한국형 헬리콥터 승무원 객실의 좌석 배열에 대한 인간공학적 평가*

Ergonomic Evaluation of Seat Layouts for Korean Utility Helicopter (KUH)

정기효**, 박장운**, 이원섭**, 강병길***,
이정효***, 엄주호***, 박세권****, 유희천**

** 포항공과대학교 기계산업공학부
*** 한국우주항공산업
**** 공군사관학교 산업공학과

ABSTRACT

헬리콥터 승무원의 임무 수행 및 편안한 비행을 위해 객실 좌석 배열의 인간공학적 설계가 중요하다. 본 연구는 한국형 헬리콥터(Korean utility helicopter, KUH) 승무원 객실 설계를 위해 헬리콥터 객실의 좌석 배열 대안에 대해 인간공학적 성능을 평가하였다. 승무원 객실의 좌석 배열 대안은 헬리콥터 객실의 좌석 배치 사례 분석을 통해 3가지 유형(전방 배열, 측방 배열, 상호 보기 배열)으로 선정되었다. 그리고, 인간공학적 평가에는 승무원의 임무 수행 및 편안한 비행과 관련된 5가지 척도(공간 활용도, 최소요구공간 확보 정도, 착석 머리 여유 공간, 승무원 탑승 시간, 분대원 의사소통 용이성)가 적용되었다. 설계 대상 인구에 대한 인체측정자료를 적용하여 성능을 분석한 결과, 평가 척도 별로 선호되는 좌석 배열 대안이 상이한 것으로 나타났다. 예를 들면, 공간 활용도는 전방 배열이 가장 선호되는 것으로 나타났으나, 승무원 탑승 시간은 측방 배열이 가장 우수한 것으로 분석되었다. 본 연구의 승무원 좌석 배열에 대한 평가 결과 및 평가 방법은 승무원 객실 설계 시 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

Keyword: Cabin seat layout, Layout evaluation, Korean utility helicopter

1. 서론

헬리콥터 객실의 좌석 배열은 승무원의 효과적 임무 수행 및 편안한 비행을 위해 인간공학적으로 설계되어야 한다. 객실의 좌석 배열은 승무원의 편안한 비행을 위해 충분한 좌석 간 여유공간을 확보할 수 있도록 배치되어야 한다(MIL-STD-1472D, 1989). 또한, 객실의 좌석은 승무원의 효과적인 임무 수행을 위해 객실 탑승 및 이탈이 신속하게 이루어질 수 있도록 배치되어야 하며, 임무 수행을 위해 승무원 간의 효과적인 의사소통이 가능해야 한다.

기존 헬리콥터 객실에는 다양한 유형의 좌석 배열이 활용되고 있으나, 이에 대한 체계적 비교 평가는 미흡한 실정이다. UH-1 승무원 좌석은 상호 바라보도록 2 열로 배치되어 있으며, NH-90 승무원 좌석은 동체를 바라보도록 측방 배치되어 있다. 한편, EH-101 의 좌석은 조종석을 바라보도록 정방으로 배열되어 있다. 헬리콥터 객실 설계에 상이한

* 본 논문은 2006년 KHP 위탁연구과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 본 내용은 주요 방산기밀자료임으로 무단으로 사진 촬영 및 복제·복사를 할 수 없으며, 업무상 관련 없는 자에게 누설을 금합니다.

좌석 배열이 활용되고 있으나 배열 대안에 대한 인간공학적 평가는 전무한 실정이다.

본 연구는 한국형 헬리콥터 객실 설계 적용을 위해 좌석 배열 대안의 인간공학적 성능을 평가하였다. 좌석 배열 대안은 헬리콥터 객실의 좌석 배치 사례 분석을 통해 3 가지 유형(전방 배열, 측방 배열, 상호 보기 배열)으로 결정되었다. 그리고, 파악된 좌석 배열 대안의 평가는 승무원의 효과적 임무 수행 및 편안한 비행과 관련된 5 가지 측면(공간 활용도, 최소요구공간 확보 정도, 착석 머리 여유 공간, 승무원 탑승 시간, 분대원 의사소통 용이성)에서 이루어졌다.

2. 평가 방법

2.1 좌석 배열 대안

좌석 배열 대안은 한국형 헬리콥터 설계 적용을 고려하여 3 가지 유형이 선정되었다. 전방 배열(채택 기종: UH-1, AS-350)은 좌석이 조종석 방향을 향하도록 배치되며, 측방 배열(채택 기종: NH-90, AS-332)은 동체 측방을 바라보도록 좌석이 배치된다. 또한, 상호 보기(채택 기종: EH-101, S-92)는 좌석이 서로 바라보도록 배치된다.

2.2 평가 척도

좌석 배열의 평가에는 승무원의 효과적 임무 수행과 편안한 비행과 관련된 5 가지 평가 척도가 적용되었다(표 1 참조). 첫째, 공간 활용도는 전체 객실 면적 대비 승무원이 착석하는 면적의 크기를 나타내는 척도로써, 공간 활용 비율(%)과 활용 면적(cm^2)으로 정량화되었다. 둘째, 최소 요구 공간 확보 정도는 승무원 한 명이 착석할 때 필요로 하는 최소 공간을 확보하는 정도를 나타내며, 확보율(%), 미확보 인원(명), 미확보 면적(cm^2)으로 평가되었다. 셋째, 착석 머리 여유 공간은 좌석에 착석한 승무원의 머리와 객실 동체 간의 여유공간 정도를 나타낸다. 넷째, 승무원 탑승 시간은 승무원이 객실에 탑승하는데 소요되는 시간을 나타낸다. 마지막으로, 분대원 의사소통 용이성은 좌석 배열에 따른 분대원 간의 의사소통 정도(예: 상, 중, 하)를 나타내는 척도이다.

표 1. 좌석 배열의 성능 평가 척도

순번	척도	세부 평가 기준
1	공간 활용도	공간 활용 비율(%), 면적(cm^2)
2	최소요구공간 확보 정도	확보율(%), 미확보 인원(명), 미확보 면적(cm^2)
3	착석 머리 여유 공간	공간 크기(cm)
4	탑승 시간	시간(초), 배열대안 간 상대적 시간 비율
5	분대원 의사 소통 용이성	용이성(3등급; 상, 중, 하)

2.3 최소 요구 공간

최소 요구 공간은 세 단계 절차(요구공간 결정 공식 개발, 대표인체모델 생성, 요구공간 설정)을 통해 설정되었다. 첫째 단계에서는 최소 요구 공간 결정을 위해 인체특성과 좌석 설계특성을 수식화한 설계공식이 개발되었다. 표 2 를 예로 들면, 최소 여유 공간의 너비는 연관된 인체특성인 팔꿈치 사이 너비(forearm-to-forearm breadth)와 군복 여유, 그리고 설계 특성인 좌석 구조 여유를 고려하여 “팔꿈치 사이 너비 + 군복여유 좌석구조여유”로 결정되었다.

표 2. 최소 요구 공간 결정 공식

구분	공식
너비	팔꿈치 사이 너비 + 군복여유 + 좌석구조여유
길이	엉덩이 무릎 수평 길이 + 군복여유 + 좌석구조여유+ 설치여유
높이	앉은 키 × cos (등받이 각도) + 의자 높이 + 헬멧 및 공간 여유

둘째 단계에서는 설계 대상 인구의 90%를 수용하는 대표인체모델 3 명(5^{th}, 50^{th}, 95th %ile)이 생성되었다. 설계 대상 인구는 해외수출을 고려하여 한국 일반인(기술표준원, 2004)과 US Army (Gordon et al., 1988)으로 선정되었다. 그리고, 대표인체모델은 한국 일반인과 US Army 인체측정자료에 대해 각각 생성된 후, 두

집단의 대표인체모델 인체크기를 포함하도록 병합되었다. 예를 들면, 5th %ile대표인체모델은 한국 일반인과 US Army 대표인체모델의 인체크기가 포함하도록 두 집단의 5th %ile 중 작은 값으로 설정되었다.

셋째 단계에서는 상기 설계공식과 대표인체모델을 이용하여 최소 요구 공간이 정의되었다. 예를 들면, 95th %ile에 대한 최소 요구 공간의 너비는 60 cm (팔꿈치 사이 너비) + 1.3 cm (군복 여유; DEF STAN 00-25, 2004) + 1.9 cm (구조 여유)에 의해 63.2 cm로 결정된다.

2.4 탑승 시뮬레이션

본 연구에서는 좌석 배열에 따른 탑승 시간을 분석하기 위해 시뮬레이션 프로그램이 개발되었다. 탑승 시뮬레이션 분석은 표 3 에 나타낸 5 가지 가정에 근간하여 이루어졌다. 예를 들면, 탑승 속도는 기존 연구를 참고(Minetti, 2003; Keller, 1996)하여 2.65 m/s 로 설정되었으며, 숙련된 승무원 가정을 통해 이상적인 상황에서 탑승 시간이 분석되었다. 본 연구에는 Visual Basic 6.0 을 이용해 개발된 시뮬레이션 프로그램이 사용하였다.

표 3. 탑승 분석을 위한 가정

가정	내용
발판 이용 탑승 시간	-
탑승 속도	2.65 m/s
좌석 설치 시간	-
숙련된 승무원 가정	모든 승무원은 탑승 절차 및 자신의 좌석 위치를 숙지하고 있는 숙련된 승무원
탑승 간섭 가정	이동 통로 및 머리 공간의 협소로 인한 탑승 간섭은 고려하지 않음

2.5 탑승 승무원의 인체크기

본 연구는 공간 활용도 및 최소 요구 공간 확보 정도 분석을 위해 탑승 승무원의 인체크기 분포를 작은 사람(5th ~ 50th%ile)과 큰 사람(50th ~ 95th%ile)이 유사한 비율로 탑승한다고 가정하였다. 승무원 객실에 탑승하는 병력의 인체크기는 작은 사람과 큰 사람의 비율이 50% 정도가 되도록 설정되었다. 그리고, 공간활용도 및 최소요구공간 분석에는 작은 사람과 큰 사람 집단을 대표하는 사람으로 50th와 95th %ile대표인체모델이 활용되었다.

3. 평가 결과

좌석 배열 대안은 평가 척도 별로 선호 특성이 상이한 것으로 나타났다. 먼저, 전방 배열은 공간 활용도와 최소 요구공간 확보 측면에서 선호되는 것으로 분석되었다. 그리고, 측방 배열은 착석 머리 여유 공간과 탑승 시간 측면이 우수한 것으로 파악되었다. 마지막으로, 상호 보기 배열은 분대원 의사 소통 측면에서 상대적으로 선호되는 것으로 분석되었다.

참고문헌

기술표준원 (2004). *제5차 한국인 인체치수 조사사업 보고서*. 산업자원부 기술표준원.

Gordon, C.C., Bradtmiller, B., Churchill, Y., Clauser, C.E., McConville, J.T., Tebbetts, I.O., and Walker, R.A., (1988). *1988 Anthropometric Survey of U.S. ARMY Personnel: Methods and Summary Statistics* (Technical Report NATICK/TR-89/044), US Army Natick Research Center: Natick, MA.

Keller, T. S., Weisberger, A. M., Ray, J. L., Hasan, S. S., Shiavi, R. G., Spengler, D. M. (1996). Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clinical Biomechanics*, 11(5), 253-259.

Minetti, A. E., Boldrini, L., Brusamolin, L., Zamparo, P., and McKee, T. (2003). A feedback-controlled treadmill (treadmill-on-demand) and the spontaneous speed of walking and running in humans. *Journal of Applied Physiology*. 838-843.

UK Defence Standardization, (2004). *Human Factors for Designers of System, Part 17: Personnel Domain Technical Guidance and Data*. (DEF STD 00-25)

US Department of Defense, 1989. Human Engineering (MIL-STD-1472D).