

고속차량(KTX-II) RAM 목표값 설정을 통한 소요량 연구 (The Study on Setting up KTX-II's RAM Goals for Requirement Train-set)

차재환† 정인수* 김종운** 유양하***
Cha, Jae-hwan Chung, In-soo Kim, Jong-Woon Yu, Yang Ha

ABSTRACT

There are almost no studies on verification of requirements for high speed rolling stocks by means of RAM goals and on setting RAM goals by means of verification on practical reliability, availability and maintainability for high speed rolling stocks though they are covered in specification of an order that RAM goals asked of rolling stocks are shown for gaining high quality of them and availability when they are in operation.

This study is for estimating number of high speed train-sets that would be supplementarily placed an order through verification of RAM goals of a project for the introduction of KTX-II 100 cars. It verify that optimized requirements for high speed rolling stocks by relatively comparison with between requirements for train-sets through setting RAM goals and requirements for train-sets through analysis of prospects for management balance with high speed rolling stocks.

RAM 목표값, 차량소요량, Reliability, Availability, Maintainability

1. 서론

철도차량의 RAM 목표값은 영업 운행 시 고속차량의 높은 품질 및 신뢰성을 확보하기 위하여 철도차량 구매를 위한 발주사양에 포함시키고 있으나 실질적인 고속차량 RAMS 목표값 검증 사례에 의한 정량적인 목표값 설정이 드문 현실이며 철도차량 소요량과 RAM 목표값 설정에 따른 비용개념 연구도 거의 없는 현실이다.

KTX-II 100량 도입사업의 신뢰성, 가용성, 유지보수성 목표값 검증을 통하여 추가적으로 발주하고자 하는 KTX-II 고속차량의 소요 편성량의 적정성을 검토하고자 하며, 경영수지 전망을 통한 고속차량 소요와 RAM 목표값 설정을 통한 소요량과의 상대적인 비교를 통하여 고속차량 적정 소요량에 대하여 검토하고자 한다.

철도차량에 대한 RAM 목표값 설정은 KTX 및 KTX-II, 차세대고속전철, 자기부상열차 등 최첨단 철도차량을 중심으로 높은 신뢰도가 요구되고 있으며 신규 철도차량 도입사업에서는 발주사양에 RAMS 요구 사양 제시가 점진적으로 확대되고 있다.

이번 연구에서는 고속차량 KTX-II RAM 검증사례를 통하여 추가 발주차량에 대한 RAM 목표값을 제시하고, 두 번째로는 고속차량 RAM 목표값 설정을 통하여 고속차량 소요 편성량을 산출하여 소요량 변화에 따른 구입비용의 변화 추이를 관찰하고자 한다.

† 책임저자 : 한국철도공사, 차량기술단, 차장

E-mail : cha4377@korail.com

TEL : (042)609-4991 FAX : (042)609-4920

* 정회원 한국철도공사, 연구원, 원장

** 정회원 한국철도기술연구원, 선임연구원

*** 정회원 한국철도공사, 연구원, 차장

2. KTX-II RAM목표값 설정

2.1 신뢰성 목표값

2.1.1 신뢰도(MKBSF)

신규고속차량 KTX-II의 서비스신뢰도 MKBSF(평균서비스고장거리)는 서비스운행거리를 서비스지연 5분이상의 고장이 발생한 고장건수로 나눈 값이다. 즉, 서비스지연 5분이상의 MTBF(평균고장시간)를 철도운영환경에 따라 정해지는 정수(C)를 곱한 값이다.

$$MKBSF = \frac{\text{서비스운행거리(km)}}{\text{서비스지연 고장건수}} = MTBSF \times C = C \times \frac{1}{\lambda_r}$$

※ C : 1일 운영단위 시간당 주행거리(km), λ_r : 고속차량(KTX-II) 고장률

고속철도차량 KTX-II는 KTX-II 100량 도입사양에 따라 1년에 600,000km를 운행하는 것을 목표로 하였으며, 1일 16시간을 운행하는 조건으로 1일 운영단위 시간당 주행거리(C)를 계산하면 다음과 같다.

$$C = 600,000\text{km} / (16\text{hr} \times 365\text{일}) = 102.74 \text{ Train-km/hr}$$

서비스신뢰도 MKBSF(평균서비스고장거리)는 다음과 같다.

$$MKBSF = 102.74 \times MTBSF$$

2.1.2 목표값 설정기준

KTX-II 100량의 각 하부시스템의 FMECA 고장분석 사례를 통하여 추가 발주하고자 하는 고속차량 KTX-II의 신뢰성 기준 MKBSF를 계산한 결과는 다음과 같다.

도표1. KTX-II 하부시스템 신뢰성 분석 MKBSF 값 사례

하부시스템	SFR(서비스고장률)	MTBSF	MKBSF	할당값
차체 및 실내설비(1)	4.60E-06	217,365	22,323,350	16,830,000
도어시스템(2)	1.75E-05	57,120	5,866,224	5,142,500
추진시스템(3)	5.91E-05	16,918	1,737,511	673,200
대차시스템(4)	1.10E-04	9,104	935,000	935,000
제동 시스템(5)	5.97E-05	16,744	1,719,566	1,402,500
냉방 시스템(6)	1.88E-05	53,306	5,474,542	4,675,000
보조전원 시스템(7)	3.32E-05	30,135	3,094,888	935,000
방송시스템(8)	9.87E-06	101,332	10,406,837	4,675,000
연결기시스템(9)	5.32E-06	187,859	19,293,169	3,740,000
신호시스템(10)	1.46E-04	6,828	701,250	701,250
열차 제어 시스템(11)	9.45E-05	10,583	1,086,923	794,750
계	5.59E-04	1,789	183,769	125,457

$$\begin{aligned} \therefore MKBSF &= C \times MTBSF = C \times \frac{1}{\lambda_r} \\ &= 102.74 \times \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11}} \\ &= 102.74 \times \frac{1}{5.59 \times 10^{-4}} = 183,769 \text{ Train-km} \end{aligned}$$

2.1.3 신뢰성 MKBSF 목표값 결정

신규 고속차량 KTX-II 신뢰성 목표값 MKBSF에 대하여 FMECA를 통하여 신뢰성 평가를 한 결과 KTX-II 신뢰성 목표값 MKBSF 125,000(서비스지연5분 기준)Train-km는 충분히 달성 가능한 것으로 판단되므로, 향후 영업운행 1년6개월 후 서비스신뢰도가 183,000Train-km로 입증되기 전까지 KTX-II 신뢰성 목표값 MKBSF는 125,000Train-km로 제시한다.

2.2 가용도 목표값

2.2.1 운용가용도(A₀)

가용도는 철도운영사로서 운영 효율을 관리하기 위하여 운영가용도를 관리기준으로 제시하고자 한다. 운용가용도(A₀)는 철도차량을 영업운영 서비스에 투입하려고 할 때 KTX-II 서비스가 가능한 상태에 있음을 나타내는 확률이다. 즉, 철도차량의 전체가동시간을 전체가능시간과 전체 비가동시간의 합으로 나눈 값을 의미한다.

$$\circ \text{운용가용도}(A_0) = \frac{\text{전체 가동시간}(TUT)}{\text{전체가동시간}(TUT)+\text{전체비가동시간}(TDT)}$$

전체비가동시간(TDT)은 고속차량이 실제 비가동 시간을 산출하여 입력하고, 예방정비(PM), 교정정비(CM), 그리고 행정소요시간과 보수품 대기시간 외의 운행 및 유지보수 대기시간(4시간)은 TDT에서 제외한다.

기존 KTX의 운용가용도(A₀)는 다음과 같다.

도표2. KTX 차량운행실적

2008.11월기준

구분	차량편성수		열차횟수		1일운행 시간	편도소요시간		편성당운행 회전율(현재)	출발역-기지 이동시간	비 고
	주중	주말	주중	주말		운전 시간	준비 시간			
경부선	26	30	104	143	16:00	2:50	45분	4.76	30분	서울역
호남선	10	10	36	38	16:00	3:25	45분	3.80	35분	용산역
검수,대기	9	5								대기1
기타	1	1								총돌수리 계산제외
계	46	46	140	181						

KTX 전체가동시간(TUT)는 최대운용시간을 적용하여 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot \text{TUT} &= (\text{경부선운행횟수} \times \text{편도소요시간}) + (\text{경부선운행편성수} \times \text{이동시간} \times 2) \\ &+ (\text{호남선운행횟수} \times \text{편도소요시간}) + (\text{호남선운행편성수} \times \text{이동시간} \times 2) + (\text{비상대기편성} \times 16\text{시간}) \\ [\text{계산}] \text{TUT} &= (143\text{회} \times 215\text{분}) + (30\text{편성} \times 30\text{분} \times 2\text{회}) + (38\text{회} \times 250\text{분}) + (10\text{편성} \times 35\text{분} \times 2\text{회}) \\ &+ (1\text{편성} \times 960\text{분}) = \underline{43,705\text{시간}} \end{aligned}$$

KTX 전체비가동시간(TDT)은 최소 비가동시간을 적용하여 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot \text{TDT} &= (\text{검수차량수} \times 20\text{시간}) \\ &\text{실제 KTX 운행차량을 기준으로 1일 주침시간 4시간을 제외한다.} \\ \cdot \text{전체비가동시간}(TDT) &= (4\text{편성} \times 1200\text{시간}) = \underline{4,800\text{시간}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{계산}] \text{KTX 운용가용도}(A_0) &= \frac{\text{전체 가동시간}(TUT)}{\text{전체가동시간}(TUT)+\text{전체비가동시간}(TDT)} \\ &= \frac{43,705\text{시간}}{43,705\text{시간} + 4,800\text{시간}} = \underline{0.9010} \end{aligned}$$

2.2.2 운용가용도(A₀) 결정

KTX-II 고속차량 운용가용도(A₀)는 KTX 실제 운용수준의 동등이상 수준인 90%이상을 적용한다.

2.3 유지보수성 목표값

2.3.1 차량시스템 유지보수성(MTTR)

철도차량시스템 유지보수성 MTTR(Mean Time To Repair)은 차량의 영업운행 중 발생한 고장의 수리에 투입된 총 고장 정비시간을 총 고장건수로 나눈 값이다.

$$\cdot \text{평균고장수리시간(MTTR)} = \frac{\text{총고장수리 시간}}{\text{총 고장건수}} = \frac{\sum \text{MTTR}_i \times \lambda_i \times \text{수량}_i}{\sum \lambda_i}$$

2.3.2 예방유지보수시간(TDT_{PM})

철도차량시스템의 예방유지보수시간 TDT_{PM}(Total Down-Time preventive-maintenance)은 예방유지보수 ES, RGI, CE, SWT, LI, GI, FGI 등의 전체 비가동 시간을 의미한다.

$$\cdot \text{TDT}_{\text{PM}} = \text{MDT}_{\text{ES}} + \text{MDT}_{\text{RGI}} + \text{MDT}_{\text{CE}} + \text{MDT}_{\text{SWT}} + \text{MDT}_{\text{LI}} + \text{MDT}_{\text{GI}} + \text{MDT}_{\text{FGI}}$$

2.3.3 목표값 설정기준

2.3.3.1 평균고장수리시간(MTTR)

KTX-II 100량 유지보수성 MTTR(평균고장수리시간)을 계산을 통하여 유지보수성 목표값을 설정하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \cdot \text{MTTR}_{\text{sys}} &= \sum_{i=1}^{11} \frac{\text{총고장수리 시간}}{\text{총 고장건수}} \\ &= (\text{MTTR}_1 \times \lambda_1 \times \text{수량}_1 + \text{MTTR}_2 \times \lambda_2 \times \text{수량}_2 + \text{MTTR}_3 \times \lambda_3 \times \text{수량}_3 \cdots + \text{MTTR}_{11} \times \lambda_{11} \times \text{수량}_{11}) \\ &\quad / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11}) \end{aligned}$$

그러므로 MTTR₁₋₁₁ 과 λ₁₋₁₁ 적용하고 수량=1 로 계산.

[구성품 장치전체를 하부 LRU에서 Bottom-Up방식으로 계산]

$$\begin{aligned} \therefore \text{MTTR}_{\text{sys}} &= (0.6 \times 4.86 \times 10^{-3} + 0.90 \times 3.57 \times 10^{-3} + \cdots + 1.07 \times 7.67 \times 10^{-4}) / 4.83 \times 10^{-2} \\ &= 0.67 \text{ 시간} \end{aligned}$$

KTX-II의 평균고장수리시간(MTTR)은 설계단계에서 유지보수성 평가결과 0.67시간으로 분석되었으나 영업운행 후 6개월 이전에 시행되는 유지보수성 입증 및 확인 전까지는 동종의 고속차량 수준의 1시간이내로 설정 하였으며, 기타 최대 90%이상의 교정수리시간이 필요한 추진모터, 감속기, 동력대차 등은 기존 KTX와 동등하게 사용되므로 6.2시간이내로 동일수준을 적용하였다.

도표3. KTX-II 하부시스템 유지보수성 분석(MTTR) 값 사례

하부시스템	FR(고장률)	MTTR	할당값
차체 및 실내설비(1)	4.86E-03	0.6	0.82
도어시스템(2)	3.57E-03	0.90	1.36
추진시스템(3)	1.10E-03	1.93	6.14
대차 시스템(4)	9.00E-05	1.89	6.73
제동 시스템(5)	1.15E-02	0.48	0.56
냉방 시스템(6)	4.10E-04	2.30	3.84
보조전원 시스템(7)	1.39E-03	2.03	6.41
방송시스템(8)	2.86E-02	0.59	0.63
연결기시스템(9)	5.35E-05	1.54	2.90
신호시스템(10)	9.63E-04	1.57	1.61
열차 제어 시스템(11)	7.67E-04	1.07	1.11
총 계	4.83E-02	0.67	0.93

2.3.3.2 예방유지보수시간 (TDT_{PM})

도표4. KTX-II 예방유지보수 주기검수 예상 값 사례

주기검수	기간	평균 작업시간	Man-hour		횟수 (16개월내)
			KTX (20량/편성)	KTX-II (10량/1편성)	
FGI	16개월	40hr	2,694	1827	1
GI	8개월	24hr	1414	959	1
IJ	4개월	16hr	1184	802	2
SWT	1개월	8hr	142	96	12
RBI/CE	9일	4hr	55.68	38	23
ES	3일	2hr	24.16	16.38	139
계			5,513.84	3,738.38	

· 예방유지보수시간 (TDT_{PM}) = 주기검수시간 + 행정시간 + 청소 + 중수선 검수 + 스케줄에 의한 기타업무

KTX-II 예방유지보수시간(TDT_{PM})은 기존 KTX와 동등수준의 유지보수매뉴얼로 유지보수를 시행함으로써 KTX 예방유지보수(ES-FGI) 소요시간 5,514hr보다 67.8% 수준(20량대비 10편성 설비 가격기준)으로 예방유지보수시간을 결정 하였으므로 신규 고속차량(KTX-II)은 1편성당 예방유지보수(ES-FGI) 소요시간을 3,740hr으로 설정하였다.

3. KTX-II 소요편성

3.1 서비스신뢰도 목표값 설정

3.1.1 서비스정시율(SA)

서비스정시율(SA)은 서비스신뢰도에 영향을 주기 때문에 한국철도공사에는 고객서비스현장에 여객 열차는 95%이상의 정시율을 제시하고 있으며 KTX는 5분이상, 일반열차는 10분이상 늦지 않도록 운영을 하겠다고 고객과의 약속을 명시하고 있다.

· 서비스정시율(SA) = 서비스준비율(SP) × 서비스신뢰도(R_s(t_m)) = 0.95

※ t_m : 1회 서비스 시간 또는 거리

3.1.2 서비스 신뢰도(R_s(t_m))

철도차량의 서비스신뢰도는 영업운영에 투입되는 철도차량이 그 임무를 완수할 확률이며, 철도차량의 서비스신뢰도는 철도서비스의 정시율에 영향을 주기 때문에 운영자는 설정된 정시율을 보증하고자 철도차량의 구매사양에 서비스 신뢰도를 제시한다.

철도차량의 서비스고장은 지수분포를 따른다고 가정하고 서비스신뢰도를 계산하면 다음과 같다.

· $R_s(t_m) = e^{-\lambda_{sys} t_m}$

· 1회 서비스 운행거리(t_m) = 367 km (서울~목포간 거리)

· 철도시스템 서비스고장율(λ_{sys}) = 시설물서비스고장율(λ_i) + 운용서비스고장율(λ_o) + 차량 서비스고장율(λ_r)

동종의 고속차량 KTX “철도시스템 서비스고장율”을 기준으로 서비스신뢰도 목표치를 계산하여 고속철도 거리에 대하여 서비스신뢰도를 계산하면,

도표5. KTX 차량지연 횟수자료

2007.1월~2008.5월

총열차횟수	지연열차횟수	차량원인 지연횟수
78,269	3,987	407
총주행거리	위 기간동안 총주행거리 : 30,658,812 km	

다음 관련 식에서 $\lambda_{sys} = \lambda_i + \lambda_o + \lambda_r$, $\lambda_{sys} - \lambda_r = \lambda_i + \lambda_o$ 이므로

$$1) \text{ 차량 서비스고장율}(\lambda_{r1}) = \text{차량서비스고장건수/총주행거리} \\ = 407/30,658,812 = 1.328 \times 10^{-5} (\text{건/km})$$

실제(2006.12월기준) KTX 10분이상 서비스지연을 발생한 신뢰성은 173,870 (5분기준, 109,237)Train-km 이며, 현재 KTX-II 5분기준 신뢰성은 125,000Train-km이며 이를 10분기준으로 환산하면 198,959Train-km 이다.

$$\text{그러므로, } \lambda_{r2} = 1/\text{MKBSF} = 1/198,959 = 5.026 \times 10^{-6} (\text{건/km})$$

$$2) \text{ 철도시스템고장율}(\lambda_{sys}) = \text{전체서비스고장건수/총주행거리} \\ = 3,987/30,658,812 = 1.3004 \times 10^{-4} (\text{건/km})$$

$$3) \text{ 기존 KTX 시설물 서비스고장율}(\lambda_i) + \text{운용 서비스고장율}(\lambda_o)$$

$$\lambda_i + \lambda_o = \lambda_{sys} - \lambda_{r1} = 1.3004 \times 10^{-4} - 1.328 \times 10^{-5} \\ = 1.1676 \times 10^{-4} (\text{건/km})$$

∴ KTX-II 시스템 서비스고장율(λ_{sys})은 λ_{r1} 보다 엄격한 신뢰성의 λ_{r2} (고장율)을 적용한다.

$$\lambda_{sys} = (\lambda_i + \lambda_o) + \lambda_{r2} = 1.1676 \times 10^{-4} + 5.026 \times 10^{-6} = 1.218 \times 10^{-4}$$

$$4) \text{ 1회 서비스 평균운행거리}(t_m) \text{은?}$$

기존 KTX의 $t_m = \text{총주행거리/총열차횟수} = 30,658,812/78,269 = 392 \text{ km}$ 이며, KTX-II 평균운행거리(t_m)은 367km이다.

$$5) \text{ 기존 KTX } R_S(t_m) = e^{-\lambda_{sys}t_m} = e^{-(1.3004 \times 10^{-4} \times 392)} = 0.9503$$

$$6) \text{ 고속철도차량(KTX-II) 1회 서비스신뢰도}(R_S(t_m)) \text{는?}$$

$$R_S(t_m) = e^{-\lambda_{sys}t_m} = e^{-(1.218 \times 10^{-4} \times 367)} = 0.9563 \approx 96\%$$

3.1.3 서비스 준비율(SP)

철도차량 서비스준비율은 서비스정시율을 서비스신뢰도로 나눈 값이다. 서비스정시율(SA)은 한국철도공사 고객서비스현장(2006년기준)에 명시된 95%를 적용하며 서비스신뢰도($R_S(t_m)$)은 KTX-II 구매사양에 제시한 125,000Train-km기준으로 계산한 서비스신뢰도를 적용한다.

$$\bullet \text{ 서비스 준비율}(SP) = \text{서비스정시율}(SA) / \text{서비스신뢰도}(R_S(t_m))$$

$$\ast \text{ 서비스정시율}(SA) = 0.95 \text{ (Korail 고객서비스현장 정의를 목포로 함)}$$

그러므로, 고속철도 서비스준비율(SP)은,

$$\text{서비스준비율}(SP) = \text{서비스정시율}(SA) / \text{서비스신뢰도}(R_S(t_m)) \\ = 0.95 / 0.9563 = 0.9934 \approx 99\%$$

그러므로 서비스 목표값은 다음과 같다.

- 서비스정시율(SA) = 0.95 = 95%
- 서비스준비율(SP) = 0.9934 = 99%
- 서비스신뢰도($R_S(t_m)$) = 0.9580 = 96%

3.2 이항분포를 활용한 가용도 목표값 설정

3.2.1 최소소요편성수

고속철도차량 증장기소요편성계획에 의하면, 최적의 최소소요편성수 계산을 위한 최대열차운행소요시간을 183분으로 적용하여 계산하면 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 최소소요편성수}(S) = \frac{(\text{표정시간} + \text{반복시간}) \times 2 + \text{이동시간}}{\text{운전시격}} \times (\text{검수대기율})$$

도표6. 호남고속차량 표정속도 자료

구분	소요시분(분)	정차시분(분)	합계(분)	표정속도(km/h)	정차역수
서울~목포	175.0	8.0	183.0	120	8

KTX-II 도입시 코레일 2007년 “중기철도차량소요판단”에 따라서 2012년 최소운전시격을 17.4분으로 KTX-II의 1일 20시간 주말기준 총69회 운행을 가정한다.

또한, 정차역 반복시간은 기존 KTX 기준으로 45분으로 설정하며 고속차량 이동시간은 기지와 용산역을 이동하는 시간으로 편도 35분을 적용하며 검수 및 대기편성은 KTX 주중편성 46편성 중 5편성 비율로 11%적용한다. KTX-II 소요편성수(N)는 최소소요편성수에 차량의 신뢰도와 유지보수성을 반영한 운영가용도(A₀)를 산정한다.

도표7. 코레일 중기 철도차량 소요판단 검토 2012년기준

구분		호남선	전라선	경전선	계
2012년	주 말	50회	7회	12회	69회
	주 중	32회	4회	7회	53회

$$\bullet \text{ 최소소요편성수}(S) = \{[(183\text{분} + 45\text{분}) \times 2 + 35\text{분}/2] / 17.4\text{분}\} \times 1.1 = 29.93\text{편성} \approx 30\text{편성}$$

$$(\text{표정운행시간} = 367.4\text{km(거리)} / 120\text{km/h(표정속도)}) = 3.06\text{시간} = 183\text{분}$$

3.2.2 KTX-II 소요편성수 계산

신규 고속철도차량 KTX-II의 서비스준비율(0.9934) 및 최소소요편성수(30편성)에 대한 실제 운행 중인 KTX 가용도(90%) 이상에 대한 고속철도차량 소요편성 수량의 계산은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 서비스준비율}(SP) = \sum_{x=S}^N \binom{N}{x} A_0^x (1-A_0)^{N-x}$$

$$\text{서비스준비율}(SP) = 0.9934 = \sum_{x=S}^N \binom{N}{x} A_0^x (1-A_0)^{N-x}$$

도표8. 이항분포식에 의한 소요편성 계산

서비스준비율(SP)	최소소요편성수(S)	소요편성수(N)	가용도(A ₀)	소요금액(KTX-II기준금액)	비고
0.9934	30	36	0.95	11,880억	1편성:330억기준
0.9934	30	37	0.9354	12,210억	
0.9934	30	38	0.9205	12,540억	
0.9934	30	39	0.9054	12,870억	RAM 기준
0.9934	30	40	0.8904	13,200억	증장기계획 기준
0.9934	30	41	0.8755	13,530억	
0.9934	30	42	0.8607	13,860억	

[참고] 수요량 감소에 따른 2012년 최소운전시격을 30분으로 KTX-II의 1일 20시간 주말기준 총40회 운행을 가정 시는 29편성이 필요 한 것으로 계산됨.

3.3 가용도 및 소요편성 계산 결과

KTX-II RAM 목표값에서 제시한 운용가용도 90%, 서비스준비율 99%, 서비스신뢰도 96%를 만족하기 위한 KTX-II 소요편성 수량은 39편성으로 판단된다. 다만, RAM 기준으로 소요편성 결정시 330억의 초기투자비용을 줄일 수 있는 것으로 분석되나 수송량 증대에 따른 임시열차 고속차량 공급은 고려하지 않았다.

4. 맺음말

신규 고속차량 KTX-II 추가 도입에 대하여 철도차량의 서비스신뢰도와 유지보수성 관점에서 소요량에 대한 적정성을 검토하기 위하여 RAM 목표값을 기본으로 KTX-II의 소요편성 수량을 계산한 결과 2009년부터 2012년까지 39편성이 필요한 것으로 분석되었다.

이번 연구결과는 고속차량 추가 도입에 대하여 2012년까지 계획한 코레일 2007년 “중기철도차량소요판단”에서 수송인원 증가율을 반영한 40편성 소요량 대비 RAM 목표값을 설정기준 KTX-II 소요편성 수량을 계산한 결과 39편성이 필요한 것으로 분석되었다. 이 수량은 KTX 회전식 의자 및 미적 대수선으로 인한 소요편성 반영과 2007년10월 이후 수송수요 변경에 따른 운행회수 변경에 따른 소요편성 변경은 미 반영되어 실제 고속차량 소요편성량은 다소 변경 될 수는 있을 것으로 판단된다.

이번 철도차량의 서비스신뢰도와 유지보수성 관점에서 철도차량 소요량 계산에 대한 연구를 계기로 신규 철도차량 구입 시 수송수요 예측분석 방법에 의한 소요편성량 결정 값에 대하여 철도차량 RAM 목표값에 의한 소요편성 수량 산출결과로 검증 및 확인 하였으면 한다.

향후, 철도차량 RAM 관점에서 서비스신뢰도 증가 노력과 유지보수 주기조정에 의한 검수소요편성 감소 등 운용가용도를 향상하기 위한 연구가 지속적으로 진행됨으로써 고속차량 RAM 및 초기 투자비용에 대한 연구가 더욱 더 활성화 될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 국제규격 IEC62278 (2002년), " Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) ; 철도시스템 적용 ; 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성 (RAMS)의 사양과 증명"
2. 시스템 신뢰도 공학, 김원경 저
3. KTX-II 100량, 90량 도입사업, "Rams Plan & Safety Plan" , "Ram Demo Plan"
4. 박준서, 김종운, 김재훈, 최강윤 박사(2006년), "자기부상 철도차량의 RAMS 현황" 한국철도기술연구원
5. 이환태 박사(2004년), "철도차량의 RAMS 성장에 관한 연구" 대구대학교 대학원 박사논문
6. 박준서 박사의 16명(2005년), "철도시스템 RAM 관리체계 구축을 위한 기반연구" 한국철도기술연구원
7. 유양하, 이희승(2005) "MKBSF산출을 통한 KTX 신뢰성 연구" 한국철도학회 논문
8. 코레일 제43차 이사회(2007.10.23)보고 "중기철도차량소요판단"
9. 정인수, 이강원, 김종운(2008년), "철도차량 정량적 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 목표값 설정에 관한 연구" 한국철도학회 논문
10. 정인수, 김종운, 이강원(2008년), "철도차량 정량적 신뢰성 요구사항의 입증 시험에 관한 연구" 한국철도학회 논문