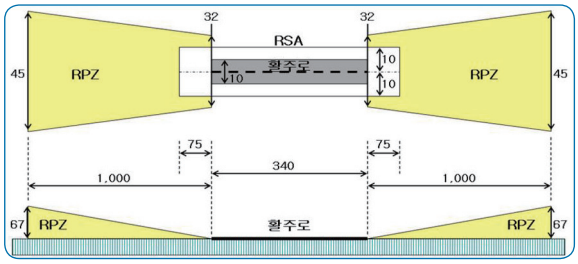
8.2.3 이착륙장의 규모

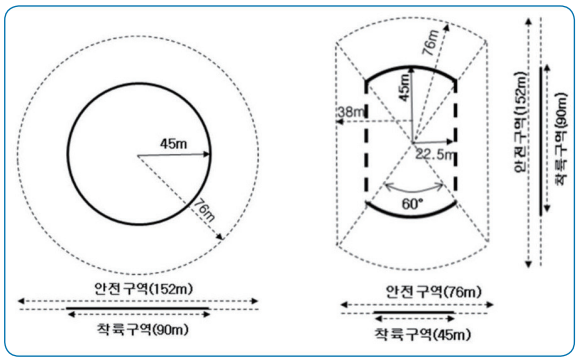
8.2.3.1 이착륙장 활주로 길이 및 폭은 [표 8-1]의 최소 기준에 따라 설치하여야 한다.



[그림 8-1] 1등급 이착륙장 설치도면

Ⓡ 이착륙장 설치 및 관리기준 별표 1

8.2.3.2 동력패러장은 전(全)방향 및 양(兩)방향으로 분류하며, 활주로 길이 및 폭은 [표 8-1]의 최소 기준에 따라 설치하여야 한다.



[그림 8-2] (좌) 전방향 동력패러장 평면도, (우) 양방향 동력패러장 평면도

Ⓡ 이착륙장 설치 및 관리기준 별표 5

8.2.3.3 양(兩)방향동력패러장은 주간(晝間)에 주바람 방향이 95% 이상인 경우에만 설치할 수 있다.

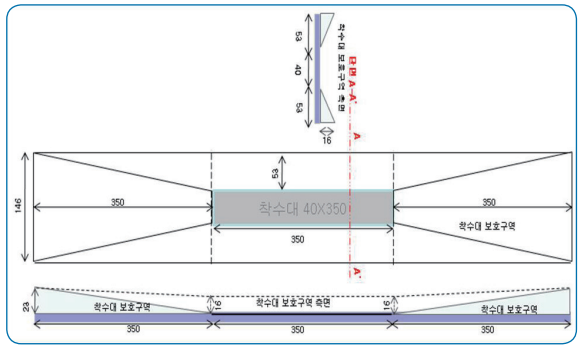
Ⓡ 이착륙장 설치 및 관리기준 제9조(이착륙장의 규모)

8.2.4 착수대의 규모

8.2.4.1 착수대는 양(兩)방향착수대 및 전(全)방향착수대로 구분하며, 양(兩)방향착수대는 주간(晝間)에 주바람 방향이 95% 이상인 경우에만 설치할 수 있다.

Ⓡ 이착륙장 설치 및 관리기준 제21조(착수대의 규모)

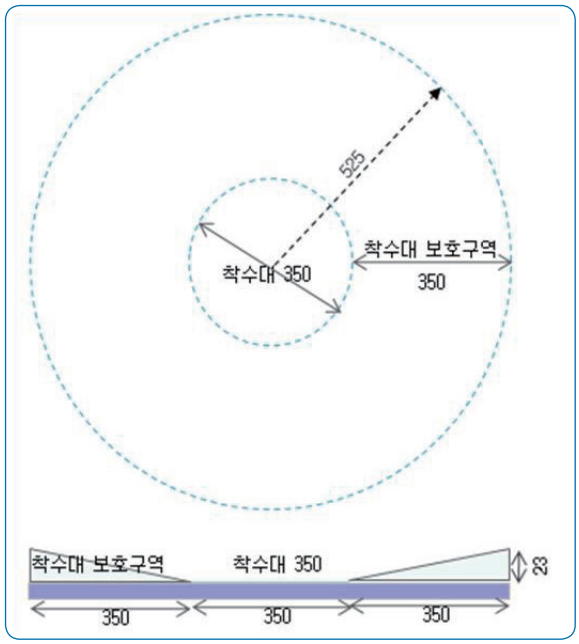
8.2.4.2 양(兩)방향착수대의 길이는 350m 이상 폭은 40m 이상



[그림 8-3] 양방향 착수대 설치도면

Ⓡ 이착륙장 설치 및 관리기준 별표 7

8.2.4.3 전(全)방향착수대는 중심으로부터 반경 175m 이상



[그림 8-4] 전방향 착수대 설치도면

Ⓡ 이착륙장 설치 및 관리기준 별표 7

8.3 이착륙장 설치

8.3.1 이착륙장 설치 및 관리

국토교통부장관은 이착륙장을 설치할 수 있으며, 국토교통부장관 외의 자가 이착륙장을 설치하려는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관으로부터 허가를 받아야 한다. 국토교통부장관이 이착륙장의 설치를 허가하려는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장 및 관할 시장·군수·구청장과 사전에 협의하여야 한다.

○ 이착륙장을 설치한 자는 "이착륙장 설치 및 관리기준"(국토교통부 고시)에 따른 기준에 적합하도록 이착륙장을 설치하고 관리하여야 한다.

Ⓡ 공항시설법 제25조(이착륙장)

8.3.2 이착륙장 사용 중지 등

○ 국토교통부장관은 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 이착륙장을 설치 또는 관리하는 자에게 적합한 조치를 하도록 명령할 수 있다. 이 경우 국토교통부장관은 명령을 받은 자가 국토교통부장관이 정하는 상당한 기간 내에 적합한 조치를 하지 아니하는 경우에는 해당 허가를 취소할 수 있다.

- 정당한 사유 없이 이착륙장 설치허가서에 적힌 공사 착수 예정일부터 1년 이내에 착공하지 아니하거나 정당한 사유 없이 공사 완료 예정일까지 공사를 끝내지 아니한 경우
- 허가에 붙인 조건을 위반한 경우

○ 국토교통부장관은 이착륙장 설치자가 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그 사업의 시행 및 관리에 관한 허가 또는 승인을 취소하거나 그 효력의 정지, 공사의 중지 명령 등의 필요한 처분을 할 수 있다.

- 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 허가를 받은 경우
- 국토교통부장관 외의 자가 허가를 받지 아니하고 이착륙장을 설치하거나 허가받은 사항을 위반한 경우
- 사정 변경으로 이착륙장 설치를 계속 시행하는 것이 불가능하다고 인정되는 경우

○ 국토교통부장관은 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 이착륙장 사용의 중지를 명할 수 있다.

- 이착륙장의 위치·구조 등이 설치허가서에 적힌 사실과 다른 경우
- "이착륙장 설치 및 관리기준"(국토교통부 고시)에 따른 기준에 맞지 아니하게 된 경우

Ⓡ 공항시설법 제25조(이착륙장)

8.3.3 이착륙장의 설치 허가 신청

○ 국토교통부장관 외의 자가 이착륙장을 설치하려는 경우에는 국토교통부령으로 정하는 이착륙장 설치허가 신청서(공항시설법 시행규칙 별지 제12호서식)에 다음의 서류를 첨부하여 국토교통부장관에게 제출하여야 한다.

- 이착륙장 설치계획서
- 이착륙장 설치 예정 부지에 대한 소유권 또는 사용권이 있음을 증명하는 서류(소유권 또는 사용권이 없는 경우에는 이착륙장 설치공사 예정일까지 이를 취득하기 위한 계획서를 말한다)
- 소유자의 성명·주소가 기재된 토지조서 및 물건조서
- 공사의 내용을 확인할 수 있는 설계도서(설계도면, 설계설명서, 개략적인 공사비 및 수량산출서를 포함한다)

○ 이착륙장 설치계획서에는 다음의 사항이 포함되어야 한다.

- 이착륙장 시설의 개요 및 설치목적
- 이착륙장 설치 기간 및 공사 방법
- 이착륙장 설치에 사용되는 자금의 조달계획
- 이착륙장을 사용할 예정인 경량항공기 또는 초경량비행장치의 종류
- 이착륙장 관리계획
- 이착륙장의 시계비행 절차
- 이착륙장에 필요한 공역도면 및 인접공역의 현황
- 인접한 공항 또는 비행장(군 비행장을 포함한다)의 비행절차와의 상관관계를 설명하는 도면
- 경량항공기 또는 초경량비행장치에 제공되는 항공교통업무의 내용
- 풍향·풍속도(이착륙장 예정지·예정수면 또는 그 부근에서의 풍속은 최근 1년 이상의 자료에 의하여 작성된 것에 한정한다)

Ⓡ 공항시설법 시행령 제32조(이착륙장의 설치 허가 신청), 시행규칙 제17조(이착륙장의 설치허가신청서)

8.3.4 금지행위

○ 누구든지 항공기, 경량항공기 또는 초경량비행장치를 향하여 물건을 던지거나 그 밖에 항행에 위험을 일으킬 우려가 있는 행위를 해서는 아니 된다.

○ 누구든지 국토교통부장관, 사업시행자등, 항행안전시설설치자등 또는 이착륙장을 설치·관리하는 자의 승인 없이 해당 시설에서 다음의 어느 하나에 해당하는 행위를 해서는 아니 된다.

- 영업행위
- 시설을 무단으로 점유하는 행위
- 상품 및 서비스의 구매를 강요하거나 영업을 목적으로 손님을 부르는 행위
- 그 밖에 해당 시설의 이용이나 운영에 현저하게 지장을 주는 아래의 금지행위
  - 노숙(露宿)하는 행위
  - 폭언 또는 고성방가 등 소란을 피우는 행위
  - 광고물을 설치·부착하거나 배포하는 행위
  - 기부를 요청하거나 물품을 배부 또는 권유하는 행위
  - 노숙(露宿)하는 행위
  - 폭언 또는 고성방가 등 소란을 피우는 행위
  - 광고물을 설치、부착하거나 배포하는 행위
  - 기부를 요청하거나 물품을 배부 또는 권유하는 행위
  - 공항의 시설이나 주차장의 차량을 훼손하거나 더럽히는 행위
  - 공항운영자가 지정한 장소 외의 장소에 쓰레기 등의 물건을 버리는 행위
  - 무기, 폭발물 또는 가연성 물질을 휴대하거나 운반하는 행위(공항 내의 사업자 또는 영업자 등이 그 업무 또는 영업을 위하여 하는 경우는 제외한다)
  - 불을 피우는 행위
  - 내화구조와 소화설비를 갖춘 장소 또는 야외 외의 장소에서 가연성 또는 휘발성 액체를 사용하여 항공기, 발동기, 프로펠러 등을 청소하는 행위
  - 공항운영자가 정한 구역 외의 장소에 가연성 액체가스 등을 보관하거나 저장하는 행위
  - 흡연구역 외의 장소에서 담배를 피우는 행위
  - 기름을 넣거나 배출하는 작업 중인 항공기로부터 30미터 이내의 장소에서 담배를 피우는 행위
  - 기름을 넣거나 배출하는 작업, 정비 또는 시운전 중인 항공기로부터 30미터

이내의 장소에 들어가는 행위(그 작업에 종사하는 사람은 제외한다)

- 내화구조와 통풍설비를 갖춘 장소 외의 장소에서 기계칠을 하는 행위
- 휘발성·가연성 물질을 사용하여 격납고 또는 건물 바닥을 청소하는 행위
- 기름이 묻은 걸레 등의 폐기물을 해당 폐기물에 의하여 부식되거나 훼손될 수 있는 보관용기에 담거나 버리는 행위

○ 국토교통부장관, 사업시행자등, 항행안전시설설치자등 또는 이착륙장을 설치·관리하는 자는 금지행위를 위반하는 자의 행위를 제지(制止)하거나 퇴거(退去)를 명할 수 있다.

Ⓡ 공항시설법 제56조(금지행위), 시행령 제50조(금지행위)

제9장 초경량비행장치 사고 및 보고

9.1 정의

○ "초경량비행장치사고"란 초경량비행장치를 사용하여 비행을 목적으로 이륙[이수(離水)를 포함한다. 이하 같다]하는 순간부터 착륙[착수(着水)를 포함한다. 이하 같다]하는 순간까지 발생한 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것으로서 국토교통부령으로 정하는 것을 말한다.

- 초경량비행장치에 의한 사람의 사망, 중상 또는 행방불명
- 초경량비행장치의 추락, 충돌 또는 화재발생
- 초경량비행장치의 위치를 확인할 수 없거나 초경량비행장치에 접근이 불가능한 경우

Ⓡ 항공안전법 제2조(정의), 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제2조(정의)

9.2 사망·중상 등의 적용기준

○ 초경량비행장치사고에서 행방불명은 초경량비행장치 안에 있던 사람이 초경량비행장치사고로 1년간 생사가 분명하지 아니한 경우에 적용한다.

○ 초경량비행장치사고에서 사망 또는 중상에 대한 적용기준은 다음과 같다.

- 초경량비행장치에 탑승한 사람이 사망하거나 중상을 입은 경우. 다만, 자연적인 원인 또는 자기 자신이나 타인에 의하여 발생된 경우는 제외한다.
- 비행 중이거나 비행을 준비 중인 초경량비행장치로부터 이탈된 부품이나 그 초경량비행장치와의 직접적인 접촉 등으로 인하여 사망하거나 중상을 입은 경우

Ⓡ 항공안전법 시행규칙 제6조(사망·중상 등의 적용기준)

○ 초경량비행장치사고에서 사람의 사망은 초경량비행장치사고가 발생한 날부터 30일 이내에 그 사고로 사망한 경우를 포함한다.

○ 초경량비행장치사고에서 중상의 범위는 다음과 같다.

- 초경량비행장치사고로 부상을 입은 날부터 7일 이내에 48시간을 초과하는 입원치료가 필요한 부상
- 골절(코뼈, 손가락, 발가락 등의 간단한 골절은 제외한다)

- 열상(찢어진 상처)으로 인한 심한 출혈, 신경·근육 또는 힘줄의 손상
- 2도나 3도의 화상 또는 신체표면의 5%를 초과하는 화상(화상을 입은 날부터 7일 이내에 48시간을 초과하는 입원치료가 필요한 경우만 해당한다)
- 내장의 손상
- 전염물질이나 유해방사선에 노출된 사실이 확인된 경우

Ⓡ 항공안전법 시행규칙 제7조(사망·중상의 범위)

9.3 사고발생 통보

○ 초경량비행장치 사고가 발생한 것을 알게 된 초경량비행장치 조종자(조종자가 통보할 수 없는 경우에는 그 초경량비행장치의 소유자)는 발생사실을 항공·철도사고조사위원회에 통보하여야 한다.

Ⓡ 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제17조(항공·철도사고등의 발생 통보), 시행규칙 제2조(항공·철도종사자와 관계인의 범위)

○ 초경량비행장치사고 발생 통보 시 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 초경량비행장치사고의 유형
- 발생 일시 및 장소
- 기종(통보자가 알고 있는 경우만 해당한다)
- 발생 경위(통보자가 알고 있는 경우만 해당한다)
- 사상자 등 피해상황(통보자가 알고 있는 경우만 해당한다)
- 통보자의 성명 및 연락처
- 기타 사고조사에 필요한 사항

Ⓡ 항공·철도 사고조사에 관한 법률, 시행규칙 제3조(통보사항)

○ 초경량비행장치사고 발생 통보의무자는 초경량비행장치사고가 발생한 사실을 알게 된 때에는 지체 없이 통보하여야 한다.

Ⓡ 항공·철도 사고조사에 관한 법률, 시행규칙 제4조(통보시기)

○ 초경량비행장치사고 발생통보는 구두, 전화, 모사전송(FAX), 인터넷 홈페이지 등의 방법 중 가장 신속한 방법을 이용하여야 한다.

- 보고방법 : 전화, 팩스, 인터넷, 이메일, 구두 등 가용한 방법
- 전화 : (항공사고등) 044-201-5447, 02-2665-9705
- 팩스 : (항공사고등) 044-201-5698
- e-mail : (공통) araib@korea.kr
- 웹사이트 : (공통) www.araib.go.kr

Ⓡ 항공·철도 사고조사에 관한 법률 , 시행규칙 제5조(통보방법 및 절차), 운영규정 제22조(사고발생 접수절차)

제10장 행정처분 등

10.1 청문 : 국토교통부장관은 다음의 어느 하나에 해당하는 처분을 하려면 청문을 하여야 한다.

○ 초경량비행장치사용사업 등록의 취소

○ 항공기대여업 등록의 취소

○ 항공레저스포츠사업 등록의 취소

○ 이착륙장 설치 및 관리에 관한 허가·승인의 취소

Ⓡ 항공사업법 제74조(청문), 공항시설법 제62조(청문)

10.2 벌칙

○ 사람이 현존하는 초경량비행장치를 항행 중에 추락 또는 전복(顚覆)시키거나 파괴한 사람은 사형, 무기징역 또는 5년 이상의 징역에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제138조(항행 중 항공기 위험 발생의 죄)

○ 비행장, 이착륙장, 공항시설 또는 항행안전시설을 파손하거나 그 밖의 방법으로 항공상의 위험을 발생시킨 사람이 현존하는 초경량비행장치를 항행 중에 추락 또는 전복시키거나 파괴한 사람은 사형, 무기징역 또는 5년 이상의 징역에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제138조(항행 중 항공기 위험 발생의 죄)

○ 비행장, 이착륙장, 공항시설 또는 항행안전시설을 파손하거나 그 밖의 방법으로 항공상의 위험을 발생시킨 사람이 현존하는 초경량비행장치를 항행 중에 추락 또는 전복시키거나 파괴한 죄를 지어 사람을 사상(死傷)에 이르게 한 사람은 사형, 무기징역 또는 7년 이상의 징역에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제139조(항행 중 항공기 위험 발생으로 인한 치사·치상의 죄)

○ 비행장, 이착륙장, 공항시설 또는 항행안전시설을 파손하거나 그 밖의 방법으로 항공상의 위험을 발생시킨 사람은 10년 이하의 징역에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제140조(항공상 위험 발생 등의 죄)

○ 과실로 항공기·경량항공기·초경량비행장치·비행장·이착륙장·공항시설 또는 항행안전시설을 파손하거나, 그 밖의 방법으로 항공상의 위험을 발생시키거나 항행 중인 항공기를 추락 또는 전복시키거나 파괴한 사람은 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이

하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제149조(과실에 따른 항공상 위험 발생 등의 죄)

○ 국토교통부장관의 이착륙장 사용의 중지에 따른 명령을 위반한 자는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 공항시설법 제66조(명령 등의 위반 죄)

○ 초경량비행장치 불법 사용이 다음의 어느 하나에 해당하는 자는 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금에 처한다.

- 주류등의 영향으로 초경량비행장치를 사용하여 비행을 정상적으로 수행할 수 없는 상태에서 초경량비행장치를 사용하여 비행을 한 사람
- 초경량비행장치를 사용하여 비행하는 동안에 주류등을 섭취하거나 사용한 사람
- 국토교통부장관의 주류등의 측정 요구에 따르지 아니한 사람

Ⓡ 항공안전법 제161조(초경량비행장치 불법 사용 등의 죄)

○ 초경량비행장치 불법 사용이 다음의 어느 하나에 해당하는 자는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

- 안전성인증을 받지 아니한 초경량비행장치(안전성인증 대상인 경우)를 사용하여 초경량비행장치 조종자 증명(조종증명 대상인 경우)을 받지 아니하고 비행을 한 사람
- 등록을 하지 아니하고 항공기대여업을 경영한 자
- 명의대여 등의 금지를 위반한 항공기대여업자
- 등록을 하지 아니하고 초경량비행장치사용사업을 경영한 자
- 명의대여 등의 금지를 위반한 초경량비행장치사용사업자
- 등록을 하지 아니하고 항공레저스포츠사업을 경영한 자
- 명의대여 등의 금지를 위반한 항공레저스포츠사업자

Ⓡ 항공안전법 제161조(초경량비행장치 불법 사용 등의 죄), 항공사업법 제78조(항공사업자의 업무 등에 관한 죄)

○ 사업용으로 등록하지 아니한 초경량비행장치를 영리 목적으로 사용한 자는 6개월 이하의 징역 또는 500만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공사업법 제80조(경량항공기 등의 영리 목적 사용에 관한 죄)

○ 초경량비행장치의 신고 또는 변경신고를 하지 아니하고 비행을 한 사람은 6개월 이하의 징역 또는 500만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제161조(초경량비행장치 불법 사용 등의 죄)

10.3 벌금

○ 다음의 어느 하나에 해당하는 자는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

- 국토교통부장관의 사업개선 명령을 위반한 항공기대여업자
- 국토교통부장관의 사업개선 명령을 위반한 초경량비행장치사용사업자
- 국토교통부장관의 사업개선 명령을 위반한 항공레저스포츠사업자

Ⓡ 항공사업법 제78조(항공사업자의 업무 등에 관한 죄)

○ 초경량비행장치사용사업의 안전을 위한 국토교통부의 안전개선명령을 이행하지 아니한 초경량비행장치사용사업자는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제162조(명령 위반의 죄)

○ 초경량비행장치 조종자가 국토교통부장관의 허가를 받지 아니하고 무인자유기구를 비행시킨 사람은 500만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제161조(초경량비행장치 불법 사용 등의 죄)

○ 초경량비행장치사고가 발생한 것을 알고도 정당한 사유 없이 통보를 하지 아니하거나 거짓으로 통보한 경우에는 500만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제36조의2(사고발생 통보 위반의 죄), 항공안전법 제158조(기장 등의 보고의무 등의 위반에 관한 죄)

○ 미리 국토교통부장관으로부터 비행승인을 받아야 할 초경량비행장치로 국토교통부장관의 승인을 받지 아니하고 초경량비행장치 비행제한공역을 비행한 사람은 200만원 이하의 벌금에 처한다.

Ⓡ 항공안전법 제161조(초경량비행장치 불법 사용 등의 죄)

10.4 과태료

○ 다음의 어느 하나에 해당하는 자에게는 500만원 이하의 과태료를 부과한다.

- 안전성인증 대상인 초경량비행장치를 초경량비행장치의 비행안전을 위한 기술상의 기준에 적합하다는 안전성인증을 받지 아니하고 비행한 사람
- 국토교통부장관의 항공안전 활동에 따른 보고 등을 하지 아니하거나 거짓 보고 등을 한 사람
- 국토교통부장관의 항공안전 활동에 따른 질문에 대하여 거짓 진술을 한 사람
- 국토교통부장관의 항공안전 활동에 따른 운항정지, 운용정지 또는 업무정지를 따르지 아니한 자
- 국토교통부장관의 항공안전 활동에 따른

시정조치 등의 명령에 따르지 아니한 자

- 보험 또는 공제 가입 대상인 초경량비행장치를 보험 또는 공제에 가입하지 아니하고 초경량비행장치를 사용하여 비행한 자
- 준공확인증명서를 받기 전에 이착륙장을 사용하거나 사용허가를 받지 아니하고 이착륙장을 사용한 자

Ⓡ 항공안전법 제166조(과태료), 항공사업법 제84조(과태료), 공항시설법 제69조(과태료)

○ 초경량비행장치 조종자 증명을 받지 아니하고 초경량비행장치(자격증명 대상)를 사용하여 비행을 한 자에게는 300만원 이하의 과태료를 부과한다.

Ⓡ 항공안전법 제166조(과태료)

○ 다음의 어느 하나에 해당하는 자에게는 200만원 이하의 과태료를 부과한다.

- 초경량비행장치의 조종자는 초경량비행장치로 인하여 인명이나 재산에 피해가 발생하지 아니하도록 국토교통부령으로 정하는 준수사항을 따르지 아니하고 초경량비행장치를 이용하여 비행한 사람
- 국토교통부령으로 정하는 구역 및 고도에서 국토교통부장관의 승인을 받지 아니하고 초경량비행장치를 이용하여 비행한 사람
- "무인비행장치 특별비행을 위한 안전기준"에 따른 무인비행장치로 국토교통부장관이 승인한 범위 외에서 비행한 사람

Ⓡ 항공안전법 제166조(과태료)

○ 다음의 어느 하나에 해당하는 자에게는 100만원 이하의 과태료를 부과한다.

- 신고번호를 해당 초경량비행장치에 표시하지 아니하거나 거짓으로 표시한 초경량비행장치소유자등
- 국토교통부령으로 정하는 장비를 장착하거나 휴대하지 아니하고 초경량비행장치를 사용하여 비행을 한 자

Ⓡ 항공안전법 제166조(과태료)

○ 다음의 어느 하나에 해당하는 자에게는 30만원 이하의 과태료를 부과한다.

- 초경량비행장치의 말소신고를 하지 아니한 초경량비행장치소유자등
- 초경량비행장치사고에 관한 보고를 하지 아니하거나 거짓으로 보고한 초경량비행장치 조종자 또는 그 초경량비행장치소유자등

Ⓡ 항공안전법 제166조(과태료)

제2부 비행이론 및 운용 (Flight Theory & Operation)

제1장 기초 비행 원리(Principles of Flight)
제2장 인적요소 및 비행착각
제3장 초경량비행장치 공역 및 항공정보
제4장 유인 동력 초경량비행장치 운용 및 특성
– 해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기/자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구
제5장 유인 무동력 초경량비행장치 운용 및 특성
– 해당 : 행글라이더, 패러글라이더, 낙하산류
제6장 무인비행장치 운용 및 특성
– 해당 : 무인비행기, 무인헬리콥터, 무인멀티콥터, 무인비행선

참고자료

– H–8083–1B Weight and Balance Handbook, FAA, 2016.
– H–8083–3B Airplane Flying Handbook, FAA, 2016.
– H–8083–5 Weight Shift Control Flying Handbook, FAA, 2008.
– H–8083–11A Balloon Flying Handbook, FAA, 2008.
– H–8083–13A Glider Flying Handbook, FAA, 2013.
– H–8083–15B Instrument Flying Handbook, FAA, 2012.
– H–8083–21 Rotorcraft Flying Handbook, FAA, 2000.
– H–8083–21A Helicopter Flying Handbook, FAA, 2012.
– H–8083–25B Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA, 2016.
– H–8083–29 Powered Parachute Flying Handbook, FAA, 2007.
– H–8083–17A Parachute Riggers Handbook, FAA, 2015.
– H–8083–30 Aviation Maintenance Technician Handbook General, FAA, 2017
– H–8083–31 Aviation Maintenance Technician Handbook Powerplant, FAA, 2012.
– H–8083–32 Aviation Maintenance Technician Handbook Airframe, FAA, 2012.
– AC 90–89B Amateur–Built Aircraft and Ultralight Flight Testing, FAA, 2015
– 비행안전 참고 매뉴얼, 서울지방항공청, 2014.1.
– 항공정보간행물(AIP : Aeronautical Information Publication), 2018. 9. 27.
– AIM(항공정보매뉴얼), 한국교통안전공단, 2017.
– 경량항공정보매뉴얼, 한국교통안전공단, 2016.
– 초경량비행장치 항법실무 참고서, 한국교통안전공단, 2010.
– 초경량비행장치 가이드, 한국교통안전공단, 2005.
– 무인비행기 및 무인비행선 조종자격 전환교육 교재, 한국교통안전공단, 2013.
– 경량항공기 비행경로, 한국교통안전공단, 2015.
– 경량항공기 비행안전가이드, 한국교통안전공단, 2016.
– 경량항공개론 Ⅰ, 한서대학교 항공레저산업학과, 2016.
– 경량항공개론 Ⅱ, 한서대학교 항공레저산업학과, 2018.
– 열기구비행업무교범, 한국기구협회, 2006.
– 강하자 지침서, 한국스카이다이빙협회, 2014.
– 동력패러글라이더 운용기준 개발 연구, 한국교통안전공단, 2009.
– 체중이동형비행기 운용기준 개발 연구, 한국교통안전공단, 2009.
– 타면조종형비행기 운용기준 개발 연구, 한국교통안전공단, 2009.
– 경량자이로플레인–운용기준 개발 연구, 한국교통안전공단, 2010
– 무인비행장치 운용기준 개발 연구, 한국교통안전공단, 2010
– 항공업무용 무선설비의 기술기준, 국립전파연구원고시 제2018–9호, 2018.7.2.
– 초경량비행장치의 비행안전을 확보하기 위한 기술상의 기준, 국토교통부 고시 제2017–349호, 2017
– 무인비행장치 질문답변, 국토교통부, 20180122

목 차

제1장 기초 비행 원리

해당 : 모든 초경량비행장치

1.1 비행 이론 일반

1.2 양력 발생 원리

1.3 비행과 항공 역학

1.4 비행기동 중에 작용하는 항공 역학적인 힘

1.5 프로펠러

1.6 측풍 시 활주

제2장 인적요소 및 비행착각

해당 : 모든 초경량비행장치

2.1 인적요소

2.2 비행 착각

2.3 약물(Drugs)의 영향

제3장 초경량비행장치 공역 및 항공정보

해당 : 모든 초경량비행장치

3.1 정의

3.2 초경량비행장치 비행공역

3.3 항공정보

3.4 항공정보간행물(AIP)

3.5 항공고시보(NOTAM)

제4장 유인 동력 초경량비행장치 운용 및 특성

해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기 / 자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

4.1 동력장치 및 계기장치

해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기 / 자이로), 동력패러글라이더

4.2 타면조종형비행장치

4.3 체중이동형비행장치

4.4 초경량헬리콥터

4.5 초경량자이로플레인

4.6 동력패러글라이더

4.7 유인자유기구

제5장 유인 무동력 초경량비행장치 운용 및 특성

해당 : 행글라이더, 패러글라이더, 낙하산류

5.1 행글라이더

5.2 패러글라이더

5.3 낙하산

제6장 무인비행장치 운용 및 특성

6.1 무인비행장치 일반

해당 : 무인비행기, 무인헬리콥터, 무인멀티콥터, 무인비행선

6.2 무인비행기

6.3 무인헬리콥터

6.4 무인멀티콥터

6.5 무인비행선

제1장 기초 비행 원리

1.1 비행 이론 일반(Theory of flight)

1.1.1 대기(Atmosphere)

대기는 지구를 감싸고 있고 지표면 주위에 머물고 있는 공기이다. 대기는 지상과 수상에서 서로 다른 가스의 혼합으로 인해 그 구성성분이 다르며, 질량과 무게가 있고 모양이 정해져 있지 않다.

대기는 78%의 질소와 21%의 산소, 그리고 기타 1%의 가스로 구성되어 있다. 이러한 요소들 중 산소처럼 다른 기체들보다 상대적으로 더 무거운 기체는 낮은 고도의 표면에 분포하며 가벼운 기체들은 더 높은 고도에 위치하게 된다. 대기에 포함된 산소의 대부분은 지표면으로부터 35,000ft 정도까지 존재한다.

1.1.2 유체의 한 종류인 공기(Air is a Fluid)

흐르는 성질을 가진 물체를 유체(Fluid)라 한다. 대기를 구성하는 공기 또한 흐르는 성질이 있어 유체라 할 수 있다. 유체는 압력이 가해지더라도 쉽게 변형되지 않거나, 약간 변한다. 우리는 이것을 저항점성(Resistance Viscosity)이라고 한다. 액체가 용기를 흐르고 채우는 것처럼, 공기는 이용 가능한 용기를 채우기 위해 팽창한다. 액체와 기체는 밀도 측면에서 상당히 다르지만, 유체로서의 특성을 보인다. 공기의 유체특성을 이해하는 것은 비행원리를 이해하는 데 필수적 요소이다.

1.1.3 유체의 특성(Characteristics of Fluid)

1.1.3.1 점성(Viscosity)

점성은 유체가 흐르지 않으려고 하는, 즉 이동하지 않으려는 성질이다. 모든 유체는 점성을 가지며 흐름에 대한 저항을 가진다. 공기의 점성을 쉽게 관찰할 수 없지만 공기는 유체이고 점성을 가지기 때문에, 물체 주위의 흐름에 대해 어느 정도 저항을 가진다.

1.1.3.2 마찰(Friction)

유체가 물체 위나 주변을 흐를 때 작용하는 또 다른 요인을 마찰이라 한다. 마찰은 표면 위로 물체가 움직일 때 겪게 되는 저항이다. 마찰은 두 물체 사이의 접촉된 부분에서 존재한다. 날개의 표면도 다른 물체의 표면처럼 어느 정도 거칠기 때문에 공기흐름에 대한 저항을 초

래하고 날개 위의 공기흐름 속도를 늦춘다.

1.1.3.3 항력(Drag)

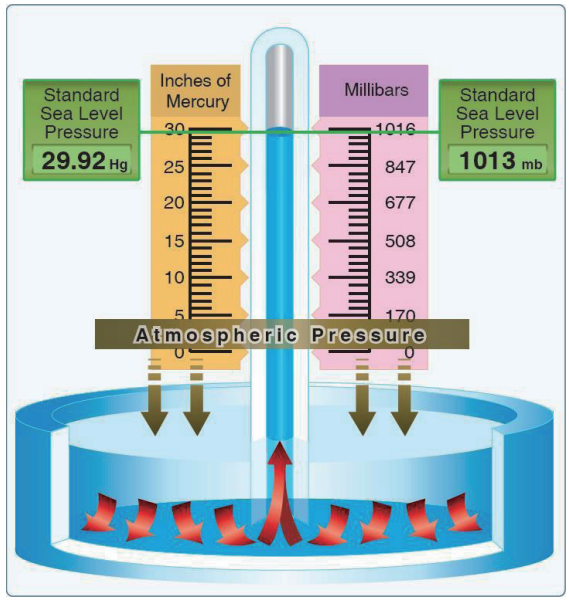
날개표면 위를 지나가는 공기는 점성과 마찰로 인해 표면에 들러붙는다. 날개표면 근처의 공기분자는 마찰과 표면의 거칠음으로 인하여 흐름이 방해를 받는다. 날개 표면에 붙어 있는 분자들의 층을 경계층(Boundary Layer)이라 한다. 공기의 경계층이 마찰에 의해 들러붙으면, 추가적인 공기흐름은 공기 자체에 붙으려 하는 점성에 의해 저항이 유발된다. 이 두 종류의 힘(마찰과 점성)이 날개 위의 공기흐름을 방해하면서 항력(Drag)으로 작용된다.

1.1.3.4 압력(Pressure)

압력은 물체의 표면에 수직 방향으로 작용하는 힘이다. 무게가 물체의 표면에 가해지는 것으로 압력의 크기가 측정된다. 물체 안에 완전하게 담겨진 유체는 물체의 전체 표면 주위로 일정하게 압력을 골고루 전달한다. 압력이 가해진 표면의 압력보다 다른 쪽 물체표면의 압력이 낮아지면, 물체는 압력이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 움직인다.

1.1.3.5 대기압(Atmospheric Pressure)

공기는 질량을 가졌기 때문에 중력의 영향을 받아 무게를 가지며, 이로 인하여 공기는 물체에 압력을 끼치는데 이를 대기압이라 한다. 표준대기 조건에서 해수면의 평균대기압은 대략 14.70psi 또는 1,013.2mb가 되고 고도가 높을수록 중력의 영향이 적어지므로 단위 체적당 공기의 양은 적어진다. 이러한 이유 때문에,



[그림 1-1] 해수면 표준 대기압

18,000ft에서 대기의 무게는 해수면에서보다 $\frac{1}{2}$ 정도로 낮아진다. 대기압은 온도 및 위치 등에 따라 다르고 항상 변화하므로, 국제기구에서는 표준대기조건을 설정하였다. 해수면에서 표준 대기압은 1,013.2mb 또는 29.92inHg 온도는 15℃ 또는 59°F가 된다.

1.1.4 공기 밀도(Air Density)

1.1.4.1 밀도고도(Density Altitude)

공기의 밀도는 항공기 성능에 상당한 영향을 미치므로 항공기 성능을 정확히 파악하고 운용하기 위해서는 밀도고도를 알아야 한다. 공기의 밀도가 적어짐에 따라서 항공기 성능 저하로 엔진(Power) 출력 감소(엔진에 적은 량의 공기 공급), 항공기 추력(Thrust) 감소(밀도 적은 공기에서 프로펠러 효율 감소), 항공기 양력(Lift) 감소(밀도 적은 공기는 에어포일에 적은 힘으로 작용) 등이 있다.

1.1.4.2 밀도에 대한 압력의 영향 (Effect of Pressure on Density)

공기는 기체이기 때문에 압축되거나 팽창될 수 있다. 온도가 일정하다고 가정했을 때 공기가 압축되면 일정한 공간에 포함되는 기체의 양은 많아지고, 압력이 감소하면 공기는 팽창하여 일정한 공간에 포함되는 기체의 양은 감소한다. 온도가 일정하다고 가정할 때 밀도는 압력에 비례한다.

1.1.4.3 밀도에 대한 온도의 영향 (Effect of Temperature on Density)

압력이 일정하다고 가정했을 때 공기밀도는 기온에 반비례한다. 실제 대기상태는 고도가 증가함에 따라 기온과 기압은 같이 감소하여 밀도에 상반되는 영향을 미친다. 그러나 온도의 감소에 따른 공기밀도의 변화보다 압력이 감소됨에 따라 밀도가 변하는 증상이 더 현저하므로 고도가 증가하면 공기밀도가 감소됨을 예상하여야 한다.

1.1.4.4 밀도에 대한 습도/수분의 영향 (Effect of Humidity/Moisture on Density)

실제 대기상태는 공기보다 가벼운 수증기가 포함되어 있으며, 공기보다 가벼운 수증기는 공기분자를 대체하므로 습한 공기는 건조한 공기에 비하여 단위체적당 공기의 양이 적어서 밀도가 낮아진다. 그러므로 공기 중에 포함되는 수분이 증가할수록 밀도가 낮아지고, 밀도고도는 증가하게 되므로, 이에 영향을 받는 항공기의 성능은 감소한다.

공기가 포함할 수 있는 최대 수증기량을 기준으로 측정하고자 하는 곳의 대기에 포함된 수증기의 양을 백분율(percentage)로 표시한 것을 상대습도(Relative Humidity)라 한다. 상대습도는 공기의 온도에 따라 달라지는데 따뜻

한 공기일수록 상대습도가 높다. 따라서 상대습도가 높을수록 공기밀도는 희박해지므로 항공기의 성능은 저하된다.

1.2 양력 발생 원리(Theories in the Production of Lift)

양력은 항공기를 뜨게 하는 힘이다. 국제민간항공기구에서는 항공기를 크게 공기밀도에 차이에 의해 부양할 수 있는 비행선 및 기구류 등이 포함되는 경(經)항공기(Lighter-than-air Aircraft), 구조 및 기하학적으로 양력을 얻어 부양할 수 있는 중(重)항공기(Heavier-than-air Aircraft)로 분류한다.

경(經)항공기(Lighter-than-air Aircraft)의 양력은 항공기 주변의 공기보다 가벼운 공기를 이용하여 부양하는 것으로 뜨거운 공기와 차가운 공기에서의 공기밀도 차이에 의해서, 또는 공기의 평균무게보다 가벼운 기체(수소 또는 헬륨 가스)를 기낭에 가두어 둠으로서 양력을 얻게 된다. 여기에는 비행선, 기구류 등이 있으며, 열과 가스를 동시에 사용하는 복합형 기구(Rozier Balloon)가 있다. 초경량비행장치들 중에는 열기구, 가스기구, 계류식기구, 무인비행선이 있다.

중(重)항공기(Heavier-than-air Aircraft)의 양력 발생은 항공기가 대기 중을 움직이면서 항공기의 회전 또는 고정된 날개에서 발생된다. 날개에서 발생하는 양력은 항공기 무게보다 같거나 크고, 중력의 방향과 반대로 작용하여 중(重)항공기를 부양시킨다. 초경량비행장치들 중에는 타면조종형비행장치, 체중이동형비행장치, 헬리콥터, 자이로플레인, 동력패러글라이더, 패러글라이더, 행글라이더, 무인비행기, 무인헬리콥터, 무인멀티콥터가 있다.

1.2.1 베르누이의 원리(Bernoulli's Principle of Differential Pressure)

스위스 수학자인 다니엘 베르누이(Daniel Bernoulli)는 움직이는 유체(액체 또는 가스)의 압력이 운동속도에 따라 어떻게 변화하는지 설명하였다. 베르누이는 움직이는 유체의 속도가 증가하면, 유체의 압력은 감소한다는 것을 증명하였다. 이 원리는 항공기 유선형 날개의 윗부분을 지나가는 공기흐름의 결과가 어떻게 일어나는지 설명한다.

베르누이 정리는 벤투리관(venturi tube)을 이용하여 설명할 수 있다. 벤투리관은 입구를 지나 점점 통로가 좁아지고 좁은 통로를 지나면 다시 통로가 점점 넓어져 공기가 배출되는 관으로 되어 있다. 배출구의 지름은 유입구와 같다. 관으로 유입되는 공기의 질량은 관 밖으로 나가는 질량과 정확히 같아야 하므로(질량보존의 법칙) 좁은 지점에서 같은 양의 공기가 통과하려면 속도가 증가하여야 한다. 공기 속도가 증가하면 압력은 감소하며, 좁은 지점을

지나면, 공기흐름은 다시 느려지고 압력은 증가한다.

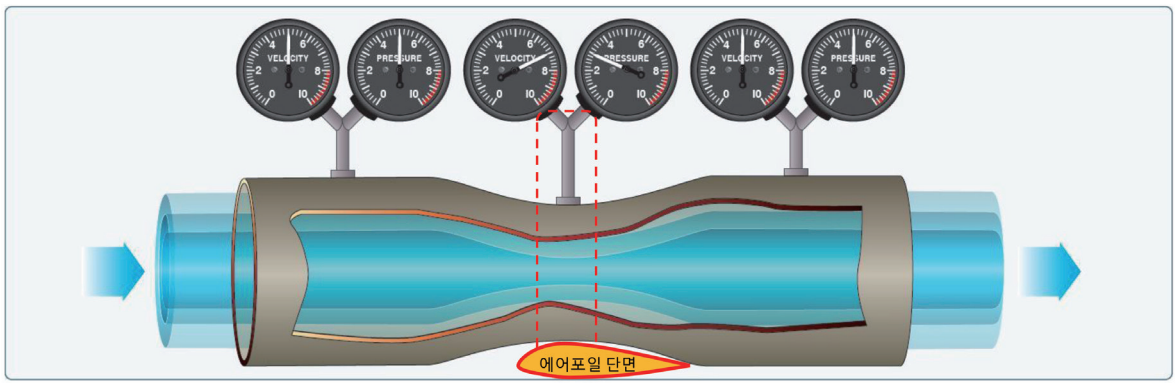
베르누이는 이상 유체(Ideal fluid)의 정상 흐름에서 유체의 에너지 총량은 항상 일정하다고 정의하였다. 즉, 이상 유체의 정상 흐름에서의 전압(Total pressure)은 정압(Static pressure)과 동압(Dynamic pressure)의 합으로 항상 일정하다고 정의하였다. 정압은 물체 표면에 수직으로 작용하는 단위 면적당 공기력을 말하고, 동압은 유체 속도의 제곱에 비례하는 단위 면적당 공기력을 말한다.

유체의 밀도를 ρ라 하고 속도를 V라고 하면 동압 q는 $q=\frac{1}{2}\rho V^2$식으로 표현된다. 이상 유체의 정상 흐름에서 동일한 유선상의 정압과 동압 사이에는 "정압(P)+동압(q)=전압(Pt)=일정" 관계가 성립된다. 유체 흐름에서 정압과 동압의 합은 일정한데 이를 전압(Total pressure)이라 한다. 전압(Total pressure)을 식으로 표현하면 $P+\frac{1}{2}\rho V^2=P_t$와 같다.

유체의 유선에서 동일 유선상에 있는 두 지점 1, 2 사이의 에너지 관계를 수식으로 나타내면 $P_1+\frac{1}{2}\rho V_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho V_2^2=P_t$이 되며, 이 관계를 베르누이의 정리(Bernoulli's Theory)라고 한다.

이 관계를 정리하면 동압이 작은 지점은 정압이 크고 동압이 큰 지점은 정압이 작다는 것을 의미한다. 즉, 단면적이 큰 지점은 유속이 작고 유속이 작으면 동압이 작으므로 정압이 크고, 단면적이 작은 지점은 유속이 크고 유속이 크면 동압이 크므로 정압이 작다. 결과적으로 단면적이 넓은 지점은 정압이 크고 면적이 좁은 지점은 정압이 작다.

날개 에어포일의 윗면을 지나가는 공기의 흐름은 속도를 증가시키고 저압 지역이 생성된다. 이를 응용하면 날개 아랫면의 압력이 윗면의 압력보다 높아지게 되므로 날개를 위로 들어 올리는 공기력인 양력(Lift)이 만들어진다. 양력계수(C_L), 날개면적(S), 속도(V), 공기밀도를 ρ라 하고 하면 "양력(Lift)=$C_L\rho V^2S$" 수식으로 표현된다.



[그림 1-2] 벤투리관에서 공기의 흐름에 따른 속도와 압력의 변화

1.2.2 에어포일(Airfoil)

에어포일의 앞부분을 앞전(Leading Edge)이라 하고, 뒷부분을 뒷전(Trailing Edge)이라 하는데 앞부분은 뒷전에 비해 둥글고 뒷전으로 갈수록 좁고 가늘어진다. 에어포일의 앞전과 뒷전을 연결하는 직선을 시위선(Chord Line)이라 한다.

에어포일의 각 지점에서 시위선으로 부터 윗면과 아랫면까지의 길이는 위 캠버와 아래 캠버의 길이를 나타낸다. 평균 캠버선(mean camber line)은 윗면과 아랫면의 길이가 같은 지점을 연결한 선이다.

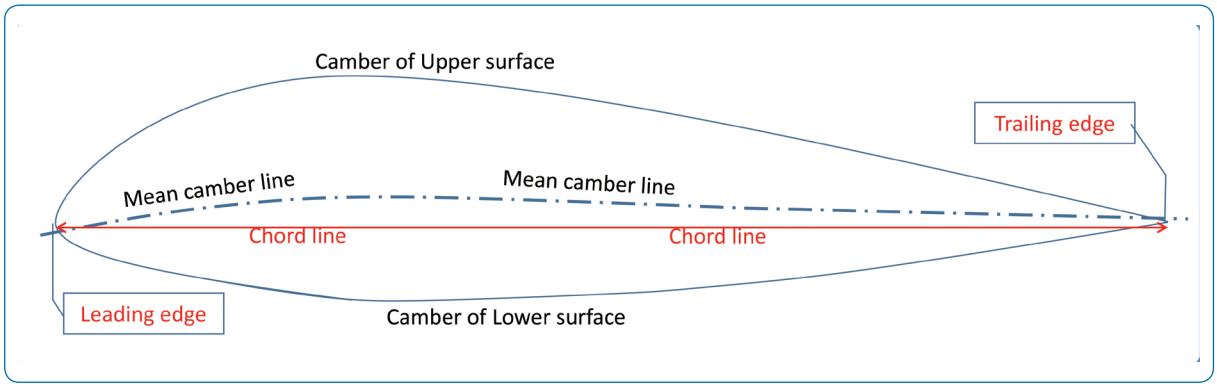
에어포일은 공기의 움직임으로부터 양력을 만들어 내는 방법으로 고안되었다. 이는 에어포일의 위/아래로 흐르는 공기의 흐름과 속도 차이로 발생하는 윗면과 아랫면의 압력차이로 인하여 날개를 위로 들어 올리려는 양력을 발생시킨다.

1.2.3 받음각에 따른 에어포일의 압력중심의 변화

에어포일의 위, 아래 캠버가 같은 대칭형 에어포일이라면 위와 아래를 흐르는 공기의 속도는 같으며, 그에 따라 압력변화 또한 같게 된다. 그러나 대칭모양의 에어포일을 아랫면이 직선형태가 되도록 반으로 나눈 형태에서 공기 흐름을 생각해보면 윗면을 흐르는 공기는 에어포일의 아랫면보다 더 빨리 움직일 것이다. 증가된 속도는 에어포일 윗면의 압력을 감소시킨다.

1.2.3.1 받음각(AOA, Angle Of Attack)

받음각(AOA, Angle of attack)은 항공기의 시위선(chord line)과 상대풍이 이루는 각도를 의미한다. 에어포일은 받음각(AOA)에 따라 공기역학적 특성이 달라지기 때문에 에어포일 주위의 흐름의 모양, 압력 분포가 받음각에 따라 변한다. 에어포일 주위에 작용하는 공기압력의 중심 즉, 공기력의 합력점을 압력 중심(CP,



[그림 1-3] 에어포일의 단면

center of pressure)라 부른다.

받음각(AOA)이 작을 때 에어포일 주위의 최대 부압 지점은 날개 시위 중앙 부근에 나타나며 따라서 압력중심(CP)도 날개 시위 중앙 부근에 위치한다.

받음각(AOA)이 정상(순항비행)일 때 에어포일 주위의 최대 부압 지점은 날개 시위 중간 앞(일반적으로 대략 25%) 부근에 나타나며 따라서 압력중심(CP)도 날개 시위 중간 앞 부근에 위치한다.

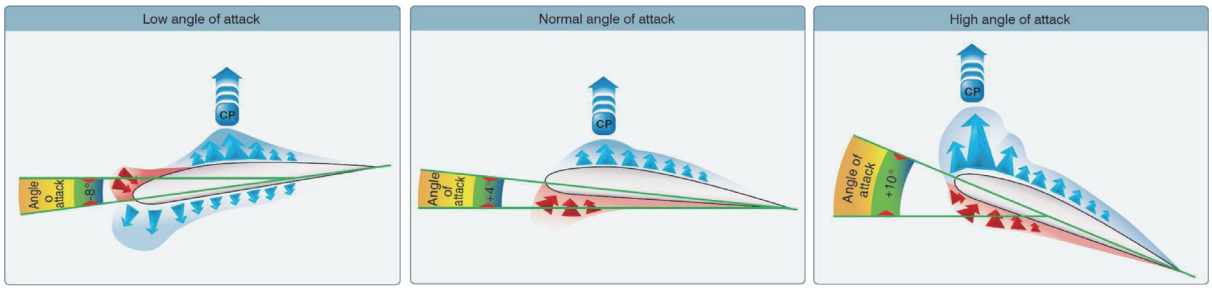
받음각(AOA)을 크게 하면 에어포일 주위의 최대 유속 발생 지점이 에어포일 전방으로 이동하기 때문에 최대 부압지점도 에어포일 앞전 쪽으로 이동하게 된다. 따라서 받음각이 증가하면 압력중심(CP)은 날개 앞전 쪽으로 이동한다.

1.2.3.2 등속직진수평비행 상태일 경우의 받음각(AOA)

항공기가 등속직진수평비행 상태일 경우 속도에 따라 날개의 받음각이 다르게 나타난다. 직진 수평비행은 넓은 범위의 속도에서 이루어진다. 조종사는 받음각과 추력을 이용해 다른 속도에서도 수평비행 상태로 만들 수 있다. 양력은 받음각과 속도에 의해 매우 다양한 값이 나온다는 것이다. 저속에서의 높은 받음각이 만드는 양력과 고속에서의 낮은 받음각이 만드는 양력이 같을 수 있다.

만일 저속비행 상태라면 양력과 무게의 균형을 유지시키기 위해 받음각을 증가시켜야 한다. 반대로 고속일 경우 받음각을 감소시켜야 한다. 추력이 감소하면 항공기의 속도가 감소할 것이고, 이에 따라 양력이 감소하여 항공기는 하강할 것이다. 이에 고도를 유지하기 위해서는 양력과 중량이 다시 같아지도록 받음각을 증가시켜야 한다. 항공기가 더 느려진다면 더 많은 받음각이 필요하다.

속도가 변하여도 받음각의 조절로 양력과 무게를 같게 유지시켜 줄 수 있다. 항공기의 속도는 조종사가 의도적으로 특정한 속도에 맞추려고 하지 않는 한 추력과 항력이 같아지는 지점까지 가·감속된다.



[그림 1-4] 에어포일의 압력 분포와 받음각(AOA)에 따른 압력중심(CP)의 변화

1.3 비행과 항공 역학 (Aerodynamic of Flight)

1.3.1 비행 중 항공기에 작용하는 4가지 힘 (Forces Acting on the Aircraft)

비행 중인 항공기에는 추력과 항력, 양력과 무게(중력)의 힘이 작용한다.

1.3.1.1 추력(Thrust)

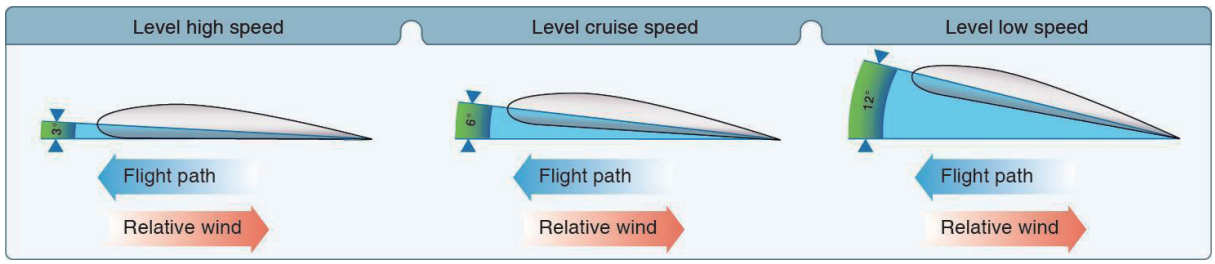
추력은 추진 장치인 엔진, 프로펠러, 또는 회전날개에서 발생하는 힘으로 항공기를 앞으로 전진시키는 힘이다. 이는 항력과 반대방향으로 작용하며 일반적으로 항공기의 세로축과 평행하게 작용한다.

1.3.1.2 항력(Drag)

항력은 날개와 회전날개, 그리고 동체나 다른 돌출된 부분은 공기흐름에 대한 저항을 발생시키고, 이는 뒤로 향하여 항공기의 전진을 방해하는 힘이 된다. 항력은 일반적으로 추력에 반대되고 상대풍(Relative Wind)과 평행하게 작용한다. 항력에는 크게 유도항력(Induced drag)과 유해항력(Parasite drag)으로 구분한다.

○ 유도항력(Induced drag) : 날개 에어포일에 흐르는 공기는 압력 차이에 의해 발생하는 공기흐름에 따라 양력성분이 날개 뒷부분으로 기울어지는데 이때 뒤로 기울어진 양력의 수평성분은 항력성분으로 이렇게 만들어진 항력을 유도항력이라 한다. 날개 끝 부근의 압력 차이로 공기의 흐름이 날개 밑면에서 윗면을 향하여 바깥쪽으로 흐른다. 이러한 측면 흐름은 날개 끝 공기에 회전속도를 주어 에어포일 뒤쪽에 와류(Vortex)를 형성하게 된다. 항공기를 뒤에서부터 보면 와류는 오른쪽 날개 끝에서 반시계방향으로 회전하고, 왼쪽 날개 끝에서는 시계방향으로 회전한다. 이 공기흐름이 날개 뒤쪽으로 돌아 나아가면서 아래로 향하게 되는데 이를 하향기류(Downwash)이라고 한다. 이러한 하향기류가 클수록 유도항력은 증가 된다.

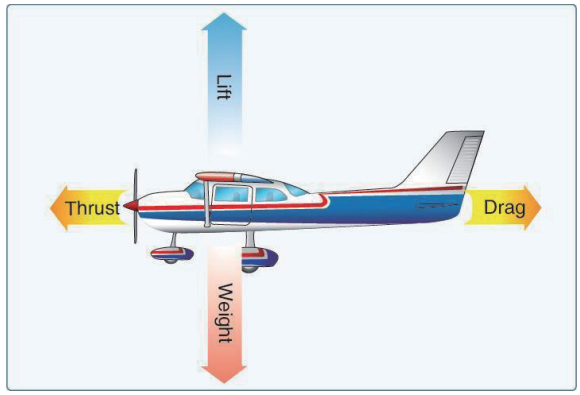
○ 유해항력(Parasite Drag) : 유해항력은 항공기 주변 공기의 흐름, 난기류, 또는 항공기 에어포일 등 항공기 형상으로 인해



[그림 1-5] 등속직진수평비행 상태에서 속도 변화에 따른 받음각

공기의 흐름을 방해함으로써 발생하는 항력으로 형상항력(Form Drag), 간섭항력(Interference Drag)과 표면 마찰항력(Skin friction Drag) 3가지로 나뉜다.

- 형상항력(Form Drag) : 형상항력은 항공기 동체와 그 주위를 지나가는 공기의 흐름으로 인해 생겨나는 항력이다. 형상항력을 줄일 수 있는 방법은 가능한 많은 부분을 유선형(Streamline)으로 설계하는 것이다.
- 간섭항력(Interference Drag) : 간섭항력은 소용돌이, 난기류, 부드러운 공기흐름이 교차되면서 발생한다. 예를 들면, 날개와 동체가 만나는 날개 뿌리 부분에서 상당한 간섭항력이 발생하는데, 이유는 동체를 지나는 공기흐름과 날개를 지나는 공기흐름이 서로 충돌하여 이전의 두 공기흐름과는 다른 공기흐름으로 합쳐진다. 가장 간섭항력이 크게 작용하는 부분은 두 면이 수직으로 만나는 부분이다. 주로 이런 곳에서는 항력을 줄이기 위해 페어링(Fairing)을 장착한다.
- 표면 마찰항력(Skin friction Drag) : 표면 마찰항력은 공기가 항공기 표면을 지나갈 때 발생하는 공기역학적 저항이다. 항공기 표면 위로 지나가는 공기분자들은 항공기의 속도만큼 속력을 갖는다. 이를 자유기류속도(Free Stream Velocity)라고 한다. 이 자유기류속도 층과 항공기 표면 사이를 경계층(Boundary Layer)이라고 한다. 이 경계층의 바로 위쪽에서의 공기 분자들은 경계층 위에 흐르는 공기와 비슷한 속도(자유기류속도)로 움직인다. 이 공기분자들의 속도는 날개의 형태나 공기의 점성, 압축정도에 따라 달라진다. 이 경계층이 날개 표면으로부터 분리될 때 양력의 감소와 항력의 증가를 가져오는데, 대표적인 현상이 실속이다.



[그림 1-6] 항공기에 작용하는 힘

1.3.1.3 양력(Lift)

양력은 항공기의 날개(에어포일)가 공기 중을 통과하면서 발생되는 힘이다. 양력은 항공기 비행경로(상대풍)에 대해 수직으로 작용하고, 양력의 중심위치는 받음각(AOA)의 크기에 따라 변한다. 수평 비행에서 양력과 중력은 반대방향으로 작용한다.

1.3.1.4 무게(Weight)

무게는 항공기 자체의 무게, 탑승자, 연료, 화물 등의 무게를 합한 것이다. 무게는 중력에 의해 항공기를 지면으로 끌어당기는 힘이다. 이는 양력과 반대로 작용하며, 항공기 무게중심(CG)을 통하여 지구중심을 향해 작용한다.

등속직진수평비행에서는 양력과 무게, 추력과 항력은 서로 균형을 이룬다. 그러나 항공기가 활공할 때에는 무게의 벡터가 나뉘어 그중 하나는 비행경로의 앞에 위치하여 추력처럼 작용한다.

1.3.2 지면효과(Ground Effect)

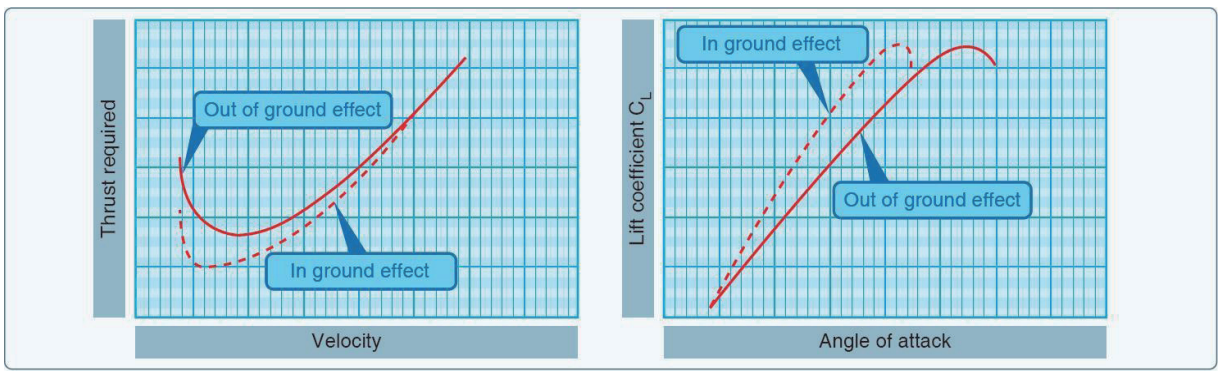
1.3.2.1 고정익 비행장치의 지면효과 (Ground Effect)

조종사들은 착륙할 때 활주로에 접지 직전 항공기가 더 이상 강하하지 않으려는 느낌을 받는다. 이는 날개를 흐르는 공기흐름이 지면에 가까워짐에 따라 방해를 받아 흐름의 형태가 바뀌어 마치 날개와 지면 사이에 공기가 갇혀 있어 에어쿠션과 같은 현상이 발생하는 것처럼 느끼게 되는데 이러한 현상을 지면효과라고 한다.

비행 중인 항공기가 땅이나 물과 같은 표면에 가까이 접근하면 날개에서 발생하는 와류(Vortex)는 지면에 의해 방해를 받아 그 크기가 약해진다. 와류가 약해지면 유도항력이 감소되는 효과가 있으며, 유도항력이 감소되면 그만큼 추력이 증가되는 역할을 하고, 추력이 증가되면 속도가 증가되고 양력도 증가되어 항공기는 더 이상 강하하려 하지 않는다.

지면효과로 인해 날개 끝 와류(Vortex)의 감소는 넓은 형태의 양력 배분으로 변화되고 유도항력을 줄여준다. 그 결과 날개는 더 적은 받음각만을 필요로 한다. 일정한 받음각을 유지하면 양력계수(C_L)의 증가로 나타난다.

지면효과가 발생하면 유도항력이 감소되어 추력증가의 효과로 변환된다. 또한 날개에 흐르는 공기흐름의 형태가 바뀌므로 공기압력을



[그림 1-7] 지면효과로 인한 항력과 양력의 변화

측정하여 지시하는 고도계, 속도계 등은 오차가 발생할 수 있다. 지면효과는 정압의 압력을 증대시키므로 속도는 정상보다 높게 지시하여 정상보다 더 느린 속도에서도 항공기를 부양(Airborne)시키려 한다.

지면효과는 날개와 지면 사이의 간격이 좁을수록 크게 나타난다. 날개가 지면으로부터 스팬(span) 길이만큼의 높이에 있을 때 유도항력은 1.4% 감소하고, 날개가 지면으로부터 스팬(span) 길이의 1/4 높이에 있을 때 유도항력은 23.5% 감소하며, 날개가 지면으로부터 스팬(span) 길이의 1/10 높이에 있을 때 유도항력은 47.6%가 감소된다. 따라서 날개가 지면에 매우 근접한 경우에만 유도항력이 크게 감소된다. 지면효과는 대부분 이륙과 착륙할 때에 발생한다.

지면효과 때문에 이륙과 착륙하는 동안 항공기 비행특성이 변하기 때문에 항공기가 지면효과를 벗어나게 될 경우에는 다음의 몇 가지 사항을 고려하여야 한다.

- ○ 같은 양력계수를 유지하기 위해 더 큰 받음각이 요구된다.
- ○ 유도항력이 감소되어 추력이 증가되는 효과가 발생한다.
- ○ 안정성이 감소하고 항공기 기수가 갑자기 들린다.
- ○ 정압(static source pressure)의 감소와 지시 속도가 증가된다.

지면효과는 이/착륙을 할 때 나타나므로 지면효과가 발생하는 높이 이내에서 이륙할 때 특성을 이해하지 못하고 항공기를 조작하면 위험한 상황이 발생할 가능성이 높다. 지면효과 상황에서는 유도항력이 감소되기 때문에 권고된 속도보다 더 적은 속도에서도 이륙이 가능한 것처럼 보인다. 부족한 속도에서 이륙을 시도하는 경우 항공기는 다시 활주로로 떨어지는 상황(settle back)이 벌어질 수 있다.

조종사는 속도가 부족한 상태에서 부양하려고 시도하면 안 된다. 정해진 상승성능을 이루기 위해서는 적절한 이륙속도를 지켜야 한다.

착륙하는 동안에도 지면효과가 발생하면 항공기는 유도항력이 증가되어 마치 양력이 증가는 현상을 느낄 수 있으며 플로팅(floating) 현상이 발생한다. 지면효과가 있는 지역에서 엔진의 출력을 늦게 줄이면 유도항력의 감소로 인한 추력증가의 효과까지 더하여 플로팅 거리가 늘어나게 된다.

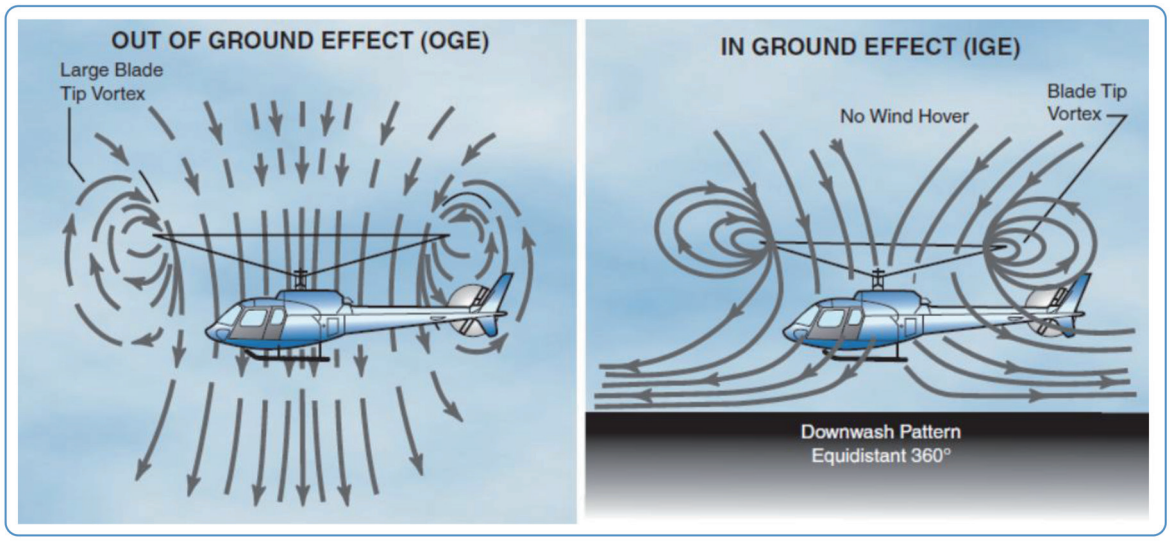
1.3.2.2 회전익 비행장치의 지면효과 (Ground Effect)

헬리콥터의 로터 시스템이 회전을 하는 경우에는 블레이드에 의하여 많은 양의 공기를 아래로 펌핑(pumping)하기 때문에 하강기류가 형성된다. 헬리콥터가 지면 가까이 비행을 하거나 이착륙을 하는 경우에는 날개 끝단 와류는 지면에 의해 차단되고, 하강기류 속도가 줄어들면서 회전으로 발생하는 일부 기류가 지면에 충돌, 상승하여 블레이드의 성능을 크게 향상시키는 지면효과 현상이 발생한다.

또한 무인멀티콥터의 경우 프로펠러 시스템이 회전을 하게 되면 프로펠러에 의하여 많은 양의 공기를 아래로 펌핑(pumping)하기 때문에 하강기류가 형성된다. 멀티콥터가 지면 또는 어떠한 주변물체에 가까이 비행을 하거나 이착륙을 하는 경우에는 날개 끝단 와류는 지면 또는 주변물체에 의해 차단되고, 하강기류 속도가 줄어들면서 회전으로 발생하는 일부 기류가 지면 또는 주변물체에 충돌, 상승하여 프로펠러의 성능을 크게 향상시키는 지면효과 현상이 발생한다.

헬리콥터의 지면효과는 로터 직경의 0.5배 고도에서 추력이 약 7% 증가하고, 로터 직경의 1.25배 고도에서는 증가율이 정지되며, 또한 고도뿐만 아니라 지면의 형태에도 많은 영향을 받는다. 즉 평탄하게 포장된 지면은 효과가 크게 나타나고, 거친 지면이나 수면 상공에서는 지면효과가 부분적으로 와해되어 하향기류가 증가되면서 와류가 다시 발생하여 양력이 감소한다.

지면에서는 지면과 수직한 방향으로의 공기의 흐름이 없으므로 블레이드의 단면에 대해 받음각을 증가시키는 결과를 가져와 양력벡터



[그림 1-8] 헬리콥터의 지면효과와 하향기류

의 크기가 증가하게 된다.

1.3.3 항공기(비행장치)의 운동과 축(Axes)

항공기(비행장치) 운동 축(Axis)은 3개의 선으로 무게중심을 기준으로 서로 교차되어 있으며, 항공기(비행장치)가 운동을 하는 기준이 된다. 이들 3축은 서로 90도의 각으로 교차하며, 무게중심을 통과하고, 항공기(비행장치) 앞과 뒤를 연결하는 세로축, 날개 끝을 연결하는 가로축, 그리고 그 선들과 수직으로 이루어진 수직축으로 되어 있다. 고도를 변경하고 방향을 변화시킬 때마다 한 개 또는 그 이상의 축들이 회전하게 된다.

○ 항공기(비행장치)의 움직임

- 세로축을 기준으로 하는 항공기의 움직임을 롤링(Rolling),
- 가로축을 기준으로 하는 운동은 피칭(Pitching)
- 수직축을 기준으로 하는 운동을 요오잉(Yawing)이라 한다.

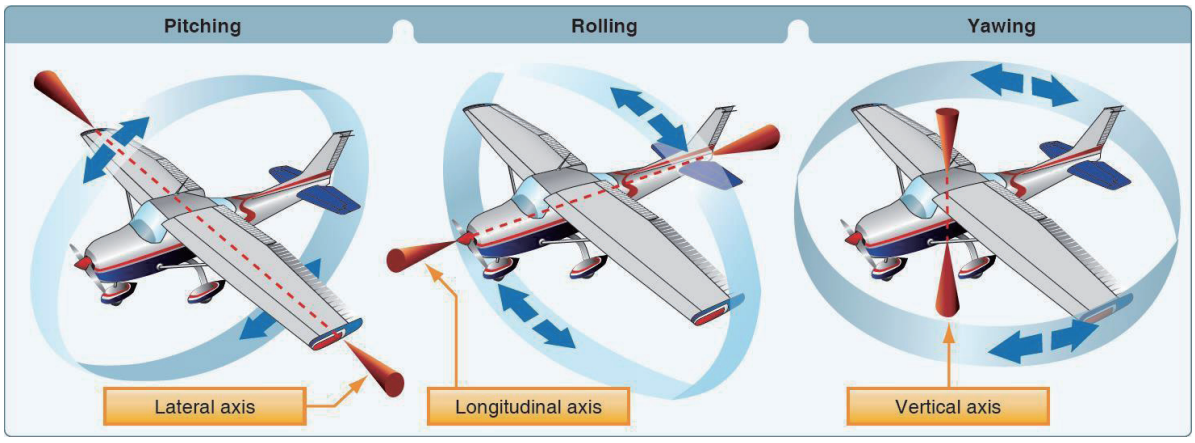
○ 타면조종형비행장치의

- 롤링(Rolling)은 에일러론(ailerons)에 의해,
- 피칭(Pitching)은 엘리베이터(elevators)에 의해,
- 요오잉(Yawing)은 러더(rudder)에 의해 조종된다.

○ 초경량헬리콥터의

- 롤링(Rolling)과 피칭(Pitching)은 사이클릭(Cyclic)에 의해,
- 요오잉(Yawing)은 테일로터 페달(Tail rotor pedal)에 의해 조종되며,
- 수직상승과 관련된 헬리콥터의 운동은 메인로터 피치(Main Rotor Pitch)를 조종하는 콜렉티브(Collective) 조종간에 의해 조종된다.

다른 종류의 초경량비행장치에서는 3축을 기



[그림 1–9] 항공기(비행장치)의 운동 3축

준으로 운동하는 것과는 다른 방법들이 사용되기도 한다.

예를 들어 체중이동형(Weight shift control) 비행장치 및 행글라이더는 롤(Roll)과 피치(Pitch) 2개의 축을 사용하는데, 체중이동형비행정치의 삼각형 조종간(Control bar)을 움직여서 조종사가 무게중심을 변화시켜 조종한다. 직접적으로 요오잉(Yawing)만을 조종하는 부분은 결여되어 있다.

동력패러글라이더, 패러글라이더 및 사각형 낙하산의 경우 글라이더의 캐노피 에어포일을 변화함으로써 조종하게 되는데, 직접적으로 피칭(Pitching)과 요오잉(Yawing)만을 조종하는 부분은 결여되어 있다.

또한 기구류의 경우에는 수직으로 상승/강하하는 조종만이 가능하다. 일부 상업용으로 사용되는 열기구의 경우 수직축(vertical axis)을 기준으로 회전(Yawing)할 수 있는 기능을 지닌 터닝 밴트(turning vents)를 장착한 기구들도 있다.

1.3.4 항공기의 안정성(Aircraft Stability)

1.3.4.1 모멘트(Moment)

항공기의 운동은 무게중심을 기준으로 이루어진다. 무게중심에 대하여 회전하려는 것을 모멘트라 하며, 모멘트는 힘과 그 힘이 작용하는 거리를 곱한 크기이다.

항공기의 평형을 맞추기 위하여 실제로 공기력이 발생하는 압력중심에 무게중심을 위치시키면 받음각에 따라 압력중심의 위치가 변하므로 항공기의 모멘트가 0인 상태의 평형을 유지하기가 어렵다. 따라서 항공기의 무게중심을 공기력중심에 위치시키고, 이 때 발생하는 모멘트는 수평꼬리날개에서 상쇄 모멘트를 발생시켜 항공기의 평형을 유지한다.

조종사들은 받음각의 변화로 압력중심의 위치를 변화시키는 것을 제외하고는 비행에서 항공기에 작용하는 힘의 위치를 직접 변경할 수는 없으나, 힘의 크기는 제어할 수 있다. 트림장치, 엘리베이터 트림 탭(elevator trim tab), 수평 안정판과 같은 것은 안정된 모멘트를 유지하는데 이용된다.

1.3.4.2 안정성(stability)

항공기 안정성은 어떤 교란으로 인해 무게중심에 대한 힘과 모멘트가 0에서 벗어나 평형이 깨져 비행자세가 변경되었을 경우, 항공기가 스스로 다시 평형이 되는 방향으로 운동이 일어나는 경향성을 말한다. 그러나 원래의 평형상태에서 더 벗어난 상태로 가면 불안정하다고 한다. 안정성은 정적 안정성과 동적 안정성으로 구분하며 안정성은 설계할 때 최우선적으로 고려된다.

1.3.4.2.1 정적 안정성(static stability)

정적 안정성은 자세가 변경되었을 때 처음의 평형상태로 되돌아가는 움직임의 방향을 말한다.

○ 긍정적인 정적 안정성(Positive static stability) : 교란 이후에 원래의 평형상태로 되돌아가려는 처음의 경향

○ 중립적인 정적 안정성(Neutral static stability) : 평형상태에서 변형된 후에 새로운 상태를 계속 유지하며 남아 있으려는 경향

○ 부정적인 정적 안정성(Negative static stability) : 교란된 이후 원래의 평형상태로부터 계속해서 벗어나려고 하는 경향

1.3.4.2.2 동적 안정성(dynamic stability)

정적 안정성은 평형상태에서 교란된 후에 다시 원래의 평형상태로 되돌아가려는 처음의 경향을 정의한 것이며, 동적 안정성은 교란된 상태에서 평형상태로 되돌아가려는 경향성(정적 안정성)이 시간에 따라 반응하는 정도를 말한다.

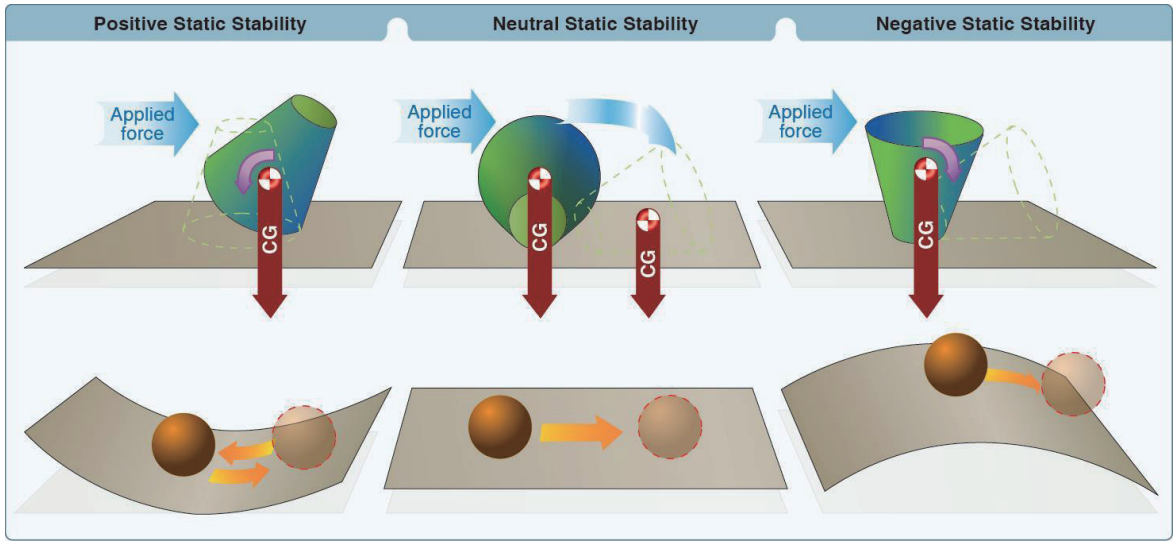
○ 긍정적인 동적 안정성(Positive dynamic stability) : 시간이 경과하면서 물체의 움직임이 원래의 평형상태로 돌아가려하기 때문에 점점 진폭이 줄어든다.

○ 중립적인 동적 안정성(Neutral dynamic stability) : 원래의 평형상태로 돌아가려 하지만 진폭이 증감 없이 시간이 경과하여도 그대로 유지되려 한다.

○ 부정적인 동적 안정성(Negative dynamic stability) : 원래의 평형상태로 돌아가려 하지만 시간이 경과되면서 진폭이 확산하는 경향을 보인다.

1.3.4.3 세로 안정성(longitudinal stability)

세로 안정성은 항공기를 가로축에 대하여 안정시키는 것으로 피치 안정성이라고도 한다.



[그림 1-10] 정적 안정성의 종류