

A Study on the Optimal Quantity of Initial Repair Parts under Performance-Based Logistics (PBL) Contracts in Initial Mass Production

Sunghoon Kim*, Chae-Bong Sohn**

*Student, Dept. of Defense Acquisition Program Division, Kwangwoon University, Seoul, Korea

**Professor, Dept. of Defense Acquisition Program Division, Kwangwoon University, Seoul, Korea

[Abstract]

While traditional Performance-Based Logistics (PBL) contracts have primarily been applied during the operation and sustainment phase of weapon systems, in 2024, Korea initiated its first PBL contract from the initial mass production stage for certain defense acquisition programs. This marks a significant shift in the logistics support paradigm. One of the most critical factors in early-stage PBL contracts is determining the optimal quantity of initial repair parts to ensure system availability. Conventionally, initial spare parts budgets have been estimated at approximately 3% of the unit cost based on long-term sustainment experience. However, PBL contracts lack a defined standard for calculating appropriate initial inventories. To address this, this study proposes a method based on operational parameters detailed in the Operational Requirements Document (ORD), where the degree of operational scenario segmentation influences both the operational modes and the operation time of each component within the system's Work Breakdown Structure (WBS). Using RAM-C (Reliability, Availability, Maintainability, and Cost) analysis tools, this research compares system operation modes before and after segmentation based on mission profiles. The results indicate that refining operational mode definitions can reduce initial spare parts costs by approximately 60%. These findings highlight that detailed analysis of operational modes and WBS-based component operation times, guided by ORD refinement, is crucial for accurately estimating the optimal quantity of initial repair parts during the system development phase.

▶ **Key words:** Initial Mass Production, Performance-Based Logistics (PBL), Optimal Quantity of Repair Parts, RAM-C, Work Breakdown Structure (WBS), Operational Requirements Document (ORD)

• First Author: Sunghoon Kim, Corresponding Author: Chae-Bong Sohn
*Sunghoon Kim (goldman0309@gmail.com), Dept. of Defense Acquisition Program Division, Kwangwoon University
**Chae-Bong Sohn (cbshon@kw.ac.kr), Dept. of Defense Acquisition Program Division, Kwangwoon University
• Received: 2025. 08. 06, Revised: 2025. 09. 16, Accepted: 2025. 09. 16.

[요 약]

기존 PBL 계약은 전력운영유지 사업에서 체결되었는데 '24년 일부 무기체계의 방위력개선사업 양산부터 최초 성과기반군수지원(PBL) 계약이 체결되었다. 이는 무기체계 운영유지 단계의 획기적인 변화라 볼 수 있다. 초기 양산 PBL 계약에서는 장비 가동률을 고려한 초기 보유 수리부속의 적정량 산정이 가장 중요하다고 할 수 있다. 기존 초기양산 시 수리부속 예산은 오랜 운영유지 경험을 통해 주장비 단가의 3% 이내에서 산정하고 있으나 PBL 계약에서 초기 보유 수리부속의 적정 보유량에 대한 기준이 없어 다음과 같은 방법을 제시한다. 무기체계 운용요구서(ORD)의 운용시간 구체화 정도에 따라 운용모드가 세분화 되고 무기체계 작업분할구조(WBS)별 작동시간이 달라질 수 있다. 소요군 임무에 따른 장비 운용모드 세분화 전과 후를 RAM-C 분석 도구로 비교 분석하여 수리부속 최적화 향상 방안을 도출하였다. 분석 결과 세분화 전 대비 초기 보유 수리부속 비용은 약 60% 감소 됨을 알 수 있다. 무기체계 체계개발 단계에서 운용요구서 구체화에 따른 장비의 운용 모드 및 WBS별 작동시간 분석이 초기 보유 수리부속 적정량을 산정하는 핵심이라 할 수 있다.

▶ **주제어:** 초기양산, 성과기반군수지원(PBL), 수리부속 적정량, 신뢰성기반비용관리(RAM-C), 작업분할구조(WBS), 운용요구서(ORD)

I. Introduction

1. Research background

국방부와 군은 전력화된 무기체계의 안정적 수리부속 조달 및 정비를 위해 지속적으로 제도를 도입하였고 그 중 효과를 보고 있는 제도가 성과기반군수지원(PBL, Performance Based Logistics)이라고 할 수 있다.

PBL 제도는 무기체계의 안정적인 장비가동률 보장을 위해 군수지원 업체와 계약 체결을 하여 소요군은 목표가동률, 수리부속 조달기간 등 성과지표와 그에 따른 성과목표를 제시하고 계약업체는 군수지원요소 일부 또는 전부를 제공하여 그 수행성과에 따라 대가를 차등 지급하는 제도이다[1].

군은 기존 전력화 된 무기체계를 대상으로 PBL사업을 진행하였고 군단급 무인기 송골매 등 안정적인 조달 및 정비를 운영유지 하고 있다. 이러한 효과로 국방부와 군은 수리부속 조달 및 정비의 제한사항을 해결하기 위한 노력을 지속적으로 하고 있다. 이에 대한 노력의 결과로 기존 PBL 계약은 전력운영유지 사업에서 체결되었는데 '24년 방위력개선사업 초기양산부터 최초 PBL 계약이 체결되었다. 이는 무기체계 운영유지 단계의 획기적인 변화라 볼 수 있다.

2. Research Purpose / Necessity

초기 양산부터 PBL 계약을 위해서는 사업 단계별 조치 사항이 있으며 특히 무기체계 개발 간 신뢰성기반비용관

리(RAM-C, Reliability Availability Maintainability - Cost)를 통한 적절한 예산을 반영하는 것이 중요하다. PBL 계약의 예산 요소를 보면 수리부속 구매비, 정비비, 물류비 등이 있으며 RAM-C 도구를 활용하여 예산이 큰 순서로 나열하면 초기 보유 수리부속 구매비가 가장 많은 것을 알 수 있다. 초기 보유 수리부속 보유량이 증가할수록 장비가동률이 증가하나 예산도 증가하며 향후 수리부속 재고가 남을 수 있어 예산의 낭비 요소가 발생할 수 있다[2]. 또한 초기 보유 수리부속 구매비는 정비비, 물류비 등 다른 요소에도 영향을 주기 때문에 초기 보유 수리부속 적정량이 장비가동률을 고려한 효율적인 PBL예산 편성의 핵심요소라 할 수 있어 적절한 예산을 편성하기 위해서 본 연구가 필요하다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 Domestic trends

국외의 경우 1988년 미국에서 처음 PBL 계약을 하였으며 국내의 경우 2010년 공군 KT-1 계열, 해군 홍상어, 육군 UAV체계 사업을 시작으로 현재는 FA-50, 상륙기동헬기 등으로 확대 운영 중이다[3].

방위력개선사업에서 체계개발 시 운용유지를 위하여 정비용 점검장비, 공구, 정비교범 등 전력화지원요소를 개발하고 전력화 장비와 동시에 3년 동안 운영유지 가능토록 동시조달수리부속(CSP) 보급을 하고 있다. 기존 정비 및 수리부속 보급 체계의 문제점으로 인구감소에 따른 정비 및 보급인력 축소, 낮은 CSP 적중률(품목 기준 약 30%)에 따른 장비가동률 저하[4], 주장비 개발 대비 후속군수지원 요소 개발에 대하여 상대적 관심도 저하, 초기 양산 시 외주정비비 미편성 등이 있다. 이에 따라 초기 정비 및 수리부속 보급 지연에 따른 장비가동률 저하 현상이 발생하고 있다. 초기 수리부속 조달 및 정비지원을 업체의 A/S로 의존하고 있어 이에 대한 문제점 해소 방안으로 초기 전력화부터 방위력개선사업비로 PBL(성과기반군수지원) 계약을 적용을 위하여 국방부에는 2021 총수명주기관리업무훈령을 제정하였으며, '22년 신뢰성기반비용관리(RAM-C)업무에 대한 정책 및 제도발전과 PBL 사업 연계에 대한 내용을 추가하여 일부 개정하였다[5]. 이에 대한 노력의 결과로 '24년 최초 방위력개선사업 소형무장헬기 사업에서 초기양산부터 성과기반군수지원(PBL) 계약이 체결되었다. 향후, 초기 양산부터 PBL계약이 점차 확대될 예정이다. 기존 PBL 계약은 소요군에서 운영유지 단계에서 체결되었는데 초기 양산부터 체결된 것은 운영유지 단계의 패러다임의 변화라 볼 수 있다. 이에 따라 PBL 계약의 적절한 예산편성이 점점 중요해지고 있다.

1.2 Key Considerations for Initial PBL

양산 초기부터 PBL 적용을 한 사업 단계별 조치사항으로 소요결정 시 PBL 추진 타당성 검토 및 소요문서 반영 선행연구 및 사업타당성 조사 시 PBL 예산 항목과 개략적인 금액 반영 개발 시 RAM-C를 고려하여 RAM 목표값을 선정 및 주기적인 업데이트, PBL 계약을 위한 지표관리 특히 무기체계 개발 간 신뢰성기반비용관리(RAM-C)를 통한 적절한 예산을 반영하는 것이 중요하다. RAM-C는 RAM(Reliability, Availability, Maintain ability)과 수명주기비용(LCC, Life Cycle Cost) 목표값을 실현 가능한 범위 내에서 최적으로 설정하는 활동이다[6]. 적절한 초기 보유 수리부속의 보유가 PBL계약의 핵심 요소로 예산 낭비를 막을 수 있다. PBL 계약을 위한 예산 항목은 수리부속 구매/정비비 등이 있다[7].

RAM-C 도구를 활용하여 ○○○무기체계의 RAM값 등 입력값을 활용하여 금액을 분석해보면 Table 1과 같이 비용에 대한 비율을 알 수 있다. 예산이 높은 순으로 나열하면 양산 초기 보유 수리부속 비용, 외주정비 비용, 정비요

원 비용 순으로 높음을 알 수 있다.

Table 1. Item ratio of ○○○ weapon system RAM-C value

Item	Total cost	Initial Repair Parts Cost	Repurchase cost	shipping cost	Repair labor cost	Support equipment cost	Outsourcing cost	Planned repair cost
Ratio (%)	100	54.8	6.2	0.0	13.1	0.0	25.8	0.1

PBL 계약은 현재 계산계약으로 사후 정산을 하고 있어 변동성이 있는 외주비용보다 초기에 확보해야만 되는 수리부속 초기 보급비용이 PBL예산의 핵심 고려 요소라 할 수 있다. 초기 보유 수리부속 보유량이 높을 수록 장비가동률은 높아지나 예산이 높아지며 향후 수리부속 재고가 남을 수 있어 예산의 낭비 요소가 발생할 수 있다. 수리부속 초기 보급비용이 수리부속 재고비, 관리비 등 여러 항목에 영향을 줄 수 있어 초기 보유 수리부속을 얼마나 효율적으로 유지하느냐에 따라 모든 변수에 영향을 미친다. 다시 말하면 양산초기에 초기 보유 수리부속의 적정량이 PBL예산의 핵심 고려 요소라고 할 수 있다.

III. The Proposed Scheme

1. How to calculate initial repair parts cost

초기 보유 수리부속 산정 비용은 Table 2의 수식을 통하여 무기체계 총수명주기 운용시간과 수리부속의 평균 무고장 시간(MTBF, Mean Time Between Failure)와 수리부속 비용과의 관계를 통해 산정할 수 있다.

Table 2. Initial repair Parts Cost Estimation Formula[1]

$C_{initial} = T_{initial} \times N_{equip} \div MTBF \times C_{part}$
$C_{initial}$: Initial repair parts cost $T_{initial}$: Total life cycle weapon system operation time N_{equip} : Number of operating equipment C_{part} : Average repair accessory cost per failure MTBF : Mean time between failures

총수명주기 무기체계 운용시간은 개발간 운용요구서(ORD, Operational Requirement Document)에 수리부속의 MTBF 및 비용은 체계지원분석(PSA, Product Support Analysis)에서 알 수 있다. 오랜 운영유지 경험을 통해 일반적으로 동시조달수리부속(CSP, Concurrent Spare Parts)은 무기체계 주장비 단가의 3% 비용 이내에서 산정하고 있으나 RAM-C 초기 보유 수리부속의 적정

보유 기준은 부재하다.

기 보유 수리부속 산정방법은 무기체계 운용시간과 수리부속의 신뢰도(MTBF)와 단가를 RAM-C 프로그램을 통하여 산정할 수 있다. PBL 계약에서 초기 보유 수리부속의 적정 보유량에 대한 기준이 없어 다음과 같은 방법을 제시한다. 무기체계의 운용시간은 운용요구서(ORD)에서 확인 할 수 있는데 구체화 정도에 따라 운용모드가 세분화 되고 무기체계 작업분할구조(WBS, Work Breakdown Structure)별 작동시간이 달라질 수 있다. 1개 무기체계 사례에 대하여 소요군 임무에 따른 장비 운용모드 세분화 전과 후를 RAM-C 분석 도구로 비교 분석하여 수리부속 적중률 향상 방안을 도출하였다.

2. How to maintain an appropriate amount of initial repair parts

무기체계의 운용시간은 운용요구서(ORD)에서 확인 할 수 있는데 체계 운용시간에 대해서 언제, 어떻게 사용할 것 인지 구체적이고 세부적으로 분석이 되지 않는 경우 Fig.1과 같이 $\circ\circ\circ$ 무기체계의 작업분할구조(WBS)의 하위 구성부품에 A시간이 동일하게 적용되고 있다.

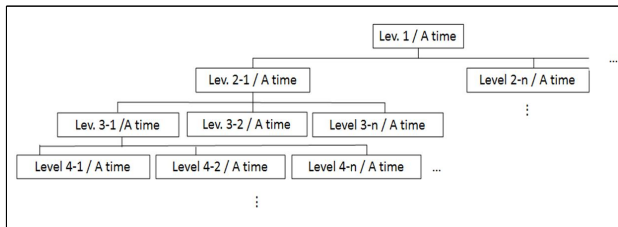


Fig. 1. Operation time of each sub-component before subdividing the $\circ\circ\circ$ weapon system operation concept

운용모드 세분화 시 Fig.2와 같이 Fig.1과 같이 $\circ\circ\circ$ 무기체계의 작업분할구조(WBS)의 하위 레벨에서 가동시간이 달라질 수 있다.

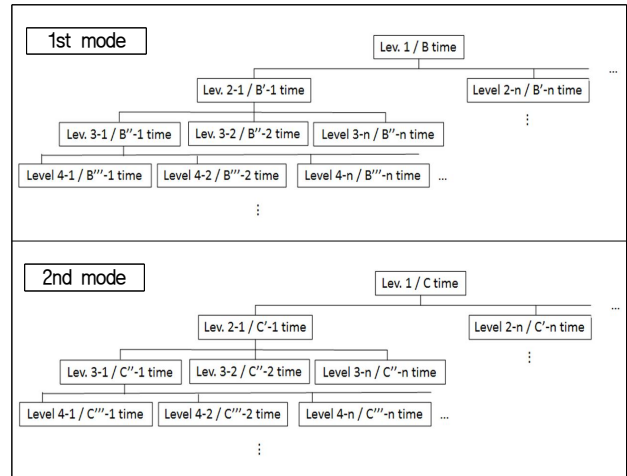


Fig. 2. After dividing the $\circ\circ\circ$ weapon system operation concept, the operation time of each sub-component

운용모드 세분화를 하지 않아서 하나의 운용시간을 하위체계에 일괄 적용하게 되면 필요 수리부속이 과다하게 산정될 수 있다. $\circ\circ\circ$ 무기체계의 경우 차량의 운용시간과 포탑운용시간이 다르며 포탑의 경우도 포의 운용시간과 감시장치의 운용시간이 다르다.

$\circ\circ\circ$ 무기체계 사례에 대하여 운용모드 세분화 전과 후 RAM-C 분석을 통하여 제시하겠다, RAM-C 분석 도구는 LAMP(카이엠社)를 활용하였다[8].

LAMP(Logistics Analysis Model & Program)는 목표 운용 가용도를 만족시키면서 최소비용으로 운용하기 위한 의사결정 지원 도구이다. 대표적인 RAM-C 분석도구는 국내에서 만든 RAMP와 해외에서 만든 OPUS가 있다[9].

LAMP 입력 정보 정의 입력값은 연간운용시간, 체계수명 등이 있다.

Table 3. LAMP input value

Annual operating hours, System life(PBL contract period with DAPA), Number of finished product batches by year, Repair parts supply time/distance, Number of repairable and non-repairable parts, Maintenance personnel annual salary, turnover rate, and total available annual work time, Number of maintenance equipment and operating costs, MTBF(Mean Time Between Failures), MTTR(Mean Time To Repair), Technical inspection time, Repair parts unit price, Item discard rate, System's Administrative/Logistics delay time in the system, Repair parts delivery time, Outsourcing repair costs, Annual planned repair time

○○○무기체계 운용요구서 RAM 목표값을 적용하였으며 운용모드 세분화 전·후 RAM-C 분석을 통하여 초기 보유 수리부속 산정 금액 비교하였다. 분석 파라미터들은 초기 보유 수리부속 비용, 수리부속 재구매 비용, 운송비용, 정비요원 비용, 지원장비 비용, 외주정비비용, 계획정비비용으로 분석 될 수 있다.

운용모드 세분화 전 초기 보유 수리부속 비용 분석결과 운용모드 세분화 전 초기 보유 수리부속 비용은 121억원으로 분석되었다.

Table 4. Cost analysis values before operation mode segmentation

Item	Total cost	Initial Repair Parts Cost	Repurchase cost	shipping cost	Repair labor cost	Support equipment cost	Outsourcing cost	Planned repair cost
Amount (100 million won)	237.1	121.0	13.9	0.0	26.2	0.0	75.8	0.2

운용모드 세분화 후 초기 보유 수리부속 비용은 48.6억원으로 분석되었다.

Table 5. Cost analysis values after operation mode segmentation

Item	Total cost	Initial Repair Parts Cost	Repurchase cost	shipping cost	Repair labor cost	Support equipment cost	Outsourcing cost	Planned repair cost
Amount (100 million won)	72.3	48.6	5.2	0.0	14.2	0.0	4.1	0.2

IV. Conclusions

분석 결과 운용모드 세분화 전 PBL 계약 총비용 약 237억원이며 그 중 초기 보유 수리부속 비용은 약 121억원이다. 세분화 후 PBL 계약 총비용은 약 72억원이며 그 중 초기 보유 수리부속 비용은 약 49억원으로 세분화 전 대비 초기 보유 수리부속 비용은 약 60%, 총비용은 약 70% 감소됨을 알 수 있다. 무기체계를 어떻게 운용하는지에 따라 체계 하위 부위별 작동시간이 다르기 때문에 운용모드 세분화가 필요하며 양산 초기에 불필요한 수리부속 구매를 방지할 수 있다. 결론적으로 운용모드 세분화는 단순한 예산 절감 효과를 넘어, 실질적인 전력화 초기 군수지원 효율성 제고에 기여할 수 있다. 무기체계 체계개발 단계에서 운용

요구서의 구체화에 따른 장비의 운용 모드 및 WBS별 작동 시간 분석이 초기 보유 수리부속의 적정량을 찾는 핵심임을 상기하며 이와 관련한 지속적인 연구가 PBL계약의 적절한 예산편성의 실마리가 될 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] Performance Based Logistics (PBL) Guidebook, Department of Defense, USA, 2023.
- [2] Orlando Duran, Journal of Industrial Engineering and Management JIEM, 2016 - 9(5): 991-1002 - Online ISSN: 2013-0953 - Print ISSN: 2013-8423 Linking the Spare Parts Management with the Total Costs of Ownership: An Agenda for Future Research
- [3] DAPA Blog, Available : https://blog.naver.com/dapapr/223289279267?trackingCode=blog_bloghome_searchlist (Accessed: July 2025)
- [4] Army Headquarters Audit and Disposition Request ('23.03.14.) Analysis of the performance of utilization of simultaneous procurement and repair parts for improving the operation of simultaneous procurement and repair parts (CSP) for 11 types of power equipment weapon systems (3rd year)
- [5] Regulation of Total lifecycle management, Ministry of National Defense, Korea, 2021.
- [6] Department of Defense, Reliability, Availability, Maintainability, and Cost Rationale Report Manual, p.68, Department of Defense, USA 2009
- [7] Regulation of Performance Based Logistics, Ministry of National Defense, Korea, 2023.
- [8] KAIEM Official Homepage, Available: <https://www.kaiem.co.kr> (Accessed: July 2025)
- [9] Systecon Official Homepage, Available: <https://www.systecongroup.com/> (Accessed: July 2025)

Authors



Sunghoon Kim received his B.S. degree in mechanical & Automotive engineering from Keimyung University, Korea, in 2006, and M.S. degree in New material engineering from Korea University, Korea, in 2013.

He is currently pursuing his Ph.D. degree in defence aquisition program division, Kwangwoon University, Korea. He is currently working for the DAPA(Defense Acquisition Program Administration). He is interested in Total life cycle of a weapon system and Defence aquisition program.



Chae-Bong Sohn received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electronic Engineering from Kwangwoon University, Korea, in 1993, 1995 and 2006, respectively. He is currently a Professor in the Department of Electronic

Engineering, Kwangwoon University. He is interested in Artificial Intelligence System and Defence aquisition program.