

고속차량에서의 정비주기를 고려한 LCC 사례연구

A Study on Life Cycle Cost Considering Maintenance Period of the High-Speed Rolling Stock

최석중*† 김문홍†

Seog -Jung Choi* Moon -Hong KIM †

Abstract Since the introduction of the first LCC analysis in the high-speed rolling stock contract (Switzerland) in 1986, RAM and LCC have become principal elements of the main contract in Europe. In particular, the systems have a high cost structure, such as high-speed rolling stocks or aircrafts are very important to keep the periodic maintenance technology under the actual operational environment. But many railway operating company are applied uniformly the same in the maintenance period of the major components. In this paper, we calculate the periodic maintenance intervals based on actual failure data for major component in high-speed rolling stocks and we are study on LCC analysis of the changes this maintenance period using the LCC analysis solutions.

Keywords : Life Cycle Cost, High-Speed Rolling Stock, Maintenance, Railway Industry

초 록 과거 철도산업에서의 LCC 분석은 다양한 정책별 영향성을 고려한 차량 도입 선정 을 위한 의사결정의 방법으로 사용되었지만, 최근 철도시스템 뿐만 아니라 최적화된 예방 유지보수 주기에 따른 수명주기비용분석 등이 광범위하게 사용되고 있다. 특히, 고속차량 이나 항공기의 경우 실 운영환경을 고려한 주기적 유지보수 기술의 적용이 매우 중요하다. 그러나 많은 철도 운영사들에서는 여전히 차량 도입단계에서 차량 제작사에서 제시한 중 요부품에 대한 예방유지보수주기에 의해 유지보수가 이루어지고 있는 현실이다. 본 논문 에서는 철도분야 고속차량에서의 운영환경을 고려한 중요부품(TBO)에 대한 예방유지보수 주기 변경 및 이에 따른 LCC 분석을 통한 수명주기비용 분석의 사례에 대하여 연구하였다.

주요어 : 수명주기비용(LCC), 고속차량, 예방유지보수, 철도산업

1. 서 론

철도산업에서의 LCC 분석은 시스템의 개념설계 및 개발단계에서 유지보수 및 폐기 단계 에 이르기까지 소요되는 모든 비용을 포괄하며 궁극적으로는 이를 통해 중요한 의사결정을 위한 객관적 자료로 활용된다[2]. 특히, 고속차량에서의 LCC분석은 1986년도 스위스에서 의 고속차량 계약에 처음으로 도입 적용된 이후 RAM과 LCC 분석은 유럽에서 철도 계약의

† 김문홍: 우송대학교 (mhkim@wsu.ac.kr)

* 최석중: 코레일 KOVIS 추진처(ktxhome@korail.com), 코레일 KOVIS 추진처

가장 중요한 요소로 적용되고 있다. 철도차량은 차량의 상태를 정상상태로 유지하기 위하여 차량의 부품 중 중요한 부품에 대하여 수명을 정하고, 해당 부품들의 수명주기가 도래하는 시점에 미리 교체하는 예방정비와 고장이 발생하면 부품을 교체하는 사후정비로 구분된다. 특히 예방정비 중에서 주기적으로 분해정비(Overhaul)하는 TBO(Time between overhauls) 부품들은 KTX는 147부품, KTX-산천의 경우, 106부품을 선정하여 중점관리하고 있다. 이러한 TBO부품들은 철도 운영사에서는 주기적으로 철도운영환경을 고려하여 각 부품별 RAM지표를 기반으로 신뢰성관리심의회를 통해 TBO 변경 대상 품목을 관리하고 있다[3,4]. 본 논문에서는 최근 TBO 변경이 발생한 품목에 대하여 TBO 변경에 따른 LCC(수명비용분석)을 수행하여 그 결과를 산출하고 이를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 고속차량에서의 TBO주기

2.1.1 TBO 주기 및 변경

TBO는 부품을 완전히 분해하여 검사한 후 교체 및 수리가 필요한 부품에 대해서 보전을 수행하는 분해주기 시점을 의미하며 KTX의 TBO 부품은 프랑스 국영철도회사인 SNCF사에서 제시한 TBO 시점에 근거하여 TBO 주기를 변경하였으나 최근, KTX 및 KTX-산천의 고장이력이 축적됨에 따라 TBO 주기에 대한 변경이 신뢰성관리심의회를 통해 이루어지고 있으며, 이를 통해 7개 품목에 대해서는 TBO 관리 제외, 6개 품목에 대해서는 주기 변경(증감)이 이루어졌으며 아래 Table 1,2와 같다.

Table 1 TBO 제외 품목

대상품목	TBO주기	장착수량
엔티롤댐퍼(객차대차롤링방지용 완충기)	3백만Km	782개(17편성)
기적제어변 콘트롤 밸브	12년	92개(2편성)
전자변(팬터공압용)	5년	92개(2편성)
브레이크안티스키드복식판넬	HLO (Half Life Overhaul)	782개(17편성)
Anti-Slide밸브	12년	276개(6편성)
단식제동표시기	8년	552개(12편성)
복식제동표시기	8년	1,564개(34편성)

2.1.2 기적제어변 TBO 검토 사례

위에서 언급한 TBO 제외 품목 중 기적제어변은 경적(horn) 기능을 수행하며 ATS 인지버튼을 백업하고 ATESS 리코더로 정보를 전송하는 역할을 수행한다. 위 부품에 대한 검토사항은 Table 3과 같으며 운행중 기적제어변 고장으로 인한 구원운전 사례가 현재까지 없었다. 아래의 Table 3과 같이 교환(불량)이 발생했던 경우는 단순 경적(Horn) 인지버튼 백업기능 불량으로 인한 교체였다.

Table 2 TBO 변경 품목

대상품목	변경전 TBO주기	변경 후
감속기(모터감속기조립용)	1.8MKm	2.1MKm
감속기(차축감속기동력대차용)	1.8MKm	2.3MKm
제습기(보조공기건조기용)	12년	HLO
변압기(모터팬주변압냉각장치용)	3.0MKm	2.0MKm
접촉기(TCP 접촉기모터블럭용)	3.0MKm	4.0MKm
전동기(견인전동기용)	2.5MKm	2.1MKm

Table 3 기적제어변 연도별 고장 추이

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
기적제어변	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
장착수량	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
취거비율	0%	1.09%	1.09%	0%	0%	0%	1.09%	1.09%	1.09%	0%	0%	0%

2.2 TBO변경에 따른 LCC 분석

2.2.1 LCC 모델

철도차량의 경우, 신조차량 도입 후 30년 이상 사용함으로 인해 주기적 유지보수 활동이 필수적이다. 특히, 철도차량은 운영시스템과 함께 유지보수 활동이 이루어져 그 소요비용 또한 매우 많다. 이러한 유지보수 비용을 정확하게 산출하기 위하여 몇몇 LCC 모델이 적용되며 가장 대표적인 모델이 UNIFE LCC 모델과 IEC62278(EN50126)에서 제안한 모델이다[1]. UNIFE LCC 모델은 하나의 부품(또는 시스템)의 획득 뿐만 아니라 유지보수 활동에 사용되는 총비용을 평가하기 위한 모델링 기법으로 가장 많이 적용되는 기법으로 본 연구에서도 UNIFE LCC 모델을 적용하여 사례를 연구한다.

2.2.2 UNIFE LCC 모델

위에서 언급한 UNIFE LCC 모델의 가장 큰 특징은 시스템의 총비용 평가 관점에서 유지보수 정보를 분석한다. 이는 RAMS 관점에서 유지보수 정보를 분석하는 IEC62278(EN50126)에서 제안한 모델과 큰 차이점이라고 할 수 있다.

Table 4 UNIFE LCC Global 파라미터

Man hour cost	시간당 인건비
Number of Trains	총 열차 수
Operation distance	총 운행 거리
Life Cycle Length	총 사용 연수
Powered time per year	년당 가동 시간

UNIFE LCC 모델의 경우, 철도차량 부품 유지보수 단위에 있어서 LRU(Line Replaceable Unit)와 SRU(Shop Replaceable Unit)를 구분하여 유지보수 비용을 산출한다.

Table 5 UNIFE 예방유지보수 포함 내용

Identity	SRU(또는 LRU) 분류코드
Name	SRU(또는 LRU 이름)
Total in train	편성당 총 아이템 수
Supplier Part Number	공급자 부품 번호
Sub-Supplier	서브 공급자
Sub-Supplier Item Name	서브 공급자 아이템 이름
Sub-Supplier Part Number	서브 공급자 부품 번호
Spare Part Price	예비부품 가격
Exchangeable	교환 가능 여부
Fraction by Exchange	수리율
Repairable	수리 가능 여부
Failure rate	고장률
Interval	부품 교환 주기
MMH	유지보수 시간당 공수
MTR	평균수리시간
Skill category	유지보수 작업자 기능 카테고리
1 st , 2 nd line material cost	보수정비 재료비
3 rd Rep cost	보수정비비
3 rd Rep Time CWS	Workshop 수리 평균 공수

Table 6 예방유지보수 비용 적용 예시

Identity	1013063
Name	완충기
Total in train	46
Supplier Part Number	20
Sub-Supplier	-
Sub-Supplier Item Name	로드, 역너트, 와셔, 오링 외 16개 품목
Sub-Supplier Part Number	-
Spare Part Price	254,762 won(총 재고 142 EA)
Exchangeable	Exchangeable
Fraction by Exchange	1: Exchange
Repairable	수리 가능
Failure rate	0.000000899
Interval	3.0MKm
MMH	1 personnel * 0.6 Man hour
MTR	1112347.0522
Skill category	General level engineer
1 st , 2 nd line material cost	-
3 rd Rep cost	-
3 rd Rep Time CWS	-

2.2.3 TBO 변경에 따른 전주기 유지보수 비용 비교 결과

위에서 언급한 바와 같이 최근 KTX 부품 중 7품목에 대해서는 TBO 관리 제외, 6개 품목에 대해서는 주기 변경(증감)이 이루어졌으며 이로 인한 유지보수 비용 비교 결과는 다음과 같다.

Table 7 유지보수비용 계산 결과(30년 사용 가정)

Cost	TBO 제외 및 변경 전	TBO 제외 및 변경 후
Man hour Cost	450,000,000	13,500,000
Material Cost	8,598,120,000	320,650,320
Total Cost	9,048,120,000	334,150,320

3. 결론

철도 운영사에서는 고속차량의 예방유지보수의 일환으로 중요 부품인 TBO부품에 대하여 엄격하게 관리하고 있으며 주기적인 고장이력 정보를 기반으로 TBO 주기 변경 및 제외, 신규추가 등의 신뢰성 업무 프로세스가 진행되고 있다. 본 연구에서는 최근 KTX의 TBO 부품 중 7개 품목에 대한 제외 및 6개 품목에 대한 주기 변경 등의 업무가 진행됨과 더불어 이러한 TBO 변경에 따른 전주기 유지보수 비용에 대한 비교 결과를 사례를 통해 연구하였다.

참고문헌

- [1] UNIFE Guidelines for life cycle cost volume 1~4, UNIFE committees.
- [2] I.S. Kim, J.W. Kim. (2014) A Study on the Conformity of KTX Oil Damper TBO, *KSAE Annual Fall Conference Proceeding*, pp. 1409-1411.
- [3] S.K. Shin, S.M Kim, D.G. Lee, K.H Lee, et al. (2006) A Study on the Analysis of the Reliability and Safety to apply RCM to Railway System, *Journal of the Korean Society for Railway*, 9(6), pp. 739-745.
- [4] J.H. Kim, H.K. Jun, J.S. Park, H.Y. Jeong. (2009) A Study on the Life Cycle Cost Calculation of the Railroad Vehicle Based On the Maintenance Information, *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(1), pp. 88-94.