

신뢰성기반의 철도차량 LCC 분석 방안

Rollingstock life-cycle cost analysis

based on the RAM

김석호* 박수중*[†] 정광우**Suk Ho Kim^{*}, Soo Choong Park^{*†}, Kwang Woo Jung^{**}

Abstract Purpose of railway business is to secure stability and safety of operation. Accordingly, in case of rollingstock, We are trying to secure reliability, availability, maintainability, safety by using the RAMS. However, the safety and reliability be given priority when the vehicle's production costs will rise. On the contrary, If the rams are ignored, it will be increased the costs of operating and maintenance expense, accident costs. In this paper, we study ways to analyze the life-cycle cost based on the RAM. To this end, we will introduce the theory of RAM & LCC and study the analysis procedures and analysis model of the rollingstock purchase costs, facility construction costs, spare parts costs, maintenance costs and the cost of preventive maintenance, breakdown maintenance costs.

Keywords : Maintenance costs, Life-cycle costs, RAM

초 록

철도사업에 있어서, 운행의 안정성 및 안전성을 확보하는 것은 경영의 기본이다. 이에 따라 철도차량의 경우 RAMS를 도입 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성을 확보하기 위해 노력하고 있다. 하지만 너무 안전성과 신뢰성을 고려하다 보면 차량의 획득 비용이 올라가게 되고, 이를 무시할 경우 운영비용 및 유지보수비용 사고비용이 증가하는 상충적인 관계 있다.

본 논문은 RAM기반에서 수명주기비용을 분석하는 방안을 모색 하였다. 이를 위해 RAM과 LCC이론을 살펴보고, RAM과 LCC의 관계를 살펴봄으로써 도입 및 시설투자 비용인 차량구입비용, 정비공구 및 시설구축비용, 예비품 비용과 유지비용 및 운영비 측면의 예방정비 비용, 고장정비비용 등의 분석 절차 및 분석모델 적용에 대하여 논하였다.

주요어 : LCC, 운영비, 유지보수비,

* 서울메트로 미래사업처 처장

† 교신저자: 서울메트로 신사업수행센터 hakusing@seoulmetro.co.kr

** 교통대학교

1. 서론

신뢰성 기반의 LCC 분석은 설계과정에서 얻을 수 있는 RAM 데이터를 LCC 분석에 활용할 수 있다는 장점이 있다. 철도차량의 LCC 분석은 주로 새로운 차량의 구매 또는 운영차원에서 수행되며 LCC 분석의 결과는 선택의 문제를 해결하여 주는 역할을 한다고 볼 수 있다. 예를 들어 차량구매의 경우 여러 가지의 방법이 있을 수 있고, 각각의 방법에 대해 비용 또한 다르게 평가될 수 있다. 이때 우리는 선택의 문제에 직면하게 되는데 이러한 선택의 문제를 해결할 수 있는 기준점은 역시 비용이라 할 수 있으며 개발 전수명주기 비용을 정확하고 체계적으로 분석 관리한다는 것은 비용 대비 제품의 질을 객관적으로 파악할 수 있다는 의미이기 때문이다.

2. 본론

철도차량 구매 시 철도운영기관의 입장에서 LCC 업무를 고려할 경우, 운영에 요구되는 차량의 성능은 만족하면서 유지보수비용 및 운영비가 상대적으로 낮은 철도차량을 획득하는 것이다.

2.1 LCC 분석의 목적

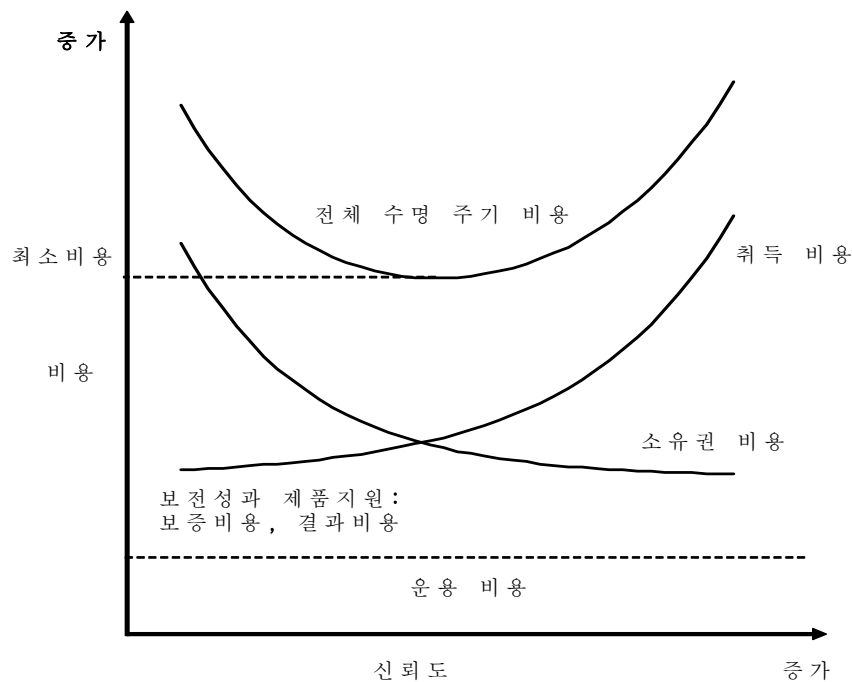


Fig 1. LCC Concept

철도차량에 있어 LCC 분석의 목적은 구입비용보다 폐기시까지의 총 소유비용이 훨씬 큰 특징을 갖는 전체적인 수명주기 측면에서 자원을 분배 명시된 성능, 신뢰성, 유지보수성, 그리고 기타 다른 요구를 만족하는 동시에 제품의 평가를 최적화하고, 대안 시스템에 대한 의사결정을 위한 정보제공 하기 위함이다. 또한 차량의 수명주기 동안에 비용분석을 통하여 예산 절감

방안을 제시하고 사업의 효율성을 제고 및 투명성 보장하는 것이다. 그림1은 신뢰도와 비용의 관계를 나타내었다.

2.2 RAM과 LCC와의 관계

2.2.1 취득 비용과 운영비의 trade off

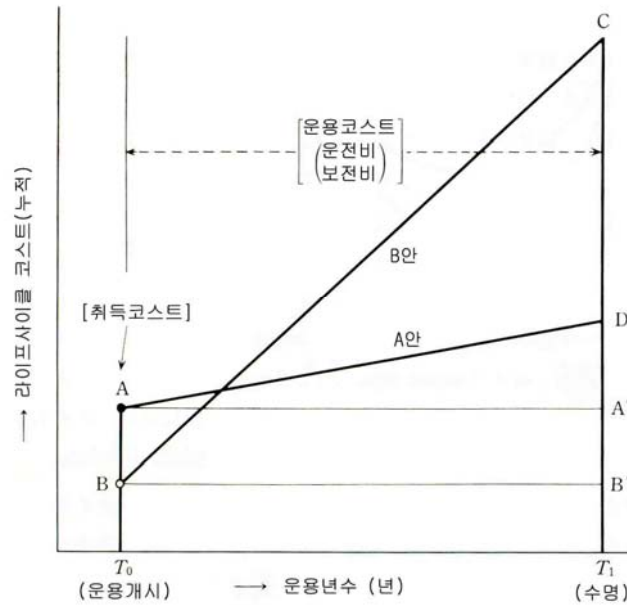


Fig 2. Of the initial cost and running cost trade off

초기구매비용과 운용 비용의 최적 발란스 즉 trade off를 그림2.를 통해 살펴보면, A안은 제품의 취득비용은 B안에 비하여 높지만, 운용 기간 중 운용 비용은 B안보다 상당히 낮은 값을 보이고 있다. 한 편 B안은 취득 비용이 A안에 비하여 저렴하지만, 운용 운용비용은 높다.

설계 시 A, B의 두 가지 안이 있는 경우, 이 LCC(A)와 LCC(B)의 비교가 선택의 하나의 기준이 된다. 즉 제품의 설계 단계에서 라이프사이클 코스트를 고려하는 것은, 제조자와 사용자가 협조하여 취득 구매비용과 운용 비용이 낮은 설계 안을 선택 하는 것이다. 이렇듯 유지보수성 기술은 제품의 계획, 설계 단계에서 충분한 검토를 거침으로써 차량의 구매 규격으로 주어진 기능과 성능을 유지하는 것은 물론, 라이프사이클 코스트를 최 적화하기 위해 중요한 역할을 하게 된다.

2.2.2 신뢰성, 유지보수성과 LCC의관계

사업 초 개념설계 및 설계단계에서 고장의 검출과 검출한 후, 고장 개소의 복원 혹은 복원 후의 확인 시험이 용이한 제품의 구조 등이 선택된다. 또한 필요한 유지 보수원의 기술 수준과, 운용 기간 중 의 대부분의 유지보수 방식이 결정된다. 이에 따라 고장 검출 장치를 조직 하고, 제품을 점검 및 분 해가 용이한 구조로 구성 하여 유지보수성을 갖게 하고 자 하는 경우, 여기서 발생하는 비용은 설계, 제조 비용이며, 취득 구매비용의 일 부이다. 이

비용을 크게 하면 고장을 조기에 발견할 수 있어 제품의 사용 정지 확률이 낮아지며, 예를 들어 고장에 이르더라도 단시간에 수리가 가능하므로 불 가동 손실과 운용 유지보수비를 낮출 수 있다. 또 반대로 유지보수성 비용을 삭감한다면, 이들 비용이 높아지게 된다.

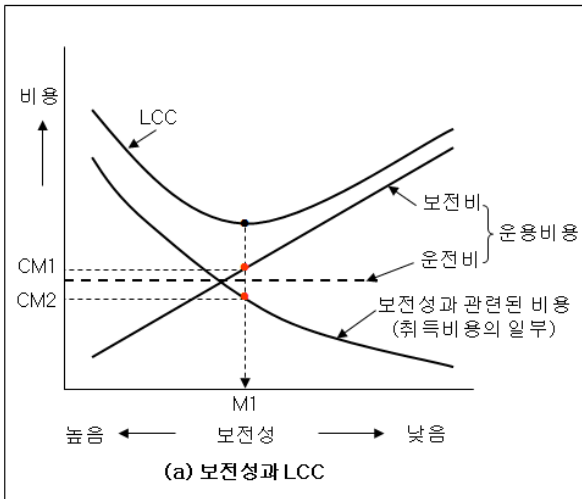


Fig 3 Maintainability and LCC

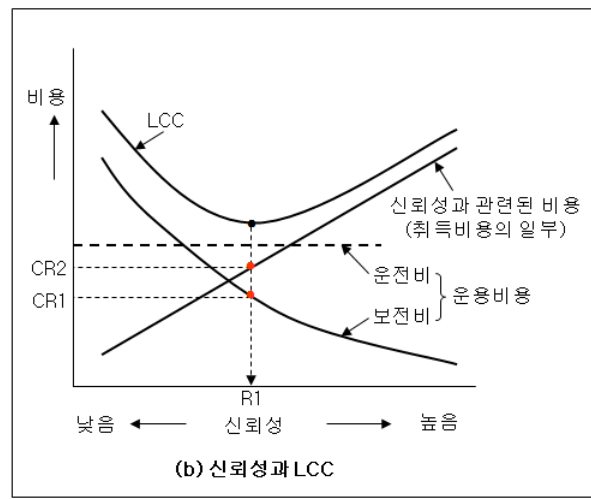


Fig 4 Reliability and LCC

철도차량에 있어 신뢰도가 높다는 것은 극 단적으로 표현하면 차량을 유지보수 없이 오래 쓸 수 있다는 것이다. 신뢰도 높은 차량을 강조한다면, 새로운 것이 좋다 신차 신뢰가 강하고 유지보수라 하면 마이너스 이미지가 강한 것이다. 신뢰도가 높은 비싼 가격의 차량을 구매해 차량을 오래 사용하고 유지보수는 적게 하자는 것이다. 이 개념에서 나온 것이 “유지보수 프리”이다.

하지만 유지보수·프리 가 이상적이다 라고 생각되는 것은, 기술적인 개념 면에서뿐만 아니라 어감의 영향이 크다고 생각된다. 만약 제품을 구성 하는 모든 요소의 수명을 일치시킬 수 있어, 일정 기간 사용한 후 모든 구성 요소의 수명이 일제히 끝날 수 있다면 매우 이상적 일 것이다. 하지만 실제로는 모든 요소의 수명을 일치시키기는 대체로 곤란하며, 또 경제적으로도 그다지 유리하지 않다. 이러한 경우에는, 각각의 요소의 수 명이 서로 다르다는 점을 전제로, 각 요소가 갖는 수명을 최대한 활용할 수 있도록 관리할 필요가 있다. 이것이 순환형 사회에서의 라이프사이클 관리의 목적이며, 유지보수는 이를 위한 중요한 수단이다.

유지보수성 기술은 신뢰성 기술과 안전성 기술 등과 밀접하게 관련되어 있으며, 높은 availability(일반적으로 가동률이라고 칭함)로 제품의 사용 목적을 달성시키고자 하는 기술의 하나이다. 즉 제품의 기능 상실과 성능의 저하 등, 일반적으로 고장이 라고 칭해지는 상태의 발생률을 낮추고자 하는 것이 신뢰성 기술이며, 고장 진단 장치를 첨부하거나 혹은 계획적인 분해 점검 등을 실시하여 고장의 징후가 나타나 면 이를 조기에 검출하고 수리하거나, 혹은 정상 제품으로 교환할 수 있도록 하는 것이 유지보수성 기술이다.

2.2 생명주기에 따른 LCC검토항목

유지보수성 관리 활동은 제품의 라이프사이클을 통하여 이루어지는데, 유지보수성 단독으로 이루어지기보다도 신뢰성과 안전성, 경제성 등의 활동과 함께 실시하는 편이 더 유효적이다. 유지보수성, 신뢰성 프로그램의 활동 사항에 대하여 라이프사이클 단계를 그림5에 나타내었다.

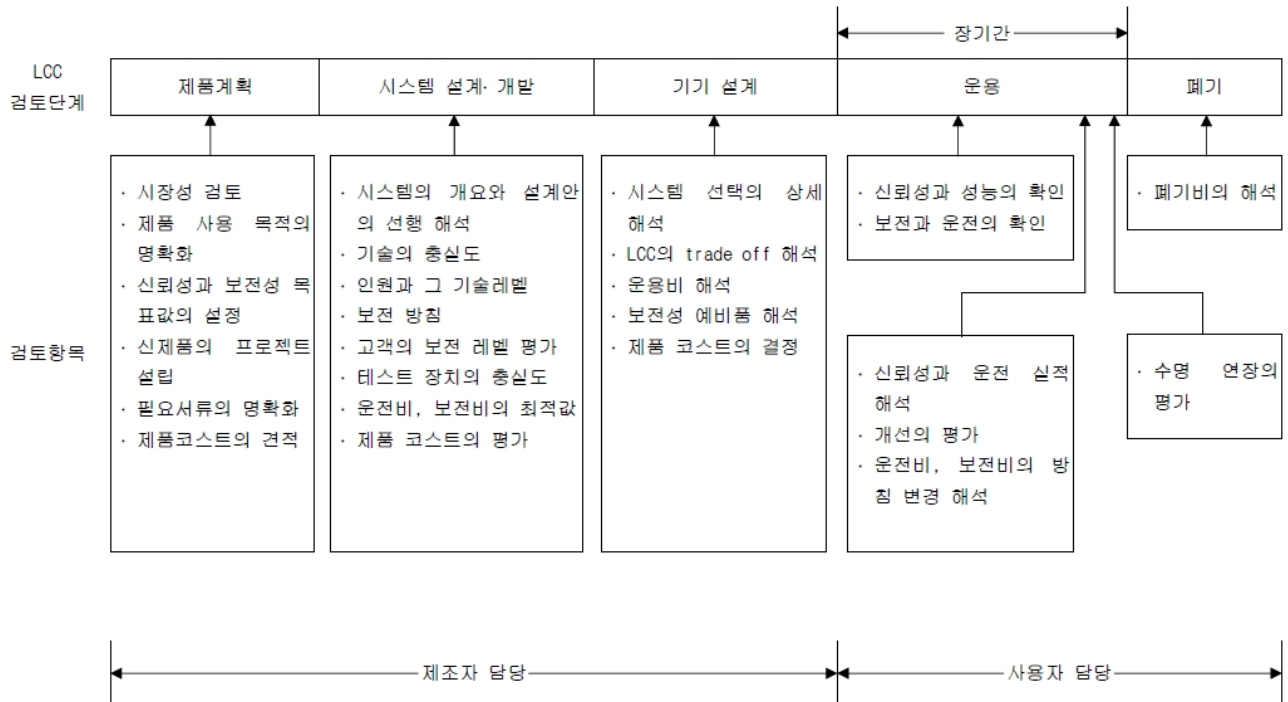


Fig 5. LCC step-by-step review items

- 1) 개념 설계 단계 검토항목 a. 정량적 및 정성적 유지보수성 . 신뢰성 목표의 설정 책임 b. 유지보수성 . 신뢰성 활동에서의 체제와 c. 유지보수성 . 신뢰성 태스크의 실시 공정 d. 유지보수성 . 신뢰성 평가와 확인 시험의 판정 기준
- 2) 시스템 설계 개발단계 검토항목 a. 유지보수성 방침 b. 개선 필요 기술의 리스트 c. 라이프사이클 코스트에 대한 설계 방침
- 3) 기기설계단계 검토항목 a. LCC trade off해석 b. 유지보수성 예비품 해석 c. 차량의 전 비용결정
- 4) 운용단계 검토항목 a. 신뢰성과 성능확인b. 유지보수성과 운용성확인 c. 개선평가 d. 운영 및 유지보수비의 변경 및 해석
- 5) 폐기단계 검토항목 a. 폐기비용 해석 b. 수명연장 평가

2.3 LCC분석 모델

LCC분석 모델방법에는 내개변수 추정법, 공학적 추정법, 유사장비 추정법 등이 있으며 그 특징은 표1과 같다.

Table 1. LCC analysis model method

구 분	구성단계	➤		실행단계
	개념/탐색	시스템개발	양산/배치	운용/유지보수
매개변수 추정법	◎	0	D	D
공학적 추정법	D	0	◎	◎
유사장비 추정법	D	0	D	D
◎기본적용 02차적용 D적용가능 △경우에 따라 사용 X적용불가				

3. 결 론

철도차량에 있어 LCC분석은 수명주기 측면에서 자원을 분배 명시된 성능, 신뢰성, 유지보수성, 그리고 기타 다른 요구를 만족하는 동시에 예산 절감 방안을 제시하고 사업의 효율성을 제고 및 투명성 보장하는 것이다. 이를 위해서는 LCC관리 활동은 제품의 전 라이프사이클을 통하여 이루어져야 하며, 특히 전수명주기 단계 동안 RAM기반의 유지보수성, 신뢰성과 안전성활동을 수행이 함께 이루어질 때 더욱 효과적이다.

참고문헌

- [1] 박수명. (2011.01). EMU 철도차량의 LCC(Life Cycle Cost) 분석. 한국철도기술
- [2] 2 호선 신조전동차 예비위험분석 및 RAMS 요구사항 용역수행 보고서.
(서울메트로, 2014)
- [3] 오노데라가쓰스케. 보존성 설계 기술. 1장 및 2장
- [4] 타카다 쇼조. LCC를 최적화하는 이론적 · 합리적 설비 관리 라이프사이클 . 유지보수 JIPM 솔루션. 1장
- [5] 박준서, 김종운 (2011,01). 차량LCC분석. 한국 철도기술

“이 논문은 국토교통부의 철도 특성화대학원 지원사업으로 지원되었습니다.”

This research was supported by Railroad Specialized Graduate School of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) in Republic of Korea.