

철도차량 수명주기비용 계산을 위한 유지보수정보 DB 템플릿에 관한 연구

A Study of the Maintenance information DB document Template for the Life Cycle Cost Calculation of the Railroad vehicle

김재훈* 심여울** 박준서** 전현규** 김종운**
Kim, Jaehoon Shim, Yeo Wool Park, Jun Seo Jun, Hyun Kyu Kim, Jong Woon

ABSTRACT

Life cycle costing is one of the most effective approaches for the cost analysis of long-term life products, like as railroad vehicle. Life cycle costing includes the cost of concept design, development, manufacture, operating, maintenance and disposal. Especially, life cycle costing in the railroad industry has been focused on the maintenance cost.

In this paper, we investigated the standard, guide and maintenance information of railroad vehicle. For this purpose, we suggested the unique templates of railroad vehicle maintenance information. We also performed maintenance cost analysis on the some sub-system of railroad vehicle for the case study.

1. 서 론

수명주기 비용(Life Cycle Cost 이후 LCC)은 해당 시스템의 개념설계 및 개발, 제작, 운영, 유지보수 및 폐기 단계에 이르기까지 소요되는 모든 비용을 포괄한다. LCC의 개념은 1970년대 미국 국방부에서부터 적용되기 시작하였으며, 이 후 발전설비 및 화학 플랜트 등 장치산업 등으로 그 대상 영역이 확대되었고, 1990년대에 들어서는 항공시스템, 철도시스템 등 다양한 분야가 융합된 대형 시스템 산업으로 확대 적용되고 있다.

특히 철도시스템의 경우에는 구성 시스템이 복잡할 뿐만 아니라 25년 이상 오랜 시간 사용으로 인해 유지보수 활동이 많으며 이에 소요되는 비용 또한 많다. 따라서 철도시스템의 LCC 계산에 있어 그 핵심은 얼마나 정확하게 유지보수 비용을 계산하느냐가 관건이라 해도 과언이 아니다. 따라서 본 연구에서는 철도시스템 LCC 모델링 개발의 일환으로 철도차량의 정확한 유지보수 비용을 계산하기 위하여, 규격과 가이드 등 관련 자료 분석을 통하여 철도차량에 적합한 예방정비와 보수정비 관련 유지보수정보 DB 템플릿 개발 연구를 수행하였다.

* 한국철도기술연구원, 철도환경연구실

E-mail : lapin95@krri.re.kr

TEL : (031)460-5248 FAX : (031)460-5279

** 한국철도기술연구원

2. 유지보수정보 DB 템플릿 분석

2.1. EN 50126-1 유지보수정보 DB 템플릿 분석

철도시스템 LCC 모델링 개발을 위한 철도차량 유지보수정보 DB 템플릿 개발을 위하여, 기존의 관련된 규격에 대해 조사 분석을 수행하였다. 먼저 유럽전기기술 표준협회인 CENELEC의 철도차량 전기 기계 차상 장치(Electro-mechanical material on board of rolling stock) 워킹그룹에서 작성한 철도차량 RAMS를 위한 EN 50126-1 응용 가이드의 관련 내용에 대해 분석하였다. EN 50126-1은 철도 분야에서 목표한 RAMS를 달성하는데 필요한 제반 사항에 대해 설명하고자 제작되었으며, 철도시스템의 전체 수명주기 마다 요구되는 다양한 작업들이 총체적으로 정의되어 있다.

철도차량을 위한 RAMS는 전체적인 시스템 성능에 중요한 영향을 미치는 특성들이다. 그리고 경제적 측면에서의 RAMS 중요성을 파악하는 지표로써 수명 주기 비용(LCC)이 활용된다. EN 50126-1에서 LCC 접근법은 시스템을 경제적 측면에서 나타내기 위한 총 비용 개념을 의미한다. 시스템에 대한 경제적 고려사항들을 파악하기 위해서는 철도차량의 LCC에 기여하는 RAMS를 활용할 수 있다. 그리고 이러한 관점에서 EN 50126-1은 RAMS의 M에 해당하는 유지보수성(Maintainability) 측면에서 유지보수 특성과 정보 DB 템플릿을 제안하고 있다.

대부분의 철도 운용사들은 유지보수 작업을 수행하기 위한 인력, 자원, 예비품 및 각종 유지보수 장비 등을 보유하고 있는 depot를 운영하고 있다. 또한 depot가 보유하고 있는 인력과 자원, 예비품 및 장비만으로 depot의 운영 목표를 충족시킬 수 없는 경우에는, 다시 말해 최소한의 유지보수 시간 요구 조건을 충족할 수 없는 경우에 depot가 아닌, 제3의 장소(component workshop 등)에서 유지보수 작업이 이루어지게 된다. 따라서 EN 50126-1에서는 유지보수 레벨을 depot에서 이루어지는 "In-Service Maintenance" 레벨과 depot 이외의 제3의 장소에서 이루어지는 "Out-of-Service Maintenance"레벨로 정의하고 있다. 그리고 이러한 2가지 종류의 유지보수 레벨 분류의 목표는 RAMS 요구사항을 충족시키는 것이며, 이를 위해 예방정비 (Preventive maintenance)는 다음의 형태로 수행될 수 있다. 첫째 "In-Service Maintenance 중 InS-PM"의 경우, 대기 시간을 최소화시키기 위해 다음의 2가지 유지보수 상황이 고려될 수 있다. ①예정된(scheduled) 모든 유지보수 작업이 depot에서 수행되는 경우와 ② depot에서는 오직 유지보수 대상의 제거, 설치 및 예비품으로의 교체 작업만이 수행되며, 이를 제외한 유지보수 작업들은 제3의 장소에서 수행되는 경우로 나눌 수 있다. 하지만 둘째 "Out-of-Service Maintenance 중 OutS-PM"의 경우에는 오직 한 가지 유지보수 상황만이 고려되며, 모든 예정 유지보수 작업은 제3의 장소에서 수행된다.

보수정비(corrective maintenance)를 수행할 때에도 예방정비와 유사한 상황이 고려될 수 있다. 하지만 보수정비의 경우에는 depot에서 자원(인력, 설비 등) 외에도 차량에서 발생한 고장모드 (failure mode) 또한 반드시 고려되어야 한다. 이는 고장모드 역시 RAMS 요구사항에 중대한 영향을 미치는 요소이기 때문이다. 따라서 보수정비에는 "In-Service Maintenance"레벨과 "Out-of-Service Maintenance"레벨에 "고장모드 틀 고려하여 수행해야 하며, 첫째, "In-Service Maintenance" 또한 예방정비와 마찬가지로 대기 시간을 최소화시키기 위해 다음의 2가지 유지보수 상황이 고려될 수 있다. ① 수리 가능한 고장모드의 경우 수리를 위한 모든 유지보수 작업은 depot에서 수행된다.(InS-CM-Rep). ②수리가 불가능한 고장모드의 경우 depot에서는 오직 예비품을 사용하여 유지보수 대상의 제거 및 설치 작업만이 수행된다. (InS-CM-Not Rep). 하지만 둘째 "Out-of-Service Maintenance"의 경우에는 오직 한 가지 유지보수 상황만이 고려되며, 수리 가능한 고장모드의 경우 해당 유지보수 대상의 제거 및 예비품 설치 작업과 기타 모든 유지보수 작업이 제3의 장소에서 이루어진다. (Out-SCM). 참고로 depot에서 수행되는 모든 "In-Service Maintenance"는 철도차량 부품 LRU(line replaceable unit)단위로

수행된다고 정의하고 있다.

그리고 EN 50126-1에서는 이러한 유지보수 특성이 반영된 유지보수 분석 DB 템플릿을 제안하고 있다. 먼저 예방정비와 관련해서는 그림1 예방정비정보 DB 템플릿과 같이 유지보수 레벨을 반영하여 예방정비에 관련된 정보들을 입력하도록 하고 있으며, 그 항목과 정의는 표1에 나타내었다. 하지만 EN 50126-1은 RAMS 관점의 유지보수정보 DB 템플릿을 제안하고 있기 때문에 철도시스템 예방정비에 대한 비용 산출을 위한 필수적인 항목인 “시간당 인건비(man hour cost)”는 생략되어 있다.

그림 1 EN50126-1에서 제안한 예방정비정보 DB 템플릿

그림 2 EN50126-1에서 제안한 보수정비정보 DB 템플릿

표 2 EN 50126-1에서 제안한 예방정비정보 DB 템플릿 항목 및 정의

Code	LRU 분류 코드
Description	LRU 설명
Part No.	LRU 부품 번호
Qty	Level 2 어셈블리에 속한 모든 LRU 수
Step no.	개별적인 유지보수 작업을 식별하기 위한 일련 번호
Maintenance Task	예방정비 작업 설명
Spare Parts and special tools	작업에 필요한 특수 장비 (depot 이나 workshop에서는 제공치 않으며 일반적으로 구하기 힘든 장비)와 물품들 (소비재 및 예비품)
Frequency	예방정비 주기 (time or Km)
Maintenance level	예방정비작업자가 사용하는 유지보수 레벨 코드 InS-PM (In-Service Preventive Maintenance) OutS-PM (Out-of-Service Preventive Maintenance)
Personnel	예방정비 설명 당시 필요한 유지보수 인력 수
Skill Level	예방정비 수행 작업자에게 요구되는 기능 레벨 코드
Spare Parts Cost	예비품 비용
Man hours	예방정비에 필요한 인원 수 × 유지보수 작업에 걸리는 시간
Standstill time	예방정비로 인한 철도 차량의 대기 시간
Total Qty	전체 철도차량에 포함된 LRU의 수
Notes	물류나 기타 사항과 관련한 모든 주석 (유지보수 매뉴얼 참고 등)

또한, 보수정비와 관련해서는 그림 2 보수정비 분석 템플릿과 같이 보수정비에 관련한 정보들을 포함하고 있으며, 그 항목과 정의는 표2에 나타내었다. 보수정비 분석 템플릿의 항목은 전체적으로 예방정비 분석 템플릿의 항목과 유사하나, 앞서 설명한 것과 같이 보수정비에 있어 고장모드는 RAMS 요구 사항에 중대한 영향을 미치는 요소이기 때문에 보수정비 분석 템플릿에 LRU의 고장모드 정보에 관련된 항목이 추가되었으며, 유지보수 활동횟수와 관련해서는 예방정비의 주기가 아닌 LRU 고장모드에 따른 고장률이라는 차이점이 있다.

표 3 EN 50126-1에서 제안한 보수정비정보 DB 템플릿 항목 및 정의

Code	LRU 분류 코드
Description	LRU 설명
Part No.	LRU 부품 번호
Qty	Level 2 어셈블리에 속한 모든 LRU 수
Failure Mode.	FMECA 분석을 참고해 작성한 LRU 고장 모드
Maintenance Task	보수정비 설명
Spare Parts and special tools	작업에 필요한 특수 장비(depot 이나 workshop에서는 제공치 않으며 일반적으로 구하기 힘든 장비)와 물품들(소비재 및 예비품)
Failure rate (in failures/ Mh)	LRU 고장 모드의 고장률(백만 시간 당 고장 횟수)
Maintenance Level	보수정비 작업자가 사용하는 유지보수 레벨 코드 InS-CM - Rep (In-Service Corrective Maintenance with Repairable Failure Mode) InS-CM - Not Rep (In-Service Corrective Maintenance with Non Repairable Failure Mode) Out-SCM (Out-of-Service Corrective Maintenance)
Personnel	보수정비 설명 당시 필요한 유지보수 인력 수
Skill Level	보수정비 수행 작업자에게 요구되는 기능 레벨 코드
Spare Parts Cost	예비품 비용
Man hours	보수정비에 필요한 인원 수 × 유지보수 작업에 걸리는 시간
Standstill time	보수정비로 인한 철도 차량의 대기 시간
Total Qty	전체 철도차량에 포함된 LRU 의 수
Notes	물류나 기타 사항과 관련한 모든 주석 (유지보수 매뉴얼 참고 등)

2.2. UNIFE LCC 모델 유지보수정보 DB 템플릿 분석

철도시스템 LCC 모델링 개발을 위한 유지보수정보 DB 템플릿 개발을 위하여, 추가로 UNIFE LCC 모델의 유지보수정보 템플릿에 대해 조사 분석을 수행하였다. UNIFE(유럽철도산업연합, Union of European Railway Industries)는 철도산업의 협력을 위해 유럽의 철도산업 관련 기관 및 기업으로 구성된 단체이며, 이 단체의 하위 그룹중 하나인 UNIFE LCC 그룹은 철도산업 내에서 LCC 관련 환경을 개선하기 위해 발족되었다. UNIFE LCC 모델은 하나의 부품 또는 시스템의 획득 및 유지와 보수에 사용되는 총비용을 평가하는 경제적 분석 절차이다. 이 분석은 제품 설계, 개발 및 사용에 관하여 의사결정 절차에 중요한 정보를 제공한다. 공급자는 대안을 평가하고 트레이드오프(trade off) 연구를 수행함으로써 설계를 최적화할 수 있다. 특히 공급자는 LCC를 최적화하기 위한 다양한 운영 및 유지보수 전략을 평가할 수 있다. 일반적으로 철도 고객 및 운영자는 신뢰할 수 있고 안전한 운영을 보장하며 사용 가능한 수명기간 동안 손쉽게 유지보수 될 수 있는 철도 제품을 요구한다. 운영자는 고객으로서 철도차량 또는 철도시스템을 구매하는 의사결정에서 취득 비용뿐 아니라 시스템의 운영시 소요되는 유지보수에 대한 기대비용에도 중요하게 고려해야 한다. 따라서 UNIFE LCC의 모델은 유지보수에 대한 기대비용을 계산하기 위하여 예방정비와 보수정비에 관한 일련의 정보 DB 템플릿을 제안하고 있다.

먼저 UNIFE LCC 모델은 EN 50126-1과 달리 RAMS 관점에서의 유지보수 정보 분석이 아닌 대상 시스템의 총비용 평가 관점에서 유지보수정보를 분석하기 때문에 표3과 같이 열차 총 수량, 총 운행거리 및 시간, 년당 가동 시간 등 EN 50126-1의 유지보수정보 템플릿에는 없는 글로벌 데이터 항목을 별도로 정의하고 있다.

표 4 UNIFE LCC 글로벌 데이터 템플릿 항목 및 정의

Manhour cost	시간당 인건비
Number of trains	총 열차 수
Operation distance	총 운행 거리 (km)
Life Cycle Length	총 사용 년수 (year)
Powered time per year this system	년당 가동 시간 (hour)

또한 철도차량 부품 유지보수 단위에 있어서 UNIFE LCC 모델은 EN 50126-1과 다르게, 라인 교체 가능 유닛인 LRU와 예비품 유닛인 SRU(shop replaceable unit)로 구별하고 있으며, SRU 단위로 유지보수 비용계산을 다루고 있다. 그리고 예방정비와 보수정비의 유지보수 레벨 정의에 있어 UNIFE LCC 모델은 1차 line, 2차 depot, 3차 부품공장과 같은 제3의 장소에서의 유지보수 활동으로 구분하고 있다. 하지만 이 경우에도 정의만 구별할 뿐 실제 총비용 계산을 위한 유지보수 레벨 구분에 있어서는 1차 line과 2차 depot를 하나로 묶어 동일한 유지보수 레벨로 정의하고 있기 때문에 UNIFE LCC 모델의 1차 line과 2차 depot는 EN 50126-1의 "In-Service Maintenance" 레벨과, 3차 부품공장과 같은 제3의 장소는 "Out-of-Service Maintenance" 레벨과 동일한 유지보수 레벨이라고 볼 수 있다. 하지만 EN 50126의 보수정비에서 고려하는 고장모드에 따른 수리가능 여부에 대해서는 UNIFE LCC 모델은 고려하지 않고 있으며, 단지 대상 SRU의 교환과 수리 가능여부만을 고려하여 유지보수 총 비용을 계산하고 있다. 또한 man hour에 있어서도 EN 50126-1은 "유지보수에 필요한 인원 수(personnel) × 유지보수에 걸리는 작업 시간"으로 정의하여 유지보수에 소요되는 인원수를 고려하고 있으나 UNIFE LCC 모델은 총 비용 계산을 위하여 유지보수 활동에 걸리는 총 인시(man hour)만을 요구하고 있다. 따라서 이 정보로는 실제 유지보수 활동시 몇 명의 인원이 소요되는지는 확인할 수는 없는 단점이 있다. 그리고 작업에 필요한 특수 장비와 물품들에 관한 정보도 UNIFE LCC 모델은 예방정비와 보수정비 DB 템플릿이 아닌 별도로 고려하고 있다. 기타 UNIFE LCC 모델의 예방정비와 보수정비정보 DB 템플릿의 항목 및 정의에 있어서는 표4~5와 같으며, EN 50126-1과 유사하다.

그림 3 UNIFE에서 제안한 예방정비정보 DB 템플릿

UNIFE Preventive Maintenance Sheets																	
Rolling Stock		Code L2		Doc. No.		Version Number											
Code L1		L2 Assy		Date of version		Drawn up by		Page n/N		File name							
L1 Assy		Drug or Diagr Part															
		Spare Parts Cost (€/1000€)		Man-Hour cost (€/1000€)		Total Cost (€/1000€)											
L2 Assy total Data																	
Identify	Name	Total Qty	Spare Part Price	Task No.	RM Description	Work shop	RM Interval	RM Interval Exception	Interval unit	RM MMR	Time per task	Skill Category	Spare Part Name	Spare Part Number	Material cost	Cost Unit	Note
SRU																	

그림 4 UNIFE에서 제안한 보수정비정보 DB 템플릿

UNIFE Corrective Maintenance Sheets																	
Rolling Stock		Code L2		Doc. No.		Version Number											
Code L1		L2 Assy		Date of version		Drawn up by		Page n/N		File name							
L1 Assy		Drug or Diagr Part															
		Spare Parts Cost (€/1000€)		Man-Hour cost (€/1000€)		Total Cost (€/1000€)											
L2 Assy total Data																	
Identify	Name	Superior Identify in Stock	Title in Use	Alternat System	Supplier Part Number	Sub-Supplier Name	Sub-Supplier Part Number	Spare Part Price	Exchange mode	Reason by Each	Repair date	F/R Unit	Mean MTR	SKB Code	Unit Cost	Prep Cost Unit	Prep Time CWS
SRU																	

표 6 UNIFE에서 제안한 예방정비정보 DB 템플릿 항목 및 정의

Identity	아이템 ID
Name	아이템 이름
Total in train/proj	열차 당 총 아이템 수
Spare Part Price	예비품 비용
Task No	각각의 유지보수 업무를 식별하기 위해 사용하는 일련의 번호
PM Description	예방정비 업무에 대한 설명
Work shop	work shop 타입 (1,2 or 3)
PM Interval	PM활동 간격
PM Interval Exception	예방정비가 수행되는 사이 간격의 예외
Interval unit(km/d/m/y)	간격 단위
PM MMH(Manh)	예방정비 인시
Time per task	유지보수 업무 수행 시간
Spare Part Name	예비품 이름
Spare Part Number	예비품 파트 넘버
Mtrl cost	보수정비 재료비

표 5 UNIFE에서 제안한 보수정비정보 DB 템플릿 항목 및 정의

Identity	아이템 ID	
Name	아이템 이름	
Superior Identity in structure	구조 상 상위 ID	
Total in train/proj	열차 당 총 아이템 수	
Alternate System	대체 시스템	
Supplier Part Number	공급자 파트 넘버	
Sub-Supplier	하위 공급자	
Sub-Supplier Item Name	하위 공급자 아이템 이름	
Sub-Supplier Part Number	하위 공급자 파트 넘버	
Spare Part Price	예비품 비용	
Exchangeable	교환 가능 여부	
Fraction by Exchange	수리율 (1: 교환 0: 수리)	
Repairable	수리 가능 여부	
Failure rate	고장률	
F/R unit	고장률 단위	
MMH(manh)	유지보수 인시	
MTTR	평균 복구 시간	
1st, 2nd line	Mtrl cost	1st, 2nd line 보수정비 재료비
3rd Rep	Rep cost	3rd Rep 보수정비비
3rd Rep Time CWS		3차 workshop에서 아이템을 복구하는데 필요한 평균 인시

3. 철도시스템 LCC 모델을 위한 유지보수정보 DB 템플릿 제안

철도시스템 LCC 모델링 개발의 일환으로 철도차량의 정확한 유지보수비용을 계산하기 위하여, 앞서 분석한 EN50126-1 규격과 UNIFE LCC 모델 가이드 자료 분석결과를 통하여 철도차량에 적합한 예방정비와 보수정비정보 DB 템플릿을 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 철도시스템 LCC 모델을 위한 유지보수정보 DB 템플릿은 그 기본이 유지보수에 대한 기대비용 계산에 있다. 따라서 본 연구에서 제안된 템플릿은 UNIFE LCC 유지보수정보 템플릿과 같이 유지보수 기대비용을 계산할 수 있는 항목을 기본으로 포함하며, 추가로 철도시스템 RAMS 관점에서 EN 50126-1과 같은 RAMS 고려 항목을 추가하였다. 본 연구에서 제안한 유지보수정보 DB 템플릿은 그림 5~6과 같다.

그림 5 예방정비정보 DB 템플릿(안)

Preventive Maintenance Sheets																
Rolling Stock Code L1 L1 Assy		Code L2 L2 Assy Drawg or Diagr Ref			Doc: No Version Number Date of version Drawn up by Page n/N File name					L2 Assy total Data						
		Spare Parts cost (€/1000€)		Man-hour cost (€/1000€)		Total Cost (€/1000€)										
Code	LRU Description	Qty	Step No.	Maintenance Action Codes	Maintenance Task	Interval	Interval unit (km/d/m/y)	Spare Parts cost	1st, 2nd line Material cost	3rd Rep Material cost	1st, 2nd line		3rd Rep		Skill level	
											Personnel	Man-hour	Personnel	Man-hour		

그림 6 보수정비정보 DB 템플릿(안)

Corrective Maintenance Sheets																	
Rolling Stock Code L1 L1 Assy		Code L2 L2 Assy Drawg or Diagr Ref			Doc: No Version Number Date of version Drawn up by Page n/N File name					L2 Assy total Data							
		Spare Parts cost (€/1000€)		Man-hour cost (€/1000€)		Total Cost (€/1000€)											
Code	LRU Description	Qty	Failure Mode	Maintenance Task	Spare Parts	Failure Rate (in failure/Mh)	Repairable (Y/N)	Spare Part cost	1st, 2nd line Material cost	3rd Rep Material cost	1st, 2nd line		3rd Rep		Skill level	Note	
											Personnel	Man-hour	Personnel	Man-hour			

표 9 예방정비정보 DB 템플릿 항목 및 정의

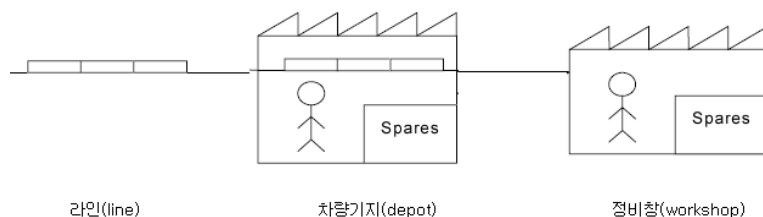
ID.No	LRU 분류 코드
Item Description	LRU에 대한 설명
Quantity	각 차량의 LRU 수량
Step No.	각각의 유지보수 업무를 식별하기 위해 사용하는 일련의 번호
Maintenance Action Codes	예방정비 업무에 대한 고유 코드(IN, SV, RP, NDT, RM, OV)
Maintenance Task	예방정비 업무에 대한 설명
Spare Parts	작업에 필요한 물품들(소비재 및 예비품)
Interval	각 유지보수 업무의 주기 및 단위
Interval unit (km/d/m/y)	
Spare Part Cost	예비품 비용
1st, 2nd line Material cost	재료비
3rd rep Material cost	
1st, 2nd line	Personnel
	Man hour
3rd rep	Personnel
	Man hour
Skill level	유지보수를 수행하는 작업자에게 요구되는 기능 레벨 코드
Notes	물류나 기타 사항과 관련한 모든 주석(유지보수 매뉴얼 참고 등)

표 10 보수정비정보 DB 템플릿 항목 및 정의

ID.No	LRU 분류 코드
Item Description	LRU 설명
Quantity	각 차량의 LRU 수량
Failure mode	FMEA 분석 시트를 참고하여 작성한 LRU의 고장모드
Maintenance task	보수정비 업무에 관한 설명
Spare Parts	작업에 필요한 물품들(소비재 및 예비품)
Failure rate(in failure/Mh)	LRU 고장모드의 고장률(백만 시간 당 고장 횟수)
Repairable (Y/N)	수리가능한지의 여부
Spare Part cost	예비품 비용
1st, 2nd line Material cost	재료비
3rd rep Material cost	
1st, 2nd line	Personnel
	Man hour
3rd rep	Personnel
	Man hour
Skill level	유지보수를 수행하는 작업자에게 요구되는 기능 레벨 코드
Notes	물류나 기타 사항과 관련한 모든 주석(유지보수 매뉴얼 참고 등)

기본적으로 보수정비의 유지보수 단위는 UNIFE 모델과 동일하게 라인 교체 가능 유닛인 LRU 단위가 아닌, 예비품 유닛 단위인 SRU 단위로 정하고 있다. 이것은 실제로 철도시스템 운영기관에서 유지보수 활동을 SRU 단위에서 수행하고 있기 때문이며, 만일 LRU 단위만을 고려할 경우 LRU 단위로 교체가 이루어진 이후 하위의 SRU 단위에서 수리 혹은 교체가 발생한 경우에 대해서는 계산이 불가능하다.

그림 7 제안된 템플릿의 유지보수 레벨 정의



또한 유지보수 레벨 정의에 있어서도 제안된 유지보수정보 DB 템플릿은 그림 7과 같이 1차 line, 2차 depot, 3차 workshop(정비창) 등의 제3의 장소에서의 유지보수 활동으로 구분하였으며, 1차 line과 2차 depot를 하나로 묶어 동일한 유지보수 레벨로 정의하였으며, 정비창과 같은 제3의 장소는 독립적인 또 다른 유지보수 레벨로 정의하였다. 하지만 앞서 설명한 것과 같이 보수정비에 있어 고장모드는 RAMS 요구사항에 중대한 영향을 미치는 요소이기 때문에 보수정비 분석 템플릿에 SRU의 “고장모드” 정보에 관련된 항목을 추가하여, 이를 고려하도록 하였다.

또한 “부가 물품” 항목을 추가하여 유지보수비용 계산에 필수적인 재료비 계산은 예비품 비용 외에 부가적으로 소비되는 물품들에 대한 비용을 포함하여 “재료비” 항목에 입력하도록 하였다. 이 경우 SRU의 “수리 가능여부” 항목을 두어 이를 고려하도록 하였다. (예, SRU 항목: 베어링, 부가 물품 항목: 윤활제, 예비품 비용 항목: 베어링 예비품 비용, 재료비 항목: 예비품 비용 또는 수리 가능한 SRU의 경우 수리비용 + 부가 물품 비용). 이외 보수정비 활동횟수와 관련해서는 SRU의 고장모드에 따른 “백만 시간당 고장률”을 이용하도록 하였다. 기타 보수정비정보 DB 템플릿의 항목은 표6과 같이 구성되어 있다. 예방정비정보 DB 템플릿의 경우 그림6, 표7과 같이 앞서 설명한 보수정비정보 DB 템플릿과 기본적인 항목에서 유사하다. 하지만 예방정비는 주기적으로 유지보수 활동이 반복되기 때문에 예방정비정보 DB 템플릿에 예방정비 업무를 코드화하였으며 (코드 IN:Inspection, SV: Servicing, RP: Replacement/Replenishment of consumables, NDT: Non-Destructive Test, RM: Removal for overhaul/replacement, OV: Major parts' renewal/replacement during overhaul), 예방정비 활동횟수와 관련하여 주기를 거리(km)와 시간(day/month/year)으로 구별하여 입력하도록 하였다. 하지만 철도시스템 유지보수 총비용을 계산하기 위해서는 제안된 유지보수정보 DB 템플릿의 경우에도 UNIFE LCC 모델과 같이 추가로 열차 총 수량, 총 운행거리 및 시간, 년당 가동 시간 등 글로벌 데이터 항목은 별도로 정의되어야 한다.

지금까지 본 연구에서 제안한 유지보수 정보 DB 템플릿에 대하여 설명하였다. 본 템플릿의 목적은 다양한 LCC 모델중 철도시스템 유지보수에 대한 기대비용 계산에 목적이 있다. 하지만 LCC 모델에 주어지는 요구조건은 다양하고 많으며 요구되는 정확도와 세부사항뿐 아니라 모델 사용자 또한 다양할 수 있다. 따라서 그 사용 환경 및 목적에 따라 필요한 유지보수정보 DB가 달라질 수 있으며, 이를 고려하여 유지보수정보 DB 템플릿의 항목과 정의는 달라져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Railway applications-The specification and demonstration of RAMS -part3: Guide to the application of EN 50126-1 for rolling stock RAMS
2. UNIFE Guidelines for life cycle cost volume 1~4
3. Handbook for reliability-centered maintenance requirements for naval aircraft, weapons systems and support equipment, MIL-HDBK-2173(AS)