

RCM 치명도 분석을 통한 유지보수 개선 절차

Procedure for Maintenance Improvement by RCM Criticality Analysis

이창환† 송미옥* 박병노** 이정모***
Chang-Hwan Lee Mi-Ok Song Byoung-Noh Park Jeong-Mo Lee

ABSTRACT

The purpose of Reliability Centered Maintenance(Hereafter, RCM) is to enhance the effectiveness and efficiency of preventive maintenance by applying the improvement plan after analysis of existing preventive maintenance. To accomplish this, it is required to collect the failure data for equipments during operation, and to carry out the quantitative criticality analysis for each equipment.

This paper shows that the case study of RCM criticality analysis based on the accumulative failure data and following improvement activity for KORAIL AIRPORT RAILROAD's E&M system.

1. 개요

철도 시스템은 차량을 비롯한 개별적인 철도 인프라 시설들이 상호간에 복잡하게 연결되는 종합적인 시스템으로 구성된다. 특히, 최근과 같이 철도 시스템에 적용되는 기술이 날로 복잡해지고 있는 상황에서, 과거의 비과학적인 관리 방법으로는 철도의 안전성 확보 및 정시성 확보가 점차로 어려워지고 있다. 이를 보완하기 위해서는 설계 단계에서의 체계적인 시스템의 분석이 선행되어야 할 뿐만 아니라, 운영 단계에서도 체계적인 고장 분석과 아울러 후속적인 개선 대책이 피드백 되어져야 한다.

본 연구에서는 철도의 기전 시스템에 대해 운영 동안 체계적으로 수집된 실제 고장 데이터를 바탕으로 하여, 정량적인 치명도 분석을 실시하고, 치명도 분석 결과로부터 운영에 영향을 미치는 서브시스템 및 장치별 치명도 순위를 통해 치명장치를 도출하였다. 치명도 분석을 통해 선정된 치명장치는 운영에 미치는 영향을 최소화 하도록 유지보수에 대한 개선계획을 수립하였다.

2. 치명도 분석 절차

2.1 적용 범위

본 연구에서는 철도 시스템의 운영에서 차량의 운행에 직접적인 영향을 미치는 기전 시스템을 대상으로 분석을 실시하였다. 기전 시스템에는 차량과 아울러, 철도 인프라 시설인 신호, 통신, 송변전, 전차선, PSD(승강장스크린도어)의 하부 시스템으로 구성된다. 본 연구에 사용된 고장데이터는 개통 초기에 조치된 고장실적을 토대로 분석하였다.

† 정회원, 코레일공항철도, 차량팀, 과장
E-mail : leech@arex.or.kr
TEL : (032)745-7688 FAX : (032)745-7929
* 정회원, 코레일공항철도, 차량팀, 대리
** 정회원, 코레일공항철도, 차량팀, 차장
*** 비회원, 코레일공항철도, 차량팀, 차장

2.2 분석 절차

본 연구에 적용한 치명도 분석 절차는 그림1과 같다. 절차는 고장데이터의 수집, 데이터의 분류, 치명도 분석수행, 치명장치 선정, 고장유형 및 원인분석, 유지보수 개선 순으로 이루어졌다.

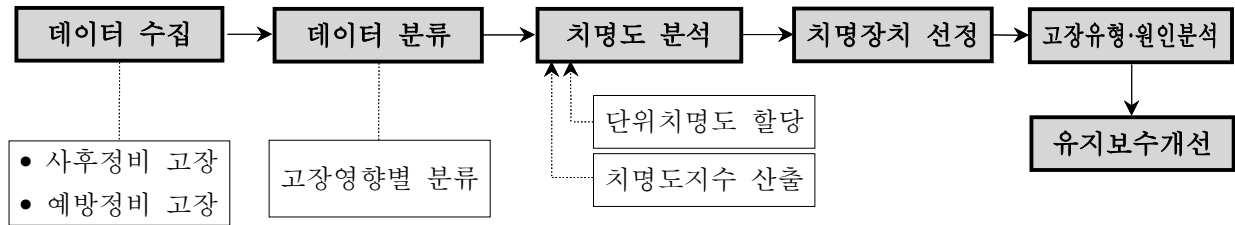


그림1. 치명도 분석 절차

2.3 데이터 수집

철도 운영 중 발생하는 각종 고장에 관한 데이터는 통합정보시스템을 이용하여 등록된다. 고장 데이터는 운영 중 신고된 사후정비 고장과 점검활동 중 발견된 예방정비 고장을 모두 포함하며, 또한 고장 분석 및 개선 활동에 충분히 활용될 수 있도록 FRACAS(Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System)에 의거하여 고장신고내역, 고장분석내역, 고장조치내역을 모두 포함한다. 다음의 표1은 FRACAS에 포함되는 주요 데이터 항목을 나타낸다.

표1. FRACAS 데이터

구 분	주요 항목
고장신고	발생일시, 발생장소, 고장사항, 운행지연시간, 차량교환여부
고장분석	고장장치, 고장유형, 고장원인, 고장영향, 고장위험, 고장검출, 고장조치
고장조치	시작일시, 완료일시, 조치인원, 조치시간, 교환부품정보

2.4 데이터 분류

수집된 데이터는 고장영향에 따라 4가지 즉, 위험고장, 운행지연, 기능장애, 단순고장으로 분류된다. 분류 기준은 철도 운영에 미치는 치명도의 정도에 따라 분류되며, 표2는 고장영향에 대한 분류와 내용을 나타낸다.

표2. 고장영향 분류

고장영향 분류	내 용
위험고장	안전상 영향을 미치는 고장(철도사고)
운행지연	열차의 운행 지연을 초래한 고장
기능장애	운영상 영향이 심각한 중요장치 및 기능의 장애
단순고장	운영상 영향이 경미하여 일상적인 유지보수 활동에서 조치되는 고장

2.5 치명도 분석

치명도 분석은 하부장치에서 발생한 고장건에 대해 고장영향별로 할당되는 단위 치명도값을 적용하여 해당 장치에 대한 치명도 지수를 산출하고, 상위의 서브시스템에 대하여 치명도 지수를 합산하여 산출하고, 마지막으로 시스템에 대한 치명도 지수를 산출하는 상향분석법(Down Top)을 적용한다.

(1) 단위 치명도값 할당

치명도 분석을 위한 단위 치명도값은 아래와 같이 고장영향별로 할당된다. 단위 치명도값은 고장영향별 치명도의 정도에 따라 결정된다. 표3은 고장영향별로 할당되는 단위 치명도값을 나타낸다.

표3. 단위 치명도값 할당

고장영향 분류	기호	단위값
위험고장	α	50
운행지연	β	10
기능장애	γ	3
단순고장	δ	1

(2) 치명도 지수 산출

치명도 지수는 하부장치, 서브시스템, 시스템 순으로 산출해 나간다. 첫째로, 다음의 수식(1)과 같이 하부장치에 대한 고장 실적을 토대로 고장영향별 횟수에 치명도 단위값을 곱하여 산출된다.

$$\text{하부장치 치명도 지수} = [A \times \alpha] + [B \times \beta] + [C \times \gamma] + [D \times \delta] \quad (1)$$

여기서, A는 위험고장횟수, B는 운행지연횟수, C는 기능장애횟수, D는 단순고장횟수이다.

둘째로, 상위의 서브시스템의 치명도 지수는 다음의 수식(2)와 같이 하위의 하부장치들의 치명도 지수를 합하여 산출된다.

$$\text{서브시스템 치명도 지수} = \sum \text{하부장치별 치명도 지수} \quad (2)$$

마지막으로, 최상위 시스템의 치명도 지수는 다음의 수식(3)과 같이 하위의 서브시스템들의 치명도 지수를 합하여 산출된다.

$$\text{시스템 치명도 지수} = \sum \text{서브시스템별 치명도 지수} \quad (3)$$

3. 분석 결과 및 개선 사례

3.1 분석 결과

(1) 시스템 분석

철도 기전 시스템을 구성하는 6개의 시스템에 대하여 치명도 분석을 실시하였다. 다음 표4는 개별 시스템에 대한 고장건수를 고장영향별로 분류한 것이다. 전체 고장건수를 기준으로 할 때 통신, 차량, 송

변전, 신호, 전차선, PSD 순으로 많았다. 또한, 고장영향으로 분류한 결과, 차량과 신호 시스템이 열차의 운행에 비교적 많은 영향(운행지연)을 미친 것으로 분석되었으며, 통신과 전차선 분야는 열차운행에 영향을 주지 않았고, 대부분 경미한 고장사항(단순고장)이 많았다.

표4. 시스템별 고장건수

고장영향 분 류	시스템별 고장건수(순위)					
	차 량	신 호	통 신	송변전	전차선	PSD
계	341 ⁽²⁾	182 ⁽³⁾	396 ⁽²⁾	134 ⁽⁴⁾	31 ⁽⁵⁾	29 ⁽⁶⁾
① 위험고장	0	0	0	0	0	0
② 운행지연	11	8	0	1	0	3
③ 기능장애	39	87	8	11	2	9
④ 단순고장	291	87	388	122	29	17

다음의 표5는 상기에서 분류된 시스템별 고장건수를 토대로 단위 치명도값을 적용하여 산출된 치명도 지수를 나타내며, 산출된 치명도 지수는 차량, 신호, 통신, 송변전, PSD, 전차선 순으로 나타났다. 결과로부터, 순위 기준으로 고장 건수와 치명도 지수를 적용시에 순위 차이가 남을 알 수 있다.

표5. 시스템별 치명도 지수

고장영향 분 류	단 위 치명도값	시스템별 치명도 지수(순위)					
		차 량	신 호	통 신	송변전	전차선	PSD
① 위험고장	50	0	0	0	0	0	0
② 운행지연	10	110	80	0	10	0	30
③ 기능장애	3	117	261	24	33	6	27
④ 단순고장	1	291	87	388	122	29	17
치명도 지수		518 ⁽¹⁾	428 ⁽²⁾	412 ⁽³⁾	165 ⁽⁴⁾	35 ⁽⁶⁾	74 ⁽⁵⁾

치명도 지수 분포

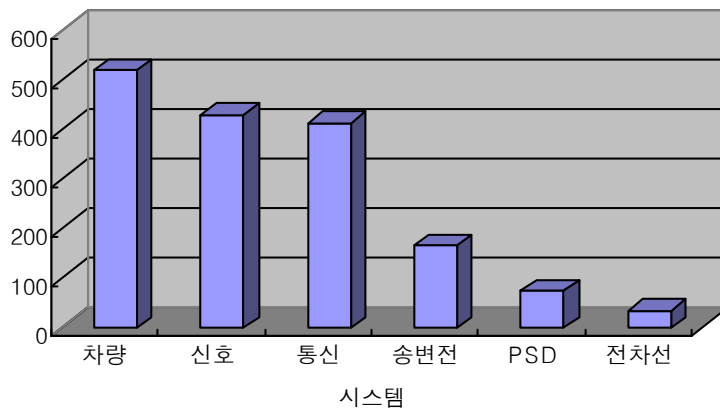


그림2. 시스템별 치명도 지수 분포

그림2는 시스템별 치명도 지수의 분포를 보여준다. 분석 결과로부터, 철도 기전시스템의 운영 및 유지보수에 미치는 영향(치명도)은 차량, 신호, 통신, 송변전, PSD, 전차선 순으로 나타났으며, 운영상의 영향을 최소화하기 위해서 상기의 치명도 분석결과에 따라 관리의 우선 순위를 부여해야 함을 알 수 있다.

(2) 서버 시스템 분석

6개의 개별 시스템의 서버시스템에 대한 치명도 지수 및 순위는 다음 표6과 같다. 차량 시스템 중에서 치명도 지수가 가장 높은 서버 시스템은 “제동장치”로 나타났으며, 신호 시스템 중에서 치명도 지수가 가장 높은 서버시스템은 “궤도회로장치” 로 나타났다.

표6. 서버 시스템 치명도 지수

치명도 순위	서버 시스템별 치명도 지수					
	차 량	신 호	통 신	송변전	전차선	PSD
①	제동장치 (121)	궤도회로 (118)	열차무선전화 (125)	전력설비 (70)	전선설비 (17)	수동조작반 (23)
②	출 입 문 (113)	ATS장치 (93)	원격제어감시 (102)	SCADA (59)	구조물설비 (11)	센 서 (19)
③	방송및표시기 (110)	차상장치 (91)	열차행선안내 (36)	변전설비 (32)	장치설비 (7)	구동유니트 (16)
④	전기추진장치 (59)	선로전환기 (48)	화상설비 (30)	-	-	역사제어반 (9)

(3) 치명장치 선정 및 상세분석

상기의 서버시스템 치명도 분석으로부터 중점관리가 요구되는 대상 장치를 선정하고, 해당 장치에 대한 고장유형 및 고장원인에 대한 정성적 분석을 실시한다. 다음 표7은 통신시스템에서 치명도 지수가 가장 높게 나타난 “열차무선전화설비(TRS)”에 대하여 상세 고장 분석한 결과를 보여준다. 상세 고장분석 내용에는 해당 장치의 고장유형 및 고장원인별 횟수(빈도)를 포함하고 있다. 분석 결과로부터, “상태정보 수집불량”의 고장유형이 가장 발생빈도가 높았으며, 고장원인의 발생빈도는 “접속불량”이 상대적으로 높았다.

표7. 열차무선전화설비의 고장유형 및 원인 분석표

시스템	서버시스템	고장 유형	유형별 횟 수	고장 원인	원인별 횟 수
통 신	열차무선 전화설비 (TRS)	상태 정보 수집 불량	39	접속 불량	21
				PCB 불량	6
				파라미터 오류	4
				소프트웨어 오류	4
		음성통화 불량	25	PCB 불량	14
				장비 열화	6
		전원 불량	8	PCB 불량	5

3.2 개선 사례

치명 장치에 대한 상세 고장유형 및 원인분석 결과에 따라, 분야별 유지보수 담당자와 함께 장치의 성능 유지 및 장애 방지를 위한 개선대책 회의를 개최하고, 구체적인 개선방안을 도출한다. 표8은 차량과 신호 시스템에 대한 개선내용 및 효과를 사례로 제시한 것이다.

표8. 개선 사례

시스템	서브시스템	개선 내용	개선 효과
차 량	제동장치	비상전자변 리드선 설계보완(하자)	내구성 강화
	출 입 문	출입문 하부 이물질(예: 구슬) 유입 방지용 가이드 브라켓 설치	출입문 장애 감소
	방송밧표시기	파워보드 설계보완(하자)	노이즈 유입 저감
신 호	궤도회로장치	송수신 레벨 점검주기 변경: 월간점검→주간점검	궤도 부정낙하 방지
		영종대교 구간 신축 이음매부의 본드선 보강 작업	본드선 파손 방지
	ATS장치	소프트웨어 연산 오류사항 하자처리	소프트웨어 신뢰성 향상
	선로전환기	계전기 점검주기 변경: 분기점검→월간점검	유지보수 효율화
밀착검지기 점검주기 변경: 반기점검→분기점거		유지보수 효율화	

4. 결 론

본 연구에서는 철도 시스템의 운영 중 발생하는 각종 고장사항에 대한 체계적인 데이터의 수집을 통하여, 운영에 영향을 미치는 정도를 정량적으로 평가할 수 있는 치명도 분석법을 제시하였다. 치명도 분석 결과에 따라 중점 관리되어야 할 장치의 우선 순위를 결정할 수 있으며, 선정된 치명장치에 대해서 상세한 고장유형 및 고장원인 분석을 수행하며, 후속적으로 분야별로 유지보수 개선회의를 실시하고 개선방안을 도출함으로써, 궁극적으로 유지보수의 효율성 및 효과성 향상에 기여할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. IEC 60300-3-11, Dependability management- Part 3-11: Application guide- Reliability centred maintenance, 1999.