Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 25, No. 8 pp. 295-302, 2024

https://doi.org/10.5762/KAIS.2024.25.8.295
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

# 쉘터 기반 전자장비에 대한 창정비 주기 설정 방안 연구

**김종진*, 이중엽, 강동훈, 김민준**
**LIG넥스원, PGM IPS연구소**

# Research on depot maintenance cycle setting for shelter-based electronic equipment

Jong Jin Kim*, Jung Youp Lee, Dong Hoon Kang, Min Jun Kim
PGM IPS R&D Lab, LIG Nex1

**요 약** 최근 방위산업환경은 무기체계의 획득뿐만 아니라 양산 이후 폐기까지 운영유지에 필요한 활동요소에 대한 고민이 커졌고, 이를 반영한 '총수명주기관리업무 훈령' 제정이 21년도에 이루어졌다. 무기체계 납품 이후 30년 이상 기간 동안의 운용유지를 위해서는 주기적 창정비 활동이 필수적이다. 아울러 정부 규정에서도 창정비 수행 기간 동안 창정비와 통합된 성능개선 활동을 강조하고 있다. 이처럼 장비 재생 및 성능개선 활동의 기반이 되는 창정비 주기는 수명주기 기간 동안 장비 수명을 연장하고 진화적 장비관리를 수행할 수 있는 핵심 전략이다. 무기체계의 창정비 주기는 각각의 장비 특성을 고려하여 선정되어야 한다. 금번 연구에서는 쉘터 기반하에 전자장비를 구성하고 있는 장비를 대상으로 창정비 주기 설정 방안을 연구하였다. 먼저 창정비 주기 설정을 위하여 기존의 연구 방법으로 사용된 비용편익 분석 기법인 연등가비용법을 적용하였다. 또한 쉘터 장비의 노후화는 주로 구조적 부식을 발생시키고 상당기간의 창정비 기간을 요구한다. 이러한 점을 고려하여 기존 연구에서 검토되지 않았던 부식을 고려하여 창정비 주기 설정의 적절성에 대해서 연구하고자 한다.

**Abstract** Recently, the defense industry environment has become increasingly concerned about the activities needed to acquire weapons systems and operate and maintain them from mass production to disposal, and the 'total life cycle management directive' was enacted in 2021 to reflect this. Periodic depot maintenance activities are essential to maintain operation for more than 30 years after the delivery of the weapon system. In addition, government regulations also emphasize performance improvement activities integrated with depot maintenance during the period. The depot maintenance cycle, which is the basis for equipment regeneration and performance improvement activities, is a crucial strategy to extend equipment life and perform evolutionary equipment management during the life cycle. The depot maintenance cycle of a weapon system must be selected considering the characteristics of each equipment. This study evaluated depot maintenance cycle setting methods for equipment that constitutes electronic equipment based on a shelter. First, the equivalent annual cost method, a cost-benefit analysis technique used in existing research methods, was applied to set the depot maintenance cycle. Second, the aging of shelter equipment mainly causes structural corrosion and requires significant depot maintenance. Therefore, the appropriateness of the depot maintenance cycle was examined by considering corrosion, which has not been examined in previous studies. Among weapon systems, EACM was applied to electronic equipment based on a shelter, and the appropriateness of setting a depot maintenance cycle was examined by considering structural corrosion, which was not considered in existing studies.

**Keywords :** TLCSM, Depot Maintenance Cycle, Shelter Equipment, EACM, Corrosion

*Corresponding Author : Jong-Jin Kim(LIG Nex1 Co. Ltd)
email : jongjin.kim@lignex1.com
Received May 27, 2024 Revised June 27, 2024
Accepted August 2, 2024 Published August 31, 2024

## 1. 서론

오늘날의 무기체계는 첨단화, 정밀화, 복합 기능화 등의 특징을 가진 형태로 변화하고 있다. 최근 방산환경은 무기체계의 획득뿐만 아니라 양산 이후 폐기까지 무기체계에 운영유지에 필요한 활동요소에 대한 고민이 커졌고, 이를 반영한 '총수명주기관리업무 훈령' 제정이 21년도에 이루어졌다.

'총수명주기관리업무' 훈령 내용에서 운영유지기간 동안 단종을 포함한 장비 진부화 등을 해소하기 위한 진화적 장비관리 전략으로 창정비와 통합된 무기체계의 성능개량 방안이 제시되어 있다[1].

Fig. 1과 같이 총수명주기관리 동안 성장형 성능 관리 전략의 핵심활동으로 창정비가 정의되어 있다. 이처럼 창정비 주기의 경우 창정비요소개발 사업 근거 및 창성능개선 수행의 기준점 됨에 따라 무기체계의 특징을 고려한 창정비 주기 설정이 필요하다.

기존 창정비 주기 설정 연구의 경우 창정비 수행에 따른 비용 편익 분석을 위주로 창정비의 필요성 및 주기 설정의 근거를 수립하였다. 본 연구과제에서는 연구대상을 쉘터 기반하에 전자구성품이 탑재된 장비로 한정하였고 경제적 편익 분석 이외에 장비 부식 관점에서 창정비 주기를 설정하는 연구를 하고자 한다.

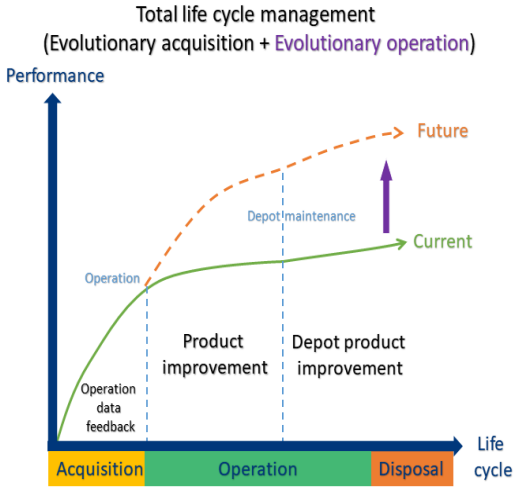


Fig. 1. Total life cycle sustain management

수명주기비용 분석 S/W인 PRICE를 활용하여 적정 창정비를 연등가비용법을 활용하여 분석한 연구가 존재하고[2] 항공기에 대하여 신뢰도 및 정비도 기반으로 운영유지 비용 분석을 통해 창정비 주기를 산정한 선행연구가 있다[3]. K1 전차 창정비 주기 및 수명주기를 경제성 분석으로써 연등가비용법을 통해 분석 및 산출한 선행연구가 있다[4]. 수명주기 및 창정비 주기 산출을 위한 도구로써 연등가비용법이 일반적으로 사용되고 있으며 본 연구에서도 쉘터 기반 전자장비에 대하여 경제성 분석을 위해 연등가비용법을 적용하여 창정비 주기를 산출하고자한다.

아울러 대상 연구장비가 쉘터 내부에 전자구성품을 탑재하고 있는 장비임을 고려할 때, 기존의 비용 편익 분석 이외에 차별화된 내용으로 쉘터의 부식을 고려한 창정비 주기를 연구하고자 한다. 전자장비의 경우 전자 구성품 및 회로카드조립체 교환 등으로 비교적 짧은 시간에 현장에서 장비 복구가 가능하다. 하지만 쉘터의 부식, 누수를 재생(수리, 도장 등 업무)하기 위해서는 작전장비 중단(6개월 이상)이 수반되며 해당 기간을 활용하여 창정비 및 성능개량활동을 수행하는 것이 총수명주기 관점에서 장비 중단기간을 최소화하는 운용유지 전략으로 적합해 보이기 때문이다.

본 논문에서는 최적 창정비 주기 산출을 위한 비용 분석 방안으로 전통적인 분석방안인 연등가비용법을 적용하기 위한 운용유지비용을 산출하기 위하여 2가지 방법을 사용한다. 첫 번째로는 현재 RAM-C 분석을 위한 상용 S/W로 활용되고 있는 OPUS Suite를 활용하였다. 두 번째로는 본 연구대상 장비의 경우 22년도 이후 성과기반군수지원 PBL(PBL : Performance Based Logistics) 계약이 추진되고 있어 PBL 관리시스템을 통해서 집계된 보급/정비비용 실적가를 활용하여 운영유지비용을 산정한다.

부식은 여러 산업에서도 매우 중요한 고려대상으로 관련하여 많은 연구과 활용 사례가 존재한다. 국제표준기구인 ISO-9223에서는 대기환경에 따른 부식성 정도의 범주를 구분하였다[5]. 국내 항공기 부식의 정도를 예측하고자 습도제어기로 옥내를 측정한 연구사례가 존재한다[6]. 무기체계는 일반 민수품목과는 다르게 야전에서 장기간 운용된다. 8년 동안 측정된 결과 수식에 따른 예측과 달리 지역의 환경과 기간에 따라 실제 값과 상이할 수 있으며 단기 기간의 부식과 다르게 장기간의 부식이 보다 심각하게 영향을 가지는 연구가 존재하므로 보다 보수적으로 접근해야 할 필요성이 있다고 사료된다[7]. 환경적 영향 및 노출되는 시간에 따라 영향성을 파악하고자 데이터를 수집하고 부식의 정도를 예측하는 연구 필요성이 증가하며 관련 연구가 수행되었다[8~11]. 부식

으로 인하여 실제 지탱하는 구조물의 두께가 줄어들고 그로 인하여 설계 목표 하중을 만족하지 못하는 경우가 존재하며 부식으로 인한 손실의 영향성을 연구한 결과가 존재한다[12]. 부식을 고려한 창정비 주기를 본 연구에서 도출하고자 한다.

## 2. 창정비 주기 설정 방안

### 2.1 경제성 분석을 통한 창정비 주기 설정

#### 2.1.1 경제성 기준에 의한 수명 결정 이론

장비의 수명은 장비의 기능을 효율적으로 수행할 수 있는 지속기간이다. 장비 수명 종류 중 하나인 경제수명은 장비의 기능에 대한 군의 요구를 가장 경제적으로 충족시킬 수 있는 지속시간이며, 경제수명이 지난 장비를 운용한다는 것은 장비 고장률의 증가로 유지비가 증가되어 비경제적인 장비 운용이 된다는 것이다. 경제수명을 분석하는 목적은 장비의 도태시기를 결정하고, 완전복구 또는 재생정비를 통해 장비를 효율적으로 운용하여 정비비용 및 획득 예산 소요를 판단하여 예산 낭비를 방지의 목적으로서 수행한다.

경제적으로 장비의 운용기간을 선정하는 여러 가지 경제 수명 결정 이론 중 많은 선행연구에서 사용 되었던 연등가비용법을 활용하고자 한다. 연등가비용법(EACM : Equivalent Annual Cost Method)이란 최초 투자비와 누적 운영유지비의 합인 총비용을 연차별 지불되는 등가로 환산하여 자본회수비를 산출하는 방법으로 산출된 자본회수비와 등가유지비의 합인 연등가비용이 최소가 되는 시점을 경제수명으로 결정하는 방법이다.

#### 2.1.2 OPUS 및 PBL사업을 활용한 운영유지비 산출

무기체계의 경제수명을 판단하기 위해 상용 S/W인 OPUS Suite를 활용하여 비용을 산출하고 연등가비용법으로 경제수명을 도출하고자 한다.

OPUS Suite는 무기체계의 구조정보와 구성품의 신뢰성 및 정비성을 입력하고 운영 및 지원 구조를 이용하여 최적화된 알고리즘을 통해 수명주기비용을 산출한다. 필요한 입력 자료는 종합군수지원 계획서와 ILS요소별 보고서를 기반으로 Fig. 2와 같이 구성하였다.

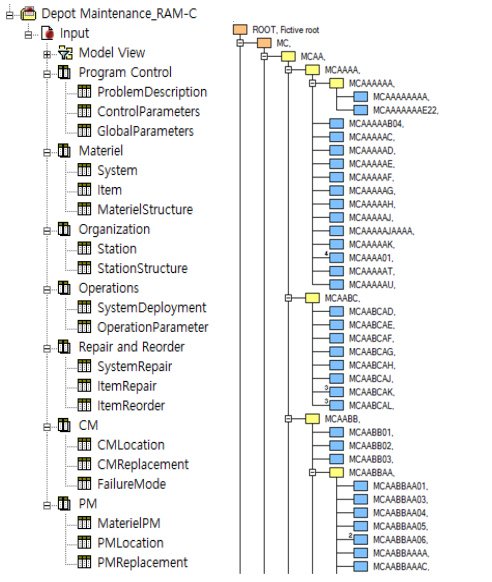


Fig. 2. OPUS Input Data Sheet & Input System Structure

OPUS Input Data Sheet 중 Program Control의 입력 정보는 무기체계에 대한 정보와 감가삼각비, 비용분석기간, 재주문시 가격상승 비율 등을 입력한다. Materiel 부분은 체계와 하위품목들에 대한 구조 및 단가, 정비가능 여부를 작성한다. Organization은 보급 및 정비계단에 대한 정보를 입력하며 정비계단의 정비 개념 및 특성, 정비비용, 저장비용, 수송비용 및 시간을 입력한다. Operations은 무기체계의 운영시간 및 배치대수를 입력하고 Repair and Reorder 는 품목에 대한 폐기, 부분 수리, 재주문 시 걸리는 시간, 품목의 고장률을 입력한다. CM은 고장정비에 대한 시간, 비용, 투입 인력 등이 입력된다. PM은 계획정비에 대한 정비 주기, 수행하는 정비계단, 공수, 비용 등을 입력한다. 해당 값을 입력하여 산출하면 비용에 따른 가용도 곡선이 Fig. 3과 같이 도출된다.

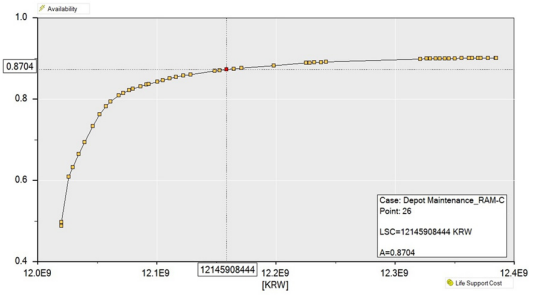


Fig. 3. C/E-curve diagram

OPUS를 활용하여 대상사업의 정보를 입력하고 수명주기 30년 동안 ILS-P에서 요구하는 가용도 86%를 만족하는 지점의 운영유지비용은 12,145,908,444원이다. 연간 동일하게 유지비가 소요된다는 가정 하에 연간 운영유지비는 404,863,615원이 산출되었다.

PBL 사업 실적기반으로 소요되는 연간운용유지비용이 461,474,253원으로 도출되었다.

OPUS 및 PBL 사업 실적기반 결과에 대하여 연간운용유지비용 및 세부항목의 유사성을 확인하였고 연등가비용법 활용을 위하여 해당 산출 결과를 본 연구에 적용하였다.

### 2.1.3 연등가비용법을 활용한 최적 창정비주기

무기체계의 창정비 및 창정비 성능개선 활동이 강화되고 있으며 본 연구에서 적용하는 무기체계는 30년 이상 기간 동안의 운용유지를 목표를 한다. 이에 수명주기를 30년을 기준으로 설정하고 운영기간의 변화에 따라 연등가투자비와 연등가유지비의 합인 연등가비용이 최소가 되는 경제수명 지점을 산출하였다.

연등가투자비(CR : Capital Recovery)를 구하는 Eq. (1)은 초기 투자비(I)에 자본회수계수(A/P)를 곱하여 표현할 수 있다. 이 때 초기 투자비는 장비 획득비만 적용하여 계약가와 12년의 평균 이자율 3%를 적용했다.

$$CR = I \times \frac{A}{P} = I \times [\frac{i(1+i)^n}{(1+i)n-1}] \quad (1)$$

Table 1. Result of capital recovery

| Operation period | CR [1,000 KRW] | Operating period | CR [1,000 KRW] |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,652,900 | 16 | 205,048 |
| 2 | 1,346,053 | 17 | 195,626 |
| 3 | 910,564 | 18 | 187,271 |
| 4 | 692,914 | 19 | 179,815 |
| 5 | 562,401 | 20 | 173,123 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 10 | 301,942 | 25 | 147,913 |
| 11 | 278,368 | 26 | 144,076 |
| 12 | 258,753 | 27 | 140,537 |
| 13 | 242,185 | 28 | 137,264 |
| 14 | 228,011 | 29 | 134,228 |
| 15 | 215,752 | 30 | 131,407 |

연등가유지비(EC : Equivalent Cost)는 장비 운용 기간에 사용된 유지비를 현가로 환산 후 당해 연도까지 누적하여 이를 등가로 환산한 비용을 말하며 따라서 연등가유지비는 Eq. (2)와 같다. OPUS Suite 산출 결과와 PBL 정산 비용을 Eq. (2)를 이용하여 연등가유지비를 산출하였을 때 Table 2와 같은 결과를 얻어낼 수 있다.

$$EC(n) = \sum_{j=1}^{n} \frac{C_j}{(1+i)^j} \times \frac{A}{P} = \sum_{j=1}^{n} \frac{C_j}{(1+i)^j} \times [\frac{i(1+i)^n}{(1+i)n-1}] \quad (2)$$

Table 2. Result of equivalent cost

| Operation Period | EC(OPUS Suite) [1,000 KRW] | EC(PBL) [1,000 KRW] |
|---|---|---|
| 1 | 404,864 | 461,474 |
| 2 | 604,304 | 688,801 |
| 3 | 735,289 | 838,102 |
| 4 | 832,063 | 948,407 |
| 5 | 908,321 | 1,035,328 |
| 6 | 970,912 | 1,106,671 |
| 7 | 1,023,749 | 1,166,896 |
| 8 | 1,069,278 | 1,218,792 |
| 9 | 1,109,131 | 1,264,217 |
| 10 | 1,144,447 | 1,304,471 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 21 | 1,377,258 | 1,569,835 |
| 22 | 1,390,516 | 1,584,947 |
| 23 | 1,402,992 | 1,599,167 |
| 24 | 1,414,752 | 1,612,572 |
| 25 | 1,425,857 | 1,625,229 |
| 26 | 1,436,358 | 1,637,199 |
| 27 | 1,446,303 | 1,648,535 |
| 28 | 1,455,734 | 1,659,284 |
| 29 | 1,464,687 | 1,669,489 |
| 30 | 1,473,197 | 1,679,189 |

산출된 연등가유지비와 연등가투자비의 합인 연등가비용(EAC : Equivalent Annual Cost)이 최소가 되는 운영기간의 시점이 경제수명 지점이며, 연등가비용은 Table 3과 같다. Eq. (3)을 이용하여 연등가비용이 최소가 되는 시점을 Fig. 4와 같이 산출하였다.

OPUS Suite의 연등가유지비를 활용하여 연등가비용의 최적 운영기간은 8년, PBL의 연등가유지비를 활용하여 연등가비용의 최적 운영기간은 7년으로 산출하였다.

$$EAC(n-1) > EAC(n) < EAC(n+1) \quad (3)$$

Table 3. Result of equivalent annual cost

| Operation period | EAC (OPUS Suite) [1,000 KRW] | EAC(PBL) [1,000 KRW] |
|---|---|---|
| 1 | 3,057,763 | 3,114,374 |
| 2 | 1,950,356 | 2,034,854 |
| 3 | 1,645,853 | 1,748,666 |
| 4 | 1,524,977 | 1,641,322 |
| 5 | 1,470,721 | 1,597,729 |
| 6 | 1,446,367 | 1,582,126 |
| 7 | 1,437,154 | 1,580,301 |
| 8 | 1,436,193 | 1,585,707 |
| 9 | 1,439,929 | 1,595,015 |
| 10 | 1,446,390 | 1,606,414 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 21 | 1,544,344 | 1,736,921 |
| 22 | 1,552,130 | 1,746,561 |
| 23 | 1,559,626 | 1,755,801 |
| 24 | 1,566,836 | 1,764,656 |
| 25 | 1,573,770 | 1,773,142 |
| 26 | 1,580,434 | 1,781,275 |
| 27 | 1,586,840 | 1,789,072 |
| 28 | 1,592,997 | 1,796,548 |
| 29 | 1,598,915 | 1,803,717 |
| 30 | 1,604,604 | 1,810,596 |

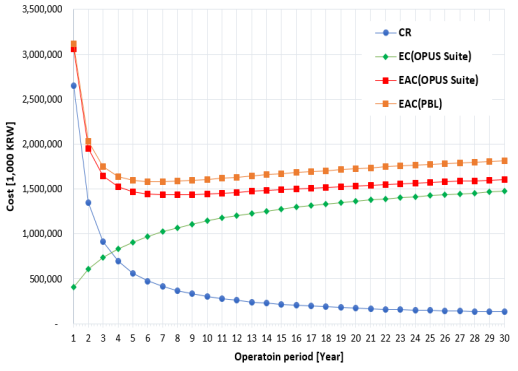


Fig. 4. Equivalent annual cost(EAC) curves

## 2.2 부식을 고려한 창정비 주기 설정

### 2.2.1 대기환경에 따른 부식 이론

대기환경에 따른 철판의 부식의 정도는 Eq. (4)을 바탕으로 사용되어 각 지역에 따른 대기환경조건을 토대로 적용하고 있다[11]. $C(t)$는 노출 시간에 따라 부식으로 인한 손실을 말하며 재료의 특성과 비의 산성도 등 환경조건에 따라 $a,b$가 경험적인 상수 및 계수로 작성된 함수로써 대기환경에 따른 부식의 값을 예측하였으나 최근에는 $c$의 보정 값을 추가하여 시간에 따른 부식의 값을 보정하고 있다.

ISO-9223 Table 4와 같이 대기환경조건에 따른 부식 손실에 대하여 범주화 하여 구분하였으나[5] 장기간에 걸친 부식의 정도는 단기간에 걸친 부식에 비해 보다 심하게 진행되어 Eq. (5)와 같이 경험적 데이터 기반의 $K_0$와 $\acute{K}$ 값으로 보정 및 재산출하여 최근 연구가 진행되고 있다.

$$C(t) = at^b + c \tag{4}$$

$$C(t) = A(1-e^{BK_0t}) + \acute{K}t \tag{5}$$

Table 4. Atmospheric corrosivity categories

| Corrosivity category | Steel thickness loss ($\mu m\, yr^{-1}$) |
|---|---|
| C1 (Very Low) | ≤1.3 |
| C2 (Low) | > 1.3 to 2.5 |
| C3 (Medium) | > 25 to 50 |
| C4 (High) | > 50 to 80 |
| C5 (Very High) | > 80 to 200 |
| CX (Extreme) | > 200 to 700 |

### 2.2.2 부식을 고려한 창정비 주기 연구

쉘터 장비는 내부에 사람이 직접 운용하며 환경 유지와 내부 중요 체계 시스템의 보호 수행 능력을 위한 부식 한계의 고려가 필수적이다.

부식으로 인한 두께의 손실은 Eq. (6), (7)과 같이 표현할 수 있고 Eq. (8)에서 좌굴 응력 값 $\tau_{cr}$에서 $\nu$는 두께의 손실$(d/t)$이 매우 큰 영향을 가진다. $\tau_{cr}$가 $q_e$라고 할 때 좌굴을 위한 종횡 팩터 $\lambda_w$와 설계하중 $P_y$의 관계 Eq. (9)를 통해 최대 좌굴 힘의 값 $q_{cr}$은 Eq. (10), (11), (12)와 같이 구분되어 Eq. (9)의 $\epsilon$은 좌굴에 대한 구조적 한계 값의 중요한 팩터로써 Eq. (10), (11), (12)의 종횡 팩터 구분 값을 $d/t$ 그리고 $\epsilon$으로 변환 값은 Eq. (13), (14), (15)와 같고 이를 통하여 구조적 한계 값에 도달하는 두께 즉 부식 한계 값을 산출하고자 한다.

$$\begin{aligned} Flanges &= \Delta T_n \\ Web &= \Delta t_n \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} &\Delta = \%LFT/100 = \%LWT/100 \\ &\text{LFT = loss of flange thickness} \\ &\text{LWT = loss of web thickness} \end{aligned} \tag{7}$$

$$\tau_{cr} = k\left\{\frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)(d/t)^2}\right\} = q_e \quad (8)$$

$$\lambda_w = \left(\frac{0.6P_{yw}}{q_e}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$q_{cr} = 0.6p_{yw} \text{ for } \lambda_w \leq 0.8 \quad (10)$$

$$q_{cr} = 0.6p_{yw}[1-0.8(\lambda_w - 0.8)] \text{ for } 0.8 < \lambda_w < 1.25 \quad (11)$$

$$q_{cr} = q_e \text{ for } \lambda_w \geq 1.25 \quad (12)$$

$$\epsilon = \sqrt{(275/P_y)} \quad (13)$$

$$\frac{d}{t} = 62.3\epsilon \text{ for } \lambda_w = 0.8 \quad (14)$$

$$\frac{d}{t} = 97.3\epsilon \text{ for } \lambda_w = 1.25 \quad (15)$$

Category1 약칭 $C_1$은 Eq. (14)를 기준으로 $d/t \leq 63\epsilon$ 그리고 Category2 약칭 $C_2$는 Eq. (15)를 기준으로 $d/t \geq 63\epsilon$이라고 정의할 때 부식으로 인하여 구조물의 두께 손실로부터 두께가 10% 손실 발생 시 10~20%의 구조적 한계 값이 줄어듦을 확인할 수 있다 [12].

쉘터 장비의 외판 제원을 적용하여 Table 5와 같은 부식으로 인한 구조적 한계 값을 산출 하였다.

Table 5. Shelter equipment remaining capacity by thickness

| Kind | Thickness | Remaining capacity |
|---|---|---|
| Exterior plate | 6.0 mm | 0.6 mm |

대기환경조건에 노출되어 부식의 정도를 1990년대 초에서 2000년대 초까지 중국 지역별 데이터 및 Wanning 지역에서의 금속 재료에 따른 수집 데이터는 Table 6,7과 같으며[7]. 8년 노출된 값에 대하여 산술평균값을 쉘터 장비에 적용하여 산출 한 값을 Table 8에 작성하였다.

국내환경에 대하여 옥내에서 습도제어기로 측정하여 결과는 C2~C3 수준으로 측정된 연구사례를[3] 바탕으로 쉘터 장비 특성상 장기간 야외에서 노출되는 점을 고려하여 C3~C4 단계의 값을 적용하여 부식으로 인한 구조적 한계 값을 산출하여 Table 8에 작성하였다.

ISO-9223을 활용할 때 대략 7.5년에서 12년의 창정비 주기가 산출되었으며 중국의 8년의 데이터를 기반으로 7.7년 창정비 주기가 산출되었다. 이에 부식 한계에 도달하기 이전 창정비가 필요한 시기로 판단된다.

Table 6. Atmospheric corrosion of about depth various steel exposure at Wanning China in early 1990 ~ 2000 (actual data) [5]

| Category | 4 years | 8 years |
|---|---|---|
| Mild A | 1 mm | 2.8 mm |
| Mild B | 0.3 mm | 0.7 mm |
| Mild C | 0.2 mm | 0.6 mm |

Table 7. Atmospheric corrosion of about depth a mild steel exposure at different sites in early 1990 ~ 2000 (actual data)

| Category | 4 years | 8 years |
|---|---|---|
| Wanning | 0.23 mm | 1 mm |
| Qionghai | 0.08 mm | 0.4 mm |
| Qingdao | 0.15 mm | 0.35 mm |
| Jiangjin | 0.15 mm | 0.3 mm |

Table 8. Applying criteria to exterior plate

| Criteria | | Loss of thickness | Cycle |
|---|---|---|---|
| ISO-9223 | C3 | 50 ㎛ (each year) | 12 years |
| | C4 | 80 ㎛ (each year) | 7.5 years |
| | Average | 65 ㎛ (each year) | 9.2 years |
| Chinese corrosion data measured with long-term exposure | Wanning | 1 mm (8 years) | 4.8 years |
| | Qionghai | 0.4 mm (8 years) | 12 years |
| | Qingdao | 0.35 mm (8 years) | 13.7 years |
| | Jiangjin | 0.3 mm (8 years) | 16 years |
| | Wanning (Mild A Steel) | 1 mm (8 years) | 4.8 years |
| | Warnning (Mild B Steel) | 0.7 mm (8 years) | 6.9 years |
| | Warnning (Mild C Steel) | 0.6 mm (8 years) | 8 years |
| | Average | 0.62 mm (8 years) | 7.7 years |

## 3. 결론

연등가비용법 및 부식에 의한 창정비 주기 검토 결과 Table 9로 요약할 수 있으며 최소 7.5년에서 최대 12년의 창정비주기가 도출되는 것을 확인할 수 있다.

Table 9. Applying methods for estimate depot maintenance

| Analysis Methods | Criteria | Cycle |
|---|---|---|
| Economic analysis (EACM) | Opus Suite | 8 years |
| | PBL | 7 years |
| Atmospheric corrosion | ISO-9223 table | 7.5 ~ 12 years |
| | Chinese corrosion data measured with long-term exposure | 7.7 years |

본 연구를 통하여 RAM-C 분석 SW로 사용되고 있는 Opus Suite 활용 및 PBL 사업에서 집계된 운영유지비를 활용하여 비용편익 관점의 최적 창정비 주기를 산정하였다. 아울러 기존의 선행연구가 비용 관점만을 주목했다면, 본 연구에서는 외부에 노출되어 4계절 활용되는 국내 장비에 대한 환경조건을 고려한 외관에 대한 부식을 고려하였다. 쉘터 내부의 전자장비의 경우 교체 등을 통해 비교적 짧은 시간에 장비가 복구되지만 쉘터의 재생작업의 경우 실내 전자장비를 탈거하고 외부 누수 등 보수, 도장 등을 위한 물리적인 상당 시간이 소요되는 점을 고려할 때 창정비 주기 결정에 주요 고려요소로 판단한다. 본 연구결과 7.5년에서 12년의 적정 창정비 주기가 도출되었고, 비용, 부식적은 관점을 고려할 때 늦어도 10년 이내에 쉘터 기반 전자장비에 대한 창정비 수행이 타당할 것으로 판단된다.

마지막으로 창정비 주기는 본 연구결과와 같은 공학적 추정 결과와 더불어, 창정비로 인한 전력 공백을 대체할 수 있는 정비대체장비 M/F(M/F : Maintenance Float) 보유 여부 및 체계를 구성하는 각각의 부체계별 장비특성과 창정비 소요기간 및 창성능개선 사전연구를 통하여 확인된 성능개선 소요를 적용할 수 있는 시점 등을 고려하여 실제 창정비 시기를 결정해야 할 필요가 있다.

## References


[1] Regulation of Total lifecycle management, Ministry of National Defence, Korea, 2023.

[2] Seung-Soo Kim, Sung-Jin Kang. "A Study on the Determination of Economic Life of Weapon System by using the PRICE Model" Journal of the Military Operations Research Society of Korea (MORS-K), 30(2),13-31. 2004.

[3] Sang Yeob Lee, & Jun Hyun Son "Planned Depot Maintenance Interval Decision for Unmanned Aerial Vehicle through Reliability and Maintainability Based Simulation and Operating & Support Cost Analysis" Journal of Aerospace System Engineering, 17(5), 1-10. 2023.

[4] JeungKi Kim. "A Study of K1 Main Battle Tank Life-Cycle." Korea Insititute for Defense Analyses, vol. 26, no. 2, 2010, 239-274.
DOI: https://doi.org/10.22883/jdps.2010.26.2.008

[5] ISO, EN. "9223." Corrosion of metals and alloys: corrosivity of atmospheres: Classification. European, Committee for Standardization (CEN) Brussels, Belgium 1992.

[6] Dooyoul Lee et al.. "Study of the Effect of Controlled Humidity Protection." Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A, vol. 42, no. 8, 2018.
DOI: https://doi.org/10.3795/KSME-A.2018.42.8.739

[7] Hou, Wentai, and Caifeng Liang. "Atmospheric corrosion prediction of steels." Corrosion 60.3 2004.
DOI: https://doi.org/10.5006/1.3287737

[8] Otaduy, P., and Achilles Karagiozis. "Corrosion Prediction in Buildings Based on Simulation of Temporal Distribution of Humidity and Temperatures and the International Standard ISO-9223." Proceedings of Thermal Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings XI, ASHRAE 2010.

[9] Coelho, Leonardo Bertolucci, et al. "Reviewing machine learning of corrosion prediction in a data-oriented perspective." npj Materials Degradation 6.1 2022.
DOI: https://doi.org/10.1038/s41529-022-00218-4

[10] Melchers, Robert E. "Predicting long-term corrosion of metal alloys in physical infrastructure." npj Materials Degradation 3.1 2019.
DOI: https://doi.org/10.1038/s41529-018-0066-x

[11] Benarie, Michel, and Frederick L. Lipfert. "A general corrosion function in terms of atmospheric pollutant concentrations and rain pH." Atmospheric Environment (1967) 20.10 1986.
DOI: https://doi.org/10.1016/0004-6981(86)90336-7

[12] Rahgozar, R. "Remaining capacity assessment of corrosion damaged beams using minimum curves." Journal of Constructional Steel Research 65.2 2009.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2008.02.004

김 종 진(Jong-Jin Kim) [정회원]

- 2006년 2월 : 부경대학교 산업공학과 (공학학사)
- 2006년 4월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 수석연구원

〈관심분야〉
통합체계지원(IPS), PBL, 창정비

이 중 엽(Jung-Youp Lee) [정회원]

- 2009년 2월 : 금오공과대학교 산업시스템정보공학(공학학사)
- 2011년 2월 : 금오공과대학교 산업시스템정보공학(공학석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 수석연구원

〈관심분야〉
통합체계지원(IPS), RAM-C, PBL, 창정비

강 동 훈(Dong-Hoon Kang) [정회원]

- 2018년 2월 : 경북대학교 전자공학부(공학학사)
- 2019년 6월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 선임연구원

〈관심분야〉
통합체계지원(IPS), RAM-C, PBL, 창정비

김 민 준(Min-Jun Kim) [정회원]

- 2020년 2월 : 한국해양대학교 조선해양시스템공학과(공학학사)
- 2022년 2월 : 한국해양대학교 조선해양시스템공학부(공학석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 선임연구원

〈관심분야〉
통합체계지원(IPS), RAM-C, PBL, 창정비