

철도차량 일상검수 주기 및 방법에 관한 연구

A Study on the Daily Inspection of the Rolling-stocks

유양하[†] 이낙영* 김호순**
Yu, Yang-Ha Lee, Nak-Young Kim, Ho-Soon

ABSTRACT

At present, KORAIL is in the middle of renovating. All steps exert great effort at cost reduction and a profit improvement. Especially to improve maintenance method and inspection period at the rolling-stock division lots of research is under progress. Daily inspection of rolling stocks is to operate the rolling stock normally. Daily inspection items are driving control device, coupling device, brake system, water system and air conditioning system, electrical system etc. Half of the maintenance manpower are inputted at daily inspection. Strengthens the quality and optimize the proportion of daily inspection are urgent problem. Daily inspection period extension aim is as follows. KTX from 3,500km to 5,000km, passenger car from 1st to 3,500km, new style electric locomotive from 2nd to 5,000km, the diesel locomotive is 2,800km from 1,200km.

In this paper, the optimal daily inspection period and methods are considered including expected problem and counter measures.

1. 개요

한국철도공사는 비용절감 및 수익증대를 위해 현재 여러 분야에서 혁신중이다. 특히 차량분야에서는 오랫동안 시행해 오던 정비방법 중에 일상검수의 주기를 획기적으로 개선하고자 시범검수 및 연구를 진행하고 있다. 철도차량의 일상검수는 열차가 운행 중 고장이 발생하지 않고 정상 기능을 수행 할 수 있도록 확인하고 점검하는 것을 말한다. 일상검수 주기는 차종별로 차이는 있으나 3일 이내 또는 주행 킬로미터의 기준에 따라 행하게 된다. 일상검수 항목은 주행장치의 이상여부 확인을 비롯하여 차량연결상태, 제동장치, 급수장치, 냉난방장치, 전기장치 등 차량 전반에 걸쳐 행해진다. 일상검수의 비율은 모든 종류의 정비주기 인력의 약 50%를 차지하고 있다. 주기적 예방정비인 정기검수의 품질을 강화하고 일상검수의 비율을 최소화하는 것이 정비최적화의 현실적 과제가 되고 있다. 코레일의 차량 종류별 일상검수 주기연장 목표는 다음과 같다. KTX 3,500km에서 5,000km, 객차 1일에서 7일 기준 3,500km, 신형 전기기관차 2일검수와 2주검수를 합쳐 5,000km, 디젤기관차 1,200km에서 2,800km등이다.

본 연구는 최적의 일상검수 주기 및 방법을 찾기 위한 현황분석, 예상되는 문제점 도출 및 대책 등을 제시하고자 한다.

† 정회원, 코레일 연구원 기술연구팀 책임연구원
E-mail : yyh8141@korai.com
TEL : (042)487-3861

** 비회원, 충남대학교 정보통계학과 교수

*** 비회원, 코레일 연구원 차량부장

2. 철도차량 정비현황

2.1 철도차량 정비정책

한국철도공사의 철도차량의 유지보수는 유지보수규정과 지침을 통해 정비주기와 정비항목을 정하여 시행하고 있다. 2004년 고속철도 KTX 운행을 계기로 속도향상은 물론이고 이와 병행하여 정비방식에 있어서도 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 1899년 우리나라에서 철도가 운행을 시작한 이래 일제시대를 거치면서 우리나라 철도는 환경적으로 일본의 영향을 많이 받아 왔던 것으로 여겨진다. 다행히 철도에 있어서는 일본이 세계 최고의 수준을 가지고 있고 우리나라는 그 영향으로 어느 정도의 철도기술 수준을 유지할 수 있었던 측면도 있었으리라 생각된다. 특히 철도차량분야는 일부 차종을 제외하고 많은 부분이 일본의 영향을 받아오다가 KTX가 프랑스에서 도입되는 계기로 유럽방식의 정비방식도 받아들여지게 되었다. 지금 우리는 과거에 오랫동안 해오던 방식에서 보다 더 효율적인 정비 방식으로의 변화를 진행 중이다. 전통적인 일본의 방식에서 유럽식의 장점을 접목하여 우리만의 고유의 최적화된 정비방식을 추구하고 있는 것이다. 일본의 정비방식은 아래 그림1 에서 보는바와 같이 차종별로 크게 4가지로 구분하여 시행되는 것을 알 수 있다. 반면에 KTX에 적용되고 있는 유럽방식은 정비수준을 레벨1,2,3,4,5로 구분하여 세분화 되어 있고, 중수선 개념의 ‘레벨 4’ 는 차량단위라기 보다 장치별 정비가 시행되는 것이 특징이라 할 수 있다.

	0	12 month	24 month	36 month	48 month	60 month	72 month	96 month	대상 차량
Electric car (EC)	General inspection	Regular inspection (R)	ATS, ATC		Important parts inspection (IP)	GI			205, 211, 215, 251, 253, 255, 651 series
Electric car (EC)	GI	RI	ATS, ATC		IPI			GI	Rolling stocks other than the above (Excl.101 series, 77441 & old type E)
Diesel car (DC)	GI	RI	ATS		IPI			GI	428, 29, 30, 37, 38, 52, 58, 59, 100, 101, 110, 111, 112 440, 47, 48 Eng renewal DC
Passenger carriage (PC)		RI		RI				GI	12, 14, 24, 50 series 750, 7734, new type PC
Shinkansen Electric car (TEC)	GI	RI	ATC	Bogie inspection (BI)	BI	GI			All types TEC*
Electric locomotive (EL)	GI	RI	RI(A)	ATS	BI(B)	BI(A)		GI	EF60, 64, 65, 81 ED75
Diesel locomotive (DL)	GI	RI(A)	RI(B)	ATS	RI(B)	RI(B)		GI	DD51, 16 (including 300 series) DE10, 11
Steam locomotive (SL)	GI	RI(A)	RI(B)	MI(A)	ATS	Mid-term inspection (MI) (B)		GI	

그림 2 JR 동일본여객철도(주)의 차종별 정비주기[1]

JR동일본여객철도(주)에서는 VVVF제어장치 등 새로운 기술을 도입하고 있는 전동차를 대상으로 2002년 4월부터 ‘신보전 체계’ 라고 하는 새로운 차량정비 시스템을 갖추게 된다. 신보전체계는 각 장치의 내마모성이나 내구성의 검증을 근거로 장치마다 검사주기나 검사내용을 적정화 한 것이고, 전자화·무접점화 등 기술혁신과 경험에 의해 설계의 재검토, 각 기기의 신뢰도 향상, 유지보수의 최적화를 기하고 있고 장치마다의 검수주기 및 검사내용의 적정화를 할 수 있었다. 장치의 성능에 맞춘 유연한 검사체제로 안전을 확보하면서 보다 효율적인 유지보수 실현을 구축하고 있다.

철도차량의 정비 주기 및 방법은 국가별로 형태가 다른 물론이고 차종별로도 다양하게 시행되고 있다.

표 2 유럽방식을 적용한 KTX 정비주기 및 종류[2]

검 수 구 분		KTX	
검 종	약 호	주기	주행거리(km)
일상 검수	ES	3일	3,500
승객안락검수	ECC	-	
실내설비검수	CE	14일	20,000
주행기어검수	RGI	14일	20,000
체계 검수 1	SWT 1	-	50,000~55,000
체계 검수 2	SWT 2	-	100,000~110,000
제한 검수	LI	5개월	200,000(최대)
일반 검수	GI	10개월	400,000(최대)
전반 검수	FGI	20개월	800,000(최대)

코레일에서 운행되고 있는 철도차량의 정비주기 및 방법 또한 차종별로 서로 상이하고 차종별 정비의 효율 또한 편차가 크게 나타나고 있다. 차량정비는 정비인력의 기술력 뿐 아니라 정비장소, 정비주기, 정비설비 및 방식 등 많은 요소를 가지고 있고, 정비주기의 최소 단위라 할 수 있는 일상검수는 차종별로 다소의 차이는 있으나 인력의 투입율을 고려하면 모든 정비의 약 50% 내외를 차지하고 있다. 일상검수의 최적화는 곧 정비효율화의 가장 큰 대상이라 할 수 있다. 한국철도공사에서 운행되고 있는 차량종류별 일상검수 비율은 표 2와 같다.

표 3 차종별 일상검수 비율(2007년 기준)[3]

차종	일상검수비율(%)	검종 중 상위	비고
KTX	32.2		
DL	47.0		
전기기관차(신형)	27.6	2W(38.2%)	
전기기관차(구형)	31.6		
전동차(저항차)	58.7		
전동차(인버터차)	28.1	3Y(53.3%)	
동차(CDC,NDC)	49.1		
동차(PMC)	49.7		
객차	45.6		
화차	40.7		
발전차	51.0		
디젤기중기	81.4		
평균	45.2		

2.2 객차일상검수의 현황 및 문제점

2.2.1 유지보수규정 및 지침상의 주기 및 검사항목

철도차량의 검수 종류와 항목은 규정에 의한 지침에서 차종별로 상이하게 정하고 있으나 본 장에서는 객차에 한하여 조사해 보고자 한다. 철도차량유지보수지침에서 정하고 있는 객차의 검수종류 및 기준은 표3과 같다.

표3 객차 검수종류[2]

검수종류	약호	검 수 기 준		비 고
		주행거리	회기한도	
일상검수	D	-	일일사업 후	
3개월 검수	3M	50,000km	4개월	
6개월 검수	6M	100,000km	8개월	
1년 검수	A	200,000km	16개월	
2년 검수	2Y	400,000km	32개월	
12년검수	12Y	12년	12년	
임시검수	T	-	-	사업소 T1, 관리단 T2
특종검수	R	-	-	사업소 R1, 관리단 R2

객차는 2007년까지는 사업검수 형태로 시행되어 오다가 2008년 말 부터 일상검수로 변경하여 적용하고 있으며, 일상검수는 매 1일 열차운행 종료 후 해당 개소에 대해 확인 점검하는 개념이다. 2009년 출발검수에서 반복검수 개념으로 변경하고 일상검수는 매일 단위에서 일정기간(3,500km, 약 7일) 운행 후 일상검수를 시행하는 것을 추진하고 있다. 2010년 1월부터 시범검수를 진행 중이며 10월부터 전면 시행 예정이다.

한국철도공사 철도차량 유지보수지침(제88조)에서 정하고 있는 출발검수는 반복검수로 변경하여 적용하고 있다.

표 5 객차 출발검수(이전)형태에서 반복검수로의 전환 항목 비교[4]

출발검수	반복검수
<p>가. 각 차량간의 연결상태 및 중심높이 차이 초과여부 나. 제동장치</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 공기호스 연결상태 및 제동관 압력적정 여부 2) 수용제동기 취급지장 여부 3) 공기제동 시험 시 작용의 적정여부 (MR, BP관 연결 및 컷트록크 상태) <p>다. 전기장치</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 냉난방 상태 2) 각종 등구 점등 및 방송장치, 전기연결기 상태 <p>라. 차체 및 차내설비</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 각종 문비 작용상태 2) 최전, 후부 단부 문 및 안전체인, 후부표시등 상태 <p>마. 난로의 연소 및 연료 누유상태</p> <p>바. 반복 출발열차 검수개소</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 도착열차 진입 시 상태 2) 승강문 총괄제어 및 자동문 구동상태 3) 급수장치 출수 및 배수기능 상태 4) 오물처리장치의 정상작용 상태 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 축상발열 및 윤축 각부 상태 2. 차량간 연결 상태 및 중심높이 차이 초과여부 3. 공기호스 연결상태 및 제동관압력 적정여부 4. 공기제동 시험시 작용의 적정여부 5. 급수탱크 수위 확인 급수 및 배수(동절기) 6. 승강문 작용상태 7. 최전, 후부 단부 문 및 안전체인 후부표시등 상태 8. 전기연결기 상태(한, 차량 분리, 연결시) 9. 냉·난방 장치 예열 예냉 및 각종 필요전원 투입, 차단조치 10. 인계인수서 교부 및 열차운행 중 불량 인계 사항 확인 처리
기존 유지보수 지침	2009. 8월 방침

유지보수지침에서 정하고 있는 검수종류별 검수항목은 장치별로 분류되어 각 부의 상태점검 형식으로 되어 있다. 지침의 항목은 매우 포괄적이고 광범위한 특징을 가지고 있으며, 철도차량유지보수지침 제 89조에서 정하고 있는 객차의 일상검수 항목은 아래 표와 같다. 하나하나의 장치별 검수항목은 매우 중요한 의미를 가진다. 항목에 정한 기준은 정비에 소요되는 시간의 기준이 되며, 정비시간은 곧 인력의 필요를 의미하는 것으로 유지보수 비용의 가장 큰 비중을 차지하는 인건비를 말하는 것이기 때문이다.

표 6 유지보수지침상의 객차 일상검수 항목[2]

유지보수지침 상의 장치별 일상검수 항목	
1. 주행장치	
가. 각종 방진고무, 사이드베어러, 오일담과, 볼스타 각부상태	
나. 각종 스프링(공기스프링 장치 포함) 및 마모판 상태	
2. 연결완충장치	
가. <u>연결완충장치의 상태</u>	나. <u>회장판 및 부품 상태</u>
3. 제동장치	
가. <u>공기호스 및 담미커프링 상태</u>	나. <u>브레이크슈 및 라이닝, 브레이크 디스크 장치의 상태</u>
다. <u>브레이크빈, 레바 및 릿드상태</u>	
라. <u>각 공기관 밸브 및 콕크류의 누설여부와 각 공기통의 배기(배수) 상태</u>	
마. <u>수용제동기와 제동기구의 상태</u>	
4. 급수장치	
가. 각부 출, 배수 및 온수기 상태	나. 각종 점검커버 기능과 각부 보온상태
5. 차체 및 차내설비	
가. <u>차체누수, 차체경사 여부</u>	나. <u>승강단 및 손잡이상태</u>
다. <u>유리창 파손 여부와 커튼장치 및 각종 출입문의 작용상태</u>	라. <u>의자기능과 휴지통, 선반 상태</u>
마. <u>측, 상판 및 고무매트 상태</u>	바. <u>화장실 휴지걸이 및 손잡이 상태</u>
사. <u>위생설비 및 그 부속품 상태</u>	아. <u>각종 체결구의 상태</u>
자. <u>연결막 각 체결부 상태 및 연결부 상호 고저차 확인 정비</u>	
6. 냉난방장치	
가. 냉난방장치의 기능상태	나. 공기조화장치 공기필터의 오염상태 확인 청소 (하절기 주2회)
7. 전기장치	
가. 방송장치	
1) 방송장치 및 인터폰(호출장치) 기능상태	2) 스피커의 음질상태
나. 배전반, 분전반 및 기타 접촉기함	
1) <u>각 단자이완 및 각종 표시등 상태</u>	2) <u>개폐기, 계전기 및 접촉기류 동작상태</u>
다. 전기연결기 단자의 절손, 굴곡, 변색 및 접속 상태(다만, 해방 연결시)	
8. 기타설비	
가. <u>손건조기 및 소변기 감지기 기능상태</u>	나. <u>동결방지용 각종 히터 기능상태</u>
다. <u>화장실 표시등 상태</u>	라. <u>식당차 주방기구의 기능상태</u>
마. <u>배기선의 이상유 유무</u>	바. <u>에어커튼 기능상태</u>
9. 자동문	
가. 문, 발판, 비상핸들 동작상태	나. 각종 전자변 기능 및 공기관 누설여부
다. 각종 스위치 동작상태	라. 승강문 제어상태
10. 오물처리장치	
가. 탱크 누수여부와 토출변 상태	나. 세척수 출수 및 수세상태
다. <u>배기선과 각 계전기, 접촉기 및 표시등 동작상태</u>	

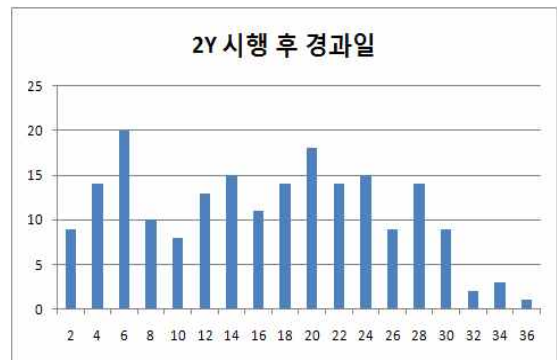
일상검수 유지보수의 최적화는 곧 검수항목과 검수주기의 최적화를 의미하는 것이며, 고장자료, 정비 현황 등을 분석하여 장치별 항목을 최적화 하고 장치 특성을 감안한 정비주기를 설정하는 하는 것이 최종 목표라 할 수 있다.

2.2.2 일상검수의 문제점

현재 일상검수의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 현행 일상검수의 항목 및 방법은 품질이 향상된 차량 및 부품의 수준을 반영하지 못하고 있다. 둘째, 정기적인 예방검수의 항목이 최적화되어 있지 않아 차량의 신뢰성을 확보하지 못하고 있다. 셋째, 현장에서 축적된 경험노하우를 체계적으로 활용하지 못하고 있다. 그리고 넷째, 각 차량의 특성을 반영한 정비가 이루어지지 않고 일상적이고 획일적인 점검정비가 시행된다. 과거 차량의 품질수준이 낮고 상태가 노후화되어 잦은 고장이 발생하였고 이에 따라 취약개소에 대해 확인하고 점검하던 형태의 일상검수(객차의 경우 사업검수) 체계의 틀에서 차량의 품질이 향상되고 짧은 기간에 반복하여 점검하고 확인하지 않아도 되는 개소에 대해 예전에 시행해 오던 방식으로 점검 정비가 시행됨으로 많은 인력이 소요되고 차량운용에 많은 비용이 소요되고 있는 것이 현실이다. 또한 시간 개념의 주기적인 예방검수는 정해진 기간의 신뢰성을 담보하지 못함에 따라 반복되는 고장발생으로 고장수리, 임시검수 등 차량 운영을 저하를 초래하게 된다. 2009년 1년 동안 열차 정시운행에 지장을 초래하지는 않았지만 크고 작은 객차 승강문 불량발생은 약 2700여 건에 달한다. 그 중 200건 표본조사를 통해 불량 발생일 기준 2Y검수 후 경과일을 분석한 결과는 그림 2와 같다.

그림 3 2Y경과 후 승강문 불량현황



2.3. 효율적인 일상검수 방향

철도차량의 정비는 현재까지 열차의 운행 킬로미터와 주기적인 시간기준의 예방정비 위주로 진행되었다. 일상검수는 분류상 정기검수에 해당되지 않지만 전형적인 주기적, 반복적인 개념의 정비형태라 할 수 있으며, 이의 효율화 방향을 제시하면 다음과 같다.

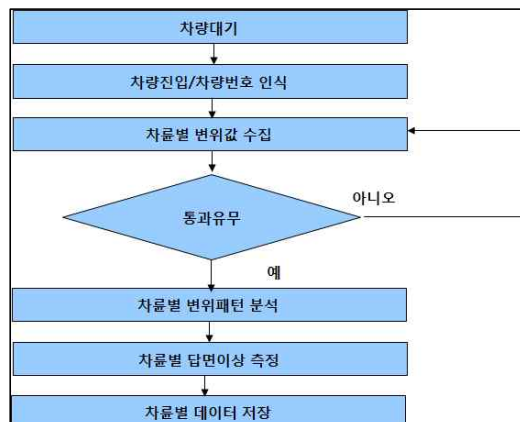
2.3.1 설비의 자동화

철도차량 유지보수에 소요되는 비용의 대부분이 인건비에 해당하는 것을 감안하면 동일개소 반복개소의 확인 점검을 수동이 아닌 자동화 된 설비를 활용하는 것이 필요하다. 현재 운용되고 있는 일상검수 자동화설비에는 KTX차륜 자동검사장치를 비롯하여 전동차 옥상장치 감지시스템, 제동디스크 및 제륜자 감시시스템 등 국내외에서 다양한 형태의 자동화 설비가 활용되고 있다. 차량검수를 최적화하는 목적은 차량의 고장을 예방하고 신뢰성을 확보함과 동시에 정비에 소요되는 비용은 최소화하는 것이다. 이를 위해 노동중심에서 탈피하여 자동화, 시스템화 되어야 하며, 자동화 시스템화 또한 최적화된 설비와 시스템이 되어야 한다.

그림 7 이문차량사업소 옥상검지장치[5]



그림 7 차륜자동검사장치 흐름도[6]



2.3.2 정비최적화 방향

시간기준의 주기적인 예방정비는 많은 노력과 정비에도 불구하고 우발적인 고장(Random Failure)을 예방하지 못하는 것으로 RCM이론에서 입증되고 있다[8]. 차량의 부품 및 시스템은 제동라이닝, 팬터그 래프의 집전판 등과 같이 운행 횟수에 따라 마모되는 것과 스위치, 접촉기 등과 같이 사용횟수에 따라 열화 되는 것, 운행횟수 및 사용기간과 전혀 무관하게 오랜 시간이 지남에 따라 부식되거나 노후 되어 사용할 수 없는 것이 있다. 이러한 부품의 특성을 과학적으로 분류하고 상황에 맞게 정비하는 것이 중요하다. 일상검수 또한 최적의 주기에 최적의 방법으로 시간과 인력을 최소화하여 확인하고 점검하여 열차의 운행시간을 최대화하는 것이 핵심이다. 차량제작사가 제시하는 시간기준의 예방정비 주기는 비용적 측면보다는 고장예방의 안전측면에서 보수적으로 정비주기를 제시하는 것이 일반적이다. 이에 따라 차량 및 부품이 정상적인 기능을 유지하고 있음에도 불구하고 분해검수 등 예방정비를 시행하여야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 고장을 유발하지 않고 정비주기를 연장해서 시간기준의 예방정비(TBM; Time Based Maintenance)의 최대 약점인 과잉정비를 막으려면 부품 및 시스템의 진단을 통해 고장예측 점을 예지하여 시행하면 된다. 이러한 차량의 상태를 파악하여 시행하는 것이 상태기준정비(CBM ; Condition Based Maintenance)이고 상태기준정비가 이상적인 정비라고도 한다. CBM과 같이 고장시기를 예지, 예측하고 동시에 결함의 종류, 발생부위, 진행정도를 조사 및 탐지하여 최적의 계획정비를 시행하는 것이기 때문에 일상검수감지시스템과 같은 진단기술의 적용이 필수적인 요소라 할 것이다.[9]

3. 맺음말

차량검수최적화의 방향은 차종별, 검종별로 정비절차서를 수립하고 이를 수시로 업데이트하면서 검수정책에 반영하는 것이며, 일상검수의 효율화를 위해, 일상검수 항목과 고장 및 정비기록을 분석한 결과를 반영하는 것이 중요하다. 그러나 현행의 운행 및 정비실적 보고내용을 분석해 보면 불필요한 항목과 개선이 필요한 항목 등을 구분하는 것이 쉽지 않았으며, 과거 수년간의 정비경험에서 추정할 수 있는 정비항목의 조정을 위해 실제 관리되고 있는 데이터를 수집하여 분석하였으나, 수집된 자료가 소속별로 불규칙하고 체계화되지 않아 유지보수규정이나 지침에 반영할 수 있는 결과를 얻는 것이 어려웠다.

일상검수의 최적화는 일상검수 항목을 축소하고 불량발생 현황을 분석하여 정기검수의 신뢰성을 확보하여야 하며, 이와 병행하여 승무원의 인계인수를 철저히 하여 고장수리를 강화하여 보완하는 것이 필요하다. 기존의 통상적이고 천편일률적인 검수체계에서 체계적인 점검방법의 도입과 장치별 고장비중을 감안하여 열차 종착지 및 체류지에 고장수리팀(Trouble-shooting Team)의 운영이 필요할 것이다. 객차 일상검수의 점검항목은 열차안전운행과 직결되는 주행장치, 제동장치, 주요 전기장치로 제한하고 고장수리 개념으로 보완하여 효율화 하는 것이 선행되어야 한다.

객차의 일상검수 항목 중에서 차량의 성능향상 등의 이유로 열차 1회 운행에서 영향을 받지 않거나 열차운행에 지장을 초래하지 않는 항목에 대해서는 별도의 점검주기를 설정하거나 조정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 현재 소속별 또는 부분적으로 데이터의 관리는 되고 있으나 이러한 데이터의 통계적 분석을 통한 검수정책결정이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 체계적인 데이터의 관리와 축적된 데이터의 통계적 분석이 이루어져 그 결과가 검수규정 및 지침 등의 유지보수 정책에 반영되는 것이 검수최적화를 이루는 지름길이라 할 것이다.

※ 본 논문은 한국철도공사 연구원 2010년 기본연구과제인 「차량중심에서 장치중심으로 유지보수체계 연구」의 일환으로 일반차량 일상검수주기최적화연구로 시행하는 과제임.

참고문헌

- [1] JR동일본 동아시아기술교류 연수자료 2010
- [2] 한국철도공사 2010-16호 철도차량유지보수지침
- [3] 유양하 ‘차량검수최적화방안연구보고서’ 한국철도공사 2008
- [4] 한국철도공사 일반차량팀 -3177(2009.8.31)
- [5] 우진산전 일상검수자동화시스템 발표자료 2008
- [6] 에코마스터 일상검수자동화시스템 발표자료 2008
- [7] 철도청 ‘고속철도유지보수이론’ 2003
- [8] 유양하 ‘RCM의 이해와 적용방법’ 2006
- [9] 유양하 ‘철도차량RCM적용방안연구’ 한국철도공사 2007
- [10] 코레일 ‘인력운영합리화방안수립최족보고서-네모파트너,삼정회계법인,KRRI’ 2006