

CBM 도입에 의한 무기체계 정비비용의 절감효과에 대한 사례연구

김 성환^{1†} 정 영민² 고 호진³

내용목차

1. 서론
2. 정비형태의 분석
3. CBM의 개념 및 적용
4. CBM도입의 효과분석
5. 결론

1† LIG넥스원 ILS 연구센터 선임연구원

(교신처자 Tel: 031-270-6635 E-mail: shkim72@lignex1.com)

2 LIG넥스원 ILS 연구센터 수석연구원

3 LIG넥스원 ILS 연구센터 책임연구원

논문접수일: 2010년 04월 18일 게재확정일: 2010년 06월 11일

논문수정일 (1차: 2010년 05월 27일, 2차: 2010년 05월 30일)

A Case Study on the Effect of Maintenance Cost Reduction in Weapon-Systems with CBM

Kim, Sung-Hwan^{1†} Chung, Young Min² Koh, Ho Jin³

Abstract

This study is a theoretical analysis about the effectiveness of maintenance cost reduction which can be attained by deploying maintenance analysis according to CBM(Condition Based Maintenance) as it is gradually proved to be efficient in TBM(Time Based Maintenance). The benefits of applying CBM are manifold, e.g., Maintenance Cost Reduction, ability to analyze the cause of failure, enhanced availability of equipment, reduction in planned maintenance, reduced personnel for maintenance checking and reduction in additional cost caused by Breakdown. In this study, we focus on the analysis of Maintenance Cost since it takes the major part in cost reduction activity.

Current maintenance practices of the Korean weapon system have been analyzed. And a case study has been performed to analyze the impact of maintenance cost reduction when CBM was deployed and customized to fit the Korean weapon system environment. This paper also analyzes the connected effect of CBM with Performance Based Logistics (PBL) and also with Contractor Logistics Support (CLS) which is planned to be adopted by the Korean Military Force.

*<Key Word> Condition Based Maintenance, Time Based Maintenance,
Maintenance Cost, Performance Based Logistics*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 한국군의 무기체계는 다양성, 복잡성, 기술집약형 그리고 획득의 고가성으로 인하여 무기체계 운용에 막대한 예산이 소요되고 있어, 정부(군) 차원에서 수명주기비용을 최소화하려는 노력이 기울여지고 있다. 이러한 노력으로 다양한 운영시스템의 선진기술도입과 비용절감방안에 대한 대책이 수립되고 있으며, 총수명주기 체계관리(TLCSM)와 같은 선진기술도입을 통한 수명주기 비용절감과 무기체계 가동률향상을 계획하고 있다. 또한 총수명주기 체계관리와 더불어 보다 효율적인 무기체계의 운용을 위하여 성과기반 군수지원(PBL)의 개념을 접목시켜 효과를 극대화하려 하고 있다.

총수명주기 체계관리는 군의 입장에서 부여된 전투준비태세 내지는 전투력증가를 주력으로 하며, 그 밖의 군수수요(Logistics Demand)를 최소화하여 전력증강과 비용절감이라는 두 가지 효과를 동시에 창출하고자 한다. 이러한 군수수요의 최소화는 정비, 보급 및 수송 분야 등에서 크게 비용을 절감할 수 있어서 민간자원을 활용할 수 있는 대책을 추진 중이다.

미국, 영국 등과 같은 국방선진국에서는 이미 이러한 개념을 20여년 전부터 도입·적용하여 실효를 거두고 있으며, 한국군의 경우는 「국방개혁 2020」을 통해 ‘총수명주기 체계관리’ 및 ‘성과기반 군수지원’을 적극 도입하여 민간 기업인 방산업체의 자산과 정비능력을 활용하려 하고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 수명주기의 비용절감이라는 큰 목표달성을 위하여, 한국군에 일부 도입되어 운용되고 있는 정비비용(Maintenance Cost)의 절감을 위한 상태기준정비(CBM) 개념의 도입과 그 효과에 대하여 이론적으로 검토하고자 한다.

정비비용 절감과 장비가동률 향상이라는 두 가지 큰 과제는 한국군 내의 정비 분야에서 고려해야 할 가장 중요한 선점과제로서, 정비비용의 감소는 군 운용의 효율화문제와 맞물려 강조되고 있으며, 장비의 가동률 향상도 전력의 극대화 측면에서 중요한 문제이다. 이러한 두 가지 과제의 해법은 궁극적으로 무기체계의 정비주기결정과 밀접한 관계가 있으며, 현재 한국군의 무기체계에 적용되고 있는 정비주기는 국내개발 무기체계의 경우, 대부분 기존 유사무기체계의 정비주기를 인용하여 정비를 수행하거나, 도입장비의 경우에는 원제작사가 제시한 정비주기를 적용하여 운용하고 있다.

그러나 이렇게 적용되고 있는 정비주기는 무기체계장비별 최적 정비주기라고 말하기는 어렵다. 예방정비(PM : Preventive Maintenance) 주기는 각각의 장비상태별, 운용시간별, 환경별, 운용자 조작능력별 및 운용개념별로 각각 고장발생의 빈도가 다르며, 이렇게 다양한 경우를 모두 적용한 예방정비주기를 산출하기는 쉽지 않다.

한국군의 예방정비는 일정한 사용빈도(시간, 횟수, 거리 등)에 따라 그 주기를 설정하고 있으며, 정해진 주기에는 장비의 상태여부를 가늠하지 않은 상태에서 정비를 수행하고 있다. 이러한 정비형태는 장비가 지닌 잔존수명(Remaining Life)을 고려하지 않은 정비이며, 이것은 곧 비용손실로 귀결된다. 즉, 잔존수명 만큼의 가동률을 유지할 수 있음에도 불구하고, 예방정비를 함으로서 수리부속, 수리시간 그리고 노동력의 손실을 초래하게 된다.

미국, 영국, 일본 등과 같은 국방선진국에서는 1980년대부터 상태기준정비(CBM)라는 장비상태에 따른 정비업무의 수행기법을 적용하고 있다. 상태기준정비는 무기체계를 구성하고 있는 각종 장비에 센서 등과 같은 진단장치를 적용하여 장비의 현 상태를 정밀하게 측정하고 그 정보를 바탕으로 정비시기를 결정하는 정비형태이다. 따라서 정비의 주기는 일정하지 않으며, 같은 장비라도 운용환경, 운용자의 특성, 사용연료 등 여러 가지 변수에 의해 변화한다. 그러한 가변적인 정비주기가 해당장비의 최적 정비주기가 되며, 이것은 곧 기존 예방정비에서 고려하지 못한 장비의 잔존수명을 사용함으로써 정비비용의 절감과 장비가동률의 향상이라는 두 가지 효과를 얻을 수 있다는 것이다.

따라서, 본 연구에서는 정비비용절감 및 장비가동률향상을 충족시킬 수 있는 정비형태인 상태기준정비(CBM)에 대하여 그 개념의 소개와 민간분야(산업시설)에서 CBM 도입에 따른 수리부속품 절감, 정비인력 감축 및 저장시설 축소와 같은 정비비용 절감효과에 대한 사례연구를 세분화하여 이론적 분석결과를 제시하고, 향후 한국군의 상태기준정비의 도입에 따른 효과를 비교분석함으로써 본 연구의 목적을 달성하고자 한다.

1.2 연구의 구성 및 방법

본 연구과제는 상태기준정비(CBM) 적용에 따른 무기체계 정비비용의 절감방안에 관한 것으로서 상태기준정비의 개념소개에 앞서 현재 한국군에 주로 적용되고 있는 예방정비형태인 시간기준정비(TBM)에 대하여 정비형태 및 실태에 대해 분석한다. 또한 서론에서 언급한 예방정비형태의 문제점을 면밀히 분석하며,

해결방법으로서 상태기준정비에 대한 개념소개와 도입효과에 대하여 분석한다.

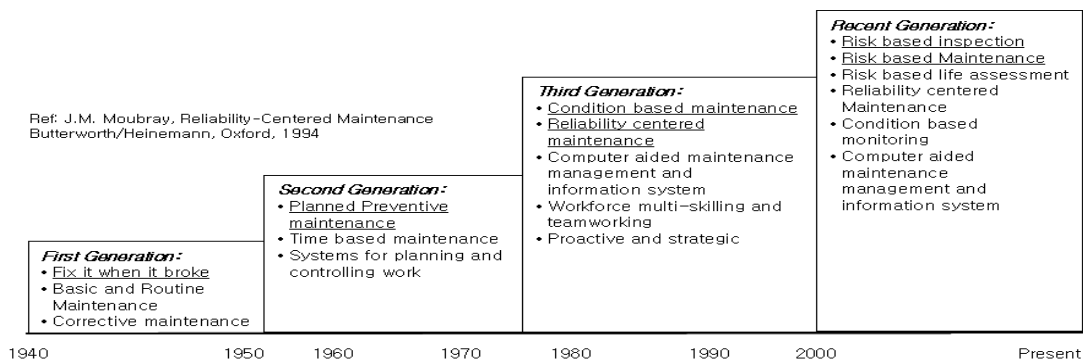
연구의 구성은 1장 서론에서 본 연구과제의 목적을 설명하며, 2장 전통적 정비형태 분석에서 기존 한국군의 예방정비형태에 대해 항목별로 분석한다. 3장은 기존 예방정비형태를 개선한 상태기준정비의 개념을 소개하며, 4장에서는 상태기준정비의 적용에 따른 정비비용절감에 대하여 항목별로 세분화하여 그 효과를 분석한다. 마지막으로 이러한 상태기준정비를 현재 한국군이 추진·도입중인 성과 기반군수지원(PBL)과 연계하여 창출할 수 있는 기대효과와 개념에 대해서도 결론에서 간략히 소개하도록 한다.

연구의 방법은 이론적 개념연구를 기본으로 하며, 국방선진국 및 한국군의 예방정비와 관련한 각종 데이터를 사례로 제시한다. 또한 상태기준정비(CBM)와 관련한 각종 연구결과(국방 선진 사례 및 민간 설비 사례)를 참조하여, 그 개념 및 효과를 소개하며, 정비비용절감효과에 대한 검토방식을 통하여 한국군의 향후 정비형태의 발전에 도움이 되고자 한다.

2. 정비형태의 분석

한국군은 과거 무기체계 개발능력을 보유하기 이전, 대부분의 무기체계를 국방선진국의 장비를 도입하여 운용해 오고 있었다. 이 때문에 대규모의 무기체계가 국방 선진국에서 도입됨과 동시에 그들의 정비정책도 그대로 도입되어 현재 까지 운용되어지고 있는 실정이다. 최근들어 국내실정에 맞게 정비정책을 변형하여 운용하고 있으나, 기본적인 정비정책의 방향은 선진국의 정책을 기반으로 하고 있다.

이러한 선진국의 정비형태는 아래 <그림 1>에서와 같이 점진적으로 비용을 절감하고 실시간으로 장비를 파악할 수 있는 방향으로 변천해 왔다.

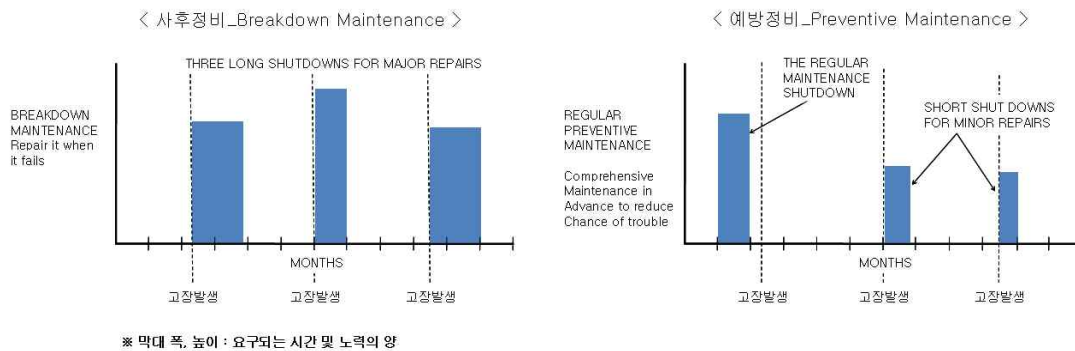


<그림 1> 정비정책의 변천사

2.1 사후정비(BM)

<그림 1>에서 1950년대까지의 정비형태는 무기체계 장비의 고장이 발생한 후에 정비조치를 취하는 정비형태로서, 통상적으로 사후정비(Breakdown Maintenance) 혹은 비계획정비(Corrective Maintenance)라 한다. 이러한 정비형태는 장비의 고장(Failure/Breakdown) 발생 후 해당 장비를 일괄 교체하는 정비형태로서 고장장비가 중요한 기능품 혹은 고가품인 경우는 무기체계 가용도 및 비용측면에서 손실이 대단히 크다. 반면 고장장비가 단순장비 혹은 비 중요 품목인 경우는 효과적인 정비행위라 할 수 있다.

이러한 사후정비는 주기적인 점검 및 정기교환을 하지 않는 정비형태로서 점검 비용을 최소화할 수 있으며 해당장비를 한계수명(Limited Life)까지 사용할 수 있다는 측면에서는 장점으로 부각될 수 있으나, 이러한 장점보다는 고장발생 후 무기체계에 미치는 정비비용의 손실, 가동률 저하 및 타 장비로의 2차 고장유발을 원인으로 사장되고 있는 정비형태이다.



<그림 2> 정비정책(사후정비 vs 예방정비)의 결과비교

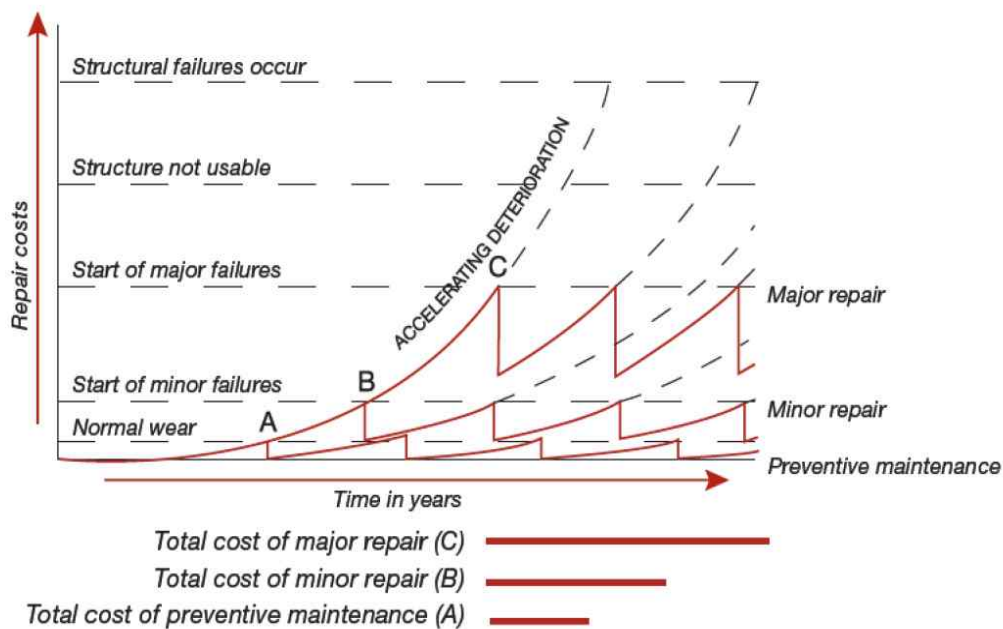
2.2 예방정비(PM)

사후정비(Breakdown Maintenance) 이후 개선된 정비형태로서 1970년 중후반까지 국방선진국에서 적용되었던 정비정책은 일정시간 혹은 무기체계 가동기간을 기준으로 하는 예방정비(Preventive Maintenance)이다. 예방정비는 통상적으로 시간을 기준으로 정비주기를 선정한다고 하여, 시간기준정비(Time Based Maintenance)라고도 한다. 이러한 예방정비의 형태는 일상점검을 하지 않고 부품교환이나 장비의 분해검사를 주어진 일정기간마다 실시하여 장비의 고장발생확률을 감소시켜 신뢰성을 확보하는 정비방법이다.

이러한 예방정비는 <그림 2>와 같이 고장발생 후 정비를 수행하는 사후정비의 경우 고장에 대한 수리의 시간 및 노력이 많이 소요되는 반면, 예방정비의 경우 초기정비업무 수행이후 점차적으로 정비의 시간 및 노력의 양이 점점 줄어들어 갈 수 있다. 이는 주기적으로 예방정비업무를 수행함에 있어 정비요원의 숙련도를 향상시키고 및 정비시간을 단축시키는 효과의 결과라고 볼 수 있다.

예방정비주기는 근본적으로 과거 장비운용에 따른 고장데이터를 분석하고, 평균고장시간(Mean Time Between Failure : MTBF)을 기본값으로 하여 책정한다. 이러한 경험자원 및 확률결과를 분석하여 장비의 고장 이전에 분해검사 및 교환함으로써 장비의 가용도를 향상 시킬 수 있다.

또한, <그림 3>과 같이 고장발생후 정비하는 사후정비의 정비비용에 비해서 예방정비의 일정주기를 이용한 고장예방효과로서 궁극적으로 정비비용이 절감될 수 있다. 단순고장(Minor Failure)이 발생하는 'B'에서의 비용 혹은 주요고장(Major Failure)이 발생하는 'C' 지점에서의 수리비용 보다 예방정비업무를 수행하여 고장을 예방하는 비용이 효과적임을 알 수 있다.



<그림 3> 예방정비 정비비용의 효과분석그래프[3]

하지만 이렇게 책정된 예방정비주기는 확률을 근거로 분석된 주기로서 일부

대상이 되는 장비를 제외한 전체적인 무기체계의 입장에서는 대부분의 장비의 상태가 고려되지 않은 정비업무이다. 따라서 무기체계의 잔존수명 만큼 운용할 수 있는 기회를 박탈함과 동시에 잦은 정비업무로 인한 정비비용의 과다라는 단점을 가지고 있다.

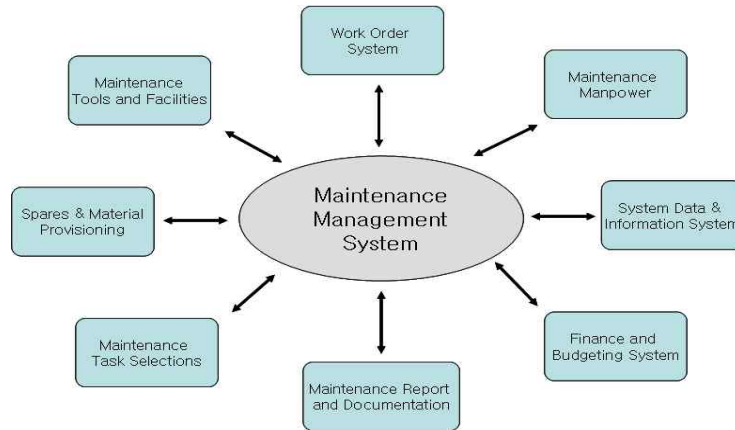
2.3 상태기준정비(CBM)

무기체계를 운용하는데 있어 정비형태로서 1970년대 중후반까지 적용되었던 사후정비(Breakdown Maintenance) 및 예방정비(Preventive Maintenance)의 단점 및 정비비용 손실을 개선하기 위하여 1980년대를 기점으로 국방선진국에서 도입한 정비형태는 상태기준정비(Condition Based Maintenance)이다. 상태기준정비는 무기체계의 특정부위에 센서 또는 휴대형 상태진단장비 등을 이용하여 실시간으로 측정/수집된 데이터를 기반으로 무기체계의 정상작동 여부를 파악하여 필요시 정비를 행하는 정비형태이다. 상태기준정비의 기준이 되는 것은 시스템의 성능(Performance)을 측정할 수 있는 성능파라메타 값으로서, 표준치 또는 기준치(Threshold Value)에 도달여부를 근거로 고장을 식별하여 정비하게 된다.

상태기준정비는 기존의 정비형태에 비해 정비인력을 절감할 수 있으며, 고장으로 인한 다발성 손상을 방지할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그중 가장 큰 장점으로써 장비가 고유하게 가지고 있는 수명을 최대한으로 사용할 수 있다는 점에서 비용을 절감할 수 있다. 이러한 정비형태는 현재 국방선진국에서는 일부 단점을 보완한 정비형태를 운용 중에 있다. 한국군에서도 이미 해군에서 2000년대 후반, 상태기준정비(CBM) 개념을 도입하여 일부 함정에 시범적으로 적용하고 있으며, 점차 확대 적용할 계획이다.

최근 국방 선진국에서는 상태기준정비를 진보시킨 시스템으로서 컴퓨터기반 정비관리체계(CMMS : Computerised Maintenance Management System)를 도입하여 운용하고 있다. 컴퓨터기반 정비관리체계(CMMS)는 정비와 관련된 모든 제반사항에 대하여 하나의 시스템으로 통합·관리하는 운영체계로서 정비관리, 인적자원 관리, 비용관리, 보급관리 등을 통해 최적의 정비관리체계를 구축할 수 있는 시스템이다.

컴퓨터기반 정비관리체계(CMMS)는 <그림 4>에서 보는 바와 같이 ‘작업주문 시스템’, ‘정비인력’, ‘장비정보데이터관리’, ‘재정 및 예산관리’, ‘정비보고서’, ‘정비업무선택’, ‘수리부속현황’, ‘공구 및 시설’과 같이 총 8개 항목의 관리체계를 구축하고 있다.



<그림 4> CMMS Structure[8]

3. CBM의 개념 및 적용

3.1 상태기준정비

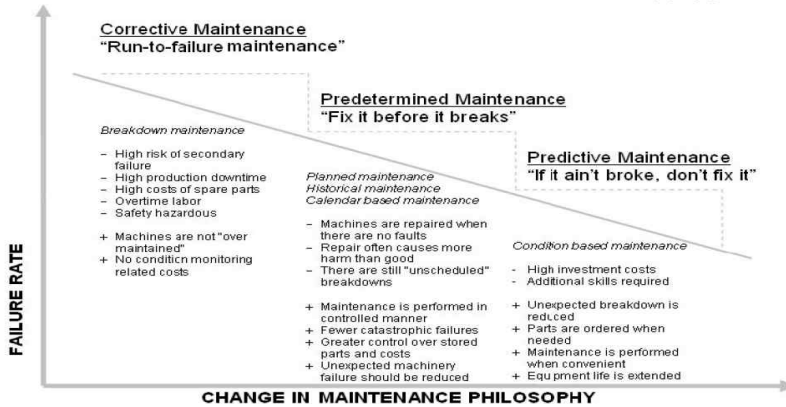
1) CBM의 개념

상태기준정비(CBM)는 무기체계 각 구성 장비의 상태를 정상 가동상태로 유지할 수 있도록 지속적으로 상태를 정량적 분석하여 고장징후나 성능저하를 초래하는 시점을 미리 파악하여 고장발생 직전에 정비함으로서, 장비가 가지고 있는 최대 수명까지 사용 가능케 하는 최신 정비형태 중의 하나이다.

무기체계 운용장비의 수명을 정확히 알 수 있다면 갑작스러운 고장으로 인한 치명적 손실 및 전투력 저하와 같은 손실을 예방할 수 있을 것이다. 하지만 장비의 수명은 운용하는 환경에 따라 열화(Degradation) 정도가 다르며 가변적이기 때문에 수명을 정확히 예측한다는 것은 불가능하다. 상태기준정비의 핵심은 바로 이 장비들의 상태를 분석하여 수명을 예측하고 그에 적합한 정비대책을 통해 장비의 상태를 최대한 양호하게 유지하는 것을 목표로 하고 있다.

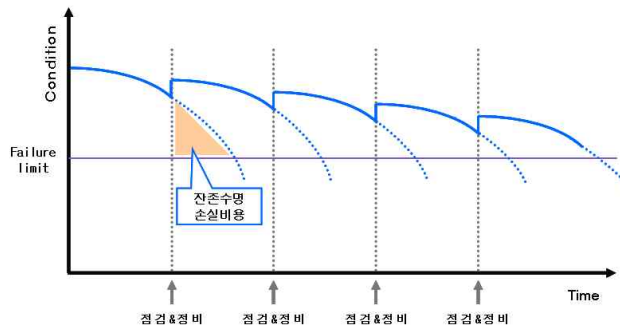
<그림 5>에서 보는 바와 같이 무기체계 장비의 고장률(Failure Rate)은 정비형태에 따라 고장발생빈도가 다르게 나타남을 알 수 있다. 즉 고장발생 후 정비를 수행하는 비계획정비(Corrective Maintenance)의 고장률을 기점으로 주어진 일정 기간 또는 시간에 정비를 수행하는 예방정비(Preventive Maintenance)의 경우는 비계획정비 보다 고장률이 낮아짐을 알 수 있으며, 최종적으로 고장발생 전 고장을

예측하고 정비하는 상태기준정비의 정비형태에서 고장률이 가장 작게 나타남을 알 수 있다.



<그림 5> 고장률(Failure Rate) vs 정비형태(장/단점)의 관계

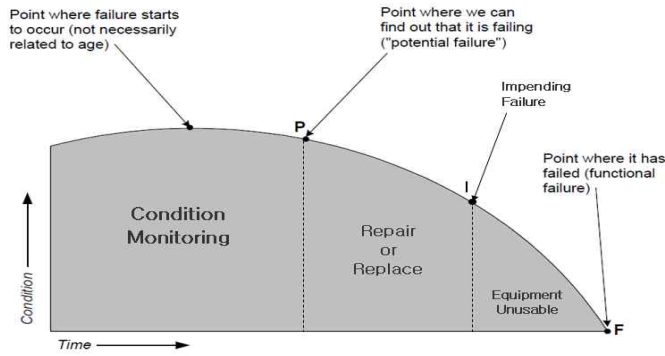
이러한 상태기준정비의 장점은 무기체계운용가용도가 상승할 뿐만 아니라 장비의 수명을 최대로 사용함으로써 비용절감의 효과를 얻을 수 있다[9]. 앞서 '2장의 전통적 정비형태분석'의 예방정비(Preventive Maintenance)에서 시간기준정비(TBM)의 가장 큰 단점중의 하나로서 언급한 주기 또는 시간에 장비의 상태를 고려하지 않은 정비행위로 인해 정비대상 장비의 잔존수명에 대한 손실을 막을 수 없다는 단점을 분석하였다.



<그림 6> 점검주기별 장비상태분석 그래프

<그림 6>에서 보는바와 같이 장비상태에 따른 잔존수명은 예측할 수 없을 뿐만 아니라 '점검 & 정비' 주기에 따라 잔존수명이 고유수명에 준하는 수명을 가질 수도 있으며, 때로는 잦은 '점검 & 정비' 행위로 고장직전에 잔존수명이 없는 상태에서 정비를 수행할 수도 있다. 하지만 잔존수명이 고유수명에 준하는 시

점에서는 장비의 상태를 분석하지 않은 정비로 인하여 정비 및 수리부속 비용손실이라는 단점을 가지고 있으며, 더구나 운용가용도의 측면에서도 손실을 초래할 수 있다.



<그림 7> 장비열화에 따른 CBM적용개념 [P-F 그래프]

상태기준정비는 이러한 단점을 보완하기 위하여 <그림 7>에서 보는 바와 같은 과정을 거쳐 정비업무를 수행한다. 잠재고장(Potential failure)이 발생하기 시작하는 "P" 시점 이전은 상태기준정비에 있어 상태감시(Condition Monitoring) 기간이다. 이 기간 동안에는 각종장비에 적용되어 운용중인 센서 및 계측장비로서 실시간으로 장비의 상태를 분석한다. 이러한 상태감시(CM) 동안에 축적된 장비정보는 각 장비의 고유 표준치 혹은 기준치(Threshold Value) 및 추이분석(Trend Analysis)을 기준으로 잠재고장시점(P)을 파악 할 수 있다. 이러한 잠재고장이 시작되는 시점(P)에는 통상적으로 해당장비의 기능변화(Change in Performance)가 감지되는 시점이기도 하다.

상태기준정비는 'P-I 구간'에서 해당장비에 대한 정비를 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 이 구간은 장비가 실질적인 기능고장을 발생시키는 'I-F 구간' 이전까지 장비를 운용할 수 있다는 점에서 시간기준정비(TBM) 보다 진보된 정비형태라 할 수 있다. <그림 7>의 상태감시는 상태기준정비 개념에 있어 중요한 측정항목 중 하나로서 장비의 상태를 실시간 파악하기 위한 각종 장비측정기술과 측정된 정보를 분석하는 분석기법으로 나눌 수 있다.

2) 상태감시기술

상태기준정비(CBM)을 수행하기 위해서는 장비에 대한 과학적이고 정량적인

정보가 요구된다. 이러한 장비정보를 획득하기 위한 방법이 상태감시기술(Condition Monitoring Technique, CMT)이다. CMT란 장비의 정상상태를 계측수단을 이용하여 감시하는 기술이다. 이러한 기술은 해당장비의 이상, 열화 또는 고장의 원인 및 발생 매커니즘을 파악하며, 장비고장의 종류, 발생위치, 치명도를 분석한다. 또한 열화의 진행 및 고장의 발생시기를 예측하는 것으로 요약할 수 있다. 상태감시기술은 기술발전에 따라 지속적으로 많은 방법이 개발되고 있으며, 대표적으로 장비외형표피의 마모율을 분석하는 깊이게이지(Depth Gage), 장비형상의 뒤틀림 및 부식상태를 분석하는 표면재질분석기, 비정상 진동패턴을 분석하는 진동패턴분석기, 오일(Oil)의 상태를 분석하는 유량분석기 등이 있다. 즉 측정대상장비에 따라 진단방법도 여러 가지이며 측정장비도 다양한 것을 알 수 있다.

일반적으로 장비의 고장형태는 운용시간이 경과함에 따라 초기고장, 우발고장, 마모고장의 순으로 나타난다. 예방정비가 효과를 나타내는 것은 마모고장의 경우이며, 전동기의 베어링 교환 등이 그 대표적인 예이다. 이들 장비에서 마모고장이 다발적으로 발생하기 시작할 때까지의 사용기간을 설계데이터나 과거 경험에서 찾아내어, 적절한 시기에 보수하거나 부품을 교환함으로써 고장을 미연에 방지하는 것이다. 우발고장은 불규칙적으로 발생하므로, 여기에 대응하려면 장비의 진단기술, 모니터링 기술이 필요하다. 처음에는 불규칙적으로 발생하는 것처럼 보이는 장비의 이상도 미시적으로 보면 고장발생부분의 마모고장으로 귀착된다. 따라서 장비고장의 예지가 가능하도록 구성단위를 세분화하고, 각 부분에 대하여 계측을 행하여 이상 유무를 판정하고, 이상 파악 시 그 진행상황의 감시가 가능하다면, 장비에 중대한 고장사고가 발생하기 전에 정비가 가능하다.

상태감시기술(CMT)은 장비구성요소가 마모고장의 시기에 가까이 왔는지의 여부를 알 수 있으므로, 정비형태를 시간기준정비(TBM)에서 상태기준정비(CBM)로 바꿀 수 있다. 장비에 대한 감시행위로서 이상 또는 고장에 대한 신호의 검출, 신호의 특징관리, 고장원인 및 고장위치 파악이 필요하다[4]. 이러한 운용중인 무기체계장비의 상태를 정확히 파악하고 감시기술을 적용하기 위해서는 센서기술이 중요한 역할을 하며, 센서를 통해 각 대상 장비마다 열화추정에 사용되는 장비상태정보를 얻을 수 있다. <표 1>은 이러한 각 장비마다의 특성을 고려한 상태데이터 검출에 사용되는 대표적인 센서와 그 적용 대상을 나타내고 있다.

<표 1> 상태감시기술(CMT)과 적용대상

구분	진단기술	측정항목	적용대상
1	Depth Gage	- 장비 두께측정, 마모/부식률 등	외피, 갑판 등 판구조
2	표면재질분석기	- 마모도로 손상, 균일도포여부 - 부식발생에 따른 선체 손상률	장비외피 및 수면하 선체
3	초음파 형상진단기법	- 선체형상, 스크래치, 부식 등	수면하 선체
4	진동패턴 분석법	- 비정상 진동패턴/고장예측	엔진류, 추진부등
5	열유동 분석법	- 장비마찰에 의한 고/저온 감지	발전기, 냉각계통 등
6	절연저항 분석법	- 저항, 전선 등 전열장비 절연 저항 이상수치 측정	발전기, 전열계통 등
7	성분변화 검출기	- 점도, 수분함량, 밀도측정	윤활유, 연료유 등
8	윤활유 분광분석법	- 마모에 의한 부식물 성분검출	축, 기어 등
9	열감지 분석법	- 마찰에 의한 이상 고/저온 감지	포신류 등
10	정격출력 감지센서	- 정격출력 이상 유무점검	레이더, 통신기 등
11	자체점검(BIT)	- 보드류, 전원공급 등의 점검	전자장비, 레이더 등

그런데, 상태감시기술(CMT)로 획득된 각 장비에 대한 상태정보를 분석하여 장비별 고장시점의 예측과 장비상태를 예측하는 것은 어려운 기술이다. 한국군에서도 일부 장비에 시범적으로 CMT를 적용하여 장비상태정보를 획득하여 운용하고 있으나, 획득된 정보를 분석하는 기술력 부족으로 상태기준정비 업무수행에 어려움을 겪고 있다. 하지만 국방선진국에서는 장비상태 및 고장시점 예측을 위하여 다양한 방법을 적용 중에 있으며, 대표적으로 다음과 같은 기술을 적용하여 고장시점을 예측하거나, 장비 상태를 감시하고 있다.

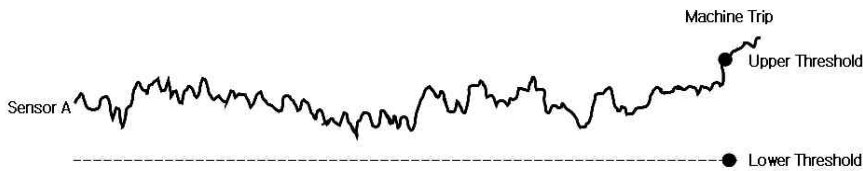
(a) 추이분석(Trend Analysis) 기법이다. 추이분석기법은 CMT 기법에 의해 장비 감시 시 상태그래프가 현격히 ‘하락곡선(Downward Slide)’을 나타낼 때 분석하는 기법이다. 즉, <그림 7>의 ‘P-F 그래프’상에서 고장발생이 시작되는 시점(P-point), 고장임박을 나타내는 시점(I-point) 및 고장발생시점(F-point)의 추이(Trend)를 분석함으로써 시점을 결정하는 방법이다. 이러한 ‘P-I-F Point’는 장비의 상태가 점진적으로 열화되고 있음을 알리는 곡선이기도 하다.

(b) 경향분석(Pattern Recognition) 기법이다. 경향분석기법은 고장을 일으킨 사건(Event)과 장비의 고장사이에 원인이 되는 관계와 자료를 분석하는 기법이다.

즉, 함정의 함포를 예로 들면, 함포에서 구동중인 회전축 기어는 함포의 잦은 회전이동에 따른 열화로서 기어가 마모되어 고장을 일으킨다는 관계를 알 수 있으며, 이러한 관계를 추적하는 것이 경향분석기법이다.

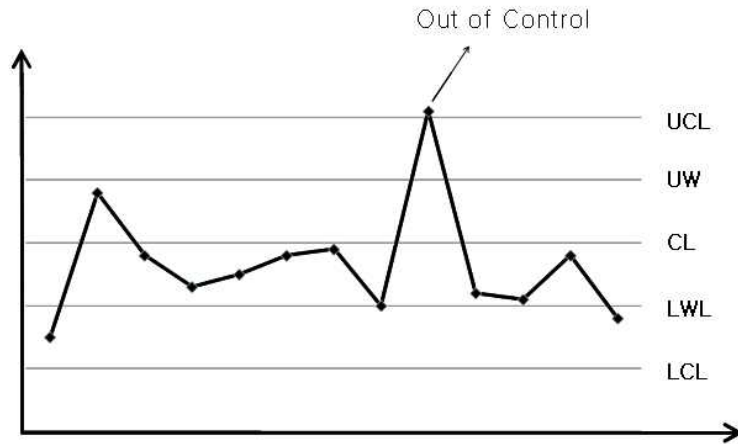
(c) 한계치 및 기준치에 의한 검사(Test against Limits and Ranges) 방법이다. 본 기법은 가장 널리 쓰이는 기법이며, 가장 간단한 방법 중의 하나로서, 장비에 장착된 각 센서들 혹은 측정지점들마다의 상한값(하한값)을 설정하여 값을 비교 분석하는 기법이다. 이때 장비가 실제고장을 일으키는 시점이전에 ‘상한값(Upper Threshold)’과 ‘하한값(Lower Threshold)’을 설정함으로써 고장이전에 상태알람(Alarm)을 통해 정비를 할 수 있도록 하는 기법이다.

<그림 8>은 실제 적용되어 운용되는 기준선 설정검사기법의 사례이다.



<그림 8> 기준선 설정에 의한 상태감시(사례)

(d) 통계적 공정관리(Statistical Process Control) 기법이다. 통계적 공정관리 기법은 장비에 요구되는 성능을 만족하기 위하여 통계적 방법에 의하여 공정을 관리해 가는 관리방법이다. 통계적 제어도표를 사용하여 제조공정들을 모니터링 하는 SPC 방법에는 여러 가지가 있지만, 그 중 널리 사용되고 있는 기법으로서 Walter Shewhart가 제시한 Shewhart Chart를 이용한 SPC 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 이 방법은 모니터링하는 변수가 일정한 평균과 분산을 가진다는 가정 하에 분석되어지며, 실제 공정으로부터 오는 데이터를 이용하여 통계적 방법으로 <그림 9>와 같이 99%, 95% 신뢰도를 가지는 제어선들(Control Line : UCL, UWL, CL, LCL, LWL)을 구할 수 있다. 이러한 제어선들이 구해지면 모니터 하는 변수가 아래, 위 두 제어선 사이에 있으면 통계적 제어상태(In Statistical Control State)이고 벗어나면 이상상태(Out of Control)라는 논리로 모니터링 하는 방식이다[5].



<그림 9> Shewhart Chart 분석법

결론적으로, 상태기준정비(CBM)의 개념은 각 장비별 정상상태의 진단항목별 정보를 구축하여 비정상상태의 유형 및 진단항목을 기준 비교함으로써 장비의 상태를 감시 및 진단하는 ‘상태진단과정’과 이러한 상태정보를 분석하여 정비시점 혹은 고장시점을 파악하여 정비여부를 파악할 수 있는 ‘증상분석과정’과 실질적으로 정비를 수행하는 ‘정비과정’의 3단계로 정의 할 수 있다. 이러한 개념은 일정기간 후 정비를 수행하는 정비형태에서 장비의 상태를 파악 후 필요시에 정비를 한다는 선진정비개념이라고 할 수 있다.

3.2 CBM의 적용

1) 민간분야의 적용사례

민간분야에 있어서의 상태기준정비는 선진국뿐만 아니라 국내에서도 설비의 중요성 및 고장 후 생산차질로 인한 비용손실을 인지하여 이미 오래전부터 상태기준정비를 적용하여 운영하고 있다. 특히 산업시설 중 플랜트설비공장, 원자력 발전소, 석유/가스 시추 및 운송플랜트, 해양대형선박 등에 광범위하게 적용되어 운영하고 있으며, 상태기준정비의 실효를 거두고 있다. 제조업체의 설비유지보수 비용은 제품원가의 15~40%를 차지하고 있는 것이 현실이며, 이에 기업의 경영관리는 설비유지보수비용 절감을 위하여 상태기준정비를 도입·운영하고 있다.

민간분야에 있어서 상태기준정비는 무기체계에 적용하고 있는 기준과 그 개념이 동일하며, 각각의 중요설비에 관리한계를 설정해 두고 설비상태를 모니터링함으로써 장비의 상태를 감시하는 형태로 운영하고 있다. 즉, 보일러, 펌프, 압축

기, 터빈, 송풍기, 크레인, 배관, 밸브 및 기타 시설물에 대하여 압력, 전압, 하중 등의 정상적인 범위를 설정하고 이러한 값들을 실시간 모니터링 함으로서 장비의 정상유무를 판단할 수 있다.

민간사례의 한 경우로서 국내 열병합발전플랜트 시설에 상태기준정비를 적용하여 그 이전의 시간기준정비를 적용했을 때 보다 정비작업 인원수는 30% 절감, 자재비용도 30%[1] 정도의 절감효과를 거둘 수 있었다. 이러한 사례는 국내의 산업시설에서 뿐만이 아닌 해외의 다수 산업시설에서도 그 실효가 입증되고 있으며, 이미 정착화단계에서 향상된 상태기준정비로의 개념발전을 도모하고 있다.

2) 국방선진국의 적용사례

국방선진국인 미국이나 영국의 경우 무기체계에 상태기준정비를 적용한 사례는 대부분 복합무기체계인 해군함정에서 시작되었다고 할 수 있다. 함정은 단일 기능품이 아닌 복합기능의 무기체계가 탑재되는 시스템으로서 많은 기계장치류 뿐만 아니라 오일류, 전동장치류 등이 탑재됨으로서 임무를 수행하는 전략무기체계이다. 이러한 무기체계의 특성상 이미 1970년대 이후부터 미국과 영국에서는 함정에 CM(상태감시)기술을 적용하여 장비를 감시하여 왔으며, 이러한 기술이 발전하여 CBM으로 발전해 왔다.

과거 미국 및 영국의 함정은 오늘날 한국군이 수행하고 있는 예방정비업무의 비효율성, 즉 일정기간 운행 후 정비활동을 하는 예방정비가 함정의 운용에 따른 장비의 고장기록이 고려되지 않은 정비형태임을 파악하고 새로운 정비개념인 상태기준정비를 도입운용하게 되었다. 이러한 신개념의 정비형태는 예기치 못한 고장증가 없이 장비를 장기간 운용하는 것을 목표로 추진되었으며 CM(상태감시)기술의 도입으로 실현하게 되었다.

영국해군의 경우 상태기준정비의 정착과 더불어 약 30개의 함정으로부터 다양한 상태정보가 축적되었으며, 이러한 함정에는 항모, 순양함, 구축함을 포함하여 Trident급 잠수함, Hunt급 소해함 등이 포함되어져 있다. 이러한 정비개념의 정착으로 영국해군은 함정장비의 상황에 즉각적이고 상세한 감시가 실시간으로 가능하게 되었으며 장비운용에 지장을 주지 않고 고장징후를 포착하여 사전에 수리하는 것이 가능하게 되었다[4]. 또한 상태기준정비의 도입으로 기존의 예방정비 횟수를 현격히 줄일 수 있었으며, 이러한 효과는 정비 비용 및 인력의 감소라는 절감효과와 더불어 함정의 가동률을 향상시킬 수 있다는 실효를 거둘 수

있었다.

현재의 국방 선진국은 상태기준정비의 개념을 발전시켜 운영하고 있으며, 미국의 경우는 상태기준정비(CBM)와 신뢰성중심정비(RCM)를 혼합하여 보다 정확하고 계획적인 정비를 유지하고 있다. RCM 방법은 체계 설계의 차원에서부터 잠재적인 고장을 예측하고 정비 활동을 제안하는 방법이며, 설계 단계의 잠재 고장과 운용 단계의 상태 정보 감시를 통해 보다 정확한 정비 활동을 수행하고 있다. 영국의 경우는 상태기준정비의 관리차원에서 CMMS(컴퓨터기반 정비관리체계) 도입으로 정비와 관련된 모든 제반사항 즉 정비관리, 인적 자원관리, 비용 관리 및 보급 관리 등을 통합 운영하는 관리체계 도입으로 개념을 발전시키고 있다.

3) 한국군의 적용사례

상태기준정비(CBM)의 개념은 단일 무기체계라 할 수 있는 육군 및 공군의 장비에서 보다는 해군 함정과 같은 복합 무기체계인 경우 더욱더 실효를 거둘 수 있는 개념이라 할 수 있다. 현재 한국군의 경우 육군과 공군에서도 일부 상태기준정비의 개념을 도입하여 주로 탱크 및 항공기의 엔진류 및 구동부에 CMT 기술을 적용하여 운영하고 있으나, 범용적이라 할 수는 없는 실정이다. 하지만 한국 해군의 경우는 해군 함정의 복합 무기체계, 원거리 작전수행 및 최첨단화 장비라는 특성으로 인하여 2006년 참모총장 지휘지침에 따라 함정 정비제도 개선을 위한 상태기준정비(CBM) 개념의 도입을 구체화하기 시작하였다. 이후 이 과제는 해군군수사령부의 참모총장 지휘지침 구현을 위한 수행과제로 지정되었으며('07.2.9) 해군본부 정비처와 함께 관련과제의 수행이 이뤄지고 있다.

과제의 추진중점은 정기상가의 CBM적용, 윤활기계류의 CBM적용 및 CBM체계 적용을 위한 기반구축 등이며, 정기상가의 CBM 적용분야는 2008년 이후 정기상가 주기가 도래되는 모든 함정에 적용될 예정이다[4].

윤활기계류의 CBM적용 분야는 디젤엔진, 가스터빈, 감속기어, 가변추진기 등이며, 우선적으로 윤활유 분광분석 기법을 적용하여 디젤엔진 2종에 장비상태를 실시간으로 측정하는 기술이 운용 중에 있다. 또한 2008년 5월에는 “증상분석 기술 확보 및 상태진단 표준절차”가 정립되었으며, 중기계획으로 2009년부터 2013년까지 상태진단을 위한 입자오염도 측정기등과 같은 필수장비 확보계획도 수립된 상태이다. 이와 같이 현재 한국군의 경우는 CBM의 실효성에 대하여 적극적으로 도입을 목적으로 해군을 중심으로 도입을 추진 중에 있으며, 이에 따라 향후 10

년 안에 관련기술 발전 및 도입을 통해 정착화 될 것으로 판단된다.

“국방개혁 2020”에서는 국방자원 및 시설의 경제적 운영을 위하여 정비분야의 비용절감을 강조하고 있다. 이러한 정비비용절감은 성과기반 군수지원(PBL) 및 총 수명주기체계관리(TLCSM)의 도입을 통해서도 성취할 수 있으나, 근본적으로 정비의 실태를 변형하는 상태기준정비(CBM)의 적극적 도입을 통해서도 이룩할 수 있는 과제라 할 수 있다.

4. CBM도입의 효과분석

4.1 정비비용의 책정구조

최근 한국군 무기체계의 첨단화, 다품 소량화, 고가화 및 복합운용의 개념은 장비를 운용함에 있어 점차적으로 정비유지를 위해 더 많은 투자와 지원을 요구하게 되었다. 이러한 첨단 무기체계의 정비를 위해서는 정비비용의 예산비용도 점진적으로 규모에 맞게 증가되어야 하나, 국방예산 정책상 만족할만한 수준의 증가는 보이지 않고 있다. 이러한 원인 중 하나는 국방정책의 변화와 더불어 경상운영비에 속하는 정비비용 보다는 국방전력증강을 위한 군비예산책정에 한 원인이 있다고 볼 수 있다.

정비예산은 야전/창/외주/해외 정비비, 수리부속비, 정비부대 인건비 등을 합산하여 재래식 장비의 경우 자산대비 정비비 비율이 4.5%, 기술집약형 첨단장비의 경우 6.7%가 되어야 적정수준이라고 할 수 있다[4]. 하지만 최근 10년간('97년~'07년) 장비획득비와 장비유지비(운용비용, 정비비용, 보급비용, 기술변경 비용 등 포함)의 증가률을 보면 전력투자비에 연평균 7.4% 증가에 비해 장비유지비는 연평균 5.5% 증가율을 보이고 있다[2]. 정비비용은 장비유지비 내에 다시 정비비용의 비율로 분할이 되어 실질적으로는 정비예산의 적정수준인 4.5%~6.7% 보다 훨씬 작은 비율이 정비비용으로 책정되어 운용 중에 있다. 이러한 정비비용의 부족은 장비가동률 저하 및 정비적체 누적으로 인하여 전력손실을 초래하고 있는 상황이다.

최근 한 연구 결과에 의하면 무기체계 첨단화에 따라 장비유지비 소요가 급격히 증가하는 결과를 볼 수 있으며, 실질적인 국방재원판단 대비 각 연구기관 및 선진사례의 장비유지비 비율에 큰 차이가 남을 알 수 있다.

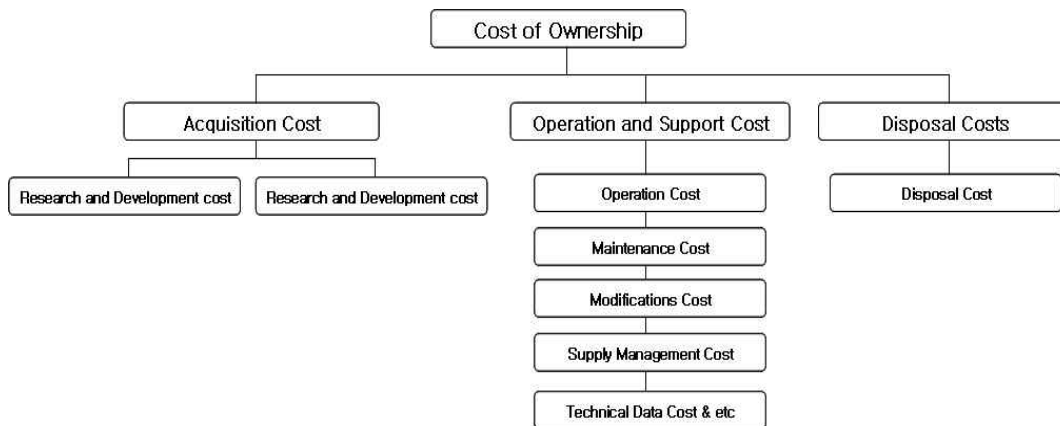
<표 2> 무기체계의 합리적인 장비유지비 산출

연 도 (단위 : 조원)		2014년	2017년	2020년
장비자산가		110.1	146.6	168.4
장비 유지비	국방개혁 재원판단	(2.8%)	3.0	4.5
	KIDA 연구사례	(4%)	4.4	6.7
	미국사례	(8%)	8.8	13.4

※ 출처 : 「국방개혁 2020」 재원판단/무기체계의 합리적인 장비유지비 산출

이러한 한국군의 지속적인 장비유지비의 부족현상으로 인한 전투력손실을 방지하기 위하여 정부(군)에서는 총 수명주기 관리체계 및 성과기반 군수지원을 도입하여 유지비용 절감에 노력을 기울이고 있으며, 정비분야에 있어 근본적인 개혁추진과제로 상태기준정비 개념을 도입하여 정비비용(Maintenance Cost)을 절감하려 한다. 상태기준정비는 장비의 상태에 대한 즉각적이고 상세한 감시가 가능하다는 점과 장비운용에 지장을 주지 않고 고장의 징후를 포착하여 사전에 수리할 수 있다는 점, 또한 계획적인 예방정비 횟수를 줄일 수 있다는 점에서 근본적인 비용절감의 효과가 있다고 할 수 있다.

총 수명주기 관리체계는 총 소유비용(TOC)과 공급망 관리(SCM)로 구성 된다. 무기체계운용에 있어 소요제기로부터 폐기 시까지의 모든 비용을 구성하고 있는 총 소유비용(TOC)은 일반적으로 획득비용, 운용유지비용 및 폐기비용으로 구성 되어 지며, 이 중 TOC의 대부분의 비용을 차지하는 운용유지비용은 <그림 10>에서 보는 바와 같이 운용비용, 정비비용, 개조비용, 보급지원비용 및 기술자료 갱신 비용 등이 포함되어 진다.



<그림 10> TOC 구성도[7]

또한 총 소유비용(TOC) 중 CBM개념도입으로 비용절감효과를 얻을 수 있는 정비비용(Maintenance Cost)은 통상적으로 직접정비비용(Direct cost of Maintenance)과 간접정비비용(Indirect cost of Maintenance)으로 구분 된다. 직접정비비용은 정비업무와 직접적으로 관련이 된 비용소요를 나타내며, 간접정비비용은 정비업무를 위한 일반적인 지원 및 관리 업무에 해당되는 비용소요를 나타낸다. 상태기준정비 개념 도입으로 직접적으로 비용절감 효과를 얻을 수 있는 비용의 대부분이 직접정비비용이며, 간접정비비용은 부수적인 효과라 할 수 있다.

4.2 정비비용의 절감효과

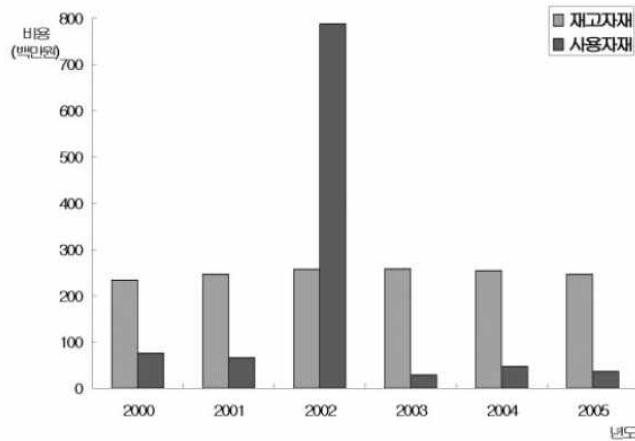
직접정비비용은 일반적으로 수리부속비용(Cost of spare parts), 자재비용(Cost of material), 인건비(Cost of personnel), 지원 및 시험장비비용(Cost of tools & support equipment), 시설소요비용(Cost of facilities) 및 기술자료비용(Cost of technical data) 등으로 구성되어 있다. 본 4.1장에서는 직접정비비용 항목 중 주요 비용 소요에 대하여 상태기준정비 개념도입에 따른 이론적 비용절감효과에 대하여 분석하고자 한다.

1) 수리부속비용의 절감

수리부속은 장비의 고장발생 시 즉각적이며 정상적인 부품교체를 위하여 운용부대 차원에서 항시 대체 가능한 예비부품을 가지고 있어야 하는 품목으로서 한국군 동시조달 수리부속(CSP)의 경우 개발장비는 주장비가격의 4%, 국외도입장비는 5%로 통상적으로 책정하여 운용하고 있다. 또한 이러한 동시조달 수리부속이외에 운용용 수리부속을 각 군별, 무기체계별 일정 비용비율을 산정하여 예비 부품으로 재고하고 있는 실정이다. 하지만 국내실정상 현재 책정되어 운용되고 있는 동시조달 수리부속 및 운용용 수리부속의 적중률에 대하여 많은 의문이 제기되고 있으며, 실제로 각 군별, 무기체계별 동시조달 수리부속(CSP)의 적중률은 상당히 저조한 상태이다. 이러한 결과로 인하여 불필요한 재고누적 및 그에 따르는 예산낭비, 보관비용 등의 이중비용손실이 초래되고 있다.

따라서 한국군뿐만 아니라 국방선진국에서도 정비를 위해 수리부속 소요를 미리 예측, 구매하여 정비부대에 재고시킨 후 소모하는 방식으로는 대부분의 부품들이 고가화 되어가는 무기체계의 특성상 막대한 비용을 감당 할 수 없게 되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로서 필수적인 소요만 적기에 구입하여 사용하는 상태기준정비 형태의 수리부속재고개념을 도입 하고 있다.

영국 산업성(UK Department of Industry)에서는 산업기반시설에 대한 상태기준 정비(CBM) 도입에 따른 연간 보전 비용의 절감 효과를 5% 가능[6]으로 책정하고 있으며, 실질적으로 상태기준정비를 적용하고 있는 선진국의 많은 국방 및 산업시설에서 수리부속 혹은 자재에 대한 비용절감효과는 그 이상이다.



<그림 11> 산업시설 CBM도입에 따른 자재비용절감 그래프

<그림 11>은 산업시설의 기계분야 정비에 소요되는 자재를 년도별 집계·분석한 것으로서 2000년도 CBM도입이후 기존 재고자재대비 CBM에 따른 사용자재의 현황을 나타내고 있다(2002년도의 사용자재 현황은 당해 연도 Overhaul 정비로 인한 소요).

이러한 산업시설에서의 상태기준정비에 의한 자재비용 절감효과는 중복재고의 감소와 실시간 장비감시를 통한 과잉재고방지를 통해 자재비용의 약 30% 절감 할 수 있었다[4].

산업시설에 대한 재고비용절감효과에서도 알 수 있듯이 국방무기체계의 수리부속도 점진적으로 고가화 및 첨단화에 따른 과도한 재고비용을 절감하기 위해 상태기준정비의 장점을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 인건비의 절감

정비인력 유지비는 정비를 수행하는 직접적인 인원에 대한 총소요비용으로서 인건비(급여)를 포함하여 유지비용(급식, 피복, 수당, 물자소모비, 간접비등)으로 구성되어지며 정비인력에 대해서는 정비교육 훈련비가 추가적으로 포함된다. 한국군에서 정의하고 있는 인력유지비는 <표 3>에서 보는 바와 같다.

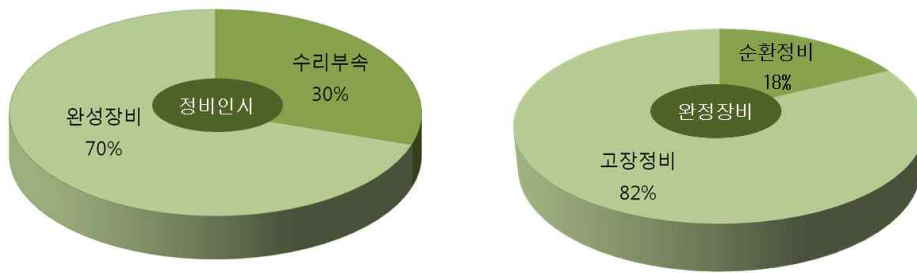
<표 3> 인력유지비 구성

구분		비용요소	
기본 인력 유지비	직접비	급여	봉급, 상여금, 정근수당, 장기근속수당, 가족수당, 정보비/가계 보조수당, 주택수당, 학비보조수당, 직무수당, 직책수당, 시간외 근무수당, 체력단련비, 군인장려수당
		급식	주부식비, 전투식량, 기호품, 증특식
		피복	초도피복, 보충피복, 개인용품
		기타	효도휴가비, 휴가자여비, 전속부임여비, 가족이전비, 연가보상비
	간접비	연금보조비, 의료보험보조비, 차량유지비	
특수 근무자 추가유지비		공중 및 해상근무자 수당 및 증식비 위험 및 특수근무자 수당, 주요 특기별 수당	

※ 출처 : 「'92 국방비용편람II」(운영유지비) 참고

이러한 정비인력의 유지비구성에서 보는 바와 같이, 한사람의 인력을 국방예산으로 유지하는데 있어 막대한 비용과 지원이 소요되고 있다는 것을 알 수 있으며, 정부(군) 차원에서는 비용절감을 위하여 인원최소화 및 정예화를 목표로 하고 있다.

한국육군의 정비현황사례를 보면, 정비인시 사용의 70% 가량을 완성장비를 수리하는데 사용하고 있으며, 이러한 완성장비 수리의 84% 업무를 고장정비 혹은 사후정비를 위해 정비인력을 운용하고 있다.

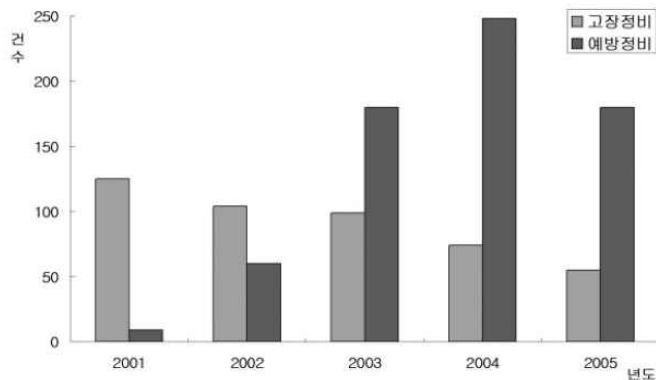


<그림 12> 육군 00 정비현황(출처 : 육군 군참부, “창정비 방침 정립안”, p.6)

CBM의 개념은 앞서 ‘3장’에서 언급하였다시피 장비의 상태를 분석하여 고장 직전에 정비를 수행하는 정비형태이다. 이러한 정비형태는 위의 육군정비현황에

서 보는바와 같이 완성장비 수리업무의 84%를 차지하고 있는 고장정비 혹은 사후정비에 대한 대폭적인 개선의 효과를 기대할 수 있다. 즉, 고장정비로 인한 정비인력의 소요 및 2차 고장유발에 따른 추가인력소요, 장비가용도 저하를 예방할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 예방정비(PM) 혹은 시간기준정비(TBM)와의 비교에서도 정해진 주기에 의해 정비를 수행하는 TBM의 과다 정비업무에서 효율성을 최대화한 최소정비업무로 정비인력 감소가 가능하다.

결국, 상태기준정비에 의해 예측된 고장정비수준에 대하여 해당장비에 대한 정비 인력만을 투입이 가능하며, 이러한 투입인력은 ‘P-F 그래프’상 장비별 최종 고장이 발생하기 전까지 일정소요기간이 존재함으로써 인력유지를 장비가 있는 부대별 배치에서 중앙집중식 인력이동정비가 가능하다. 이러한 인력운용은 최종적으로 정비인력최소화, 유지비절감 및 가용도향상이라는 효과를 얻을 수 있다.



<그림 13> 산업시설 CBM도입에 따른 정비작업건수 현황

<그림 13>은 산업시설의 기계분야 정비의 작업건수를 년도별로 집계하여 분석한 것으로서 2000년도 상태기준정비 도입이후 점진적으로 고장정비(사후정비)가 줄어들고 있음을 알 수 있으며, CBM과 함께 수행하던 PM업무도 2004년도를 기점으로 줄어들고 있음을 알 수 있다. 실질적으로 본 사례의 경우 정비작업 인원수의 현황도 2000년도 5명에서 2002년도 4명, 2003년도 3명으로 줄어든 분석 결과를 확인 할 수 있다[6].

3) 시설소요비용의 절감

한국군의 국방 시설 기준은 ‘국방 시설기준 및 설계기준’에 의거하여 시설규모 기준으로 ‘숙영 및 주거시설’, ‘행정 및 지원시설’, ‘작전/훈련/방어시설’, ‘위생

및 급식시설', '의료시설', '저장 및 정비시설', '교육 및 지원시설', '후생 및 복지시설', '종교시설' 등으로 구분된다. 시설소요는 건축비용 측면에서나 유지측면에서 막대한 비용이 소요되는 지원항목으로서 「국방개혁 2020」에서도 향후 민간자산(시설포함) 활용으로 비용절감을 계획하고 있다.

시설의 구성요소 중 CBM의 도입으로 절감효과를 얻을 수 있는 항목은 '숙영 및 주거시설'과 '저장 및 정비시설'이라고 할 수 있다. 시설소요 절감효과는 앞서 분석된 수리부속절감 및 인력소요절감에 따른 부수적인 효과라고 볼 수 있으며, CBM 도입으로 인한 수리부속 재고량 절감으로 저장 공간의 감소 및 정비업무량 감소로 인한 정비시설의 축소로 '저장 및 정비시설' 유지비용을 절감 할 수 있다. 또한 정비업무량 감소로 인하여 정비인력의 축소운용이 가능하게 되어 인력유지에 필요한 '숙영 및 주거시설'에 대한 유지비용 또한 절감 할 수 있다.

이러한 절감효과는 국지적인 CBM도입보다는 전면적인 정비형태 분야에 적용할 때 더욱 효과가 크게 나타날 수 있다.

5. 결론

상태기준정비(CBM)는 무기체계 특정부위에 센서 또는 휴대형 상태진단장비 등을 이용하여 실시간으로 측정/수집된 데이터를 기반으로 무기체계의 정상작동 여부를 파악하고 필요 시에 정비를 행하는 신개념의 정비형태이다. 이러한 정비형태는 정비비용의 절감, 고장으로 인한 다발성 손상의 방지 및 잔존수명 최대사용으로 장비유지비용 절감 및 장비가용도 향상의 효과를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 상태기준정비의 장점 중 정비비용 절감효과에 대하여 연구 하였으며, 정비비용 중 수리부속 비용절감효과, 인건비절감효과 및 시설소요 절감효과에 대하여 이론적 분석을 수행하였다.

그러나, 상태기준정비의 여러 장점 대비 단점도 존재한다. 상태기준정비는 측정대상장비 혹은 주요기능장비의 각 부위마다 고가의 센서를 설치하고 수집된 정보를 처리하는 각종 기반시설을 갖춰야 그 기능을 제대로 수행할 수 있으며, 감시대상장비의 수가 많아질수록 부착센서의 수량도 증가하여 초기설치투자비용이 다른 정비형태에 비하여 크다.

또한 도입초기의 경우, 상태감시(CM)를 통해 획득된 장비상태정보를 분석하는 고장상태판별을 위한 기준데이터 및 패턴의 정보분석능력배양에 어려움이 따른다. 이러한 단점에도 불구하고 이미 미국, 영국, 일본등과 같은 국방선진국에서는 주요 핵심무기체계에 대하여 수십 년 전부터 상태기준정비를 적용하여 많은

효과를 거두고 있으며, 현재는 상태기준정비 개념을 발전시킨 신개념의 정비형태인 위험기반정비(Risk Based Maintenance : RBM) 및 컴퓨터기반정비 관리체계(CMMS)를 도입하여 운용하고 있다.

한국군의 상태기준정비에 대한 도입현황은 본문의 사례에서 보는 바와 같이 극히 일부 장비에 대하여 시범적으로 운용되어지고 있으며, 추진현황도 설비투자 예산문제로 인하여 많은 어려움이 있는 것이 사실이다. 하지만 국방 선진국의 사례와 같이 그 효과는 기존의 어떠한 정비형태보다도 실효성이 크며, 고장에 대한 근본적인 접근방식으로 향후 기술력의 축적으로 한국군 실정에 맞는 독창적인 정비형태 개발로도 이어질 수 있을 것이다. 더불어 「국방개혁 2020」에서 추진 중인 성과기반 군수지원(PBL)의 개념과 접목시켜 장비에 대한 상태감시를 소요군이 아닌 정비대상업체(방산업체)에서 실시간으로 직접감시 및 정비업무를 수행함으로써 군의 비용절감효과를 극대화 시킬 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구의 결과로 현재 한국군이 추진 중인 「국방개혁 2020」의 비용절감 노력과 그 맥을 같이하여 향후의 정비정책 결정에 있어 도움이 되고자 한다.

참고문헌

- [1] 성동기, “상태기준방식에 의한 열병합발전플랜트 정비효율향상에 관한 연구”, 『한국플랜트학회』, p.22.
- [2] 안병성, 이용문, “무기체계획득과 운영유지를 연계한 예산편성 방안연구”, 2007, p.68.
- [3] 양보석, 『Maintenance Strategy』, 부경대학교, p.12, p.27, p.35.
- [4] 정중영, 전재호, 『해군정비시스템 CBM 적용방안의 이론적 고찰』, 해군 전투발전단, 2008, p.357, p.378, p.381.
- [5] 주재홍, “상태기반정비를 위한 실시간 데이터베이스기반의 이상감지 및 진단 시스템 구축 및 적용, 2008, p.9.
- [6] 野尻 和實, “CBM의 도입(재구축)에 의한 효과적인 보전의 실현“, 『월간 자동화기술, 99년 10월호』, p.35.
- [7] James V. Jones, Supportability Engineering Handbook, *SOLE Logistics Press*, pp. 10_3-10_5.
- [8] John Crocker & J Knezevic, *Reliability, Maintenance and Logistic Support*, pp. 197-201.
- [9] Steven W.Butcher, Assessment of Condition-Based Maintenance in the Department of Defense, *LOGISTICS MANAGEMENT INSTITUTE*, pp. 4-5.