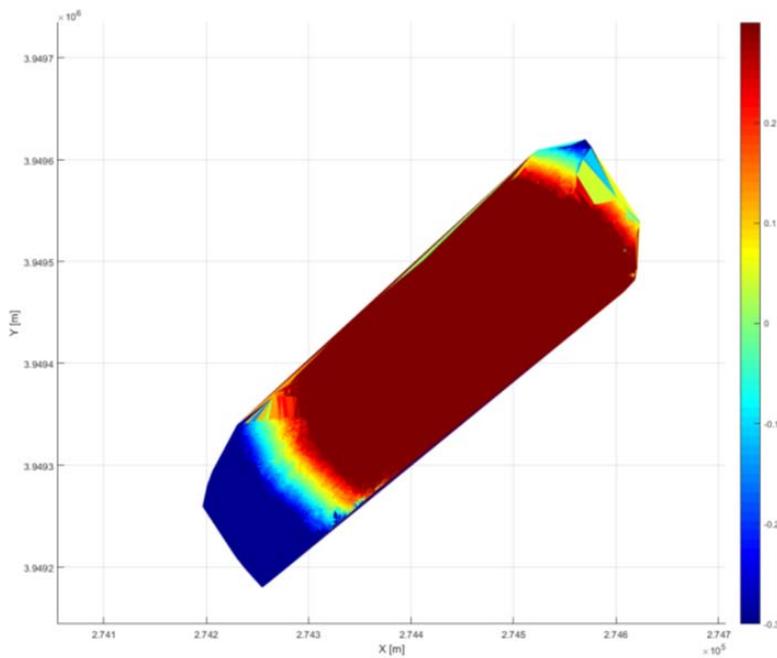


그림 3-486 Differences between DEM (F10) and LP (D2)

3) 프로파일 기준의 경향 파악

- ▶ 프로파일과 생성된 공간정보를 비교하게 되면 지형의 특성 또는 GCP의 위치에 따라 정확도가 어떠한 경향을 보이는지 확인할 수 있다. 회전익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 2016년 1월 12일 측정된 개별 프로파일 데이터의 수직 좌표 차이에 대한 RMS를 계산하여 표 3-41과 같이 정리하였다. 빈칸은 해당되는 값이 존재하지 않는 것을 의미한다. L1과 L2는 해안을 따라 횡방향으로 측정된 프로파일이며 L3, L4, L5, L6, L7은 종방향으로 측정된 프로파일이다. 회전익 시스템 데이터 처리 결과와 L3의 프로파일을 중복되지 않는 것을 확인할 수 있다. 비행에 따라 취득된 중복 영상이 약간씩 상이한 커버리지를 갖게 되기 때문에 처리 결과마다 개별 프로파일과 검증 가능 여부가 상이하다. 예를 들어, R2와 R3의 처리 결과 생성된 DEM은 L2와 중복되지 않으며, 150 m의 고도에서 취득된 R7, R8, R9의 처리 결과 생성된 DEM만 L4과 중복되는 것을 확인할 수 있다.
- ▶ R1의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L6와 비교했을 때 5 cm로 가장 작은 RMS가 확인되고, R9의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L4, L6과 비교했을 때 40.6 cm로 가장 큰 RMS가 확인된다. R1의 처리 결과 생성된 DEM이 가장 높은 정확도를 보이며, 고도 150 m에서 취득된 R7, R8, R9의 처리 결과 생성된 DEM을 L4과 비교했을 때 가장 낮은 정확도를 나타내었다.

표 3-397. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
R1	50	70	27	6.2	5.7			5.7	5	5.7
R2		80		13.6			8.1	7.8	8.1	
R3		90		14.9			8.1	8.2	8.1	
R4	100	70		8.7	8.4			9.2	6.6	9.2
R5		80		7.2	6.6			6	5.4	6
R6		90		10	12			6.9	6.2	6.9
R7	150	70		7.9	5.5		30.1	6.4	6.1	6.4
R8		80		7.8	6.8		29.2	7.2	6.2	7.2
R9		90		13.4	17.4		40.6	6.5	6.1	6.5
R10	100	80	4	12	22.1			18.2	20.3	18.2
R11			6	18.7	8.5			9.2	11.7	9.2
R12			10	17.1	8.9			10.4	9.1	10.4
R13			12.9	66.2			12.9	13.5	12.9	
R14			27	12.4	11.3			11.4	8.2	11.4
R15			13.2	9.7			8.7	8.2	8.7	

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 2016년 1월 16일 측정된

개별 프로파일 데이터의 수직 좌표 차이에 대한 RMS를 계산하여 표 3-42과 같이 정리하였다. 이 경우에도 R2와 R3의 처리 결과 생성된 DEM은 L2와 중복되지 않는다. 또한 150 m의 고도에서 취득된 R7, R8, R9의 처리 결과 생성된 DEM만 L4과 중복되는 것을 확인할 수 있다. R2의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L6와 비교했을 때 3 cm로 가장 작은 RMS가 확인되고, R9의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L4과 비교했을 때 40.2 cm로 가장 큰 RMS가 확인된다.

- ▶ 전반적으로 회전익 시스템 데이터의 처리 결과는 12일과 16일 프로파일 중 16일 데이터와 비교했을 때 더 좋은 정확도를 확인할 수 있었다.

표 3-398. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
R1	50	70	27	7.4	7.2			8.6	6.8	5.1
R2		80		5.2			5	3	3.7	
R3		90		8.2			4.8	3.1	3.7	
R4	100	70		9	9.3			11.2	6.8	5.5
R5		80		8	7.2			8.4	6.5	4.7
R6		90		10.1	12			9.2	6.6	5.1
R7	150	70		9.4	5.9		33.6	9.4	7.6	5.9
R8		80		9.1	7.9		19.7	10.5	6.9	5.2
R9		90		12.9	17.5		40.2	9.4	6.4	5.9
R10	100	80	4	11.7	20.5			16.7	23	13.2
R11			6	9.7	7.6			6.5	7	8
R12			10	8.7	8.9			8	5	5.7
R13			27	4.5	67.8			14.2	50.2	9.9
R14				4.4	12.5			9.7	6.8	10.7
R15				5	9.6			5.8	3.5	4.5

- ▶ 이론적으로 가장 높은 정확도 성취가 예측되는 가장 낮은 고도에서, 가장 높은 중복도로 가장 많은 GCP가 활용되는 R3의 처리 결과와 개별 프로파일을 비교한 결과를 그림 3-18와 같이 가시적으로 표현하였다. 생성된 DEM과 프로파일의 고도 변화가 매우 일치하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 수직 좌표의 차이는 L6와 비교한 결과에서는 ± 5 cm 내외, L5와 L7과 비교한 결과에서는 ± 10 cm 내외인 것을 확인할 수 있다. L1과 비교한 결과에서는 프로파일을 따라 약 400 m 이후부터 차이가 급격하게 커지는 현상을 확인할 수 있다.
- ▶ 가장 적은 4 개의 GCP를 활용하는 R10의 처리 결과와 개별 프로파일을 비교한 결과를 그림 3-19와 같이 가시적으로 표현하였다. 횡방향의 L1과 L2 프로파일과 비교한 결과를 살펴보면 GCP가 위치하는 양 끝쪽에서는 상대적으로 수직 좌표의 차

이가 작으나 GCP가 존재하지 않는 가운데 방향으로는 점점 수직 좌표의 차이가 커져 L1의 경우에는 20 cm, L2의 경우에는 40 cm까지 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 종방향의 3 개 프로파일과 비교한 결과에서는 특별한 경향을 파악하기 어려우나, 약 30 ~ 40 cm의 수직 좌표 차이를 발견할 수 있다.

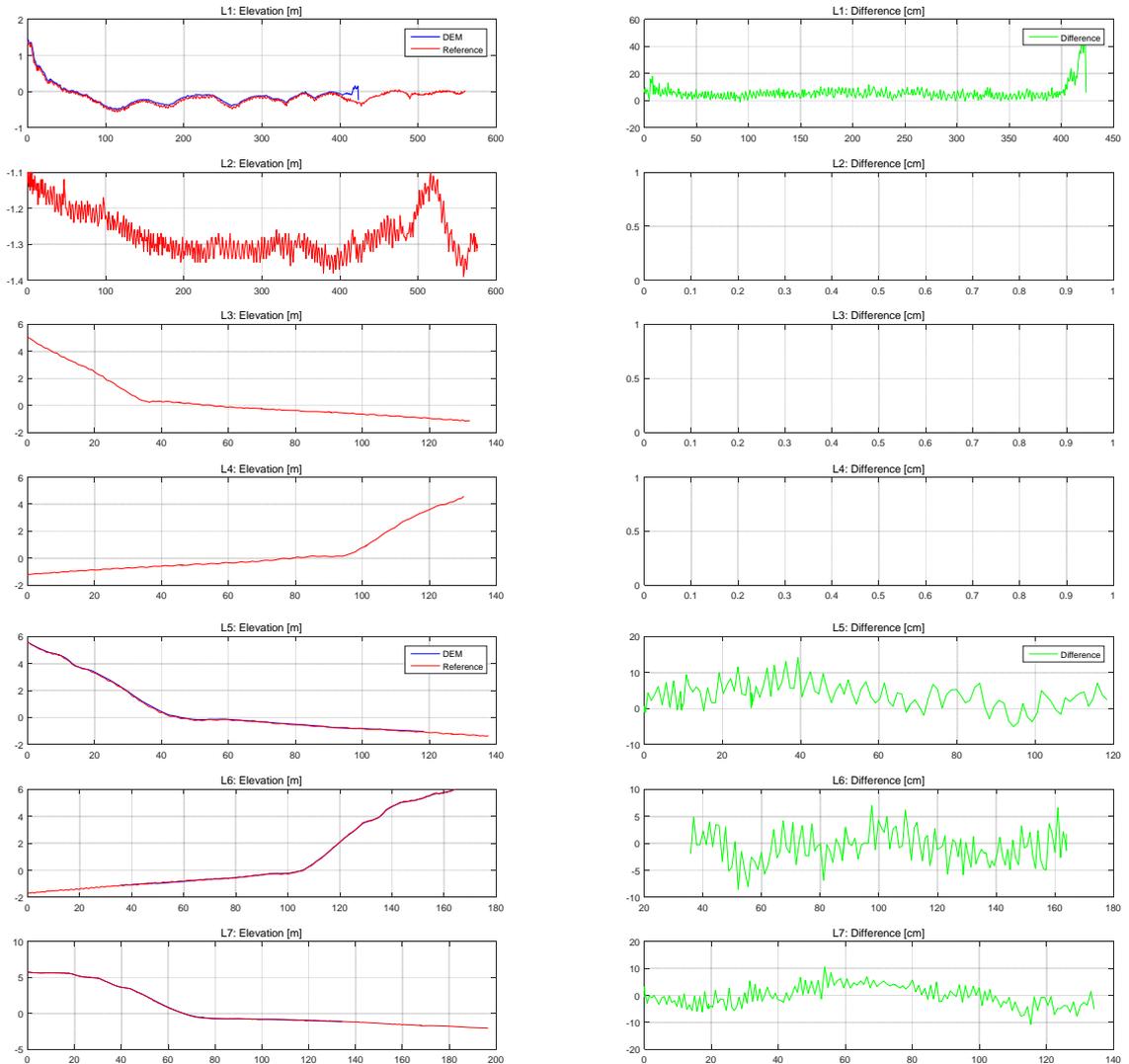


그림 3-487 회전익 데이터 셋 (R3)의 DEM과 Profile (D2)의 비교

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 2016년 1월 12일 측정된 개별 프로파일 데이터의 수직 좌표 차이에 대한 RMS를 계산하여 표 3-43과 같이 정리하였다. 회전익의 경우와 다르게 모든 프로파일이 커버리지와 중복되는 것을 확인할 수 있다. F3의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L7와 비교했을 때 3 cm로 가장 작은 RMS가 확인되고, R10의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L3과 비교했을 때 156.7 cm로 가장 큰 RMS가 확인된다. 고정익 시스템 데이터 처리 결과에서는 이론과 상응하게 가장 낮은 고도, 가장 높은 중복도, 가장 많은 GCP의 활용에 해당

하는 F3의 처리 결과가 가장 정확하였고, 가장 적은 GCP를 활용한 F10의 처리 결과가 가장 낮은 정확도를 나타내었다.

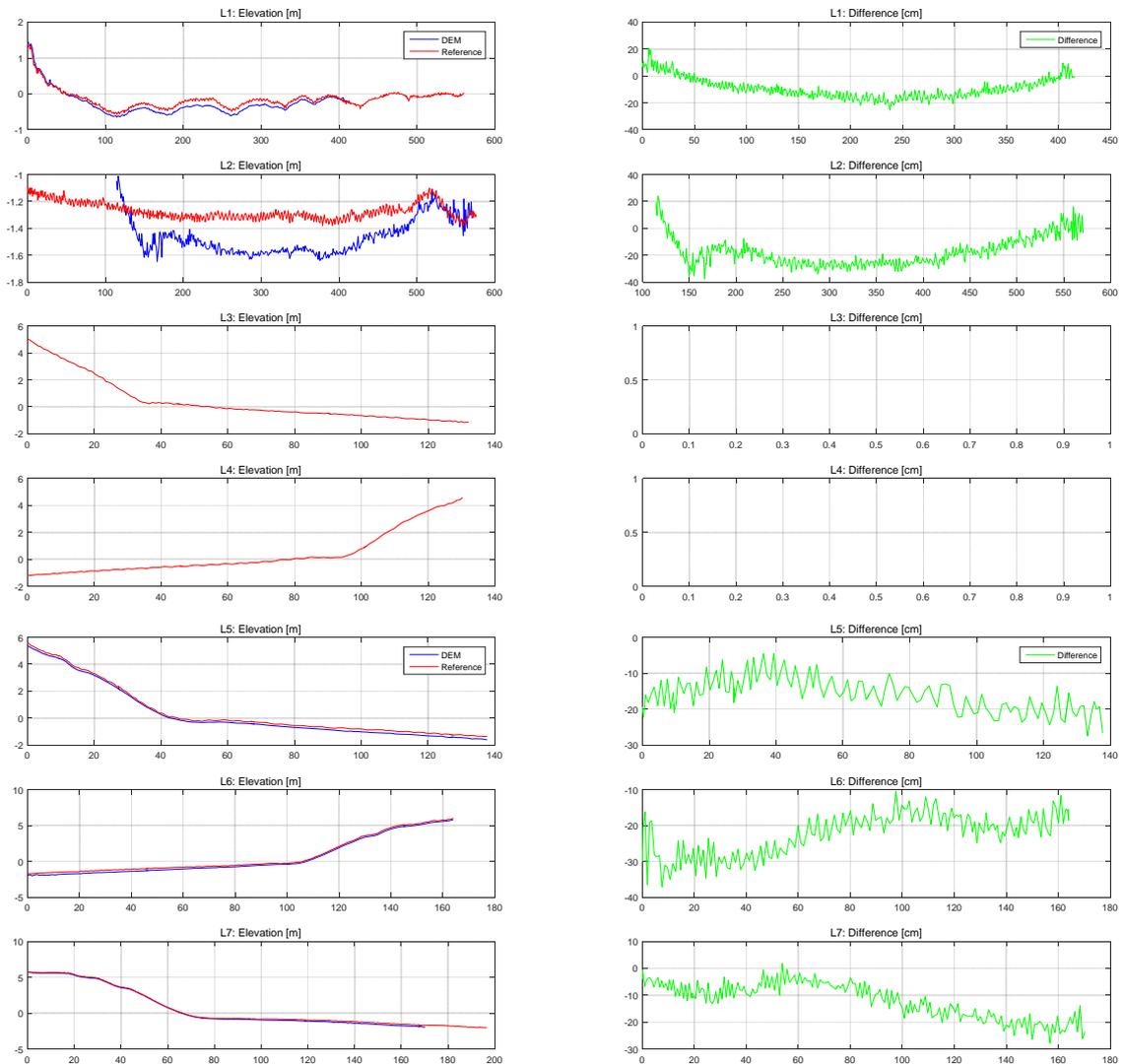


그림 3-488 회전의 데이터 셋 (R10)의 DEM과 Profile (D2)의 비교

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 2016년 1월 16일 측정된 개별 프로파일 데이터의 수직 좌표 차이에 대한 RMS를 계산하여 표 3-44과 같이 정리하였다. 이 경우에도 가장 낮은 고도, 가장 높은 중복도, 가장 많은 GCP의 활용에 해당하는 F3의 처리 결과가 가장 정확하였고, 가장 적은 GCP를 활용한 F10의 처리 결과가 가장 낮은 정확도를 나타내었다. 그러나 가장 작은 RMS는 F15의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L6와 비교했을 때의 3.5 cm이다. 가장 큰 RMS는 R10의 처리 결과 생성된 DEM과 프로파일 L3과 비교했을 때의 151.1 cm이다.

표 3-399. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(12일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
F1	70	70	27	3.9	11.4	55.9	3.5	4	3.6	4.7
F2		80		5.5	4.5	41.4	7.1	5.3	5.1	4.9
F3		90		3.6	5.3	6.4	3.9	3.9	3.8	3
F4	100	70		6.7	10.3	25.8	6.1	4.5	6.6	4.9
F5		80		6.3	6.6	14.3	4.3	5.6	8.6	3.9
F6		90		5.1	9.5	26.2	4.2	5.6	4.6	5
F7	150	70		7.1	4.8	13.5	4.1	6.7	5.5	4.2
F8		80		5.2	4.4	9.9	5	6.9	5.6	6.4
F9		90		5.2	4.9	7.2	5.3	5	5.3	9.3
F10	100	80	4	92.6	79.9	156.7	44.4	77.7	103.3	69.1
F11			6	11.8	7	15.5	6.5	7.7	7.5	9.9
F12			10	11.2	20.2	43.7	9	7.9	7.6	7.5
F13			27	12.9	8.2	14.4	9	7.8	8.5	7.2
F14				12.6	13.7	27.8	16.1	7	8	7.3
F15				20.1	8.1	18.5	8.2	7.7	7.6	6

표 3-400. 회전익 시스템 데이터로 생성된 DEM과 프로파일(16일) 비교 결과 (단위: cm)

Set ID	고도	중첩도	No. GCP	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
F1	70	70	27	8.5	9.5	57.7	5.8	7	7	6
F2		80		9.1	5.3	43.4	8.1	8.2	6.9	5.1
F3		90		8.1	7.1	6.9	5.4	7.1	6.7	5.2
F4	100	70		9.5	7.2	23.2	10.5	7.4	7.3	6
F5		80		8.7	6.9	14	6	9	8.6	5.6
F6		90		8	6.4	23.7	6.5	8.9	6.7	5.6
F7	150	70		9.9	5.5	11.9	6	9.8	5.9	5.3
F8		80		8.1	5.9	8.2	6.5	9.3	7.1	7.1
F9		90		7.4	6.3	7.4	5.4	8.3	6.9	5.6
F10	100	80	4	88	67.5	151.1	48.3	77.8	95.8	62.1
F11			6	5.6	7	13.2	4.9	5.4	5.1	11.6
F12			10	8.2	14.3	42	8.1	5	6.3	7.5
F13			27	7.7	8.2	15.6	6	5.5	6.1	8.3
F14				6.8	11.2	29.8	12.4	4.2	3.7	18.7
F15				25.1	6.6	20.1	4.4	4.9	3.5	10.7

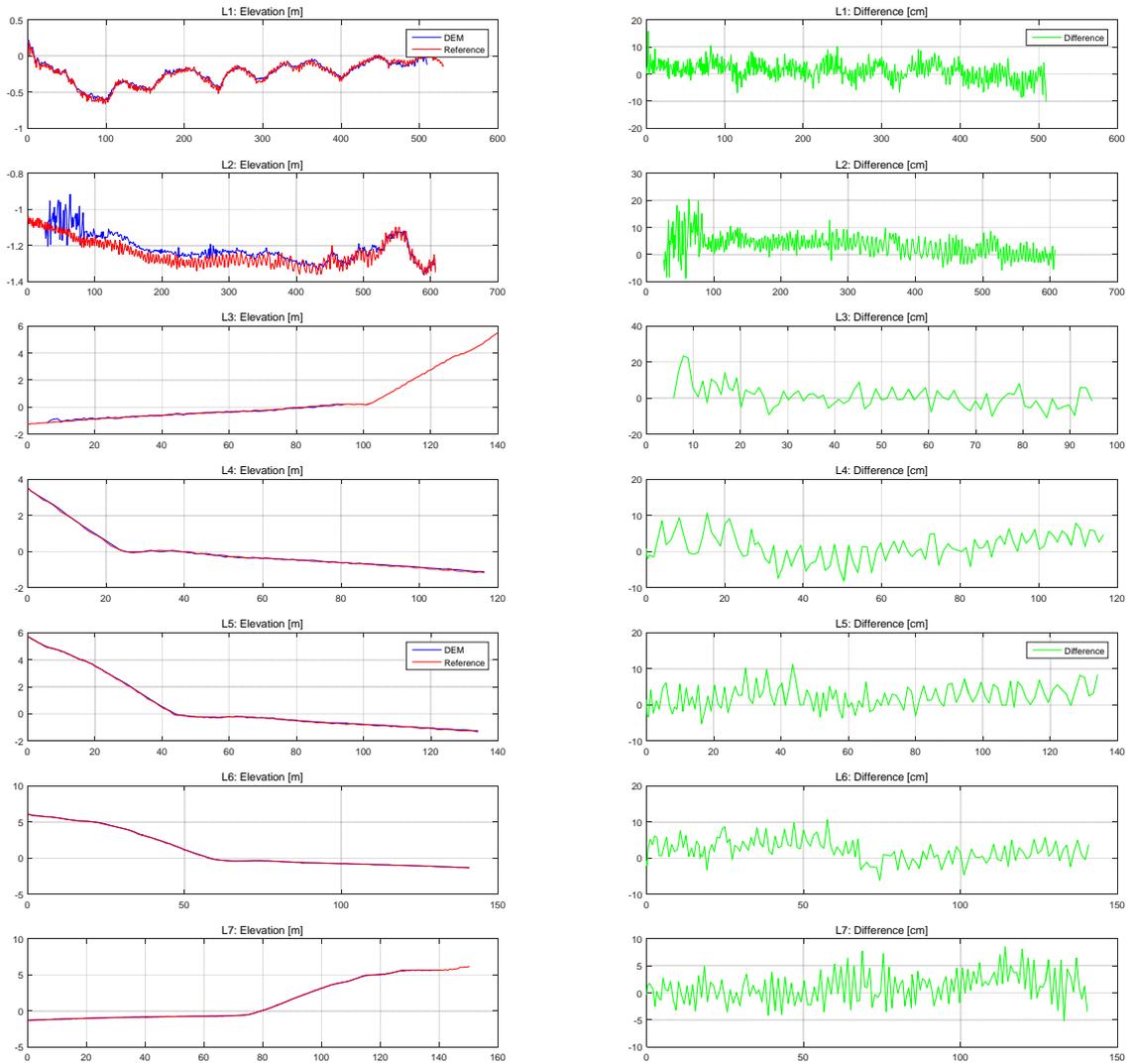


그림 3-489 고정익 데이터 셋 (F3)의 DEM과 Profile (D1)의 비교

- ▶ 가장 높은 정확도를 확인할 수 있었던 F3의 처리 결과와 12일에 취득된 프로파일을 비교한 결과를 그림 3-20과 같이 가시적으로 표현하였다. 대부분의 경우에 수직 좌표의 차이가 0을 중심으로 ± 10 cm 내외였으며, L2와 비교한 결과 100 m 이전까지 큰 차이를 보이다가 점차적으로 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

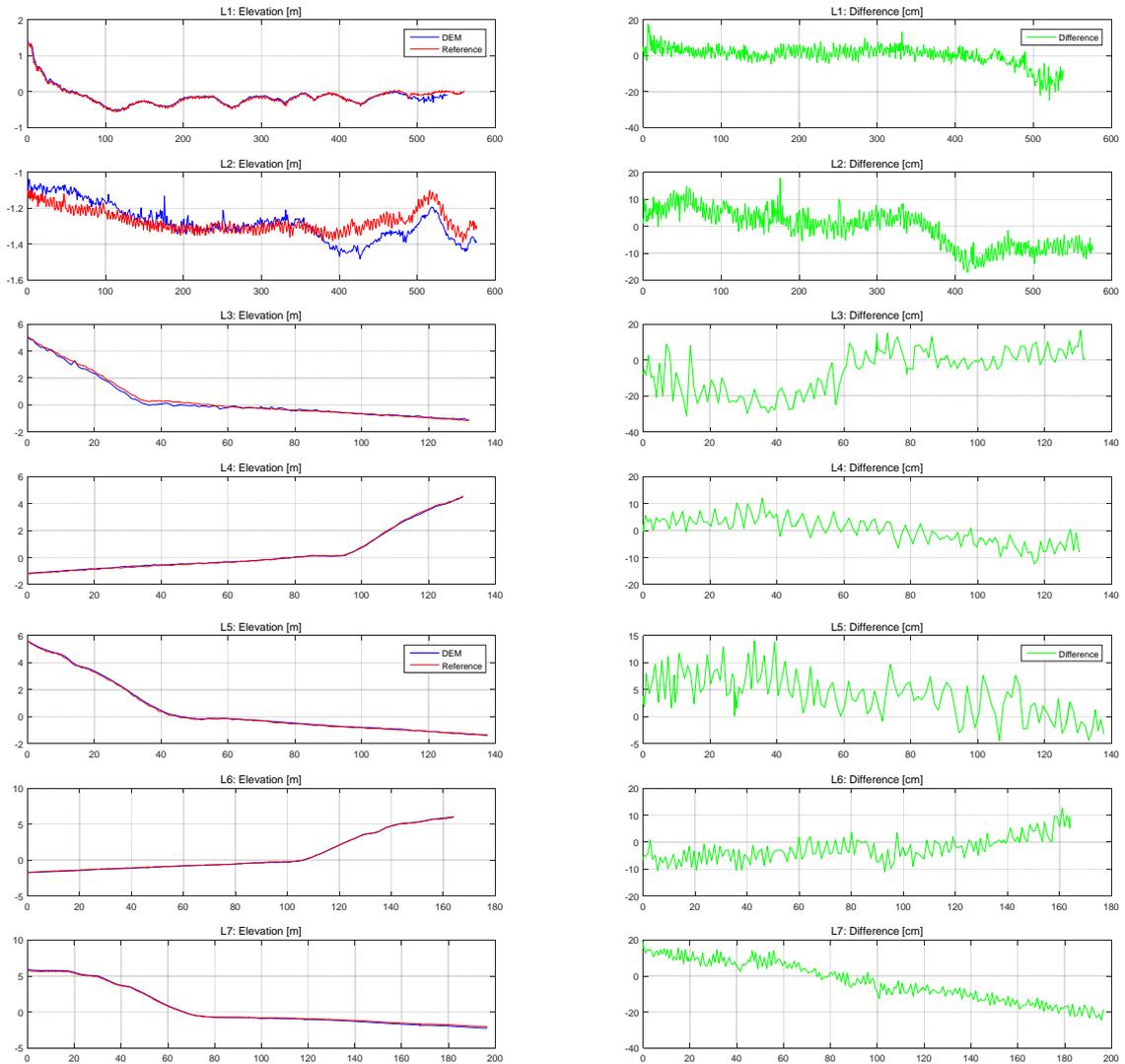


그림 3-490 고정익 데이터 셋 (F11)의 DEM과 Profile (D2)의 비교

- ▶ 100 m 고도에서 80 %의 중복도를 갖고 취득된 영상의 셋 중에 활용된 GCP의 개수가 각각 6 개, 27 개인 F11과 F13의 처리 결과 생성된 DEM과 16일 취득된 프로파일을 비교한 결과를 각각 그림 3-21, 그림 3-22와 같이 가시적으로 표현하였다. 각 프로파일과 비교한 결과를 살펴볼 때, L1과 비교한 결과를 제외하고는 유사한 패턴을 찾기 어려웠다. L1과 비교한 결과에서는 대부분 수직 좌표의 차이가 0에 가깝다가 500 m 이후부터 급격히 차이가 커지는 현상이 동일하게 나타났다. 또한 F11과 F13에 의해 생성된 DEM의 정확도 검증 결과, 두 가지 경우의 오차에 있어서 큰 차이를 발견하기 어려웠다. 이는 대상 영역의 규모에 따라 적당한 개수의 GCP를 활용한다면 소정의 정확도가 보장될 수 있다는 것을 보여준다.

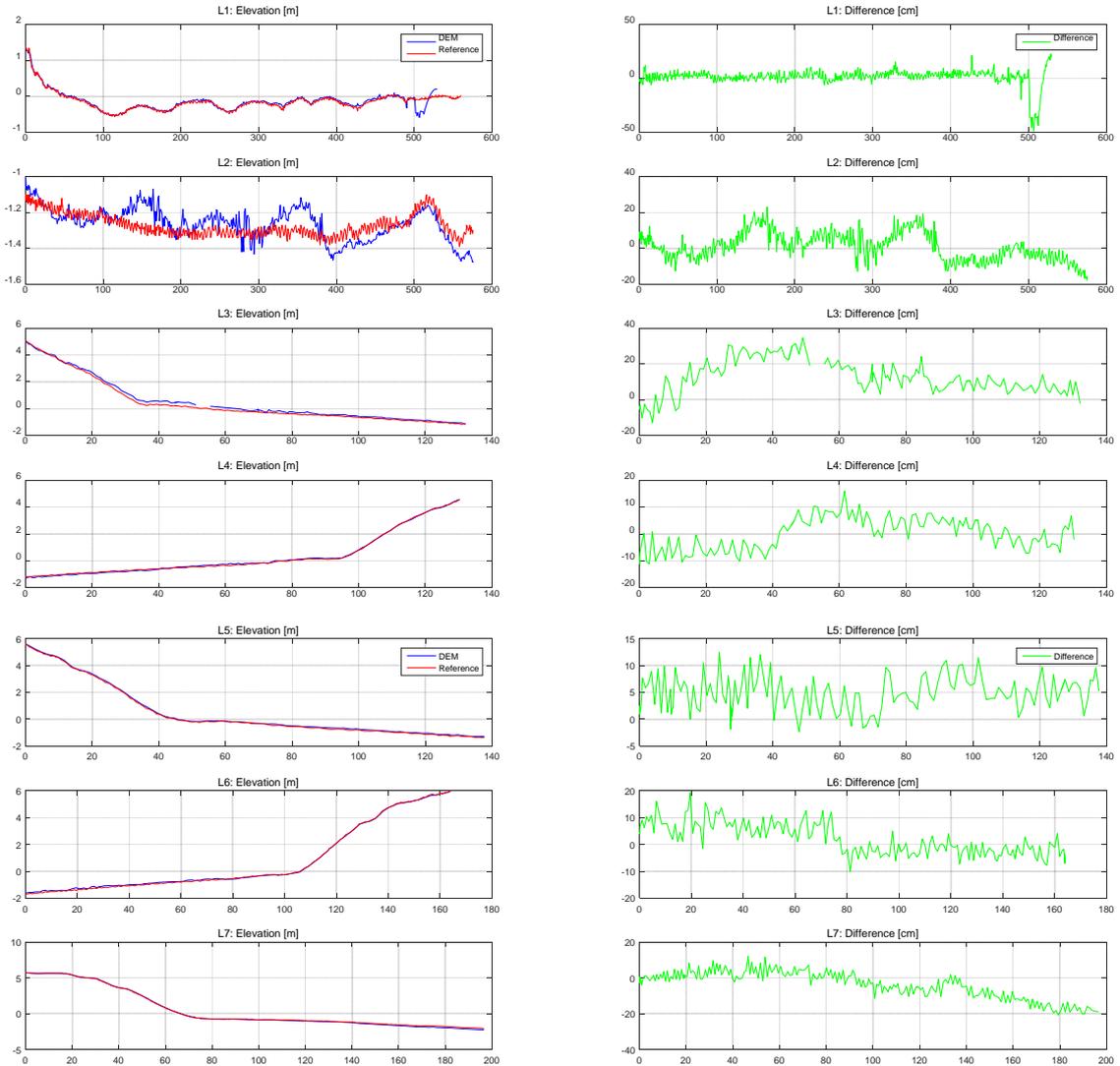


그림 3-491 고정익 데이터 셋 (F13)의 DEM과 Profile (D2)의 비교

4) 기준 데이터에 따른 RMS

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 2016년 1월 12일 측량된 GCP(D1)와 16일 측량된 GCP(D2)를 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS를 그림 3-23과 같이 막대그래프로 표현하였다. 해안 침식 모니터링에 있어서 요구되는 5 cm의 정확도를 기준으로 살펴보았을 때, 처리 결과에 문제가 있는 것으로 추정되는 R10의 결과를 제외하고 약 50 %의 셋에 대해서 만족하는 것을 확인할 수 있다. 또한 특정 날짜에 측량된 GCP와 비교했을 때 더 정확하거나 덜 정확하다는 경향은 발견하기 어려웠다.

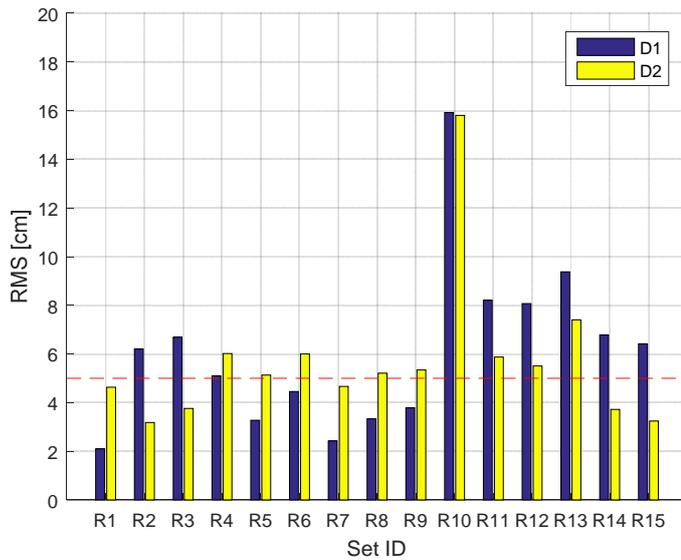


그림 3-492 DEM(회전익)과 GCP의 차이 RMS

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 12일(D1)과 16일(D2)에 측량된 GCP를 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS를 그림 3-24와 같이 막대그래프로 표현하였다. 처리 결과에 문제가 있는 것으로 추정되는 F10에 대한 RMS를 제외하고는 회전익 시스템 데이터의 처리 결과보다 높은 정확도를 나타내며, 12일에 측량된 GCP와 비교했을 때 더 정확한 경향을 나타내었다.

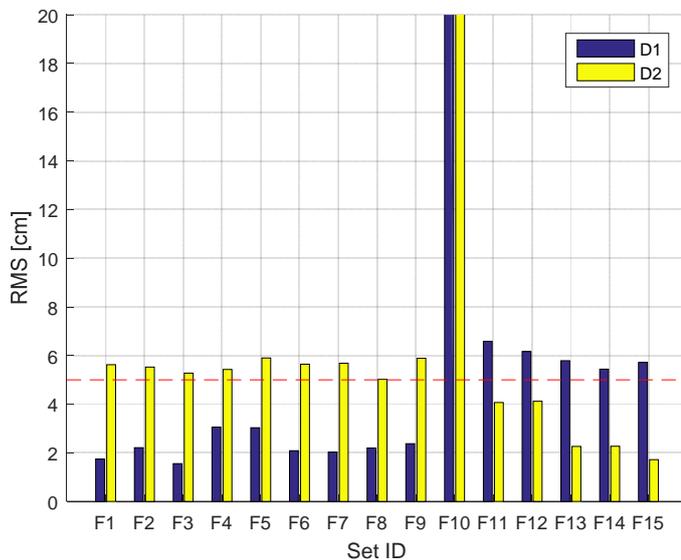


그림 3-493 DEM(고정익)과 GCP의 차이 RMS

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 2016년 1월 12일 측량된 검사점(D1)과 16일 측량된 검사점(D2)을 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS를

그림 3-25와 같이 막대그래프로 표현하였다. 검사점 기준의 RMS가 GCP 기준의 RMS보다 큰 경향을 보인다.

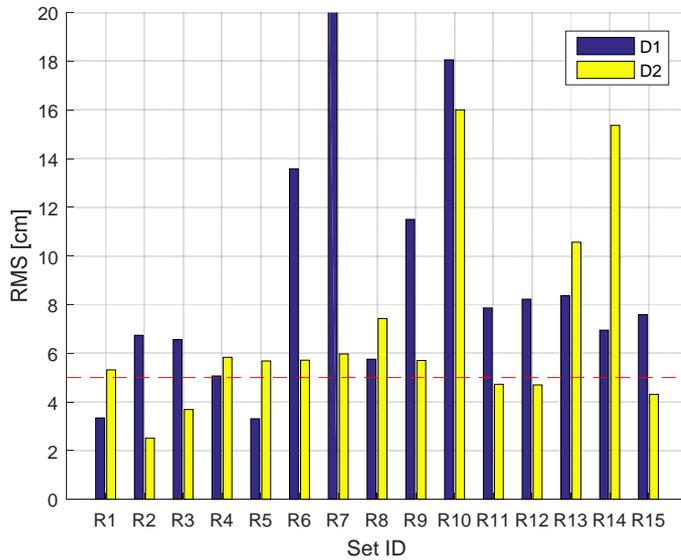


그림 3-494 DEM(회전익)과 CP의 차이 RMS

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 12일(D1)과 16일(D2)에 측량된 검사점을 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS를 그림 3-26과 같이 막대그래프로 표현하였다. 회전익 시스템 데이터의 처리 결과보다 RMS가 증가한 경우가 다수 발견된다.

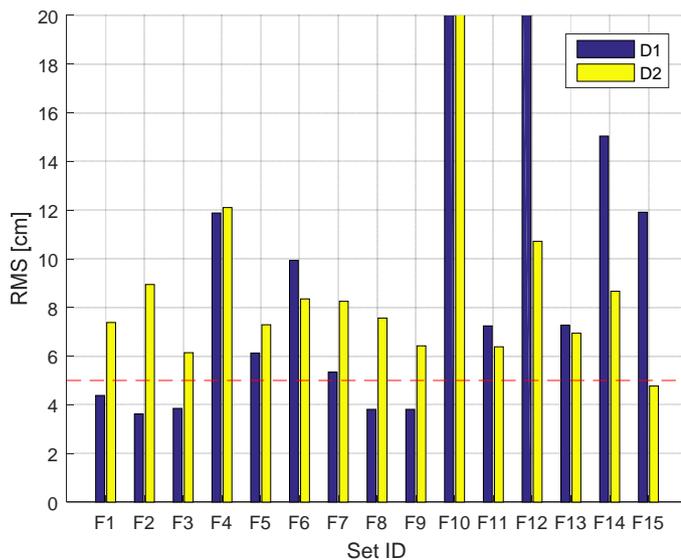


그림 3-495 DEM(고정익)과 CP의 차이 RMS

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 2016년 1월 12일 측량

된 프로파일(D1)과 16일 측량된 프로파일(D2)을 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS를 그림 3-27과 같이 막대그래프로 표현하였다. 양일의 프로파일 비교 결과가 크게 다르지 않으며, 해안 침식 모니터링에 있어서 요구되는 5 cm 이하의 정확도를 만족시키는 경우가 R2의 처리결과와 16일의 프로파일을 비교했을 때로 유일하였다. 또한 R13의 처리 결과 생성된 DEM의 RMS가 데이터 처리에 있어서 문제가 의심되는 R10의 RMS보다 크게 나타났다.

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 12일(D1)과 16일(D2)에 측량된 프로파일을 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS를 그림 3-28과 같이 막대그래프로 표현하였다. 그림 3-24와 비교했을 때, 회전익 데이터 처리 결과의 RMS보다 다소 정확해진 것을 확인할 수 있다. 를 보이는 경우가 회전익 시스템 데이터의 처리 결과보다 RMS가 증가한 경우가 다수 발견된다. 고정익의 경우에도 해안 침식 모니터링에 있어서 요구되는 5 cm 이하의 정확도를 만족시키는 경우는 F3의 처리결과와 12일의 프로파일을 비교했을 때로 유일하였다.

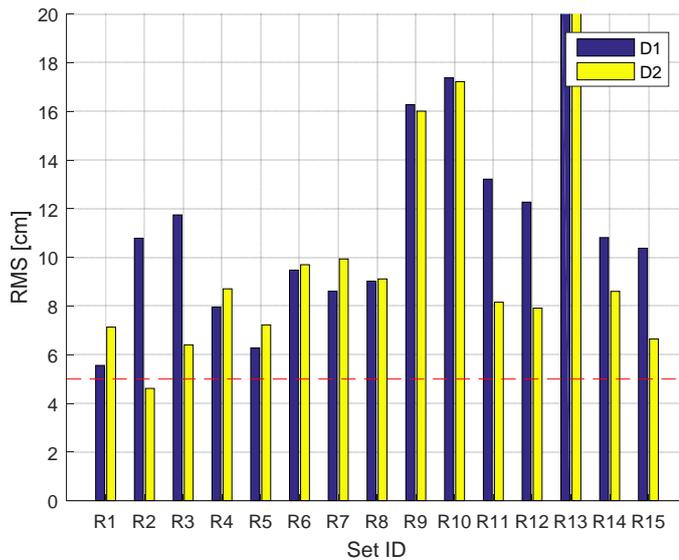


그림 3-496 DEM(회전익)과 Profile의 차이 RMS

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 2016년 1월 12일 측량된 라이다 데이터(D1)와 16일 측량된 라이다 데이터(D2)를 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS는 그림 3-29과 같다. 이 경우, 상기 다양한 기준 데이터를 이용한 검증 결과보다 RMS가 크게 작아진 것을 확인할 수 있다. 라이다 데이터를 이용한 검증에서는 영상의 취득일과 동일한 날 측량한 라이다 데이터와 비교할 때 RMS가 작게 나타나는 경향을 확인할 수 있었다. 또한 데이터 처리에 문제가 의심되는 R10의 결과를 제외하고는 대부분 6 cm 이하의 RMS를 보이고 50 %의 경우에는 해

안 침식 모니터링에 있어서 요구되는 5 cm 이하의 정확도를 만족시켰다.

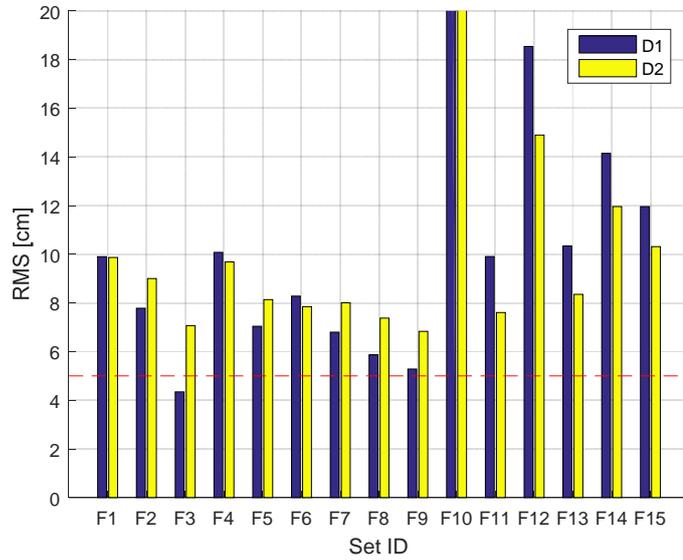


그림 3-497 DEM(고정익)과 Profile의 차이 RMS

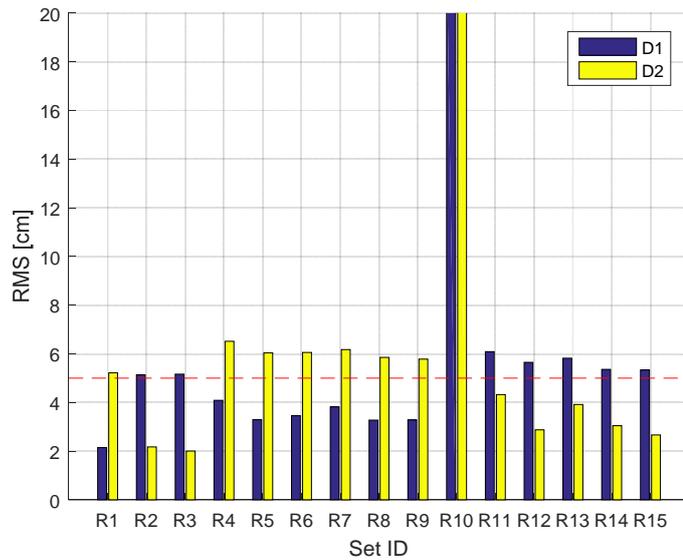


그림 3-498 DEM(회전익)과 LP의 차이 RMS

- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM을 12일(D1)과 16일(D2)에 측량된 라이다 데이터를 이용하여 검증한 결과 계산된 RMS는 그림 3-30과 같다. 해안 침식 모니터링의 요구정확도를 만족시키는 비율은 회전인 시스템 데이터 처리 결과의 검증과 동일하게 50 %이다. 또한 이 경우에도 영상의 취득일과 동일한 날 측량한 라이다 데이터와 비교할 때 RMS가 작게 나타나는 경향을 확인할 수 있었다.

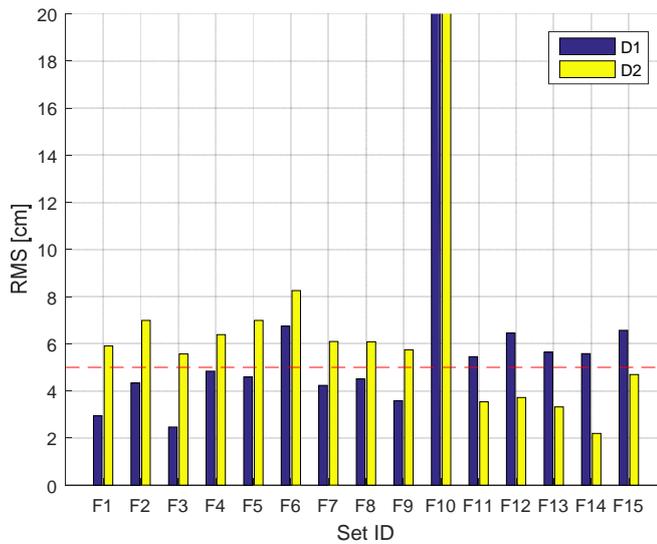


그림 3-499 DEM(고정익)과 LP의 차이 RMS

- ▶ 앞서 분석된 내용에 의하여 드론항공영상의 취득일과 동일한 날 혹은 더 가까운 날짜에 측량된 기준 데이터와 처리 결과를 비교할 때 검증의 신뢰성이 더 높다고 판단되었다. 따라서 그림 3-31, 그림 3-32, 그림 3-33, 그림 3-34과 같이 4종의 검증 데이터에 대하여 영상 취득일과 동일한 혹은 가까운 날짜의 기준 데이터를 선별하여 RMS 확인하였다. 프로파일과 비교한 RMS(그림 3-33)를 제외하고는 해안 침식 모니터링의 요구정확도를 만족하는 비율이 상당히 높았다. 특히, 라이더 데이터와 비교한 RMS(그림 3-34)를 살펴보면 고정익 시스템으로 100 m 고도에서 90%의 중복도로 촬영된 영상에 27 개의 GCP를 활용한 경우(ID: 6)를 제외하고는 모두 5 cm 이하의 RMS를 보였다.

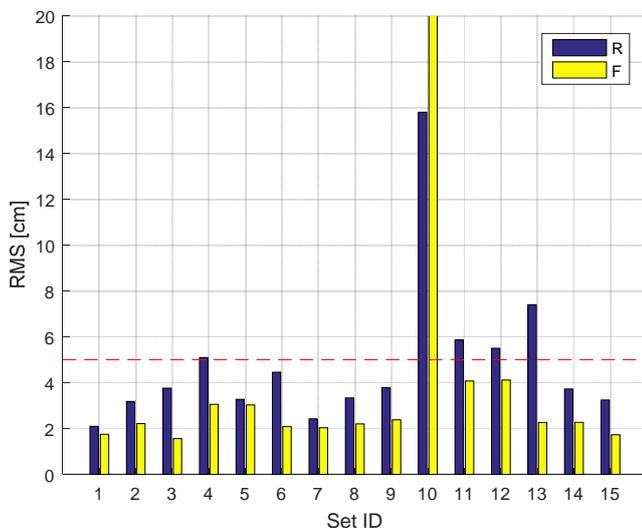


그림 3-500 DEM과 GCP의 차이 RMS

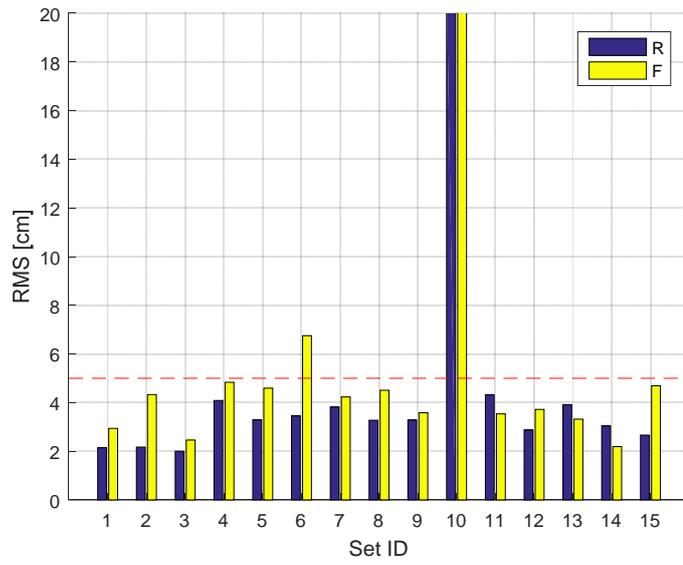


그림 3-501 DEM과 CP의 차이 RMS

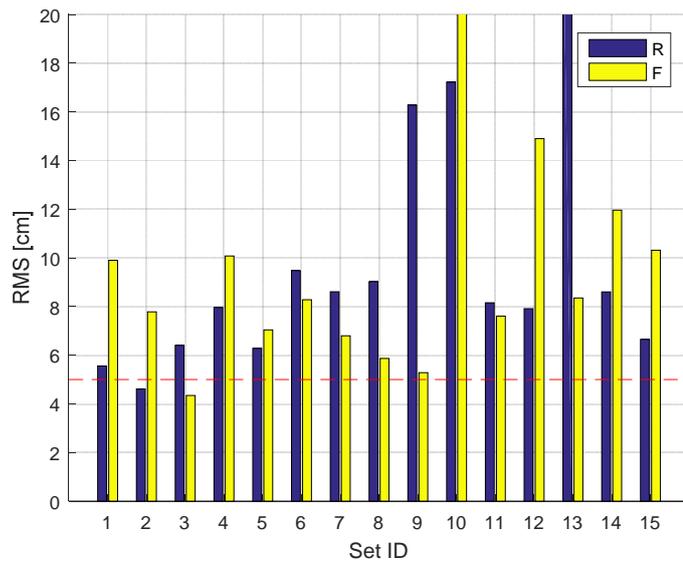


그림 3-502 DEM과 Profile의 차이 RMS

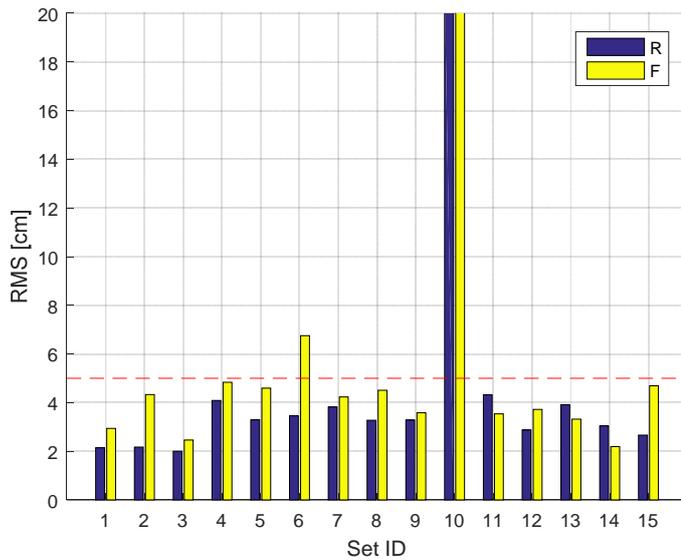


그림 3-503 DEM과 LP의 차이 RMS

5) 고도 및 중복도에 따른 RMS

- ▶ 영상의 촬영 고도가 정확도에 주는 영향을 살펴보고자 그림 3-35와 같이 회전익 시스템 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 라이다 데이터를 비교하여 계산한 RMS를 고도에 따라 구분하여 표현하였다. 이때 4 개의 GCP가 활용된 경우인 R10의 결과와 1 m 이상의 차이를 보이는 아웃라이어는 제외하였다. 가장 낮은 고도인 50 m에서 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM의 RMS가 약 2 cm로 가장 정확하였다. 이보다 높은 100 m나 150 m에서 촬영된 영상의 의한 결과는 50 m의 경우보다 RMS가 증가하기는 했으나, 고도가 150 m가 되었다고 100 m의 경우보다 RMS가 더 커지는 않았다.
- ▶ 고정익 시스템 데이터를 처리하여 생성된 DEM의 RMS도 그림 3-36에서 확인할 수 있다. 회전익의 경우보다 전반적으로 RMS가 증가하였으나, 가장 낮은 고도가 회전익과 다르게 70 m인 것을 고려하면 크게 차이나는 것은 아니다. 70 m에서 취득된 영상을 처리하여 생성된 DEM의 정확도가 가장 높으며, 이중에서도 중복도가 가장 높은 90 %일 때의 영상을 처리한 결과 RMS는 약 2.5 cm이다.

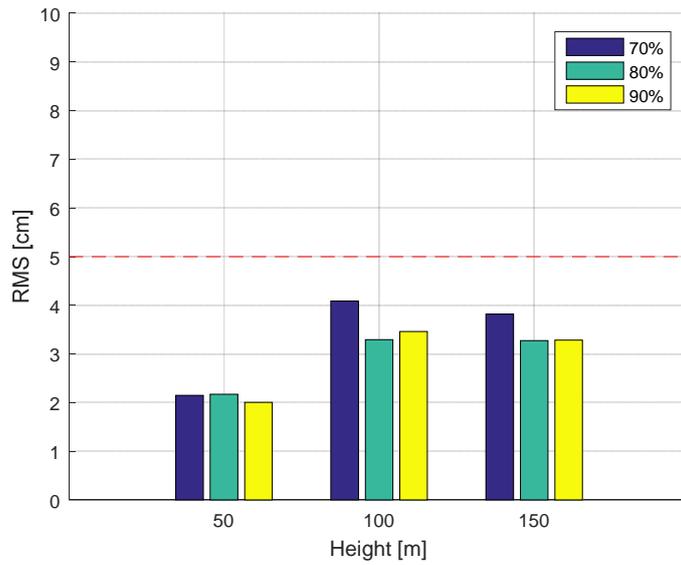


그림 3-504 고도에 따른 DEM(회전익)의 정확도(LP와의 차이 RMS)

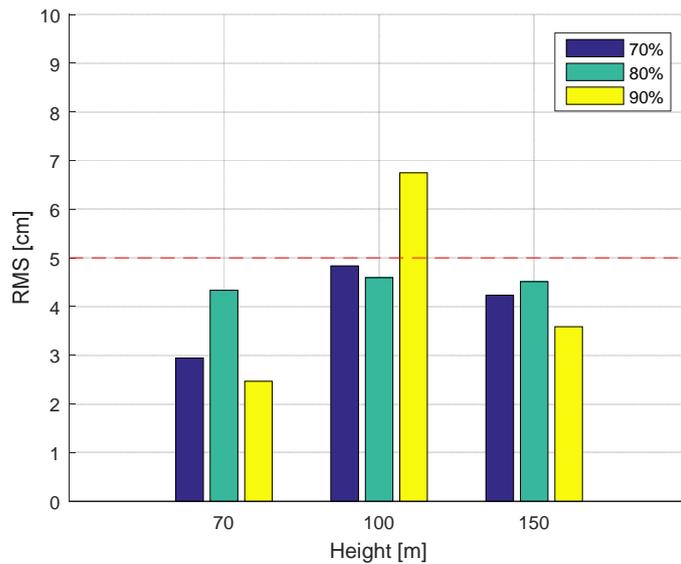


그림 3-505 고도에 따른 DEM(고정익)의 정확도(LP와의 차이 RMS)

- ▶ 영상의 촬영 중복도가 정확도에 주는 영향을 살펴보고자 그림 3-37과 같이 회전익 시스템 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 라이다 데이터를 비교하여 계산한 RMS를 70%, 80%, 90%의 중복도에 따라 구분하여 표현하였다.
- ▶ 그 결과 70%라는 중복도도 이미 충분한 중복도이기 때문에 그 간의 RMS 차이는 크게 나타나지 않았다. 중복도에 따른 고정익 시스템 데이터를 처리하여 생성된 DEM의 RMS도 그림 3-38에서 확인할 수 있다. 이 경우에는 중복도에 따른 특정 경향을 찾기 어려울 정도로 RMS가 비슷한 수준이었다.

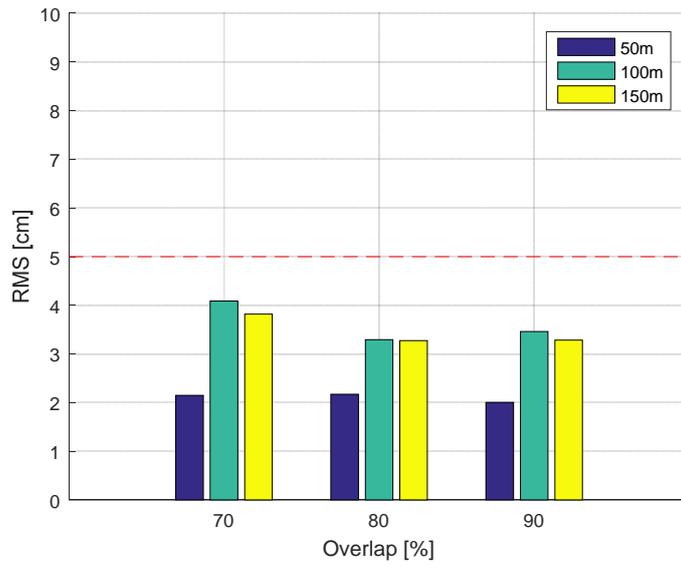


그림 3-506 중복도에 따른 DEM(회전익)의 정확도(LP와의 차이 RMS)

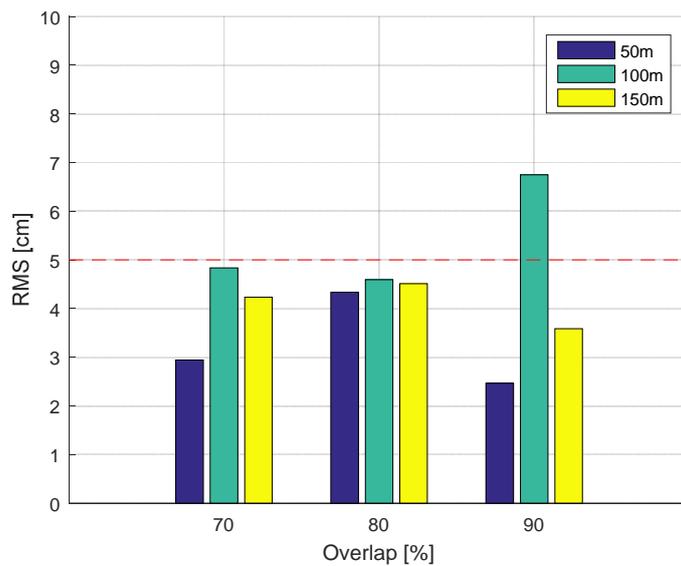


그림 3-507 중복도에 따른 DEM(고정익)의 정확도(LP와의 차이 RMS)

6) 활용된 GCP의 개수 및 플랫폼 유형에 따른 RMS

- ▶ 영상 처리에 활용된 GCP의 개수가 정확도에 주는 영향을 살펴보고자 그림 3-39과 같이 회전익 시스템 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 라이다 데이터를 비교하여 계산한 RMS를 활용된 GCP의 개수에 따라 구분하여 표현하였다. 1 m 이상의 차이를 보이는 아웃라이어는 제외한 결과이다. 가로축의 4, 6, 10, 27과 같은 숫자는 활용된 GCP의 개수를 의미하고 27a, 27b, 27c는 27 개의 GCP를 활용하였으나 동일한 고도(100 m), 중복도(80 %)를 갖고 서로 다른 비행에 의해 취득된 데이터의 처

리 결과를 구분한 것이다. 4 개의 GCP를 활용한 경우에 RMS가 상당히 크지만 6 개 이상 활용한 경우에 있어서는 서로 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 대상 영역의 면적과 GCP의 분포에 영향을 받겠지만 소정의 GCP만 활용하더라도 어느 정도의 정확도 수준은 유지될 수 있다.

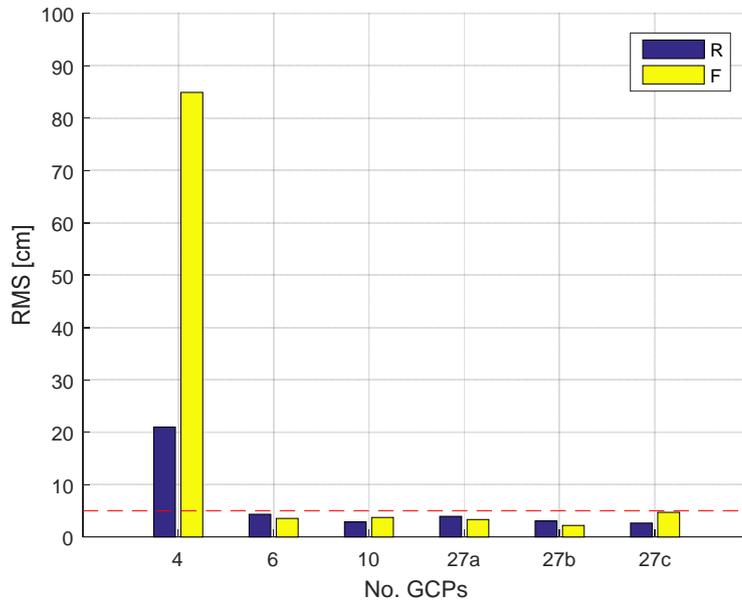


그림 3-508 GCP 개수에 따른 DEM의 정확도(LP와의 차이 RMS)

- ▶ 그림 3-39을 확대하여 그림 3-40에서 확인해 보면, 6 개를 활용한 것보다 10 개를 활용했을 때 RMS가 약간 감소하였으나, 27 개를 활용한다고 해서 10개를 활용했을 때보다 RMS가 감소하는 것을 확인하기 어렵다.

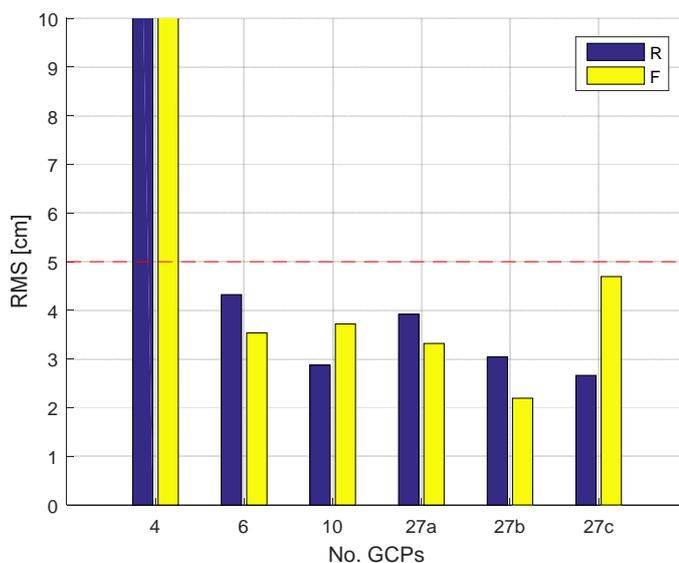


그림 3-509 GCP 개수에 따른 DEM의 정확도 - 세로축 확대

2. 경주 나정 공간정보 검증 결과

- ▶ 드론사진측량의 신뢰성 검증을 위하여 제2의 대상지로써 그림 3-41에서와 같이 경주 나정 해안을 선정하였다. 3.1절에서 부안 고사포 해안에 대하여 다양한 조합으로 데이터를 취득하여 이에 대한 정확도 검증을 수행한 것과 다르게 본 절에서는 한 가지 경우에 2 가지 드론사진측량 시스템을 운용하여 데이터를 취득하였다. 데이터 취득 조건과 운용된 시스템의 유형은 표 3-45에 명시되어 있다.



그림 3-510 시험 대상 지역 (경주 나정 해안)

플랫폼 유형	비행 고도 (m)	중중복도 (%)	횡중복도 (%)
회전익	150	90	70
고정익	150	90	70

표 3-45. 경주 나정 데이터 취득 Configuration

가. 지상 기준점과 비교 검증 - 수평 좌표

- ▶ 취득된 데이터를 처리하여 생성된 정사영상과 GCP를 비교함으로써 수평 좌표에 대한 정확도 검증을 수행하였다. 그림 3-42에서 확인할 수 있듯이 고정익과 비교하여 회전익의 지상 커버리지가 작다. 따라서 커버리지 안에 존재하여 좌표 비교가 가능

한 GCP의 개수가 회전익의 경우는 6 개, 고정익의 경우는 10개로 서로 상이하다.

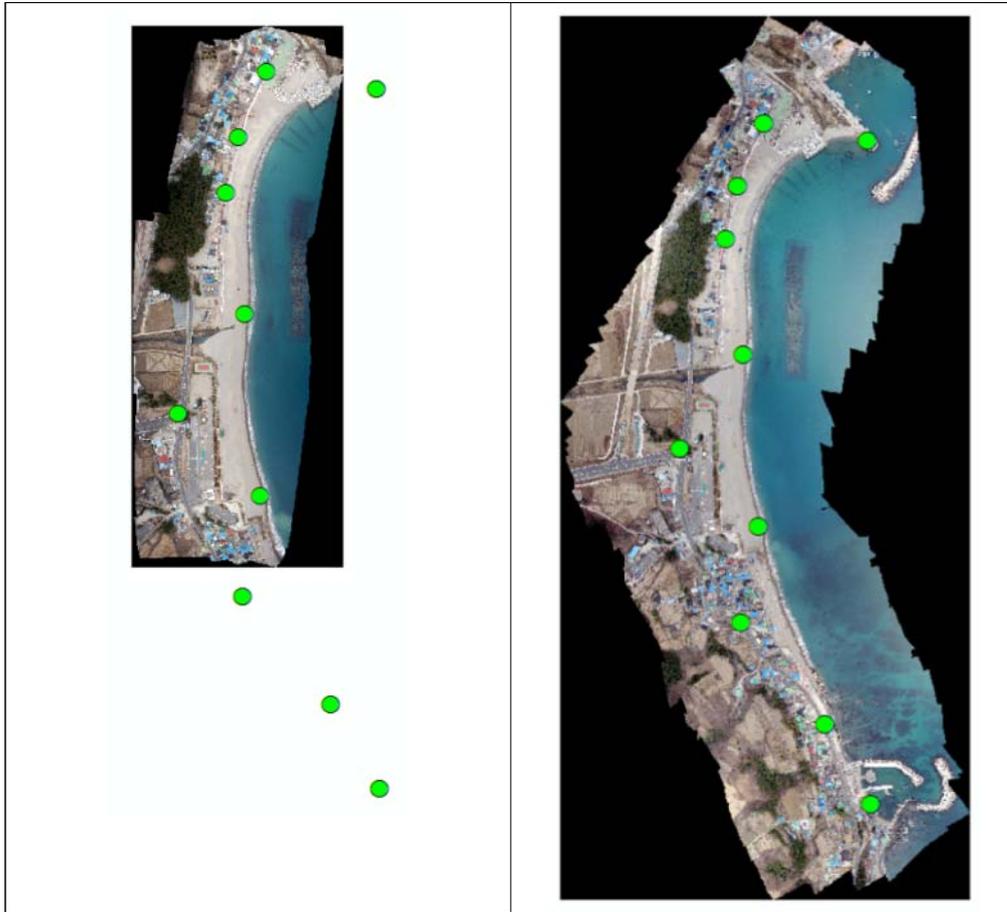


그림 3-511 정사영상과 GCP - 회전익(좌), 고정익(우)

- ▶ 정사영상과 GCP를 비교하여 표 3-46과 같이 수평 좌표 차이에 대한 통계값을 계산하였다. 회전익의 경우 수평 좌표 차이의 RMS가 약 1.6 cm, 고정익의 경우 약 2 cm로 부안 고산포의 처리 결과와 비교했을 때, 더 높은 정확도가 확인된다. 회전익의 통합 RMS가 더 작지만 X, Y좌표를 나누어 살펴보면 고정익의 RMS가 더 작게 나타난다.

표 3-402. 정사영상과 지상 기준점 비교 결과 (단위: cm)

Set	회전익			고정익		
No. Samples	6			10		
	X	Y	All	X	Y	All
Min	-3.2	-3.2	-1.2	-4.5	-3.1	-4.5
Max	3.8	3.8	2.5	2.3	2.3	2
Med	-0.9	-1.2	-0.8	-0.2	-0.3	0.3
Avg	-0.4	-0.9	0.1	-0.3	-0.4	-0.3
Std. Dv.	2.1	2.6	1.7	1.9	1.7	2.1
RMS	2.1	2.5	1.6	1.9	1.7	2

나. 지상 기준점과 비교 검증 - 수직 좌표

- ▶ 취득된 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 GCP를 비교함으로써 수직 좌표에 대한 정확도 검증을 수행하였다. DEM과 GCP의 수직 좌표 차이에 대한 통계값을 표 3-47과 같이 계산하였다. 정사영상의 검증 결과와는 다르게 DEM의 검증 결과에서는 회전익의 경우에는 bias를 포함하여 RMS가 약 4.2 cm, 고정익의 경우에는 bias 없이 약 2.4 cm로 고정익 시스템 데이터의 처리 결과 정확도가 더 높은 것으로 나타났다.

표 3-403. DEM과 지상 기준점 비교 결과 (단위: cm)

Set	회전익	고정익
No. Samples	6	10
Min	-2.2	-4.9
Max	6.7	3.4
Med	3.3	0.1
Avg	2.8	0
Std. Dv.	3.4	2.6
RMS	4.2	2.4

다. 검사점과 비교 검증

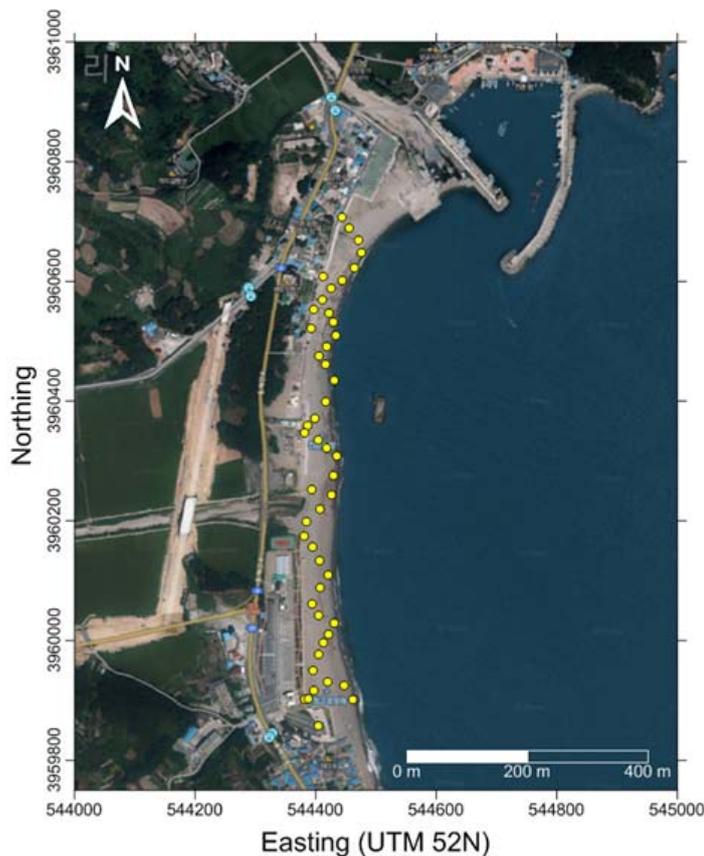


그림 3-512 검사점의 분포

- ▶ 취득된 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 검사점을 비교함으로써 수직 좌표에 대한 정확도 검증은 수행하였다. 해안을 따라 측량된 검사점의 분포는 그림 3-43에서 확인할 수 있으며 고정익과 회전익 시스템의 커버리지에 49 개의 검사점이 모두 포함된다.
- ▶ DEM과 검사점의 수직 좌표 차이에 대한 통계값을 표 3-48과 같이 계산하였다. 그 결과, 회전익의 경우에는 RMS가 약 5.4 cm, 고정익의 경우에는 약 4.4 cm로 고정익 시스템 데이터의 처리 결과 정확도가 더 높은 것으로 나타났다.

표 3-404. DEM과 검사점 비교 결과 (단위: cm)

Set	회전익	고정익
No. Samples	49	49
Min	-15.8	-12.3
Max	9.4	8.5
Med	1.5	1.4
Avg	0	1.6
Std. Dv.	5.4	4.1
RMS	5.4	4.4

라. 프로파일과 비교 검증

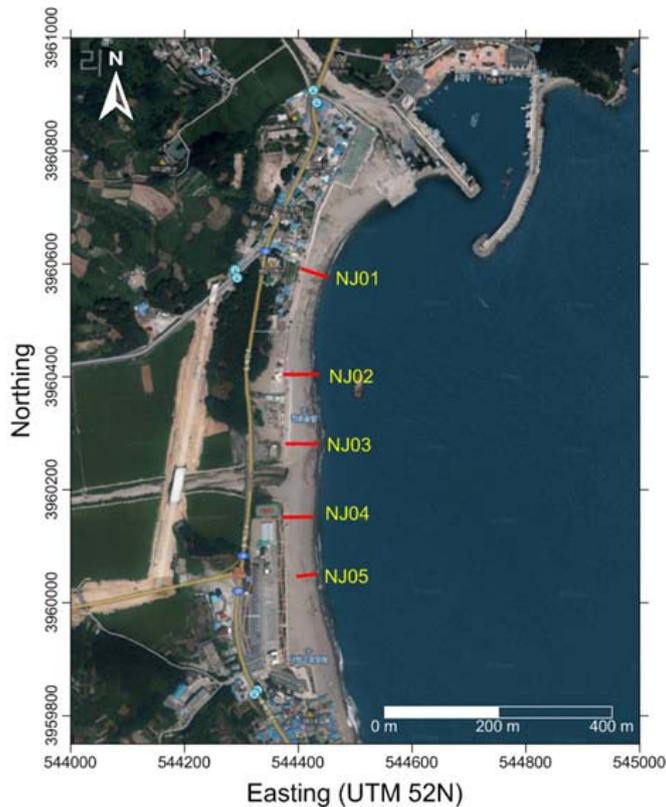


그림 3-513 프로파일 측량 위치

- ▶ 취득된 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 프로파일 데이터를 비교함으로써 수직 좌표에 대한 정확도 검증을 수행하였다. 총 5 개의 프로파일을 따라 측정되었으며 각 프로파일의 위치는 그림 3-44에서 확인할 수 있다.
- ▶ DEM과 프로파일의 수직 좌표 차이에 대한 통계값을 표 3-49과 같이 계산하였다. 그 결과, 회전익의 경우에는 RMS가 약 7.2 cm, 고정익의 경우에는 약 5.5 cm로 고정익 시스템 데이터의 처리 결과 정확도가 더 높은 것으로 나타났다.

표 3-405. DEM과 프로파일 비교 결과 (단위: cm)

Set	회전익	고정익
No. Samples	276	276
Min	-16.9	-15.6
Max	28	20.9
Med	1	1.8
Avg	1.4	1.7
Std. Dv.	7.1	5.2
RMS	7.2	5.5

- ▶ 표 3-50과 같이 5 개의 프로파일 각각에 대하여 검증에 활용된 좌표의 개수와 RMS를 계산하였다. 고정익의 경우에는 RMS가 5 개에 대하여 고르게 나타났으나, 회전익의 경우에는 L1과 L2에 대하여 큰 값이 나타났다.

표 3-406. DEM과 프로파일 비교 결과 (단위: cm)

		회전익	고정익
L1	No. Samples	50	50
	RMS	8.4	5
L2	No. Samples	70	70
	RMS	10.5	5.4
L3	No. Samples	53	53
	RMS	4.4	4.9
L4	No. Samples	61	61
	RMS	4	6.5
L5	No. Samples	42	42
	RMS	4.7	5.1

- ▶ 프로파일을 따라 수직 좌표의 차이를 가시적으로 표현한 그림 3-45와 그림 3-46을 살펴보면, 회전익 데이터의 처리 결과와 L2를 비교한 결과에서만 크게 바이어스(bias)가 확인되고 있다. 나머지의 경우에 있어서는 회전익과 고정익이 유사한 경향을 나타내고 있다.

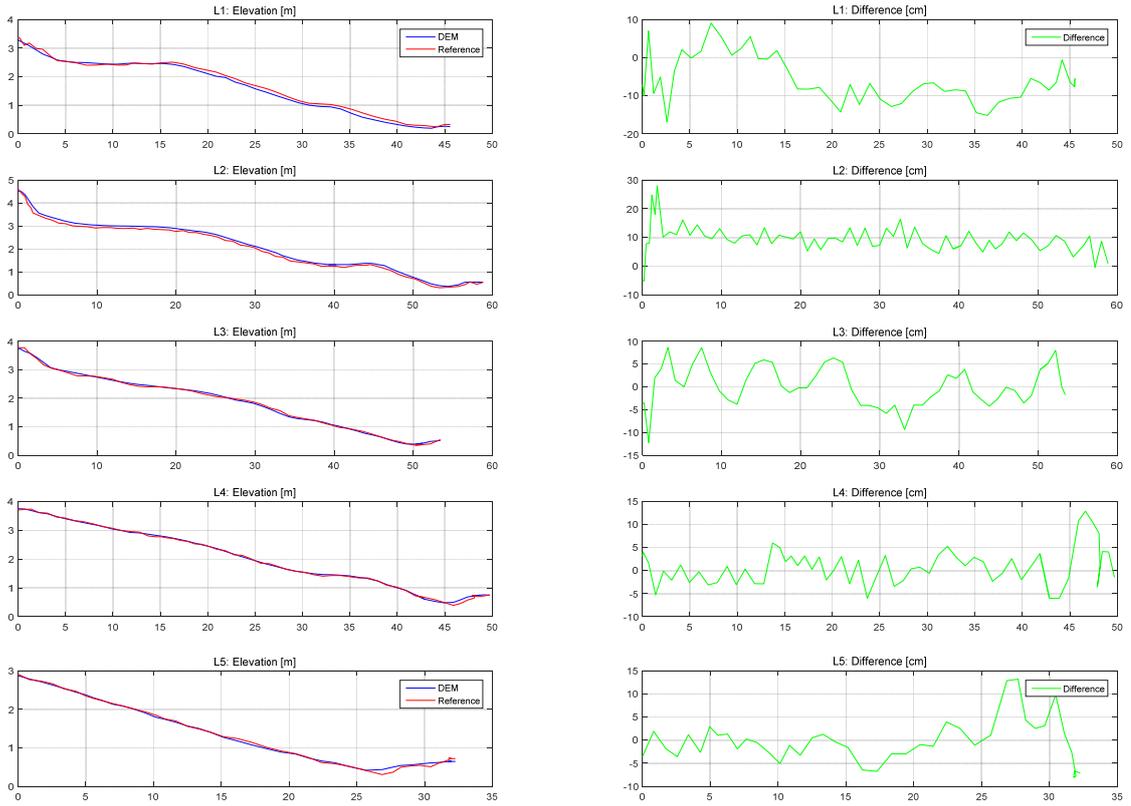


그림 3-514 DEM(회전익)과 Profile의 비교

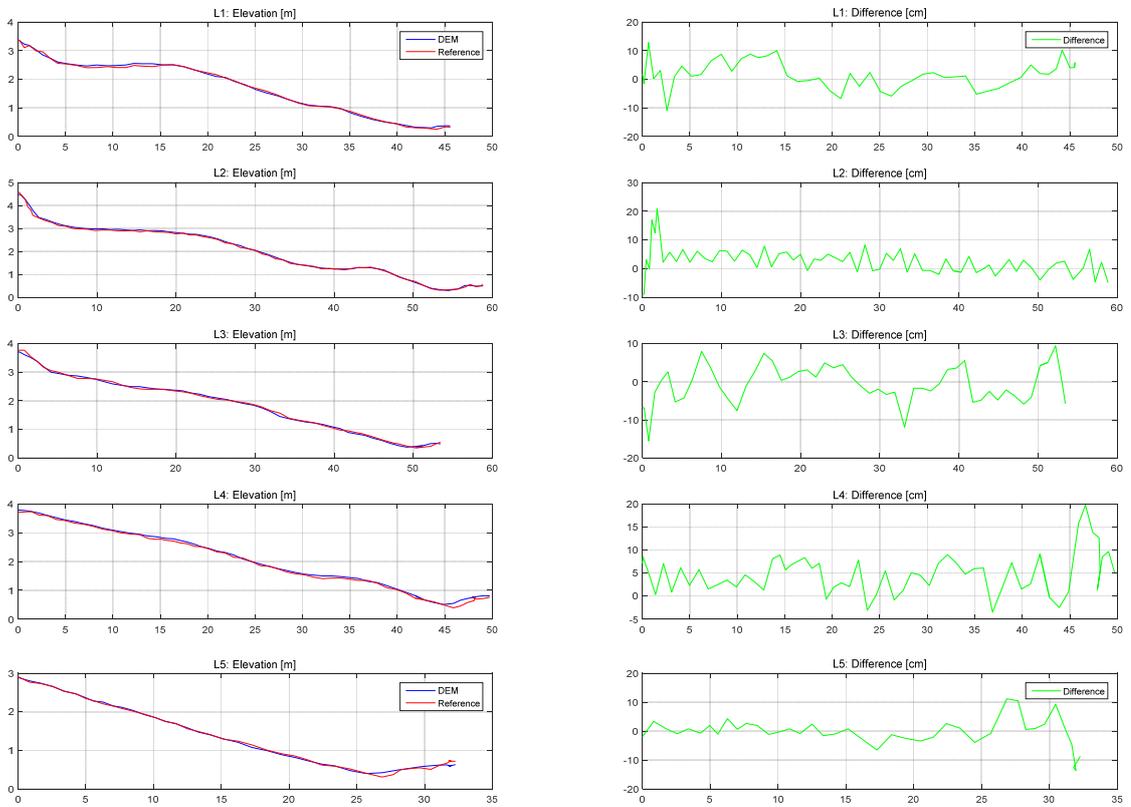


그림 3-515 DEM(고정익)과 Profile의 비교

마. 지상 라이다와 비교 검증

- ▶ 취득된 데이터를 처리하여 생성된 DEM과 라이다 데이터를 비교함으로써 수직 좌표에 대한 정확도 검증을 수행하였다. 그림 3-47에서 검정색으로 표현된 측량된 라이다 데이터의 분포를 확인할 수 있다. DEM과 라이다 데이터의 수직 좌표 차이에 대한 통계값을 표 3-51과 같이 계산하였다. 모든 라이다 데이터와 비교한 결과, 회전익의 경우에는 RMS가 약 7.3 cm, 고정익의 경우에는 약 6.4 cm이었다. 라이다 데이터에는 높은 비율은 아니더라도 간혹 아웃라이어(outlier)가 존재하기 때문에 수직 위치의 차이가 1 m 이상인 경우에 대하여 아웃라이어로 간주하여 RMS 계산에서 제외시켰다. 그 결과, 회전익의 경우에는 RMS가 약 5.7 cm, 고정익의 경우에는 약 5 cm로 나타났다. 고정익 시스템 데이터의 처리 결과는 해안 침식 모니터링의 요구정확도를 만족시키는 것을 알 수 있다.

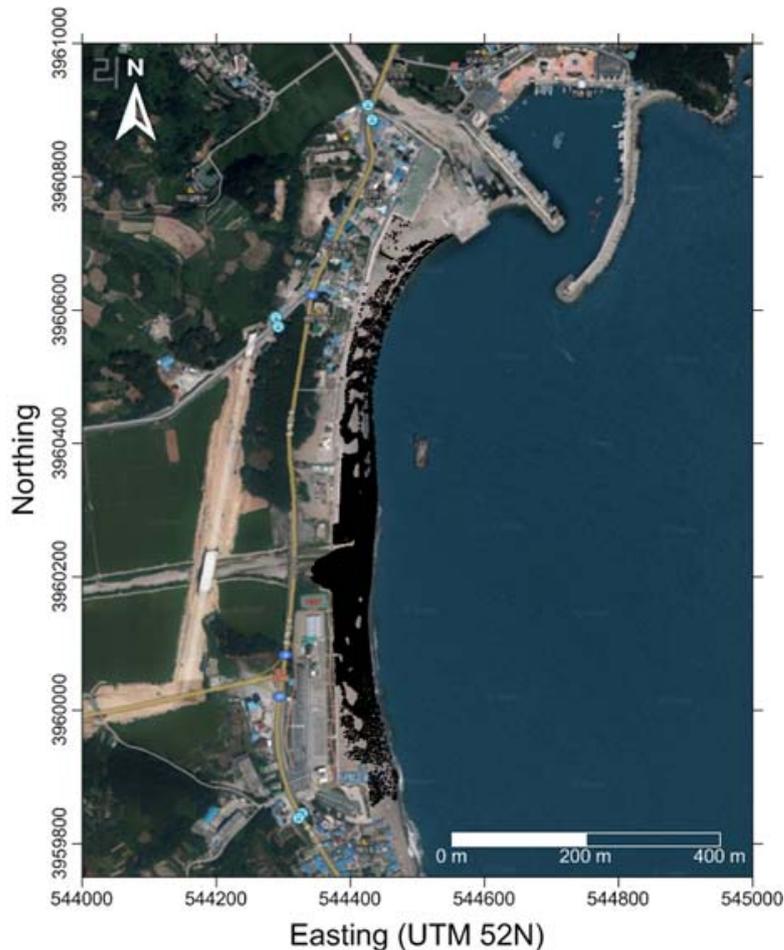


그림 3-516 라이다 데이터의 분포

표 3-407. DEM과 프로파일 비교 결과 (단위: cm)

Set	회전익	고정익
No. Samples	298299	298299
Min	-53	-50.6
Max	455.1	616.4
Med	2.9	2.2
Avg	3.3	2.3
Std. Dv.	6.5	6
RMS	7.3	6.4
No. Inliers	298126	298200
Ratio	99.9	100
Min	-53	-50.6
Max	99.7	100
Med	2.9	2.2
Avg	3.2	2.3
Std. Dv.	4.8	4.5
RMS	5.7	5

바. 종합적 검증 결과 분석

- ▶ 가장 신뢰도 있는 검증 결과를 산출하는 라이다 데이터와의 비교를 통하여 종합적 분석을 수행하고자 한다. DEM과 라이다 데이터의 수직 좌표 차이를 5 cm이하, 5~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~50 cm, 50~100 cm, 100 cm를 넘는 경우로 구분하여 표 3-52와 같이 비율을 산출하였다. 5 cm이하의 구간에서 가장 많은 비율을 보였으며, 대부분의 경우 20 cm 이내의 차이를 보였다.

표 3-408. DEM과 라이다의 수직 좌표 차이 (단위: %)

범위	회전익	고정익
0~5	72.744	79.23
5~10	21.293	18.51
10~20	5.351	1.71
20~30	0.307	0.289
30~50	0.171	0.126
50~100	0.074	0.103
> 100	0.058	0.033

- ▶ 회전익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 라이다 데이터와의 차이를 가시적으로 표현한 결과는 그림 3-48와 같다. 많은 부분에서 0 m에 해당하는 녹색으로 표현되었고 지형의 기복 변위가 많은 영역에서 수직 좌표 차이가 나타나는 경향을 확인할 수 있다.
- ▶ 고정익 시스템으로 취득된 영상으로부터 생성된 DEM과 라이다 데이터와의 차이를 가시적으로 표현한 결과는 그림 3-49와 같다. 고정익 시스템 데이터의 지상 커버리지가 회전익과 비교하여 넓기 때문에 수직 좌표 차이를 표현한 DEM이 상대적으로

작게 표현된다. 회전익의 결과와 유사하게 많은 부분에서 0 m에 해당하는 녹색으로 표현되었고 복잡한 지형을 나타내는 영역에서 수직 좌표 차이가 나타나는 경향을 확인할 수 있다.

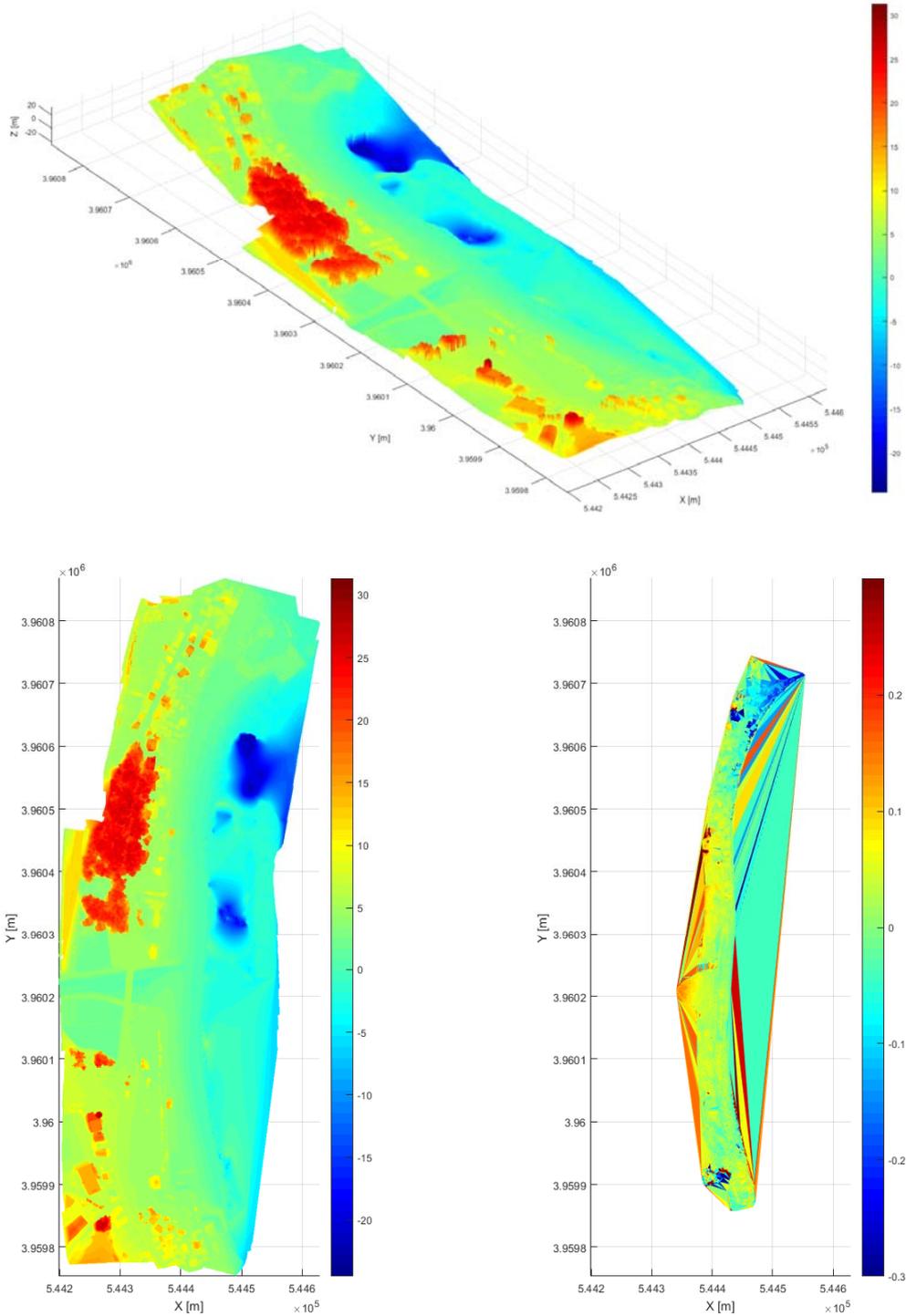


그림 3-517 DEM(회전익) View(3D/2D)와 차이 분포

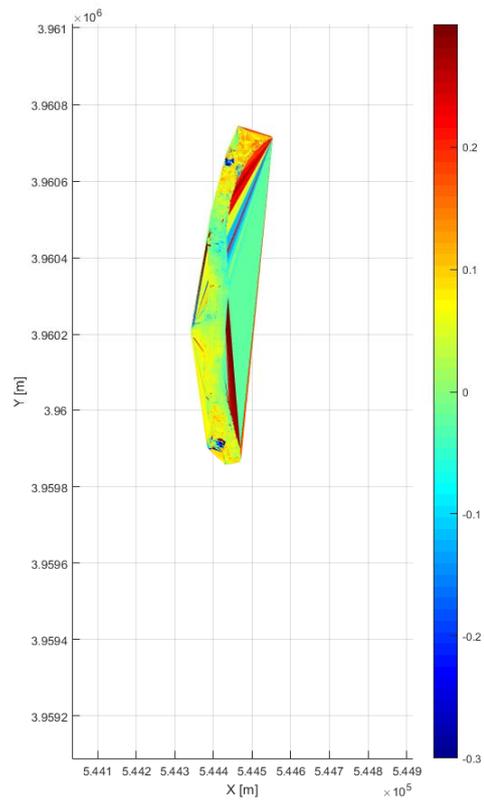
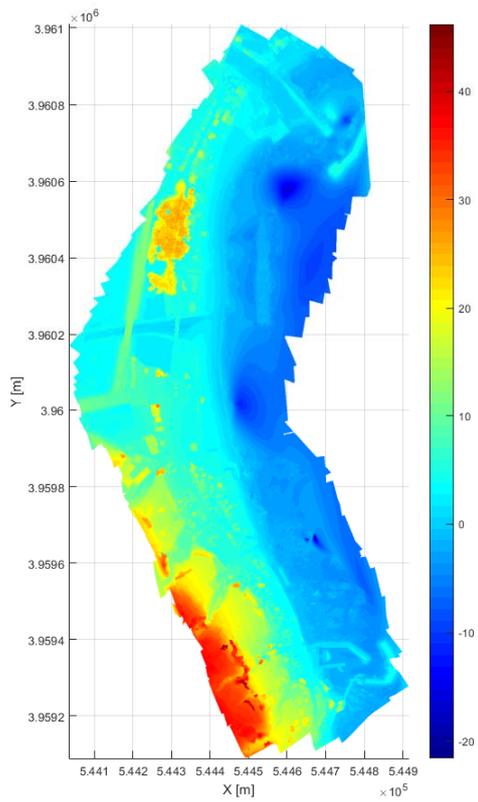
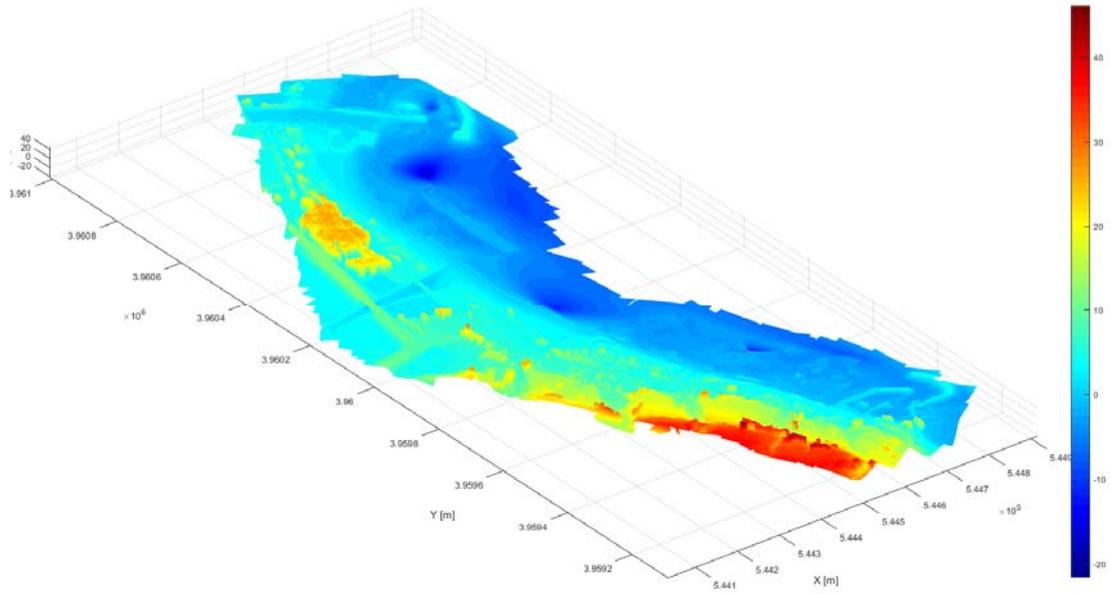


그림 3-518 DEM(고정익) View(3D/2D)와 차이 분포

제 4 절 결론

- ▶ 연안에서 드론사진측량시스템을 운용하여 취득된 데이터로부터 생성된 정사영상과 DEM을 지상 기준점, 검사점, 프로파일 데이터, 라이다 데이터와 같이 다양한 기준 데이터와 비교함으로써 정확도 검증을 수행하였다.
- ▶ 영상 처리 시 지상 기준점을 기준으로 조정되기 때문에 지상 기준점과의 비교 결과에서는 높은 정확도가 성취되었다. 라이다 데이터는 분포, 밀도, 균일성과 대상 데이터와의 중첩 면적 측면에서 검사점이나 프로파일에 비해 장점을 갖는다. 이러한 라이다 데이터와 비교할 때 가장 객관적인 평가 결과를 얻을 수 있다고 판단된다. 라이다 데이터와 다양한 조건에서 취득된 영상으로부터 생성된 DEM을 비교하였을 때 평균적으로 약 5.5 cm의 정확도를 보였다. 이는 해안 침식 모니터링의 요구정확도인 5 cm를 거의 만족시키는 수준으로 판단된다.
- ▶ 촬영 고도, 중복도, 활용하는 GCP의 개수를 달리하면서 다양한 조건으로 취득된 전체 30개의 데이터 셋 중에서 3개 셋을 제외한 27개 셋이 5 cm 이내의 요구정확도를 만족하였다. 지상기준점을 대상 지역의 양 끝에 두 점씩 4점을 사용하는 경우를 제외한다면 거의 안정적으로 5cm 이내의 정확도가 성취되는 것을 확인하였다. 촬영 고도가 낮을수록, 중복도가 높을수록, GCP를 많이 활용할수록 약간 높은 정확도가 성취되나 그 차이가 크지 않았다. 또한, 회전익과 고정익 플랫폼 유형에 따른 정확도의 차이도 미미하였다. 신뢰성 평가 대상 지역인 부안 고사포 외에 경주 나정 지역에서 취득한 결과도 유사한 정확도 수준을 보였다.
- ▶ 드론사진측량시스템을 이용한 연안측량에 있어서 촬영고도와 지상기준점의 배치가 정확도에 가장 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 요구되는 정확도를 안전하게 충족시키기 위해서는 현 시스템으로는 촬영고도는 50~70 m 정도, 지상기준점은 최소 6개를 유지해야한다.

부록 6

해안재해 유형별 경제적 피해규모 산정 및 적용

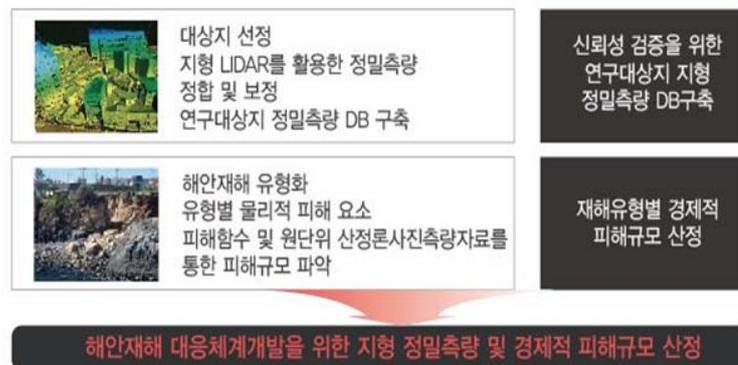
제 1 절 과제의 개요

1. 연구의 필요성

- ▶ 사진측량자료의 정확도 및 신뢰성을 평가하기 위해 3차원으로 구축된 지형정밀 측량자료 마련이 필요함.
- ▶ 재해 측량자료의 현장분석 자료가 수요기관의 의사결정을 위한 자료로 활용되기 위해서는 재해 규모를 판단할 수 있는 정량적 자료가 필요함.

2. 연구 목표

- ▶ 3차원으로 구현된 대상지 정밀 측량자료를 구축하고 사진측량자료의 정밀도 검증을 위하여 활용.
- ▶ 해안재해 유형별 경제적 피해규모를 산정하는 알고리즘을 개발하고, 피해함수를 개발하여 재해 시나리오에 따른 경제적 피해액을 산정.
- ▶ 해당 알고리즘을 GIS 솔루션 개발에 포함하여, 신속하게 피해규모를 산정하고 지자체 및 해안 관리기관의 의사결정을 도울 수 있는 지원시스템 마련



3. 연구수행 방법

- ▶ 고정밀 지상라이다를 활용하여 연구 대상지의 3차원 지형자료 구축
- ▶ 지형자료를 보정 및 정합하고 정밀도 검증을 위하여 주관기관과 지속적으로 협업
- ▶ 국지성 해안재난을 유형화하고, 각 유형의 피해규모를 판단할 수 있는 기준 마련
- ▶ 국내외 연구자료를 토대로, 피해규모를 경제적 피해액으로 전환할 수 있는 알고리즘 개발
- ▶ GIS 솔루션과 결합하여 현장에서 경제적 피해규모 판단할 수 있는 시스템 구축고정밀 지상라이다를 활용하여 연구 대상지의 3차원 지형자료 구축

4. 활용계획

- ▶ 사진측량자료 정확도 검증
- ▶ 지자체에서 GIS 솔루션을 활용하여 신속하게 해안 피해규모 파악하고, 재해대응을 위하여 필요한 예산산정, 피해보상액 산정 등을 위한 기초자료로 활용
- ▶ 한정된 재원으로 연안정비가 시급한 지역을 파악하고, 우선투자지역을 결정하기 위한 의사결정 지원도로 활용고정밀 지상라이다를 활용하여 연구 대상지의 3차원 지형자료 구축

제 2 절 연구수행내용

1. 해안재해 유형별 경제적 피해규모 산정

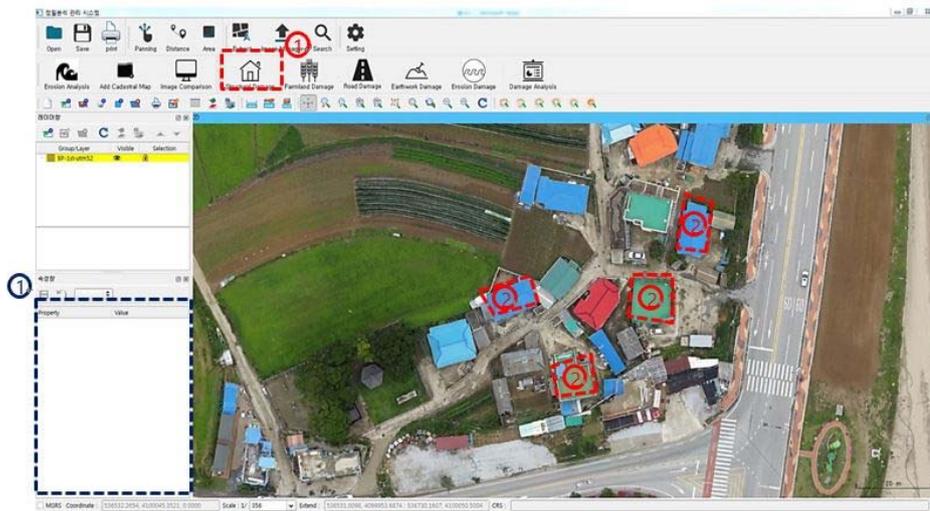


가. 건축물 피해

- ▶ 건축물의 피해는 유실, 전파, 반파, 소파로 구분
- ▶ 유실은 건물의 형체가 완전히 사라진 상태를 지시하며, 전파는 건물의 50% 이상이 파손되어 개축하지 않고는 거주가 불가능한 상황, 반파는 건물의 50% 이상이 파손되어 수리하지 않고는 거주가 불가능한 상황, 소파는 그 이외의 파손으로 정의됨 (재난구호 및 재난복구 비용 부담기준 등에 관한 규정).

1) 피해 영역 설정

- ▶ 건축물 피해액을 산정하기 위해서는 먼저 건축물 피해 탭을 선택한 다음 (빨강색 ①), 피해를 입은 건축물을 수동으로 설정함 (빨강색 ②).



- ▶ 사용자가 피해 영역을 설정한 후, 각각의 피해 영역을 건축물의 지번에 따라 분류함
- ▶ 피해 전 건축물의 면적과 피해 후 면적을 계산하여 나타냄. 면적이 표시되면 사용자는 현장조사 결과에 따라 유실, 전파, 반파, 소파 여부를 선택 (파란색 ①).
- ▶ 건축물 피해액을 산정하기 위하여 건축물 피해 탭을 선택한 후 (빨강색 ①), 피해를 입은 건축물을 수동으로 설정함 (빨강색 ②).

①

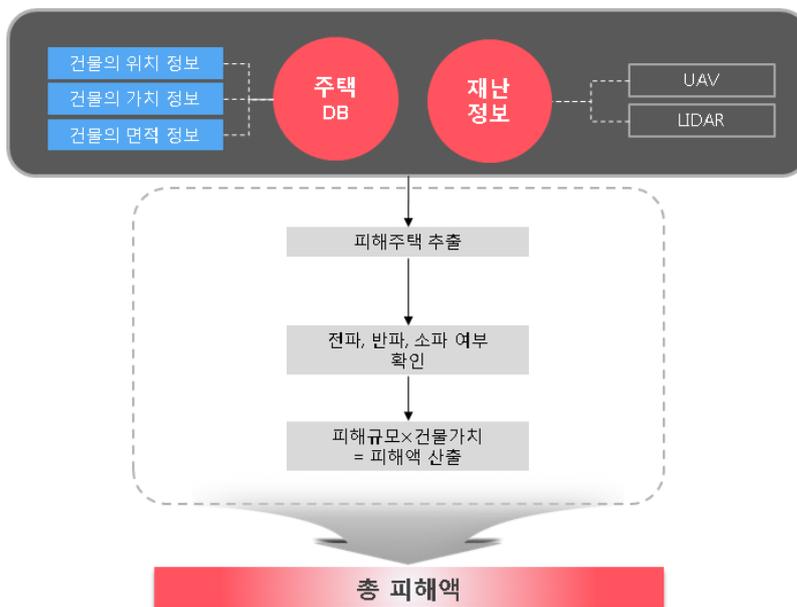
Property	Value	
단독주택	건물면적	40
	피해면적	30
	피해분류	반파
단독주택	건물면적	80
	피해면적	80
	피해분류	유실

2) 피해액 산정

- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정이 완료되면 기존의 건축물 DB에 입력되어있는 건물의 가치 정보와 피해 유형에 따른 피해율을 이용해 피해액을 산정함
- ▶ 유실, 전파는 건축물 가격의 100%, 반파는 50%, 소파는 25%의 피해율을 적용함 (풍수해보험 시설물 복구기준액).
- ▶ 전체 건축물 피해액 = \sum 피해유형에 따른 피해율 \times 건축물의 가격

<피해산출 결과 예시>

FID	지번	분류	피해종류	피해액 (원)
1	612-1	단독주택	유실	20000000
2	613	단독주택	전파	25000000
3	711	주택외건물	반파	70000000
4	723	아파트	소파	120000000
5	759	주택외건물	유실	200000000



나. 농경지 피해

- ▶ 농경지 피해는 유실과 매물로 구분함. 유실은 농경지가 파괴되거나 이동해서 없어진 상태를 지시하며 매물은 농경지 이외에 다른 물질이 이동해서 농경지를 덮어버린 상태임.
- ▶ 유실과 매물 여부는 피해 전후 높이 변화 (유실일 경우 높이 감소, 매물일 경우 높이 증가)와 피해 정황 등을 사용자가 고려하여 판단할 수 있음. 사용자가 피해 지역을 수동으로 설정하고 GIS 솔루션이 농경지의 면적 정보를 이용하여 피해액을 계산함.
- ▶ 논,밭 여부와 관계없이 유실일 경우 m²당 2651원, 매물일 경우는 902원을 피해액으로 책정하고 농작물은 아래의 표에 따라 면적당 피해액을 산정함 (2015년 자연재난 조사 및 복구계획수립지침).

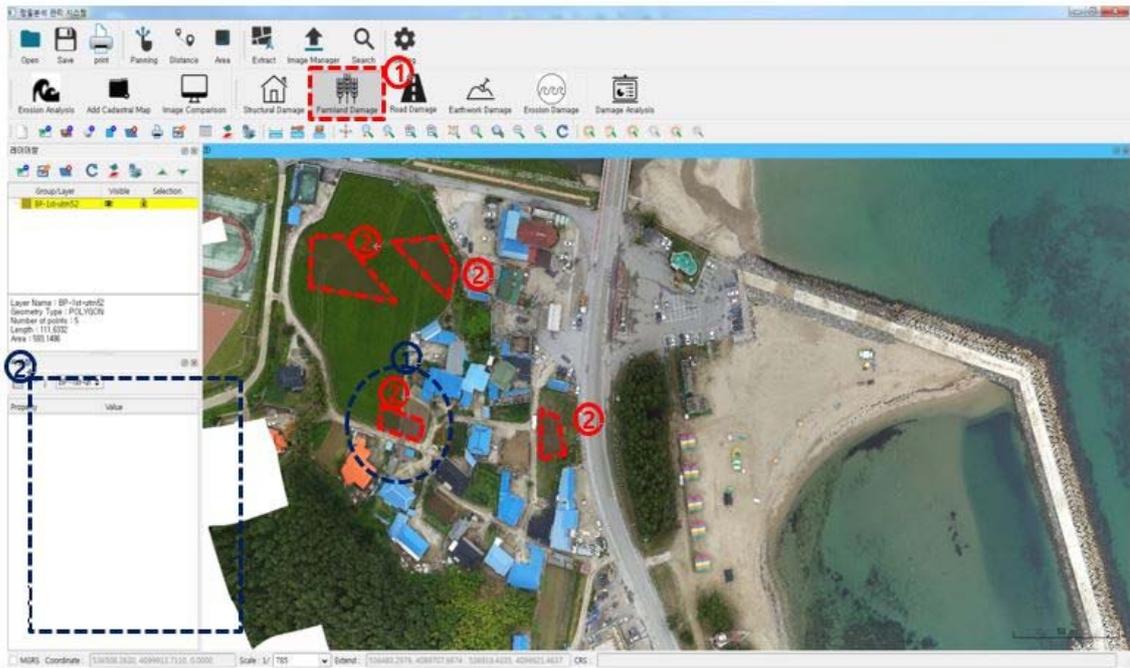
대분류	세부분류	단위	단가 (원)	대분류	세부분류	단위	단가 (원)
농경지	유실	m ²	2651	산림작물	표고자목	본	2200
	매물	m ²	902		잔디	m ²	627
농작물	무, 배추	m ²	220	조경수	m ²	3315	
	엽채류	m ²	297	분재	m ²	3315	
	과채류	m ²	392	밤	m ²	107	
	토마토, 풋고추, 가지	m ²	284	대추	m ²	199	
	오이, 딸기	m ²	685	뽕은감	m ²	175	
	파프리카	m ²	902	호도	m ²	179	
	인삼	m ²	1505	은행	m ²	161	
	사과	m ²	1239	야생화	m ²	402	
	배	m ²	271	복분자	m ²	655	
	복숭아	m ²	218	머루	m ²	740	
	포도	m ²	220	다래	m ²	618	
	단감	m ²	196	도라지	m ²	481	
	감귤	m ²	365	더덕	m ²	521	
	참다래	m ²	307	두릅	m ²	848	
	유자	m ²	333	취나물	m ²	254	
	백합	m ²	4087	산양삼	m ²	1119	
	장미	m ²	2980	약초류	m ²	340	
	선인장	m ²	2774	표고톱밥배지	m ²	15240	
	심비디움	m ²	3209				
	안개조	m ²	1401				
국화	m ²	1296					
카네이션	m ²	4232					
글라디올러스	m ²	1959					
호접란	m ²	9608					
식용 버섯	m ²	4200					
약용 버섯	m ²	4312					
녹차	m ²	659					
구기자	m ²	257					
당귀	m ²	265					
산약	m ²	418					
뽕나무	m ²	1575					

<농경지 및 농작물 피해단가표>

참조: 2015 자연재난조사 및 복구계획수립지침 (중앙재난안전대책본부)

1) 피해 영역 설정

- ▶ 농경지 피해액을 산정하기 위하여 농경지 피해 탭을 선택한 후 (빨강색 ①), 피해 지역 범위를 사용자가 판단하여 피해 영역을 수동으로 설정함 (빨강색 ②).



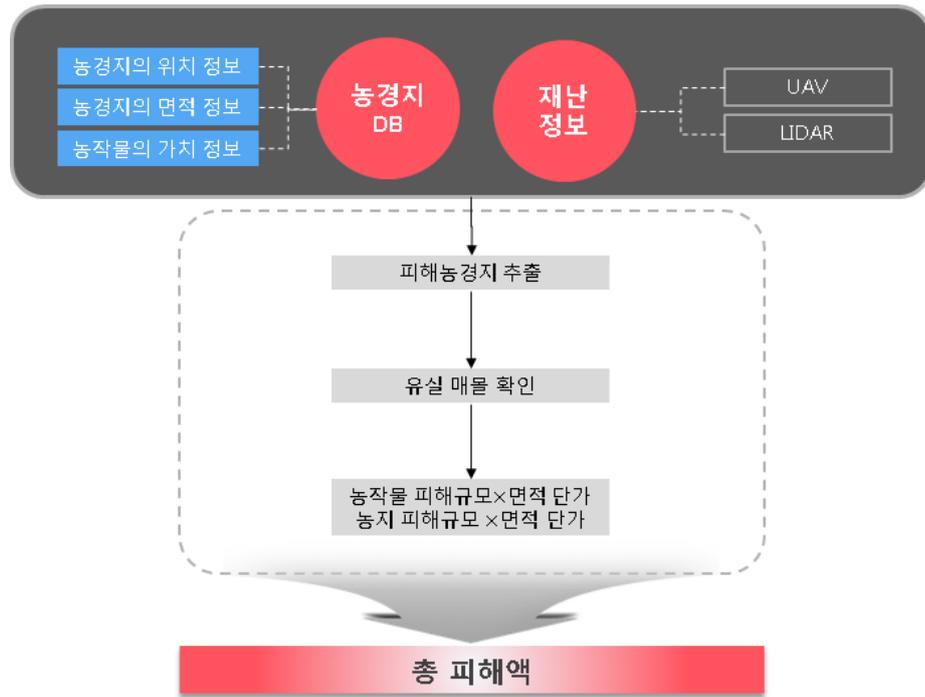
- ▶ 사용자가 피해 영역을 설정하면, GIS 솔루션은 각각의 피해 영역을 농경지의 지번에 따라 나눈 후 (파랑색 ①), 농경지의 피해 면적을 고려하여 계산함. 면적이 표시되면 사용자 판단 하에 유실, 매몰 여부와 해당 농경지의 재배 농작물을 선택함 (파랑색 ②).



Property	Value	
612-1 논	피해면적	40
	피해종류	유실
	재배작물	엽채류
612-1 논	피해면적	45
	피해종류	유실
	재배작물	사과

2) 피해액 산정

- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정이 완료된 후, 농경지 DB에 입력되어있는 피해단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 농경지에 대한 최종 피해액을 산출함.



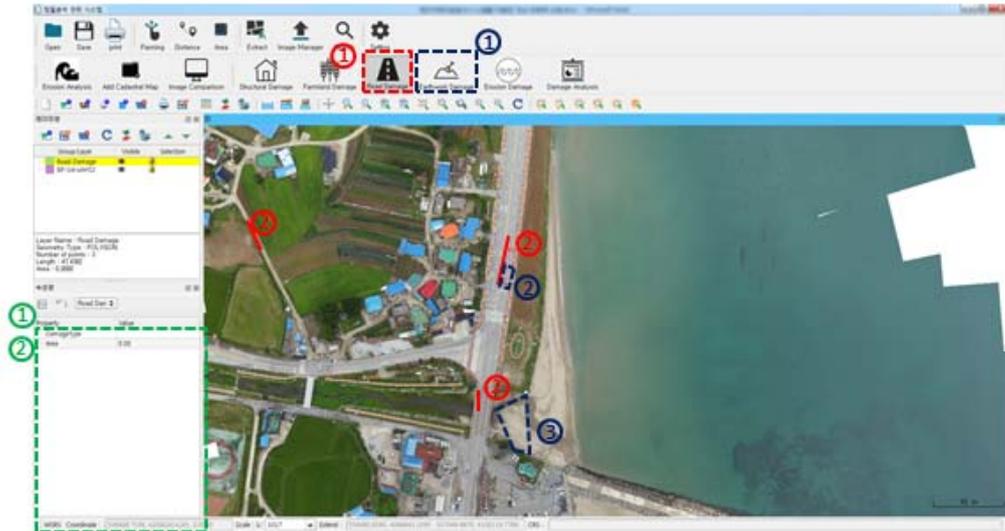
다. 도로·교량 피해

- ▶ 도로의 피해는 크게 도로를 구성하는 아스팔트의 붕괴와 그 아스팔트를 지지하는 토공의 유실로 나눌 수 있음. 그러나 자연재난조사 및 복구계획수립지침에 따르면 도로는 길이(m)를 기본 단위로 하고 토공은 부피(m³)을 기본 단위로 하기에 각각을 따로 계산해 더해주는 과정이 필요함.
- ▶ 기본적으로 아스팔트의 붕괴 없이는 도로의 토공의 유실이 없다고 정의하고 사용자는 아스팔트의 붕괴 지역을 먼저 수동으로 설정한 후에 그 지역 내에서 토공의 유실을 추가로 설정해주면 프로그램이 피해액을 산정함.
- ▶ 교량은 토공의 유실이 발생하지 않기 때문에 위 지침에서 제시한 피해단가에 맞추어 피해액을 산정한다.

1) 피해 영역 설정

- ▶ 도로, 교량 피해를 산정하기 위해서는 먼저 도로, 교량 피해 탭을 선택한 다음 (빨강색 ①), 피해 지역을 사용자가 판단하여 선으로 설정한다 (빨강색 ②).
- ▶ 도로에 한해서 아스팔트의 붕괴 이외에 토공의 유실이 나타나면 추가로 토공 피해 탭을 선택한 다음 (파랑색 ①), 피해 지역을 사용자가 판단하여 수동으로 폴리곤을 설정함 (파랑색 ②).

- ▶ 도로가 아닌 지역에서 토공의 유실이 발생했을 경우 폴리곤을 설정해줌 (파란색 ③). 사용자가 피해 지역을 설정하고 나면 기존에 입력되어있는 도로와 교량 정보를 이용해 피해 세부내역을 선택함 (초록색 ①).



①

Property	Value	
<u>봉평로</u>	도로종류	농어촌도로
	피해길이	25

<u>대분류</u>	세부분류	단위	단가 (원)
일반도로	2 차선 (폭: 11m)	m	6909524
	4 차선 (폭: 18.5m)	m	12201590
<u>시군도 및 농어촌도로</u>	시군도 (폭: 8m)	m	1903260
	농어촌도로 (폭: 3m)	m	899119
자전거도로	자전거도로 (폭: 3m)	m	5677214
교량	Slab 교 (2 차선, 폭: 10m)	m	16500808
	Slab 교 (4 차선, 폭: 19.5m)	m	28290914
	P.C Beam 교 (2 차선, 폭: 10m)	m	16127109
	P.C Beam 교 (4 차선, 폭: 19.5m)	m	28162092
	P.C Box 교 (4 차선, 폭: 19.5m)	m	31823651
	Steel Box 교 (4 차선, 폭: 19.5m)	m	48589068
토공	도로사태	m ³	9798
	침식 및 유실	m ³	24354

<도로 및 교량 피해단가표>

참조: 2015 자연재난조사 및 복구계획수립지침 (중앙재난안전대책본부)

2) 피해액 산정

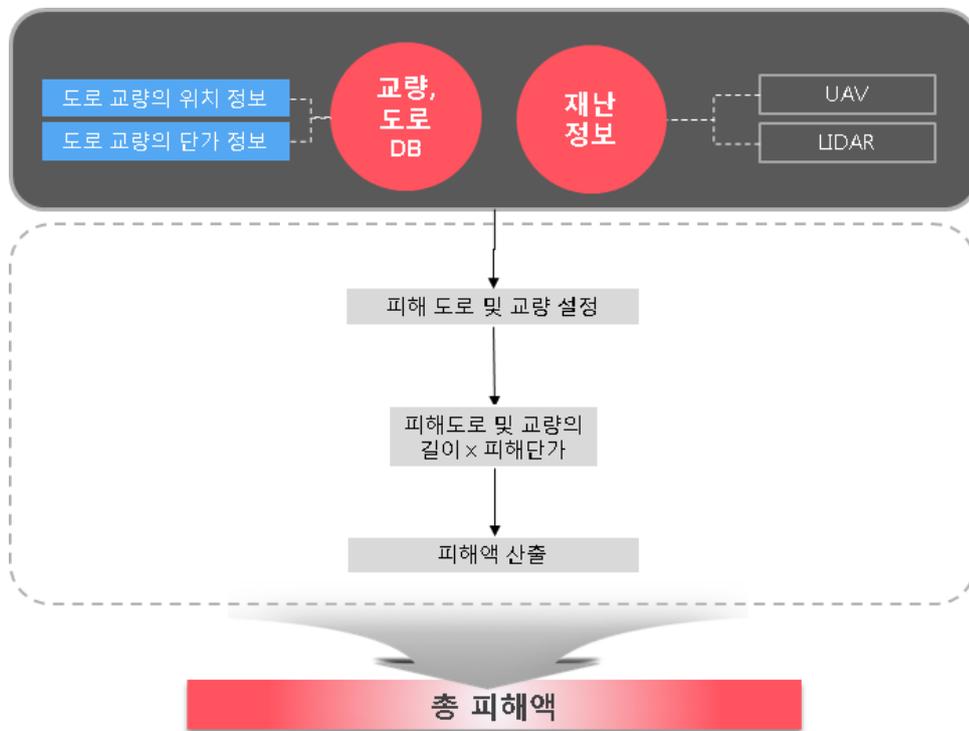
- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정을 완료 후, 프로그램은 데이터베이스에 입력되어있는

피해단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 농경지에 대한 최종 피해액을 계산하여 표시함.

- ▶ 도로 피해액 = \sum 피해길이 \times 피해분류에 따른 도로 단가
- ▶ 교량 피해액 = \sum 피해길이 \times 피해분류에 따른 교량 단가

<피해산출 결과 예시>

FID	분류	세부분류	명칭	피해분류	피해길이/ 부피	피해액 (원)
1	도로	농어촌도로	봉평로	유실	25m	700000
2	도로	2차선 일반도로	울진북로	유실	40m	1500000
3	교량	2차선 Slab 교	초평교	유실	18m	1000000
4	토공			도로사태	30m ³	150000
합계						3350000



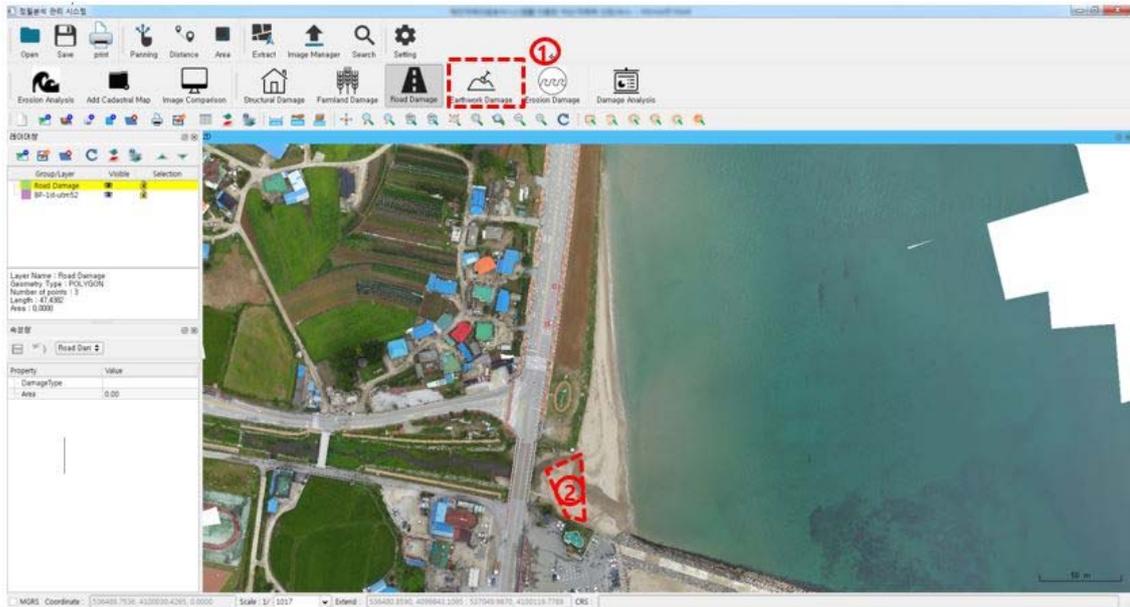
라. 토공 피해

1) 피해 영역 설정

- ▶ 토공 피해는 건축물, 도로, 교량이 아닌 지역에서 발생한 토공의 침식 및 유실로 구분할 수 있음.
- ▶ 사용자가 토공 피해 탭을 선택하고 (빨강색 ①), 토공 피해 영역을 설정하면 (빨강

색 ②), 피해단가에 맞추어 피해액을 산정함.

- ▶ 피해단가는 2015 자연재난조사 및 복구계획수립지침을 따름 (도로사태: 9,978원 /m³, 침식 및 유실: 24,354원/m³)

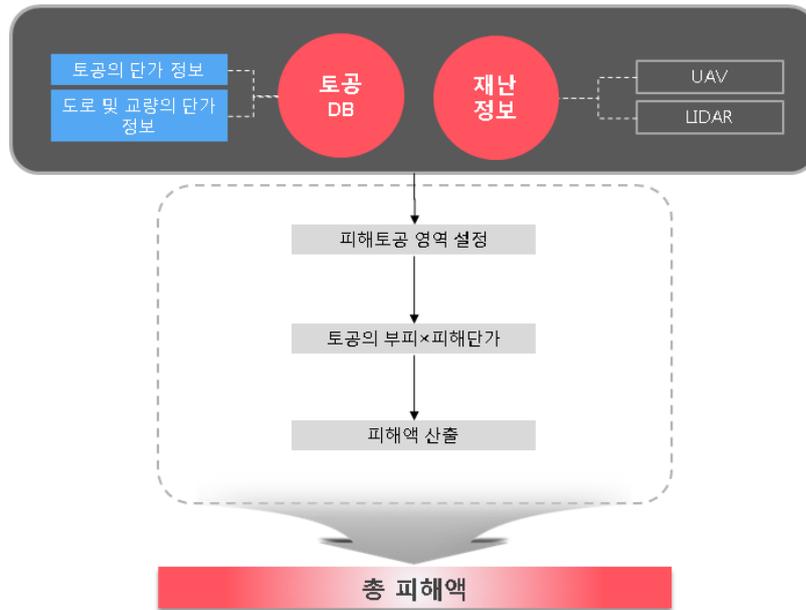


2) 피해액 산정

- ▶ 피해 지역에 대한 설정 완료 후, 프로그램은 토공의 피해단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 토공에 대한 최종 피해액을 계산하여 표시함. 토공에서는 도로사태와 침식 및 유실로 구분되어 피해액을 산출함.
- ▶ 토공피해액(도로사태 포함) = \sum 토공피해부피(유실 및 매몰) × 피해분류에 따른 토공 단가

<피해산출 결과 예시>

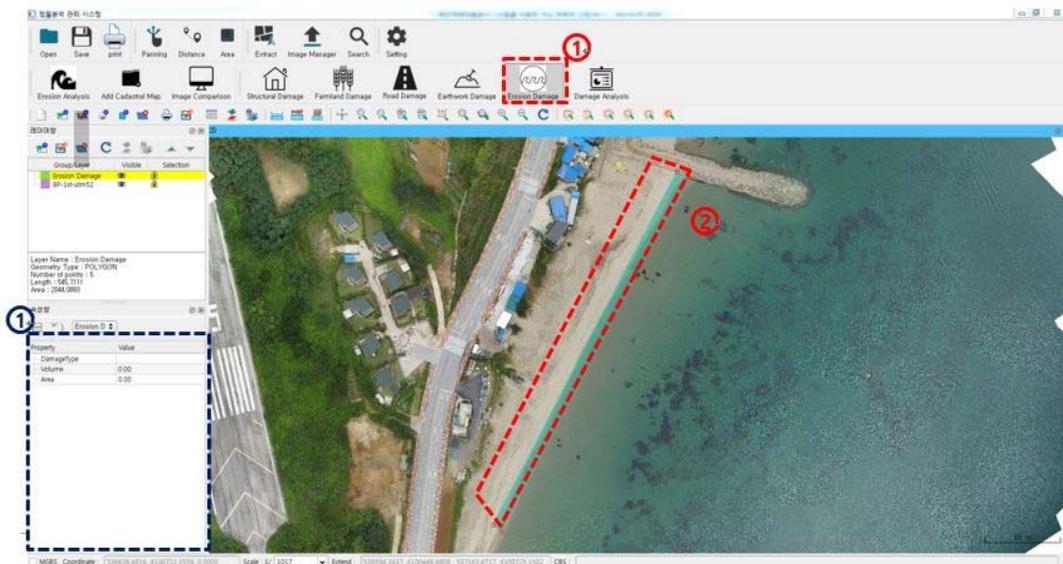
FID	분류	피해분류	피해부피	피해액(원)
1	토공	유실 및 매몰	25m ³	700000
2	토공	유실 및 매몰	40m ³	1500000
합계				2200000



마. 연안 침식 피해액 산정

1) 피해 영역 설정

- ▶ 토공 피해산정과 유사하게 연안 침식의 피해를 산정하기 위해서는 사용자가 연안 침식 탭을 누른 후 (빨강색 ①), 해안선의 변화 면적을 수동으로 설정함 (빨강색 ②).
- ▶ 사용자가 해안선의 변화를 설정해주면 프로그램이 그 부피를 계산해 모래의 유실량 (파랑색 ①) 을 파악하고 그에 따른 피해액을 산정함.



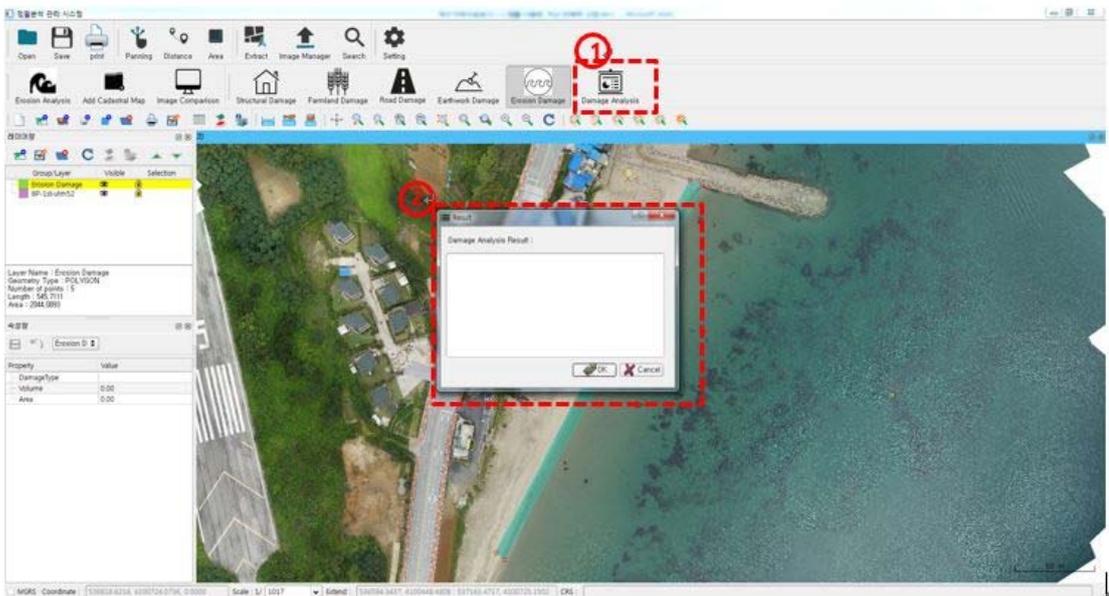
2) 피해액 산정

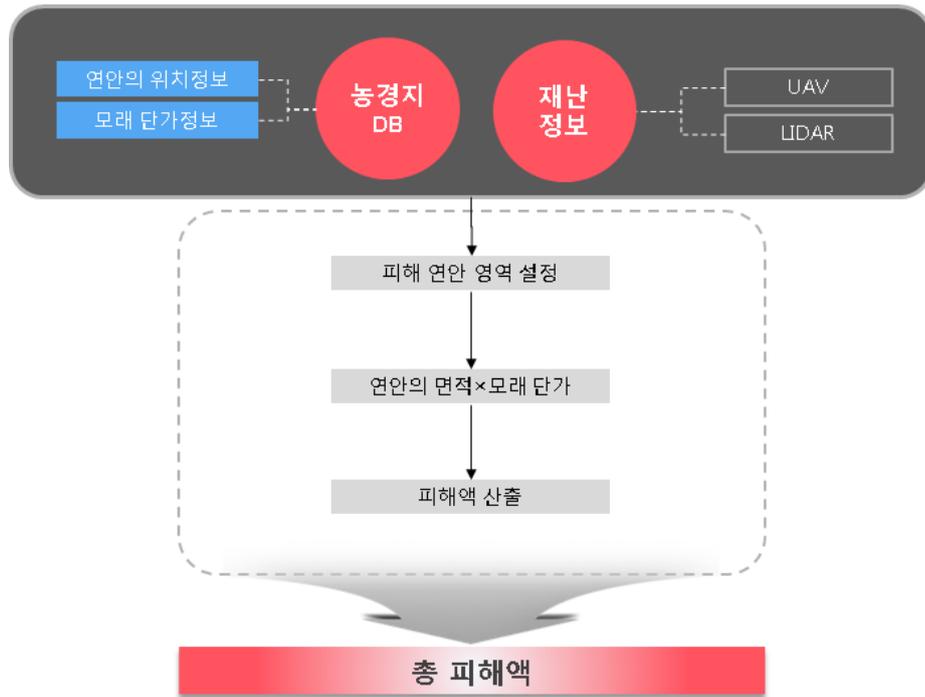
- ▶ 피해 지역에 대한 모든 설정이 완료되고 나면, 프로그램은 모래의 단가와 사용자가 지정한 피해내역을 이용해 연안 침식에 대한 최종 피해액을 계산하여 표시함.
- ▶ 연안침식 피해액 = \sum 모래유실부피 × 모래단가

FID	분류	명칭	피해분류	피해부피	피해액 (원)
1	연안침식	봉평해수욕장	유실	25m ³	700000
2	연안침식	울진해수욕장	유실	40m ³	1500000
합계					2200000

바. 최종 재난 피해액 산정

- ▶ 5가지 단계를 통해 모든 피해 항목에 대한 산정이 종료된 후 피해분석 탭을 누르면 (빨강색 ①), 프로그램은 최종적인 재난 피해액을 표시함 (빨강색 ②).





사. 피해액 산정을 위한 관련 DB 구축

피해항목	필요한 DB	출처	보유기관	비고
종합	DEM	1:5000 수치지형도	국토지리정보원	공개 (유료)
주택	건물의 정보 (위치, 고도)	1:5000 수치지형도	국토지리정보원	공개 (유료)
	건물의 체적정보	건축물대장	국토교통부	공개
농경지	농경지의 정보 (위치, 면적, 고도)	1:5000 수치지형도	국토지리정보원	공개 (유료)
	재배작물 정보 (대표작물)	1:1000 지적도	국토지리정보원	공개 (유료)
교량	교량의 정보 (위치, 길이, 고도)	1:5000 수치지형도	국토지리정보원	공개 (유료)
	교량의 종류	교량 데이터	국토교통부	비공개
도로	도로의 정보 (위치, 길이, 고도)	1:5000 수치지형도	국토지리정보원	공개 (유료)
	도로의 종류	도로 데이터	국토교통부	비공개
가로시설물	가로시설물의 정보 (종류, 위치)	시설물별 데이터	국토지리정보원	부분공개

아. 피해 단가

시설	피해공종	피해항목	피해규격	단위	단가	비고	
사 유 시 설	주택	주택파손	전파/유실	동	주택가격의 100%	주택가격은 프로그램DB 안에 포함 되어 있음	
			반파	동	주택가격의 50%		
			소파	동	주택가격의 25%		
	사 유 시 설	농경지	농경지 (논,밭)	유실	m2	2,651	
				매물	m2	902	
			농작물	벼	m2	0	
				무,배추	m2	220	
				엽채류	m2	297	
				과채류	m2	392	
				토마토,풋고추, 가지	m2	284	
				오이, 딸기	m2	685	
				파프리카	m2	902	
				인삼	m2	1505	
				사과	m2	1239	
				배	m2	271	
				복숭아	m2	218	
				포도	m2	220	
				단감	m2	196	
				감귤	m2	365	
				참다래	m2	307	
				유자	m2	333	
				백합	m2	4087	
				장미	m2	2980	
				선인장	m2	2774	
				심비디움	m2	3209	
				안개초	m2	1401	
				국화	m2	1296	
				카네이션	m2	4232	
				글라디올러스	m2	1959	
				호접란	m2	9608	
				식용 버섯	m2	4200	
				약용버섯	m2	4312	
				녹차	m2	659	
구기자				m2	257		
당귀				m2	265		
산약			m2	418			
뽕나무	m2	1575					
표고자목	본	2200					

사 유 시 설	농경지	농작물	잔디	m2	627	
			조경수	m2	3315	
			분재	m2	3315	
			밤	m2	107	
			대추	m2	199	
			뽕은감	m2	175	
			호두	m2	179	
			은행	m2	161	
			야생화	m2	402	
			복분자	m2	655	
			머루	m2	740	
			다래	m2	618	
			도라지	m2	481	
			더덕	m2	521	
			두릅	m2	848	
			취나물	m2	254	
			산양삼	m2	1119	
			약초류	m2	340	
			표고톱밥배지	m2	15240	
공공 시설	도로(지 방도)	도로(지 방도)	확포장 (비포장,2차선), 노폭 = 9m	m	6,281,385	
			확포장 (비포장,2차선), 노폭 = 18m	m	10,678,355	
	시군구 및 농어촌 도로	시군구 및 농어촌 도로	시군도	m	1,903,260	
			농어촌도로	m	899,119	
	도로 및 교량	자전거 도로	평지부 편측설치 (b=3.0)	m	401.534	
			평지부 양측설치 (b=1.5×2)	m	567.721	
			성토부 편측설치 (b=3.0)	m	539.851	
			성토부 양측설치 (b=1.5×2)	m	728.747	
			절토부 편측설치 (b=3.0)	m	597.655	
			절토부 양측설치 (b=1.5×2)	m	822.679	

공공 시설	도로 및 교량	자전거 제방도로	편측(b=3.0)	m	218,831	
			양측(b=1.5×2)	m	383,986	
		도시 자전거 도로	편측(b=3.0)	m	325,149	
			양측(b=1.5×2)	m	527,464	
		교량	Slab 교 (2차선, 폭: 10m)	m	16500808	
			Slab 교 (4차선, 폭: 19.5m)	m	28290914	
			P.C Beam 교 (2차선, 폭: 10m)	m	16127109	
			P.C Beam 교 (4차선, 폭: 19.5m)	m	28162092	
			P.C Box 교 (4차선, 폭: 19.5m)	m	31823651	
			Steel Box 교 (4차선, 폭: 19.5m)	m	48589068	
	토공		도로 사태	m ³	9798	
			침식 및 유실	m ³	24354	
	연안 침식	모래	바닷모래	유실	m ³	7000

2. 신뢰성 검증 위한 지형정밀 측량자료 구축

가. 현장 작업 일지

기간	출장지	작업내용	비고
2016.1.10.(일)	부안 고사포해수욕장	LIDAR를 이용한 나정해수욕장 시범 측정	서해
2016.1.11.(월)		LIDAR 1차 실측(30분 간격 4회 측정)	
2016.1.12.(화)		LIDAR 2차 실측(30분 간격 4회 측정)	
2016.1.13.(수)	군산대학교	LIDAR 실측자료에 GPS 실측좌표 적용 및 노이즈 제거	
2016.1.14.(목)		다른 지점에서 측정한 자료 데이터 하나로 정합	
2016.1.15.(금)		실측자료 후처리 작업	
2016.1.16.(토)	부안 고사포해수욕장	LIDAR 3차 실측 (30분 간격 4회 측정 + 해수욕장 좌우 끝 지점에서 추가 측정)	서해
2016.2.3.(수)	경주 나정해수욕장	현장 답사 및 LIDAR 시범 실측	동해
2016.2.4.(목)		LIDAR 4차 실측(강풍으로 인해 중단)	
2016.2.22.(월)		LIDAR 5차 실측(1시간 간격 3회 측정)	

나. 현장 작업 사진

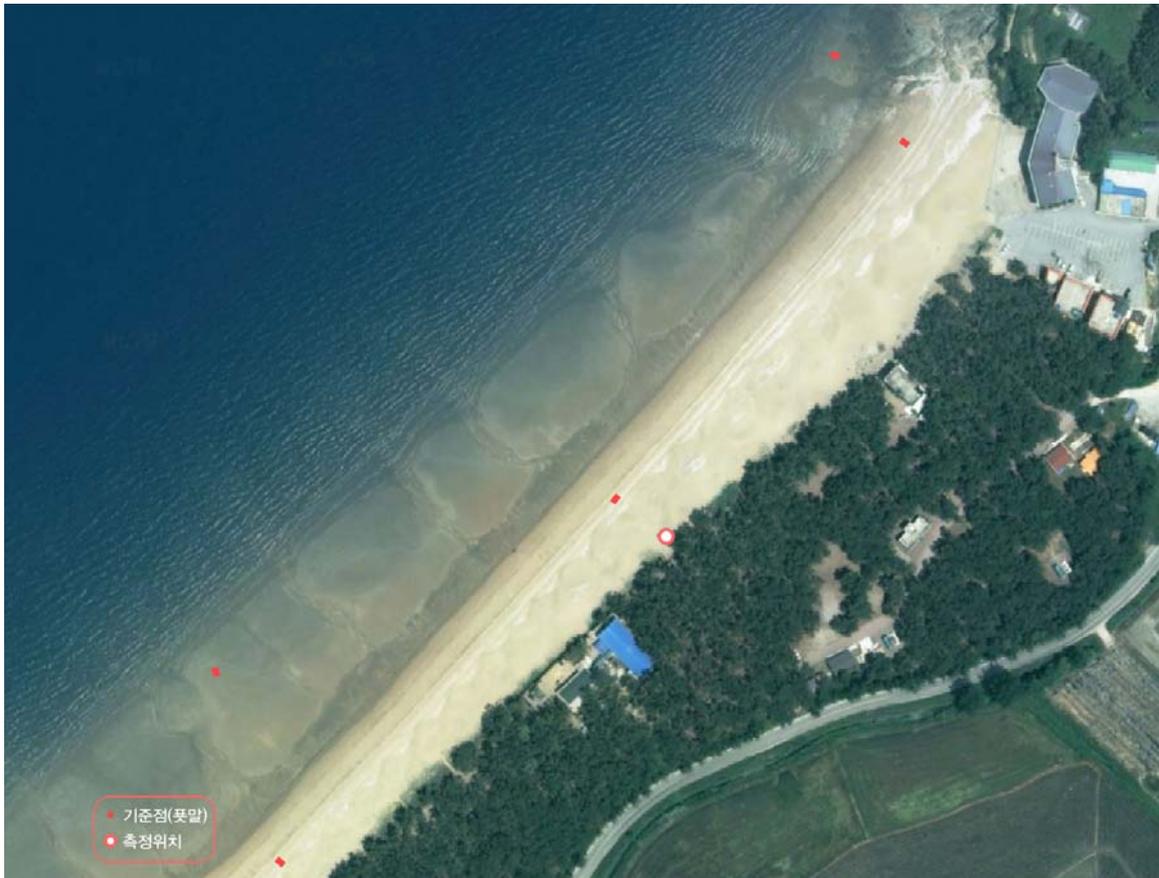
1) 지형정밀측량



나. 기준점 푯말 설치 및 GPS 좌표 측정



다. 고사포 해수욕장 기준점 및 측정 위치



라. 고사포 해수욕장 기준점 및 측정 위치



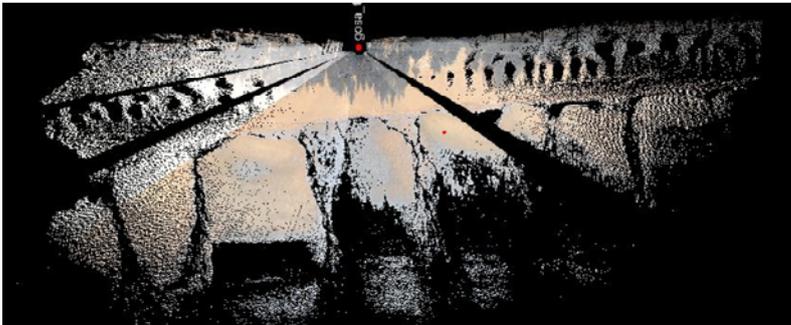
다. 측량자료보정

1) 고사포해수욕장

처리 전



처리 후



2) 나정해수욕장

처리 전



처리 후



부록 7

드론 공간정보자료의 효율적 연안관리 활용

- ▶ 개발된 공간정보관리시스템은 국지성 해안재해 대응을 우선적인 목표로 설계되었으나, 시스템 내에 간단한 추가 Tool을 적용함으로써 다양한 활용이 가능할 것으로 예상됨.
- ▶ 다음에서는 개발된 드론과 시스템의 활용성을 높이기 위해 바로 적용 가능한 활용 방안을 검토하였음.

제 1 절 연안의 공유수면 이용 관리

- ▶ 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에서 규정한 “공유수면”이란, 바다와 바닷가 그리고 하천·호소·구거 등 그 밖에 공공용으로 사용되는 수면 또는 수류로서 국유인 것을 의미⁹⁾함.
- ▶ 연안의 공유수면인 바다와 바닷가에 대한 소유권을 법률에서 별도로 규정하고 있지는 않지만 공유수면에 대한 관리 의무는 국가에게 있고 독점적 사유화가 가능하도록 다양한 이용권한을 법적으로 부여해주고 있음.
- ▶ 공유수면 점용 및 사용 허가, 매립면허, 어업권 등이 이에 해당한다.



[그림1-1] 연안의 공유수면 범위

9) “바다”란 해안선으로부터 「배타적경제수역법」에 따른 배타적 경제수역 외측한계까지의 사이를 말하며, “바닷가”란 해안선으로부터 지적공부에 등록된 지역까지의 사이를 말한다. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」제2조에 따른 공유수면이라 할 지라도 하천에 관한 법률이 적용 또는 준용되는 공유수면, 「농어촌정비법」에 의한 농업생산기반시설안의 공유수면, 「항만법」 또는 「어촌어항법」의 규정에 의한 항만시설 또는 어항시설은 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에 적용 받지 않는다.

1. 점용·사용 관리

- ▶ 공유수면 점용·사용에 대한 관리는 공유수면 관리청인 해양수산부장관(지방해양항만청장, 시·도지사 위임), 특별자치도지사, 시·군·구청장이 주관한다. 이는 특정 공유수면에 대한 독점적·배타적으로 점용·사용할 수 있도록 허용하는 것으로 시설물이 차지하는 면적 또는 사용면적에 대한 점용·사용료를 부과·징수함.
- ▶ 점용·사용 허가시 시설물의 설치는 한시적인 것으로 원상회복을 전제로 하며, 시설물 자체는 설치자가 소유할 수 있되 등기할 수 없도록 해야함.
- ▶ 이렇듯 공유수면 점용·사용은 기본적으로 원상회복을 전제로 하고 있기 때문에 허가·협의·승인을 받지 아니하거나, 허가·협의·승인 받은 면적을 초과하거나, 점용·사용 기간이 종료되었거나, 허가·협의·승인과 관계있는 사업이 폐지된 경우, 허가·협의·승인이 취소된 경우에는 점용·사용자가 자기의 책임으로 원상회복하며, 공유수면 관리청은 이를 관리하여야 함.
- ▶ 이 경우 관리청은 원상회복 책임자에게 회복을 명할 수 있고 원상회복을 하지 아니하는 경우에는 행정대집행법에 따라 원상회복 조치를 하고 그에 소요되는 비용을 점용·사용자로부터 징수 할 수 있음.
- ▶ 점용·사용 허가를 받지 아니하고 점용·사용하거나 거짓 등의 방법으로 허가를 받은 자에 대하여는 징역 또는 벌금 등의 법적조치가 가능함.
- ▶ 공유수면 관리청은 관리실태를 조사하기 위하여 취약 지구 또는 관리필요성이 인정되는 장소에 출입하여 다음의 사항을 조사, 측량하고 그 결과를 기록 유지한 후 해당 조사 결과에 근거하여 허가의 취소, 점용·사용의 정지, 장애물 등의 제거 명령, 시설물 기타 공작물의 개축·이전명령, 원상회복명령 또는 고발 등의 조치를 할 수 있음.
 - 실시계획 승인을 받거나 신고를 한 공사의 준공사항
 - 권리·의무의 이전 등에 관한 사항
 - 공유수면의 점용·사용 실태 및 관리상태
 - 금지행위에 해당하는 사항
- ▶ 이러한 공유수면 관리실태에 관한 조사에 드론을 활용하고 공간정보관리시스템을 통해 관리대장, 조사결과 기록, 보고서 작성의 지원이 가능할 것임.
- ▶ 공유수면 관리실태에 대한 조사결과는 매 반기별로 해양수산부장관에게 보고하여야 하며, 보고체계는 관리청인 지방해양항만청장은 직접, 시장·군수·구청장은 상급 지자체의 장을 경유하여 해양수산부장관에게 보고하도록 하고 있음.
- ▶ 해당 지방해양항만청장 및 시장·군수·구청장은 공유수면의 불법적인 점용·사용행위가 이루어지지 않는지 주기적으로 점검하여야 함.

- ▶ 점용·사용허가 또는 매립면허를 받은 자에 대하여 공익을 위하여 필요하거나 피허가자 등이 주어진 의무를 이행하지 아니하는 경우에는 관리청 또는 면허관청이 공히 취소권 등 감독권을 가질 수 있음.
- ▶ 매립면허는 소유권 취득을 전제로 이루어지는 권리 설정이기 때문에 그 절차 및 관리가 더욱 엄격함.
- ▶ 우선 공유수면매립기본계획에 반영이 이루어져야 하며 매립기본계획에 반영된 것만으로도 매립 예정지로서 기 설정된 권리를 제한하지 아니하는 범위 내에서 새로운 권리 설정에 대한 제한 권한을 가짐.
- ▶ 매립행위는 공유수면매립기본계획 수립·변경-공유수면매립면허-실시계획 승인-매립공사시행-준공검사 등의 절차를 거쳐 이루어지며, 매립면허는 환경영향평가 및 협의-면허신청-관계기관협의-검토-처분-고시 등의 절차를 거쳐 이루어짐.
- ▶ 준공검사는 면허관청이 감정평가업자를 지정하여 매립지가격을 평가한 것을 토대로 준공검사 후 매립지 소유권이 취득되고 해당 사항이 고시되는 절차로 이루어짐.
- ▶ 매립면허관리청은 이러한 공유수면매립기본계획부터 면허, 실시계획, 공사시행, 준공 전반에 걸친 행위를 관리함.
- ▶ 관리행위의 하나로, 매립면허관청은 다음 어느 하나에 해당하는 매립면허 또는 매립 실시계획의 승인을 취소하거나, 공유수면에 설치한 건축물·시설물 등의 소유자·점유자 또는 그 업무를 위탁받은 자에게 공사의 정지를 명하거나 기간을 정하여 건축물·시설물 등의 개축·제거·수선·사용금지·사용제한·원상회복이나 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있음.
- ▶ 매립면허관청은 매립면허 취득, 공사시행 등에 관해 부정한 방법이 사용되는 것을 관리하여야 함.

- 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 매립면허를 받은 경우
- 매립면허 취득자의 귀책사유로 매립공정이 예정공정의 수준에 이르지 못한 경우(매립공정이 전체 공정의 100분의 30미만이고 예정공정의 100분의 30미만인 경우)
- 매립면허의 부관을 정당한 사유없이 이행하지 아니한 경우
- 정당한 사유없이 매립면허 수수료를 내지 아니한 경우
- 매립실시계획의 승인을 받지 아니하고 공사를 시행한 경우
- 준공검사 전 사용허가를 받지 아니하고 매립지에 건축물, 시설물, 그 밖의 인공구조물을 설치하는 등 매립지를 사용한 경우
- 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 목적변경에 따른 확인을 받은 경우
- 관련 산업의 발전, 국가 또는 지자체의 관련계획 변경 등 공유수면과 직접 관

련된 상황의 변경으로 인하여 필요한 경우

- 매립면허에 의하여 공사의 매립실시계획의 승인을 신청하여야 할 경우 지정된 기간내에 그 신청을 하지 아니한 경우
- 매립실시계획에서 정한 공사착공일에 매립공사를 착수하지 아니한 경우
- 매립실시계획에서 정한 기간 내에 매립공사를 준공하지 아니한 경우

▶ 다음에 해당하는 자는 공유수면을 원상으로 회복시켜야 하며 매립면허관청은 원상회복 의무자가 원상회복에 필요한 조치를 하지 아니하는 경우 기간을 정하여 원상회복을 명할 수 있고 원상회복 의무자가 이를 이행하지 아니하는 때에는 행정대집행법에 따라 원상회복에 필요한 조치를 할 수 있음.

- 면허를 받지 아니하고 공유수면을 매립한 자
- 자기의 귀책사유로 매립면허가 실효·소멸되거나 취소된 자
- 매립면적을 초과한 공유수면을 매립한 자

▶ 매립면허관청은 매립공사에 대한 지도 감독을 하며, 매립면허 취득자에게 자료의 제출 또는 보고를 하게 할 수 있다. 또한 법령 위반자에 대한 벌칙 및 과태료 부과 법률에 근거해 가능함.

▶ 상기 공유수면 매립면허 허가, 이행 등에 관련 공유수면매립관청의 기능 수행에 필요한 사항들을 개발된 드론과 공간정보관리시스템을 통해 지원 가능할 것으로 판단됨.

▶ 이를 위해서는 우선 매립계획에 반영된 매립예정지에 대한 정보, 매립면허에 대한 정보가 정보시스템에 입력되어 있어야 하고 매립예정지의 경우 면허 절차 상의 내용(환경영향평가 여부, 관계기관협의, 기 설정된 권리 이외의 새로운 권리 설정 여부)과 매립면허 이후 관리실태조사에 필요한 사항(면허 이후 실시계획 승인신청 기간 준수 여부, 면허와 실시계획 내용대로 공사가 이루어지는지 여부, 적법하지 않은 매립공사 등)에 관한 사항을 개발된 드론을 통해 확인하고 해당 정보를 공간정보관리시스템을 통해 기 입력된 매립예정지 및 매립면허 등의 정보 위에 표출되도록 함으로써 공유수면 매립 관리에 활용이 가능할 것으로 봄.

▶ 특관리실태 조사시 매립예정지와 매립면허 대상지 이외의 공유수면에서 이루어지는 불법적 이용행위(불법 매립)에 대한 조사가 함께 가능할 것이며 이를 기반으로 공유수면 원상회복 조치 등을 이행케 할 수 있음.

3. 포락지 관리

- ▶ ‘포락지(浦落地)’란 지적공부에 등록된 토지가 물에 침식되어 수면 밑으로 잠긴 토지를 말한다. 포락지의 경우 개인 소유권이 인정되는 간석지로 공유수면 점용·사용 허가 대상이고 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」에 근거한 공유수면 매립의 규정을 적용받지 않음.
- ▶ 포락지인 토지의 상실된 기능을 회복하기 위해 공유수면매립의 절차를 적용받지 않고, 공유수면 점용·사용 절차를 따르면 됨.
- ▶ 이러한 포락지로 적용되기 위해서는 법에서 규정한 포락지의 요건을 충족하고 있어야 하며, 해당 포락지에 대한 공유수면 점용·사용허가를 받기 위해서는 포락지임을 증명하는 서류 등이 구비되어야 함.
- ▶ 여기서 말하는 포락지의 요건은 1) 지적공부에 등록된 소유자와 등기부상의 소유자가 서로 일치하는 곳 2)토지조성이 물리적으로 가능한 곳 3)토지의 조성에 소요되는 비용을 고려할 때 경제적 가치가 있거나 인접토지의 활용도 등을 고려할 때 토지조성이 필요하다고 인정되는 곳임.
- ▶ 개인의 소유권이 인정되는 포락지의 이용을 위해 안정적인 토지로 조성코자 할 경우 공유수면 점용·사용 허가를 신청하여야 하며 이 경우 해양수산부장관이 지정하는 대학 또는 전문연구기관¹⁰⁾이 조사하여 포락지임을 증명하는 서류를 구비하여야 함.
- ▶ 포락지 증명에 필요한 조사에는 항공사진, 위성영상, 역사적 기록 등을 토대로 하는 기초 자료조사, 해안선 변화 및 지형 특성을 파악하는 지형조사, 해저 지질 및 퇴적물 조사, 해안침식 또는 퇴적 현상에 대한 조사, 정밀위치 측정기로 조사한 지적측량 조사가 포함되며, 그 중 지형조사, 침식 및 퇴적현상 조사에 드는 활용이 가능할 것으로 판단됨.
- ▶ 이의 경우 소유자가 소유권을 행사하는데 필요한 행정 절차적인 소모를 감소시켜주고 합리적 이용을 도모케 하는데 기여할 것으로 봄.
- ▶ 포락지의 경우, 개인의 재산과 안녕을 위협할 수 있는 환경임을 전제하는 것이기 때문에 공유수면 관리청에서는 해당 포락지에 대한 실태를 파악할 필요가 있으며, 이를 토대로 포락지에 대한 관리 방안을 제시할 필요가 있는바, 해당 시스템 내에 이의 활용 또한 가능함.

10) 한국해양과학기술원, 군산대학교, 목포대학교, 제주대학교 등 4개 기관이 포락지 증명 전문기관으로 지정되어 있다.

[표1-2] 포락지 조사 및 공유수면 조사서 양식

구분	내용	공유수면 조사서	
1. 지도조사	조사지역에 대한 역사적 기록, 항공사진, 위성영상	① 성명(상호)	② 생년월일 (사업자등록번호)
2. 지형조사	가. 과거의 지형과 현재의 지형을 비교하여 해안선 변화를 조사 나. 조사지역 지반이 지진·해일·복합 등에 의해 붕괴되었음을 명백히 입증할 수 있는 자료 제시 또는 과학적 조사 다. 인근지역과 붕괴지역의 토양·일반의 동일성 확인조사 라. 필요시 인근지형에 대한 수문측량 실시	③ 주소	④ 전화번호 (-)
3. 해저지형 및 퇴적물조사	가. 조사지역의 수심측량(필요시 해면하에 잠긴 지형임을 판단할 수 있는 수심 및 해저지형 조사) 나. 매서사실 또는 퇴적물을 표본채취하여 시험편을 여부를 확인 · 조사(필요시 해당지역 토석의 층서 또는 부정합면의 조사)	⑤ 면적(가능자실명)	⑥ 전화번호 (-)
4. 침식 및 퇴적현상 조사	해수의 장기적 유동에 의해 해안의 침식 또는 퇴적하는 현상조사(조사구역 주변의 지형고개 측량, 필요시 수면하에 잠긴지역을 수심측정에 의한 지형조사 및 조류·해류·파랑 등의 조사)	⑦ 조사년월일	⑧ 조사자
5. 지적측량조사	가. 지적도에 사용된 좌표계에 의해 정밀위치 측정기로 정확한 위치를 조사하여 지적도의 오류여부를 조사 나. 조사지역의 측량기준점에 의해 새로 측정한 성과와 지적성과를 비교하여 필요한 연역과 경계를 조사(조사지역 토지의 경계 측량을 포함한다)	년월일	직급 성명 (서명 또는 인)
포락지 조사 증명방법의 예시		조사 및 검토사항	
		의견	
		1. 결동·사용의 유형 2. 결동·사용신장지역 및 주변해역의 특성 3. '공유수면 관리 및 매립에 관한 법률', '항만법', '어촌·어항법' 적용대상 여부 4. 동의를 받아야 할 관리자의 유무 5. 연안통합관리계획 및 연안관리지역계획 등 다른 국가계획과의 적합성 6. 결부사항의 구비여부 7. 관계기관과 협의할 사항 및 협의대상기관 8. 실시계획승인(신고)대상 9. 평상침복의 용이성 및 평상침복계획(실제도서에 평상침복비용 반영여부 등 검토) 10. 그 밖의 공유수면의 효율적 이용·관리에 지장이부 11. 결동·사용허가 신청에 대한 검토의견 등	
포락지 조사 증명방법의 예시		공유수면 조사서	

제 2 절 바닷가 및 자연해안관리

1. 바닷가 관리

- ▶ ‘바닷가’란 해안선으로부터 지적공부에 등록된 지역까지의 사이를 말하며, 바닷가는 연안육역과 해역의 연결성에 있어 핵심적인 가치를 가지는 공간적 영역으로 1)바닷가 실태조사, 2)바닷가 조사 및 측량, 3)유형 구분, 4)유형별 바닷가 관리, 5)주기적 점검 및 관리(연2회)를 통해 관리가 이루어짐.
- ▶ 먼저, 바닷가 실태조사와 바닷가 조사 및 측량은 바닷가 수량 및 면적을 확정하는 것으로 해양수산부가 직접 실시하고 그 결과를 공유수면 관리청에게 통보하며, 이 결과에 따라 해양수산부장관은 해당 바닷가를 자연바닷가(자연적으로 형성된 바닷가로 인공구조물 등이 설치되어 있지 않은 해안), 이용바닷가(인공적으로 형성되어 토지적, 수면적 이용이 이루어지고 있는 해안), 토지등록가능바닷가(법정 개발계획에 의해 추진되었으나, 공사 이후 토지등록을 못하였거나 미뤄 온 도로와 육지에 연결·설치하여 토지성격이 강한 물양장)의 3가지 유형으로 바닷가 유형을 구분하고 그에 부합하는 관리조치를 행함.
- ▶ 관리조치가 어떻게 이루어지는지 살펴보면, 자연바닷가의 경우 검토를 통해 필요한 지역에 연안완충공간을 설정한다든지, 자연해안관리목표제와 연계하여 지자체에서 관리하도록 함.

- ▶ 이용바닷가의 경우 공유수면 관리 제도와 연계하여 적법한 회복 또는 원상회복 등의 조치를 행하며, 토지등록가능 바닷가의 경우 추가조사 후 국유지 등록 등의 토지 등록을 추진함.
- ▶ 바닷가 관리에 드른 기반 공간정보관리시스템을 활용하는 것은 2가지 차원에서 가능할 것으로 봄.
- ▶ 첫번째는 해양수산부가 실하는 바닷가 조사 및 측량과 유형관리를 위한 바닷가 관리대장 관리에 활용 가능함.
- ▶ 해양수산부는 '06년 바닷가실태조사를 착수하였으며 '14년까지 약 16백만㎡의 바닷가를 조사하였으며, 이는 바닷가 관리에 대한 제도적 기반이 마련되지 않은 상태에서 해당 조사를 실시하였다는 한계를 전제하고서도 물리적으로 상당히 오랜 조사 및 측량 기간을 소요함에 따라 전 해안에 대한 조사가 완료되기 전에 해안선 및 지도자료의 변화, 바닷가 이용 실태의 변화 등이 상당 부분 이루어짐. 그만큼 조사결과에 대한 신뢰도와 객관성은 낮아지고 활용도도 저하했다고 평가할 수 있음.
- ▶ 이러한 바닷가 조사의 내용 중 지형조사, 이용형태 조사 등에 드론을 활용함으로써 정밀하면서도 시간, 비용적 절감을 얻을 수 있을 것으로 보여짐.
- ▶ 연속지적도, 위성영상, 국립해양조사원의 해안선조사 자료를 중첩하여 바닷가를 추출하고 드론을 통해 확보한 자료를 통해 해당 추출한 바닷가에 대한 이용실태를 판단할 수 있음.
- ▶ 기존의 바닷가 유형 구분시에는 바닷가 심사단이 직접 해당 지역을 방문하여 평가하는 방식을 거쳤는데, 이 또한 드론을 통해 바닷가 이용실태를 토대로 기본 평가가 가능할 것으로 판단됨.
- ▶ 해양수산부가 정하는 바닷가 관리 유형에 따라 공유수면 관리청은 관리행위를 하여야 하며 모니터링 및 주기적 점검을 연 2회 실시하고 해당 내용을 해양수산부장관에게 보고하여야 함.
- ▶ 개발된 공간관리정보시스템은 바닷가 현황 및 관리유형 정보를 관리하고 모니터링 및 주기적 점검 결과에 따른 보고자료 작성까지 연동될 수 있도록 함으로써 공유수면 관리청의 업무지원에 두 번째 활용이 가능할 것으로 보여짐.

2. 자연해안 관리

- ▶ '자연해안'이란 인공구조물이 없이 자연상태를 유지하고 있는 간조수위선으로부터 지적선까지 사이를 말함.
- ▶ 연안관리법 제32조에서는 자연해안의 훼손을 방지하기 위하여 '자연해안관리목표제'를 운영하도록 규정하고 있으며, 이는 해당 지자체로 하여금 자연해안의 현황을

파악하고, 법정계획에 반영된 훼손예정 자연해안 등을 고려하여 지역의 자연해안관리 목표 물량을 설정하고 그 범위 내에서 연안 이용 및 개발행위를 관리토록 하는 제도임.

- ▶ 자연해안관리목표제의 적용을 위해서는 해안의 현황을 파악하는 것이 중요한데 해안현황을 파악하는 것은 국립해양조사원이 조사한 해안선 자료, 국토지리정보원이 제공하는 수치지형도, 연속지적도를 중첩 분석하여 단위해안을 추출하고 해당 단위해안에 대한 자연성 여부를 판단하여 자연해안, 인공해안으로 구분하는 것임.
- ▶ 해안현황에 대한 조사는 해당지자체가 연안관리법에 근거한 연안관리지역계획을 수립할 때에 이루어지는데, 조사 및 조서 작성, 자연해안 물량 계산, 목표량 산출 등에 상당한 시간과 노력이 요구됨.
- ▶ 연안관리지역계획이 자연해안관리에 관한 사항 외에 해당 연안의 용도해역 및 기능구, 연안정비사업, 공유수면매립, 세부관리방향 등을 결정하는 계획임을 감안할 때, 내용 대비 자연해안 현황 조사에 대한 소요가 큼.
- ▶ 개발된 드론을 통해 해안 현황 및 자연해안의 상태를 조사하고 이를 공간정보관리 시스템을 통해 해안현황도(해안을 자연바닷가, 자연해안선, 인공바닷가, 인공해안선, 간석지로 구분하여 표시한 도면)에 표출하고, 자연해안관리도(해안현황도에 예정된 해안훼손 수요를 표기한 도면)를 작성하여 관리대장으로 활용하도록 할 수 있음.
- ▶ 개발된 공간관리정보시스템에서의 자연해안 관리는 상기 활용방안으로 제시되었던 공유수면 관리, 공유수면 매립 관리, 바닷가 관리 등과 연계가 가능함.

[표2-1] 보고서 작성 예시

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>예시</th> <th>채색</th> <th>표시방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>계획범위</td> <td></td> <td>외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0) 사선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)</td> <td>외곽선 : 1mm 실선 사선 : 0.1mm 실선 - Angle:45° - 사선간격:5mm</td> </tr> <tr> <td>계획대상지 미확정 수요지</td> <td></td> <td>외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)</td> <td>외곽선 : 1pts 점선 사선 : 1pts 점선 - Angle:45° - 사선간격:5mm</td> </tr> <tr> <td>개발구역 변호</td> <td>계획-1</td> <td>외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)</td> <td>글꼴 : 등굣체, 진하 계 크기 : 20p</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">범례</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>자연해안선</td> </tr> <tr> <td></td> <td>인공해안선</td> </tr> <tr> <td></td> <td>지하선</td> </tr> <tr> <td></td> <td>개발계획범위(대상지확정)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>개발계획범위(대상지확정)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>자연보호지구</td> </tr> <tr> <td></td> <td>인공보호지구</td> </tr> <tr> <td></td> <td>간척지</td> </tr> <tr> <td></td> <td>해역</td> </tr> </tbody> </table>	구분	예시	채색	표시방법	계획범위		외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0) 사선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)	외곽선 : 1mm 실선 사선 : 0.1mm 실선 - Angle:45° - 사선간격:5mm	계획대상지 미확정 수요지		외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)	외곽선 : 1pts 점선 사선 : 1pts 점선 - Angle:45° - 사선간격:5mm	개발구역 변호	계획-1	외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)	글꼴 : 등굣체, 진하 계 크기 : 20p	범례			자연해안선		인공해안선		지하선		개발계획범위(대상지확정)		개발계획범위(대상지확정)		자연보호지구		인공보호지구		간척지		해역
구분	예시	채색	표시방법																																		
계획범위		외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0) 사선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)	외곽선 : 1mm 실선 사선 : 0.1mm 실선 - Angle:45° - 사선간격:5mm																																		
계획대상지 미확정 수요지		외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)	외곽선 : 1pts 점선 사선 : 1pts 점선 - Angle:45° - 사선간격:5mm																																		
개발구역 변호	계획-1	외곽선 : 검정색(Black) (HTML:000000, R:0, G:0, B:0)	글꼴 : 등굣체, 진하 계 크기 : 20p																																		
범례																																					
	자연해안선																																				
	인공해안선																																				
	지하선																																				
	개발계획범위(대상지확정)																																				
	개발계획범위(대상지확정)																																				
	자연보호지구																																				
	인공보호지구																																				
	간척지																																				
	해역																																				
<p>해안 현황도 작성 예시</p>	<p>자연해안관리도 작성 예시</p>																																				
<p>단위해안조서 예시</p>	<p>현장확인 조서 예시</p>																																				

제 3 절 방치선박 관리

- ▶ 방치선박이란, 1)관계 행정기관에 휴업 또는 계선신고를 하고 신고기간이 만료된 날 부터 1년이 경과하도록 운항하지 아니하고 계류중인 선박, 2)공유수면매립 간척사업 등과 관련하여 폐업보상을 받고 계류 중인 선박, 3)선박 또는 어선등록이 말소된 후 선체의 해체·처리 등의 조치를 하지 아니한 선박, 4)그 밖에 전복·침몰·방치 또는 계류된 선박으로서 공유수면의 보호 및 효율적인 이용을 저해하거나 공유수면을 오염시킬 우려가 있다고 공유수면 관리청이 인정하는 선박을 의미함.
- ▶ 방치선박의 관리는 「해양환경관리법」 제111조에 따른 방치된 선박의 해체 및 처리에 관한 규정과 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제6조에 따른 방치된 선박 등의 제거에 관한 규정에 기반하여 이루어짐.

- ▶ 전자의 경우 폐기물로서 방치선박 자체에 대한 처리를 관리하는 내용으로 볼 수 있으며, 후자의 경우 공유수면의 깨끗하고 안전한 상태로의 관리를 위해 방치선박을 제거하고 해당 공유수면을 관리하는데 목적이 있음.
- ▶ 후자의 경우 공유수면관리청은 방치선박 소유자 또는 점유자에게 방치선박의 제거를 명하기 위해 해당 방치선박에 대한 조사를 하고 해당 방치선박 등의 상태 및 발견장소, 해당 방치선박 등으로 인한 해양사고 및 수질오염의 발생가능성, 공유수면관리.이용의 지장 여부 등의 상황을 고려하여 판단하여야 함.
- ▶ 공유수면 관리청은 공유수면 관리실태 조사 및 보고서 작성시 방치선박에 대한 사항을 포함하여 조사하고 해당 내용을 보고서에 포함하여 작성하고 실태 및 조치 결과 등을 해양수산부장관에게 보고하여야 함.

[표2-2] 공유수면 관리 및 매립에 관한 업무처리규정 양식

[관리번호 년 호] 방치선박조사서				[발견 개3호서식] 방치선박관리대장						
선박제명	선명(명칭)		선박(여선)번호		소유자(점유자)	발견장소	방치선박 확인일	제거일	비고	
	선격(항)		출몰수							
선박소유자 (점유자)	선명(선종)		주요계수		성명	주소				
	성명(상호)		생년월일 (사업자등록번호)							
조사사항	주소	(선택제 :)			조사결과					
	선박의 상태	<ul style="list-style-type: none"> 이해사항 등에 대하여 기록 기판 및 주요장비의 작동실태 선체, 기관, 기타 각종설비의 부식정도 주요장비등의 오실여부 선박(여선)으로서 사용가능 여부 등 								
	발견장소									
	형태	• 전복·침몰·방치·계류등의 형태								
	담보설정 사항	• 공용기관 명칭, 담보설정 및 금액등을 기록								
	해양사고, 수질오염의 발생 가능성 여부									
	공유수면의 환경·이용목적 지장 유무									
해상교통의 지장 여부										
기타	• 방치사유, 방치추정기간, 목적지의 증언 등									
조사결과	• 방치선박으로 제거대상여부 및 그 사유									
작성일자	소속 직급	작성일 : 년 월 일	성명	(서명 또는 인)						
방치선박조사서				방치선박관리대장						

- ▶ 공간정보관리시스템에 방치선박 관리대장을 추가하여 방치선박의 위치(발견장소, 현 위치), 소유자, 방치선박 확인일 등을 입력하고 방치선박 조사결과 및 조사결과에 따른 조치 여부를 드론을 활용해 확인하고 공간정보관리시스템 상의 방치선박 관리대장과 함께 그 결과를 표출할 수 있도록 함으로써 활용가능함.
- ▶ 방치선박에 대한 조사의 내용은 부식정도, 주요 장비의 유실정도, 선박의 사용가능성 여부, 해양사고 및 수질오염 가능성 여부, 공유수면 관리 및 이용에의 지장여부, 해상교통 지장 여부 등을 의미함.

주 의

1. 이 보고서는 미래창조과학부에서 시행한 정보통신·방송 기술개발사업의 최종보고서이다.
2. 이 기술개발 내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 미래창조과학부에서 시행한 정보통신·방송 기술개발사업의 기술개발결과임을 밝혀야 한다.