

선로구축물에 대한 유럽의 LCC연구동향



| 이지하 |

한국철도기술연구원 선임연구원

1. 서론

LCC(Life Cycle Costing 또는 Life Cycle Cost)는 일반적으로 시설물의 기획 / 설계 단계, 사용 및 유지관리 단계, 폐기처분 단계에서 발생하는 모든 비용의 총계를 금리, 물가변동률의 영향을 고려하여 상정한 내용연수 동안의 경제성을 검토하는 것이다. LCC는 적용 시기에 따라 LCCP(Life Cycle Cost Planing), LCCM(Life Cycle Cost Managing)으로 나눌 수 있으며, LCCP는 계획·설계단계에서, LCCM은 운영·유지관리단계에서 주로 적용된다.

국내 철도산업에서는 주로 계획·설계단계에서 VE(가치공학)의 도구로서 활용되거나 궤도구조의 형식 선정에 위한 경제성평가의 도구로 적용된 사례가 있으나 유지관리 단계에서는 적용되고 있지 않다.

유럽연합은 90년대 초 훈령(EU Directive) 91/440을 발표하여 유지보수와 운영에서 비용회계를 투명하게 할 수 있도록 하기 위하여 운영자와 분리된 별도의 조직이 철도 기반시설을 제공하도록 하고, 운영자가 철도 시설 자산의 사용에 대한 요금을 지불하는 반면 선로구축물의 관리자는 계획에 없는 선로차단의 경우 벌금을 지불하도록 하였다. 이러한 변화에 맞추어 건설과 유지보수(maintenance) 및 갱환(renewal)의 최적화를 통한 비용절감 노력이 본격화되었으며 LCC 방법을 도입하여 이러한 문제를 해결하고 있다.

국내의 철도산업도 상하분리의 진행과 민자철도사업의 증가 등으로 운영·유지관리단계에서도 LCC 적용의 필요성이 증가하고 있어서 유럽의 연구 사례가 국내의 철도 산업에 많은 시사점을 줄 수 있을 것이다.

2. 유럽의 궤도 LCC 도입 배경

20세기 후반에 이르러 유럽의 철도산업은 교통산업에서 점유율이 감소되고 재정적으로도 어려운 상황이었지만 유럽 통합에 즈음하여 철도 시스템의 친환경적이고 지속가능한 특성이 강조되어 포화되고 오염발생 정도가 높은 도로교통의 주요한 대안으로 부각되었다. 그러나 철도가 그러한 기대에 부응하기 위해서는 가용성, 신뢰도, 효율성, 안전성 등과 같은 측면에 개선되어야 할 필요가 있었으며, 유럽연합에서는 철도 산업에 새로운 구조를 도입하여 이러한 문제를 해결하고자 하였다. 즉 철도의 운영을 시설물의 관리와 완전히 분리하는 것으로, 이를 일명 '상하분리'¹⁾라 한다.

상하분리를 위해서는 철도의 민영화와 더불어 철도산업의 경쟁력을 향상시키기 위해 책임한계를 더욱 명확하게 구별하는 할 수 있어야 하는데, 이를 위하여 유럽 공동체 위원회(European Commission)는 "infrastructure packages"라고 하는 철도산업 구조조정 안을 제시하였다. 이는 철도의 운영과 시

¹⁾ 레일의 상면을 기준으로 그 상부의 차량을 운행하는 열차운영과 그 하부의 철도 시설물을 건설 및 관리하는 시설관리의 주체를 분리하는 것

설물의 관리를 분리하는 것에서부터 더 나아가 국영 철도 체제가 가지는 재정 및 정치적인 의무에서 벗어날 수 있도록 돕고, 철도 운영회사들이 국제 철도 운송 영업을 자유롭게 할 수 있도록 하기 위한 것이었다.

그러나, 이러한 개혁이 추구하는 바를 효과적으로 실현하기 위해서는 조직개편 뿐만 아니라 철도 서비스 절차 자체를 재구성하여야 했으며, 그와 더불어 일상적인 시설관리와 신규 투자 분석 시에 민간 자본 투자를 위한 논리적 근거를 마련하기 위해서 비용 구조에 대한 깊은 이해가 필요하게 되었다. 이를 통하여 철도서비스의 품질과 가용성에 대한 수준별 예상 비용을 명확하게 알 수 있기 때문이다. 따라서 건설, 유지보수 및 교체비용의 균형은 철도의 장기적인 성공에 필수적이며 이를 통하여 선로구축물 관리의 경제성을 향상시키는데 LCC 방법론이 필요하게 되었다. 이것은 철도산업 기반을 형성하는 물질 자산의 효과적인 관리가 필요하다는 것을 의미하며, 자산의 유지보수 계획수립과 감시는 전체 수명주기에 대하여 필요로 하게 되었다.

3. 유럽의 궤도 LCC 연구 성과

유럽의 철도산업에 LCC가 적용된 것은 1980년대 무렵부터 철도기관과 EU 주도의 연구사업부터이다.

철도에 LCC기법이 사용되던 초기에는 주로 가용성과 보수비용이 계약을 충족하는지를 확인하기 위하여 사용되었다. 그 적용은 보수비용의 모니터링과 보수계획의 수정 및 보수비용 최소화의 방법론을 제공하였다.

그러나 1990년대 초 상하분리원칙에 따라 철도의 운행과 시설관리 주체가 분리되고 끊임없이 비용 절감압력이 높아지면서 LCC방법론에서 비용 최적화에 대한 관심이 증가하였다.

철도 LCC 연구 초기에는 RAMS의 용어를 차용하였으나 이에 관한 문제가 많고 용어정의의 부족문제가 제기되어 CEN 기준으로 개발되기 시작하였으며, 그 후 선로구축물의 유지보수 효율화를 목적으로 IMPROVERAIL, REMAIN, ProMain, INFRACOST 등 다양한 연구 프로젝트가 진행되었다.

1) IMPROVERAIL

IMPROVERAIL(IMPROVED tools for RAILway capacity and access management)은 2000년부터 24개월간 진행되었다. 포르

투갈의 TIS(Transport, Innovation and Systems), PT사가 주관하였으며 네덜란드, 영국, 이탈리아, 그리스, 스위스, 노르웨이 등이 참여한 다국적 프로젝트이다. 선로의 용량과 열차운영관리의 개선을 위해 연구가 수행되었으며, 그리스의 NTUA(National Technical University of Athens) 대학에서는 LCC의 계산방법론 개발을 주제로 연구를 수행하였다.

초기투자과 유지보수비를 포함한 LCC 방법론과 개선된 모델을 제시하였다. 주요 내용으로는 LCC개념과 정의 정립, 초기투자과 유지보수비, 차량/궤도 상호작용 비용, 사고 및 환경 비용, LCC 분석을 위한 spreadsheet 모델의 개발(LCC모델의 총비용 및 여유비용 도구, 정보교환의 개선) 등이다.

IMPROVERAIL에서 제시한 LCC 모델의 특징은 기존의 획득, 건설, 유지보수, 폐기 비용에 더하여 환경 및 사고비용을 포함한 모델을 제시하였는데 이는 상하분리된 철도산업 여건에서는 선로구축물 관리자에 대해 사고와 환경에 대한 책임이 요구되기 때문이다.

$$LCCEA = IE \times VIP + IA \times VIA + PV[E(T) \times VT] + PV[Pt \times V] + PV[E+A]$$

IE-초기 환경 영향

VIP-초기 환경 영향의 평가치

IA- 초기 사고 영향

VIP- 초기 사고 영향의 평가치

PV-현재 가치

E-괄호안 숫자의 기대치

T- 교통량

VT-환경과 사고에 관한 교통영향의 평가

[Pt x V]- 시간당 사고

RME-환경비용의 잔존가치

RMA-사고비용의 잔존가치

2) REMAIN

REMAIN(Modular System for Reliability and Maintainability Management in European Rail Transport)은 DBAG, RENFE 등 독일, 스페인, 그리스, 노르웨이, 오스트리아의 7개 철도기업, 기관, 연구소 등이 연합하여 1996년 11월부터 1998년 3월까지 수행한 연구프로젝트이다. 연구의 목적은 유럽철도의 상하분리 정책에 따른 비용 및 책임한계를 정의하여 철도의 신뢰성 및 유지보수성을 향상시키기 위한 것이었다. 주요 내용은 선로구축물의 관점에서 LCC 데이터베이스와

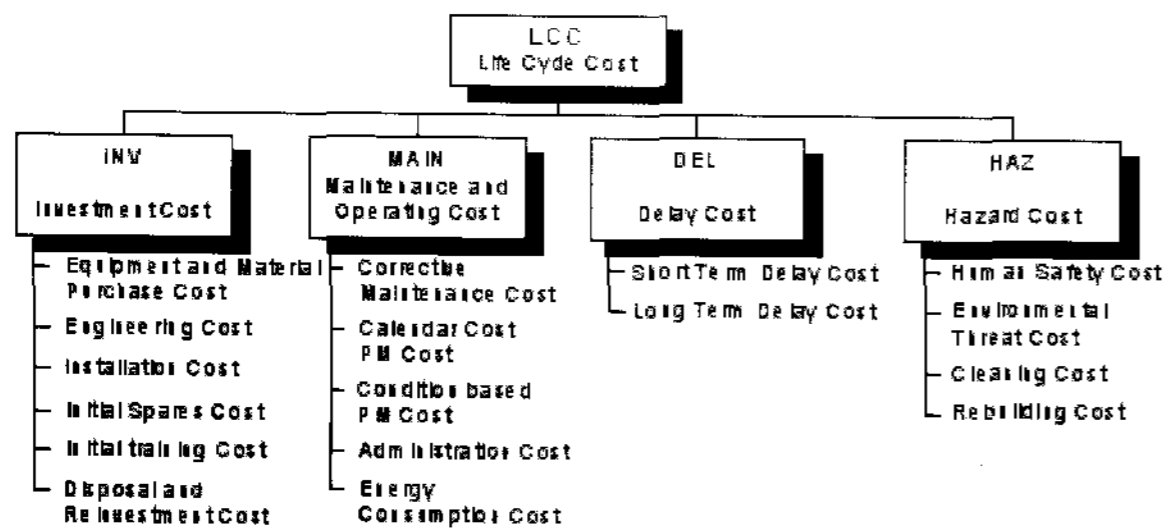


그림 1 REMAIN LCC 비용 모델

RAMS Tool을 개발하기 위한 구체적인 요건을 개발하는 것이었으며, 기존의 연구성과를 활용하여 열화메카니즘, 환경과 운영측면을 고려할 것을 권고하였다.

유럽철도의 상하분리 정책은 시설관리자와 철도운영자간의 성능에 연동한 선로 사용료 지불(performance related payments)을 위하여 RAMS와 LCC 데이터가 필요하며, 선로구축물의 열화에 의한 열차 지연이나 차단 손실을 보상하기 위한 것 등이 그 예가 될 것이다.

REMAIN에서는 그림 1과 같은 LCC 비용 모델을 제시하였다.

REMAIN의 비용모델에서는 철도시스템의 수명주기비용을 크게 투자비용, 유지보수 및 운영비용, 열차지연에 대한 손실비용 및 위험원에 대한 손실비용의 합으로 계산한다.

$$LCC = INV + MAIN + DELAY + HAZARD$$

여기서

INV = invest cost

MAIN = maintenance and operating cost

DEL = delay time cost

HAZ = hazard cost

연간LCC는 다음과 같이 계산된다.

$$LCC_{annual} = INV \times k / [1 - (1+k^{-m})] + [AMC + AMD + AHC]$$

여기서

m = number of year inoperation

k = annual rate of return (= invest rate - rate of inflation)

AIC = annual investment costs

AMC = annual maintenance and operation costs

ADC = annual delay costs

AHC = annual hazard costs

3) ProM@in

ProM@in(Progress in Maintenance and Management of Railway Infrastructure)은 2000년부터 4년간 수행된 선도연구

프로젝트로서 선로구축물의 성능향상과 유지보수 정책결정에 유용한 정보제공을 목적으로 아래와 같이 크게 7개의 주제를 다루었으며, 궤도성능향상, 선로구축물 유지관리 향상, 상호운영성 향상의 3개 분과로 구성되어 있다. 독일의 IITB(Institute Informations-und Datenverarbeitung)가 주관하고 노르웨이의 SINTEF, 독일의 TUV가 참여하였으며 UIC 및 다수의 철도 기관이 지원하였다.

Task 1 : Track System

Task 2 : Automatic Switch Diagnosis

Task 3 : Total Quality Management

Task 4 : IT Obstacles in International Freight

Task 5 : Track Inspection

Task 6 : RAMS Database Harmonization

Task 7 : Harmonization of Safety Approval

노르웨이 철도에서는 선로구축물 유지관리 우선순위 결정을 위한 LCC 모델을 다음과 같이 정의하고 검증하였다. 이 모델은 비용의 변화와 수명주기 연장, 프로젝트 비용을 추가로 고려한 것이 특징이다.

$$\Delta LCC = LCC_I + \Delta LCC_S + \Delta LCC_P + \Delta LCC_{M\&O} + \Delta LCC_{RLT}$$

여기서 각항목의 정의는 다음과 같다.

ΔLCC = total LCC contribution

LCC_I = project costs

ΔLCC_S = change in variable costs

LCC_P = change in punctuality costs

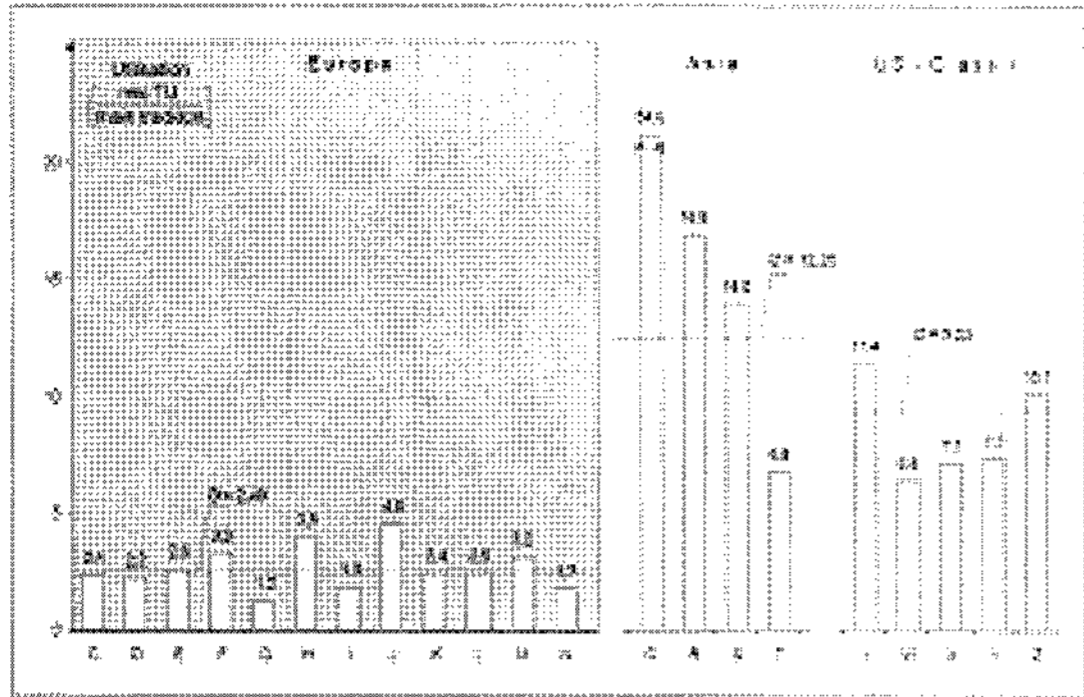
$\Delta LCC_{M\&O}$ = changes in maintenance and operational cost

ΔLCC_{RLT} = effect of extending the life length

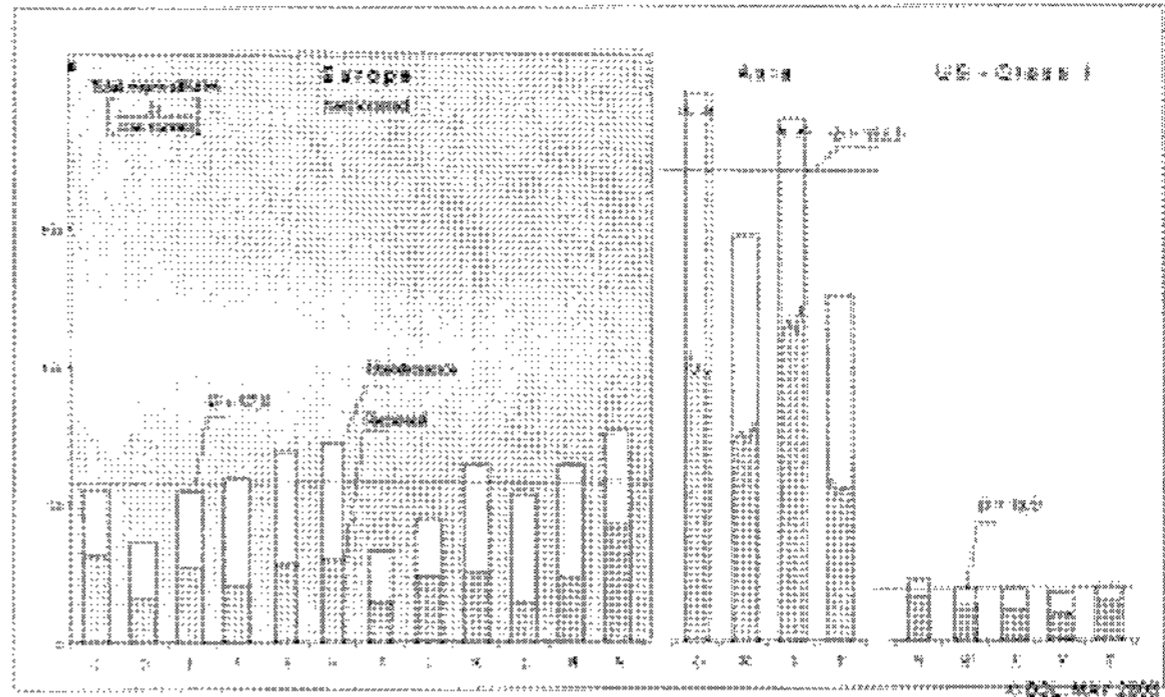
4) INFRACOST

INFRACOST (The Cost of Railway Infrastructure) 선로구축물의 LCC에 대한 국제 비교 연구과제로서 UIC의 지원으로 수행되었으며 1996~2000년까지 3단계가 수행되었으며, 그 후 2007년까지 데이터베이스 업데이트와 평가가 진행되고 있다. 과제의 목적은 선로구축물 관리자에게 참조기준을 제공하여 성능 개선에 도움을 줄 수 있도록 하기 위한 것이다. 이를 위하여 유럽, 미국, 동아시아, 호주 철도의 유지보수/갱환 데이터를 수집하여 정규화하였다.

그 결과물은 선로구축물 관리자가 투입자원에 대비하여 그 효과를 평가할 때 유용한 비교검토 자료로 활용될 수 있다.



a. 1km당 LCC



b. 선로사용율

그림 2. INFRACOST 연구과제 결과

비용모델은 철도선로에 대해서만 적용되었고 역사, 보수기지, 조차장 등은 제외되었다. 금액 단위는 유로이며 물가는 유럽의 2000년을 기준으로 하였다. 전철화된 복선을 기준으로 하였으며 전철화되지 않은 선로는 km당 150~250유로를 저감하였다. 전차선은 포함하였으며 토지구입비는 반영하지 않았다. 자료제공 및 참여 기관은 JBV(노르웨이), NS(네덜란드), SBB(스위스), SNCB(벨기에), SNCF(프랑스), BS, BV(스웨덴), DB(독일), FS(이탈리아), RENFE(스페인), OBB(오스트리아), Railtrack(영국), 홍콩, 일본, 미국(Class 1)이며, 비용데이터로는 1994~1997년에 대한 유지보수 및 갱신데이터를 사용하였다.

연구과제의 결과를 보면 유럽의 평균 LCC는 본선 1km를 기준으로 유지보수비가 3천3백만 유로이고 갱신비용이 2천4백만 유로이다. 동아시아의 유지보수비 평균은 유럽의 거의 3배이며, 이는 그림 2(b)에서와 같이 선로 통행량이 현저히 높은 것에 기인하는 것으로 판단된다. 미국의 경우는 통행량이 4배에 이르는 반면 비용은 1/3수준이다. 철도 운용 환경이 다른 여러 국가를 비교하기 위해서는 단위를 승객당이나 화물(톤)당으로 환산하여보면 유럽이 가장 크고, 다음 동아시아, 미국의 순서이다.

4. 결론 및 시사점

유럽 철도의 LCC는 기존의 획득, 유지보수, 폐기 비용에 더하여 환경 및 사고, 열차운행 지장, 기술발전 등에 따른 수명연장 등을 고려할 수 있는 모델들을 개발하여 적용하고 있으며 이

를 통하여 유지보수비용의 모니터링과 유지보수계획 최적화를 추구하고 있다. 국내의 철도산업에서도 기존의 계획·설계 단계에서 뿐만 아니라 운영·유지보수 단계에서도 활발한 LCC의 적용을 통하여 선로구축물의 유지보수가 보다 효율화 될 수 있을 것으로 판단된다.

유럽의 경우와 같은 열차 차단지연에 대한 손실비용이나 사고, 환경요소 등을 비용에 포함하는 것 등은 국내 철도산업의 환경과 어느 정도 차이는 있지만 향후 강화되는 국제 환경조약이나 철도 운영환경의 변화에 발맞추어 국내 철도 운영 환경에 적합한 LCC 모델의 개발 및 적용이 필요할 것이다. 그러나 LCC의 도입을 통한 유지보수 효율화는 장기적인 관점에서 수행되어야 하며 기업의 조직뿐만 아니라 기업문화까지도 바뀌어야 하므로 보다 많은 논의를 통하여 넓은 공감대의 형성이 필요하다. ☺

◆ 참고 문헌

1. IMPROVERAIL, Deliverable 8 "Life Cycle Costs for Railway Infrastructure Provision and Use", 2003. 10., pp.8~14
2. REMAIN - Final Summary Report, <http://cordis.europa.eu/transport/src/remainrep.htm>
3. ProM@in, Deliverable 2 (Final) Overview on Started Tasks, 2000. 12, pp.4~7
4. Jörn Van, "A Life Cycle Cost model for prioritisation of track maintenance and renewal", ProM@in No.2, 2000. 11, pp. 24~25
5. Oskar Stalder, "Internal Benchmarking of Track Cost" UIC, 2001, pp.7~9