국토교통부

보고서번호 ARAIB/UAR2211

초경량비행장치사고 조사보고서

제자리 비행 중 뒤로 밀리면서 사람과 접촉 후 추락

스카이워커(개인사업자)

초경량비행장치(무인멀티콥터) INSPIRE 2

경기도 여주군 대신면 당산리 443, 도로

2022. 8. 12.

2022. 12.

국토교통부

항공철도사고조사위원회

Aviation and Railway Accident Investigation Board

이 초경량비행장치사고 조사보고서는 대한민국 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제25조에 따라 작성되었다.

대한민국 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제30조에는

"사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분절차, 또는 행정쟁송절차와 분리·수행되어야 한다." 라고 규정하고 있으며,

국제민간항공조약 부속서 13, 3.1항과 5.4.1항에는

"사고나 준사고 조사의 궁극적인 목적은 사고나 준사고를 방지하기 위함이므로 비난을 하거나 책임을 묻기 위한 목적으로 사용하여서는 아니 된다. 비난을 하거나 책임을 묻기 위한 사법적 또는 행정적 소송절차는 본 부속서의 규정하에 수행된 어떠한 조사와도 분리되어야 한다." 라고 규정하고 있다.

그러므로 이 보고서는 항공 안전을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용하여서는 아니 된다.

초경량비행장치사고 조사보고서

항공·철도사고조사위원회, 제자리 비행 중 뒤로 밀리면서 사람과 접촉 후 추락, 경기도 여주군 대신면 당산리 443 도로, (INSPIRE 2, S7335C), 2022.8.12., 초경량비행장치 사고조사보고서 ARAIB/UAR2211, 대한민국 세종특별자치시

대한민국 항공 · 철도사고조사위원회는 독립된 항공 · 철도사고조사를 위한 정부기구이며, 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 및 「국제민간항공조약」 부속서 13의 규정에 따라서 사고조사를 수행한다.

항공 · 철도사고조사위원회의 사고 또는 준사고 조사의 목적은 비난을 하거나 책임을 묻고자 하는 것이 아니라 유사 사고 및 준사고의 재발을 방지하고자 하는 것이다.

주 사무실은 세종특별자치시에 있다.

주소: 세종특별자치시 가름로 232 세종비지니스센터 A동 604호
우편번호 30121
전화: 044-201-5447
팩스: 044-201-5698
전자우편: araib@korea.kr
홈페이지: http://www.araib.go.kr

차 례

1. 제목: 제자리 비행 중 뒤로 밀리면서 사람과 접촉 후 추락 ····· 1

2. 개요 ····· 1

3. 사실 정보 ····· 2

3.1 비행 경위 ····· 2

3.2 인명피해 ····· 3

3.3 초경량비행장치 손상 ····· 3

3.4 기타 손상 ····· 4

3.5 인적 사항 ····· 4

3.5.1 조종자 ····· 4

3.5.2 인명 피해자 ····· 4

3.6 초경량비행장치 정보 ····· 4

3.6.1 INSPIRE 2 일반제원 ····· 5

3.6.2 기체 신고 및 안전성 인증검사 ····· 5

3.7 기상 정보 ····· 6

3.8 비행기록자료 ····· 7

3.8.1 영상자료 ····· 7

3.8.2 기체 저장 자료 ····· 7

3.9 잔해 및 충격 정보 ····· 7

3.10 생존 및 구조 활동 ····· 8

3.11 조직 및 관리정보 ····· 8

3.12 추가 정보 ····· 8

3.12.1 뮤직비디오 촬영 ····· 8

3.12.2 비행 공역 및 항공 촬영 ····· 8

3.13 관련자 진술 ····· 9

3.13.1 목격자 진술 ····· 9

3.13.2 조종자 진술 ····· 10

3.13.3 사고 피해자 진술 ····· 10
3.14 조종자 준수사항 및 기체 육안 확인 ····· 10

4. 분석 및 결론 ····· 12
4.1 분석 ····· 12
4.1.1 일반사항 ····· 12
4.1.2 조종자의 드론 조종 경험 ····· 12
4.1.3 기상상태 ····· 13
4.1.4 비행기록 분석 ····· 14
4.1.4.1 비행 분석 ····· 14
4.1.4.2 배터리 전압 ····· 14
4.1.4.3 기체 GPS 수신상태 ····· 16
4.1.4.4 지구자기장 지수 ····· 16
4.1.4.5 비행 정보 ····· 17
4.1.4.6 비행경로 ····· 19
4.1.5 조종자 비상절차 ····· 20
4.1.6 조종자 기체 관측 및 준수사항 ····· 21
4.2 조사결과 ····· 22
4.3 원인 및 기여요인 ····· 23

5. 안전권고 ····· 23
5.1 한국교통안전공단에 대하여 ····· 23

표 차례

[표 1] INSPIRE 2의 일반제원 ····· 5
[표 2] 기상청 관측자료 ····· 6

그림 차례

[그림 1] 사고 현장 지도 및 위치 ····· 3
[그림 2] 기체 이동 경로(CCTV 녹화) ····· 7

[그림 3] 조종자 활용 기상관측 자료(Windy pro) ····· 13
[그림 4] 기체 프로그램 기상자료 ····· 13
[그림 5] 시간대별 배터리 전압 ····· 14
[그림 6] 시간대별 배터리 전압 편차 ····· 15
[그림 7] 시간대별 배터리 잔량 ····· 15
[그림 8] 비행 구간 GPS 수신상태 ····· 16
[그림 9] 지구자기장 지수 ····· 17
[그림 10] 비행시간별 정보 사항 ····· 18
[그림 11] 기체 비행경로 ····· 19
[그림 12] 조종자 기체 조작 ····· 20

1. 제목: 제자리 비행 중 뒤로 밀리면서 사람과 접촉 후 추락

ㅇ **운영자**: 스카이워커(개인사업자)
ㅇ **제작사**: 중국 DJI[1]사
ㅇ **형 식**: INSPIRE 2 (무인멀티콥터)
ㅇ **신고번호**: S7335C
ㅇ **발생장소**: 경기도 여주군 대신면 당산리 443 인근도로
(37°21′43.2828″N, 127°34′15.0348″E, ELE 108 Ft)
ㅇ **발생일시**: 2022년 8월 12일 08:40(한국표준시각)[2]

2. 개요

ㅇ **사고내용**

2022년 8월 12일 08:40경, 조종자는 경기도 여주군 대신면 당산리 도로 위에서 뮤직비디오 촬영을 위해 초경량비행장치 무인멀티콥터(이하 "드론" 이라 한다) 테스트 비행 중이었다. 조종자는 주위 사물과 배경 인물을 중심으로 촬영을 위해 현장에서 항공 촬영 테스트 비행으로 드론을 이륙시켰다.

조종자는 영상 촬영 모니터를 보면서 테스트 비행 중, 기체 후방에 대역으로 서 있던 인원을 확인하지 못한 상태로 기체가 뒤로 밀리면서 지상 인원의 얼굴 부위와 접촉 후 추락하였다.

ㅇ **피해사항**: 인원 1명 중상, 드론 프로펠러 및 착륙장치 파손

ㅇ **사고원인**: 조종자가 드론을 조종 중 시선을 영상 촬영 배경에 집중하여, 드론 위치변화를 통제 및 확인하지 못하여 지상 인원과 접촉

ㅇ **안전권고**: 한국교통안전공단 1건

1) DJI Technology Co., LTD(DJI, 대강창신과기유한공사)는 드론을 생산하는 회사로 중국 광둥성 선전에 본사가 있음
2) 본 보고서의 모든 시간은 24시를 기준으로 한 한국표준시간 임

3. 사실 정보

3.1 비행 경위

ㅇ **비행지역**: 경기도 여주군 대신면 당산리 인근

ㅇ **추락사고 발생지점**: 경기도 여주군 대신면 당산리 443번지 도로

ㅇ **비행 경위**

2022년 8월 12일 08:00경, 조종자는 촬영 현장에 도착하여 영상, 방송통신 등의 업태와 무인항공촬영업 등의 종목으로 사업자등록 된 본인 소유의 드론으로 뮤직비디오 촬영 테스트 비행 준비를 하였다.

08:20경, 기체에 프로펠러와 카메라 장착, 08:25경, 기체의 GPS 수신 상태 점검, 기체와 조종기의 연결 여부를 확인 후 기체 이상 유무 확인을 위한 테스트 비행을 약 2분간 실시 후 착륙하였다.

08:35경, 조종자는 카메라 녹화는 하지 않은 상태에서 촬영 테스트 비행을 위한 기체를 이륙시켰고, 이때 뮤직비디오의 주인공 대신 사전 연습을 위해 직원 1명을 도로 위에 위치하였다.

조종자는 기체를 고도 약 344ft 상공까지 상승, 약 255ft를 수평으로 이동 후 제자리 비행, 그리고 고도를 강하하여 약 6~13ft 상공에서 약 3분간 제자리 비행을 하는 도중 08:40경 주인공 대역 지상 인원을 충격 후 추락하였다.

지상 인원은 회전하는 기체 프로펠러와 충돌하는 과정에서 얼굴 부위 눈과 이마 충격으로 중상을 입었고, 기체의 프로펠러와 착륙장치가 파손되었다.

사고 현장의 지도 및 위치는 [그림 1]과 같다.

[그림 1] 사고 현장 지도 및 위치

3.2 인명피해

이 사고로 지상에서 주인공 대역 역할로 위치한 인원 1명이 드론의 회전하는 프로펠러로 얼굴과 부딪혀 원주 연세세브란스병원으로 이송되었다.

조종자는 영업배상 책임보험[3]으로 기체 배상, 대물, 대인 보험에 가입하였고, 유효기간 내 유지하고 있었다.

3.3 초경량비행장치 손상

드론은 추락하면서 지면과 충격으로 프로펠러와 착륙장치가 파손되었다. 조종자는 파손된 기체를 바로 중국의 기체 정비업체로 운송하여 수리하였고, 파손된 기체는 확인할 수 없었으나, 수리된 내용은 확인되었다.

3) 보험: 삼성화재, 기간: '22.4.19~'23.4.19, 배상: 대인(인당 1.5억, 사고당 1억), 드론 배상(사고당 1.5억)

3.4 기타 손상

기타 손상은 없었다.

3.5 인적 사항

3.5.1 조종자

조종자는 (남, 80년생) 유효한 조종자자격증명서[4]를 보유하고 있었다. 조종자는 2019년 7월 24일부터 7월 26일까지 3일, 19시간의 초경량비행장치 「조종교육교관과정」을 이수, 한국교통안전공단에 초경량비행장치(무인멀티콥터) 지도조종자로 등록[5]하였다.

한국교통안전공단에 등록된 조종자의 총 비행시간은 103시간이었다. 조종자는 스카이워크 개인사업자 대표로서, 조종자의 진술에 의하면 약 1,000회 정도의 드론 조종 경험을 보유하고 있다고 하였다.

3.5.2 인명 피해자

사고자는 (남, 96년생) 연출 총감독의 책임하에 있던 직원으로 사전 테스트 비행을 위해 뮤직비디오 주인공 위치에서 대역 역할을 하고 있었다.

3.6 초경량비행장치 정보

무인멀티콥터는 항공안전법 시행규칙 (제5조. 초경량비행장치 기준), (5호. 무인비행장치), (가. 무인동력비행장치)에 속한 사람이 탑승하지 아니하는 무인비행장치로 연료의 중량을 제외한 자체중량이 150kg이하의 초경량비행장치에 포함되어 있다.

4) 초경량비행장치 무인멀티콥터 1종 조종자 증명(자격번호: 91-015020, 취득일: '2018.10.25. 한국교통안전공단)
5) 초경량비행장치 무인멀티콥터 지도조종자(발행일: '2019.8.19. 한국교통안전공단)

조종자가 운용한 초경량비행장치는 기체 자체중량(프로펠러, 2개 배터리 포함) 3.44kg, 카메라(짐벌 포함 일체형) 460g, 카메라 렌즈 130g으로 총중량은 4.03kg의 무인멀티콥터이다.

3.6.1 INSPIRE 2 일반제원

INSPIRE 2의 일반제원은 [표 1]과 같다.

제작사	DJI(중국)	기체무게	3,440g(배터리 포함)
최대반경	605mm(프로펠러제외)	최대 속도	94kph
최대 풍속 저항	10m/s	최대 하강속도	수직 4m/s 기울림 4~9m/s
최대 비행고도	5,000m (3.1mi) 2,500m (1.55mi)	최대 비행시간	약 23~27분

[표 1] INSPIRE 2의 일반제원

3.6.2 기체 신고 및 안전성 인증검사

초경량비행장치는 무인동력비행장치로 정상적으로 서울지방항공청에 신고[6] 되었고, 항공사업법 제6조 및 항공안전법 141조에 따라 초경량비행장치사용사업의 사진촬영 사업범위로 서울지방항공청에 등록[7]되었다.

6) 신고번호 : S7335C, 제작자 및 제작번호: DJI/0A0LDBS00300BT, 신고일자: 2018.3.14
7) 상호명: 스카이워커, 등록번호: 제2014-8호, 등록일자: 2014.3.4

초경량비행장치를 사용하려는 사람은 해당 장치가 비행 시 안전을 위한 기술기준에 부합하는지 확인하는 안전성 인증검사를 통과해야 한다.

항공안전기술원에서 시행하는 안전성 인증검사는 자체중량 150kg 이하인 무인동력비행 장치 중 최대이륙중량 25kg을 초과하는 장치로 드론을 운용하려면 인증검사를 받아야 한다. 그러나 본 기체의 배터리 포함 자체무게는 3.44kg으로 안전성 인증검사[8]는 필요하지 않았다.

무인멀티콥터 자격증명은 1,2,3,4종으로 구분[9]되어 있으며, 조종자 증명 종류별 업무범위[10]는 별도로 정해져 있다. 운영된 기체는 3.44kg으로 최대이륙중량 2kg을 초과하고 7kg이하인 무인멀티콥터 업무범위에 포함되어 무인멀티콥터 3종 이상의 자격보유를 하고 있어야 한다. 조종자는 무인멀티콥터 1종 조종자 증명을 보유하고 있었으며, 한국교통안전공단에 지도조종자로 등록되어 있었다.

3.7 기상 정보

항공기상청 여주지역의 매분 관측 기상자료에 따르면, 기상 현황은 [표 2]와 같이 풍향은 290도 방향에서 평균풍속은 1.4m/s로 불었다.

[매분관측자료] 대신 574 (37m) / 2022.08.12.08:40 / 경기도 여주시 대신면 초현리

시:분	강수	강수15	강수60	강수3H	강수6H	강수12H	일강수	기온	풍향1		풍속1(m/s)	풍향10		풍속10(m/s)	습도	해면기압
08:40	○	0	0	0	0	0	0	24.7	290.1	WNW	1.4	282.6	WNW	1.4	93	1007.4
08:39	○	0	0	0	0	0	0	24.4	284.3	WNW	1.5	283.2	WNW	1.4	92	1007.4
08:38	○	0	0	0	0	0	0	24.4	289.8	WNW	1.4	284.2	WNW	1.5	93	1007.3
08:37	○	0	0	0	0	0	0	24.3	287.6	WNW	1.2	285.1	WNW	1.5	93	1007.3
08:36	○	0	0	0	0	0	0	24.2	276.7	W	1.5	286.7	WNW	1.5	93	1007.3
08:35	○	0	0	0	0	0	0	24.3	269.8	W	1.2	289.7	WNW	1.5	93	1007.2
08:34	○	0	0	0	0	0	0	24.1	277.2	W	1.4	292.7	WNW	1.6	93	1007.2
08:33	○	0	0	0	0	0	0	24.1	276.2	W	1.4	296.4	WNW	1.6	93	1007.3

[표 2] 기상청 관측자료

8) 항공안전법 시행규칙 제305조제1항제4호가목에 의거하여 최대이륙중량이 25kg을 초과하지 않으므로 항공안전기술원의 안전성 인증검사가 필요하지 않음
9) 항공안전법 시행규칙 제306조제4항
10) 한국교통안전공단 무인비행장치 조종자 증명 운영세칙 별표1 조종자 증명 종류별 업무범위

3.8 비행기록자료

3.8.1 영상자료

사고 인근에는 여주시청에서 운영하는 폐쇄회로(CCTV)가 평상시 사고 방향으로 위치되어 있었다. 그러나 전일 하천 범람을 우려하여 카메라 각도 방향을 하천 방향으로 전환하여 단지 이륙 및 이동 장면만 녹화되어 있었다. 비행 당시 현장 및 기체 이동 경로는 [그림 2]와 같다.

[그림 2] 기체 이동 경로(CCTV 녹화)

3.8.2 기체 저장 자료

기체에는 비행에 관련된 모든 자료가 기록되어 있었다. 위원회에서는 기체 비행 저장된 자료를 확보하여 분석하였다.

3.9 잔해 및 충격 정보

기체는 추락 되면서 프로펠러와 착륙장치 일부가 파손되었다.

3.10 생존 및 구조 활동

사고 발생 신고는 8.12. 08:41분, 경기도 소방본부 상황실로 접수되었다. 구급 출동을 지령받은 여주소방서 대신 119지역대는 08:43분 출동하여 08:50분에 사고 현장에 도착하였다. 현장에 도착한 구급 대원들은 환자 응급치료를 하고, 08:58분 사고 현장을 출발, 강원도 원주 연세세브란스병원에 09:38분 도착하였다.

사고자는 원주 연세세브란스병원에서 1차 응급진료를 받고, 정밀 진료를 위해 서울 연세 강남세브란스 병원으로 이송되어 추가 진료 및 수술이 진행되었다.

소방대원에 따르면, 현장에 도착했을때 환자의 우측 눈 주위에는 열상이 관찰되었고, 우측 시야가 명확히 보이지 않는다고 환자로부터 의견을 청취하였다.

3.11 조직 및 관리정보

드론 조종자는 스카이워크 회사의 개인사업자로 등록되어 있었다.

3.12 추가 정보

3.12.1 뮤직비디오 촬영

현장에는 뮤직비디오를 촬영하기 위해 연출, 촬영 등 각각의 분야별로 구성된 약 45명의 인원들이 현장에 있었으며, 뮤직비디오 주인공은 현장에 도착 전이었다. 드론 비행은 실제 메인 영상 촬영을 하기 전에 구도 등을 확인하기 위해 사전 테스트 비행 중이었다.

3.12.2 비행 공역 및 항공 촬영

조종자가 기체를 운영한 비행 구역은 G공역[11] 150m미만 운영으로 비행

승인이 불필요한 지역이었다. 따라서, 조종자는 서울지방항공청에 비행 승인 요청을 별도로 하지 않았다.

기체에 카메라를 장착하고 비행 또는 항공 촬영을 위해서는 국방부 항공 촬영지침서에 따라 사전 허가를 받고 운용[12]하도록 하고 있다. 조종자는 카메라 장착 및 항공 촬영에 대한 사전 허가신청은 하지 않은 상태로 비행하였으나, 비행지역은 군사시설보호지역과는 무관한 지역으로 확인되었다.

최근 항공 촬영지침서가 일부 개정[13]되어 군사시설보호지역 이외에서의 항공 촬영 허가에 대한 내용은 삭제되었다. 비행 승인과 항공 촬영 허가에 대한 내용은 비행계획서 제출 드론 원스톱 서비스[14] 서울지방항공청과 국방부 담당자를 통해 확인되었다.

3.13 관련자 진술

3.13.1 목격자 진술

목격자는 드론 비행시 사고 위치에서 가장 가까운 곳에서 위치한 촬영팀 직원으로 조종자가 드론을 날리기 시작하자 드론을 확인하기 위해 주인공 대역으로 서 있던 직원 근처에서 드론을 확인하고 있었다.

“드론은 한 지점 상공에서 제자리 비행하여 있다가 강하하여 도로에 서 있던 직원의 눈높이까지 내려왔다. 그리고 갑자기 직원 방향으로 돌진하였고, 직원은 가까워진 드론 프로펠러 소리에 뒤를 보는 순간 드론의 프로펠러에 부딪혔다.”라고 진술하였다.

11) 비관제 공역으로 비행정보업무만 제공
12) ‘20.12.7 개정
13) ‘22.12.1 개정
14) 초경량비행장치 사용사업등록, 신고는 2022.12.8.일 교통안전공단으로 이관, 비행승인 신청은 유지

3.13.2 조종자 진술

조종자는 ”08:00경 현장에 도착하여 기체 외부점검 및 약 2분간의 1차 테스트 비행을 마쳤다. 그리고 촬영 시작 전 2차 테스트 비행을 위해 사고 피해자인 직원을 도로 한가운데에 위치시키고, 시동을 걸어 고도 70m 수직상승 후 수평 방향으로 약 40m를 이동 후 제자리 비행을 하였다.

그리고 약 3~5분간 제자리 비행 후 고도 2m까지 하강하였고, 이때 카메라 방향은 촬영팀 위치 반대 방향인 전면 풍경 방향으로 전환 후 약 1~2분간 제자리 비행(카메라 뷰는 전면 향함, 피해자는 후방 위치) 중 사고가 발생하였다“. 라고 진술하였다.

3.13.3 사고 피해자 진술

사고 피해자는 ”현장은 리허설 준비 중이었고, 저는 주인공 대역으로 주인공의 위치로 이동하여 스텝들이 있는 방향으로 모자를 쓰고 서 있었다. 이때 드론은 이미 높은 상공에서 날고 있었고, 머리 위에서 날고 있는 드론의 위치에 대한 시야 확보는 되지 않은 상태였다. 그리고 잠시 후 드론이 갑자기 날아와서 얼굴 부위의 눈과 충돌하였다“. 라고 진술하였다.

3.14 조종자 준수사항 및 기체 육안 확인

타인의 생명과 재산을 보호하기 위해 초경량비행장치 조종자가 반드시 숙지해야 할 부분은 조종자 준수사항이다. 조종자 준수사항은 비행 금지시간, 금지구역, 금지행위를 규정하며, 비행장치 무게나 용도에 상관없이 무인비행장치 조종하는 모든 사람에게 적용된다.

항공안전법 제129조제1항 및 같은 법 시행규칙 제310조에는 초경량비행장치 조종자의 준수사항을 다음과 같이 설명하고 있다.

항공안전법 시행규칙

제310조(초경량비행장치 조종자의 준수사항)

① 초경량비행장치 조종자는 법 제129조 제1항에 따라 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 해서는 안된다.

2. 주거지역, 상업지역 등 인구가 밀집된 지역이나 그 밖에 사람이 많이 모인 장소의 상공에서 **인명 또는 재산에 위험을 초래할 우려가 있는 방법으로 비행**하는 행위

2의2. **사람 또는 건축물이 밀집된 지역의 상공에서 건축물과 충돌할 우려가 있는 방법으로 근접하여 비행**하는 행위

④ 무인비행장치 조종자는 해당 **무인비행장치를 육안으로 확인할 수 있는 범위에서 조종**하여야 한다.

항공안전법 시행규칙 제310조제1항제2호는 사람이 모인 장소의 상공에서 인명이나 재산에 위험을 초래할 우려가 있는 방법으로 비행하는 행위, 같은 조 제1항제2의2호는 사람과 충돌할 우려가 있는 방법으로 근접하여 비행하는 행위를 금지하도록 하고 있다.

항공안전법 시행규칙 제310조제4항에서는 조종자가 무인비행장치를 육안으로 확인할 수 있는 범위에서 조종하도록 항공안전법에 명시하고 있다.

사진이나 영상 촬영 시, 조종자는 공중의 비행 중인 기체와 동시에 모니터의 영상을 동시에 보면서 조종기로 조종을 해야 하는 경우가 많다. 이런 경우 모니터 영상에 집중하다 보면 기체의 이동이나 흐름을 놓치는 경우가 발생하게 된다.

효과적인 기체의 통제와 관찰을 위해서 카메라를 장착하고 운용 시, 별도의 인원이 기체의 위치를 관측하여 조종자에게 위치를 경고할 필요성이 있다. 또한, 비행 전에 다수의 인원이 있는 지역에서 운용 시 기체의 위치와 촬영에 대한 사전 브리핑이 필요하다.

4. 분석 및 결론

4.1 분석

4.1.1 일반사항

뮤직비디오 촬영 중 발생된 초경량비행장치 기체는 서울지방항공청에 사업자 등록으로 신고되었고, 조종자는 한국교통안전공단에서 발급하는 무인멀티콥터 지도조종자 자격증을 보유하고 있었다.

무인멀티콥터가 운영된 지역은 공역에서 150m(500ft) 이하로 지방항공청의 승인이 필요로 하지 않는 지역이었으며, 카메라 장착이나 항공 촬영 시 국방부 허가를 받아야 했지만, 조종자는 별도의 허가신청은 하지 않은 상태로 비행하였다.

4.1.2 조종자의 드론 조종 경험

조종자는 2018년 한국교통안전공단에서 초경량비행장치 조종자격증명서를 발급 받았으며, 한정사항은 무인멀티콥터 조종이다. 조종자는 2019년 초경량비행장치 「초경량비행장치 조종교육교관 과정」을 이수하고 한국교통안전공단에 지도조종자로 등록하였다.

조종자의 진술에 따르면, 약 1,000회 정도의 조종 경험을 보유하고 있다고 하였으나, 비행경력에 대해서는 명확하게 확인할 수 없었다. 진술에 따른 비행 경험과 전문가 능력으로 필요로 하는 영상 촬영에 대해서 볼 때, 이번 사고의 경우 조종자의 조종 미숙이나 조종 경험 부족에 의하여 발생한 직접적인 사고의 원인으로 확인되지는 않았다.

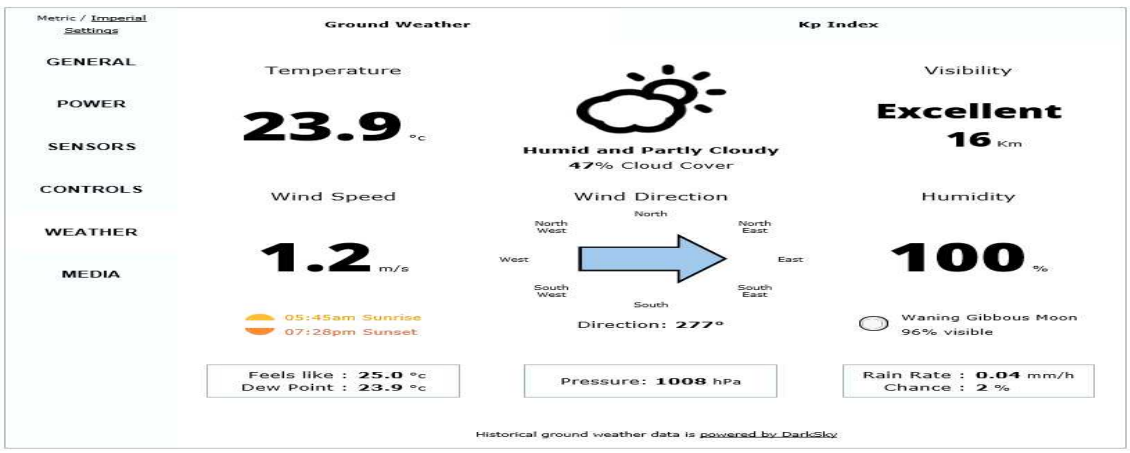
그러나 조종자의 조종 경험 이외의 기체 상태, 기상, 조종자 준수사항 등 추가적인 내용을 조사 분석하였다.

4.1.3 기상상태

무인 멀티콥터는 바람 상태, 방향, 풍속 등이 비행에 커다란 영향을 미친다. 조종자가 비행한 기체는 INSPIER 2 모델로 최대 풍속저항은 10m/s이다. 당일 기체에 저장된 기상 정보에 따르면, 시정은 16km, 기온 23.9도, 습한 정도의 운량 47%, 풍향은 277도 방향에서 평균풍속 1.2m/s로 비행에 제한을 받지는 않았다.

따라서, 당시 기상과 사고와의 직접적인 연관성은 없다고 판단된다. 사고 발생 당시 조종자가 활용한 Windy Pro 기상관측 자료는 [그림 3], 기체에 프로그램에서 분석한 기상자료는 [그림 4]와 같다.

[그림 3] 조종자 활용 기상관측 자료(Windy Pro)



[그림 4] 기체 프로그램 기상자료

4.1.4 비행기록 분석

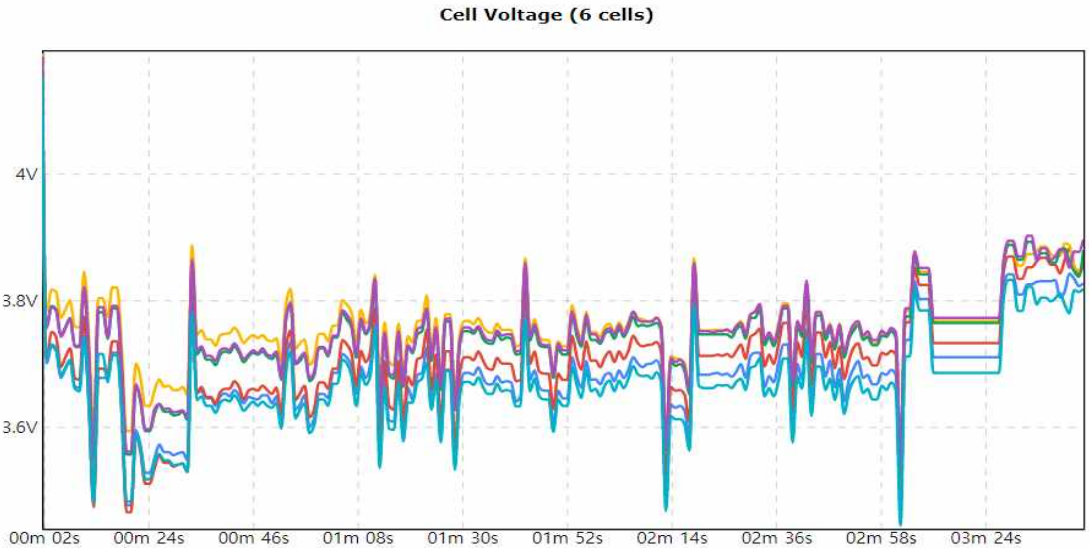
사고 당시의 비행기록 분석은 기체에 내장된 메모리 자료를 통해 비행을 위한 전원연결부터 전원차단까지의 배터리 잔여량, 비행경로, 비행속도, GPS 신호 세기, 비행거리 등을 종합적으로 분석하였다.

4.1.4.1 비행 분석

기체에 전원이 연결되고 지면으로부터 이륙부터 추락까지 운용 시간은 3분 44초이고, 공중에 체공한 시간은 3분 4초였다. 최대비행 고도는 약 344ft였고, 총 비행거리는 203.6m(668ft)였다. 기체 통제를 위한 조종기와의 명령 전달 신호는 87.6%로 매우 양호한 상태로 유지되고 있었다.

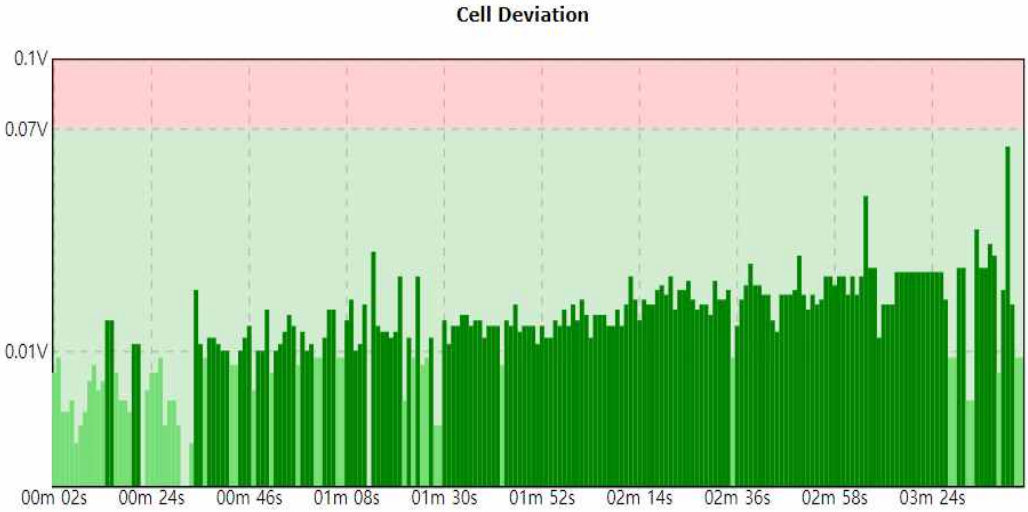
4.1.4.2 배터리 전압

기체에 장착된 배터리는 3.7 Volt, 6개의 Cell로 22.2 Volt의 리튬 폴리머 2개의 배터리가 장착되어 있었다. [그림 5]는 배터리 각 Cell(1~6Cell)의 전압의 변화를 시간대별로 나누어 정리한 꺽은선 그래프이다. 그래프에서는 최소 3.6V에서 최대 3.8V까지 정상적으로 유지되었다.



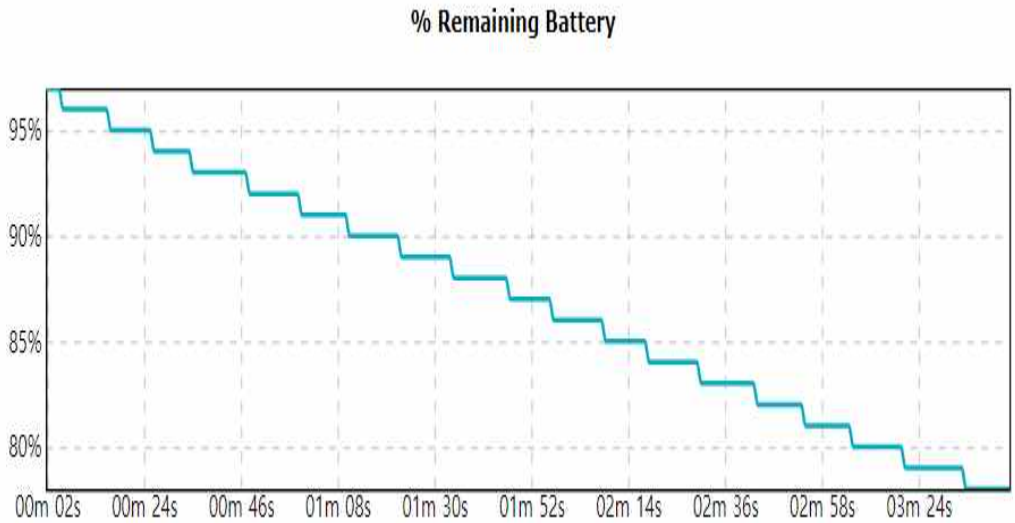
[그림 5] 시간별 배터리 전압(각 Cell 기준)

[그림 6]은 각 셀의 시간별 배터리의 전압 편차(각 Cell별 최고와 최저전압 차이)를 정리한 막대그래프이다. 그래프를 통해 셀 전압의 균형이 고르게 형성되어 있는지 확인하였다. 비행 중 기체의 배터리는 각 셀당 편차가 0.07V를 초과하지 않는 상태의 정상적인 상태를 유지하고 있었다.



[그림 6] 시간별 배터리 전압 편차

[그림 7]은 기체가 비행하는 동안 배터리 잔량을 표기한 꺽은선 그래프이다. 최초 전원인가 95% 이상에서 추락 시까지 78% 이상의 배터리 용량이 정상적으로 유지되고 있었다.

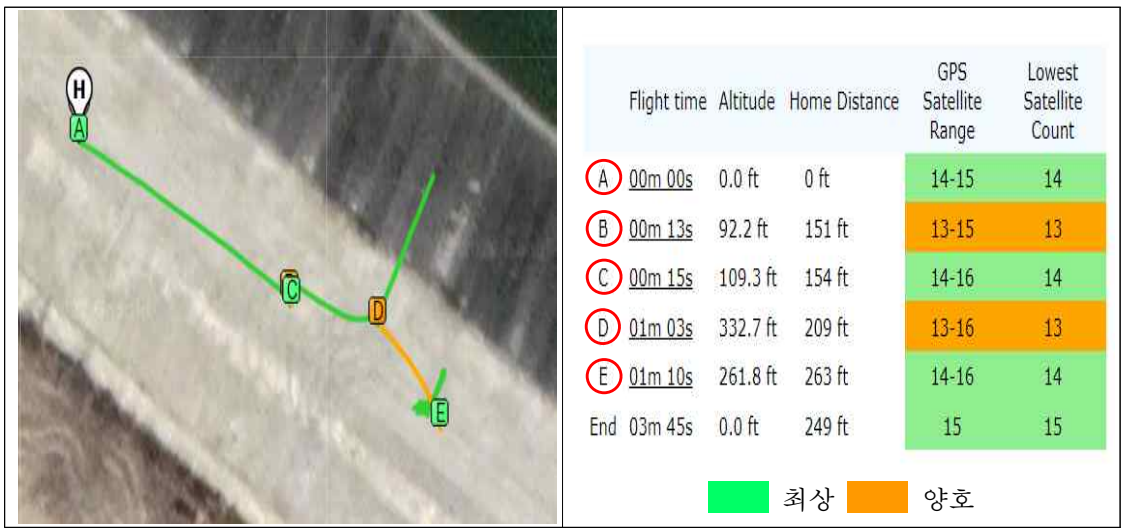


[그림 7] 시간별 배터리 잔량

기체 추락과 배터리와의 연관성을 분석한 결과, 기체에 장착된 2개의 배터리는 배터리 잔량, 전압 편차, 배터리 용량 잔량 상태 모두 정상으로 배터리 원인에 의한 추락으로 판단되지 않는다.

4.1.4.3 기체 GPS 수신상태

기체의 GPS 수신 정도는 기체 통제와 깊은 연관성을 가지고 있다. [그림 8]은 기체의 GPS 수신상태를 나타내며, 기체 전원연결부터 차단까지 13~16개의 양호한 GPS 수신이 이루어졌다. 기체는 이륙지점으로부터 비행 구간에 끊어짐 없이 양호 또는 최상의 연결 상태로 유지되어 정상적으로 유지되었다.



	Flight time	Altitude	Home Distance	GPS Satellite Range	Lowest Satellite Count
A	00m 00s	0.0 ft	0 ft	14-15	14
B	00m 13s	92.2 ft	151 ft	13-15	13
C	00m 15s	109.3 ft	154 ft	14-16	14
D	01m 03s	332.7 ft	209 ft	13-16	13
E	01m 10s	261.8 ft	263 ft	14-16	14
End	03m 45s	0.0 ft	249 ft	15	15

최상 양호

[그림 8] 비행 구간 GPS 수신상태

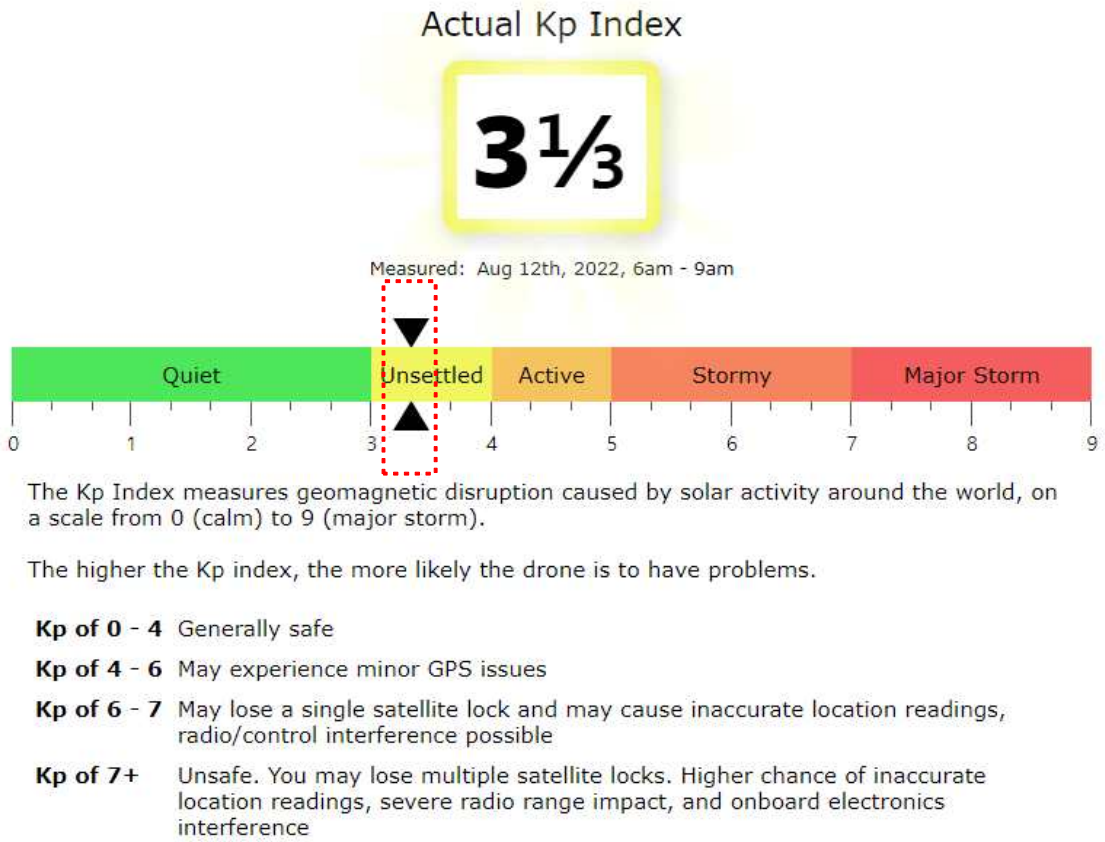
4.1.4.4 지구자기장 지수

지구자기장 지수(Kp)는 지구의 자기 교란의 정도를 정량적으로 표현하기 위해 상태를 수치화하여 이를 0~9단계 각각의 등급으로 구분한다. 이것은 무선 조종기를 통해 기체를 원격조종을 할 수 있는 중요한 요소이다.

드론 운용상 4등급 이하는 일반적으로 안전한 상태를 말하며, 4~6등급은 사소한 문제 발생이 존재하고, 6등급 이상부터는 부정확한 위치 판독과 무선

조종간섭이 발생할 수 있는 조건이 된다.

당일 06:00~09:00 동안의 자기장지수는 3⅓로서 기체와 무선 조종기와의 원격 조종상태는 [그림 9]와 같이 정상적으로 원격조종이 연결되었다.



[그림 9] 지구자기장 지수

4.1.4.5 비행 정보

기체의 비행기록장치에는 비행시간별 알림 사항이나 위험 정보 등의 내용이 자세하게 포함되어 있었다. [그림 10]은 비행시간, 비행고도, 시동 위치로부터 거리, 프로펠러 상태 및 배터리 상태에 대한 자세한 정보를 제공하고 있다.

항목	Flight time	Altitude	Home Dist	Type	Notification
A	00m 00s	0.0 ft	0 ft	Mode	Mode changed to Motors Started
B	00m 00s	-0.3 ft	0 ft	Tip	✓ Setting new Return-To-Home altitude to 100m (328 ft). ✓ Data Recorder File Index is 909. ✓ Setting new Maximum Flight Altitude to 500m (1640 ft)
C	00m 01s	-0.7 ft	0 ft	Mode	Mode changed to Assisted Takeoff
D	00m 02s	-0.7 ft	0 ft	Mode	Mode changed to P-GPS
E	00m 02s	-0.7 ft	0 ft	Tip	✓ Home Point recorded. ✓ Return-to-Home Altitude:100M
F	00m 04s	7.5 ft	5 ft	Tip	✓ Landing Gear Raising...
G	00m 10s	64.0 ft	96 ft	Tip	✓ Landing Gear Raised
	01m 09s	268.0 ft	264 ft		91% Battery at maximum distance
	01m 11s	239.5 ft	257 ft		90% Battery
H	03m 04s	-2.0 ft	248 ft	Low Risk	⚠ Upward Obstacle Detected
I	03m 05s	-4.6 ft	240 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. Warning:Motor Obstructed
J	03m 06s	-3.6 ft	247 ft	Data Loss	⚠ Downlink data connection lost for 1 seconds
K	03m 06s	-3.6 ft	247 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 6 times)
L	03m 07s	-3.6 ft	249 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. Lens disconnected
M	03m 07s	-3.3 ft	249 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 4 times)
	03m 07s	-3.3 ft	249 ft		80% Battery
N	03m 07s	-3.0 ft	249 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 14 times)
O	03m 09s	-3.9 ft	248 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. ✓ Gimbal Pitch Limit Reached
P	03m 09s	-3.9 ft	248 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 6 times)
Q	03m 10s	-3.3 ft	254 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. Lens disconnected
R	03m 11s	-3.6 ft	252 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 18 times)
h	03m 39s	-3.9 ft	250 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. Gimbal Yaw Limit Reached
i	03m 39s	-3.9 ft	250 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 30 times)
j	03m 42s	-3.9 ft	251 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. Gimbal Yaw Limit Reached
k	03m 42s	-3.9 ft	250 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 18 times)
l	03m 44s	-4.6 ft	250 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked. ✓ Gimbal Pitch Limit Reached
m	03m 44s	-4.9 ft	250 ft	Medium Risk	⚠ Motor is Blocked (repeated 5 times)

[그림 10] 비행시간별 정보 사항

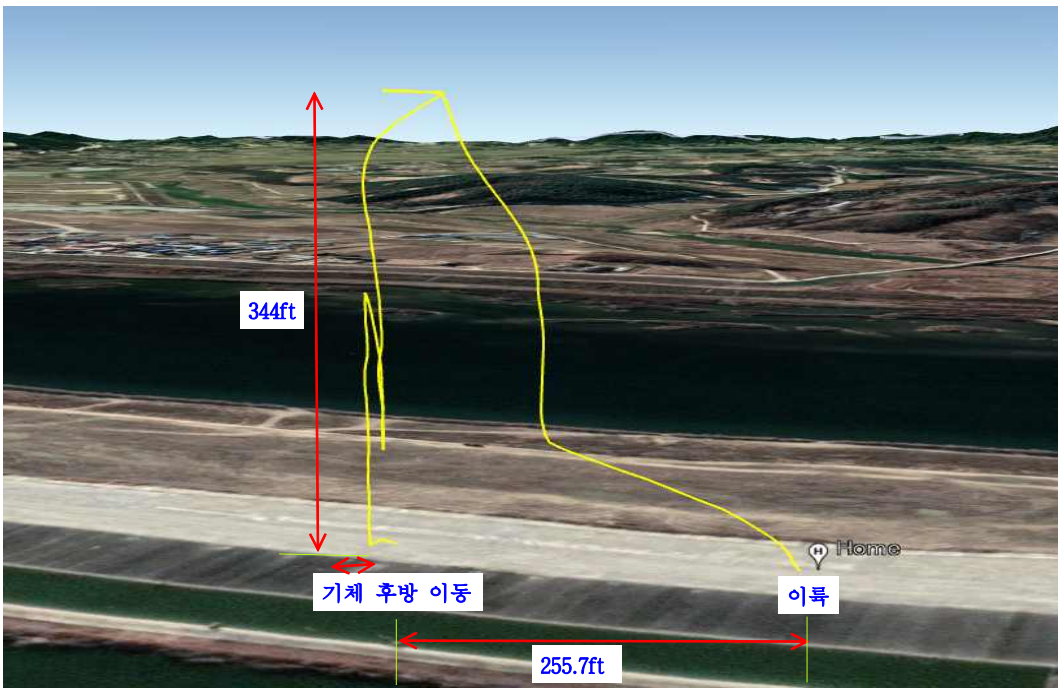
드론 기체 운용 간 위험정보와 알림 사항을 분석하여볼 때, D 항목에서 조종자는 시동 이후 이륙하면서 P-GPS 모드로 전환하였다. 데이터 분석에서 인원과 충돌할 때까지는 별다른 위험경고나 알림 사항 없었으나, H 항목과 같이 장애물 감지, I 항목 Motor Blocked[15] 경고 지시, O 항목 짐벌 피치(Pitch)

운용한계 도달, h 항목 요(Yaw) 운용한계 도달, 그리고 마지막으로 m 항목 도달 후 전원이 차단되었다.

인원과의 충돌은 H 항목의 03분 4초에 이루어졌고, 전원 차단은 03분 44초로서 충돌 이후 40초간 지속적으로 전원이 연결된 상태로 유지되었다. 충돌 이후에도 약 40초간 전원이 유지되어 2차 사고 발생 가능성도 존재한 상태였다.

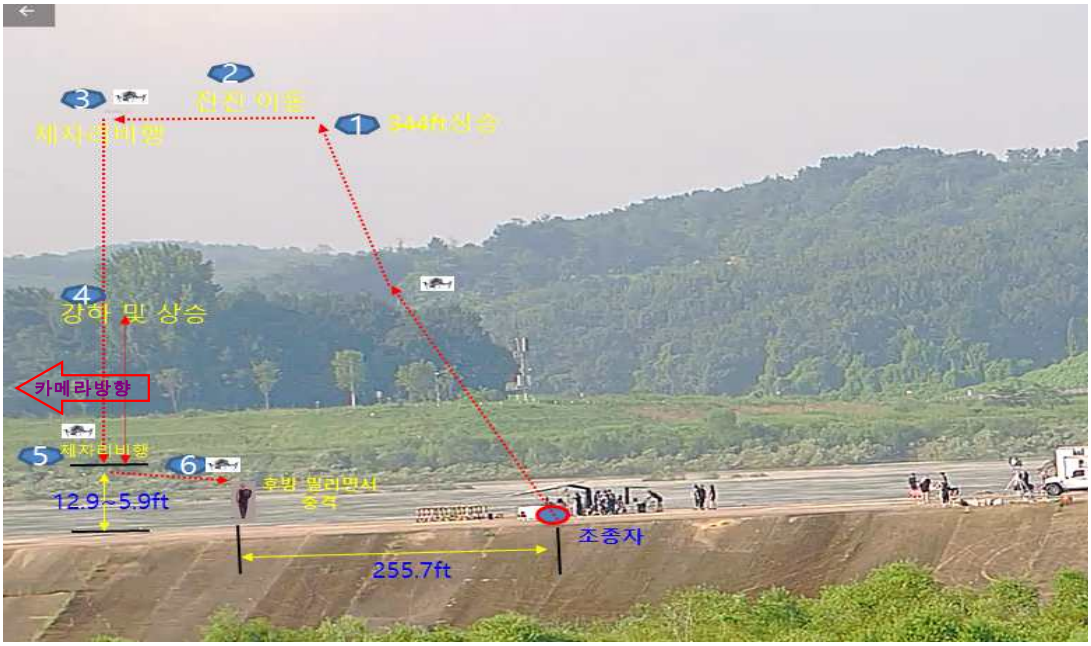
4.1.4.6 비행경로

[그림 11]은 비행자료에서 확인된 기체의 실제 비행경로이고, [그림 12]는 조종자가 조작한 고도, 위치 및 조작에 대한 상황 설명이다.



[그림 11] 기체 비행경로

15) Motor Blocked : 장애물로 인해 모터가 막혀 회전할 수 없는 상태



[그림 12] 조종자 기체 조작

4.1.5 조종자 비상절차

드론 기체의 프로펠러는 지상 인원 충격 후 전원이 인가된 상태에서 바닥에서 40초간 지속적으로 유지되어있었다. 조종자는 갑자기 발생 된 사고로 시동 정지를 바로 하지 못한 것으로 판단된다.

조종자가 사고 발생을 인지하였으면 즉각적인 전원 차단을 통해 2차 사고 발생을 방지하여야 하고, 시동을 정지하는 비상절차를 수행하여야 한다. 특히, 2차 사고 예방을 위한 지속적인 비상절차 훈련과 교육 필요하다.

조종자는 각종 비상 상황에 대비하여 비상절차를 숙지하고, 비상 상황 발생 시 즉각적으로 비상절차를 수행할 수 있는 능력을 구비하고 있어야 한다.

조종자의 비상절차 능력 구비를 위해서 교통안전공단에서 시행하는 자격 이론 및 실기 시험 등에 비상절차 사항이 포함되어 있으나, 추가적인 교육과 절차 숙달을 위한 방안 등이 요구된다.

4.1.6 조종자 기체 관측 및 준수사항

항공안전법에서는 촬영 시 조종자 이외 보조자(관찰자)에 대한 별도의 언급은 없다. 그러나 조종자가 조종기를 다루면서 촬영을 동시에 하는 것은 전체적으로 위험성이 항상 존재한다.

항공 촬영이나 카메라를 통한 광경을 보면서 비행 시, 조종자는 기체의 위치를 지속적으로 확인하여야 한다. 사고 기체 조종자는 주위 외부배경 영상에 집중하여 기체의 이동을 적절하게 통제하지 못한 상태로 비행, 기체가 지상 인원과 접촉된 것으로 판단된다. 조종자는 무인비행장치를 육안으로 확인할 수 있는 범위에서 조종하며, 사람과 충돌할 우려가 있는 방법으로 사람과 근접하여 비행해서는 안된다.

조종자가 육안으로 기체를 지속적 관측하면서 비행하는 것은 어렵다. 조종자의 신체적 상황, 시력, 기체 주위 배경, 기상 상황, 대조효과 등에 따라 기체 관측의 어려움을 내포하고 있다. 특히, 모니터를 동시에 보면서 영상을 촬영하거나, 빠르게 움직이는 속도 상황은 더욱 관측하기가 어렵고 위험하다.

조종자는 항공안전법과 시행규칙에 따라 조종자 준수사항을 항상 준수한 상태로 비행을 하여야 한다. 항공 영상이나 사진 촬영을 하면서 비행할 때는 훨씬 더 특별한 주의가 요구되고, 필요시 기체를 관측하고 경고를 할 수 있는 인원을 배치하여 안전사고를 예방하여야 한다.

항공안전법 제126조제7항 및 같은 법 시행규칙 제307조의제2항(초경량비행장치 조종자 육성 등)에따라 한국교통안전공단 이사장은 초경량비행장치 조종자의 교육·훈련 과정의 내용·방법 및 운영에 관한 사항을 정할 수 있도록 하고 있다.

따라서, 한국교통안전공단에서는 조종자가 조종자 준수사항을 이행하기 위한 절차와 프로그램을 개발하여 현실적으로 적용하도록 하여야 한다.

4.2 조사결과

1. 조종자는 뮤직비디오 촬영을 위해 INSPIRE 2 기체로 주인공 대역으로 인원을 도로 위에 위치시킨 상태에서 사전 테스트 비행 중이었다.

2. 조종자는 유효한 자격증명과 항공사업법과 항공안전법에 따른 초경량비행장치 사용사업으로 등록하여 운영하고 있었다.

3. 사고가 발생한 드론은 서울지방항공청에 신고하였고, 항공안전기술원의 안전성 인증검사는 필요로 하지 않는 기체였다.

4. 조종자는 한국교통안전공단에 초경량비행장치(무인멀티콥터) 지도조종자 교육 과정 이수 후 지도조종자로 등록되었다.

5. 기체에는 기상, 배터리, 지구자기장, GPS 연결 및 비행 관련 자료가 저장되어있었고, 자료를 확보하여 분석하였다.

6. 조종자가 비행한 공역은 비행 승인이 필요하지 않은 지역으로 조종자는 비행 승인요청은 별도로 하지 않았다.

7. 조종자는 항공 촬영 시 국방부의 허가를 받아야 했으나 허가신청을 하지 않았다. 비행 공역은 군사시설보호지역으로 포함되어 있지는 않았다.

8. 당시 현장의 기상상태는 10km 이상의 시정과 바람이 거의 없는 상태로 기상에 의한 제한을 받지는 않았다.

9. 기체에 기록된 기체 상태를 분석한 결과, 배터리, 지구자기장, GPS 연결 상태 등 모두 양호한 상태로 정상적인 상태였다.

10. 기체와 인원과 충돌 이후 약 40초간 전원이 지속적으로 연결되어 있었다.

4.3 원인 및 기여요인

ㅇ **사고원인**: 조종자가 드론을 조종 중 시선을 영상 촬영 배경에 집중하여, 드론 위치변화를 통제 및 확인하지 못하여 지상 인원과 접촉

5. 안전권고

2022년 8월 12일 경기도 여주시 도로에서 인명과 충돌 후 추락한 스카이워크 소속 드론 사고조사 결과에 따라 위원회는 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

5.1 한국교통안전공단에 대하여

1. 드론 교육과정 운영 시 드론 기체의 위치 확인 등 위기 상황대처를 위한 조종자 준수사항 및 사고사례 교육을 강화하는 방안을 마련할 것 (UAR-2211-1)