

유지보수 효율성 향상을 위한 점검주기 개선에 관한 연구

A study on the improvement of inspection cycles for improved maintenance efficiency

마상건*[†], 이희선*Sang Kyeon Ma*[†], Hee Sun Lee*

Abstract Urban railway as an efficient means of transportation for relieve traffic congestion in big cities and small towns is periodically doing maintenance and regular maintenance of vehicles and systems for punctuality, ease of use, the stability of the customer

This study will be found the weight and factor analysis by operation environment on the basis of inspection period data and operating method which was accumulated about whole technology field of Daejeon Metro, and optimized inspection period has been calculated applying reliability maintenance statistical technique.

Keywords : Urban railway, Inspection period, Statistical technique

도시철도는 대도시 및 중소도시의 교통난 해소를 위한 효율적인 교통수단으로서 정시성, 이용의 편리성, 고객의 안정성을 위해 상시 차량 및 시스템을 주기적으로 정비 및 유지보수를 하고 있다.

본 논문에서 도시철도가 최적의 조건에서 운행되도록 전동차, 시설물 및 장비에 대해 관행적으로 시행된 점검주기를 대전도시철도에서 운영방법 및 점검주기 자료를 기초로 하여 운영환경에 적합한 인자분석과 가중치를 발굴하여 통계학적 기법을 적용함으로써 최적화된 점검주기를 산정하였다.

주요어 : 도시철도, 점검주기, 통계학적 기법

1. 서론

오늘날 도시철도는 대도시 및 중소도시의 교통난 해소를 위한 중요한 교통수단으로 자리 매김하고 있다. 허나, 도시철도의 정시성, 이용자의 편리성, 안정성을 지속적으로 유지하기 위해서는 모든 시스템의 점검 및 관리가 매우 중요하다.

도시철도 유지관리는 지속적인 연구 개발을 통해 차량, 전력, 신호/통신, 시설물 등이 전반적으로 비약적 발전을 하게 되었으나 유지보수 및 점검방식은 기존 방식을 답습하고 있는 실정이다. 또한, 대부분 철도운영기관에서는 내용연수가 정해져 있고 안정성이 입증된 시설과 장비에 대해서도 관행적으로 점검을 시행함으로써 비효율적인 유지보수업무를 수행하고 있다.

본 논문에서는 대전도시철도 시스템에 대한 유지관리 측면에서의 점검주기를 기존 운영자료와 통계학적기법을 바탕으로 재 정립하였다.

[†] 교신저자: 대전광역시도시철도공사 연구개발원 (atp11@naver.com)

* 대전광역시도시철도공사 연구개발원

2. 본론

2.1 검토 대상

주기적인 점검은 현 시스템을 최상으로 유지, 관리할 수 있도록 예방정비하고 고장시 신속하게 대처하여 안정적인 시스템 운영을 하기 위함이다. 점검대상은 총 12개팀 272개 항목으로 이중에서 일일 및 연간 점검을 제외한 월간, 분기, 반기점검으로 총 8개팀 165건에 대하여 검토를 하였다. 검토 방법은 점검주기 대상선정을 시작으로 인자발굴/가중치 선정, 신뢰성 기법적용, 점검주기 산정, 분석결과 도출 순으로 수행하였다. 표 1은 점검주기 개선을 위한 기술분야 검토 대상이다.

Table 1 Inspection period examine Item (Daejeon line #1)

구분	주기	분야	점검내용	비고
3개월		8개팀		점검항목 165건
월간점검	1개월	차량팀 등 8개팀	자동개집표기 점검 등 52건	
분기점검	3개월	신호팀 등 8개팀	본선케이블점검 등 48건	
반기점검	6개월	전기팀 등 8개팀	전기설비 점검 등 65건	

주) 1개월 미만, 1년 이상 점검주기 대상은 현행 유지 및 자체조정 유도

2.2 인자 발굴 및 가중치 구성

최적의 점검주기 재 산정을 위해 도시철도 시스템 운영환경에 따른 장비/시설에 대하여 주요 인자 7개로 선정하여 구분하였다. 인자로는 열차운행을 위한 장비 기여도, 승객서비스 측면을 고려한 장비 구분, 장비고장으로 인한 인명 및 시스템 손실 인자 구분, 이중계 유무로 열차 운행에 제한적인 요소 구분, 원격모니터링으로 감시 가능 여부에 대한 구분, 장비의 구동여부에 대한 구분, 계측장비의 사용여부에 대한 구분으로 나누었고, 각 인자에 대하여 가중치를 적용하였다. 표 2에서와 같이 각 인자에 대하여 등급 구분을 통해 2~5단계로 구분하여 주요도에 따라 가중치를 책정하였다. 표2는 주요인자 구분 및 가중치 비율이다.

Table 2 Excavation factor for Inspection period estimation and weight ratio of 7 factors

인자	열차 운행	승객 서비스	고장 심각성	이중계	원격 모니터링	장비 기동	계측기	계
비율	35%	20%	20%	10%	5%	5%	5%	100%
등급 구분	A ~ E (5단계)	A ~ C (3단계)	A ~ D (4단계)	A ~ C (3단계)	A ~ B (2단계)	A ~ B (2단계)	A ~ B (2단계)	

2.3 신뢰성 기법(RCM) 적용

장비의 각 부품 단위별로 고장해석 및 성향 분석을 통해 부품의 교체시기를 사전에 판명, 교체함으로써 사전 예방정비를 추구하는 통계학적인 기법인 RCM(Reliability Centered Maintenance)를 적용하여 MTTF(Mean Time to Failure : 평균고장시간) 도출하고, 그 결과를 이용하여 점검주기산정을 위한 기초 자료로 활용하였다.

RCM기법을 적용하여 고장주기를 산출하는데 각 기술분야별 5년간의 고장을 분석하여 점검업무 165건중 5개팀 45개 장비를 선정하여 분석하였다. 여기서 실제 고장 데이터가 적은 경우 신뢰성 기법 적용이 불가하여 분석대상에서 제외시켰다.

RCM 분석대상에 대하여 5년간의 고장데이터를 근거로 선형회귀분석을 통해 그림 1과 같이 고장 추세선을 1차함수 형태로 나타내어 해당 장치에 대한 MTTF를 산출하였다. 이때 사용한 tool은 sigma plot이다.



Fig. 1 MTTF calculation by RCM techniques

2.4 산정기준 및 산출결과

점검주기 산출을 위해 시스템 운영에 대하여 중요도에 따른 각 인자선정 및 가중치 적용과 RCM기법을 통한 MTTF도출로 최종 점수책정을 통해 점검주기 조정기준을 산정하였다. 여기서 산정기준은 팀별 장비구성과 기능이 상이한 점을 감안하여 객관적인 요소를 추출하기 위하여 운행환경에 따른 인자를 점수화하고 중요도에 대한 평점을 도출하는데, 각 팀에서 제공한 주요 고장데이터를 기초로 표 3과 같이 고장주기(개월)에 1%~15% 가산률을 적용하여 최종 평점을 산출하였다.

Table 3 Failure cycle and addition ratio

고장주기 (개월)	0~6	6.01~12	12.01~18	18.01~24	24.01~30	30.01~36	36.01이상	고장 미발생
가산률(%)	15	13	11	9	7	5	3	1

표 4는 역무자동화, 신호분야 점검주기 3개월 장치중 일부 예시를 보여주고 있다. 여기서 각 인자에 대하여 가중치 적용과 RCM기법을 통한 MTTF도출로 점수 책정하여 고장주기 결과에 대하여 가산률을 반영하여 최종 총점을 산출하였다.

Table 4 Estimation of inspection period adjustment

분야	주요업무	점검시기 시행근거	가용도 (%)	열차운행에 직접 영향을 주는 장비 점검업무					승객서비스에 영향을 미치는 장비 점검업무			고장의 심각성			이중계 장비 (10)	원격 모니터링 가능장비 (5)	장비특성 (가동장비) (5)	계측기사용 점검장비 (5)	평점 (100)	고장주기 (개월)	가산율	가산점	총점 (평점+가산 점)	
				A	B	C	D	E	A	B	C	차량적 (20)	원거점 (15)	한계점 (10)										무시 (5)
				(35)	(25)	(21)	(14)	(7)	(20)	(14)	(7)													
역무자동화	• 역단위전신기 점검	역무자동화설비 관리내규					7			7				5	10	5	0	0	34	1.5	15%	5.1	39.1	
	• 원격검시판넬 점검	역무자동화설비 관리내규					7			7				5	10	5	0	0	34		1%	0.34	34.34	
	• 복합자동발매기 점검	역무자동화설비 관리내규					7	20						5	10	0	0	0	42	2.99	15%	6.3	48.3	
	• 무정전전원장치 점검	역무자동화설비 관리내규					7			7				5	10	5	0	0	34		1%	0.34	34.34	
신호관계	• Server(TCC, MSC) 점검	중합관계실 운영내규		35					20		20			10	5	5	5	5	100		1%	1	101	
	• 정보전송 장치 (OTS) 점검	중합관계실 운영내규	99.26	35					20		20			0	5	5	5	5	90	24.4	7%	6.3	96.3	
	• 대형표시판 (LDP) 점검	중합관계실 운영내규	99.98			21				14		10		0	5	5	5	5	60	10.1	13%	7.8	67.8	
	• 콘솔장치 점검	중합관계실 운영내규	99.15		28				20		15			10	5	5	5	5	88	24.9	7%	6.16	94.16	
	• 전원장치 (UPS, ATS, AVR, 축전지, 배전반) 점검	중합관계실 운영내규		35					20		20			10	5	5	5	5	100		1%	1	101	

여기서 가산률 적용된 평점과 신뢰성 분석(RCM)에 의한 7개 인자와 가중치에 의한 총점을 합산하여 점검주기에 대한 평가를 하는데 “장비의 점검별 총점이 하위 40~50%에 분포되는 점검인 경우 주기연장”, “주기적인 계측 또는 소모품 교환이 이루어지는 점검의 경우 현행유지”, “고장이 있는 장비 중 총점이 상위 50% 이상 분포하며 특히, 고장주기가 짧은 장비의 경우 안정성 향상을 위하여 현행유지 또는 주기단축” 으로 권고주기를 도출하였다. 또한 1년 이상의 점검주기는 중수선 개념의 분해 수리 점검인 경우로 현행유지 또는 강화하였고, 1개월 미만의 점검주기는 상위 점검주기와 연동하여 조정토록 권고하여 팀 별 자체 조정으로 검토하였다.

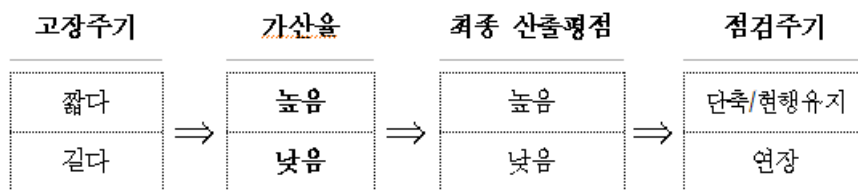


Fig. 2 Flowchart of inspection period adjustment

그림 2는 점검주기 산정을 위한 각 팀별, 점검주기별 산출점수 및 기준점수를 정리한 자료이다. 여기서 최종 산출평점이 기준점수 이상일 경우 고장주기가 짧은 것으로 현재 시행하고 있는 점검주기에 대하여 현행 유지하거나 점검주기를 단축하고, 산출점수가 기준점수보다 낮을 경우 고장주기가 긴 것으로 판단하여 점검주기를 연장하게 된다.

표 5는 점검주기 개선결과표이다. 총 8개 기술분야에 대하여 총 점검업무 165건중 현행 점검주기 유지건수인 적정건수가 85건, 개선권고 건수가 80건을 나타냈다. 여기서 개선권고 건수중 개선이 필요한 40건을 제외하고, 유지 40건은 법적으로 점검주기가 정의되거나 점검성격이 매우 중요한 분야에 대하여 현행 유지하도록 하였다. 또한 정기점검 총 272건중 일간 및 년간 점검은 제외하였다.

Table 5 Calculation standards of inspection period adjustment and result of inspection period adjustment

팀 명	산출점수		기준점수			비 고
	최저	최고	1개월	3개월	6개월	
토목보선	58.00	95.00	90.00	77.00	77.00	
환경설비	64.71	100.57	65.65	68.61	-	
전 기	52.52	101.0	52.52	90.90	90.90	
신 호	58.58	115.0	-	88.85	88.80	
신호관제	34.34	101.0	62.15	94.16	94.16	
전력관제	24.24	77.77	73.45	-	73.45	
설비관제	38.38	75.75	69.69	-	69.69	
통신관제	41.41	88.14	59.59	-	52.52	
역무자동화	24.24	54.05	-	34.34	34.34	
통 신	44.44	105.45	84.00	65.65	-	

팀 명	점검업무	연구검토결과(건)				비고
		적정	개 선권고			
	개선		유지			
토목보선팀	15	9	6	4	2	
환경설비팀	12	7	5	2	3	
전기팀	22	14	8	7	1	
신호팀	16	8	8	5	3	
관제팀	51	25	26	18	8	
차량팀	10	5	5	-	5	
역무자동화팀	20	8	12	1	11	
통신팀	19	9	10	3	7	
계	165	85	80	40	40	

3. 결 론

본 연구과제 수행을 통해 산출된 점검주기에 대하여 각 분야별 점검주기 조정을 권고하고 시행함으로써 기존 관행적으로 답습한 점검주기에 대하여 효율적이고 현실에 맞는 점검이 가능하게 되고 유지보수성 향상에 기여하였다.

향후 점검주기 발굴과 통합 개선하기 위한 역량을 집중하고 과거 고장이력을 바탕으로 도출된 고장률 분석으로 예방점검 또는 사후정비 등을 병행하는 점검 방식의 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다. 또한, 새로운 시각으로 과거 유지보수체계를 재검토하고 검증된 유지보수 모델을 선정하여 동일한 방법과 절차에 따른 유지보수 표준 매뉴얼 작성이 필요할 것으로 사료된다.