철도차량 정비효율화에 관한 연구

A study on the Maintenance efficiency of the Rolling-stock

유양하*　　김관형**

Yu, Yang-Ha　Kim, Kwan-Hyung

ABSTRACT

Life cycle of the rolling stock is normally 20 to 40 years, though there is some difference in accordance with each vehicle. Maintenance cost is over the twice of purchasing price. and also it is true that precise statics is not managed properly except for some developed countries due to the difference of maintenance method, skills.

After KORAIL introduced ERP system in 2007, maintenance cost is managed by type of cars, by unit. but, afterwards it should be controlled as an index and also more precisely. it is the best pending issues to make train maintenance efficiency, to utilize accumulated indexes. I want to attribute to train maintenance efficiency by analysing what is the problems in the present maintenance method.

(국문요약)

1. 머리말

철도차량은 내구연한이 차량에 따라 차이가 있지만 보통 20년에서 길게는 40년까지 사용되고 있다. 장기간 사용되면서 운용에 필요한 정비를 하게 되고 정비에 소요되는 비용은 차량구입 가격의 두 배를 상회하는 것으로 알려져 있다. 또한 차량 간 정비방법의 차이 등 정비주체 간에 따라 편차가 크게 나타남을 짐작할 수 있고 일부 선진국을 제외하면 정확한 통계가 관리되고 있지 못하는 것이 현실이다.

코레일의 경우 2007년도부터 ERP시스템이 구축되어 차종별, 소속별 정비비용 등이 산출되어 관리되고 있다. 향후 좀 더 정확하게 관리되고 지표화되어 활용되어야 할 것으로 생각된다. 이러한 지표의 활용과 함께 많은 비용이 소요되는 차량정비의 효율화는 당면한 최고의 현안이 되고 있다. 우리나라 철도차량의 정비 실태를 알아보고 신형전기기관차의 사례를 통해 현행 정비의 문제점은 무엇이고 해결방안은 어떤 것이 있는지 분석하고 정비주기 및 방법의 결정에 대한 정비정책 수립 이론을 제시하여 정비효율화에 기여하고자 한다.

---

* 유양하 코레일 연구원, 정회원

E-mail : yyh8141@empal.com

TEL : (042)609-4916　FAX : (042)609-4915

** 김관형　코레일 연구원 기술연구팀장, 정회원

2. 철도차량 정비 현황과 효율적 정비방안

2.1 우리나라의 철도차량 정비 현황

철도차량의 유지보수는 정해진 규정과 정비지침에 따라 시행되고 있다. 증기기관차를 시작으로 우리나라에서 철도차량이 운행을 시작한지도 100년이 더 지났고 차량의 구조 및 성능 또한 많은 변화와 발전을 해왔다. 그러나 정비방식은 차량 및 부품의 기술적 발전을 정확하게 반영하지 못하는 측면이 있다. 차량정비는 기술력 뿐 아니라 정비장소, 정비주기, 정비설비 및 방식 등 많은 요소를 가지고 있다. 정비장소는 한 번 위치가 정해져 기지가 설립되면 좀처럼 옮겨지지 않고 오랜 기간 그 위치를 유지하게 된다. 정비장소가 오랜 기간 동안 전통을 지키며 이어오는 것은 전혀 문제 될 것이 없다. 하지만 운영환경의 변화를 수용하지 못한다면 재고해 볼 필요가 있을 것이다. 2008년 현재 오랜 역사를 간직해 오던 코레일의 수도권차량관리단 용산정비창이 도심의 개발과 경영정책상의 이유로 이전을 진행 중에 있다. 이전의 계기가 정비의 효율화 보다는 경영의 효율화 일환이라고 볼 수 있다. 오랜 기간 동안 차량의 정비 효율화를 위해 차량기지를 이전한 경우는 거의 없는 것으로 사료된다. 차량 운영환경이 변화지 않는 것이 주된 이유일 수도 있다. 본 논문에서 다루고자 하는 것은 정비의 방법 및 정비환경이 변화되어 효율화를 기하고자 하는 것이다. 즉 획일적인 검수제도와 과거에서 부터 지금까지 시행해오던 노동집약적인 검수, 신기술이 적용된 차량에 경험위주의 오감에 의한 검사와 정비, 불합리한 부품의 교환주기를 최적화하지 못하는 측면 등 정비방식은 쉽게 발전하지 못하고 있다. 이로 인해 일은 열심히 하는데 효율은 적고, 비과학적인 반복 분해검수로 인해 설비 및 부품의 수명 단축을 가져오는가 하면, 고장에 의한 사후 수리비용이 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다. 고장이 자주 발생하게 되면 고장수리가 많아지게 되고 정비비용 및 많은 인력이 소요되는 것은 당연하다. 철도차량의 유지보수 활동은 계획된 정비만 시행하고 고장수리는 가능한 최소화하는 것이 효율적일 것이다. 일반적으로 철도차량의 유지보수는 정해진 검수 주기에 따라 검수계획을 수립하여 정해진 주기에 따라 예방검수를 시행하게 된다. 중요한 것은 유지보수의 주기와 시행방법이 좀처럼 변화되지 못하고 획일적으로 시행되는 문제점을 안고 있다. 차량의 상태에 따라 꼭 필요한 곳에 꼭 필요한 정비가 시행되는 것이 무엇보다 중요하다. 그렇게 하려면 정비를 시행하는 내용, 운행 중 발생된 도중고장 내역 등이 정확히 기록되고 관리되어야 하며 이를 분석하여 향후의 정비주기 및 방식을 개선해 나아가야 한다. 이러한 방식이 RCM[1] 방식이라 할 수 있다. 선진국 정비체계는 안전, 품질, 엔지니어링, 설계, 정보기술 등 다양한 기술위주의 통합조직으로 운영되고 있고, 차량의 무보수화 설계 개량 및 지능형 검수체계, 전기전자화와 전산시스템의 활용으로 정보의 통합관리 및 작업환경의 자동화를 통해 설비의 열화진단, 고장예측 및 부품수명 연장 등의 활동을 하고 있음을 알 수 있다. 놀고 즐기는 것 같아도 성과가 높고 시스템 및 설비의 신뢰성 수명 연장을 통해 보전에 필요한 인력 운영의 최적화로 LCC[2]가 관리되고 있다.

2.2 코레일 신형전기기관차의 정비상 문제점

2000년도 이후 도입되기 시작한 신형전기기관차의 차량시스템은 신기술이 접목되고 정비가 비교적 적은 시스템으로 제작되었다. 신형전기기관차의 정비는 과거의 구형차량 보다는 훨씬 효율화된 정비체계로 운영되고 있다. 비록 다른 차종에 비해 효율화된 정비체계를 가지고 있지만 코레일의 전통적 차량정비 방식을 개선하고자 이제 막 운행을 시작하였고 점차 운행량이 증가될 예정인 신형전기기관차를 샘플로 하여 정비 실태를 조사하였다. 신형전기기관차는 구형전기기관차나 다른 차종보다 훨씬 효율적인 정비를 시행하고 있음에도 불구하고 조사결과 개선할 부분이 많은 것으로 나타났다. 본 논문에서는 잘 되고 있는 부분은 언급하지 않고 비효율적이거나 개선의 여지가 있다고 생각되는 문제점을 중심으로 논해 보고자 한다.

운행을 시작한 지 이제 막 평균 3년(2008년 기준 3.3년)을 넘기고 있는 신형전기기관차는 현재 차량

1) Reliability Centered Maintenance(신뢰성중심의 유지보수)
2) Life Cycle Cost(생애주기비용)

의 신뢰성 수준이 낮고 차량 간 또는 동일 차량 내 검수 후 사용기간별 신뢰도의 변동 폭이 크게 나타나고 있으며, 차량의 사용기간 동안 정기적인 검수를 시행함에도 신뢰도의 향상이 되지 않고 오히려 점차 감소현상이 나타나고 있는 것을 알 수 있었다. 물론 운행초기 차량의 안정화가 이루어지지 못한 측면이 있을 수 있으나, 검종별 회기 준수가 미흡하고 검수시간이 길고 산포가 매우 크게 나타나 검수관리가 안정된 관리 상태에 이르지 못하고 있는 실정이다. 운행 중 도중 고장이 많고 고장수리에 소요되는 시간이 평균 21.3%(max.33.9%) 수준으로 정기검수 중심의 계획정비 일정에 혼란을 가져오는 악 순환을 초래하고 있다. 고장 수리시간이 장기화 현상을 보이고 있으며 조사기간(2004.3~2008,6) 중에 수리시간이 점차 증가되는 추세를 보이고 있다. 도중고장의 발생시기가 정비 후 약 일주일 내에 집중되는 현상이 나타나 부품별 시간주기나 검수항목에 대한 재검토와 정비품질 또한 재고되어야 할 것으로 나타나고 있다.

검종	일수	검종	일수	검종	일수	검종	일수	검종	일수
신조도입	40	2W	11	2W	11	6M	6	2W	6
3M	27	2W	14	2W	1	2W	6	2W	9
2W	7	2W	11	2W	11	2W	8	2W	9
신조도입	26	2W	10	3M	3	2W	1	2W	1
2W	7	2W	1	D	1	2W	12	2W	5
3M	9	1M	6	2W	13	2W	4	18M	3
2W	4	1M	6	1M	5	2W	4	2W	3
2W	12	2W	3	1M	5	2W	16	2W	3
2W	11	3M	3	2W	3	2W	3	2W	1
2W	3	2W	2	2W	6	2W	8		

표 1 검수 후 도중고장 발생 일(조사대상 49건)

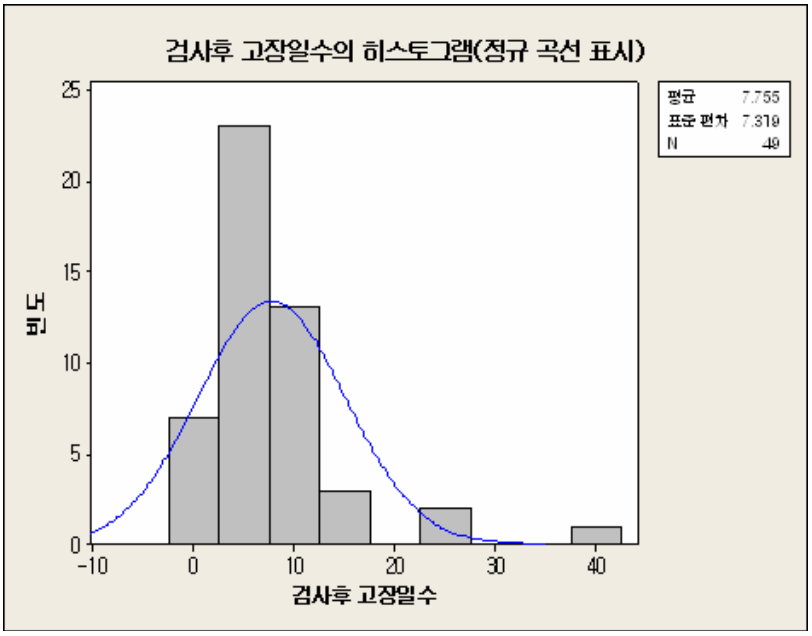

그림 1 검수 후 고장일수(평균 7.7일)

차량의 고장재발빈도가 높을 뿐 아니라 고장내용이 주로 계통기능과 고장해석에 대한 기술적인 문제로 귀착되고 있다. 세부적인 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

① 다중계통 고장해석 예측기술이 취약하여 고장 자기진단 정보 CCU(Center Control Unit), TCU(Traction Control Unit)의 활용미흡

② 차량별 부품 BOM[3] 관리가 되지 않아 검수 및 고장이력 정보관리가 취약하고 분산되어 공유되지 못함

③ 신뢰성관리를 위한 전담조직이 없고 고장분석에 의한 계획검수 체계 부진

④ 중장기 검수목표, 계획에 일관된 검수실행계획과 검수관리 평가지표, 관리체계 미흡

⑤ 검수주기, 정비방법 등 기술관리 기준 절차들의 지속적 개선 및 표준화가 불충분함

위에 열거한 내용은 정비 상의 문제점 중 일반적이고 핵심적인 몇 가지 예로 차량별 가용성, 신뢰성, 보전성의 지표가 관리되지 않고 평가분석이 시행되지 못함에 따라 중장기적인 차량의 성능, 정비비용 등 주요 문제점을 개선할 기회를 갖지 못하고 있다. 검수 후 차량별 고장 열화현상 분석에 의한 검수주기 및 검수항목의 유기적인 조정이 이루어 져야하나 획일적 시간의존으로 검수작업이 많고 초기고장이 많이 발생하고 있는 실정이다. 제작사가 제공한 시간기준의 보수적인 검수방식에 의존하고 있으며, 상태기준을 적용할 수 있는 기술개발 혁신 전담조직이 없어 유지보수가 비교적 자유로운 고품질의 설계가 적용된 차량의 장점을 충분히 살리지 못하고 있다. 차량에 적용된 차상 컴퓨터 고장 자기진단 시스템인 CCU, TCU 등의 정보를 체계적으로 분석하여 활용하지 못하고 개별적, 부분적으로 활용하고 있을 뿐 전사적 통합시스템으로 활용하지 못하고 있다. 또한 고장분석 및 개선이 각 차량 기지별로 시행중에 있으나 고장재발을 위한 검증과 전사적인 표준화 개선으로 이어지지 못하고 있다. 설비코드 부품 BOM 전개 및 고장모드의 세부적인 정보 기록체계가 불합리하여 검수작업내역, 계통별, 부품별 중점고장, 검수항목 등이 각 차량기지 간 공유되지 못하고 있다.

RCM 기초이론에서 밝혀진 정기적인 시간기준의 예방정비가 고장예방에 도움이 되지 않는다는 것을 위 사례(도표1, 그림1)에서 극명하게 증명해 주고 있다. 단순한 주행키로와 획일적인 시간기준의 정기검수 방식에서 보다 더 객관적이고 효율적인 정비방법을 찾아 적용해야 한다.

2.3 효율적인 정비방법

지금까지 철도차량의 정비는 열차의 운행 킬로미터와 주기적인 시간기준의 예방정비 위주였다면 이제는 상태기준을 가미한 RCM정비를 시행하여야 한다.

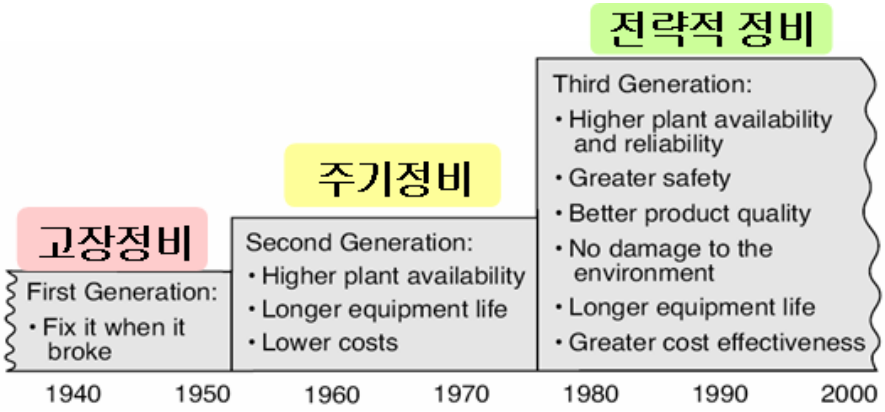

그림 2 시대별 정비방법의 변천

3) Bill Of Material(부품체계도)

철도차량은 사용 기한이 장기간임에 따라 현재 운행되고 있는 차량 또한 제작 시기와 제작사에 따라 차량시스템의 품질 및 신뢰성에 많은 편차가 있을 것이다. 정비방법 또한 각 차량의 특성에 맞게 적용되어야 하고 과거에 시행하던 방식을 최첨단 기술이 적용된 차량의 정비에 활용하는 것이 옳지 않다.

일반적으로 차량을 포함한 부품 및 시스템의 신뢰성은 시간이 지남에 따라 마모나 노후화에 따라 고장이 발생하게 된다. 정비는 고장을 미연에 방지하고 항상 제 성능을 발휘하도록 하는 것이 목적이므로 고장이 발생하기 전에 교환하거나 검수를 하여 예방하게 된다. 한 번이라도 고장이 발생하여 나타나게 되는 손상이나 손해(Damage)는 예방정비에 소요되는 비용과 비교할 수 없을 것이므로 고장이 발생되지 않도록 하는 것이 최상일 것이다. 그러나 고장예방을 목적으로 하더라도 지나친 예방검수는 많은 비용이 초래되고 비효율을 초래하게 된다.

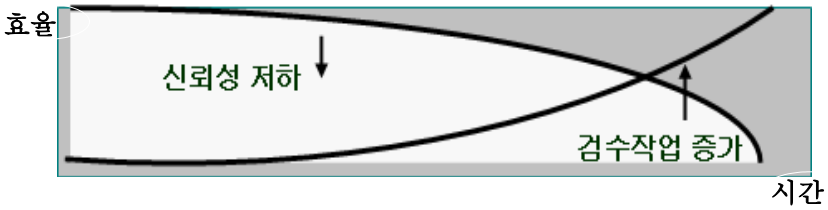

그림 3 시스템의 신뢰성저하와 정비비용의 상관곡선

시간기준의 예방정비는 많은 노력과 정비에도 불구하고 우발적인 고장(Random Failure)을 예방하지 못하는 것으로 입증되고 있다. 차량의 부품 및 시스템은 제동라이닝, 팬터그래프의 집전판 등과 같이 운행 횟수에 따라 마모되는 것과 스위치, 접촉기 등과 같이 사용횟수에 관계되어 손상되거나 열화 되는 것, 운행횟수 및 사용기간과 전혀 무관하게 오랜 시간이 지남에 따라 부식되거나 노후 되어 사용할 수 없는 것이 있다. 문제는 이러한 것들을 얼마나 과학적으로 분류하고 상황에 맞게 정비를 하느냐 하는 것이다.

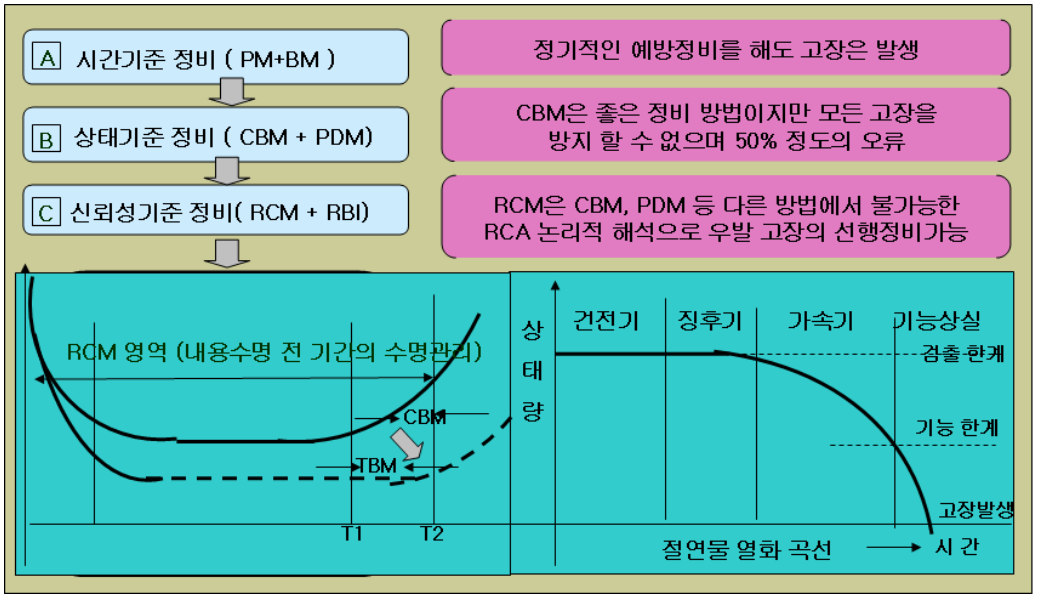

그림 4 정비의 한계 극복 체계

차량제작사가 제시하는 시간기준의 예방정비 주기는 비용적 측면보다는 고장예방의 안전측면에서 보수적으로 정비주기를 제시하는 것이 일반적이다. 이에 따라 차량 및 부품이 충분히 운전 가능한 기능을 유지하고 있음에도 불구하고 분해검수 등 사전 정비를 시행하여야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 고장을 일으키지 않고 정비주기를 연장해서 시간기준정비(TBM; Time Based Maintenance)의 최대 약점인 과잉정비를 막으려면 부품 및 시

스템의 진단을 통해 고장예측 점을 예지하여 시행하면 된다. 이러한 진단 즉 상태를 파악하여 시행하는 것이 상태기준정비(CBM ; Condition Based Maintenance)이고 상태기준정비가 가장 이상적인 정비라고도 한다. CBM은 고장시기를 예지, 예측하고 동시에 결함의 종류, 발생부위, 진행정도를 조사 및 탐지하여 최적의 계획정비를 행하는 것이기 때문에 시스템의 진단기술의 적용이 필수적인 요소이다. 즉 시스템 진단에는 휴대용 진단기나 오감을 통해 점검하는 방법과 KTX의 차량기지 입고 시 점검하는 차륜자동검사장치, 최근 전동차 등에 도입되고 있는 팬터그래프 감시 장치와 같이 연속감시장치로 진단하는 방법이 있다. 즉, 정밀진단기술은 인지기술과 예측기술로 나눌 수 있고 인지기술이란 설비의 현 시점에서의 이상의 종류를 파악하는 기술이고, 예측기술은 장래의 상태를 예측하는 기술이라 할 수 있다. 이러한 진단을 위해 최근 정밀진단 설비로써 CMS[4]를 도입하는 추세이다. CMS(상태감시장치)는 피측정물에 각종의 감지장치를 부착하고 측정 자료를 On-Line으로 관찰하여 자료를 분석하는 시스템으로 일반적인 기능은 다음 그림5와 같다.

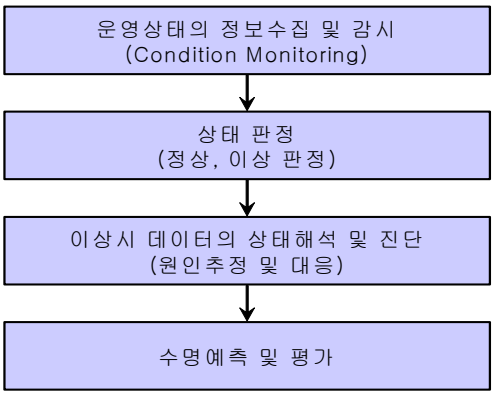

그림 5 CMS 체계도

고장의 형태 및 영향, 고장의 탐지도 등과 시스템 및 부품의 고장이 발생하는 시기의 편차에 따라 적용할 수 있는 정비 분류 계통과 RCM 적용의 정비체계는 다음의 그림6과 그림7과를 참조 할 수 있을 것이다.

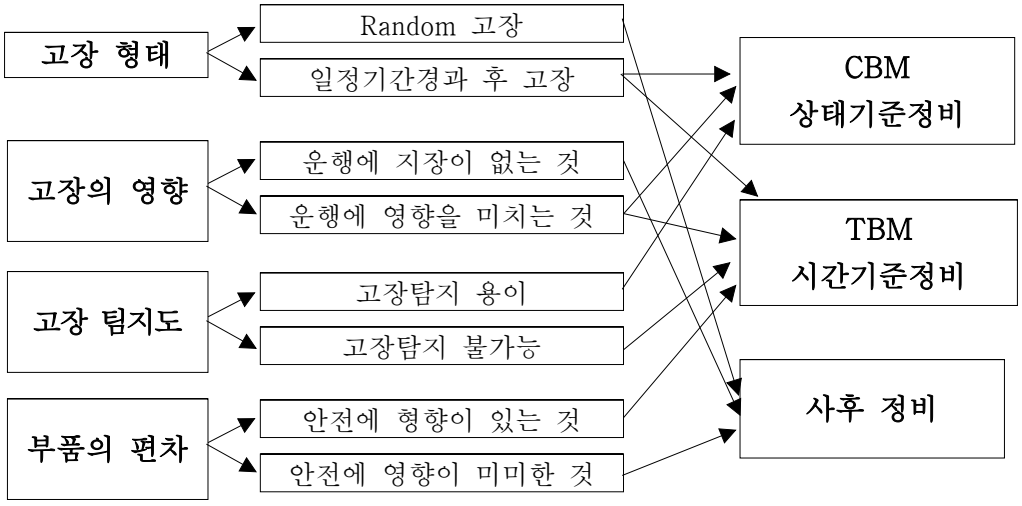

그림 6 정비형태의 계통도

4) Condition Monitoring System(상태감시장치)

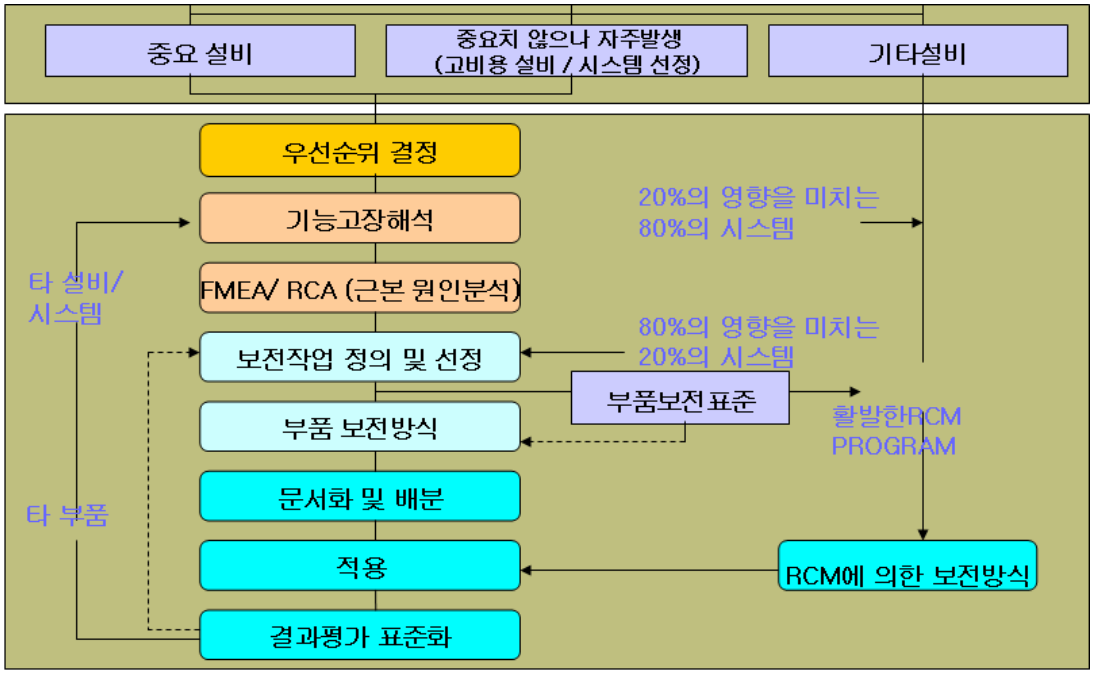

그림 7 중점항목 선정과 RCM적용 체계

3. 맺음말

철도차량의 정비 효율화 방안을 본 논문에서 모두 다 언급하기는 어려우나 신형전기기관차의 정비현황 사례와 유지보수 정책의 RCM 이론 등을 통해 효율적인 정비방법을 논해 보고자 하였다. 과거에서부터 시행해왔고 현재도 대부분의 정비방식이 시간위주의 획일적인 예방정비를 시행해 오고 있다. 획일적인 시간중심의 예방정비는 다양한 운행조건과 부품 및 시스템의 기술적 진보를 제대로 반영하지 못한다. 시간기준의 예방정비는 많은 노력과 정비에도 불구하고 우발적인 고장(Random Failure)을 예방하지 못하는 것으로 입증되고 있다. 각 부품의 특성(운행 횟수에 따라 마모되는 것, 사용횟수에 관계되어 손상되거나 열화 되는 것, 오랜 시간이 지남에 따라 부식되거나 노후 되는 것)에 맞게 얼마나 과학적으로 분류하고 상황에 맞게 정비를 하느냐 하는 것이 관건이다. 각각의 부품 및 시스템에 대한 신뢰성관리(RCM 활동)를 통해 그 부품의 특성에 맞는 정비방식을 적용하여야 한다. 그렇게 하려면 기술력의 향상과 모니터링 진단시스템의 구축, 통합적인 전산시스템의 구축 등이 뒷받침되어야 함은 말 할 것도 없을 것이다.

참고문헌

1. 안문영(2008) 한국생산시스템연구소 KORAIL연구원 ‘정비시스템 진단결과보고서
2. 최석중(2000) “고속철도차량의 효율적인 정비방안에 대한 고찰” 건국대학교
3. John Moubray "Reliability Centered Maintenance" 2nd Edition, Industrial Press Inc, 1997