데, 특히 헬리콥터가 제자리 비행을 할 때는 날개 끝단 와류(wing tip vortex)가 발생하므로 많은 동력을 필요로 하는 주된 원인이 된다.

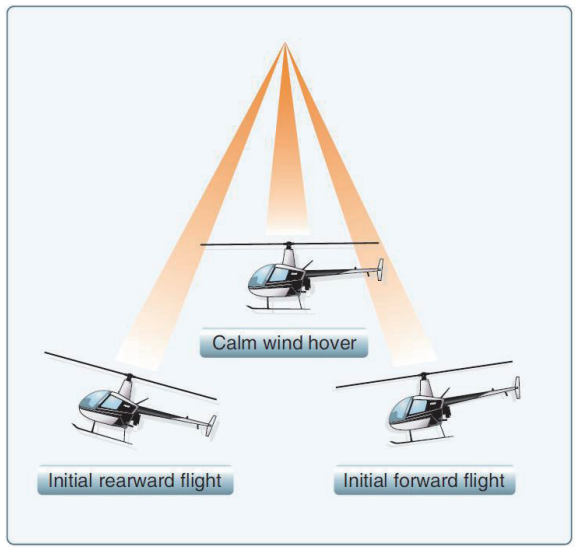
4.4.7.2 진자 운동(Pendular Action)

메인로터가 하나인 초경량헬리콥터는 시계의 진자처럼 헬리콥터의 동체가 하나의 점에 매달려 있다는 것과 같다. 따라서 한번 흔들리면 시계의 진자와 같이 전후 또는 좌우로 자연스럽게 진동을 하게 된다. 이런 현상은 과격한 조작을 할수록 더욱 커지므로 조종조작을 부드럽게 또는 과격하지 않게 수행하여야 한다.

헬리콥터의 수평안정판은 전진 비행에서 동체의 수평을 유지하려는 경향이 있다. 그러나 후진 비행에서는 헬리콥터가 바람으로 움직이면서 수평안정판이 아래쪽으로 밀릴 수 있어 꼬리가 아래로 처지게 되어, 진자 운동(Pendular Action)을 유발하게 된다. 따라서 조종사는 후진 비행 시 수평안정판이 바람에 의한 영향을 받는 것에 대하여 고려하여야 한다.

4.4.7.3 지면효과

헬리콥터의 로터 시스템이 회전하는 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.



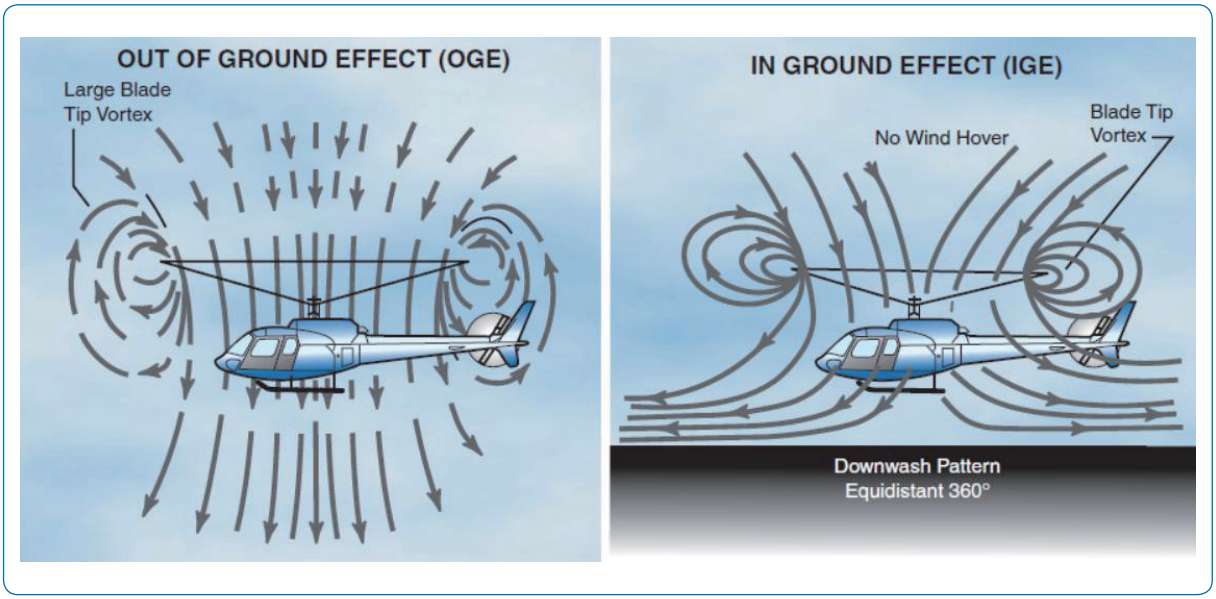
[그림 4-39] Pendular Action

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 양력벡터의 크기가 증가하게 된다.

4.4.7.4 자동회전(Autorotation)

헬리콥터 운항 중 엔진 고장 또는 정지되었



[그림 4-40] 헬리콥터의 지면효과와 하향기류

을 때 일정고도와 전진비행 속도가 있다면 동력전달장치를 차단하면 로터가 자동회전(Autorotation)하여 헬리콥터가 안전하게 지상에 착륙할 수 있다.

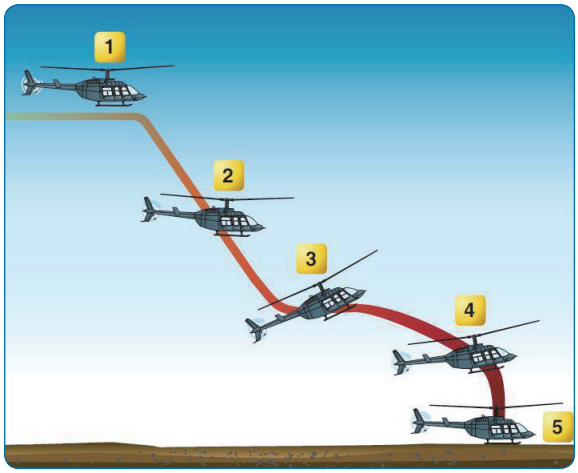
헬리콥터의 엔진이 고장 났을 때 엔진은 자동적으로 트랜스미션과 연결되어 있는 프리휠 장치(free wheeling device)를 통하여 로터와 분리되며, 로터블레이드는 엔진출력에 관계없이 독립적으로 자동회전하면서 강하비행을 하게 된다.

자동회전(Autorotation)을 하는 동안 공기흐름은 더 이상 하향흐름하지 않고 오히려 메인로터(Main Rotor)를 통하여 상향하며, 이러한 상향 공기흐름은 메인로터가 정상작동 할 때와 같은 방향으로 회전시키는 효과가 있다. 따라서 메인로터의 자동회전에 의해 양력을 발생하게 되며, 이러한 힘으로 헬리콥터는 안전하게 착륙을 할 수 있게 하강하는 동안 조종이 가능해진다.

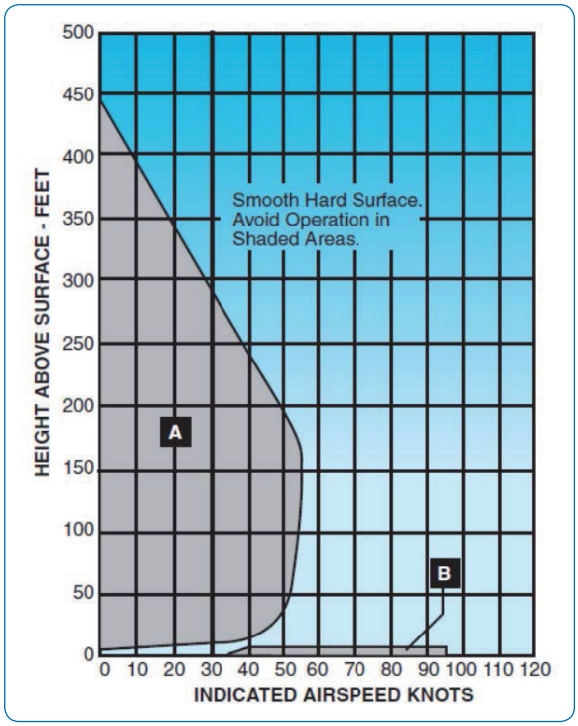
자동회전에 의한 강하 조작은, 엔진 고장 시 조종사는 즉시 콜렉티브 피치 조종간(Collective Pitch Control Lever)을 내려 로터 블레이드의 피치를 감소시키고, 조종간을 앞으로 밀어 사이클릭 로터 회전면(rotor disc)을 앞으로 경사시켜 자전강하를 위한 적절한 전진속도를 확보한다.

헬리콥터의 안전한 자동회전(Autorotation)은 적절한 고도와 전진속도가 필수적이며, 일반적으로 헬리콥터 제조사는 고도와 전진속도에 대한 안전조건에 대한 "고도/속도 한계"를 제시하고 있다.

그림에서 A와 B지역은 비행금지 구역이다. A



[그림 4-41] Autorotation



[그림 4-42] 고도/속도에 따른 autorotation 운용범위

의 경우에는 고도는 있으나 전진속도가 충분하지 못하고, B의 경우는 전진속도는 있으나 고도가 충분하지 못하여 자동회전(Autorotation)에 의한 안전한 착륙이 불가능한 구역이다.

4.4.8 초경량헬리콥터 비행 전 안전성 점검

○ 초경량헬리콥터 비행 전 주요 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 동체의 리벳 장착상태, 균열 등이 없는지 확인
- 동체 외피가 들뜨거나(Delamination) 부식(Corrosion)이 없는지 확인
- 동체 캐노피에 균열이나 어긋나지 않았는지 확인
- 동체 출입문이나 캐노피의 잠금장치가 확실한지 확인
- 조종자 안전벨트의 장착상태와 작동상태가 양호한지 확인
- 엔진 방화벽에 변형이나 균열은 없는지 확인
- 동체 조종케이블과 풀리의 장착 및 작동상태는 양호한지 확인
- 무게중심의 위치가 허용범위 안에 들어있는지 확인
- 로터(Rotor)의 Balance weight는 안전하게 장착되어 있는지 확인
- 로터(Rotor) 힌지, 베어링의 작동상태는 양호한지 확인
- 로터(Rotor)가 들뜨거나(delamination) 변형(deformation)된 부분 또는 부식은 없는지 확인

- 연료관에 마찰, 마모, 누설, 고정상태는 이상이 없는지 확인
- 연료탱크 및 필터에 물이나 기타 불순물이 있는지 확인
- 연료 주입구 뚜껑(Cap)이 안전하게 잠겼는지 확인
- 착륙장치 스트러트의 장착 및 팽창상태는 양호한지 확인
- 바퀴 또는 스키드 장착은 정상적으로 되어 있는지 확인
- 착륙장치와 동체 및 날개의 연결부분의 상태는 양호한지 확인
- 착륙장치에 부식, 균열, 변형 등 이상이 없는지 확인
- 꼬리날개의 장착상태는 양호한지 확인
- 작동 케이블과 힌지, 풀리 등의 장착 및 작동상태는 양호한지 확인
- 꼬리날개 외피의 손상이나 부식이 없는지 확인
- 오일의 상태는 적절한지 확인
- 기화기 플로터 챔버 내부를 점검하여 이상이 없는지 확인
- 점화 케이블의 상태는 양호한지 확인
- 엔진 장착 마운트와 부싱 등은 양호한지 확인
- 기어박스 및 오일쿨러에서 누설 등 상태가 양호한지 확인
- 엔진 카울링의 상태(장착고정)와 균열 등 이상이 없는지 확인
- 연료는 비행하기에 적절한 용량인지 확인

4.5 초경량자이로플레인

4.5.1 초경량자이로플레인 개요

초경량비행장치 기술기준에서 정의되는 자이로플레인(gyroplane)은 시동 시는 엔진 구동으로, 비행 시에는 공기력의 작용으로 회전하는 회전익에서 양력을 얻고, 추진력은 프로펠러에서 얻는 회전익비행장치를 말한다. 또한, 비행 중에 로터의 콜렉티브(Collective) 피치 각도는 고정되어 있어야 한다.

자이로플레인(gyroplane)의 비행특성은 정의에서 언급된 바와 같이 로터에 의한 양력의 발생이라는 점에서 날개에서 양력을 얻는 동력비행장치와 가장 큰 차이점을 갖게 된다. 또한, 자이로플레인은 엔진으로부터 로터에 직접적인 회전력을 전달하는 헬리콥터와는 달리 비행 시 엔진에 의해 구동되지 않으며, 자유롭게 회전하며 공기의 반작용에 의해 회전하는 로터에 의해 양력을 발생하게 된다.

자이로플레인이 일반적인 헬리콥터와 로터의 회전력을 얻는 방식은 다르지만 빠르게 회전하는 로터로부터 양력이 발생한다는 측면에서 보면 자이로플레인의 비행특성은 동력비행장치보다는 헬리콥터와 더 유사하다. 그러나 방향조종, 이착륙 활주 등에서는 동력비행장치와 유사한 특성을 지닌다.

4.5.2 자이로플레인의 구조

4.5.2.1 자이로플레인의 형식

초기의 자이로플레인(gyroplane)들은 동체 전방부에 프로펠러가 장착되어 동체를 끌어가는 형식의 견인식(Pulling Type)이었다. 현행 일반적으로 사용되는 경량화된 자이로플레인들은 엔진과 프로펠러가 동체 뒷부분에 장착되어 밀어주는 형식의 추진식(Pusher Type)을 사용하여 기동성이 좋다. 또한, 이러한 추진식 자이로플레인은 엔진이 동체 후방에 위치하여 조종사의 시야 확보성이 매우 좋다.

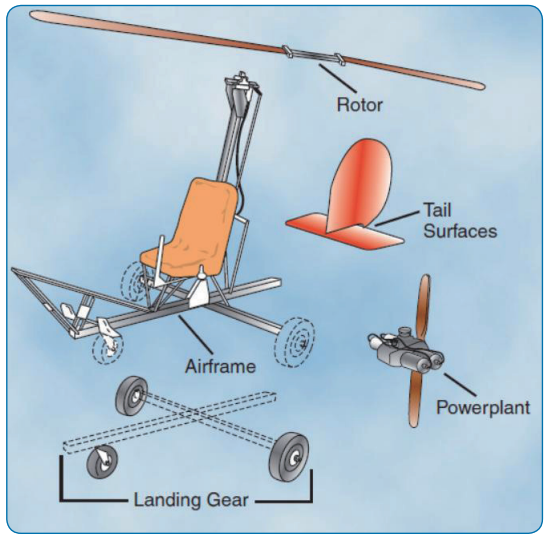
자이로플레인(gyroplane)은 크게 동체, 꼬리날개, 착륙장치, 로터 및 프로펠러를 포함한 동력장치로 구성된다.

4.5.2.2 동체(Fuselage)

자이로플레인의 동체는 로터와 엔진을 지지하여 주고, 비행 시 안전감과 조종자의 좌석을 확보할 수 있도록 공간을 제공하여 주며, 이착륙을 위한 착륙장치가 장착되어 있다.

자이로플레인 동체 내부는 조종석과 연료탱크를 공간을 제공하여야 하고, 로터, 엔진, 꼬리날개, 착륙장치가 장착되므로 구조적으로 충분한 강도를 가져야 한다. 또한 비행 중 공기의 저항을 줄일 수 있는 기하학적 모양을 유지하여야 한다.

자이로플레인의 경우 동체가 조종실 형태를 갖춘 것도 있지만, 대부분의 경량 자이로플레인들은 동체구조물(Airframe)에 조종석과 캐노피를 장착한 형태를 취하고 있다.



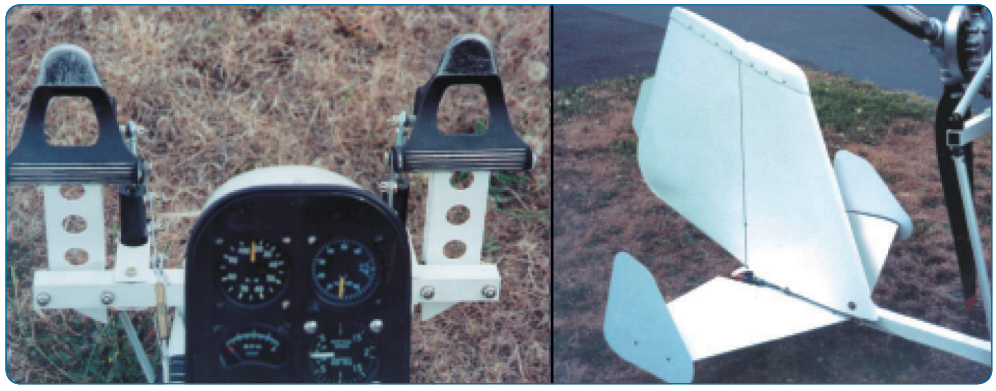
[그림 4-43] 자이로플레인의 구성

4.5.2.3 꼬리날개(Tail wing)

자이로플레인 동체의 후방에는 비행기와 같이 비행 중의 비행 안정성을 확보해 주는 수직안정판(Vertical stabilizer)과 수평안정판(Horizontal stabilizer)이 위치하고 있다. 수직안정판의 뒷부분에는 기수의 좌우방향 운동을 보조하는 방향타(Rudder)가 장착된다. 자이로플레인의 경우 로터에 의해 동체의 운동 및 안정성이 지배되므로 수평안정판을 장착하지 않는 경우도 있다.

4.5.2.4 착륙장치(Landing gear)

자이로플레인의 착륙장치(Landing gear)는 지상이동 및 이착륙 시에 필요한 장치로서, 이



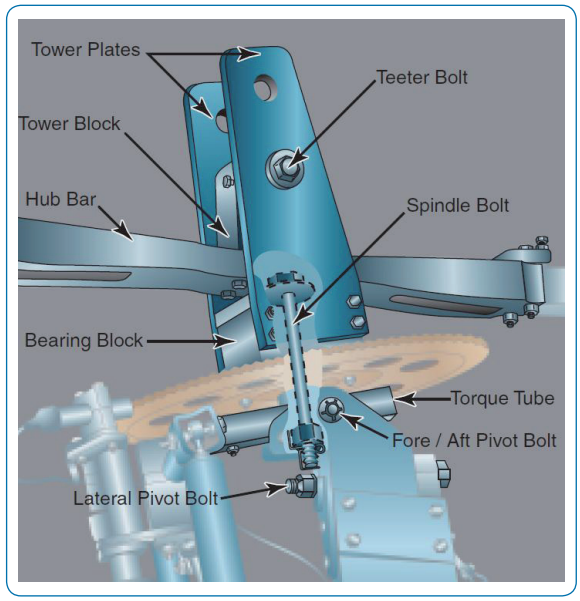
[그림 4-44] Rudder pedal

착륙 시 충격을 완화시켜 조종사와 동체를 보호하며 지상이동시 원활한 이동을 할 수 있게 한다. 헬리콥터와는 다르게 스키드 형태가 아닌 바퀴로 제작되며, 주 착륙장치에는 브레이크 장치가 포함되어 있다.

4.5.2.5 로터(Rotor)

로터(Rotor)는 자이로플레인의 양력을 발생시키는 장치로, 회전축을 중심으로 회전하는 날개이다. 로터는 로터의 티터링(teetering) 힌지를 기준으로 로터 허브(rotor hub)와 로터 블레이드(rotor blade)로 구성된다.

초경량비행장치의 로터 블레이드는 약 6m 직경을 가지며 폭 15cm정도로 일반적으로 가로세로비가 15 내지 20 정도인 직사각형을 기본으로 하고 있다. 순항 중에 로터(Rotor)는 수백 RPM 정도의 회전수를 갖는다.



[그림 4-45] 자이로플레인의 로터 허브

4.5.2.6 동력장치(Powerplant)

초경량자이로플레인의 동력장치에는 일반적으로 2행정 또는 4행정 휘발유 엔진들이 사용된다.

자이로플레인(gyroplane)은 일반적으로 지상에서의 활주거리를 줄이기 위해 로터 스핀업

(spin up 또는 prerotator) 장치를 장착하고 있다. 이 로터 스핀업 장치는 지상에서 상대풍(relative wind)에 의한 로터의 자유 회전만으로는 자이로플레인의 이륙을 위한 충분한 양력을 얻기 힘들기 때문에, 헬리콥터와 같이 엔진의 동력을 직접적으로 로터에 연결하여 로터를 회전시켜 이륙에 필요한 양력을 보조하는 역할을 하게 된다. 그러나 로터 스핀업(spin up) 장치는 지상에서만 사용되고 비행 중에는 로터와 기계적으로 완전히 분리되어야만 한다.

자이로플레인 스핀업(spin up)장치에는 엔진 시동모터와 유사한 형태의 전기모터로 직접 로터를 회전시켜주는 전기식 프리로테이터(Electric Prerotator) 장치가 사용되기도 한다.

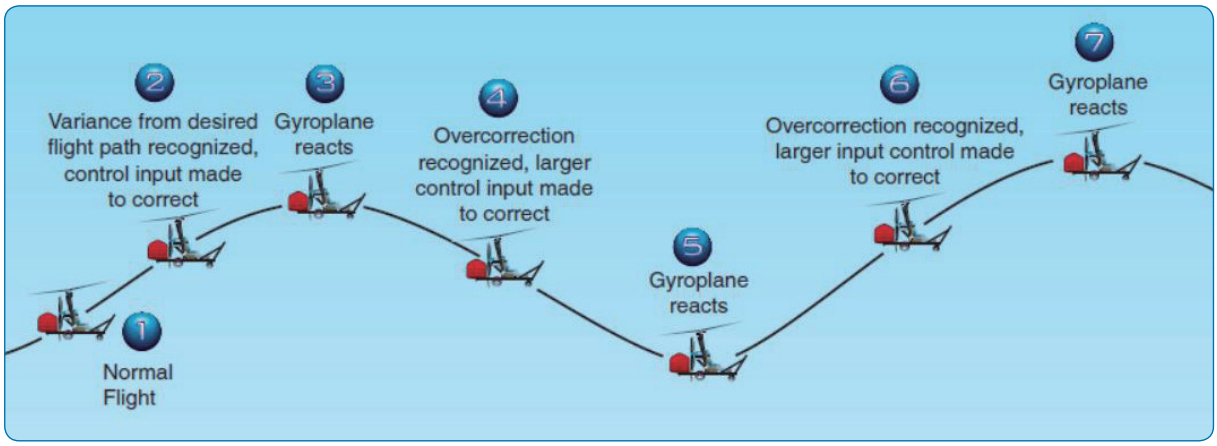
4.5.3 자이로플레인의 비행 안전성

비행기는 조종사들이 별로 반기지 않는 비행 중에 양력을 잃어버리는 실속이란 것이 있다. 비행 중 적절하게 대응하면서 조종하지 못하면 비행기는 실속에 빠지게 된다. 그러나 조종사는 실속을 감지 및 방지할 수 있어 커다란 문제가 되지 않는다. 헬리콥터의 경우 엔진고장 등의 경우 자동회전(Autorotation)을 하여 안전하게 착륙을 할 수 있으나, 어떠한 "고도/속도"에서는 Autorotation이 불가능한 구역이 있다.

자이로플레인은 비행기처럼 실속이 없지만, 조종사 유발진동(PIO: Pilot Induced Oscillation)이라는 자이로플레인의 설계에 따른 특이한 문제가 있다.

자이로플레인에서 조종사는 유발진동(PIO)를 발생시킬 의도가 없었다고 하더라도 유발진동(PIO)를 발생시킬 수 있으며, 비행기와는 달리 유발진동(PIO)현상 발생 시 비행 안전성에 큰 영향을 미치게 된다.

조종사가 유발진동(PIO)를 일으키는 과정에서 진폭이 증가하는 상/하 진동은 조종사의 조종간 움직임의 결과이다. 기수의 첫 번째 상방



[그림 4-46] 조종사 유발진동(PIO: Pilot Induced Oscillation)

또는 하방 움직임은 돌풍이나 조종간을 움직일 때, 또는 다른 이유로 발생할 수도 있다. 이것을 조정하기 위해 조종사는 조종간을 반대방향으로 움직이게 되면 어려운 상황에 도래하게 된다.

자이로플레인의 양력을 발생하는 로터 블레이드에 동체가 매달려있다는 사실 때문에 동체는 다음 진동을 위한 에너지를 모으고 조종사가 조종간을 움직이는 것은 이런 에너지를 더하는 결과를 낳게 되며, 에너지의 증가로 동체가 더 높게 혹은 더 낮게 움직이는 진폭이 증가하여, 조종사는 조종이 더 어려워진다.

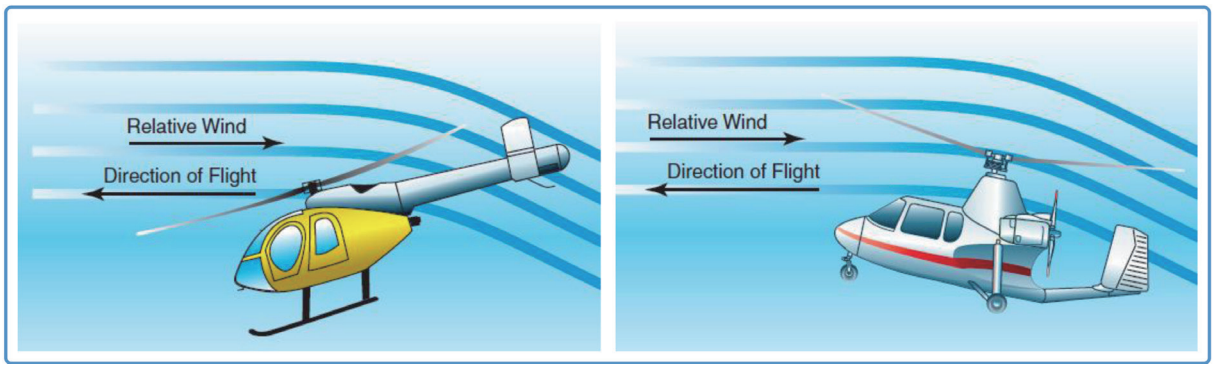
4.5.4 헬리콥터와 자이로플레인 특성 차이점

헬리콥터가 자이로플레인과 유사한 특성을 갖지만, 양력 발생 과정 및 구조에서 서로 구별되는 특성을 가진다.

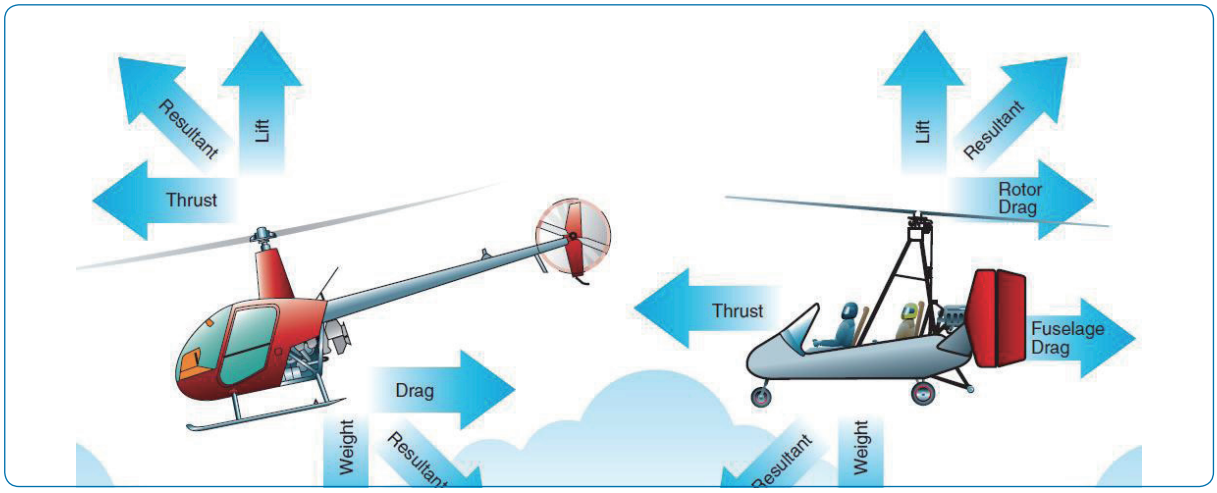
자이로플레인은 동체 뒷부분의 엔진과 프로펠러에 의해 공기를 뒤로 밀어내면 주변 공기의 흐름에 의하여 로터가 자동회전(autorotation)하고, 일정한 로터회전수가 되면 이륙활주 할 정도의 양력이 발생하므로, 활주를 하면서 상대풍(relative wind)에 의한 양력을 추가하여 이륙을 한다. 이 때 로터는 공기흐름에 의하여, 회전축 앞쪽에 위치하게 되는 로터는 상방으로 젖혀진 상태에서 회전하게 된다.

자이로플레인은 상대풍(relative wind)에 의해 로터 회전력을 얻기 때문에 헬리콥터에서 가능한 호버링(hovering) 기동은 불가능 하다. 그러나 헬리콥터는 엔진에 의해 구동되는 메인로터에 의해 양력이 발생하므로 호버링(hovering)이 가능하고, 메인로터 회전면을 기울이면 양력과 추력이 동시에 발생하여 메인로터를 기울이는 방향으로 비행을 하게 된다.

자이로플레인은 로터가 자유롭게 회전하므로 동력장치로부터 로터의 회전력을 직접 전달하기 위한 동력 전달 시스템 및 회전축을 중심으로 하는 회전 모멘트가 없다. 자이로플레인은 헬리콥터와 같이 메인로터에 의한 회전모멘트



[그림 4-47] 전진 비행 시 헬리콥터와 자이로플레인의 상대풍과 로터



[그림 4-48] 전진 비행 시 헬리콥터와 자이로플레인의 힘 분포

를 상쇄시키기 위한 테일로터 및 테일로터 동력 전달 장치가 필요하지 않아, 헬리콥터에 비해 그 구조가 간단하다.

4.5.5 자이로플레인 비행 전 안전성 점검

○ 자이로플레인 비행 전 주요 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 동체의 리벳 장착상태, 균열 등이 없는지 확인
- 동체 외피가 들뜨거나(Delamination) 부식(Corrosion)이 없는지 확인
- 동체 캐노피에 균열이나 어긋나지 않았는지 확인
- 동체 출입문이나 캐노피의 잠금장치가 확실한지 확인
- 조종자 안전벨트의 장착상태와 작동상태가 양호한지 확인
- 엔진 방화벽에 변형이나 균열은 없는지 확인
- 동체 조종케이블과 풀리의 장착 및 작동상태는 양호한지 확인
- 무게중심의 위치가 허용범위 안에 들어있는지 확인
- 로터(Rotor)는 안전하게 장착되어 있는지 확인
- 연료관에 마찰, 마모, 누설, 고정상태는 이상이 없는지 확인
- 연료탱크 및 필터에 물이나 기타 불순물이 있는지 확인
- 연료 주입구 뚜껑(Cap)이 안전하게 잠겼는지 확인
- 착륙장치 스트러트의 장착 및 팽창상태는 양호한지 확인
- 바퀴장착은 정상적으로 되어 있는지 확인
- 브레이크 작동유의 누설 등 이상이 없는

지 확인
- 착륙장치와 동체 및 날개의 연결부분의 상태는 양호한지 확인
- 착륙장치에 부식, 균열, 변형 등 이상이 없는지 확인
- 수직 안정판, 수평 안정판의 장착상태는 양호한지 확인
- 작동 케이블과 힌지, 풀리 등의 장착 및 작동상태는 양호한지 확인
- 꼬리날개 외피의 손상이나 부식이 없는지 확인
- 오일의 상태는 양호한지 확인
- 기화기 플로터 챔버 내부를 점검하여 이상이 없는지 확인
- 점화 케이블의 상태는 양호한지 확인
- 엔진 장착 마운트와 부싱 등은 양호한지 확인
- 기어박스 및 오일쿨러에서 누설 등 상태가 양호한지 확인
- 엔진 카울링의 상태(장착고정)와 균열 등 이상이 없는지 확인
- 프로펠러 균열, 손상 또는 나무나 복합소재인 경우 들뜨거나(Delamination) 변형(Deformation)된 부분이 없는지 확인
- 스피너와 프로펠러 장착판의 상태는 양호한지 확인
- 수상을 비행하는 경우, 구명장비(조끼)를 구비하고 있는지 확인
- 연료는 비행하기에 적절한 용량인지 확인

4.6 동력패러글라이더

4.6.1 동력패러글라이더 개요

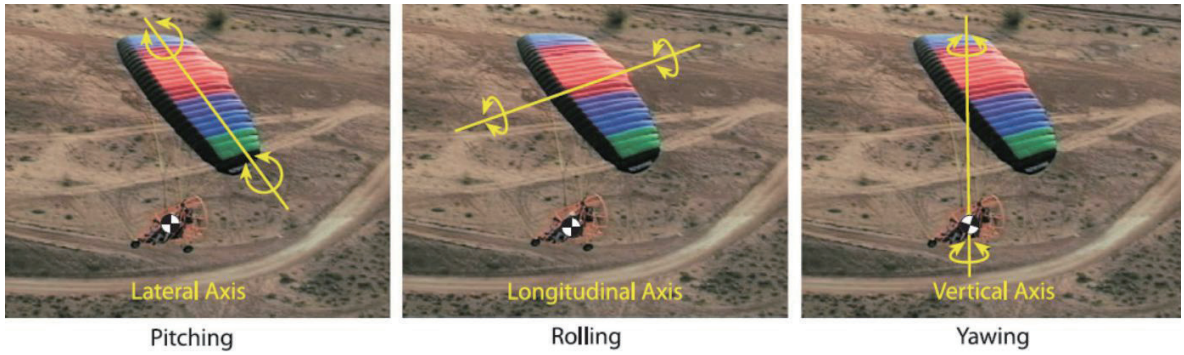
동력패러글라이더는 낙하산류에 추진력을 얻는 장치를 부착한 것으로, 조종사의 등에 가벼운 모터를 메고 발로 이륙(foot-launching)을 하는 착륙장치가 없는 동력패러글라이더(PPG, Powered ParaGlider)와 조종사가 엔진이 장착된 동체에 해당하는 트라이크(trike)에 탑승하는 착륙장치가 있는 동력패러슈트(PPC, Powered ParaChute)로 분류된다.

동력패러글라이더는 상승률에 영향을 주는 엔진 출력과 캐노피(canopy) 끝단의 편향도(deflection of trailing edges of the parachute) 변형을 통하여 조종자의 기량에 의해 피칭(Pitching)과 롤링(Rolling)만 조종된다.

또한 비행기에서 전형적으로 사용되는 러더(Rudder)와 엘리베이터(Elevator)처럼 조종면을 사용하지 않고, 유연하게 변형되는 날개를 이용하여 조종자는 상승, 하강 및 선회를 할 수 있게 된다.

4.6.2 PPG(Powered ParaGlider, 착륙장치 없는 동력패러글라이더)의 구조와 기능

PPG동력패러글라이더는 조종자가 등에 프로펠러가 장착된 엔진을 메고 패러글라이더의



[그림 4-49] 동력패러글라이더의 운동 축

캐노피(canopy)를 통해 양력을 얻어 공중으로 날아오르는 초경량비행장치의 한 종류이다.

발로 뛰어 이륙하고 발로 착륙하는 foot launch방식으로, 이륙거리는 10m 정도이고, 착륙거리는 5m 이내로 좁은 지면에서 이/착륙은 가능하나, 상승 및 착륙경로를 위하여 어느 정도의 공간이 필요하다. PPG는 캐노피 효율이 좋아 낮은 고도에서도 저속으로 비행이 가능하다.

PPG동력패러글라이더가 이륙할 때에는 조종자가 우선 캐노피를 산개시키며, 프로펠러가 장착된 엔진을 메고 바람이 불어오는 방향을 향하여 걸으면 캐노피가 부양하며, 엔진출력을 높이고 바람을 맞으며 달리면 캐노피 날개가 엔진을 들어올리고, 이어서 조종자를 함께 들어 올리게 되어 이륙하게 된다. 이륙 후, 조종자는 의자를 빼내어 하네스에 앉아 비행을 한다. 조종자는 양손에 있는 조종 토글(toggle)과 휴대용의 조그만 스로틀(throttle)을 이용하여 조종을 할 수 있다.

PPG동력패러글라이더는 25~70km/h의 속도, 18,000ft 높이까지 비행할 수 있다고 하나, 국내에서는 AGL(Above Ground Level) 500ft 아래에서 비행하여야 하며, 그 이상으로 비행하려면 비행승인을 받아야 한다.

PPG동력패러글라이더 조종자들은 비행 중 비상사태에 대하여 예비 낙하산을 휴대하도록 되어 있다.

4.6.2.1 PPG 구조 및 명칭

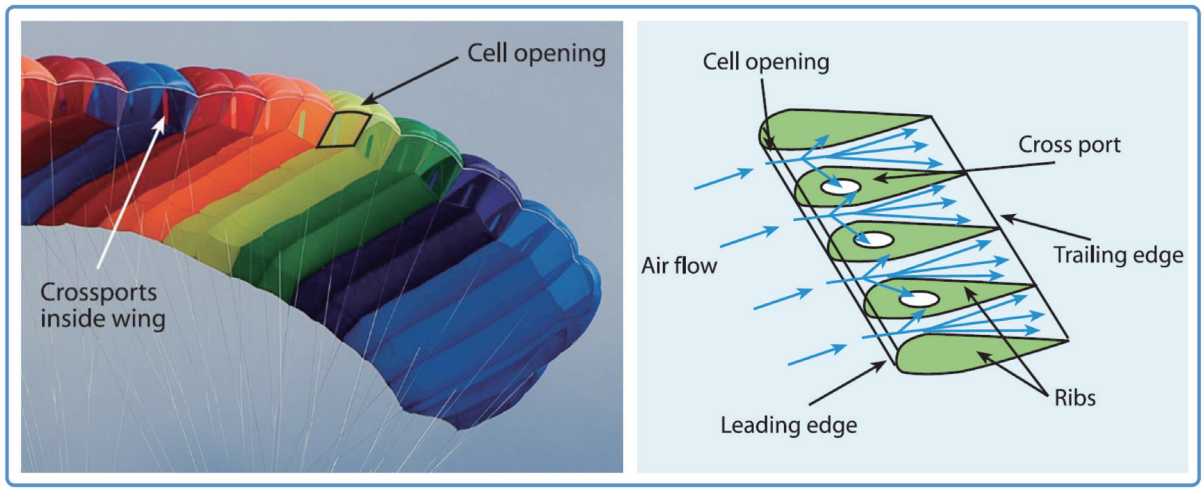
PPG동력패러글라이더는 크게 캐노피(canopy), 산줄(suspension lines), 라이저(riser), 엔진(engine), 프로펠러(propeller), 하네스(harness) 등으로 구성된다.

○ 날개부(Wing Section) : 비행을 할 수 있게 하는 가장 중요한 부분으로 엔진에서 추력을 받아 양력(Lift)을 발생시키는 부분인 날개부는 캐노피(Canopy), 산줄(Suspension Lines), 라이저(Riser) 등으로 구성된다.

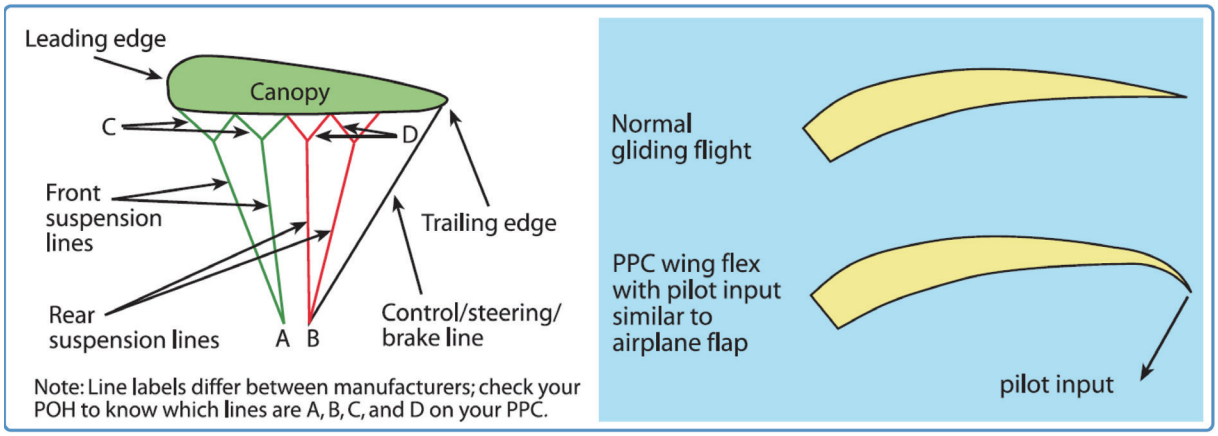
[그림 4-50] PPG 구조 및 명칭

- 캐노피(canopy)는 패러글라이더에 사용하는 날개와 같은 에어포일 형태로 윗면과 아랫면을 연결하여 주는 것을 격벽(Separator 또는 Rib)이 있어 익형을 유지한다. 격벽에는 셀(cell)과 셀(cell) 사이에 공기가 통하도록 크로스포트(cross port)가 있어 셀의 안정된 형상을 유지할 수 있게 해준다. 캐노피의 재질은 주로 나일론이나 폴리에스터 재질의 원단에 코팅 처리하여 파열강도, 인장강도, 공기투과도, 마찰력 등을 엄밀히 검사한 고품질의 원사와 원단을 사용한다.
- 동력패러글라이더의 산줄(suspension lines)은 트라이크의 무게를 날개에 고르게 분산시켜 주는 역할을 하며, 캐노피에 연결된 위치에 따라 명칭이 다르다. 캐노피 최전방부에 위치한 산줄을 A라인, 그 뒤에 위치한 산줄을 B라인, 다음으로 위치한 산줄을 C라인, 뒷부분의 산줄은 D라인, 맨 끝부분은 비행기의 보조익과 같은 위치에 있는 브레이크(Brake) 라인이 있으며, 비행기의 양쪽 날개 끝인 윙팁(wing tip)에 해당되는 스테빌라이저(Stabilisers) 라인으로 구성되어 있다.
- 모든 패러글라이더 제품은 A, B, C, 그리고 D라인이 각각 캐노피(Canopy)에 독립적으로 하중을 전달한다. 산줄은 프로파일(Profile)의 안정성을 도모하고 높은 안전계수를 얻도록 제작되며, 재질은 인장성이 적고 고강도이며, 마찰에 강한 아라미드계열로 만들어지며, 산줄의 표면은 폴리에스테르로 다시 포장하여 보호한다.
- 캐노피(canopy) 보관 방법은 아코디언식 접기로 약간 시간이 오래 걸리고 보조자도 필요하지만 프로파일(Profile)의 격벽을 견고하게 보관할 수 있는 방법이다. 글라이더를 접는 것은 원단을 약하게 하므로, 되도록 느슨하게 접어서 보관한다.
- 라이저(riser)는 각 그룹별로 산줄들을 하나로 묶어서 하네스에 연결해 주는 끈으로서 대개 3~4개의 라이저로 구성되며, 산줄에 전달되는 힘을 하나의 끈으로 만들어 트라이크의 연결부위에 결속하게 하고, 이륙 시 캐노피로부터 트라이크를 끌어 올리는 역할을 한다.

○ 동력부(Power Section) : 동력패러글라이



[그림 4-51] 캐노피(canopy)의 단면 및 공기의 흐름



[그림 4-52] 캐노피의 단면과 산줄의 위치 및 브레이크 라인

더의 동력부는 엔진(Engine), 프로펠러(Propeller) 등으로 구성된다.

- PPG동력패러글라이더의 엔진은 일반적으로 배기량은 80~250cc정도의 2사이클 기관을 사용하며, 엔진의 무게는 연료를 제외하고 10~25kg 정도이며, 연료는 가솔린과 오일을 혼합한 연료를 사용한다. 엔진의 구성은 실린더, 기화기, 클러치, 연료탱크, 시동모터, 소음기, 공기여과기 등으로 구성된다.
- 프로펠러 : 엔진으로부터 발생하는 힘을 전달받아 프로펠러가 회전을 하여 추력을 발생시킨다. 프로펠러는 목재 또는 복합제로 제작되며, 조종자의 등에 연결되어 회전하기 때문에 지면 상태에 따라 많은 프로펠러 자체가 손상되기도 하고, 프

로펠러에 의해 튀어 오른 물체들로 인하여 인명사고가 발생할 위험이 잔존한다.

○ 구조부(Structure Section) : PPG동력패러글라이더의 구조부는 프레임(Frame), 안전망(Safety Net), 하네스(Harness) 등으로 구성된다.

- 프레임(Frame) : 프레임은 엔진 프로펠러 회전에 의한 위험요소들로부터 조종자를 보호하고, 엔진의 마운트 역할을 하며, 프레임에 조종사가 앉을 수 있는 하네스(Harness)를 연결할 수 있도록 되어 있다.
- 안전망(Safety Net) : 안전망은 프레임에 그물망 형식으로 둘러쳐 있어 엔진주위에 캐노피, 산줄, 조종자의 신체 등이 프로펠러에 말려들어가는 것을 막아주는 역할을 한다.
- 하네스(Harness) : 하네스(비행 시 앉을 수 있는 의자)는 프레임에 부착되어 조종자가 앉아서 비행 할 수 있게 한다. 하네스에는 조종자의 신체보호를 위하여 완충장치나 허리보호용 프로텍터가 첨부되어 있다.
- 탠덤(Tandem)형 하네스 : 2인승 PPG동력패러글라이더의 경우 하네스는 탠덤(Tandem)형으로 앞-뒤로 구성되어 있어, 교육용으로 사용될 경우 일반적으로 교육생이 전방 하네스에, 교관이 후방 하네스에 위치한다.

4.6.2.2 PPG동력패러글라이더 조종자 안전장비

○ PPG동력패러글라이더 조종자의 안전장비로는 헬멧(Helmet), 장갑(Glove), 비행화(Flying Shoes), 비행복(Flying Suit), 예비낙하산 등이 있다.

- 헬멧(Helmet) : 동력패러글라이더 조종자가 착륙 시, 머리 부분을 보호하는 역할을 한다. 일반적으로 동력패러글라이더는 엔진소음이 있으므로 소음을 줄일 수 있어 귀마개가 부착된 헬멧(Helmet)을 사용한다.
- 장갑(Glove) : 비행시 손을 보호하거나, 상공에서 보온역할을 한다. 너무 두꺼운 장갑은 드로틀 레버(Throttle Lever)를 당길 때 불편하므로 손에 밀착 되어 착용감이 좋은 가죽장갑을 사용한다.
- 비행화(Flying Shoes) : 동력패러글라이더조종자는 이착륙 시 뛰어야 하므로 비행화는 발목을 잘 보호 할 수 있어야 하고, 착륙 시 충격을 완화할 수 있는 바닥에 완충재가 들어간 것을 사용한다.
- 비행복(Flying Suit) : 비행 시 고도가 올라감에 따라 주변대기온도가 내려가게 되며, 비행을 하면 바람을 계속 받아야 하므로 체감온도는 더욱더 내려가게 되므로 조종자의 체온유지를 위하여 보온 및 방한이 되는 비행복이 필요하게 된다. 비행복은 가능하면 상하위 일치형에 방

수 및 방풍이 잘되며, 보온성이 좋아야한다.

○ 예비낙하산 : 예비낙하산은 비행 중 극심한 난기류에 의하거나 캐노피 함몰로 인한 기능마비로 인하여 더 이상 정상적인 비행이 어려울 때 안전하게 착륙하기 위한 비상용 낙하산이다.

4.6.3 PPC(Powered ParaChute, 착륙장치 있는 동력패러글라이더)의 구조와 기능

PPC동력패러글라이더는 낙하산류에 엔진과 착륙장치를 연결하여 비행하는 것으로, 조종사가 탈수 있는 좌석을 갖는 트라이크(trike)에 캐노피(canopy)가 결합된 초경량비행장치의 한 종류이다.

[그림 4-53] 구조 및 명칭

[그림 4-54] PPC동력패러글라이더의 트라이크(trike)

PPC동력패러글라이더의 대지속도는 40~60km/h정도이고, 운항고도는 일반적으로 500~1,500ft이나, 국내에서는 AGL(Above Ground Level) 500ft 아래에서 비행하여야 하며, 그 이상으로 비행하려면 비행승인을 받아야 한다.

4.6.4 동체

동체는 PPC동력패러글라이더의 추력을 만들어내는 엔진을 부착하고 있으며, 조종사의 편안한 조종을 위한 조종석, 이착륙에 사용되는 바퀴형 착륙장치, 캐노피와 연결되는 라이저 연결부 등이 있는 트라이크(trike)이다.

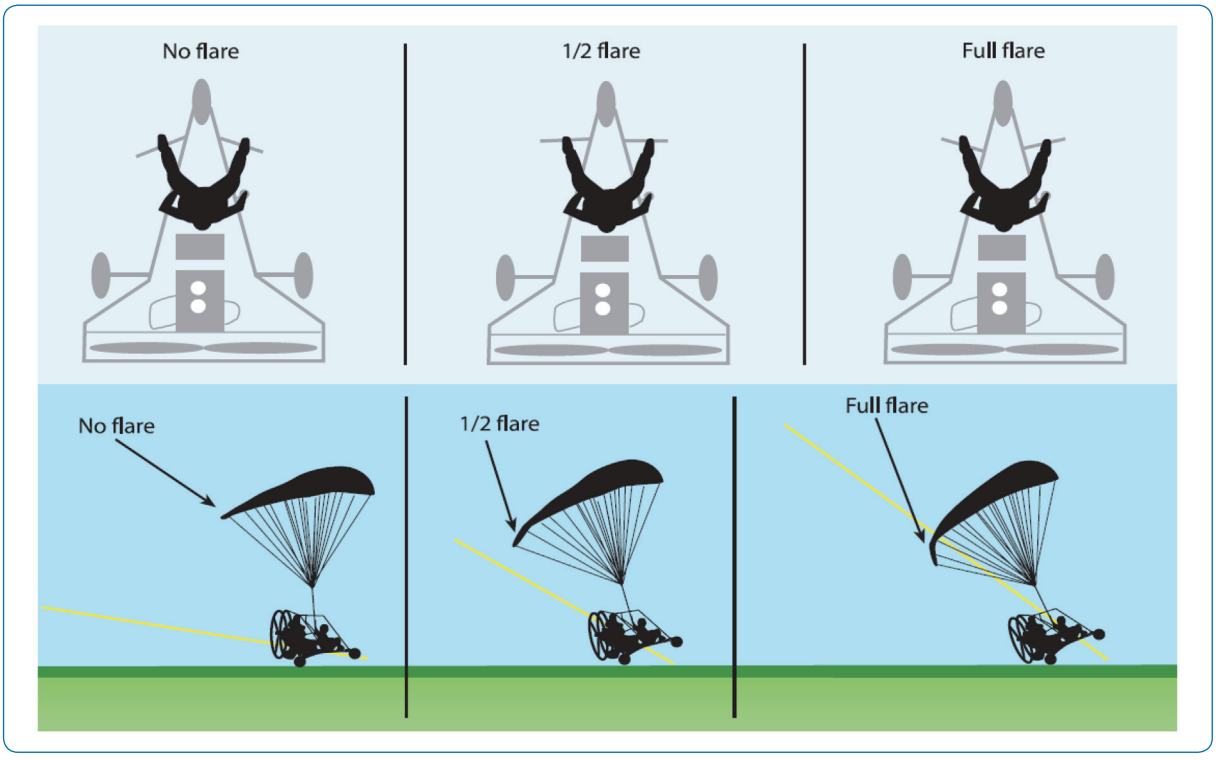
트라이크의 소재는 항공용 두랄루민 합금강과 강화 프라스틱으로 제작되며, 엔진을 장착

및 분리할 수 있다. PPC동력패러글라이더에 사용되는 엔진은 가볍고 출력이 좋은 2행정(Cycle)엔진을 주로 사용하고 있으나, 연료소모량이 많아 4행정(Cycle)엔진을 사용하기도 한다. 트라이크의 삼각형 형태 3개의 바퀴는 전륜형 착륙 장치(Nose Gear Type) 형태로 장소와 계절에 맞게 탈부착이 가능하며(백사장용, 설상용, 수상용 등), 또한 바퀴와 삼각형의 바가 충격을 흡수하고 완화시켜 조종사를 보호한다.

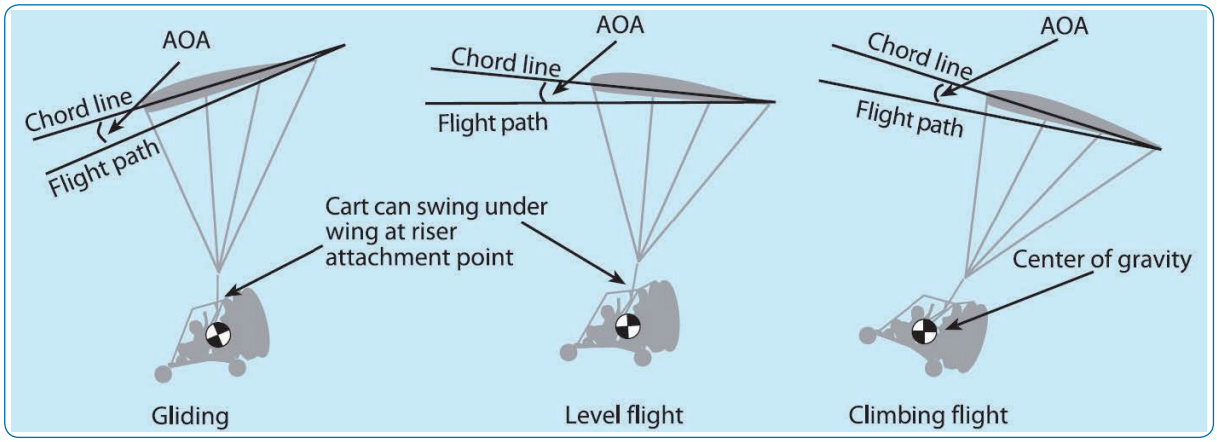
스티어링 바(Steering Bar)는 노즈 휠(Nose wheel)의 바로 뒤에 위치하고 항공기의 각 측면에 장착되어 있으며, 조종사가 발 압력을 가하면 앞뒤로 움직이고, 브레이크(Brake) 라인에 연결된 캐노피 끝단(trailing edge)의 형상이 변하게 된다. 착륙할 경우 스티어링 바를 동시에 앞으로 밀게 되면 캐노피의 끝단(trailing edge)은 비행기의 플랩과 같은 역할을 하게 된다.

4.6.5 조종 특성

동력패러글라이더는 조종을 하기 위한 방법으로 2가지 주요 수단을 가지고 있다. 하나는 상승률에 영향을 주는 엔진 출력이고, 다른 하나는 방향을 조절하는 캐노피 끝단의 편향도



[그림 4-55] 스티어링 바(Steering Bar)작동과 캐노피의 변화



[그림 4-56] 비행자세에 따른 받음각 및 무게중심 위치 변화

(deflection of trailing edges of the parachute)이다.

동력패러글라이더의 엔진정지 시 활공비(power-off glide ratio)는 3 : 1 내지 8 : 1 정도이다. 이 활공비는 캐노피의 크기와 모양, 그리고 캐노피가 운반하고 있는 무게에 의하여 영향을 받는다. 이러한 활공비로 인하여, 엔진정지 시 조종자가 적합한 착륙 지역이 활공 범위 안에 있다면, 매우 안전하게 착륙할 수 있다.

동력패러글라이더는 이착륙을 위하여 반드시 비행장/이착륙장을 필요로 하지는 않으며, 저속 비행성이 좋다. 동력패러글라이더는 이착륙 거리가 짧고, 동력에 의한 추진력으로 양력이 발생하므로 약간의 평지만 있다면 고도에 관계없이 어디서든지 이착륙이 가능한 특징이 있다.

PPC동력패러글라이더의 이륙방법은 다음과 같다.

① 정풍을 향하여 트라이크(trike)를 정렬한다.

② 캐노피를 펴고 라이저를 트라이크(trike)에 장착한다.

③ A라이저를 트라이크(trike)의 좌우측 수직봉에 건다.

④ 엔진 속도를 올리면 프로펠러의 바람에 의해 자동으로 캐노피가 세워지며 A라이저가 수직봉에서 빠지면서 자동으로 이륙 준비 상태로 들어간다.

⑤ 발로 트라이크(trike)를 정면으로 향하게 조정하면서 엔진을 속도를 올리면 바로 트라이크(trike)가 들리며 이륙된다.

동력패러글라이더는 상승과 동시에 트라이크(trike) 또는 하네스의 무게중심(CG)이 캐노피보다 전방으로 이동되고, 감속 시에는 뒤로 이동하게 된다. 또한 상대풍(relative wind)의 변화가 클 경우에도 트라이크(trike) 또는 하네스의 무게중심(CG)이 움직여 동력패러글라이더는 시계 추 처럼 진자 운동(Pendular Action)을 유발하게 된다. 이러한 진자 운동은 날개의 안전성으로 인하여 시간이 지남에 따라 감쇄된

다.

PPC동력패러글라이더는 PPG동력패러글라이더의 조종방법과 동일하나 방향전환 시 회전반경이 PPG동력패러글라이더에 비해 크고, 슬립현상이 발생한다.

캐노피의 실속(Stall)은 받음각(Angle of Attack)이 커지고 항력(Drag)이 증가 될 때 작용하는 힘이 중력뿐일 때 일어난다. 캐노피의 조종줄을 당기면 초기에는 브레이크(Brake) 라인이 비행기의 플랩과 같은 역할을 하여 양력이 증가하나, 계속해서 당기면 오히려 양력이 감소되고 항력이 더 커지며 브레이크(Brake) 효과를 발휘하면서 순간 실속상태(Deep Stall)로 들어갔다가 완전실속(Full Stall)으로 상황이 바뀐다.

동력패러글라이더는 캐노피 받음각이 커지더라도 엔진 추력이 강하면 양력이 감소되지 않아 실속이 일어나지 않는다.

4.6.6 동력패러글라이더 비행 전 안전성 점검

○ 동력패러글라이더 비행 전 주요 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 프레임 또는 트라이크의 손상여부 및 장착상태 등이 이상이 없는지 확인
- 하네스의 장착상태 및 잠금상태 등이 이상이 없는지 확인
- 주구조재(Main structure) 부식(Corrosion)이 없는지 확인
- 착륙장치의 연결상태는 양호한지 확인
- 조종장치 및 날개부와 동력부의 연결상태가 양호안지 확인
- 조종케이블, 로드 등이 제대로 조절되어 장착되어 있는지 확인
- 라이져(산줄)의 꼬임 및 손상여부, 장착상태가 양호한지 확인
- 캐노피 날개(천, Sail)의 강도 및 익형의 안전성은 이상이 없는지 확인
- 하네스 연결부분의 상태는 양호한지 확인
- 연료관에 마찰, 마모, 누설, 고정상태는 이상이 없는지 확인
- 연료탱크 및 필터에 물이나 기타 불순물 등 이상이 없는지 확인
- 연료 주입구 뚜껑(Cap)이 안전하게 잠겼는지 확인
- 오일의 상태는 양호한지 확인
- 기화기 플로터 챔버 내부를 점검하여 이상이 없는지 확인
- 점화 케이블의 상태는 양호한지 확인
- 엔진 장착 마운트와 부싱 등은 양호한지 확인
- 오일쿨러에서 누설 등 상태가 양호한지 확인
- 기어박스에서 오일누설은 없는지 확인
- 엔진 카울링의 상태(장착고정)와 균열 등 이상이 없는지 확인
- 프로펠러 균열, 손상 또는 나무나 복합소

재인 경우 들뜨거나(Delamination) 변형(Deformation)된 부분이 없는지 확인

- 프로펠러 장착판의 상태는 양호한지 확인
- 연료는 비행하기에 적절한 용량인지 확인

4.7 유인자유기구

4.7.1 유인자유기구 개요

주변의 공기보다 가벼운 기체가 뜨는 부력을 이용한 비행장치는 기구류와 비행선 등이 있다. 자체 추진력을 갖지 않아 바람에 의해 구름처럼 흘러가는 자유기구는 구피(球皮) 또는 기낭(氣囊)에 더운 공기를 채워 떠오르게 하는 "열기구"와 공기보다 가벼운 기체(헬륨, 수소 등)를 담는 "가스기구", 구피와 기낭을 같이 사용하는 "복합형 기구" 등이 있다.

초경량비행장치 기술기준에서 유인자유기구와 관련되어 사용되는 용어들의 정의는 다음과 같다.

○ "가스기구(captive gas balloon)"란 공기보다도 가벼운 기낭 내의 부양 가스에 의해 부력을 얻는 장치를 말한다.

○ "열기구(hot air balloon)"란 가열된 공기로부터 부력을 얻는 장치를 말한다.

○ "구피(envelope)"란 부력을 발생하는 물질을 가둘 수 있는 용기를 말한다.

○ "바스켓(basket)"이란 기구의 구피(envelope) 아래에 매달린 탑승용기를 말한다.

○ "곤돌라(Gondola)"란 승무원, 승객, 화물, 장비 또는 추진계통을 운반하기 위한 것으로서 구조물 또는 기낭에 매달려 있거나 부착되어 있는 구조물을 말한다.

○ “보조기낭(Ballonet)”이란 가스 체적의 변화를 보상하기 위해 기낭 내에 포함되어 있는 유연하고 접을 수 있는 공기낭을 말하며, 기낭의 내부 압력을 유지한다.

○ “결박 시스템(Mooring system)”은 적용 가능한 결박 형식(예, 높은 또는 낮은 결박류)으로부터 발생하는 힘에 의해 영향을 받는 모든 구성품을 포함한다.

○ “계류비행(Tethered flight)”은 자유기구를 임시로 억제하여 단일 위치에서 떠 있는 것을 말한다.

○ “발진 억제(Launch restraint)”는 자유비행을 개시할 목적으로 자유기구를 임시로 억제하는 것을 말한다.

4.7.1.1 구조에 따른 자유기구류 형식

○ 가스자유기구(AA type)

• 일반적으로 애드벌룬(Adballon) 형식의 가스기구(Gas Ballon)를 말한다. 가스기구는 밸러스트(Ballast)로 모래주머니 또는 물주머니를 내려서 비행하는 기구이며, 둥그런 구피를 그물에 싸고 로드 링을 사이에 두고 곤돌라와 연결되어 있었지만, 재질 발달로 구피로부터 직접 로드링에 접속하고, 천정부에는 가스 배출구가 설치된다.

• 가스기구에 사용되는 가스는 수소나 헬륨이 대부분이며, 수소는 가연성으로 사용이 한때 자제 되어, 주로 헬륨이 사용된다. 그러나 운용자들이 수소의 위험성에 대한 풍부한 지식 축적으로 수소가 다시 사용되고 있는 추세이다. 일반적으로 가스 기구는 밸러스트(Ballast)를 모두 사용하여 소진하기 전에 착륙하여야 한다.

○ 자유열기구(AX type)

• 일반적으로 자유기구라 하면 열기구(Hot Air Ballon)를 말한다. 구피(Envelope)에 더운 공기를 보내기 위한 연소장치인 버너(Burner)에 사용되는 연료는 일반적으로 가스통에 담아 사용할 수 있는 프로판 또는 부탄이 사용된다. 가스기구는 밸러스트가 다 없어지기 전에 착륙하여야 하지만, 열기구는 연료가 고갈되기 전에 비행을 종료해야 한다. 열기구는 초기에 둥근 공 모양이었으나 동물, 자동차, 캐릭터 등 자신이 원하는 형태의 특별한 모양의 기구도 많이 제작된다.

○ 복합형자유기구(AM type)

• 가스기구와 열기구의 특성을 조합한 자유기구를 말하며, “로제 기구(Rozier Ballon)”라고 부르기도 한다. 로제(Rozier)는 몽골피에의 열기구와 샤를의 수소기구를 조합시키면 더 효율이 좋은 기구가 가능하다고 생각하여, 열기구의 구피 내부에 수소 기낭을 결합하여 비행을 하였으며, 열에 의한 수소의 발화로 세계최초의 항공사고의 희생자가 되었다. 영국의 돈 카메론은 로제의 아이디어

를 착안하여, 수소가 아닌 헬륨으로 로제의 기구를 제작하여 대서양 횡단에 성공하기도 하였다.

- 복합형 기구는 열기구와 가스기구의 장점만을 조합해 만들어진 기구이다. 일정량의 부력은 내부의 가스기구에서 얻고, 나머지 부력은 열기구의 버너가 조절해 주는 형식의 기구로서, 장시간 비행에 사용된다.

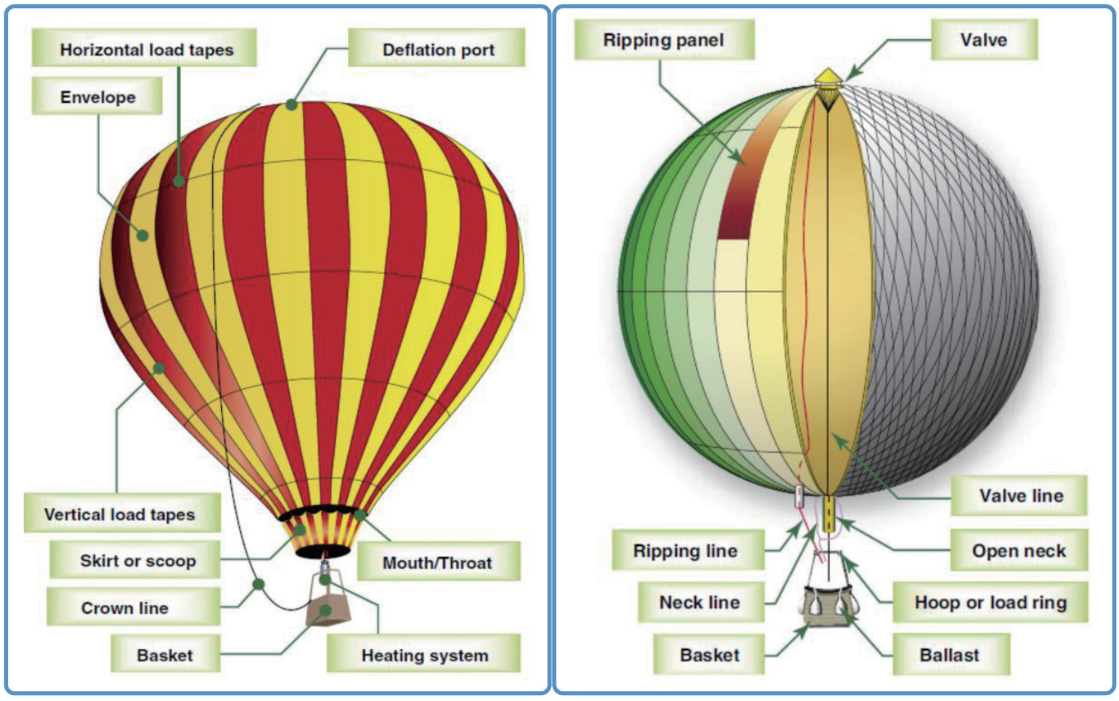
4.7.2 열기구(Hot Air Ballon)

4.7.2.1 열기구(Hot Air Ballon) 구성

열기구는 커다란 공기주머니(구피)의 아래 부분이 뚫려 있어 버너를 사용하여 주변보다 뜨거운 공기를 만들어 구피에 담아 공기밀도차에 의한 부력을 이용하여 하늘로 떠오른다. 열기구는 일반적으로 둥그런 형태가 주류를 이루지만 여러 가지 형태의 특이한 모양의 기구도 많다. 열기구의 구조는 풍선모양의 구피(Envelope), 연소장치인 버너(Burner, Heating System), 탑승실인 바스켓(Basket) 등으로 분류할 수 있다.

4.7.2.1.1 구피(Envelope)

구피는 열기구의 부력을 생성하게 되는 가장 중요한 부분으로 원형 풍선형태로 강도가 높은 나일론과 테드론 등의 천을 봉합하여 만들어지



[그림 4-57] (좌)열기구와 (우)가스기구의 구조 및 명칭

며, 높은 온도와 태양열로 인한 손상을 방지하기 위해 표면에 폴리우레탄이나 실리콘으로 코팅처리 한다. 나일론과 테드론 부분은 강도가 강하고 가벼운 소재이며, 버너에 인접한 부분(스커트(skirt) 또는 스쿠프(scoop))은 화재에 대한 안전을 고려하여 노맥스(Nomax)라는 섬유를 사용하는데, 이 섬유는 소방복 등을 만드는데 널리 쓰이는 섬유로서 화염에 강하다.

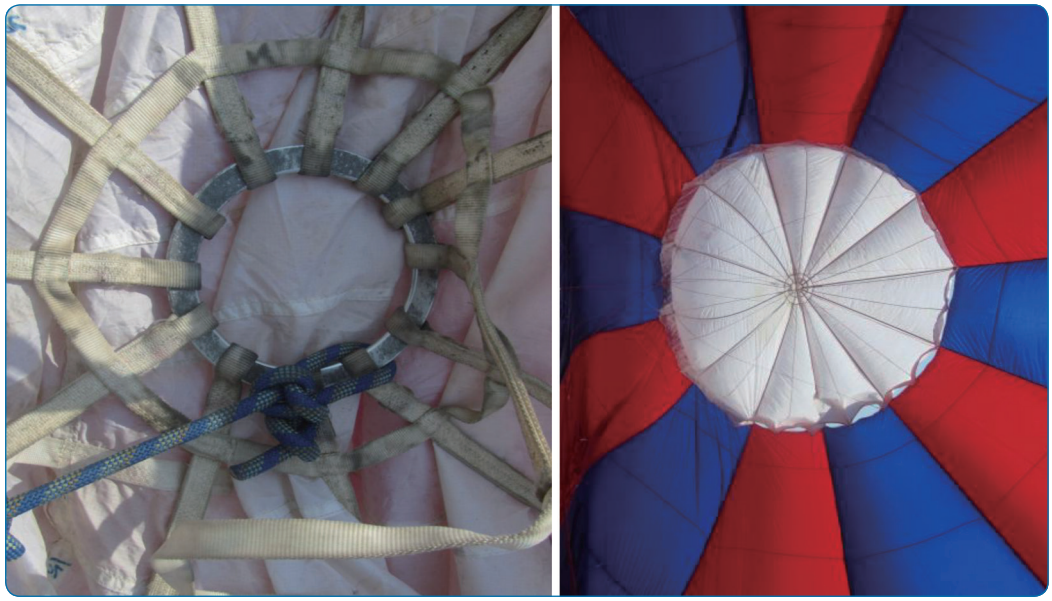
구피는 제작사마다 다양한 형태를 가지고 있으며, 일반적으로 로드테이프(Load tape)의 간격과 고어(Gore)의 수에 따라 구별하기도 한다. 고어(Gore)란 두 인접한 수직의 로드테이프 사이의 한 부분을 말한다.

[그림 4-58] 구피 강도 측정

4.7.2.1.2 로드테이프(Load Tape)

로드테이프(Load Tape)는 열기구 전체의 하중을 지지하고 열기구의 등뼈와 같은 역할을 하는 테이프 형식의 두꺼운 천이다.

수직방향의 로드 테이프는 '크라운 라인'(뜨거운 공기 팽창 배출, 이륙이나 착륙 시에 사용)이라고 부르는 로프가 달려 있는 크라운 링이라는 금속 고리에 의해 구피 상단에 고정되어 있다.



[그림 4-59] 열기구의 크라운 링과 파라슈트

4.7.2.1.3 스커트(Skirt)와 스쿠프(Scoop)

스커트(Skirt)와 스쿠프(Scoop)는 열기구 구피 하단 입구에 추가적으로 장착하는 부품으로 화염에 강한 재질(Nomax)로 만든다. 스커트는 한쪽방향의 바람을 막아주는 형식이며, 스쿠프(Scoop)는 하단 전체를 감싸주는 형식이다. 스커트(Skirt)와 스쿠프(Scoop)는 버너의 화염이 바람에 의해 흩어지는 것을 보호하고, 데워진 공기가 구피 안으로 효율적으로 주입될 수 있도록 하는 장치이다.

[그림 4-60] 스커트(Skirt)

[그림 4-61] 립 패널

4.7.2.1.4 립 밸브 (Rip Valve 또는 Deflation port)

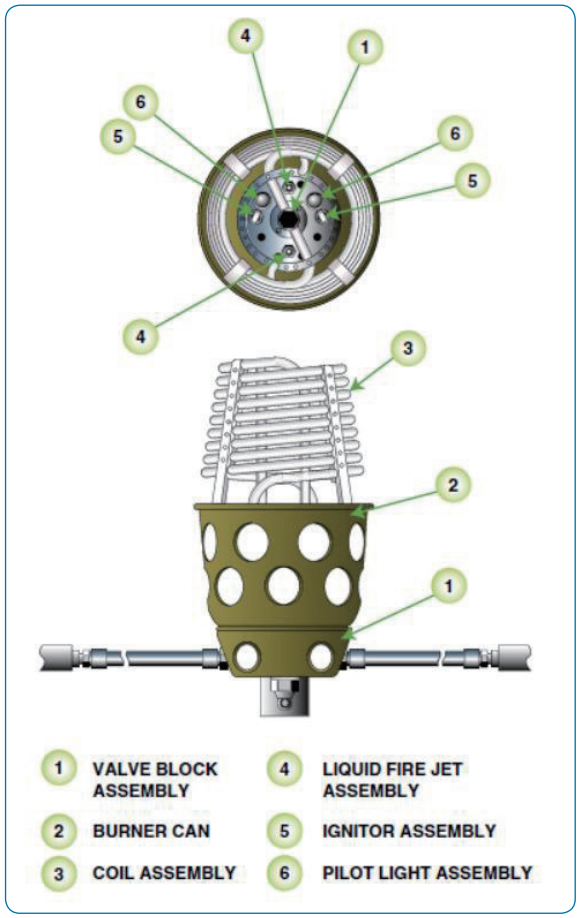
립 밸브는 열기구의 수직이동과 조종에서 매우 중요한 역할을 한다. 구피의 천정 부분에는 커다란 구멍이 있으며, 내부에는 그 구멍을 막거나 열게 하는 기능을 갖는 둥그런 낙하산 모양의 립 패널(Rip Panel)이 설치되어 있다. 립 패널(Rip Panel)은 기구가 팽창하고 있을 때에는 내부 압력으로 인해 천정부분을 빈틈없이 막게 되지만, 조종자가 급강하 하거나 착륙할 때에는 립 패널과 연결되어 있는 립 라인(Rip Line)을 당기면 립 밸브(Rip Valve)가 열려 구피 내의 뜨거운 공기를 빨리 밖으로 내 보낼 수 있도록 열려지게 된다.

립 밸브는 구피 내의 압력으로 인하여 정상적으로 작동 시 압력에 의하여 자동으로 닫힌다. 립 라인(Rip Line) 로프를 당기면 구피 상단과 립 패널(Rip Panel) 사이에 틈이 생겨 그 틈으로 뜨거운 공기가 배출되어 구피내부의 공기 밀도가 높아져 강하하게 된다.

구피 내부 공기의 배출방식에 따라 사이드 밴트 형식(side vent type)과 둥그런 낙하산 형식이 있으며, 일반적으로 둥그런 낙하산 형식이 사용 되고 있다. 또한 상업용으로 사용되는 열기구의 경우 수직축(vertical axis)을 기준으로 회전할 수 있는 기능을 지닌 회전방출(turning vents)를 장착한 기구들도 있다.

4.7.2.1.5 버너(Burner)

버너(Burner)는 버너코일을 통해 액체 프로판가스를 기화시켜 강력한 불꽃을 만들어 내도록 되어 있으며, 버너에는 파일럿(Pilot)불꽃, 메인(Main)불꽃, 사일런스(silence)불꽃 등이 있다. 파일럿 불꽃은 메인이나 사일런스 불꽃의 사용을 위한 불꽃심지라 할 수 있으며, 메인이나 사일런스 불꽃은 구피 내부 공기를 데우기 위해 사용된다. 메인은 연료실린더의 액체



[그림 4-62] Heater System 버너

프로판(liquid propane)을 코일을 통해 기화시키면서 연소하는 방법이고, 사일런스는 연료실린더의 액체를 바로 뿜어 연소하는 방법으로 메인의 연소방법보다 훨씬 소음이 적다.

4.7.2.1.6 바스켓(Basket)

바스켓(Basket)은 사람과 장비를 탑재할 수 있는 공간으로 열기구의 경우 일반적으로 등나무로 짜서 만들고 와이어를 넣어 보강한다. 구조적인 힘은 바스켓 주위를 둘러싼 스테인레스 스틸(stainless steel) 와이어에 의해 지탱된다.

바스켓 안에는 조종자와 탑승자가 타며 온도계, 고도계, 소화기, 망원경, 연료통 등 열기구 비행에 필요한 용품을 싣는다.

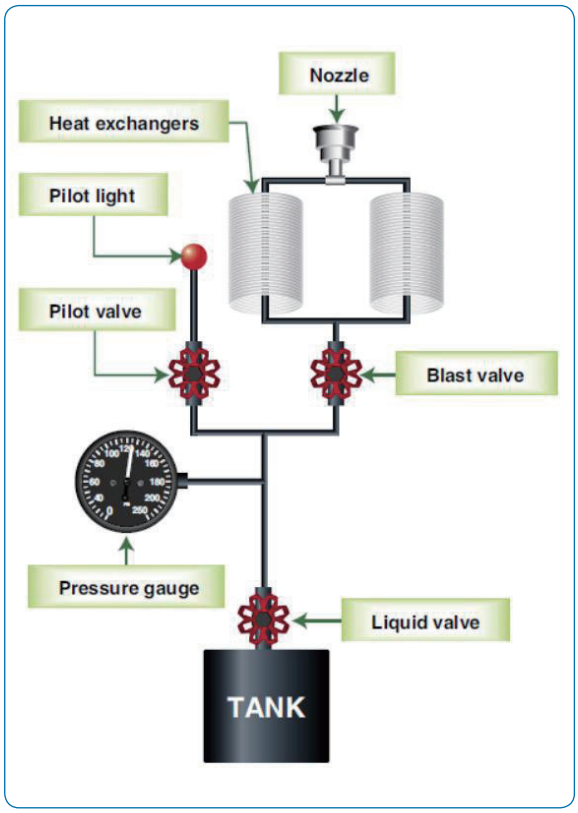
4.7.2.1.7 연료탱크 (Fuel Tanks)

열기구의 연료공급 시스템은 버너의 연소가스를 제공하는 시스템을 말하며 연료탱크(가스통)와 연결 라인으로 구성되어 있다.

가스통은 처음에는 부식과 중량을 고려하여 알루미늄으로 제작되었으나, 부식으로 인하여 버너의 노즐이 막히는 현상이 발생하여 스테인레스 스틸 제품을 선호한다.

가스통은 크기에 따라 20리터, 40리터, 60리터 또는 각 제작회사마다의 고유한 크기로 제작된다. 가스통의 내부 구조나 기능은 모두 비슷하다. 내용물은 가정에서 사용하고 있는 것과 마찬가지로 프로판 가스이다. 보통

20kg~30kg의 가스가 들어있는 것을 사용하며, 3~4인용 기구로 20~40분정도 비행할 수 있다.



[그림 4-63] 열기구의 연료공급 시스템

4.7.2.1.8 기타 계기 및 장비

열기구 비행은 최소한 고도계, 승강계, 구피 온도계를 필요로 하며, 지상연락용 무전기, 지도, 비상시 불을 붙일 수 있는 도구(라이터), 소화기, 장갑, 지상투척선(drop lines), 헬멧(helmet) 등이 있다. 또한 열기구를 처음 세울 때 구피 안으로 바람을 집어넣기 위한 송풍기(Inflation Fan)가 필요하다.

4.7.2.2 열기구 운영

열기구의 이륙에는 최소한 열기구를 펼칠 수 있는 공간이 있어야 하며, 주위에 전선과 높은 건물 등의 장애물이 있는지 없는지 확인하여야 한다. 기구가 부양하게 되면 구피 크기, 풍향에 주의하고 주위의 건물이나 기체 자체가 손상되지 않도록 하여야 한다.

열기구는 바람의 영향을 많이 받으므로 기구 비행에 가장 적절한 때는 지역날씨에 따라 해뜨기 시작해서 2~3시간이며, 다음의 최적시간은 해지기전 2시간 정도이다. 온난상승기류가 시작되기 전에 아침 비행을 끝내야 하며, 저녁비행은 온난상승기류가 잠잠 해질 때부터 시작에서 해지기 전까지이다.

바람의 풍속은 3~4m 이하가 적당하며, 시계비행(VFR, visual flight rules)을 하여야 하므로 시정(visibility)이 나쁜 경우에는 비행할 수 없다.

열기구를 운용하다보면 버너 불꽃의 방향이

[그림 4-64] 화염에 의한 구피 손상

잘못되거나, 바람에 의해 불꽃이 구피를 손상시키는 경우가 있고 구피의 폴리우레탄이나 실리콘코팅이 손상되어 공기투과율계기의 시간이 적게 나오는 경우가 있다. 이런 경우 구피 강도상의 문제가 될 수 있으므로 운용자의 세심한 주의가 필요하다.

4.7.2.2.1 구피의 연결과 점검

바스켓을 옆으로 눕혀 구피의 와이어와 바스켓을 카라비너(Karabiner)로 연결한다. 강풍에 구피 부분이 날아가지 않도록 구피는 바스켓과 연결 작업이 끝날 때까지 최소로 필요한 만큼만 구피자루에서 꺼낸다.

[그림 4-65] 카라비너(Karabiner)

연결한 뒤 구피를 모두 꺼내 차가운 공기를 불어 넣는다. 그리고 찢어지거나 손상된 부분이 없는지, 와이어는 꼬이지 않고 차례대로 연결되어 있는지를 구피가 조금 팽창하였을 때 점검한다.

구피점검이 끝나면 송풍기(Inflation Fan)로 구피 내부로 공기를 들여보내 어느 정도 구피가 커질 때까지 공기를 넣는다. 구피가 충분히 팽창하면 천정부분은 구피안의 압력으로 달라붙지만 그 전까지 압력이 모자라기 때문에 강제로 붙여놓아야 한다.

기구가 어느 정도 부풀어 형상을 이루면 버너를 점화 한다. 버너 가까이 있는 구피 부분에 버너의 불이 닿지 않도록 주의하면서 열기를 넣어야 한다.

4.7.2.2.2 크라운 라인 당김

버너를 점화하기 직전부터 구피의 천정 부분에 대기하고 있는 사람은 크라운 라인을 잡아당긴다. 더운 공기는 위로 올라가려고 하기 때문에 공기를 들여보낸 상태에서 구피는 모양이 삐뚤어져 제대로 된 형상으로 부풀어 오르지 않는다. 이러한 현상을 막기 위해 어느 정도 균등하게 따뜻한 공기를 들여보낼 때까지 위로 올라가려고 하는 공기를 천정부분에 연결되어 있는 크라운 라인으로 당겨야 한다. 구피가 80% 정도 부풀어 올랐을 때 크라운 라인을 당기고 있는 사람은 천천히 힘을 풀어 준다. 바스켓이 떠오르지 않도록 주의하면서 천천히 구피

를 일으켜 세울 수 있도록 주위에 있는 사람들도 누르고 있던 힘을 서서히 줄인다.

구피와 함께 바스켓이 일어서면 바스켓을 눌러 떠오르지 않게 한다. 팀원들은 서로의 움직임과 구피의 움직임을 확인하면서 호흡을 맞춰 행동하는 것이 중요하다.

기구가 똑바로 서면 비행할 사람은 바스켓에 탑승한다. 약간 부력이 붙은 기구를 안정시킨다는 의미에서도 빠르게 탑승하도록 한다. 지상에 남은 사람은 바스켓을 손으로 누른다.

4.7.2.2.3 이륙(Take off)

이륙하기 전에 립 패널이 정상적으로 작동하는지 확인한다. 버너를 피우고 부력을 높이면 기구는 상승하게 된다. 이때 바람이 불어가는 방향에 장애물이 없는지 확인한다. 이륙 시 비행시간을 확인하여 연료 보유량과 비교하여 비행시간을 계산한다.

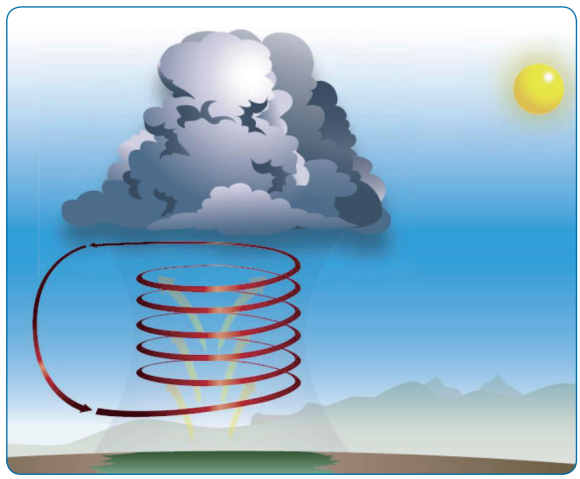
상공에서 수행하는 기구의 기본적인 조작은 버너를 피웠다가 끄는 것을 반복하는 것이다. 상승하고 싶으면 오래 피우고 하강하고 싶으면 버너를 끄면 된다. 이 상하 운동으로 자신이 가고자 하는 방향의 바람을 제대로 잡으면서 비행하게 되는 것이다.

열기구는 비행기나 다른 비행체와는 달리 추진력을 지니고 있지 않기 때문에 일단 이륙한 다음에는 바람에 의존하게 된다. 바람과 함께 움직이거나 흘러가기 때문에 바스켓 속에서는 거의 바람을 느끼지 못한다.

바람 따라 열기구가 흘러가기 때문에 조종사는 고도를 조정하여 방향을 찾아간다. 고도마다 바람방향이 다르므로 조종사는 고도별 바람방향을 파악하여 가고자 하는 방향으로 열기구를 조종하여 비행을 한다.

4.7.2.2.4 상승온난기류(Thermal, 열기포)에서의 비행

상승온난기류(Thermal, 열기포)는 열기구에게 매우 무서운 존재이다. 열기구는 상승과 하강을 반복하면서 비행하게 되는데 상승온난기류(Thermal, 열기포)에 휘말리게 되면 조종이 불가능해 진다. 일단 상승 온난 기류에 들어가면 벗어나기가 매우 힘들어 상공에서 계속 돌기만 하기 때문에 어느 방향으로도 빠져 나갈 수 없게 된다. 이륙 전에 상승온난기류(Thermal, 열기포)가 발생하리라 예상되면 미련 없이 비행을 중단 하여야 한다. 또한 비행



[그림 4-66] 상승온난기류(Thermal, 열기포)

중에 상승온난기류가 발생하면 가능한 한 빨리 착륙하여야 한다.

만약 상승온난기류(Thermal, 열기포)에 휘말렸다면 상승온난기류 때문에 위로 상승하고 있는 도중이라도 버너는 피워 두어야 한다. 구피내의 온도가 내려가고 있을 때에 상승기류에서 벗어나 바깥의 하강기류를 타게 되면 갑자기 떨어질 위험이 있기 때문이다.

4.7.2.2.5 체이스(Chase/추적)

기구가 이륙하여 비행하면서 착륙할 때까지 지상 요원들은 조종자와 통화를 하면서 지속적으로 차량을 이용하여 추적을 하여야 한다. 추적은 언제나 기구 바로 아래 또는 진행방향 조금 앞쪽에 위치하게 한다.

4.7.2.2.6 착륙(Landing)

목적지가 가까워지면 착륙자세로 들어간다. 착륙 포인트는 기구의 진행방향 즉 바람이 부는 방향에 장애물이 없는 넓은 지역을 택한다. 버너를 On/OFF하는 간격을 넓혀 구피 안의 온도를 조금씩 낮추다 지면이 가까워지면 립라인을 당겨 립 패널을 열어 착륙시킨다.

착륙을 위하여 열기구의 방향 조작에 사용하는 회전방출코드(Turning vent cords)의 경우, 좌측 선회에 대한 조종사에 의해 조작되는 코드는 검정색, 우측 선회에 사용될 코드의 부분은 녹색으로 되어 있다.

4.7.2.2.7 계류상태 운영 (Tethered operation)

계류상태 운영(Tethered operation)은 풍속이 10노트를 넘지 않을 시에만 수행하여야 한다. 계류 고정 장치의 목적은 지상과 공중에 있는 모든 사람들과, 기구 및 주변의 구조물 등을 강풍 등으로 의한 예기치 못한 사고로부터 보호하기 위함이다.

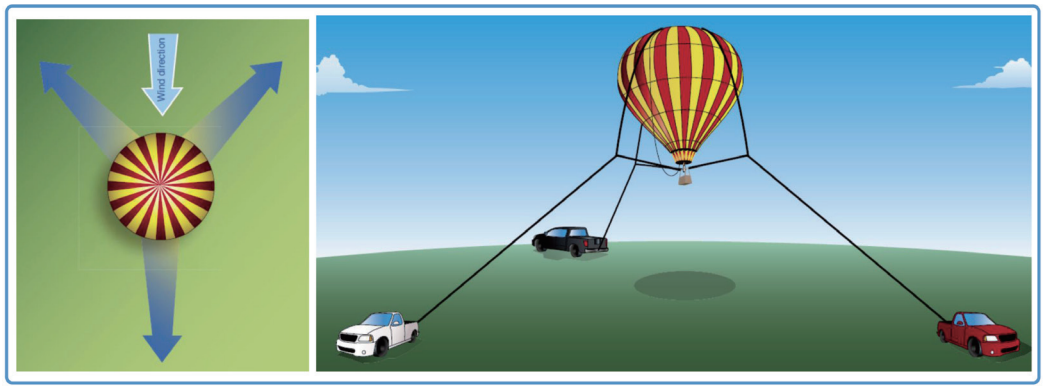
안전한 계류 고정 장치 설치는 기구를 정상 꼭지점으로 하여 낮고 넓은 피라미드 형태로 지면의 3지점으로 부터 줄을 연결시키는 것이다. 바람이 강 할수록 낮게 설치하는 것이 좋다. 3개의 줄로 고정해야지 최대한의 안정된 상태를 얻을 수 있으며 될 수 있으며, 하나의 고정줄을 바람 부는 방향에 설치하며, 다른 두 줄은 좌우 120도씩 벌어지게 설치한다.

4.7.2.2.8 구피 함몰

기구가 서있는 상태에서 립 패널을 열어 따뜻한 공기를 내보내면서 크라운 로프를 당겨 구피를 넘어뜨린다. 이때 뜨거운 버너위로 쓰러지는 것을 피해야 한다. 구피를 눌러 공기가 완전히 빠지면 바스켓에서 구피를 분리하여 접는다. 구피를 접을 때 구피가 손상되지 않도록 지면의 상태도 확인하여야 한다.

4.7.3 가스기구(Gas Ballon)

가스기구는 큰 애드벌룬(Adballon)에 바스켓



[그림 4-67] 계류상태 운영(Tethered operation)

을 매달은 형태의 기구이다. 공기보다 가벼운 헬륨 또는 수소가스의 부력을 이용하여 양력을 얻게 된다.

가스기구의 종류에 따라 상승/하강 방식에 많은 차이가 있다. 애드벌룬형태의 단순가스기구는 구피(Envelope) 자체가 헬륨기낭 또는 수소기낭으로 압력 및 온도에 따라 외피형태의 차이가 있을 수 있다.

가스기구가 상승 할 경우에는 바스켓의 무게를 줄이는 방식으로 밸러스트(Ballast)로 사용되는 모래주머니 또는 바스켓 안의 물건 등을 조정하기도 하며, 또한 구피내부의 공기낭과 헬륨기낭의 압력을 조정하기도 한다. 강하할 경우 내부의 헬륨가스 배출 등의 방법이 있지만, 공기낭과 헬륨기낭의 압력조절로서 고도를 조절할 수 있다.

자유비행을 하게 되는 경우, 열기구 운영방식과 동일하게, 지상 요원들은 조종자와 통화를 하면서 지속적으로 차량을 이용하여 추적을 하여야 한다.

4.7.4 기구류 비행 전 안전성 점검

○ 기구류 비행 전 점검에서 구피(Envelopes), 탑승 설비(Basket/Gondola), 연료 용기(Fuel, Cylinder), 부력 가스(Lifting gas), 가열기(Burner) 등 주요 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 구피 및 보조기낭(Ballonet)에 파열된 곳은 없는지 확인
- 로드 테이프(Load tape)의 손상, 마모는 없는지 확인
- 구피내의 온도를 알기 위한 구피온도계 또는 온도 휴즈는 적정한지 확인
- 구피, 가열기, 탑승설비 접속부에 열에 의한 손상, 변형, 부식 등이 없는지 확인
- 구피외면 그물(Net)의 손상된 부분이 없는지 확인
- 구피외면 그물(Net)이 적절하게 연결되어 있는지 확인
- 버너는 정확하게 점화되고 연소, 작동되

는지 확인
- 코일 등 금속부의 파손이나 부식 깨짐은 없는지 확인
- 호스의 손상은 없는지 확인
- 각 밸브의 작동은 원활한지 확인
- 노즐의 막힘과 손상부분은 없는지 확인
- 신속, 확실하게 소화되고 재 점화 할 수 있는지 확인
- 연료 압력계기는 정확하게 작동하는지 확인
- 탑승설비(Basket / Gondola)의 외형에 손상은 없는지 확인
- 와이어의 손상은 없는지 확인
- 탑승설비 바닥의 손상, 변형은 없는지 확인
- 버너 및 연결 구조물(rod, wire 등)의 휘어짐이나 손상은 없는지 확인
- 연료용기 고정 벨트(belt)는 적절하고 손상이 없는지 확인
- 연료용기 본체에 파손이나 부식은 없는지 확인
- 연료량을 측정하고 표시하는 계기장치가 부착되고 정확하게 작동하는지 확인
- 방출장치(Parachute valve, Gas valve 등)의 개폐는 잘 되는지 확인
- 각 밸브 작동 케이블은 얽히지 않고 열에 의한 손상이 없는지 확인
- 밸러스트를 장착한 경우 투하 시에 지상에 위험을 주지 않는 재료인지 확인
- 계류식으로 운용될 경우 필요한 지상연결 장비(Mooring rope, Retrieval cable, Winch 등)가 정확하게 연결되어 있는지 확인
- 수상을 비행하는 경우, 구명장비(조끼)를 구비하고 있는지 확인
- 추적팀과 운항팀의 교신장비 상태는 양호한지 확인