

조종실 시계 및 조명 설계

이백준* · 이종희**

Design for Cockpit View and Illumination

Baeck-Jun Yi* · Jong-Hee Lee**

ABSTRACT

Pilot and flight crew visual performance in general aviation aircraft operating is paramount for safe operation of the aircraft. Pilot compartment view, instrument and cockpit lighting forms an essential aspect of this visual performance, and therefore warrants guidance and standardization. This study introduces acceptable design criteria for pilot compartment view, instrument and cockpit illumination for general aviation aircraft.

Key Words: Visual Performance, Cockpit, View, Instrument, Illumination, Safe Operation

1. 서 론

비행기의 조종실 시계 및 조명은 각 비행 조건에서 시야 확보 및 공중 충돌의 회피를 위한 최적 시야를 제공하여야 한다. 이러한 목적으로 조종석 시야 표준을 도입하고, 조종실 제어장치의 위치와 배열에 사용하는 조종사의 시계 범위를 설정할 필요가 있다.

이러한 시계 범위의 표준을 제정하기 위해서 미국에서는 다양한 항공기 형식, 속도, 비행경로 각도, 경사각 등의 항공기 편대를 구성하여 충돌 경로 상에서 항공기 10,000,000쌍의 가상 케이스를 고려한 컴퓨터 시뮬레이션 및 실제 공

중 충돌, 보고된 준사고(near miss), 미국 공군의 항공교통 위험사태 보고서 등을 활용하여 연구를 수행하였다.

이러한 연구 결과로 도출된 조종실 시계 및 조명 설계 방법을 소개한다.

2. 조종실 시야에 대한 설계기준

조종실 시야는 조종사가 항공기의 운용 한계 내에서 어떠한 기동도 안전하게 수행할 수 있도록 충분한 외부 시야를 제공하여야 하고, 동시에 동일한 눈 위치에서 비행기, 다른 중요 구성품 및 디스플레이에 대한 시야가 차단되지 않아야 한다. 다음 사항은 조종실 시야의 최소 기준에 대한 것으로, 항공기 설계자와 제작자는 조종사에게 더 넓은 시야를 제공하도록 하여야

†2011년 4월25일 접수 ~ 2008년 5월19일 심사완료

* 정회원, 한국항공우주연구원

** 정회원, 한국항공우주연구원

연락처, E-mail: ybj@kari.ac.kr

한다.

21 설계 눈 위치

설계 눈 위치(design eye point)는 각 조종사 스테이션에서 조종실 시계 및 조종석 제어장치의 요건인 항공기기술기준 § 25.773 및 § 25.777의 요구조건을 만족하는 지점이다. 수평 및 수직 시야각은 설계 눈 위치와 두 눈의 중앙 축을 통과하는 전방 및 후방의 수직 기준면과 설계 눈 위치와 중앙 축을 통과하는 수직면에 직각인 수평 기준면에서 측정하여야 한다. 수직 및 수평 기준면은 항공기에 상대적으로 고정되어 있어, 항공기의 제로 피치 및 요 각도에 상응하는 면에 평행하여야 한다.

Figure 1은 좌측 조종석의 최적 충돌회피를 위한 설계 눈 위치와 조종실 시야를 설명한다. 우측 조종석에 대해, 모든 좌우 치수가 역전된다.

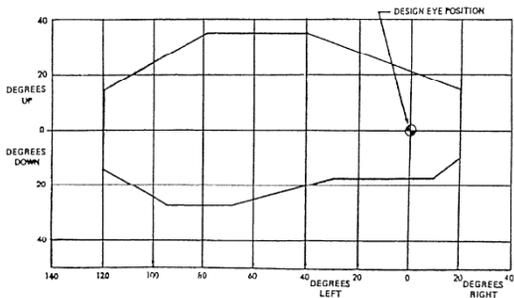


Fig. 1 Pilot Compartment View

- (1) (수직 기준면의 좌40도, 수평 기준면의 전상방 35도)에서 선형으로 감소하여 (우20도, 상방 15도)까지
- (2) (수직 기준면의 좌30도~우10도, 수평 기준면의 전하방 17도)에서 선형으로 감소하여 (우20도, 하방 10도)까지
- (3) (수직 기준면의 좌40도~좌80도, 수평 기준면의 전상방 35도)에서 선형으로 감소하여 (좌120도, 상방 15도)까지
- (4) (수직 기준면의 좌30도, 수평 기준면의 전하방 17도)에서 선형으로 증가하여 (좌70도, 수평 전하방 27도)까지

- (5) (수직 기준면의 좌70도~좌95도, 수평 기준면의 전하방 27도)에서 선형으로 감소하여 (좌120도, 하방 15도)까지

22 시야 방해가 없는 영역

시야 방해가 없는 영역은 시야를 활용한 설계 눈 위치에서 각도 측정으로 결정하여야 한다. 여기서 시야는 양쪽 눈으로 볼 수 있는 전체 영역을 말한다. 추가하여, 쌍안 시계에 한정하지 않고 좌측 눈이 아닌 우측 눈으로 볼 수 있는 일안 영역 그리고 그 반대인 경우를 포함한다. 측정은 안구간 거리를 63.6mm(2-1/2인치)로 하고 설계 눈 위치 후방의 중앙 축 84mm(3-5/16인치) 근처의 수평면에서 회전 운동을 활용하여 Fig. 2에 설명된 것처럼 수행한다. 이러한 치수는 사람의 평균 두개골 치수에 상응한다.

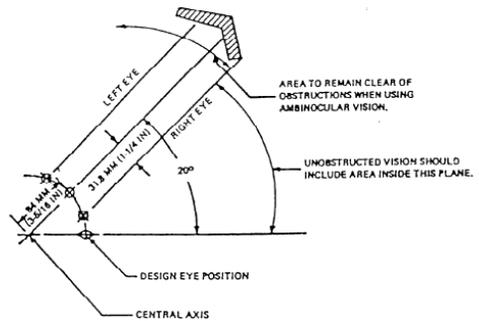


Fig. 2 Measurement of Angles

23 착륙 시야

시야 방해가 없는 영역의 요구조건에 추가하여, 전하방의 시야각은 조종사가 접근 및/또는 착륙 지역 등의 길이를 볼 수 있도록 충분하여야 하는데, 이는 항공기가 다음 상태일 때 착륙 접근 속도에서 3초 안에 다뤄진다.

- (1) 활공각 2-1/2도에서
- (2) 수평으로 확장된 착륙지역 상공 30.5m(100ft)에서 항공기의 가장 낮은 부위에 위치한 결정고도에서
- (3) 10노트의 옆바람을 보상하기 위해 좌로 요잉하면서

- (4) 가장 심각한 중량 및 무게중심에 하중이 부가되면서
- (5) 366m(1,200ft) Runway Visual Range(RVR)로 접근하면서

2.4 시야 방해

Figure 1에 묘사된 시야 극점(vision polar)에서 좌20도~우20도 시야에 방해물이 없어야 한다. 이 40도 영역 이외의 시야 장애는 최소화하여야 하는데, 이상적으로는 방해물이 3개 이하이어야 한다(즉, 중앙 기둥, 전방 기둥, 측면 기둥). 두 눈의 모든 시야를 사용하여, 설계 눈 위치의 우80도에서 좌 80도까지 다른 조종사에 의해 차단된 어떠한 위치에서도 조종사는 시야를 확보하여야 한다. 추가하여, 평균적인 안구간 거리 63.6mm(2-1/2인치)에서 두 눈을 사용하여 시야 장애가 제거되는 것이 바람직하다. 이러한 것은 시각 장애의 투영 폭이 두개골 치수 이하임을 요구하게 되는데, 좌우 13mm(1/2인치)의 머리 이동으로 두 눈의 모든 시야를 사용하여 조종사는 시야장애를 제거하는 것이 가능하여야 한다. Fig. 2에서 설명하는 예에서, 좌측으로의 머리 이동으로 시야장애를 제거한다. 빛 투과율을 줄여주는 차양의 사용은 수락 가능하지만, Fig. 2의 시계에 영향을 주는 완전 불투명 판은 사용하지 않아야 한다.

2.5 윈드실드의 광학 특성

윈드실드는 플라스틱 창문의 경우 MIL-P-25374B, 유리-플라스틱 창문의 경우 MIL-G-25871B와 광학적 특성이 동등함을 보여야 한다. 상기의 두 문서에는 적층판 구성, 광학적 균등성, 빛 투과율, 물리적 특성, 환경 노출, 기타 등에 대한 정보를 포함하고 있다.

2.6 강우

강우(precipitation) 제거 기능은 개별 조종사 바로 전방의 윈드실드 패널에 제공하여야 하고, 1.6Vs(clean) 또는 230kt 중 적은 값까지의 모든 속도에서 효과적이어야 한다. 세척되는 최

소 영역은 설계 눈 위치의 좌15도~우15도, 운용에서 예상되는 가장 급격한 접근 동안 수평의 상방, 2.2항에서 권장하는 한계의 하방이어야 한다. 윈드실드 와이퍼를 사용한다면, 초당 대략 2번의 스위프 속도가 적당하다.

3. 조명

조종실 조명의 주요한 목적은 승무원이 빨리 보고 정확하게 위치를 찾고 식별하며, 해당되는 경우 낮거나 높은 주변 조명조건 모두에서 화면 표시기 또는 조종장치와 상호작용하도록 하는 것으로, 경고/주의/상황보고 디스플레이에 나타나는 모든 정보를 쉽게 읽을 수 있는 것이 중요하다. 표시된 정보는 모든 주변 조명환경(암흑에서 직접적인 햇빛조명까지)에서 조종사가 쉽게 식별하고, 읽기 쉬우며, 조절할 수 있어야 한다.

특히, 야간조건에서 운용하는 일반항공 항공기의 조종사와 비행승무원의 시각적 인지능력은 항공기의 안전 운용에 중요 요소이다. 계기와 조종실 조명은 이 시각적 인지 성능의 중요 부분을 구성하므로 항공기의 계기 및 조종실 조명에 대한 수락 가능한 설계 기준을 수립하여야 한다.



Fig. 3 Cockpit Lighting

3.1 일반사항

조명은 백색광을 기본 조명으로 고려하여야 한다.

- (1) 다른 색상의 조명 시스템이 통합된다면, 별개로 제어되어야 한다.

- (2) 어떤 조명 방법이 사용되든, 계기 및 지시기뿐만 아니라 스위치, 플래카드, 손잡이 등을 조명하기 위한 것도 제공되어야 한다. 조명 조립품은 계기 면의 선명한 시야와 간섭되어서는 안 된다. 설계자는 계기 사용자의 시야 각도를 고려하여야 한다. 조명 분배와 차폐는 직·간접 섬광과 계기면, 패널, 윈드쉴드에서의 반사 등을 제거하거나 최소화 하도록 구성하여야 한다. 제어장치, 보기류, 조종사의 몸통 등으로 인해 패널과 그 구성품에 그림자가 생기는 것을 피하여야 한다.
- (3) 조명은 주간 운용에서 표식의 판독 용이성을 방해해서는 안 된다.

3.2 조명 배열

조명 배열은 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 의도된 사용 구역에서 계기 패널 및 주변 영역이 조명을 받도록 한다. 1인 조종사 항공기에서, 조명은 단일 광도 제어로 관리될 수 있다. 2인 조종사 항공기에서, 패널은 계기를 조명하는 별개의 광도 제어장치와 함께 적어도 2개의 영역에서 조명을 받아야 한다. 공유된 계기 및 지시기를 위해 세 번째 영역을 사용하면, 전용 광도 제어장치를 가져야 한다. 투광 조명을 사용하면, 이전에 설명된 원칙을 따라야 한다.
- (2) 개별 계기 또는 지시기의 표면에 조명을 제공하고 계기 사이의 조명에 조화를 이루기 위해 특정한 노력이 이루어져야 한다. 계기 패널에서 반사한 빛에 비교하여 계기에서 반사된 빛은 7:1 비율을 초과하지 않아야 한다. 예를 들어, 계기에서 반사된 빛이 7fL이라면, 계기를 둘러싼 패널에서 반사된 빛은 1fL이하가 되어서는 안 된다.
- (3) 항공기는 객실에서 들어오는 강한 빛으로부터 조종사를 격리하기 위해 적절한 빛 트랩(trap) 및 커튼을 제공하거나 조종사

에 의한 근본적인 빛 통제 수단을 제공하여야 한다.

- (4) 각각의 조종사에게는 광도 제어가 가능한 지도용 조명등(map lights)이 제공되어야 한다. 이 조명등은 다른 조종실 활동에 방해를 주지 않고 차트를 읽기 적절한 영역에 확산 조명을 제공하여야 한다.
- (5) 비상 조명 시스템을 제공하기 위해, 조종사에게 백색광원이 공급되어야 한다. (플래시 또는 다른 독립 수단도 가능하다.)

3.3 제어장치

제어장치는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 조종실 및 패널 등을 작동시키기 위한 광도 제어장치는 연속적 형식이어야 한다. 회전식 제어장치를 사용한다면, 반시계방향 위치의 끝단에서 “끔(off)” 상태이어야 한다. 소등상태에서 3.4항에서 규정한 밝기 값을 만족시키는 지점까지가 제어장치의 물리적 행정의 중간 위치이고, 3.4항 밝기 값의 대략 3배가 달성되는 중단위치는 행정의 시계방향 끝이다. 초기, 중간, 중단 제어장치 위치의 밝기 값은 비회전식 제어장치에서도 상기에 따라 비례적이어야 한다.
- (2) 광도 제어장치는 사용하는 자가 편리하게 조작할 수 있도록 위치하여야 한다.

3.4 백색광 밝기

조명 중 백색광 밝기는 다음 사항을 만족하여야 한다.

- (1) 조종사의 계기 패널에 공급되는 빛의 광도는 광도 제어장치가 물리적으로 중단지점에 있을 때 75%의 반사율을 갖는 다이얼 표식에서 5fL의 광도가 되도록 한다.
- (2) 지도용 조명등의 광도는 광도 제어장치가 물리적으로 중단지점에 있을 때 30%의 반사율을 갖는 표면에 대해 조종사의 무릎에서 측정하여 최소 밝기가 5fL가 되도록 한다.

- (3) 고정 광도의 조명등은 30%의 반사율을 갖는 표면에서의 광도가 6fL가 되도록 한다.
- (4) 측면 콘솔 조명등은 광도 제어장치가 물리적으로 중간지점에 있을 때 30%의 반사율을 갖는 표면에서의 광도가 6fL가 되도록 한다.
- (5) 광도 측정은 사람 눈의 빛 분광 민감도를 고려한 표준 조명 측정 계기로 이뤄져야 한다. 상기 측정의 모든 공차는 ±10%로 한다.

3.5 광 분포

광 분포는 다음과 같아야 한다.

- (1) 계기 패널
 - 개별 계기에 대한 광 분포는 그림자 또는 3:1 이상의 빛 변화 없이 모든 표식을 읽을 수 있어야 한다.
 - 패널의 계기 그룹에서, 계기중 하나 또는 그 이상이 설계 또는 표식 차이로 다른 것보다 더 밝은 조명을 받는다면, 발광상태를 동일하게 하기 위한 노력이 이뤄져야 한다.
- (2) 후면광 패널
 - 식각 또는 표식 패널을 통한 후면광 (Back lighting)은 패널의 임의 장소에 위치한 표식이 동일 광도가 되도록 분포하여야 한다. 최대 밝기 차이는 실제 측정에서 대개 3:1 정도가 되어야 한다. 휘도가 1fL 이하인 경우가 없어야 한다.

3.6 일반 조명

일반 조명은 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 계기 패널. 시각적 착각을 피하기 위해, 계기 자체가 도드라지는 효과를 피하도록 계기패널 자체를 조명하는 약간의 빛이 필요하다. 휘도는 적어도 0.03fL이어야 한다.
- (2) 제어되는 독립 백색광원은 광도 제어장치의 물리적 중간점에서 받침대 표면에 12fL의 광도가 되도록 제어장치 페데스탈을 제공하여야 한다.

- (3) 하나 또는 그 이상의 계기를 비추기 위해 포스트(post) 조명 또는 다른 간접 조명을 적용하는 곳에, 계기 눈금의 최적 조명이 조종사의 관심 범위에 있도록 하여야 한다.

3.7 밝기 비율

계기 다이얼의 관독은 면밀한 주의가 필요하다. 따라서 작업영역과 주변부 사이의 낮은 명암비뿐만 아니라 세부정보와 작업영역 사이의 높은 명암비가 요구되어야 한다. 조종사에 있어서, 다이얼 표식, 표시기, 지침 등은 세부정보이고, 전체 계기 면은 작업영역이며, 그 이외의 것은 주변부로 간주할 수 있다.

Table 1. Bright Ratio

밝기 비율	희망 비율	권고 범위
해당 계기에 있는 다이얼 표식	1:1	1:1~3:1
작업영역-주변부	2:1	1:1~7:1
해당 패널에 있는 다양한 계기	1:1	1:1~3:1
표식-작업영역	100:1	15:1~400:1

Table 2. Reflectance of Instrument

계기 특성	희망 반사율	권고 범위
계기 표식의 반사율 (외부 조명 상태)	100%	75 ~ 100%

조종실에서 하늘 밝기와 표면 밝기의 희망 명암비 비율은 100:1이지만, 500:1도 수락 가능한 것으로 간주한다.

3.8 조종실 표면처리

3.7항의 요구조건을 충족하기 위해, 흑색이

아닌 계기의 경우에는 다양한 명암의 밝은 색상 페인트 사용을 고려하여야 한다.

3.9 반사

조종실 반사는 다음 사항을 만족하여야 한다.

- (1) 정상 머리 움직임의 범위 내에서, 계기 면에서 승무원의 눈으로 들어오는 반사를 제거하여야 한다.
- (2) 정상 머리 움직임의 범위 내에서, 계기에서 윈드쉴드로 반사되어 승무원의 눈으로 들어오는 반사를 제거하여야 한다.
- (3) 정상 머리 움직임의 범위 내에서, 항공기 내장재에서 계기 및 윈드쉴드로 반사되어 승무원의 눈으로 들어오는 반사를 제거하여야 한다.
- (4) 정상 머리 움직임의 범위 내에서, 항공기 내장재에서 바로 승무원의 눈으로 들어오는 반사를 제거하여야 한다

3.10 상태 조명등

밝거나 어두운 장소에서 사용되는 상태 조명등은 다음 값을 만족하여야 한다.

- (1) 밝은 장소: 255 fL
- (2) 어두운 장소: 25 fL
- (3) 경고 등: 마스터 등의 광도는 밝은 광도는 255fL, 감광(dimming)이 사용되면 130fL

4. 결론

조종실 시계 및 조명의 선택과 수준이 항공기 장비 및 시스템의 가독성(可讀性)과 사용성, 조종실 외부를 바라보는 능력에 영향을 주게 된다.

조종실 시계 및 조명 설계를 위해, 설계 눈 위치, 시야 방해가 없는 영역, 착륙 시야, 시야 방해, 윈드쉴드의 광학 특성, 강우 등에 대한 기준을 살펴보고, 조명 및 눈부심에 대해서는 조명 배열, 제어장치, 백색광 밝기, 광 분포, 밝기 비율, 조종실 표면처리, 반사 등에 대한 권고사항을 제시하였다.

조종실 설계자는 디스플레이 및 항전장비뿐만 아니라 인적 요소에 영향을 줄 수 있는 이러한 기준들을 고려하여, 조종실의 시계 및 조명 수준을 분석하고 설계에 반영하면 더 나은 조종실을 개발할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] FAA AC 25-773.1, "Pilot Compartment View Design Considerations"
- [2] SAE AIR 1151, "Flight Compartment Glare"
- [3] SAE ARP 1048B, "Instruments and Cockpit Illumination for General Aviation Aircraft"
- [4] SAE ARP 4101/2, "Pilot Visibility From The Flight Deck"
- [5] SAE ARP 4103, "Flight Deck Lighting for Commercial Transport Aircraft"
- [6] FAA PS-ACE100-2001-004, "Guidance for Reviewing Certification Plans to Address Human Factors for Certification of Part 23 Small Airplanes"