

[해설]

항공기의 지시대기속도 한계에 관한 고찰

최 일 규*

A Study on the Limitations of Indicated Airspeeds of Aircraft

Yil-Kyoo Choi

1. 서 론

항공기를 설계, 제작하고 실용화 될때까지 그 사용상의 목적과 용도에 따라 고려하여야 할 요소들이 수 없이 많다는 것은 이미 알고 있는 바이다.

그러나 가장 중요하게 취급하여야 할 요소들 중 항공기 성능, 무게 및 강도에 따른 항공기 속도문제일 것이다.

그러므로 설계할 때나 실제 운용함에 있어 속도의 한계성 문제가 반드시 고려되어야 한다.

이 속도를 FAR에서 V(Velocity)라는 문자로 표시하고 FAR과 제작회사에서 필요에 따라 제한 하여야 할 속도의 뜻을 약자와 숫자로 표시한 속도의 총칭을 V-speed라 한다.

Aircraft Category에 따라, 또는 비행기, 회전익항공기 및 활공기에 모두 V-speed를 규정함으로써 설계자나 운용자에 기준이 될 수 있도록 하며, 여기서는 주로 비행기에 관한 V-speed를 취급하면서 조종사들에게 필요한 것을 이론적인 것은 생략하고 표시된 V-speed의 뜻과 간단한 수치의 결과만을 제시해 보임으로서 조종사들에게 많은 참고가 되고 안전운항에 기여할 수 있도록 고찰하고자 한다.

* 한국항공대학교 항공운항학과 교수

<Airspeed Dictionary>

- Va (VA).....Design Maneuvering Speed
- VAT.....Target Threshold Speed - 1.3 V s
- Vb (VB).....Design Speed for Maximum Gust Intensity or Turbulence
Penetration Speed
- VBROC.....Best Rate of Climb of Helicopter at Sea Level
- Vc (VC).....Design Cruising Speed, Rate of Climb, Circular Velocity
(Speed of Satellite)
- Vd (VD).....Design Diving Speed, Rate of Descent
- Vdf (VDF, MDF)....Maximum Demonstrated Flight Diving Speed
- VELimiting Speed at Flap or Landing Gear may be selected and
extended (Generally Symbol)
- Vf (VF).....Design Flap Limiting Speed
- Vfc (VFC).....Maximum Speed for Stability Characteristics
- Vfe (VFE).....Maximum Flap Extended Speed
- Vh (VH).....Maximum Speed in Level Flight with Maximum Continuous Power
- V l/d (V)Best Lift-over-drag Speed
- Vle (VLE).....Maximum Landing-gear-extended Speed
- Vlo (VLO).....Maximum Landing-gear-operating Speed
- Vlof (VLOF).....Liftoff Speed
- Vmc (VMC).....Minimum Control Speed with the Critical Engine Inoperative
(Twin and multi)
- Vmo (VMO, MMO)....Maximum Operating Limit Speed
- Vme.....Maximum Endurance Speed (sailplanes)
- Vmu.....Minimum Unstick Speed (All engine operation)
- VNA.....Noise-abatement Climb Speed
- Vne (VNE).....Never-exceed Speed
- Vno.....Maximum Structural Cruising Speed, Maximum permitted normal
operating Speed
- Vr (VR).....Rotation Speed
- VRA.....Rough-air Speed (Maximum E.A.S in Turbulence)

- Vref.....Reference Speed for Final Approach, about 1.35 Vso(in jet transports)
- Vs(VS).....Stalling Speed or Minimum Steady Flight Speed at which the airplane is contrrollable, Velocity of Slip(propeller), Slipstream Velocity
- Vso.....Stalling Speed or Minimum Steady Flight Speed in the landing configuration
- Vsl.....Stalling Speed or Minimum Steady Flight Speed obtained in a specified configuration
- Vsse.....Minimum Safe Single-engine Speed (Twin)
- Vt.....True Airspeed in Aerodynamics
- Vtmax.....Maximum Threshold Speed VAT + 15 Knots
- Vtmin.....Minimum Threshold Speed VAT - 5 Knots
- VuUnstick Speed of Marine Aircraft
- VxBest Angle of climb Speed
- Vxse.....Best Single-engine Angle-of-climb Speed (Twin)
- Vy(VY).....Best Rate-of-climb Speed
- Vyse.....Best Single-engine Rate-of-climb Speed (Twin)
- V1.....Critical-engine-failure Speed. Takeoff Decision Speed
(Formally denoted as Critical Engine Failure Speed)
- V2Takeoff Safety Speed
- V2min.....Minimum Takeoff Safety Speed
- V3Normal Screen Speed with all Engines Operating about V2 +10 knots
- V4.....Steady Initial Climb Speed for first-segment noise-abatement Climb with all engine operating, V2 + 10 ~ 20 Knots
- VZF.....Zero Flap Minimum Safe Maneuvering Speed

2. 본 론

V-speed의 수치는 모두가 지시대기속도로 나타내며 특별한 경우에는 C.A.S로 하는 때도 있

지만 반드시 C.A.S라는 것을 명시해 주게 되어 있다. V-speed는 거의가 조종사들에게 이용되는 것이지만 일부는 이용되지 않는 것도 있으며, 반드시 알고 있어야 할 것도 혼동되거나 그 뜻을 정확히 알지 못하고 이용하는 경우도 있을 것이다.

조종사가 알아야 할 것과 설계자나 제작자만 알고 있을 것이 있지만 직접 운용하는 사람이 설계 제작부터 운용하는데까지 알 수 있다면 더욱 큰 도움이 될 수 있다는 것은 확실하다.

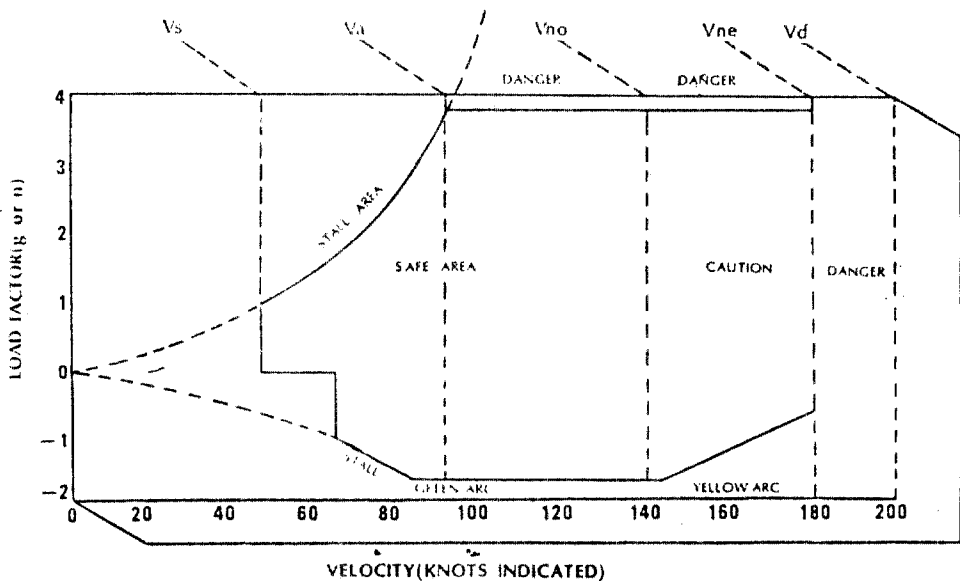
그러나 전문분야까지 알면 좋겠으나 조종사가 알아야 할 V-speed에 관하여만 고찰하여 보고자 한다. V-speed의 약자는 무관심 했더라도 그 뜻을 알고 있는 경우가 많을 것으로 믿는다. 예를 든다면 V_a , V_b , V_{mc} 및 V_a 로 나타내면 잘 구분이 안되더라도 운동속도(Maneuvering Speed), 난류침투속도(Turbulence Penetration Speed) 최저조작 속도(Minimum Control Speed) 및 실속 속도(Stalling Speed) 등과 같이 일반적인 뜻은 많이 알고 있을 것이다.

항공기가 설계될 때에는 사용목적, 성능과 요구사항에 적합하도록 가정의 속도한계를 설정하여 놓고 그 속도에 맞는 구조강도 및 기타사항들을 충족시키게 된다. 먼저 FAR에서 요구하고 있는 규정에 따라 V-n선도가 만들어 져야 하며, 이 V-n선도는 하중배수(n)와 속도범위내에서 여러 점들이 연결되어 만들어 지는 도표인 것이다.

그림 (1)에 경비행기의 V-n선도를 참고 바란다.

설계과정중에 설정한 V-speed는 여러 가지가 있지만 설계과정에서 요구사항에 부합되도록 설계상에서만 만족시켜 주는 설계속도(V_c 와 V_d 등과 같은 속도)가 있고 최종적으로 완성되어 시험 및 실용 단계에서 만족한 값을 얻는 설계 속도 (V_a 와 같은 속도)가 있다.

다음에는 설계, 구조 및 운용상에 따른 V-speed를 구분하여 필요한 것 만을 다루어 보자.



The V-n diagram, a sample maneuver envelope for a light airplane. Tinted area represents allowable flight regime of the airplane at gross weight, operating in the normal category.

그림 1. V-n선도(Normal Category)

2-1 설계 속도에 대한 V-speed

V_a (Design Maneuvering Speed or Maneuvering Speed): 설계운동속도 또는 운동속도는 V_p 로도 나타내며 무동력실속속도 (V_s)의 약 배가 되는 속도이다. 이 속도는 V-n선도에서 실속 한계선과 항공기가 설계시 명시된 제한하중배수와 만나는 점의 속도를 말한다. ICAO의 규정에 의한 제한하중배수를 본다면 Normal Category 항공기는 3.8, Utility Category 는 4.4, Acrobatic Category 는 6이라는 것은 이미 알고 있는 사항이며, 어느 특수목적의 비행기는 제한하중배수가 9~12G까지도 만들어진 경우가 있다.

이 제한 하중배수는 V-n선도에 의해서 허용되는 최대의 G배수인 것이다.

환원하면 하중배수는 양력을 중량으로 나눈 값으로 표시되고 결과적으로 속도제곱에 비례하게 된다. 실속시에는 하중배수가 1을 초과할 수 없으며 실속속도보다 2배의 속도로 비행한다면 하중배수는 4가된다.

제한하중에서도 실속하지 않고 비행할 수 있는 최저속도를 운동속도로 정한 것이며 하중배수 1G의 실속속도에도 제한하중배수의 평방근을 곱한 값이 된다.

V_a 로부터의 수평선은 항공기구조에 영구적인 손상을 입히지 않고 비행할 수 있는 강도상의 수평선을 나타낸다. 만약 이 수평선보다 약 50% 정도 더 큰 하중배수로 비행하였다면 구조가 파괴되지는 않더라도 영구변형이 일어날 수 있다는 것이다.

$$V_a = V_s \sqrt{\text{제한하중}} \quad (N\text{Category Limitload} = 3.8)$$

V_b (Turbulence Penetration Speed) 난류침투속도는 항공기가 심한 돌풍(Gust)내로 비행할 때는 이 돌풍때문에 여러 형태의 응력(Stress)을 받게 된다. 또한 항공기에 미치는 영향은 날개의 크기와 날개하중에 따라 그 반응력이 달라진다.

적재하중이 더 큰 비행기는 적재하중이 적은 비행기보다 돌풍에 의한 하중배수를 적게 받으며 고속비행기는 더 큰 하중배수를 받는다. 무게가 무거운 비행기는 고속에서도 안전하게 비행할 수 있다고 볼 수 있으나 그 반대의 경우도 있다는 것을 알아야 한다.

예를 든다면 조종간을 당기면 수평미익은 아래쪽으로 하중을 받고 날개상에는 위쪽으로 하중을 받는 상태가 된다. 그러나 수직상방향 돌풍은 날개와 미익에 동시에 위쪽 하중을 주게 된다. 이와 같이 비행속도와 돌풍의 속도가 합성되어 영향을 미치게 되므로 순간적으로 제한하중배수 이상으로 되거나 실속되는 현상을 초래하게 된다.

만약 항공기를 실속속도보다 약간 많은 속도로 비행하다가 갑자기 승강키를 조작하여 당겼거나 실속속도보다 약간 많은 속도로 비행하다가 돌풍을 만나면 실속하게 될 것이다. 그러므로 V_b 는 운동속도인 V_a 에 따라 각각 다르게 결정되며, 안전요소를 적용한 속도이다.

Normal Category 항공기에 있어 운동속도가 실속속도의 약 2배로 한 이유도 납득이 갈 것이다.

V_c (Design Cruising Speed): 설계순항속도는 설계할 때 항공기의 사용목적과 요구사항에 부합한 성능특성에 따라 항속거리, 항속시간 및 연료소비율등을 고려하여 설계과정에서 임의로 정하게 되는 순항속도이다. 구조 역학적인 의미는 없다.

V_d (Design Diving Speed): 설계급강하속도는 설계할 때 돌풍효과(Gust Effect)를 분석하기 위하여 임의로 선정된 속도이며, 급강하할 때 얻어지는 종극속도(Terminal Velocity)에 도달하게 되면 구조강도상 위험을 초래하게 될 경우가 있으므로 항력에 따른 강도상의 문제로서 설계할 때 계산상으로 정하게 된다. 항공기가 급강하할 때 도달할 수 있는 종극속도는 항력과 무게 및 출력에 관계되고 어떤 프로펠러 비행기에서는 유동력상태로 급강하할 때 고속도에서 항력이 추력보다 커지는 경우가 있으므로 무동력때가 더 큰 속도를 얻을 경우가 있다. 이 종극속도는 Hodograph에서 구할 수 있다.

운용한계속도인 초과금지속도(V_{ne})는 안전요소를 적용하여 V_d 속도보다 적어야 하며 통상 V_{ne} 는 V_d 의 90%의 값으로 잡고 90%이하가 되지 않도록 한다.

V_{ne} 에 비행속도가 도달하게 되면, 가장 위험한 요소는 돌풍하중(Gust Loading)이 아니고 가끔 일어나는 Flutter현상인 것이다. 이 Flutter현상이 발생하게 되면 부품들의 내구성, 조종 면상에 있는 페인트의 집적현상, 구조물상에 나타나는 물결무늬 및 거의 보이지도 않는 균열 등의 변화가 발생한다.

그러므로 제작공장에서 실험비행을 할 때 급강하 시험비행을 하기 위하여 V_{ne} 를 초과하여 비행하면서 V_{dr} 속도를 얻는 것 이외에는 절대로 조종사는 V_{ne} 를 초과해서는 안된다.

T.A.S는 I.A.S보다 크게 되며, 고도가 높아 질수록 Flutter가 시작될 수 있는 지시대기속도는 감소한다는 것을 명심해야 한다.

$$V_{ne} = 0.9V_d$$

2-2 기타 구조에 대한 V-speed

기타 구조물에 의한 속도한계에는 Landing Gear, Flap 및 Dive Brake등을 사용할 수 있는 속도들이며 여기서는 Landing Gear와 Flap에 관한 속도만을 다루어 보고자 한다.

V_f (Design Flap Speed): Flap의 조작은 필요시에만 사용하게 되므로 항공기하중 및 구조강도상 고속에서 풍압에 견딜만큼 강도를 충분하게할 필요가 없다. 그러므로 Flap의 모양과 면적 및 각도에 따라 발생하는 항력을 고려하고 Flap의 구조강도상 안전도를 감안하여 설계할 때에 계산한 속도이다.

설계할 때 Flap 속도의 제한은 Flap구조부분에 안전성 여부를 결정짓는데 중요한 요소가 되며 어떤 속도에서 받는 풍압때문에 Hinge부분이나 Flap Control Cable등에 손상을 가져올 수 있으므로 V_f 에서 안전요소를 충분히 고려하여 정한 속도가 V_{fe} (Maximum Flap Extended

Speed)이며, 이 Flap 내림후속도의 최대속도는 대기속도계기상에 백색호선 상한점으로 표시하고 이 상한점의 속도는 1단계 Flap때의 속도이며 Full Flap사용시는 풍압에 의한 항력이 가장 크게 되어 사용제한 속도도 작아지지 않으면 안된다.

V_{fe} 는 Flap의 구조상 안전성만을 고려한 것이지만 Flap을 사용하기위하여는 작동기(Actuator)가 필요한데 이 작동기가 풍압을 이기면서 Flap을 up-down시켜야 하는 동시에 오랜 시간 반복하여 사용할 수 있으려면 속도제한을 두어야 한다. 이것을 Flap조작속도 V_{fo} (maximum Flap Operating Speed)라 하며 작동기와 구조를 보호하여야 한다. 작동기의 Power가 충분하다면 V_{fe} 와 V_{fo} 의 최대치가 같을 수 있으나 대부분 V_{fo} 가 V_{fe} 보다 적은 수치로 제한된다.

V_{LO} (Maximum Landing-gear-operating Speed): 착륙장치조작속도는 Retractable Landing Gear에 적용되는 속도이며, 풍압에 대한 면에서는 염려할 필요 없이 아주 튼튼하게 만들어져 있지만 Landing-gear Door나 Wheel Well 및 Landing-gear 작동기에 관계되기 때문에 속도제한이 필요하게 된다.

어느 속도이하에서만 Landing Gear 작동기가 작동되어 Gear Down과 Lock가 되고 door가 정상위치로 될 수 있으므로 이때의 최대속도를 말한다. 일단 Landing Gear가 작동되어 Lock가 된 후에는 Landing-gear Door나 Wheel Well에 손상을 주지 않는 범위내에서만 속도제한이 필요하게 되므로 이것을 착륙장치내림후속도 V_{LE} (Maximum Landing-gear Extended Speed)로 표시한다.

V_{LO} 보다 V_{LE} 가 통상 더 큰 속도가 된다.

2-3 운용상에 대한 V-speed

비행기가 조작상이나 Power와 연관되어 얻어지는 V-speed들을 고찰해 보자.

V_x 와 V_y 는 비행기 성능으로 부터 유도되는 속도들이며 V_a 와 같이 비행기 무게가 감소함에 따라 이 V_x , V_y 도 감소하게 된다.

V_x (Best Angle-of-climb Speed) 수직속도 대 수평속도의 비가 가장 큰 전진속도를 나타내며, 상승률 곡선에서 원점으로부터 접선을 그어 얻어지는 최대 상승각에 대한 속도를 구하게 된다.

예를 든다면 어떤 비행기가 100Knots의 지시대기속도에서 1,000fpm으로 상승하고, 또 70Knots에서 800fpm으로 상승하였다면 100Knots의 비행기는 600Feet per mile, 70Knots의 비행기는 686 Feet per mile로 상승하게 된다. 비록 상승율의 차이가 작은 것이지만 100Knots로 상승하는 것 보다도 70Knots로 상승하는 것이 더 좋은 상승각을 갖는 속도이다.

V_y (Best Rate-of-climb Speed)비행기의 잉여마력(Excess Power)이 최대로 큰 점에서의 지

시대기속도이며, 잉여마력에 따라 변화되고 무게에 반비례하는 것이며 제작자나 조종사에게도 다같이 중요한 사항으로 높은 표고 및 높은 밀도고도의 조건등에서 중요하게 다루어지는 상승각(Climb Angle)을 결정하는 속도이며 ft/min로 표시된다.

V_x 와 V_y 의 중요한 차이점은 장애물을 안전하게 넘길 수 있는냐 없느냐를 판단하는 Feet per Mile과 얼마나 빠르게 요구하는 고도에 도달할 것이냐를 판단하는 Feet per Minute의 차이가 있는 것이다.

V_0 와 V_{00} 는 실속속도 또는 Power-off 최저안전비행속도와 착륙형태에서 최저속도를 말한다. 이 최저속도는 실속속도에 의하여 결정되며 안전한 조종가능성 여부를 결정하게 된다. 실속속도는 고정된 값을 갖는 것이 아니고 비행기무게, 공기밀도, 하중배수와 출력에 따라 변하게 되며, 만약 비행중 비행기가 하중배수를 받는 가속도 운동을 한다면 중량은 n 배가 되고 실속속도는 하중배수(중량)의 제곱근에 비례하게 된다.

이륙, 착륙 및 복행 할 때에는 거의 실속속도 가까이 도달하게 되므로 조종사들에게 아주 중요하게 알고 있어야 할 속도이다.

$$V_a = V_s \sqrt{\frac{2nW}{\rho C_{Lmax} S}}$$

- n : 하중배수 W : 비행기 무게 ρ : 공기밀도
- C_{Lmax} : 최대양력계수 S : 날개 면적

V_{mc} 는 비행기의 특수한 경우의 최저조작 속도를 말하며, 쌍발비행기의 한쪽 엔진이 정지되어 Windmilling상태이고 다른 쪽 엔진이 최대 출력으로 작동될 때 발생하는 Yawing Moment를 수직안전판과 방향키의 힘으로 조작이 가능한 상태의 최저속도를 나타낸다. 이 V_{mc} 는 정상엔진이 최대 출력으로서 작동되는 한 비행할 수 있는 속도이며 출력을 서서히 감소시켜 V_0 에 가까워지게 하면 Yawing Moment도 서서히 감소하게 된다.

Beech Aircraft 제작회사에서는 회사 자체에서 한쪽 엔진이 고장상태로 비행가능한 속도인 V_{mc} 에다 몇 Knots의 속도를 가산하여, 위험요소를 줄이고 신뢰성을 높이면서 비행을 계속할 수 있는 속도를 V_{snc} (Minimum Safe Single-engine Speed)로 정하여 쓰기도 한다.

V_{ms} (Minimum Unstick Speed) 대부분의 쌍발항공기 조종사는 V_{mc} 대신 V_{ms} 를 사용하는 경우가 많으며, 이륙하기전에 지상에서 V_{xmc} 와 V_{ymc} 에 의해서 계산된 속도, 즉 중요하게 취급되는 이륙중 갑자기 한쪽 엔진이 정지되었을 때의 경우를 예상하여 미리 기관이 정상 작동 상태에서 안전속도를 유지하므로서 사고를 미연방지할 수 있도록 정한 속도를 말한다.

물론 V_{xmc} 와 V_{ymc} 의 속도는 양쪽의 엔진이 모두 정상적으로 작동될 때보다는 작은 값이 된다.

V_{xmc} 는, 정지된 엔진은 Feather상태로 Gear up, Flaps up에서 수평 최단거리내에서 가장 높

은 고도를 얻을 수 있는 속도이며, V_{yse} 는, 정지된 엔진은 Feather상태로 Gear up, Flaps up 에서 최단시간내에 가장 높은 고도를 얻을 수 있는 속도이다.

이 V_{xse} 와 V_{yse} 는 비행기 중량의 영향이 크게 작용하게 되며, 비행기 총중량이 감소되는 Percentage의 1/2값의 속도가, 속도 감소로 계산된다고 할 수 있다. 즉 총중량이 10%감소되었다면 최저속도는 5% 감소된다는 뜻이다.

Transport Category항공기의 조종사는 이륙할 때 V_1 과 V_2 의 두가지 속도를 사용하게 된다. 이 속도는 이륙중 엔진의 이상상태가 발생하였을 때와, 비교적 짧은 활주로에서 이륙할 때 안전하게 처리할 수 있도록 결심하는 데 중요한 기준점이 되는 속도이다. V_1 과 V_2 는 매번 이륙할 때마다 계산되어야 하고 부조종사에 의하여 호창(Call out)된다. V_R 를 산출하는 데 적용되는 요소들이 적용된다.

V_1 (Takeoff Decision Speed)은 Critical Engine Failure Speed 또는 이륙결심속도를 말하며, 비행기가 이륙하기 위하여 최대 출력을 사용 후에 한 쪽 엔진이 정지되었거나 이상이 생겼을 때 V_1 속도 이하에서는 즉시 출력을 줄이고 정지조작을 하여야 하며 V_1 이상의 속도에서는 계속 이륙을 하여야 할, 즉 결심의 판단 기준이 되는 속도이다. 또한 어떤 활주로에서 이륙할 때 Accelerate-stop Distance를 결정하는데 중요하게 이용되는 속도이며, 일단 V_1 에 도달한 후 엔진의 고장이 생겼을 경우에는 V_2 속도를 얻을 때까지 계속 가속조작을 하면서 V_1 과 V_2 사이에서 Rotation시켜 V_2 에 도달하면 이륙상승하여야 한다. 이 속도를 결정하는 요소는 V_R 를 결정하는 사항들이 적용된다. 추가적으로 활주로의 경사도, 노면상태 및 바람의 영향들도 고려된다.

V_2 (Takeoff Safety Speed)는 한쪽 엔진이 고장상태에서 35ft의 장애물을 무사하게 통과 할 수 있는 안전속도를 뜻한다.

$$V_2 = 1.2V_{s1} = 1.1V_{mc} \quad (\text{Twin Engine})$$

$$V_2 = 1.15V_{s1} \quad (\text{Multi Engine})$$

Jet-engine비행기에서는, 경항공기에서 Approach Speed라고 부르는 속도를, V_{ref} (Reference Speed for final approach)라 하며 착륙하기 전에 계산하여 적용한다. V_{ref} 는 V_{s0} 에 1.3배를 곱한 수치이며, Turbulence, 엔진정지 및 no flaps상태와 같은 비정상 조건에서는 이 수치를 수정하여 적용한다.

경항공기의 Approach Speed는 통상 단거리 착륙시에는 $1.2V_{s0}$, 정상착륙시에는 V_{s0} 상태에서 $1.3V_{s0}$, Turbulence상태에서 착륙시는 $1.4V_{s0}$ 를 적용한다.

$$V_{ref} = 1.3V_{s0} \quad (\text{Normal Landing})$$

$$= 1.2V_{s0} \quad (\text{Short-field Landing})$$

$$= 1.4V_{s0} \quad (\text{Turbulence})$$

V_{me} (Maximum Endurance Speed): 활공기(Sailplane)의 최대항속시간을 얻을 수 있는 속도이며, 수평비행에 필요한 최소추진력에 해당되는 속도이다. 즉 최소의 침하율이나 상승온난기류(Thermaling Speed)속도에 따라 정하여 지는 속도이다.

$V_{L/D}$ (Best Lift-over-drag Speed) 최대항속거리를 얻을 수 있는 속도를 말하며, 양항비가 최대의 받음각으로 비행할 때의 속도이다.

즉 필요마력곡선에서 원점으로 부터 접선을 그어서 만나는 점의 속도로 최소의 연료소비로써 최대의 거리를 비행할 수 있는 가장 효율이 큰 속도이다.

통상 비행규정(Flight Manual)등에 명시되지는 않지만 V_y 에다 몇 Knots를 가산한 수치의 속도로 하거나 경제운항속도(Economy Cruise Speed)로 활용되기도 한다. 이상과 같이 제한속도의 종류 및 의미를 일반적인 관점에서만 다루었고 수치와 예를 일일이 들지 않았다. 항공기를 운용하는 조종사는 해당 항공기의 비행규정(Flight Manual)에 명시된 속도한계 수치와 성능곡선에서 필요한 수치를 구하게 된다.

3. 맺 음

현재 항공기에 설정되어 사용되고 있는 V-speed에 대한 사항들을 고찰하였으며, 조종사가 이 속도들중 중요하게 알고 사용하여야 속도는 V_s , V_x , V_y , V_{mc} , V_{me} 및 V_{fe} 등이며 기타의 속도들은 해당 항공기의 운용상태와 여러 가지 조건에 따라 정하여지는 속도이므로 비행규정(Flight Manual)에 명시된 성능곡선들을 이용하여, 비행전에 반드시 확인하여 적용할 수 있도록 하는 자세가 중요하다.

다양한 용도로 목적에 따라 고도로 발전되어 가고 있는 항공기 속도상의 한계사항들의 종류와 수치가 어떠한 변화가 있을지라도 제작자와 운용자에게 반드시 지켜야 할 사항이므로 운용자인 조종사는 이 한계속도를 반드시 알고 적용하여 안전운항에 차질이 없어야 하겠다.