

철도차량을 위한 실용적 신뢰성 관리지표 방안연구

A Study on Practical Reliability Management Indicator for the Railway Rolling Stock

황인규^{*†}, 최석중^{*}, 이강철^{*}, 김진우^{**}, 안찬희^{**}, 김태식^{***}, 강해운^{****}

In-Gyu Hwang^{*†}, Suk-Jung Choi^{*}, Gang-Chul Lee^{*}, Jin-Woo Kim^{**}, Chan-Hoe Ahn^{**},

Tae-Sik Kim^{***}, Hae-Woon Kang^{****}

Abstract Recently, rapid development of technology in high-speed railway industry has become one of the most efficient and excellent transport mobility. In case of domestic, after Railway Safety Act enacted in 2004, the railway system requires the activity of the RAMS procedures during development of this system. In this paper, we developed an efficient & practical Reliability management index according to the type of railway rolling stocks in railway operating company perspective and have case studies about the application plan for this index.

Keywords : High-speed railway, RAMS, Indicator, Rolling stock, Reliability

초 록 고속철도는 최근 급격한 관련 기술의 발전으로 가장 효율적이고 이동성이 뛰어난 교통 수단 중의 하나가 되었다. 국내의 경우, 2004년 철도안전법 제정 이후, 철도시스템 개발시에는 RAMS 프로세스 절차에 따른 활동을 요구하고 있다. 본 연구에서는 철도 운영관점에서 철도차량 운영과 관련된 효율적 신뢰성 관리 지표를 개발하기 위한 연구를 수행하였으며, 이를 위하여 국내·외 규격 및 타 운영사들의 신뢰성 관리 지표를 비교 분석하였다.

주요어 : 고속철도, RAMS 지표, 신뢰성, 철도차량, KTX

1. 서 론

RAMS 활동의 목적은 시스템 개발단계에서 요구되는 신뢰성(Reliability), 가용성(Availability), 유지보수성(Maintenance), 안전성(Safety)에 대한 정량적 목표를 만족할 수 있도록 이를 관리하고 이를 객관적으로 입증하고 모니터링 할 수 있도록 하여 궁극적으로 시스템의 위험원으로 인한 Risk가 허용할 만한 수준으로 관리될 수 있도록 하데 그 목적이 있다. 특히, RAMS 표준 규격인 IEC62278에 따르면 RAMS 활동은 전 생애주기 동안 수행되는 신뢰성 활동으로 최근 전세계적으로 철도차량 제작시 의무적으로 RAMS를 요구사항에 포함하고 있는 상황이다. 이러한 RAMS 활동은 철도 운영관점에서 최적의 RAMS 지표를 통한

† 교신저자: 코레일 차세대KOVIS 추진처(2015osjdkorail@korail.kom) (11 pt)

* 한 코레일 차세대코비스 추진처, * 코레일 철도연구원

*** 대우정보시스템, **** 한양대학교

모니터링이 매우 중요한 요소임에도 불구하고 현실적으로는 제작사에서 운영사에 제공한 RAMS 자료를 사용하여 정형화되어 관리되고 있으며 이를 이용한 모니터링은 현실적으로 실행되지 못하고 있는 실정이다.

2. 본 론

2.1 철도 신뢰성 지표 비교

2.1.1 신뢰성 지표 비교 대상

본 논문에서의 철도차량 신뢰성 지표를 비교하기 위한 목적으로는 첫째 현재 운영중인 신뢰성 지표 외 철도 운영 및 유지보수 성능을 대표할 수 있는 신뢰성 지표를 새롭게 정의하고 도출하고 이를 통해 철도의 안정성을 확보하고자 함이다. 이를 위하여 국내외 국제규격 및 국내 주요 철도 운영사의 신뢰성 지표를 벤치마킹하여 지속적으로 철도 신뢰성을 모니터링 가능하며 예방정비정책 활용성을 극대화 할 수 있는 지표를 선정하고자 한다.

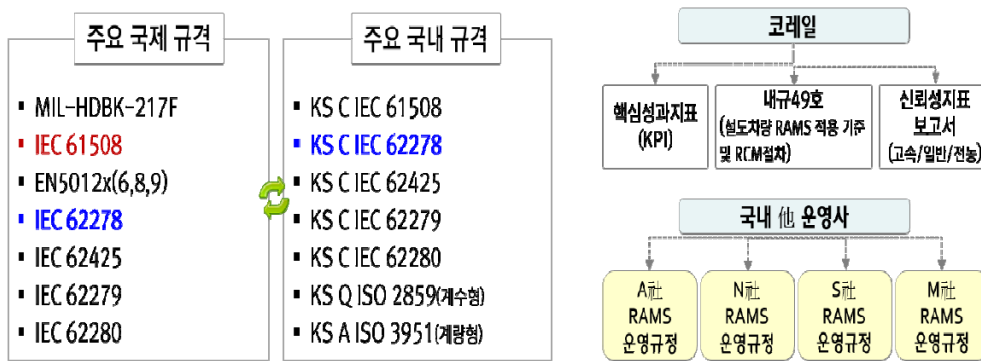


Fig. 1 Range of RAMS Comparison

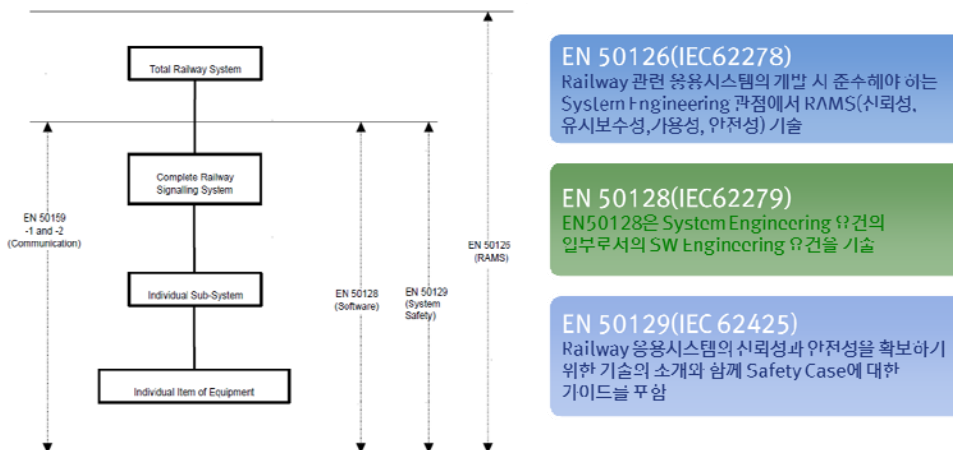


Fig. 2 EN5012x Series Benchmarking

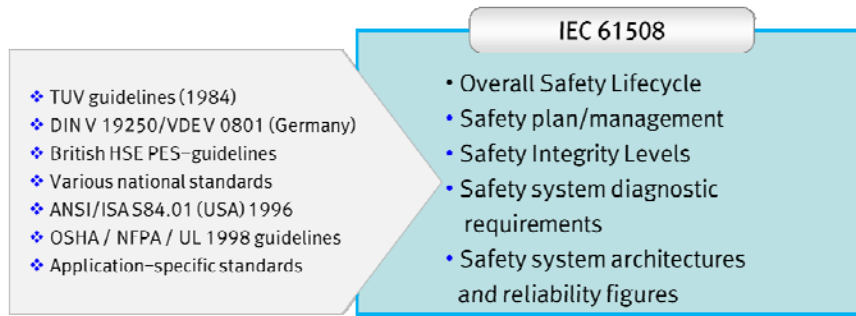


Fig. 3 IEC61508 Benchmarking

본 연구에서 벤치마킹을 수행한 주요 국내·외 규격은 Fig.1과 같으며, 국내 철도 타 운영사들에서 적용 중인 신뢰성 지표의 벤치마킹을 위하여 4개社를 벤치마킹하였다.

2.2 국내·외 신뢰성 지표 비교 결과

2.2.1 신뢰성 지표

Table 1 신뢰성 지표

번호	국내외규격 (IEC62278, KS C IEC62278)	K 社			A 社 RAMS 운영규정	N 社 RAMS 운영규정	S 社 RAMS 운영지침	M 社 운영내규
		핵심성과 (KPI)	내규49호 [철도차량 RAMS 적용 기준 및 RCM 절차]	신뢰성지표 보고서 (철도/전동/일반)				
1	고장률 (LAMDA) , 열차사고율	차량고장률 (%) (고장건/백만KM)	고장평균운행 거리 (MKBF)	차량고장률(%) (고장건/백만KM)	운행신뢰도 (MTBSF, MKBSF)	고장 평균거리 (MDBF) -수리가능	서비스 고장간 평균거리 (MKBSF)	고장간 평균거리 (MKBF)
2	평균작동시간 (MUT)	KTX정시운 행율(%)	서비스고장 평균운행거리 (MKBSF)	서비스고장평균운 행거리(MKBSF) (노선/월별/소속/ 편성제외및포함)	교정정비 신뢰도 (MTBF(CM), MKBF(CM))	서비스 고장평균 운행거리 (MDBSF)	고장간 평균거리 (MKBF)	서비스 고장간 평균시간 (MTBSF)
3	고장평균시간 (MTTF)		고장평균운행 시간 (MTBF)	서비스고장평균운 행시간(MTBSF) (노선/월별/소속)	예방정비 신뢰도 (MTBF(PM), MKBF(PM))	고장 평균시간 (MTBF)	서비스 고장간 평균시간 (MTBSF)	서비스 고장간 평균시간 (MTBSF)
4	고장평균거리 (MDFT)		서비스고장 평균운행시간 (MTBSF)	차조열계절간계통 고장건수	총괄정비 신뢰도 (MTBF, MKBF)	서비스고 장평균시 간 (MTBSF)	고장간 평균시간 (MTBF)	고장간 평균시간 (MTBF)
5	고장평균시간 (MTBF)			(연간/분기/계절)고 장건수/서비스고장 건수			고장률λ (LAMDA)	총 고장건수
6	고장평균거리 (MDBF)			고장빈발부품 WORST 30,50,100				총 서비스 고장건수

가장 일반적인 신뢰성 지표는 MTBF(Mean Time Between Failure) 또는 MTBSF(Mean Time Between Service Failure)를 사용하지만 철도차량의 경우 주행 중 발생하는 고장 데이터를 기

반으로 신뢰성을 측정하는 것이 매우 적절하여 MKBF(Mean Kilometer Between Failure) 또는 MTBSF(Mean Kilometer Between Service Failure)를 사용한다. 각 국내외 지표 및 타 운영사에 서 적용 중인 신뢰성 지표 비교 결과는 위의 Table 1과 같다.

2.2.2 가용성 지표

신뢰성 지표 중 가용성은 차량이 실제 필요로 하는 외부 자원을 활용하여 주어진 운영환경 하에서 차량의 계획된 서비스를 수행할 수 있는 확률을 나타내며, 실제 차량 운행시간을 계획 된 차량 운행시간으로 나눈 값으로 표시한다.

Table 2 가용성 지표

번호	국내외규격 (IEC62278, KS C IEC62278)	K 社			A 社 RAMS 운영규정	N 社 RAMS 운영규정	S 社 RAMS 운영지침	M 社 운영내규
		핵심성과 (KPI)	내규49호 [철도차량 RAMS 적용 기준 및 RCM 절차]	신뢰성지표 보고서 (철도/전동/일반)				
1	고유가용도 (Ai)		고유가용도 (Ai)	시간기준 가용율 (%)	고유가용도 (Ai)	운행 가용도 (Ao)	운행 가용도 (Ao)	
2	성취가용도 (Aa)			편성기준 가용율 (%)	시스템 가용도(As)	시스템 가용도 (As)	시스템 가용도 (As)	
3	운용가용도 (Ao)				운행가용도 (Ao)			
4	일정준수율 (%)				일정준수율 (%)			

위 Table 2는 가용성 지표에 대한 여러 국내외 규격 및 국내 철도 타 운영사 가용성 지표 비교 결과이다.

2.2.3 유지보수성 지표

신뢰성 지표 중 유지보수성은 철도차량의 영업운행 중 발생된 고장의 수리를 위하여 투입된 총 고장과 관련된 정비시간을 총 고장건수로 나눈 값으로 가장 일반적으로 MTTR(Mean Time To Repair)의 지표를 가장 많이 사용한다. 아래 Table 3은 유지보수성 지표에 국내외 규격 및 국내 철도 타 운영사 유지보수성 지표의 비교 분석 결과이다.

2.2.4 안전성 지표

신뢰성 지표 중 안전성 지표에 대한 국내외 규격 및 국내 철도 타 운영사 안전성 지표 비교 분석 결과는 아래의 Table 4와 같다. 대부분의 국내 철도 운영사에서는 안전성과 관련하여 위험도 정도 수준으로 관리하고 있으며, A社에서는 위험고장 평균 발생주기(MTBHF) 및 위험고장 평균 발생거리(MKBHF)로 안전성 관리를 하고 있다.

Table 3 유지보수성 지표

번호	국내외규격 (IEC62278, KS C IEC62278)	K 社			A 社 RAMS 운영규정	N 社 RAMS 운영규정	S 社 RAMS 운영지침	M 社 운영내규
		핵심성과 (KPI)	내규49호 [철도차량 RAMS 적용 기준 및 RCM 절차]	신뢰성지표 보고서 (철도/전동/일반)				
1	평균 불가동시간 (MDT)		복구평균시간 (MTTR)	KM당 유지보수비용	서비스고장 정비도 (MTTRS)	평균수리 시간 (MTTR)	평균 수리시간 (MTTR)	
2	유지보수 평균시간 (MTBM)				교정정비도 (MTTR(CM))	복구 평균시간 (MTSR) (5분 이상 발생 시)		
3	유지보수 평균거리 (MDBM)				예방정비도 (MTTR(PM))			
4	유지보수 평균시간 (MTTM)				총괄정비도 (MTTR)			
5	평균수리시간 (MTTR)							
6	오경보발생률 (FAR)							

Table 4 안전성 지표

번호	국제규격 (IEC62278)	K 社			A 社 RAMS 운영규정	N 社 RAMS 운영규정	S 社 RAMS 운영지침	M 社 운영내규
		핵심성과 (KPI)	내규49호 [철도차량 RAMS 적용 기준 및 RCM 절차]	신뢰성지표 보고서 (철도/전동/일반)				
1	위험한 고장평균시간 (MTBF)		위험도		위험고장 평균 발생주기 (MTBHF)			위험도
2	안전한 시스템' 고장 간 평균시간 (MTBSF)				위험고장 평균 발생거리 (MKBHF)			
3	위험요소 발생률 (Fs(t))							
4	안전상태 복귀시간 (TTRS)							

3. 결 론

오늘날 철도차량에서 신뢰성 지표는 차량제작 단계에서 의무적으로 RAMS 요구사항을 반영하고 있는 현실에 비추어 보면 매우 중요한 요소이다. 그러나 이러한 신뢰성 지표들이 주기적으로 철도 운영관점에서 RAMS 지표가 산출되어 고장 위험 부품 감지 또는 정비정책 대안 수립 등을 위하여 모니터링 되어야 함에도 불구하고 아직까지 차량 제작시 요구사항 만족을 위한 RAMS 지표 산출 관리에 그 활용도가 머물러 있는 현실이다. 본 연구에서 고속철도 차량에서 운용 및 유지보수 성능을 대표할 수 있는 RAMS 지표를 선정하기 위하여 국내외 RAMS 규격 및 국내 타 운영사의 RAMS 운용 지침을 벤치마킹하고 이를 비교 분석하였다. 추후 연구로는 본 연구를 통해 비교 분석된 결과를 바탕으로 다양하게 도출된 신뢰성 지표를 객관적으로 평가할 수 있는 계층적 분석 방법(AHP) 적용에 대한 연구를 하고자 한다.

참고문헌

- [1] J.S. Lee, Y.G. Baek, J. Lee, M.J. Han, S.H. Kim (2015) The Study of RAM Guidance Development for Practical application of Railway System, *Conference Proceeding of Korean Society for Railway*, pp. 1239-1244.
- [2] E.J. Jong, H.M. Lee, G.D. Kim (2009) A Study on the RAM Application to the Electrical Multiple Unit, *Conference Proceeding of Korean Society for Railway*, pp. 2038-2043.
- [3] H.K. Lee, K.H. Park, S.J. Lee, S.H. Pyeon, H.K. Lee (2014) RAMS activities necessary for developing the railway system and the certification process, *Conference Proceeding of Korean Society for Railway*, pp. 845-849.
- [4] S.Y. Han, H.Y. Lee, B.R. Jun, C.S. Ha. (2005) The Application of Maturity Index on Reliability(MIR) for IEC 61508 Reliability Certification, *Conference Proceeding of Korean Society for Railway*, pp. 22-26.