

한국형 헬기의 목표 운용가용도 달성을 위한 정비대충장비 최적 재고수준 결정

†이상진* · 김성원**

The Optimal Inventory Level of the Maintenance Float to Achieve a Target Operational Availability of Korean-Made Helicopter

†Sang Jin Lee* · Seong Won Kim**

■ Abstract ■

Achieving a target operational availability is more economical and efficient than having many quantities of the weapon system, since the cost of weapon system becomes expensive. The intent of this study is twofold : first, we develop the simulation model to determine the optimal inventory level of the maintenance float while achieving a target operational availability of the Korean-made helicopter. The quantity decision model considers following factors such as a reliability, a turn around time (TAT), a protection level for inventory, and so on. Second, we analyze whether the existence of a lateral transshipment among bases and the reduction of TAT relate to an inventory level and the operational availability. The research result shows that both TAT and lateral transshipment have an effect on reducing the inventory level of the maintenance float and improving an operational availability.

Keywords : Maintenance Float, Operational Availability, Lateral Transshipment, Simulation

논문접수일 : 2007년 02월 28일 논문게재확정일 : 2007년 09월 11일

* 국방대학교 국방관리대학원

** 방위사업청 합정사업팀

† 교신저자

1. 서론

무기체계 획득에 있어 수명주기간의 목표 운용가용도 달성이 보다 중요시 되고 있다. 군이 무기체계를 몇 대 보유하고 있느냐 보다는 필요로 하는 시점에 실제 몇 대가 운용 가능한지가 작전의 성공을 판가름하기 때문이다. 특히 현대 무기체계가 고가화 되는 추세에서 많은 대수를 확보하는 것보다 보유대수 중에서 목표 운용가용도를 달성하는 것이 경제적이며 효율적이라 할 수 있다.

무기체계의 운용가용도를 향상하기 위해서는 실제수리시간, 행정지연시간, 군수지연시간을 최소화하는 것이 필요하다[4]. 수리 및 지연시간을 최소화하기 위해서는 무기체계의 신뢰도와 수리부속 및 예비품의 보유 수준을 높여야 한다. 선행 연구들은 운용가용도가 수리부속 및 예비품 재고 수량과 상호연관을 가지고 있음을 보여주고 있다[12, 13].

한국형 헬기는 고가의 무기체계로 수명주기비용을 최적화하는 동시에 작전 요구사항인 목표 운용가용도를 달성해야 할 필요가 있다. 한국형 헬기 사업에 있어 예비품에 해당하는 정비대충장비(maintenance float)의 정확한 소요를 산출하여 필요한 재고를 보유하여야 예산 절감과 목표 운용가용도를 동시에 달성할 수 있다. 현재 우리 군은 정비부대에 입고율이 높은 주요 장비 및 장비 구성품에 대하여 입고 정비기간의 공백을 정비대충장비로 지원함으로써 전투력 공백을 방지하고 있다. 정비대충장비가 필요 이상으로 확보될 경우 운용가용도는 증가하나, 무기체계의 수명주기비용이 증가하는 현상이 발생하게 된다. 또한 필요 소요량 보다 적은 수량을 보유한다면 장비의 불가동 시간이 증가하여 운용가용도가 저하되는 결과가 초래된다. 현재 정비대충장비는 매년 장비의 인가량과 가동률만을 적용하여 소요량이 산출된다. 이러한 소요 산출 방법은 대상 장비의 고장특성과 정비부대의 정비능력을 고려하지 않음으로 정비대충장비의 소요량이 과소 혹은 과다 책정되는 현상이 발생하고 있다. 따라서 정비대충장비의 최적 재고수량 결정에 있어 장비의 신뢰도, 안전재고수준, 정비복귀시

간을 고려한 소요산출 모델을 제시할 필요가 있다.

정비대충장비 수량은 운용가용도에 영향을 미칠 뿐만 아니라 장비의 정비복귀시간과 전환보급제도의 시행유무에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 정비와 보급 단계가 다단계(multi echelon)인지 단일 단계인지에 따라 재고수준이 영향을 받고 있다[16, 18]. 또한 전환보급 및 정보의 공유에 의해서도 재고수준이 영향을 받고 있다[14, 15, 17]. 군에서도 전환보급제도의 필요성에 대한 연구는 있지만 계량적 효과에 대한 연구는 미비한 실정이다[2].

고장장비의 정비복귀시간 증가는 장비의 불가동 시간을 증가시켜 운용가용도의 저하를 유발한다. 반면 정비복귀시간을 단축시키면 불가동시간이 감소하여 운용가용도가 증가하게 되고, 보급 파이프라인에 머무르는 수량이 감소하기 때문에 재고수준을 감소시킬 수 있다. 정비복귀시간의 단축이 운용가용도와 예비품 보유 수준에 미치는 영향에 대한 연구는 있었으나 전환보급제도를 동시에 고려한 연구는 없다[3, 5, 6].

이에 본 연구는 다음 두 가지 목적을 가지고 있다. 첫째, 장비 신뢰도와 정비복귀시간 등을 고려한 정비대충장비의 최적 소요를 산출하기 위한 시뮬레이션 모델을 개발한다. 둘째, 전환보급 제도의 적용과 정비복귀시간 단축이 한국형 헬기 운용가용도와 정비대충장비 재고에 미치는 영향력을 분석한다.

2. 적용 개념

2.1 운용가용도

가용도는 무기체계나 장비와 관련한 군수지원체계의 성과지표로 활용되고 있다. 가용도는 어떤 주어진 순간시간에 있어서 장비가 가동상태에 있을 확률이다. 가용도는 장비의 전투준비태세를 평가해주는 척도로서, 운용환경에 따라 고유가용도, 성취가용도, 운용가용도 등으로 분류된다.

고유가용도는 계획정비 없이 규정된 조건(규정된 공구, 수리부속, 정비인원, 교범, 지원장비 등)하에

서 운용이 될 때 장비가 가동상태에 있을 확률이다. 즉, 정비용인 중에서 고장만을 반영한 값이다.

성취가용도는 고유가용도에 예방정비시간을 추가로 고려한 것으로 장비 자체의 직접적인 원인이 아닌 비가동 시간을 제외한 값이다. 이는 이상적(理想的)인 지원환경과 규정된 조건하에서 사용될 때 장비가 임의의 시점에서 만족스럽게 작동할 확률이다. 장비 개발이 활발히 수행되는 체계개발단계로부터 최초 운용능력 확인단계까지 적용된다.

운용가용도는 장비가 실제의 운용환경과 규정된 조건하에서 사용될 때 임의의 시점에서 만족스럽게 작동할 확률이다. 운용가용도를 결정하는 기본적인 개념은 장비가 어떤 주어진 시간 중 얼마동안 작전 가능한 상태에 있어야 하는가의 작전 요구조건에 따라 결정되며, 이는 전투준비태세의 요구수준에 의해 달라진다. 운용가용도 A_0 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$A_0 = \frac{\text{총 장비대수} - \text{불가동대수}}{\text{총 장비대수}} \\ = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (1)$$

MTBF : 고장간 평균시간

MTBM : 정비간 평균시간

$$= \left(\frac{1}{MTBF} + \frac{1}{MTBM_s} \right)^{-1}$$

MTBM_s : 예방정비간 평균시간

MDT : 평균 불가동시간

$$= \bar{M} + ADT + LDT$$

\bar{M} : 평균 정비시간

ADT : 평균 행정지연시간

LDT : 평균 보급지연시간

예방정비간 평균시간은 정비정책에 의해 결정된다. 반면에 고장간 평균시간은 장비의 신뢰도에 따라 결정되며 일반적으로 음성지수분포에 따른다고 가정한다.

2.2 운용가용도와 정비복귀시간

정비복귀시간은 장비에 고장이 발생하였을 때 고

장난 구성품이나 결합체를 장비로부터 분리하여 이를 정비부대 또는 업체로 발송한 시점에서부터 정비 후 다시 정상적인 사용이 가능한 재고상태로 운용부대로 되돌아오는 데까지 소요되는 시간을 의미한다. 식 (1)에서 보는 바와 같이 총 불가동시간은 예방정비와 고장정비를 포함한 정비시간과 지연시간으로 구성되어 있다. 총 불가동시간이 정비복귀시간이다.

정비복귀시간은 실제수리시간, 행정지연시간, 보급지연시간으로 구성된다. 보급지연시간은 정비나 수리 장소에 해당 수리부속이나 정비대충장비를 보유하고 있지 못할 때, 확보할 때까지 소요되는 시간이다.

이러한 정비복귀시간과 운용가용도의 관계를 살펴보면, 정비복귀시간이 장기화 되면 총 불가동시간이 길어져 운용가용도는 감소하게 된다. 반면, 정비복귀시간이 줄어들면 불가동시간이 감소하여 운용가용도는 향상된다.

2.3 정비대충장비의 선정 및 소요판단

정비대충장비의 선정은 임무 수행상 긴요도, 장비 인가량, 현 보유량 및 보급과 정비능력을 고려하여 선정한다. 정비부대의 부품 부족, 작업량 과다, 중정비 소요, 기타 등으로 제한된 정비기간에 수리 반환이 불가능할 경우 우선 확보된 정비대충장비를 1 : 1로 교환 불출한다. 정비대충장비로 교환된 입고장비는 정비 후 정비대충장비로 확보된다. 단 장비의 특성에 따라 입고장비는 정비완료 후 소속부대로 원복시키고, 대여된 정비대충장비는 정비시설로 회수한다. 정비대충장비는 야전정비부대 및 창정비부대에서 운영한다[7].

장비의 소요는 운용장비의 인가량과 장비의 가동률을 고려하여 소요량을 결정하며, 신규 전력화 장비의 정비대충장비는 유사장비의 정비대충장비 인가기준을 적용한다. 소요량을 결정하는 계산식은 식 (2)와 같다.

$$\text{소요량} = \text{운용장비 인가량} \times \frac{\text{불가동률}}{\text{가동률}} \quad (2)$$

식 (2)에서 볼 수 있듯이 소요량 결정시 장비의 가동률과 불가동률만을 적용함으로써 부정확한 소요량이 산출될 수 있다. 또한 신규장비의 경우 유사장비의 가동률을 계산하여 소요량을 결정하여 운용 경험이 없는 장비의 경우 소요량 결정이 쉽지 않고, 유사장비라 할지라도 기술발전과 임무 등의 차이가 있으므로 소요량 결정시 정확성이 떨어질 수 있다.

정비대충장비 수량 결정은 장비의 신뢰도, 시스템 내에서 사용되는 장비의 수량, 안전수준 등에 의해 결정되어야 한다. 일반적으로 장비의 고장발생시간은 지수분포로 가정한다. 따라서 정비대충장비 수량 결정은 포아송 분포 방정식을 활용할 수 있다. 안전수준이 높아지면 정비대충장비 수는 많아지게 된다. 정비대충장비 수량 결정을 위한 식은 식 (3)과 같다[11].

$$P = \sum_{n=0}^{n=s} \left[\frac{R(-\ln R)^n}{n!} \right] \quad (3)$$

여기서, P = 안전수준

s = 재고로 유지하는 정비대충장비 수량

R = 신뢰도 ($R = e^{-K\lambda t}$)

K = 시스템 내의 사용 수량

λ = 장비의 고장률

t = 장비의 운용시간

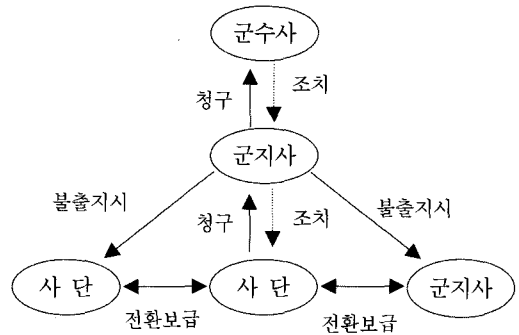
위 식을 이용 안전수준 P를 만족하는 최소 s를 정비대충장비 수량으로 결정한다. 안전수준(safety level)은 보호수준이라 하며, 이것은 품목을 필요로 할 때 보유해야 할 확률이다. 즉 90% 안전수준이라 함은 장비 고장시 교환 가능한 품목을 재고로 보유하고 있을 확률이 90%라는 의미이다.

2.4 전환보급 제도

군에서의 전환보급(lateral transshipment) 제도는 현행 다단계(multi echelon) 보급지원체제에서 사단과 군지사(직접지원중대), 사단과 사단간 물자의 상호지원이 가능토록 하는 정책이다[8]. 전환보

급은 <그림 2-1>과 같이 군수사, 군지사, 사단 등에 의해 수행된다.

<그림 2-1> 전환보급 개념도



부대간 상호 전환보급을 통해 물자 청구로부터 수령까지 사이클 시간과 재고 수준을 감축시킬 수 있다. 이를 위해 전 군수부대의 재고자산을 파악할 수 있는 자산 가치화 체계를 구축할 필요가 있다.

전환보급 업무의 구체적 절차를 살펴보자. 먼저 군지사에서 예하 사단의 긴급청구가 이루어지면 군지사는 현 재고를 파악한 후 재고가 있으면 불출 조치를 하게 되고, 재고가 고갈된 상태에 있으면 인접사단의 재고를 조회한 후 전환보급 가능여부를 판단하게 된다. 이때 청구에 대한 불출 우선순위는 군지사 및 인접사단의 재고 보유수준에 따라 <표 2-1>와 같이 설정된다.

<표 2-1> 불출 우선순위

구 분	1 순위	2 순위	3 순위
내 용	군지사 재고	인접사단 R/O 초과분	인접사단 현보유

전환보급은 재고 보유부대에게 재고 현황의 정확성 여부, 자체적인 지원소요의 발생여부에 대해 문의한 후 최종적으로 전환보급 가능여부를 결정하게 되며, 청구부대에 전환보급 승인을 통보하게 된다. 승인을 통보받은 청구부대는 재고 보유부대

에서 승인된 보급품을 직접 수령하게 된다. 그러나 현재 항공장비의 경우에는 전환보급은 시행되지 않고 있다[9].

2.5 한국형 헬기 운용가용도 분석

한국형 헬기 사업은 노후화된 현 500MD 및 UH-1H 헬기 일부를 대체하는 사업이다. 국내 연구개발을 목표로 항공기 완성업체 1곳이 사업 파트너로 확정되었으며, 2006년 체계개발을 시작으로 2011년 양산을 시작하여 약 000여대를 생산할 계획이다.

헬기는 기체계통, 엔진계통, 전기계통, 전자계통, 무장계통 등의 하위 시스템으로 구성되며, 하위 시스템은 하위 레벨의 구성품 또는 부품들로 구성되어 있다. 하위 시스템들은 서로 직렬로 연결되어 있으며, 헬기 운용에 직접적인 영향을 미치는 시스템이 작동 불가할 경우에 헬기는 불가동 상태가 된다. 반면 임무수행에는 지장이 있으나 헬기 운용에는 직접적 영향이 없는 시스템 고장시 헬기는 가동 상태를 유지할 수 있다.

한국형 헬기의 목표 운용가용도를 구하기 위해 목표값 산출시 다음과 같은 요소를 고려하였다. ① 정비지원체계는 현재의 육군 항공지원체계를 적용하였고, ② 유사장비(UH-60) 야전운용자료를 수집·분석하여 비가동시간(정비시간 및 지연시간)을 산출하였으며, ③ 현재 UH-60의 운용환경 및 운용 개념을 적용하였다[1].

운용가용도를 산출하기 위해 평시 OMS/MP(Operational Mode Summary/Mission Profile : 운용형태 종합/임무유형)를 분석하였다. 평시 OMS는 제대별 훈련과 개인 훈련, 행정, 정비 등을 고려하여 임무시간, 경계시간, 대기시간, 정비시간, 지연시간을 분석하고 있다[10]. 평시 OMS를 분석한 결과 한국형 헬기의 연간 평균 운용시간은 234시간이며, 총 가동시간은 운용시간, 경계시간, 대기시간을 모두 포함하여 7,266시간이다. 총 비가동시간은 정비시간, 행정/군수지연시간을 포함하여 1,494시간이다. 이를 기준으로 한 운용가용도 값은 82.9%(7,266/8,760) 이나 전·평시 RAM(Reliability Availability

Maintainability : 신뢰도, 가용도, 정비도) 목표를 모두 충족할 수 있도록 운용가용도는 88.36%, 신뢰도 지수로 정비간 평균시간은 7.9시간이 제시되었다

3. 정비대충장비 수량 결정 모델

3.1 운용가용도 측정 절차

정비대충장비의 정확한 소요 산출을 위해 본 연구에서는 헬기의 목표 운용가용도를 분석의 지표로 활용한다. 정비대충장비 수량은 운용가용도를 최대화하기 보다는 목표 운용가용도에 가장 근접한 값으로 구하고자 한다. 운용가용도를 최대화하여 정비대충장비의 재고가 과다해지면 비경제적이기 때문이다. 한국형 헬기의 운영 및 정비체계에서 목표 운용가용도인 88.36%를 달성하는 최소 정비대충장비 수량을 최적으로 결정한다.

그런데 운용가용도를 측정하는 식 (1)에서 직접 정비대충장비의 수량을 구하기는 쉽지 않다. 장비의 신뢰도 및 구성품의 고장빈도가 확률적이며 또한 대기행렬 모형과 같은 결정적인 수리모형에서 전환보급을 묘사하기 어렵기 때문이다. 그래서 본 연구에서는 운용가용도 측정에 있어 ARENA 시뮬레이션 프로그램을 이용하였다. ARENA는 실제 체계의 작동을 시각적으로 묘사할 수 있는 특징을 가지고 있어 다양한 아이콘과 연결선으로 정비체계 내의 수리부속의 흐름을 묘사할 수 있다.

정비대충장비의 최적 수량을 결정하기 위해 다음과 같은 절차를 수행한다.

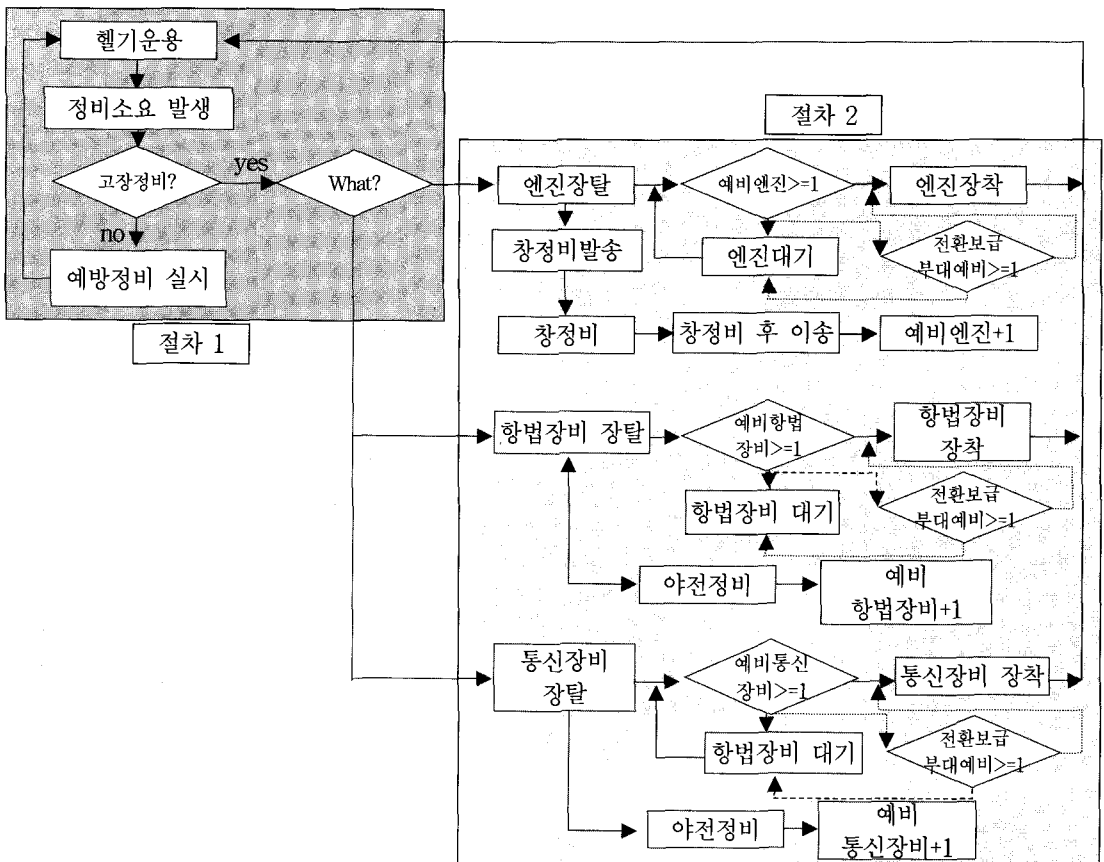
- 단계 1(소요 가능 시나리오 도출) : 정비대충장비의 소요량을 식 (2)를 이용하여 구할 수 있으나 정비대충장비 수량은 안전수준의 값에 따라 수많은 시나리오 조합이 이루어 질 수 있다. 따라서 정비복귀시간 동안 발생될 수 있는 고장에 대해 안전수준을 만족하는 10개의 정비대충장비 시나리오를 작성하였다. 10개의 시나리오는 안전수준 95%에서부터 0%까지 10% 간격으로 구분한 각각의 경우에 수량 조합이다.

- 단계 2(시뮬레이션을 통한 운용가용도 산출) : 10개 시나리오에 대하여 헬기의 운용 및 정비체계를 묘사한 시뮬레이션을 이용하여 운용가용도를 측정하였다. 헬기 운용가용도는 총 헬기대수 대비 가동 헬기대수로 계산한다. 총 헬기대수는 부대에서 보유하고 있는 총 대수를 나타내고, 가동 헬기대수는 고장을 고려한 변수로서 총 헬기 운용시간 동안 가동 상태에 있는 헬기대수를 나타낸다. 헬기의 운용 및 정비체계는 다음 3.2절에 묘사되어 있다.
- 단계 3(정비대충장비 최적 소요 결정) : 단계 3은 다음 절차에 따라 수행된다. ① 단계 2의 시뮬레이션을 실시하여 구한 10개의 운용가용도와 목표 운용가용도를 비교하여 목표 운용가용도를 기준으로 상·하 2개의 시나리오를 확인한다. ② 2개 시나리오의 정비대충장비 수량을 조합한다. ③ 조

합한 수량에 대하여 다시 시뮬레이션을 실시한 후 목표 운용가용도를 달성하는 최소 수량을 정비대충장비 최적 수량으로 결정한다.

3.2 운영 및 정비체계 절차도와 가정사항

한국형 헬기 운영 및 정비체계도를 구성함에 있어 가정사항은 첫째, 헬기의 운용부대는 2개 대대로 설정하며, 각 대대는 18대의 헬기를 운용한다. 둘째, 각 운용 대대에 대해 각각의 정비부대가 야전정비를 지원한다. 셋째, 운용부대와 야전정비부대는 동일한 기지에 위치한다. 넷째, 헬기의 구성품 중에서 엔진, 항법장비, 통신장비만 고려하며 각 구성품의 하위레벨은 고려하지 않는다. 다섯째, 각 구성품의 동류전용은 허용하지 않는다. 여섯째,



<그림 3-1> 정비체계 절차도

정비대충장비는 야전정비부대에서 보유하고, 전환 보급은 야전정비부대에 실시한다. 일급재, 정비 부대의 정비능력은 무한하며, 1일 8시간 운영하는 것으로 가정한다. 여덟째, 항법장비와 통신장비의 정비는 야전정비부대에서 완료되고, 엔진 정비는 창정비 부대에서 모두 수행한다. 아홉째, 장비의 고장율은 수명주기 동안 일정하다.

본 시뮬레이션에 적용할 한국형 헬기 운영 및 정비체계 절차도는 <그림 3-1>과 같다.

절차 1은 헬기 운용 및 정비소요 발생 단계이다. 운용부대에서 헬기를 운용하고, 운용 중 예방정비와 고장정비 소요가 확률적으로 발생한다. 예방정비는 운용부대에서 실시하고, 고장정비는 엔진, 항법장비, 통신장비 고장으로 구분된다. 절차 2는 고장장비의 정비 및 교환 단계이다. 엔진 고장시 고장 엔진은 헬기에서 분리되고, 야전정비부대에서 정비대충장비의 재고를 보유하고 있는 경우 교환되어 헬기는 다시 임무를 수행한다. 그러나 엔진의 정비대충장비 재고가 없을 경우에는 정비된 엔진이 도착할 때까지 대기하게 된다. 고장난 엔진은 창정비 부대로 이송되어 정비되고 정비 완료 후 야전정비부대에 회송한 후 정비대충장비로 확보시킨다. 항법 및 통신장비 고장시는 엔진 고장시와 동일한 절차를 따르게 된다. 그러나 항법 및 통신장비의 정비는 야전정비부대에서 완료된다. 고장정비가 완료된 장비는 야전정비부대의 예비품으로 확보된다.

전환보급을 적용하는 시뮬레이션 모델에서는 운용부대의 예비품이 없을 경우에 전환보급 부대의 예비품 수량을 확인하여 전환보급 가능시 보급이 이루어지도록 모델링되었다.

3.3 모델 입력자료

한국형 헬기의 RAM 목표값을 결정함에 있어 예방 및 고장정비자료는 UH-60의 야전운용 자료를 활용하였다[1].

한국형 헬기의 정비소요, 구성품의 신뢰도 할당, 정비복귀시간, 이동 시간 자료를 구하여 보자.

3.3.1 정비소요 분석

한국형 헬기의 정비소요를 분석하기 위해 정비소요 발생 간격을 알아보자. 평시 기준 한국형 헬기의 연간 예방정비횟수는 26.071회, 연간 고장정비횟수는 3.942회로 연간 총 정비횟수는 30.013회이다.

정비간 평균시간(MTBM)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{MTBM} &= 234\text{시간}/30.013\text{회} = 7.79662\text{시간} \\ & (= \text{연간 평균운용시간}/\text{연간 총 정비횟수}) \end{aligned}$$

정비소요가 헬기 운용시간 7.79662시간 마다 발생한다는 의미이다. 이 값을 시뮬레이션에 입력하기 위해서는 연간 총 시간을 기준으로 정비발생 간격을 계산해야 한다. 따라서 연간 총 시간(2,920시간/일일 8시간) 기준 헬기의 정비소요 발생간격은 다음과 같이 산출된다. 2,920시간/30.013회 = 97.29시간. 즉, 97.29시간(약 13일/일일 8시간) 마다 정비소요가 발생된다. 정비소요 발생 중 예방정비와 고장정비의 비율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{예방정비비율} &= 26.071/30.013 = 0.8687 \\ & (= \text{연간 예방정비 횟수}/\text{연간 총 정비 횟수}) \\ \text{고장정비 비율} &= 3.942/30.013 = 0.1313 \\ & (= \text{연간 고장정비 횟수}/\text{연간 총 정비 횟수}) \end{aligned}$$

3.3.2 구성품의 신뢰도 할당

한국형 헬기의 구성품에 대한 신뢰도 할당을 위해 전체 장비의 고장률 자료가 필요하다. 한국형 헬기의 고장률 λ 는 연간 고장정비횟수를 연간 평균 운용시간으로 나눈 값으로 $3.942/234 = 0.01685$ 로 설정되었다.

신뢰도 할당은 보통 유사장비의 사용경험이나 공학적 판단에 의해 결정된다[14]. 본 연구에서는 헬기의 구성품을 엔진, 항법장비, 통신장비로 한정하며 유사장비의 고장률을 참고로 신뢰도를 다음과 같이 할당한다.

$$\begin{aligned} \text{엔진 고장률} &= 0.001845 \\ & (\text{엔진 MTBF} = 1/\text{엔진 고장률} = 542\text{시간}) \\ \text{항법장비 고장률} &= 0.007 \\ & (\text{항법 MTBF} = 1/\text{항법 고장률} = 143\text{시간}) \\ \text{통신장비 고장률} &= 0.008 \\ & (\text{통신 MTBF} = 1/\text{통신 고장률} = 125\text{시간}) \end{aligned}$$

3.3.3 이송시간

고장장비의 이송시간은 엔진 창정비를 위한 야전정비부대와 창정비 시설간 소요시간과 전환보급을 적용시 야전정비부대간 이송시간으로 구분된다. 이들 이송시간은 각각 1일을 적용한다.

3.3.4 정비복귀시간과 예방정비시간

엔진의 정비복귀시간은 유사장비인 UH-60 엔진의 정비복귀시간 자료를 활용하였다. 이 자료에 대한 산술평균을 구한 100일을 기준으로 분석한다.

항법장비와 통신장비에 대한 정비복귀시간 자료는 통신장비의 하위 레벨인 VHF 통신기의 정비복귀시간을 고려하여 적용한다. 자료 분석을 통해 산술평균은 49.9일 소요되었다. 본 연구에서는 50일을 적용한다.

평균 예방정비시간은 유사장비인 UH-60의 예방정비시간을 계산하여 5.785시간으로 산출하였다. 이에 본 연구에서는 1회 평균 6시간을 예방정비시간으로 활용한다.

3.4 모델 실행 및 결과

정비대충장비의 최적수량을 결정에 있어 단계 1에서 안전수준에 따른 정비대충장비의 10개 시나리오는 <표 3-1>와 같다.

<표 3-1> 정비대충장비 시나리오

시나리오	안전수준	운용부대 정비대충장비(대)		
		엔진	항법장비	통신장비
1	95%	5	8	8
2	85%	4	6	7
3	75%	3	5	6
4	65%	3	5	5
5	55%	2	4	5
6	45%	2	4	4
7	35%	1	3	4
8	25%	1	3	3
9	15%	1	2	2
10	0%	0	0	0

시나리오 1을 예로 들어 설명하면 정비복귀시간은 엔진 100일, 항법/통신장비 50일로 적용한다. 이때 정비복귀시간에 대한 안전수준 95%를 만족하는 각 운용부대의 예비품 수량은 엔진 5대, 항법장비 8대, 통신장비 8대이다. 이 자료가 시뮬레이션에 입력된다.

3.5 최적 정비대충장비 수량

시뮬레이션은 헬기의 수명을 20년으로 가정하고, 일일 8시간을 기준으로 20년을 실행한다. 모델의 운용가용도 분석은 30회의 시뮬레이션 결과에 대해 실시하고, 모델간의 유의성 검증은 모델별 30회 시뮬레이션 결과에 대해 분산분석을 실시한다.

한국형 헬기 운영 및 정비체계 모델의 시뮬레이션 결과 운용가용도는 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> 시나리오별 운용가용도

시나리오	정비대충장비 수량			평균 운용가용도
	엔진	항법	통신	
1	5	8	8	93.80%
2	4	6	7	92.92%
3	3	5	6	90.77%
4	3	5	5	89.88%
5	2	4	5	87.63%
6	2	4	4	86.04%
7	1	3	4	82.56%
8	1	3	3	80.61%
9	1	2	2	75.77%
10	0	0	0	61.09%

한국형 헬기의 운용가용도 목표값인 88.36%를 만족하는 최소 정비대충장비 수량은 시나리오 4이다. 시나리오 4와 바로 아래 값인 시나리오 5에 대한 엔진, 항법장비, 통신장비가 추가로 조합된다. <표 3-3>에서 보여주는 바와 같이 조합된 수량인 시나리오 4a와 시나리오 4b를 시뮬레이션 한 결과 운용가용도는 4a가 88.21%, 4b가 88.50%이므로 현 정비체계에서의 최적 정비대충장비는 엔진 3대, 항

법장비 4대, 통신장비 5대로 결정한다. 두 개의 부대를 합하면 엔진 6대, 항법장비 8대, 통신장비 10대를 정비대충장비의 최적 재고로 결정한다.

〈표 3-3〉 정비대충장비 수량 조합(1)

시나리오	엔진	항법장비	통신장비	운용가용도
조합 4a	2	5	5	88.21%
조합 4b	3	4	5	88.50%

4. 전환보급 및 정비복귀시간의 영향력

4.1 전환보급의 효과분석

야전정비부대에 정비대충장비의 전환보급을 적용한 경우는 재고가 통합 관리되어 있다고 볼 수 있다. 이 경우 해당 정비부대에 재고가 없을 경우 인근 야전정비부대로부터 이송을 위한 이송시간이 시물레이션에 추가적으로 필요하다. 정비대충장비의 최적 수량을 구하는데 있어 안전수준에 따라 〈표 4-1〉과 같은 정비대충장비 수량 조합이 나타날 수 있다. 전환보급을 시행하는 경우에는 두 개 야전정비부대의 정비대충장비가 통합 관리되어 있으므로 이 값이 전체 부대에 소요되는 정비대충장비의 수량이다. 〈표 4-1〉에는 각 시나리오별로 시

〈표 4-1〉 전환보급 시행 결과

시나리오	안전수준	정비대충장비 수량			평균 운용가용도
		엔진	항법	통신	
1	95%	8	13	14	93.83%
2	85%	8	11	12	93.36%
3	75%	8	10	11	92.75%
4	65%	5	9	10	91.24%
5	55%	4	8	9	88.64%
6	45%	4	8	9	88.64%
7	35%	3	7	8	86.90%
8	25%	3	6	7	85.14%
9	15%	2	5	6	81.38%
10	0%	0	0	0	60.68%

물레이션 결과에 따른 운용가용도가 나타나 있다.

전환보급을 시행하는 경우 한국형 목표 운용가용도 88.36%를 만족하는 최소 정비대충장비 수량은 시나리오 6이다. 시나리오 6과 바로 아래 값인 시나리오 7에 대한 정비대충장비 수량은 〈표 4-2〉와 같이 조합된다.

〈표 4-2〉 정비대충장비 수량 조합(2)

시나리오	엔진	항법장비	통신장비	운용가용도
조합 6a	4	7	9	87.86%
조합 6b	4	7	8	87.48%
조합 6c	4	8	8	88.44%
조합 6d	3	7	9	87.37%
조합 6e	3	8	9	88.07%
조합 6f	3	8	8	87.53%

각 조합을 시물레이션 한 결과 운용가용도는 조합 6c가 88.44%로 목표 운용가용도에 가장 근사한 값이다. 전환보급을 적용한 경우 최적 정비대충장비는 시나리오 6c인 엔진 4대, 항법장비 8대, 통신장비 8대이다. 전환보급을 시행한 경우는 시행하지 않은 경우보다 정비대충장비는 엔진이 2대, 통신장비 2대의 재고를 감축할 수 있다.

제 3장에서 최적 정비대충장비 수량인 엔진 6대, 항법장비 8대, 통신장비 10대를 보유하고 전환보급을 시행하면 평균 운용가용도는 90.72%이다. 이는 전환보급을 하지 않는 경우의 평균 운용가용도 88.50%에 비해 운용가용도가 2.22% 증가하며 이 차이는 유의하다고 할 수 있다($p=0.000$).

4.2 정비복귀시간 단축 효과 분석

정비복귀시간 단축이 정비대충장비의 소요량과 운용가용도에 미치는 영향을 조사하여 보자. 정비복귀시간에 따른 운용가용도의 영향을 분석하기 위해 임의로 정비복귀시간이 30% 단축된다고 가정하자. 이 경우 엔진의 정비복귀시간은 70일, 항법장비와 통신장비는 35일이 된다. 이들 정비복귀

시간을 적용하여 안전수준을 만족하는 각 야전정비부대의 정비대충장비 수량 조합 시나리오와 각 시나리오에 따른 운용가용도는 <표 4-3>에 나타나 있다.

<표 4-3> 정비복귀시간 단축 결과

시나리오	안전수준	정비대충장비 수량			평균 운용가용도
		엔진	항법장비	통신장비	
1	95%	4	6	6	93.86%
2	85%	3	5	5	92.39%
3	75%	2	4	5	91.56%
4	65%	2	3	4	89.32%
5	55%	1	3	3	87.73%
6	45%	1	2	3	85.38%
7	35%	1	2	2	80.87%
8	25%	0	1	2	77.33%
9	15%	0	1	1	74.81%
10	0%	0	0	0	74.54%

정비복귀시간을 30% 단축하는 경우 한국형 목표 운용가용도 88.36%를 만족하는 최소 정비대충장비 수량은 시나리오 4이다. 시나리오 4와 바로 아래 값인 시나리오 5에 대한 정비대충장비 수량은 <표 4-4>와 같이 두 가지 조합이 있다. 이들에 대하여 운용가용도를 구하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 그러나 두 가지 조합 모두 목표 운용가용도에 도달하지 못하기 때문에 현재 시나리오 4가 최적 정비대충장비 수량이 된다.

<표 4-4> 정비대충장비 수량 조합(3)

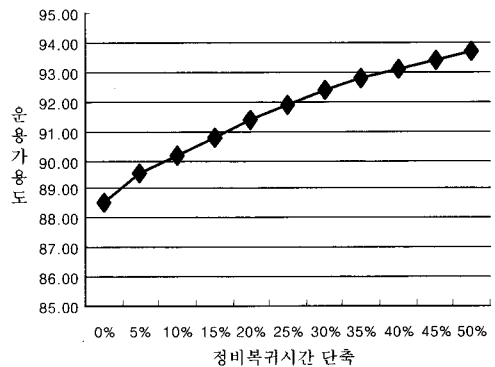
시나리오	엔진	항법장비	통신장비	운용가용도
4a	2	3	3	88.25%
4b	1	3	4	88.25%

정비복귀시간을 단축한 경우 각 야전정비부대의 정비대충장비는 엔진 2대, 항법장비 3대, 통신장비 4대이며, 이 때 운용가용도는 89.32%이다. 두 개 야전정비부대의 정비대충장비는 엔진 4대, 항법장비

6대, 통신장비 8대가 된다. 정비복귀시간을 30% 단축하는 경우에는 정비대충장비를 엔진 2대, 항법장비 2대, 통신장비 2대 만큼 감축할 수 있다.

제 3장에서 구한 최적 수량인 엔진 6대, 항법장비 8대, 통신장비 10대를 보유하고 정비시간을 단축하여 평균 운용가용도를 구하면 92.38%이다. 이 경우 정비복귀시간을 단축하지 않는 경우의 평균 운용가용도 88.50%보다 3.88% 높으며 이 차이는 유의하다고 할 수 있다(p=0.000).

<그림 4-1>은 정비대충장비로 엔진 3대, 항법장비 4대, 통신장비 5대로 보유하고 있는 경우에 정비복귀시간 변화에 따른 운용가용도의 변화이다. 정비복귀시간을 0%에서 5%, 10%, 15, 20%로 단축할 때마다 운용가용도는 1.03%, 0.63%, 0.61%, 0.58% 증가하였다. 정비복귀시간이 0%에서 5%로 증가할 때 운용가용도의 상승률이 가장 높았고 다음 증가분부터는 한계체감의 법칙이 작용하고 있다.



<그림 4-1> 정비복귀시간 변화에 따른 운용가용도 변화

4.3 정비복귀시간과 전환보급 동시적용 효과

4.3.1 동시적용 효과분석

야전정비부대에 정비대충장비의 전환보급과 정비복귀시간을 단축하는 방안을 동시 적용한 경우의 정비대충장비와 운용가용도를 <표 4-5>와 같이 구할 수 있다.

<표 4-5> 두 개 방안 동시 적용 결과

시나리오	안전 수준	정비대충장비 수량			평균 운용가용도
		엔진	항법	통신	
1	95%	8	10	11	94.00%
2	85%	5	8	9	93.12%
3	75%	4	7	8	92.11%
4	65%	3	6	7	90.41%
5	55%	3	6	7	90.41%
6	45%	3	5	6	88.55%
7	35%	2	5	5	86.81%
8	25%	2	4	5	85.83%
9	15%	1	3	4	81.75%
10	0%	0	0	0	67.79%

전환보급이 시행되는 경우에는 두 개 야전정비부대의 정비대충장비가 통합 관리되어 있으므로 이 값이 전체 부대에 소요되는 정비대충장비의 수량이다. 전환보급과 정비복귀시간을 단축하는 방안을 동시 적용하는 경우 한국형 헬기의 목표 운용가용도 88.36%를 만족하는 최소 정비대충장비 수량은 시나리오 6이다. 시나리오 6과 바로 아래 값인 시나리오 7에 대한 정비대충장비 수량은 <표 4-6>와 같이 조합된다.

<표 4-6> 정비대충장비 수량 조합(4)

시나리오	엔진	항법장비	통신장비	운용가용도
조합 6a	3	5	5	87.89%
조합 6b	2	5	6	87.92%

조합된 수량을 시뮬레이션 한 결과 운용가용도는 조합 6a가 87.89%, 조합 6b가 87.92%이므로 두 개 방안을 동시 적용한 경우 최적 정비대충장비는 시나리오 6인 엔진 3대, 항법장비 5대, 통신장비 6대이다. 전환보급과 정비복귀시간을 동시 적용한 경우 목표 운용가용도를 충족시키면서도 정비대충장비는 엔진이 3대, 항법장비 3대, 통신장비 4대의 재고가 줄어들게 된다.

제 3장에서 제시된 최적 수량인 엔진 6대, 항법

장비 8대, 통신장비 10대를 보유하고 전환보급과 정비복귀시간을 단축하는 방안을 동시에 시행하는 경우의 평균 운용가용도는 93.46%이다. 이는 둘 다 시행하지 않는 경우 평균 운용가용도에 비해 4.96%가 증가한 값이며, 이 차이는 유의하다고 할 수 있다($p = 0.000$).

4.3.2 전환보급 대 정비복귀시간 비교

한국형 헬기의 운영 및 정비체계에서 2개의 정비대충장비 운용부대간 전환보급의 적용이 정비복귀시간을 단축하는 것과 비교하여 얼마만큼의 운용가용도 향상 효과가 있는지에 대해 분석을 실시하였다. 전환보급을 적용했을 경우의 운용가용도와 정비복귀시간을 10%, 15%, 20%, 30% 단축했을 때의 운용가용도는 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> 비교 분석

구분	전환 보급	정비복귀시간 단축			
		10%	15%	20%	30%
운용 가용도	90.72%	90.16%	90.77%	91.35%	92.38%
분석결과	-	전환 > 단축	전환 = 단축	전환 < 단축	전환 < 단축

전환보급 결과를 기준으로 정비복귀시간 단축 운용가용도를 비교하였다. 그 결과 <표 4-7>에서와 같이 정비복귀시간을 10% 단축했을 때 보다는 전환보급의 운용가용도가 더 높았으며, 정비복귀시간을 20% 이상 단축했을 경우에는 전환보급을 적용한 경우의 운용가용도보다 더 높다고 할 수 있다. 정비복귀시간을 약 15% 단축할 경우에는 전환보급을 적용할 경우의 평균 운용가용도와 유사하다.

5. 결 론

본 연구는 신규도입 무기체계 운용가용도에 영향을 미치는 정비대충장비에 대해 소요 산출 모델을 제시하고자 하였다. 동시에 목표 운용가용도를 만족시키면서 정비대충장비 수량을 감소시킬 수 있

는 정비복귀시간과 전환보급 방안들을 분석하였다.

이를 위해 먼저 안전수준별로 정비대충장비의 가능한 시나리오(수량 조합)를 구하였다. 각각의 시나리오에 대한 시뮬레이션을 통해 운용가용도를 구하고 이를 목표 운용가용도와 비교하였다.

전환보급 제도 및 정비복귀시간 단축을 시뮬레이션에 적용하여 정비대충장비의 수량 변화와 무기체계 운용가용도의 변화를 살펴보았다. 전환보급 제도와 정비복귀시간의 단축은 정비대충장비의 수량을 유의적으로 감축할 수 있었다. 운용가용도는 정비복귀시간 단축시 3.88% 증가하였고, 2개 운용부대간 전환보급을 적용한 경우에는 2.22% 증가하였다. 또한 정비복귀시간 단축과 전환보급을 동시에 적용하였을 경우에는 4.96%의 운용가용도 향상을 확인하였다. 또한 현 정비체계에서 2개 운용부대간 정비대충장비의 전환보급을 적용할 경우 정비복귀시간을 15% 단축하는 효과가 있음을 확인하였다.

따라서 정비복귀시간의 단축과 전환보급의 적용이 한국형 헬기 운영 및 정비체계에서 추정된 정비대충장비의 수량을 감소시킬 수 있는 주요한 방안임을 도출할 수 있었다. 또한 현재 운용중인 무기체계의 경우에는 보유한 예비품 수량으로 전환보급과 정비복귀시간의 단축을 통해 무기체계의 운용가용도를 향상시킬 수 있다.

정비대충장비의 보유는 무기체계 수명주기비용과 직결되므로 그 수량의 결정에 있어서 구성품의 가격을 고려하는 것이 중요하다. 그러나 이 연구에서는 획득 초기단계에서 정비대충장비의 예산을 추정하기 위해 활용할 수 있을 것이다. 또한 예산보다는 목표 운용가용도의 달성이 더 중요한 사업에 있어서는 이 연구에서 제시한 소요산정 모델이 활용될 것이다. 그러나 예산이 제한되어 있는 상황이라면 이 모델에 구성품의 가격을 고려한 모델로 더 발전시켜 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 국방기술품질원 기술분석실, 「RAM 목표값 산출 결과」, 서울 : 국방기술품질원, 2006, p.7.
- [2] 김준식, 이덕로, 정재만, 「수평보급제도 수용 방안 연구」, 서울 : 한국국방연구원, 2002.
- [3] 류연욱, 박명섭, “CSP품목 특성을 고려한 다단계 재고모형의 적용”, 「한국국방경영분석학회지」, 제32권, 제1호(2006), pp.113-132.
- [4] 신주환, 윤원영, 김호균, “수중유도무기의 운용가용도 향상을 위한 통합정비체계 개발에 관한 연구”, 「경영과학」, 제23권, 제2호(2006), pp.137-160.
- [5] 안병기, 김태현, 문성암, “재고정책에 따른 군 공급체인 성과에 관한 연구”, 「한국국방경영분석학회지」, 제28권, 제2호(2002), pp.1-19.
- [6] 우제웅, 강맹규, “비정상 상태에서의 동시조달 수리부속품 재고수준 결정”, 「한국군사운영분석학회지」, 제24권, 제2호(1998), pp.146-161.
- [7] 육군본부, 「육군규정 432 장비 및 물자 정비 규정(전·평시)」, 대전 : 육군본부, 2006, pp. 38-39.
- [8] 육군본부, 「육군규정 416 지원부대보급 규정」, 대전 : 육군본부, 2006, pp.29-31.
- [9] 육군본부, 「육군규정 433 항공기 정비규정」, 대전 : 육군본부, 2006, p.14.
- [10] 육군본부 헬기사업단, 「다목적헬기 운용형태 종합/임무유형(KMH(OMS/MP))」, 대전 : 육군본부, 2003, p.219.
- [11] 이상진, 「군수관리와 공학」, 서울 : 국방대학교, 2004.
- [12] Kang, Keebom, *Spreadsheet Decision Support Model for Aviation Logistics*, Monterey : Naval Postgraduate School, 1993.
- [13] Kang, Keebom, Kenneth H. Doerr, Uday Apte, Michael Boudreau, *Decision Support Models for Valuing Improvements in Component Reliability and Maintenance*, Monterey : Naval Postgraduate School, 2005.
- [14] Lee, Hau L., “Multi-Echelon Inventory Model for Repairable Items with Emergency Lateral Transshipment,” *Management Sci-*

[1] 국방기술품질원 기술분석실, 「RAM 목표값

- ence, Vol.33, No.10(1987), pp.1302-1316.
- [15] Lee, Hau L., Kut C. So, Christopher S. Tang, "The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain," *Management Science*, Vol.46, No.5(2000), pp.626-643.
- [16] Sherbrooke, C.C., "METRIC : A Multi-echelon Technique for Recoverable Item Control," *Operations Research*, Vol.16(1968), pp.122-141.
- [17] Sherbrooke, C.C., "Multi-echelon Inventory Systems with Lateral Supply," *Naval Research Logistics*, Vol.39(1992), pp.29-40.
- [18] Wang, Yunzeng, Morris A. Cohen, Yu-Sheng Zheng, "A Two Repairable Inventory System with Stocking-Center-Dependent Depot Replenishment Lead Times," *Management Science*, Vol.46, No.11(2000), pp. 1441-1453.