

# REMAIN 모델을 적용한 자기부상열차 궤도시스템 비용분석 연구

## Life Cycle Cost Analysis of Maglev Track related to REMAIN model

\*박준서, \*김종운, \*정우성, \*권용장, \*방연근

\*Jun Seo Park(jspark@krii.re.kr), \*Jong Woon Kim, \*Woo Sung Jung, \*Young Jang Kwon,  
\*Youn Keun Bhang  
한국철도기술연구원

Key words : Reliability, Availability, Maintainability, Maintenance, Life Cycle Cost

### 1. 서론

복합 시스템인 철도시스템의 특성상 자기부상열차는 주행차량인 완성차량과 주변 인프라 시설인 차량외 시스템으로 구분할 수 있다. 비용분석과 관련하여 해외의 경우 완성차량에 대해서는 유럽 차량연합회인 UNIFE에서 개발한 LCC 모델을 적용하여 차량입찰시 LCC 분석 결과 자료를 제출하도록 하고 있으나, 인프라와 관련된 전력, 신호, 궤도, 역사 등 차량외 시스템에 대해서는 아직까지 해외에서 통일화된 LCC 모델은 없고, 관련된 내용으로 유럽 REMAIN 프로젝트에서 수행한 LCC 모델이 컨설팅 회사의 자료를 통해 공개되어 있는 상황이다. UNIFE 모델과 REMAIN 모델의 큰 차이점은 RAM 데이터를 활용한 LCC 분석인가, 현장에서 수집가능한 비용 데이터를 활용한 LCC 분석인가에 있다. 현재 철도시스템과 관련된 국내 기술 수준을 고려할 경우 차량의 경우 해외 수출을 위해 RAM 활동이 이루어지고 있으나, 차량외 시스템의 경우 신호/통신 등 일부 시스템에 한정되어 RAM 활동이 이루어지고 있어 차량외 시스템에 대해서는 REMAIN 모델을 적용하여 분석하는 것이 타당하다. 여기서는 REMAIN 모델에 대한 내용을 소개하고, 이를 변형하여 국내 환경에 적합하도록 새롭게 개발한 LCC 모델을 적용하여 자기부상열차 궤도시스템을 분석한 내용을 소개한다.

### 2. REMAIN 모델 개요

REMAIN 모델은 LCC 분석과 관련된 국제규격인 IEC 60300-3-3에 제시된 요구조건 및 절차를 바탕으로, 유럽 국가간 철도운행을 위해 1998년에 수행된 REMAIN(Modular System for Reliability and

Maintainability Management in European Rail Transport) 프로젝트의 결과물의 하나이다. 본 모델은 철도시스템의 비용결정을 위해 두 개 이상의 시스템에 대한 LCC 비교를 통해 의사결정권자의 정책결정에 도움을 주기 위한 도구로서 활용하고자 개발된 모델이다. 모델의 주요 특징으로는 철도 인프라 장치의 비용 계산에 국한된 것으로, 데이터 수집을 위해 관련 당사자에 대한 자료 제공 유무에 대한 질문서를 작성하고, 가용한 데이터 및 분석 결과의 활용 목적에 따라 데이터 수집 방법을 결정하도록 하였다. 비용 계산과 관련된 할인율은 일정하며, 운영 및 유지보수 등의 연간 비용을 고정비용으로 하고, 폐기비용은 고려하지 않는 것으로 간략화 하였다. 그림 1에 유럽 REMAIN 모델에서 제시된 비용 구조를 보인다.

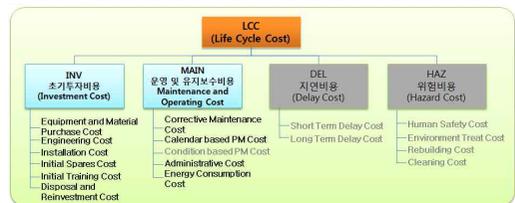


Fig. 1 LCC Cost Structure of REMAIN Model

LCC 분석을 위해 개발된 모델은 그림 1에서 현실적으로 개발중인 자기부상열차에 적합하지 않다고 생각되는 지연비용과 위험비용은 제외하였고, 초기투자비용의 폐기 및 재투자비용과 운영 및 유지보수비용의 행정업무비용을 제외한 LCC 비용으로 초기투자비용과 운영 및 유지보수비용으로 구성하였다. 그림 2에 자기부상열차 LCC 계산에 적용된 LCC 분석 모델을 보인다.

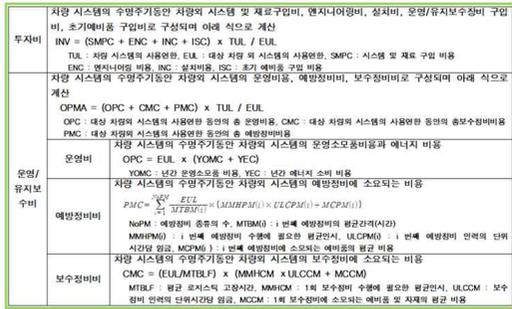


Fig. 2 Modified LCC Analysis Model

### 3. 자기부상열차 궤도시스템 LCC 분석

LCC 분석은 자체적으로 개발한 LCC 분석 SW를 사용하여 계산하였다. 자기부상열차 궤도시스템은 PBS 체계로 구분할 경우 크게 침목장치, 부상레일, 레일이음매, 추진레일로 구성되어 있으며, 이중 침목장치는 침목패드, 침목 및 체결부, 플린스로 구분할 수 있다. LCC 분석을 위한 수집된 입력 데이터로서 초기 투자비와 예방정비비의 일례를 그림 3에 보인다.

Item ID	시스템 명칭	시공 단수 (Unit)	유지보수단위 구분비용	소모품 & 예비품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (단위 비용 포함)	운전 및 교정비용
13	13	13	13	13	13	13	13

(a) Investment Cost

Item ID	시스템 명칭	수량	수량 기준 단위 (Unit)	연간 예방정비 비용 (예비품 + 인력 수)	기타/원형/시공/소모되는 자재 (예비품 + 인력 시간)	연사
13	13	13	13	13	13	13

(b) Calendar based PM cost

Fig. 3 Example of LCC data for LCC Analysis

상기 입력 데이터를 적용하여 개발된 모델을 적용하여 계산된 LCC 결과의 일례를 그림 4에 보인다.

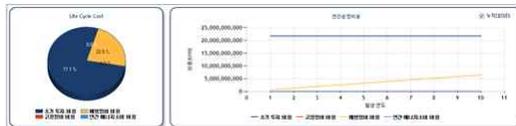


Fig. 4 Example of LCC Analysis

그림 4는 궤도시스템의 수명을 70년으로 보고 10년간의 LCC 운영비용 추이를 보인 것이다. 궤도시스템의 경우 10년간 누적 LCC 비용은 개략 64억 원이며 이 중 77.1%가 초기투자비용이고 나머지 22.9%가 예방정비비용임을 알 수 있었다. 또한 궤도시스템의 경우 사고 예방을 위해 침목에 대한

점검이 중요하다. 따라서 침목의 예방점검횟수에 대한 LCC 비용 추이를 알기 위해 다른 비용은 고정된 상태에서 침목의 연간 예방정비횟수만을 0.05로 한 경우와 0.1로 한 경우에 대한 LCC 비용을 비교해 보았다. 그 결과 침목의 연간 예방정비횟수를 0.05에서 0.1로 2배로 늘릴 경우 10년간 누적 LCC 비용은 약 80억원이 소요되어 약 16억원이 증가되는 것을 알 수 있어 개발된 LCC 모델의 유효성을 파악할 수 있었다.

### 4. 결론

철도시스템의 해외 수출을 위해서는 최종적인 RAM 성능 달성과 함께 개념 설계 단계부터의 개발하고자하는 시스템의 LCC 비용 분석을 통해 성능과 비용의 균형을 고려한 제품 생산을 추진해야 한다. 만약 발주자가 요구한 성능과 함께 운영시 발생하는 LCC 비용을 만족시키지 못하였을 경우에는 이에 상응하는 페널티가 부과되어 기업체 입장에서는 제품을 수출하고자도 막대한 손해를 볼 수 있게 되는 경우가 발생하게 된다. 여기서 개발된 LCC 분석 모델을 통해 개략적으로 궤도시스템의 유지보수비용을 파악하는 것이 가능하게 됨으로써 비용측면에서의 사전 대책 수립이 가능하게 될 것이다.

### 후기

본 연구는 “자기부상열차 실용화사업”의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. UNIFE LCC Group, “Guidelines for Life Cycle Cost Volumn I-IV”, 1997
2. SINTEF Report, ‘Life Cycle Cost Analysis in Railway Systems’, 1998
3. IEC/TR 62278-3, “Railway applications - Specification and demonstration of RAMS - Part 3: Guide to the application of IEC 62278 for rolling stock RAM”, 2010-04.
4. J. Stern, “Life Cycle Cost : A method for reducing costs and improving railway vehicles”, Proceedings of World Congress Railroad Research, pp.661-666, 1994