

항우개론 2학기 11주차 과제물 첨부자료

4.3 기체구조

항공기 기체를 구성하는 주요 부분들은 날개, 동체, 꼬리날개, 엔진 마운트 및 착륙장치 등이다. 이들 주요 부분 각각에 대한 구조의 형태와 특징을 살펴본다.

4.3.1 날개

항공기가 비행하는데 필요한 양력은 거의 전부 날개에서 발생하기 때문에 날개의 외형은 최대의 양항비를 얻기 위하여 에어포일(airfoil) 형상으로 날씬하다. 날개를 구성하는 주요 부재는 날개보(spar), 리브(rib), 스트링거(stringer) 및 외피(skin) 등이다. 일반적으로 대형 항공기의 날개는 안쪽날개(inner wing), 바깥날개(outer wing), 날개끝(wing tip) 등으로 나뉘며 이들은 보통 볼트로 서로 연결된다. 날개 안쪽에는 연료를 넣을 수 있는 연료탱크가 설치되고, 엔진을 설치하는 부분인 나셀(nacell), 외부 부착물을 연결하는 파일론(pylon), 에일러론(aileron), 스포일러(spoiler), 스피드 브레이크(speed brake), 고양력장치, 방빙장치, 착륙장치(landing gear), 항행등(navigation light) 등이 외부에 장착된다. 따라서 날개의 구조는 [그림 4-18] (가)에 보인 것처럼 대단히 복잡한 것이 보통이며, 또한 고도의 안전성과 신뢰성 확보를 위하여 앞 절에서 설명한 트러스, 응력외피 및 샌드위치 구조형식이 모두 사용된다. 날개는 대부분 두 개의 날개보

를 가지고 있으며 이것이 전단응력, 굽힘 및 비틀림 모멘트를 주로 담당하고 외피, 스트링거 및 리브 들은 형상유지와 좌굴(buckling) 방지 역할을 한다. [그림 4-18] (나)와 같은 트러스구조의 경우에는 트러스가 강도를 유지하고 외피는 주로 코팅된 천(fabric coating)으로 되어 있다.

응력외피구조 날개는 트러스구조 날개와는 달리 외피도 전단력과 굽힘 및 비틀림을 받게 되어 있다. 예를 들어 [그림 4-19] (가)와 같이 날개의 앞전(leading

그림 4-18
날개 구조의 예

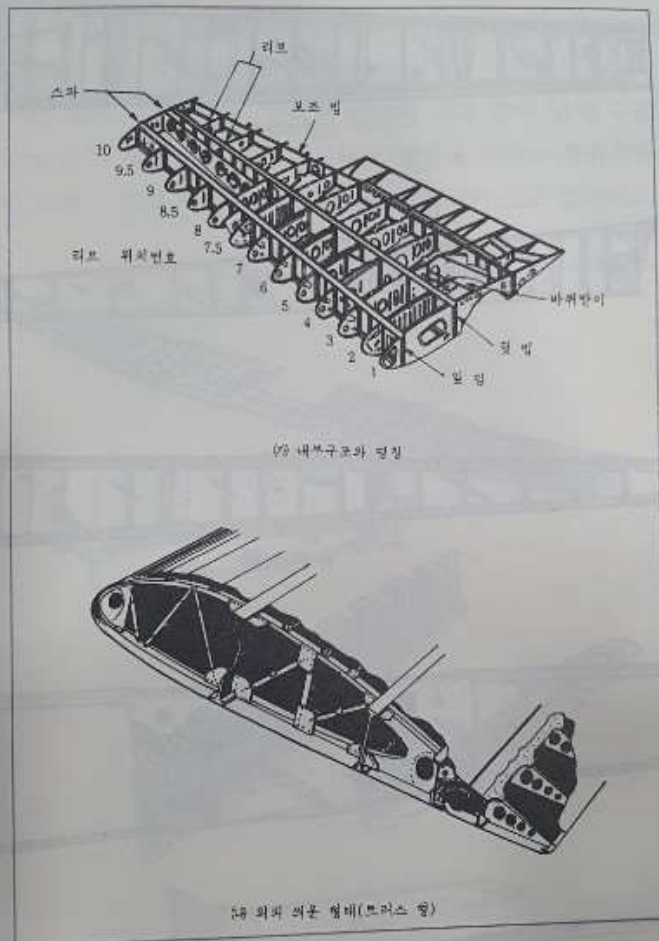
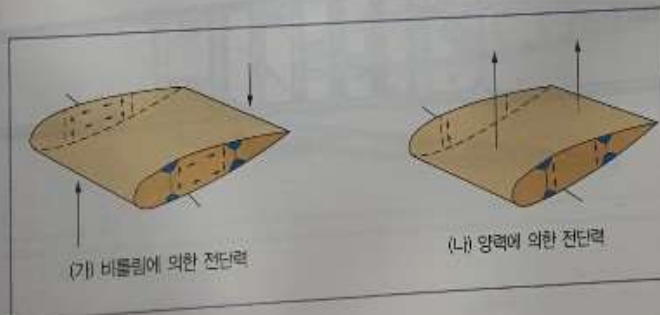


그림 4-19
응력외피형 날개
의 전단력

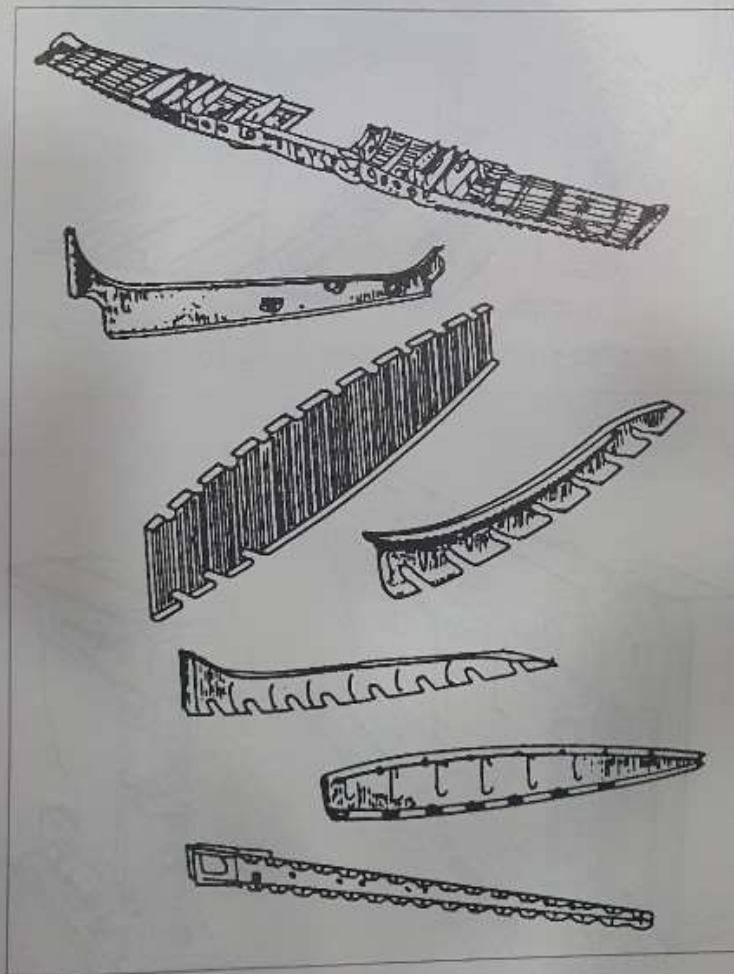


edge)이 올라가고 뒷전(trailing edge)이 내려가는 비틀림을 받는 경우에 이에 의한 전단흐름이 외피와 리브에 생긴다. 또한 [그림 4-19] (나)와 같이 양력에 의하여 날개 끝이 올라가는 방향의 굽힘 및 전단력을 받는 경우에도 외피는 전단응력을 받게 된다. 일반적으로 날개는 양력과 모멘트에 의하여 [그림 4-19] (가), (나)의 두 경우가 결합된 하중상태가 된다. 압축력이 어느 크기에 이르면 갑자기 큰 변형이 생기는 현상을 좌굴이라고 하며 이 압축력을 좌굴에 대한 제한하중이라고 한다. 외피의 제한하중을 크게 하기 위하여 스트링거와 같은 보강재를 부착한다.

[그림 4-20]은 응력외피구조 형식으로 만들어진 날개보의 여러 형태를 [그림 4-21]은 리브의 형태를 나타낸 것이다.

샌드위치구조 날개는 앞에서 설명한 바와 같이 날개 구조물 내부에 심재를 넣어 만든 것으로 강력한 접착제의 개발에 의하여 광범위하게 사용되고 있다. 이 날개 구조의 이점은 무게에 비하여 강성이 크고 접착제로 붙이기 때문에 제

그림 4-21
날개 리브의 형태



작이 용이하다는 것이다. 또한 샌드위치구조의 특징으로 진동에 대한 감쇠성이 크고 단열성 및 방음성이 뛰어나다는 점 등이다. [그림 4-22]는 날개에 사용된 샌드위치 구조의 예를 보여준다.

날개를 동체에 연결하는 부분을 날개뿌리(wing root)라고 하며 날개에 작용하는 양력을 모아서 동체에 전달하는 곳이므로 강도가 충분해야 한다. 또한 이 부분에는 착륙장치를 장착하기도 하며 이를 접어 넣을 수 있는 공간과 여단을 수 있는 덮개장치도 마련해야 한다. [그림 4-23]은 날개뿌리 부분의 날개보와 동체의 연결부를 보여준다.

날개의 내부구조는 보통 두개의 날개보에 의하여 동체에 고정되어 있고 이 날개보의 중간에 리브를 붙여서 보강하고 있으며 양력에 의하여 앞뒤 날개보

그림 4-22
날개에 사용된
샌드위치 구조

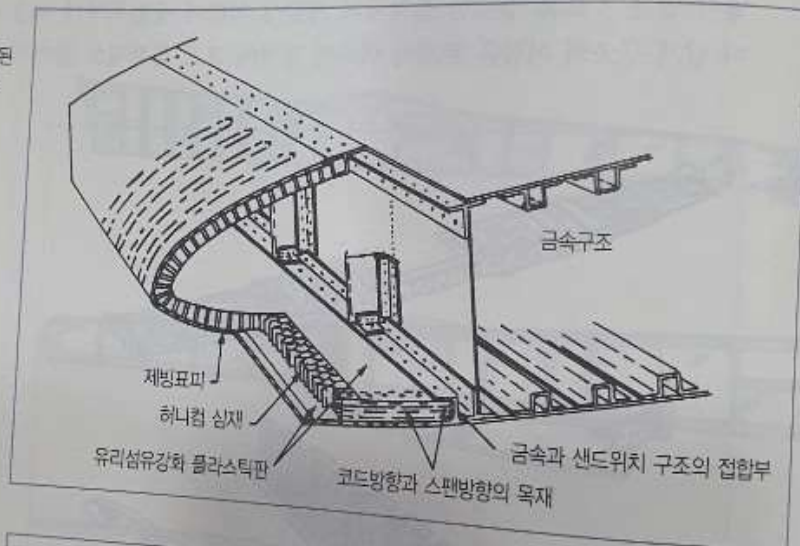
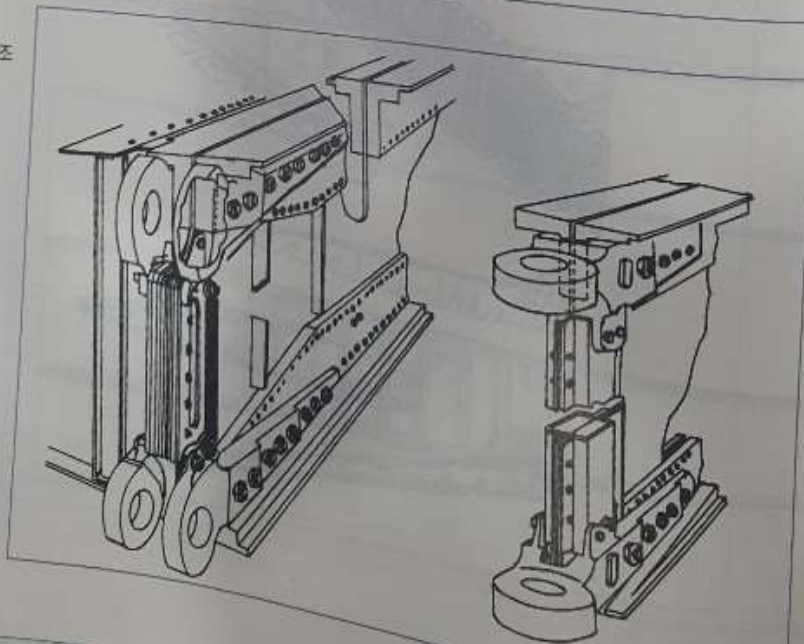


그림 4-23
날개뿌리의 구조



사이의 간격이 변하는 것을 방지하기 위하여 압축버팀대(compression strut) 또는 브레이싱 와이어(bracing wire)로 보강하는 경우도 있다. 리브는 보통 트러스 또는 웨브(web) 형상이 있고, 외피를 부착하기 좋게 하며 강도를 증가시키는 목적으로 스트링거를 사용한다. 착륙장치나 연료탱크를 넣어야 한 곳에는 리브를 사용하지 않고 정형재(former)만을 사용하며 배치간격을 좁게 하여 충분한 강도를 유지하게 만든다. 또한 날개보 사이에 금속탱크를 내장하면서 합성고무를 포함하는 연료탱크가 들어있는 경우가 많으며 별도의 탱크를 넣지 않고 이 공간을 그대로 막아서 사용하는 제물연료탱크(integral fuel tank) 형태가 있다. [그림 4-24]는 날개 중앙부의 내부구조를 나타낸 것으로 착륙장치를 접어 넣게 되어 있다. 한편 [그림 4-25]는 날개 내부에 들어 있는 연료탱크를 보여준다.

그림 4-24
날개의 내부구조

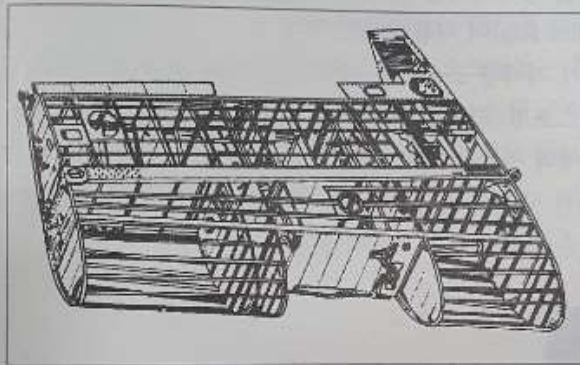


그림 4-25
날개 내부의
연료탱크

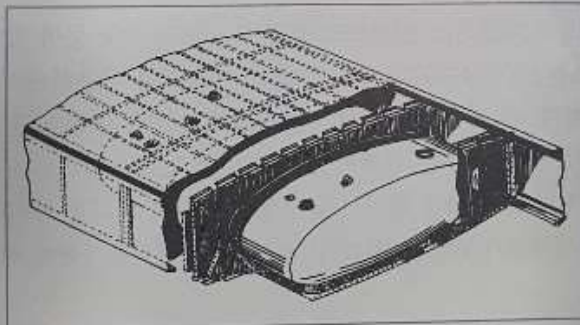
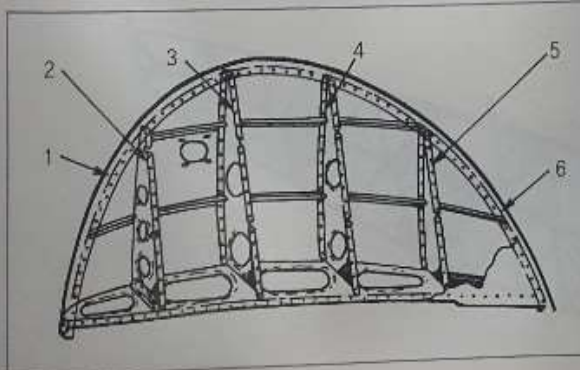


그림 4-26
날개 골 구조



날개 끝 구조는 보통 [그림 4-26]과 같이 곡선행부재(bow), 정형재 및 리브 등으로 구성된다. 곡선행부재(1 및 6)는 끝부분 형상을 곡선으로 만들기 위한 것이고, 정형재(2, 3, 4 및 5)는 날개 끝으로 감에 따라 두께를 얇게 하기 위한 것이며, 리브는 날개 끝과 날개 중앙부를 연결하기 위한 것이다.

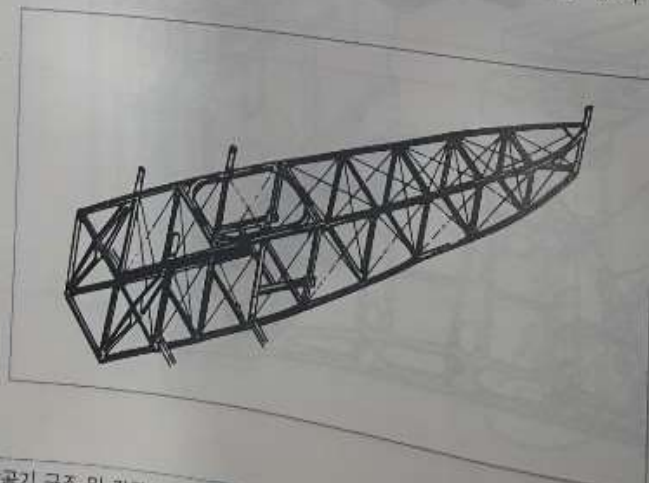
날개에는 양력을 증가시키는 고양력 장치(high-lift device)로 슬랫과 플랩이 장착되어 있고, 경계층 격판을 사용하여 실속을 방지하는 와류발생기(vortex generator)를 날개 위에 장착하기도 한다. 슬랫은 날개 앞전에 장착하여 양력을 증가시키는데, 슬랫의 종류로는 고정슬랫(fixed slat)과 가동슬랫(movable slat)이 있으며 기종 및 성능에 따라 적절히 채택된다. 플랩은 날개의 뒷전에 있으며 유압 구동기 또는 전동모터로 작동해서 캠버를 증가시키거나(받음각 증가 효과) 날개면적을 증가시키는 장치이다. 급강하할 때 항력을 증가시키기 위하여 다이브플랩(dive flap)이 사용되기도 한다.

또한, 항공기 자세를 조종하는 에일러론, 착륙 시에 활주로와 마찰력을 증가시키기 위한 스포일러(spoiler), 공중에서 비행 중에 속도를 줄이기 위한 스피드 브레이크, 항행의 안전을 위한 항행등 및 각종 장치들이 날개에 조립되어 있어서 매우 복잡한 구조를 가지고 있다. 따라서 항공기 중에서도 날개의 구조설계와 제작 기술은 가장 어려운 핵심기술이다.

4.3.2 동체

동체의 구조 형식은 트러스, 만모노코크 및 모노코크 구조 등이 있다. 먼저 트러스(truss) 구조는 [그림 4-27]과 같이 강관 또는 목재를 사용하여 트러스 형태로 조립된 구조이며, 네 귀퉁이에 동체의 종방향으로 종통재를 놓고 수평지주, 수직지주 및 대각선 부재 또는 브레이싱 와이어 등으로 트러스를 구성한다. 여기에 적절한 정형재(former)를 붙여서 유선형으로 하고 외피를 붙인다. 하중은 모두 트러스 구성부재가 받으며 천외피(fabric cover)는 공기력의 전달만을 한다.

그림 4-27
트러스 동체 구조



흔히 사용되는 재료는 철관(steel tube)이며 몰리브덴강(molybdenum steel)도 많이 사용된다. 몰리브덴강은 강도가 크기 때문에 특히 고강도가 요구되는 항공기에 많이 사용된다. 이 구조형식은 소형 항공기에 주로 사용되며 제작비용이 적게 든다는 장점이 있다.

모노코크 구조(monocoque structure)와 반모노코크 구조(semi-monocoque structure)는 종통재와 원형 정형재에 외피를 붙인 구조물이다. 특히 반모노코크 구조는 외피를 보강하기 위하여 동체의 종방향으로 스트링거(stringer)를 붙이고, 횡방향으로는 보강 프레임을 붙인다. 이러한 구조에서는 트러스 구조와 달리 종통재와 정형재 뿐만 아니라, 외피도 동체의 하중을 분담해야 하므로 외피가 상당히 두꺼우며 굽힘응력 및 전단응력에 대한 강도를 충분히 갖고 있다. 이 구조를 사용하면 유효내부용적이 커지므로 탑재화물의 부피를 증가시킬 수 있기 때문에 대형기에 유리하다. 스트링거와 외판과는 대부분 리벳으로 접합되지만 최근에는 접착제에 의한 접합도 개발되고 있다. 스트링거는 긴 판재를 구부려 만든 앵글(angle) 또는 일정한 단면으로 압출(extrusion)된 것이 있으며, [그림 4-28]과 같이 대부분 Z형, L형 또는 T형 등의 단면을 갖고 있다. [그림 4-29]는 반모노코크 구조의 동체를 나타낸 것이다.



그림 4-28
스트링거의 단면 모양

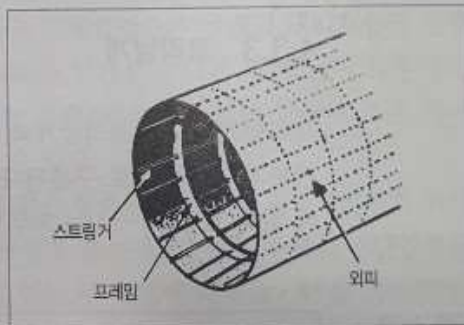


그림 4-29
반모노코크 구조의 동체



그림 4-30
이중거품형 여압실

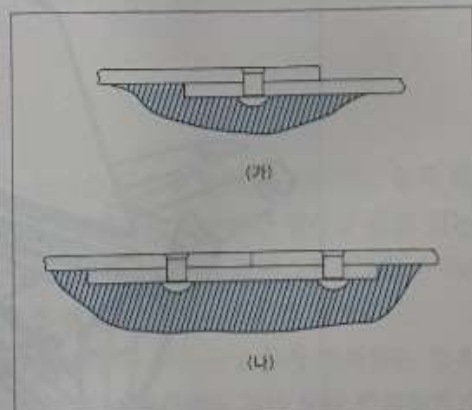


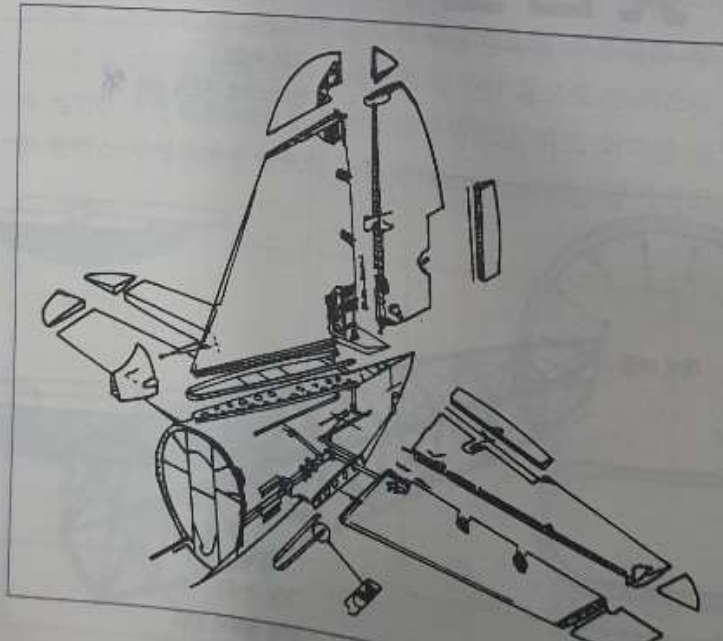
그림 4-31
압력 밀폐의 방법

대형 여객기의 동체는 보통 앞부분(nose section), 중앙부분(mid section), 및 뒷부분(rear section)으로 분리되어 있고, 탑승객이 출입할 수 있도록 도어(door)와 창문들이 달려있다. 고도 15,000피트 이상에서는 대기압이 낮으므로 승객의 호흡을 위하여 항공기 객실의 압력을 외부 압력보다 높게 만들어야 한다. 이를 여압이라 하며 동체의 일부를 밀폐해서 여압실(pressurized cabin)을 만든다. 여압실은 비행하중 또는 지상하중 외에 내부의 공기압력에 의한 하중이 추가로 작용한다. 따라서 여압장치가 없는 동체보다 여압실은 정적강도도 커야하지만 피로파괴에 대해서도 견딜 수 있어야 한다. 이렇게 하기 위해서 바람막이(wind shield), 창 및 출입구 등의 연결부를 충분히 보강하여 응력이 집중되지 않도록 하며 스트링거의 간격을 좁히고 재료는 티타늄(titanium)계의 강한 합금을 사용하기도 한다. 여압실의 단면은 [그림 4-30]과 같이 이중거품(double bubble) 형이 많이 사용된다. 특히 여압실의 마루부재(floor member)는 여압하중 때문에 큰 인장력을 받게 되므로 부재 하나의 파손이 있어도 그 하중을 다른 부재가 담당할 수 있도록 다중하중경로구조로 설계한다. [그림 4-31]은 여압실의 내부 압력을 유지하기 위해서 밀폐재를 사용하여 동체를 밀폐시킨 모양을 보여준다.

4.3.3 꼬리날개

꼬리날개는 수직꼬리날개와 수평꼬리날개로 이루어지며 각각의 꼬리날개는 안정판과 조종면으로 구분된다. 안정판은 조종면을 지지하고 있으므로 강도가 커야 한다. [그림 4-32]는 꼬리날개의 구조를 나타낸 것이다.

그림 4-32
꼬리날개의 구조



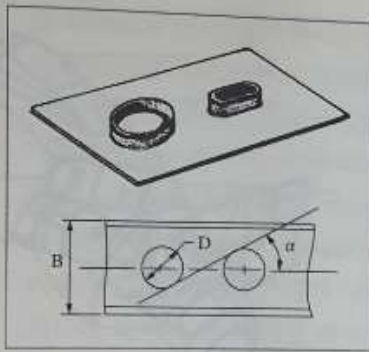


그림 4-33
경갑구멍

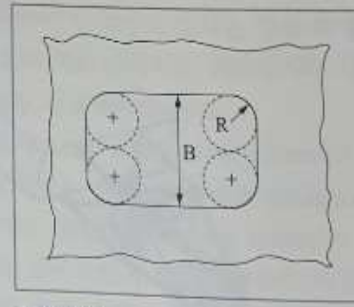


그림 4-34
사각형 경갑구멍

수직꼬리날개의 구조는 날개의 구조와 유사하며, 동체에 고정되어 있는 수직 안정판과 이것에 힌지(hinge)로 연결된 러더(rudder)를 움직여서 좌우로 비행 방향을 조종할 수 있다.

수평꼬리날개에는 동체와 연결된 수평안정판이 있고 이것에는 엘리베이터(elevator)가 힌지로 연결되어 있다. 안정판의 뒷전부 날개보(spar)에 힌지가 달려 있어 엘리베이터가 여기에 연결된다. 수평안정판은 날개의 내리흐름의 영향을 받기 때문에 불임각(incidence angle)을 날개보다 크게 하는 것이 보통이다. 엘리베이터의 토크판(torque plate)에는 돌출부(horn)가 달려 있어서 조종 케이블을 이곳에 연결하여 회전운동을 할 수 있다.

날개 안에 들어 있는 리브와 날개보 같은 부품들은 무게를 최소화시키기 위해 [그림 4-33] 및 [그림 4-34]와 같이 구멍을 뚫는다. 이 경우 부재의 전단강성을 유지하기 위하여 가장 가까운 거리에 있는 두 구멍에 대해 $\alpha < 45^\circ$ 를 유지해야 하며 직경 $D < 0.6 \times B$ 가 되도록 한다. 사각형 구멍의 경우에는 모서리 부분에서 균열이 발생하는 것을 방지하기 위해서 반경 $R > 0.25 \times B$ 이어야 하며 이와 같은 공식은 검사용 구멍(inspection hole)을 뚫는 경우에도 마찬가지로 적용된다.

4.3.4 엔진 마운트

엔진을 동체 내부에 부착시킬 경우에는 트러스 구조를 많이 사용하지만, 동체 외부 또는 날개 밑에 부착시킬 경우에는 공기역학적으로 날씬한 형상을 갖고 있는 나셀(nacelle)과 파일론(pylon)을 사용한다. [그림 4-35]는 트러스형, [그림 4-36]은 나셀형 그리고 [그림 4-37]은 파일론형 엔진 마운트(mount)를 보여준다.

[그림 4-38]과 같이 엔진에서 발생하는 진동이 다른 구조물에 전파되는 것을 차단하기 위해서 엔진을 다른 구조물에 장착하는 부분에는 고무 등의 방진장치가 있어야 한다.

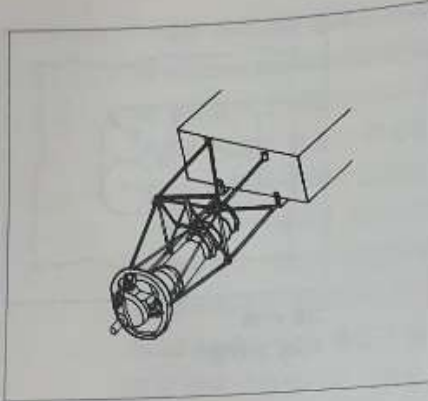


그림 4-35
트러스형 엔진 마운트

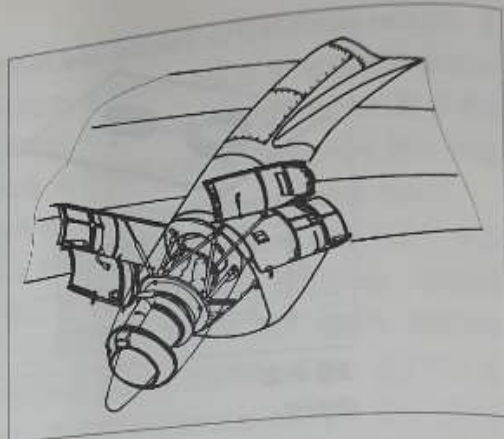


그림 4-36
나셀형 엔진 마운트

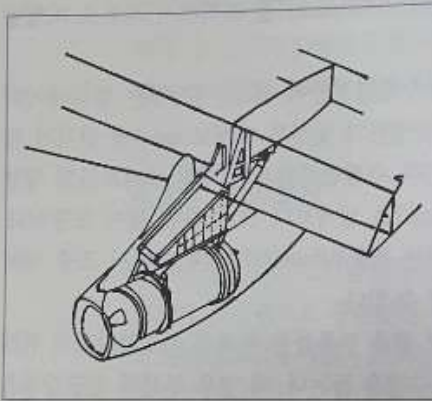


그림 4-37
파일론형 엔진 마운트

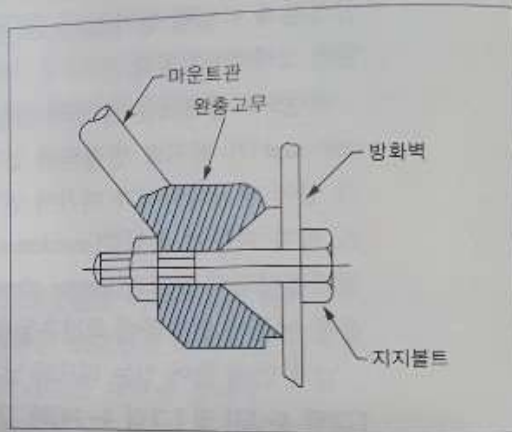


그림 4-38
엔진 장착부의 방진장치

4.3.5 착륙장치

착륙장치를 사용목적에 따라 구분하면 육상에서 사용하는 타이어(tire), 눈 위에서 사용하는 스키(ski) 및 물 위에서 사용하는 플로트(float) 등이 있다. 또한 [그림 4-39]처럼 조향바퀴(steering gear)의 위치에 따라 앞바퀴식(nose gear type)과 뒷바퀴식(tail gear type)으로 구분되는데 일반적으로 대형 항공기에는 앞바퀴 조향방식이 많이 사용된다.

[그림 4-40]에서는 앞바퀴식과 뒷바퀴식의 방향회전에 대한 안정성을 설명한다. 바퀴의 방향이 항공기의 전진방향과 일치하지 않을 때 각 바퀴에 작용하는 힘에 의해 무게중심에 작용하는 모멘트가 바퀴를 전진방향으로 회전시켜야 안정한 것이다. 그림에서는 뒷바퀴식은 불안정하며 앞바퀴식이 안정하다는 것

을 나타내고 있다. 앞바퀴식은 뒷바퀴식에 비하여 안정성이 있다는 장점 외에도 이륙시 조종사의 시야가 좋다는 장점이 있으며 제트기에서는 엔진배기와 지면의 간섭을 방지하기 위해서 반드시 앞바퀴식을 사용해야만 한다.

착륙장치는 타이어, 바퀴(wheel), 완충버팀대(shock strut), 브레이크(brake) 등으로 구성되며 접어 넣는(retractable) 착륙장치에는 잠금 기구(latch mechanism)와 쉬미 댐퍼(shimmy damper)가, 조향바퀴에는 조향장치(steering system)가 부가된다. [그림 4-41]은 접어 넣는 착륙장치의 개략적인 구조를 보여준다. 버팀대 하나에 타이어 한 개씩만 부착한 것에서부터 기체 중량이 증가함에 따라 두 개 혹은 네 개를 부착한 것도 있다.

착륙장치에는 고무흡수(rubber absorber), 평판스프링(plate spring), 공기압력(air pressure), 오일스프링(oil spring) 및 올레오(oleo) 등의 완충방식이 사용되고 있다. [그림 4-42]는 고무흡수 방식을 [그림 4-43]은 평판스프링 방식을 나타낸다. 평판스프링 방식은 충격을 흡수하는 작용은 크지만 감쇠가 거의 없이 반동이 크기 때문에 불리하다. 구조가 간단하여 소형기에 많이 사용되는 고무줄 또는 고무판을 이용한 완충방식은 충격 흡수성과 감쇠성이 모두 양호하지만 내구성이 없다는 단점이 있다.

그림 4-39
착륙장치의 조향
방식 구분

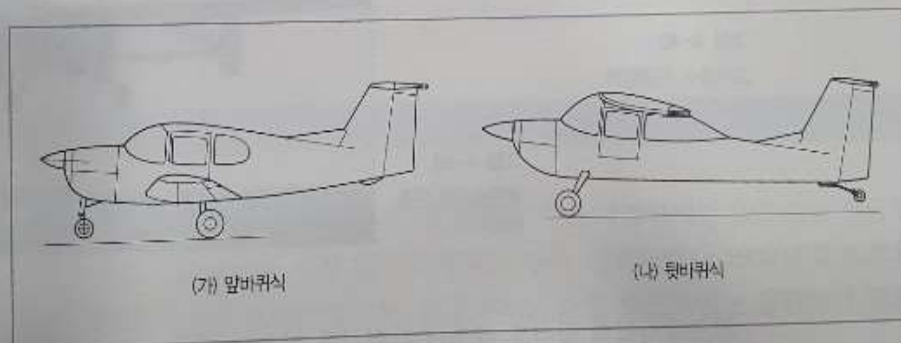


그림 4-40
조향방식에 따른
안정성

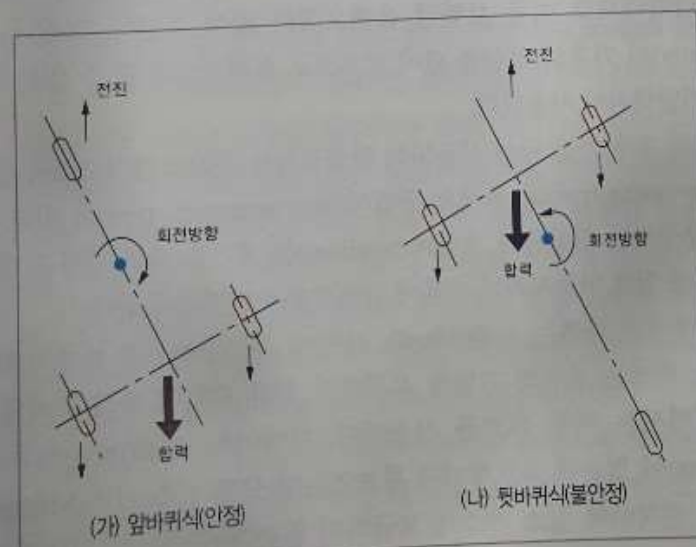


그림 4-41
착륙장치의 구조

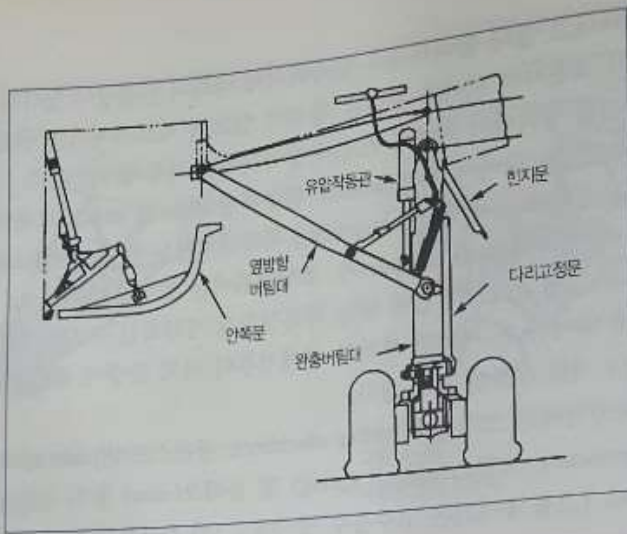


그림 4-42
고무컵수 완충방식



그림 4-43
평판스프링 완충
방식

건조공기압력 방식도 다소의 감쇠성은 있으나 평판스프링 방식과 거의 같은 특성을 나타내므로 이를 보완한 올레오식이 많이 쓰인다. 그러나 기름의 점성(viscosity)이 기후의 영향을 많이 받으므로 올레오식을 쓸 수 없는 극한지방에서는 공기압력식이 사용된다.

보통의 경우 가장 많이 사용되는 완충장치는 올레오 방식으로써 올레오 스프링식(oleo-spring type)과 올레오 공압식(oleo-pneumatic type)이 있다. [그림 4-44]의 완충장치는 작동유가 오리피스(orifice)를 통과할 때의 저항을 이용해서 충격 에너지를 열로 변환시키기 때문에 감쇠작용을 완벽하게 한다.

착륙장치의 바퀴는 차륜(wheel), 타이어, 튜브(tube) 및 브레이크(brake)로 구성된다. 튜브는 공기의 기밀을 유지하기 위한 것이며 불의의 파열에 대비하여 대형기에서는 이중 튜브를 사용한다. 타이어는 튜브(tube)형과 튜브없는형(tubeless)이 있는데 튜브형이나 튜브없는형 모두 질소 가스(Nitrogen gas)를 주입함이 원칙이며 질소 가스가 보급되지 않는 지역에서는 건조공기(Dry Air)를

만드시 사용해야 한다.

브레이크는 용도에 따라 정상용(normal), 주기용(parking), 비상용(emergency) 및 보조용(auxiliary) 등으로 구분한다. 정상용은 평상시 사용되는 브레이크 장치이며 주기용은 공항에서 장시간 비행기를 정지시킬 때 쓰인다. 비상용 및 보조용은 정상용 브레이크 장치가 고장일 경우에 사용된다. 이와 같은 분류는 브레이크의 조작계통에 따른 것으로 정상용 브레이크는 러더 페달을 동시에 같은 방향으로 밟아서 동작시킨다. 주기용 브레이크는 조종실 내에 설치된 핸들로 작동시키도록 되어있다. 구조 형식에 따라 브레이크를 분류하면 팽창 튜브형, 팽창 슈형(expander shoe type) 및 디스크형 등이 있다.

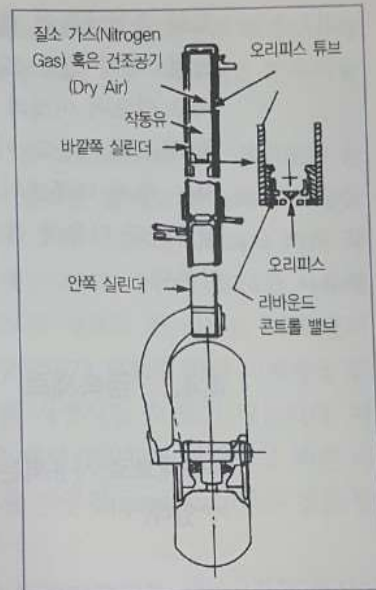


그림 4-44
올레오 공압식 완충장치