

경량전철사업의 RAMS 활동을 지원하기 위한 SE전산도구 적용에 관한 연구

이석정¹⁾, 최요철¹⁾

1) LS산전

A Study on the application of Computerized Systems Engineering Tool to Support RAMS Activities for Light Rail Transit Project

Seok Jeong Lee,¹⁾ Yo Chul Choi¹⁾

1) LSIS Co., Ltd

Abstract : There have been growing demand of Light Rail Transit(LRT) which have a lot of advantages such as construction costs lower than the recent subway, reduction of operational costs, availability of line planning, operation of railway non-beneficiary region, flexible operations of trains, unmanned operation and also have eco-friendly advantages, it is now becoming urban railway systems when environmental issues have been highlighted all over the world. Therefore, RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) Process and activities for effective implementation of light rail transit projects have become a very important element, and also the utilization of computerized tools to perform these more systematically and productively is sought after these days. In this paper, we have presented a plan that can support the RAMS activities by utilizing the function of the computerized SE(Systems Engineering) tool(CORE[®]). Through support of the computerized SE tool, it would be possible more clear and efficient railway project execution.

Key Words : RAMS Process, Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Systems Engineering, Railway Project, Computerized SE tool, Light Rail Transit(LRT), Urban railway systems

* 교신저자 : Yo Chul Choi/LSIS Co., Ltd/ycchoia@lsis.com

* This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

본 논문은 경량전철사업의 RAMS 활동을 지원하기 위한 SE전산도구 적용에 관한 연구에 대한 것이다.

최근 지하철 대비 낮은 건설비, 운영비용 절감, 선로계획의 용이성, 지하철 비수해지역의 운행, 탄력적 열차운행, 무인운전 등 많은 장점을 가진 경량전철사업에 대한 요구가 증대되고 있고, 경량전철시스템은 친환경적인 장점을 지니고 있어 환경문제가 전 세계적으로 대두되고 있는 이때에 부각되고 있는 도시철도시스템이 되어가고 있다.[1] 또한 경량전철시스템은 차량, 신호, 통신, 전력, 기계, 궤도, 건설, 그리고 운영시스템으로 구성된 복합시스템으로 안전 및 신뢰성 확보를 위한 방안으로 RAMS 활동이 중요하게 고려되고 있으며, 더불어 체계적인 기술 활동 및 기술관리 활동을 수행하기 위해 시스템엔지니어링 접근이 필수적이라 할 수 있다. 결론적으로 보다 체계적이고 생산적으로 수행하기 위한 전산도구의 활용이 요구되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 국내외적으로 그 효과성이 입증된 시스템엔지니어링 프로세스를 기반으로 한 SE전산도구의 기능을 활용하여 RAMS 활동을 지원할 수 있는 방안에 대해 제시하였다.[2] SE전산도구의 지원을 통해서 보다 명확하고 효율적인 사업 실행이 가능할 수 있을 것이다.

1.1 경량전철시스템 개념

경전철(輕電鐵, Light Rail Transit, LRT) 또는 경량전철은 일반적인 철도, 특히 전기철도에 비해서 중량이 가벼운 궤도 계통의 교통수단을 통칭하는 표현이다. 대개, 도로 교통과 철도, 삭도 등의 범주에 속하지 않는, 비교적 근래에 개발된 여러 교통수단들을 의미한다. 그 특성상, 대개 철도와 도로의 중간자적 위치를 가지는 예가 많다.[3] 통칭으로서 쓰이는 경전철은 궤도버스(가이드웨이 버스, 무궤도전차를 포함), 모노레일, 노면경량전철(SLRT), 자기부상열차, 신 교통 시스템 - 고무차륜식 경전철(AGT(Automated Guided Transit), 리니어 모

터 카, 스카이레일, 바이모달트램(Bi-modality) 혹은 듀얼모드 차량, GRT(Guided Rapid Transit) - 자기유도식 궤도교통 등이 있다.

1.2 경량전철시스템 특징

경량전철시스템은 기존 중량전철에 비해 다음과 같은 특징을 가지며, 이러한 특징으로 인해 해외 및 국내에서 미래형 친환경 교통수단으로 도입되고 있다.[4]

- 미래형 대중교통수단 : 정시성, 안전성, 쾌적성을 겸비하고 탄력적인 운행 스케줄과 역사접근의 용이성으로 만성적인 도시 교통난 해결
- 도시 간 균형발전 기여 : 수도권과 일부 대도시 위주로 운영되는 기존 지하철과 달리 대도시와 중소 도시를 유기적으로 연결, 국토의 균형발전에 기여
- 투자비 대비 뛰어난 효율성 : 막대한 예산이 소요되는 지하철과 달리 기존 도로상에 고가로 건설, 차량의 소형화 등 적은 비용으로 건설이 가능, 지방자치단체도 도입이 용이
- 이용자 및 환경 친화적 교통수단 : 짧은 운행시각으로 승객의 통행 소요시간을 단축시키며 대기오염·소음·진동으로 인한 피해가 적고 에너지 절감에도 효과적

1.3 경량전철시스템의 실용화 및 운영

국토해양부의 지원으로 한국철도기술연구원 및 다수의 업체가 참여하여 세계에서 네 번째로 한국형표준고무차륜경전철을 개발하였으며, 경상북도 경산시에 시험선을 가설하여 시험운전을 완료하였다. 이 차량은 부산 도시철도 4호선의 차량으로 채택되어 운용되고 있다.[5]

국내에서 일반인을 상대로 영업운행 중인 노선은 아래와 같다

- 부산 도시철도 4호선(2011년 2월 30일 개통)
- 부산-김해 경전철(2011년 9월 16일 개통)
- 의정부 경전철(2012년 7월 1일 개통)
- 용인 경전철(2013년 4월 26일 개통)



[Figure 1] K-AGT Vehicle

건설 중인 노선은 인천공항 자기부상철도, 인천 2호선, 서울 우이신설선, 대구 3호선, 김포 경전철, 서울 신림선등이 있다.

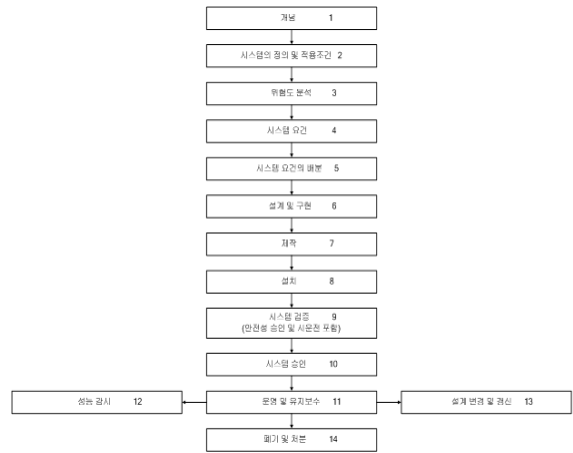
2. 표준에 따른 RAMS 프로세스

2.1 RAMS 생명주기 단계

IEC 62278에서는 철도시스템에 대한 RAMS 활동을 아래의 14단계의 생명주기 단계로 제시하고 있다. 특히 아래와 같은 내용에 대한 규정을 제시하여 올바른 RAMS 활동을 가이드 한다.[4]

- 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성과 이들 간의 상호 작용 관점에서 RAMS를 정의
- 시스템 생명주기 및 그 주기 내에 있는 임무(task)들에 근거하여 RAMS를 관리하기 위한 절차를 정의
- RAMS 요소들 사이의 불일치가 효과적으로 관

- 리되고 통제되도록 하는 메커니즘 정의
- RAMS에 대한 요구사항들을 정의하고 이 요구사항들이 성취되었다는 것을 증명하기 위한 계통적 절차를 정의
- 철도에 특정한 것들을 지정



[Figure 2] RAMS life cycle phase

2.2 RAMS 생명주기 단계별 주요 RAMS 활동

IEC 62278 표준에서 제시하는 RAMS 업무는 크게 신뢰성, 가용성, 그리고 유지보수성 중심의 RAM 활동과 안전성 중심의 Safety 활동으로 구분하고 있다.[4]

<Table 1> Activities for RAMS based on IEC 62278

NO	생명주기 단계	RAMS 업무(IEC 62278 기준)	
		RAM	Safety
1	개념	이전에 달성한 RAM 성과의 검토	이전에 달성한 안전성 성과의 검토
		프로젝트의 RAM 관련성 고려	프로젝트의 안전성 관련 사항 검토 안전성 정책과 목표 검토
2	시스템 정의 및 적용 조건	RAM에 대한 과거 경험 데이터 평가	안전성에 대한 과거 경험 데이터 평가
		예비 RAM 분석 수행	예비 위험분석 수행
		RAM 정책 수립	전반적인 안전성 계획 수립
		장기 운영 및 유지보수 조건 규명	허용 리스크 기준의 정의
		기존 기반시설의 제약조건이 RAM에 미치는 영향 규명	기존 기반시설의 제약조건이 안전성에 미치는 영향 규명

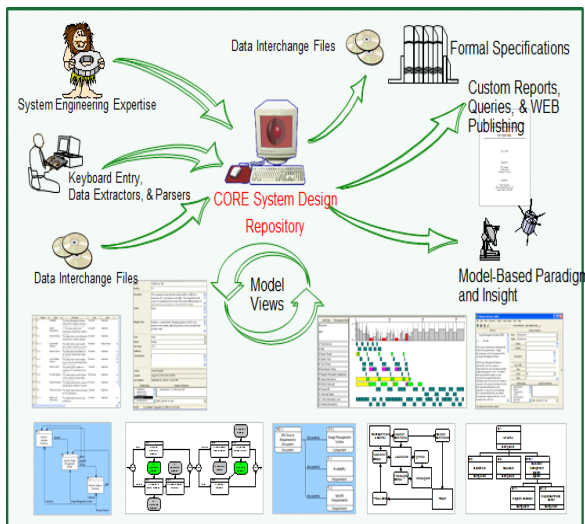
NO	생명주기 단계	RAMS 업무(IEC 62278 기준)	
		RAM	Safety
3	리스크 분석	RAM 관련 활동 없음	시스템 위험요소와 리스크 분석 수행
			Hazard Log 요건 수립
			리스크 분석 수행
4	시스템 요건	전반적인 시스템 RAM 요건의 수립	전반적인 시스템 안전성 요건 수립
		전반적인 RAM 허용 기준의 정의	안전성 허용 기준의 정의
		시스템의 기능적 구조의 정의	안전성에 관련된 기능적인 요건 정의
		RAM 프로그램의 수립	안전성 관리 체계 수립
		RAM 관리 체계의 수립	
5	시스템 요건의 배분	시스템 RAM 요건의 배분 - 하위시스템과 컴포넌트의 RAM 요건 수립 구체화 - 하위시스템과 컴포넌트의 RAM 허용 기준의 정의	시스템 안전성 목표와 요건의 배분 - 하위시스템과 컴포넌트의 안전성 요건 수립 - 하위시스템과 컴포넌트의 안전성 허용 기준의 정의
			시스템 안전성 계획의 개정
6	설계 및 구현	다음 사항을 포함하여 검토, 분석, 시험, 데이터 평가에 의한 RAM 프로그램의 이행 - 신뢰도와 가용성 - 유지보수와 유지보수성 - 최적 유지보수 정책 - 물류 지원	다음 사항을 포함하여 검토, 분석, 시험, 데이터 평가에 의한 안전성 계획의 이행 - Hazard Log - 위험 분석 및 리스크 평가
		다음 사항을 포함하여 프로그램 관리 수행 - RAM 프로그램 관리 - 하청업체 및 공급자의 관리	안전성과 관련된 설계의 결정 근거 제시
			다음 사항을 포함하여 프로그램 관리 수행 - 안전성 관리 - 하청업체 및 공급자의 관리
			Generic Safety Case 수립 Generic Application Safety Case 준비
7	제작	환경 스트레스 스크리닝(ESS) 수행	검토, 분석, 시험, 데이터 평가에 의한 안전성 계획을 이행
		RAM 성장시험 수행	Hazard Log 활용
		고장 보고, 분석 및 시정 조치 시스템(FRACAS) 착수	
8	설치	유지보수 담당자 교육 훈련 시작	설치 프로그램 수립
		예비품과 도구 공급	설치 프로그램 이행
9	시스템 검증 (안전성 승인 및 시운전 포함)	RAM 검증 수행	시운전 프로그램 수립
			시운전 프로그램 이행
			Specific Application Safety Case 수립
10	시스템 승인	RAM 검증결과 평가	Specific Application Safety Case 평가
11	운영 및 유지 보수	예비품과 도구의 지속적인 조달 수행	지속적인 안전성 중심의 유지보수 수행
		지속적인 신뢰도 중심의 유지보수(RCM)을 위한 물류 지원 수행	지속적인 안전성 성능 감시 및 Hazard Log의 기록 및 관리 수행

NO	생명주기 단계	RAMS 업무(IEC 62278 기준)	
		RAM	Safety
12	성능 감시	자료 수집, 분석 및 평가, 운영 성과 및 RAM 통계 분석	자료 수집, 분석 및 평가, 운영 성과, 안전성 통계 분석
13	설계 변경 및 갱신	설계 변경과 갱신을 위한 RAM 관련사항 고려	설계 변경과 갱신을 위한 안전성 관련사항 고려
14	폐기 및 처분	RAM 관련 활동 없음	안전성 계획 수립
			위험 분석 및 리스크 평가 수행
			안전성 계획 이행

3. SE전산도구 특징

3.1 SE전산도구의 핵심 기능

SE전산도구(CORE[®])는 시스템과 관련된 통합 설계 데이터 관리 및 분산업무환경을 지원한다. 고객의 요구사항으로부터 시스템 요구사항을 도출하고 이를 기반으로 시스템 규격서를 생성하는 업무를 체계적으로 수행하도록 한다.[6] 특히 CORE는 시스템엔지니어링 프로세스를 따르고 있어, 순차적인 프로세스를 뒷받침하여 데이터 생성 및 문서 생성, 그리고 신속한 문서 출력을 가능하게 한다.



[Figure 3] Core functions of the computerized SE tool

3.1.1 SE전산도구의 고유 특징

- 사물의 관계에 중점을 둔 ERA(Element-Relation-Attribute) 데이터베이스 구조

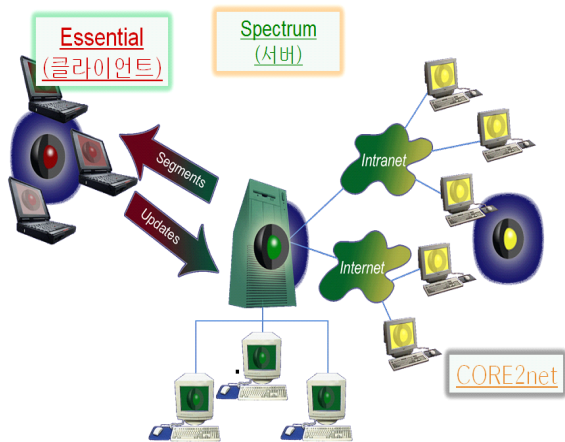
- 시나리오 기반 설계
- 하향식 설계
- 행위(Behavior) 모델, 물리적 모델 구분 / 아키텍처 설계 통합
- 시스템 생명주기를 통한 모든 추적성 구현

3.1.2 SE전산도구의 부가적 특징

- 시뮬레이터 지원
- EA(Enterprise Architecture) 모델링과 DoDAF(The Department of Defence Architecture Framework) 뷰 생성을 포함하는 스키마와 리포팅 스크립트의 확장추가 통합기능 정의서, 물리적 블록 다이어그램 IDEF0(Integrated Definition 0), PBS(Product Breakdown Structure) 제공
- EA의 명확성을 개선시키는 스키마 수정
- 공식 양식의 설계와 생성을 위한 스크립트와 스키마의 확장
- 테이블 뷰(Table View), 텍스트 지원(RTF)
- xml 파일 교환(xml File Exchange)
- SysML(System Model Language) 2.0/DODAF 2.0 제공
- 프로그램 및 프로젝트 관리/조직 및 자원 관리
- 위험/형상/정보/의사소통 관리 지원
- 변경영향 분석

3.1.3 네트워크 기반의 협업을 위한 CORE 운영

SE전산도구인 CORE는 서로 다른 장소에서 업무 수행이 필요한 경우, 네트워크 기반의 환경을 제공한다. 서버에 구축되어 데이터를 개인 PC에 설치된 client SW와 웹을 통한 데이터 접근 모델을 통해 협업이 가능하다.

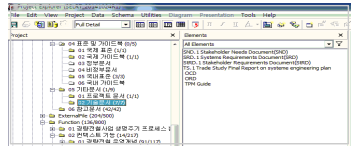
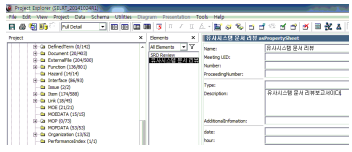
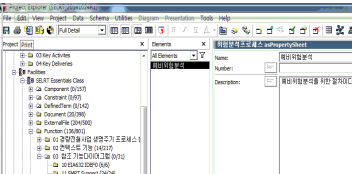
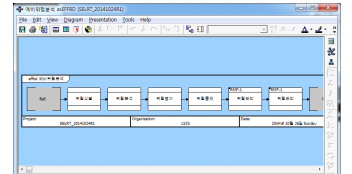


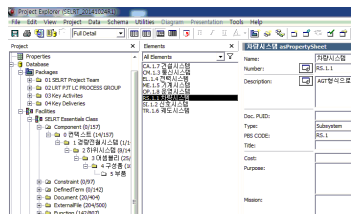
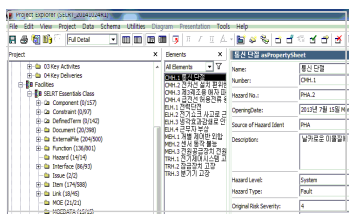
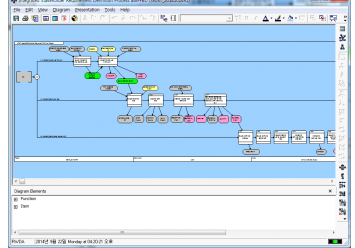
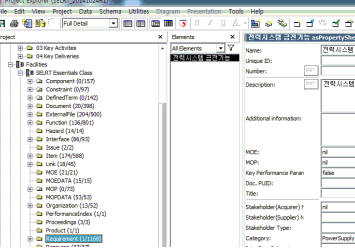
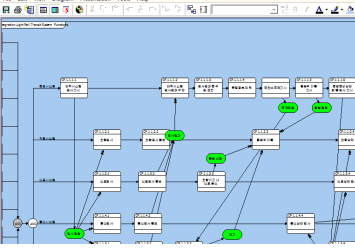
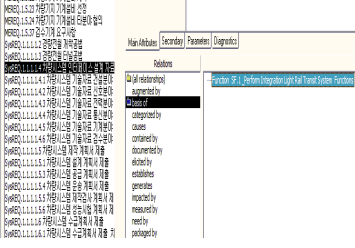
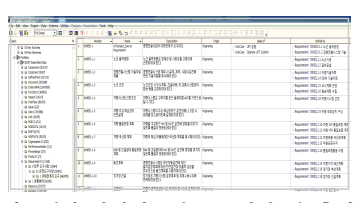
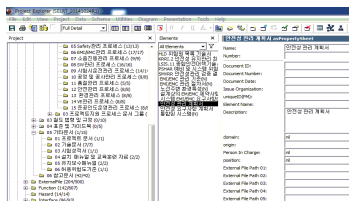
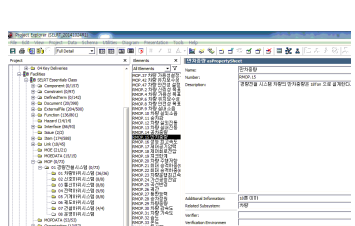
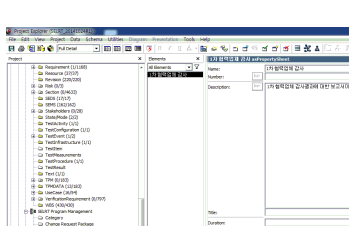
[Figure 4] CORE operation for collaboration based on Network

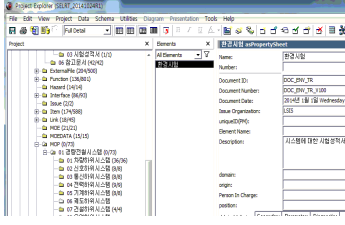
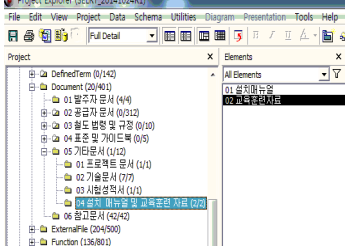
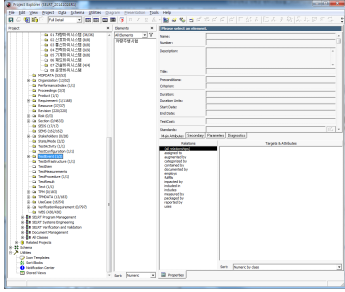
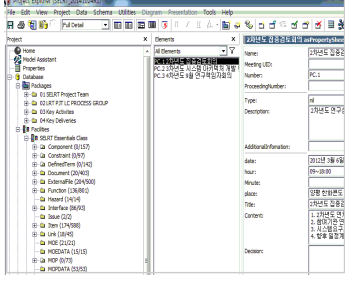
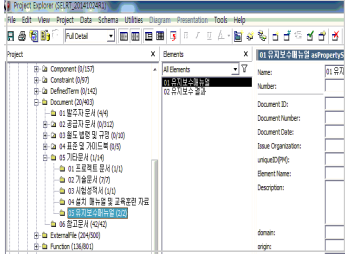
4. RAMS 활동을 위한 전산도구의 활용 방안

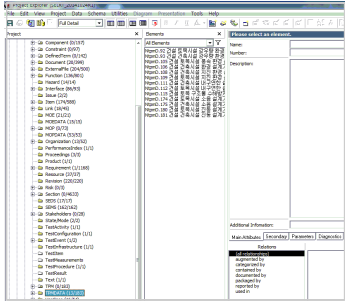
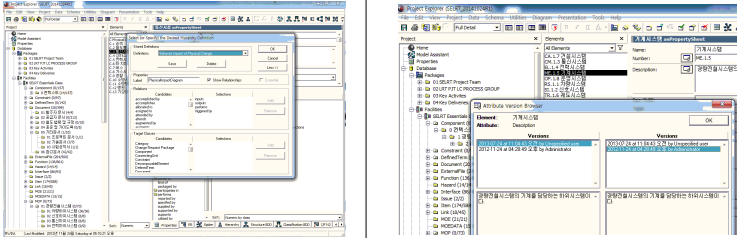
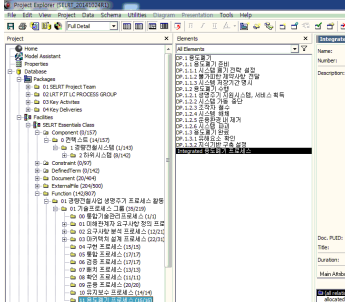
아래 표는 RAMS 생명주기 단계 별 SE전산도구의 활용 방안과 주요 지원기능에 대해 설명하였다. 일반적으로 SE전산도구는 전체 생명주기에 걸쳐 RAMS 활동을 지원할 수 있으며, 특히 정보(데이터, 문서 등)의 등록 및 관리, 그리고 공유에 이용가능하다. 특히, 특정 정보를 추적하거나 특정 문서로 출력하고자 할 경우, 또한 정보 변경에 대한 이력을 체계적으로 관리해준다.

<Table 2> Utilization of Computerized SE Tool for RAMS Activities

NO	생명주기 단계	SE전산도구 활용 방안		주요 지원기능 설명
1	개념	 <p>기술문서 등록</p>	 <p>유사시스템 문서 검토 지원</p>	<p>개념수립에 필요한 기술문서 등록 및 검토 지원</p> <p>프로젝트 리스크 등록 및 공유</p> <p>안전성 정책 및 목표의 검토 지원</p>
2	시스템 정의 및 적용 조건	 <p>과거 경험 데이터 등록</p>	 <p>위험분석 프로세스</p>	<p>과거 경험 데이터 등록 및 평가 지원</p> <p>위험분석 프로세스 제시</p> <p>RAMS 계획문서 관리 및 공유</p> <p>허용 리스크 기준 문서 등록 및 공유</p> <p>안전에 영향을 미치는 제약사항 등록 및 관리</p>

NO	생명주기 단계	SE전산도구 활용 방안		주요 지원기능 설명
3	리스크 분석	 <p>시스템 요소 등록 및 관리</p>	 <p>Hazard 등록 및 관리</p>	<p>시스템 요소 정보 등록 및 관리</p> <p>Hazard Log 데이터 관리 및 출력</p> <p>리스크 분석 지원(템플릿 제공 및 분석결과 등록)</p>
4	시스템 요건	 <p>RAMS 프로세스 등록 및 공유</p>	 <p>요구사항 등록 및 관리</p>	<p>시스템 요구사항 등록 및 관리</p> <p>안전요구사항 등록 및 관리</p> <p>요구사항 간 추적성 확보</p> <p>시스템 기능 정의</p> <p>거동다이아그램 작성</p>
		 <p>시스템 기능 및 거동 다이어그램</p>	 <p>요구사항 간 추적</p>	
5	시스템 요건의 배분	 <p>시스템과 하위시스템 요구사항 간 추적</p>	 <p>시스템 안전성 계획 변경 추적</p>	<p>시스템과 하위시스템 요구사항 간 추적</p> <p>하위시스템 요구사항 구체화 지원</p> <p>시스템 안전성 계획 변경 추적</p>
6	설계 및 구현	 <p>설계 및 구현정보의 등록</p>	 <p>협력업체 감사 결과</p>	<p>설계 및 구현정보의 등록 및 관리</p> <p>설계 및 구현 관련 증거자료 등록 및 관리</p> <p>Hazard Log 갱신 지원</p> <p>협력업체 감사 결과 등록 및 공유</p>

NO	생명주기 단계	SE전산도구 활용 방안	주요 지원기능 설명
7	제작	 <p>시험성적서 등록</p>	<p>환경시험 등 각종 시험 관련 증거자료 등록 및 공유</p> <p>Hazard Log 공유</p>
8	설치	 <p>설치매뉴얼 등록</p>	<p>설치매뉴얼 등록 및 공유</p> <p>유지보수자 등 교육훈련자료 등록 및 공유</p>
9	시스템 검증(안전성 승인 및 시운전 포함)	 <p>시험시운전활동 정의</p>	<p>시험시운전 관련 문서 (시험 종류, 시험 대상, 절차, 시험 장비, 시험결과보고, 시험수행조직 등) 등록 및 공유</p> <p>종합안전대책기술서 등록 및 공유</p>
10	시스템 승인	 <p>안전 관련문서 평가결과 등록</p>	<p>RAM 검증결과 등록 및 공유</p> <p>안전 관련문서 평가결과 등록 및 공유</p>
11	운영 및 유지보수	 <p>유지보수 결과 등록</p>	<p>유지보수 결과 등록 및 공유</p> <p>Hazard Log 갱신 지원 및 공유</p>

NO	생명주기 단계	SE전산도구 활용 방안	주요 지원기능 설명
12	성능 감시	<p style="text-align: center;">SE전산도구 활용 방안</p>  <p style="text-align: center;">성능관련 데이터 등록</p>	<p>시스템 성능 관련 정보 등록 및 공유</p>
13	설계 변경 및 갱신	 <p style="text-align: center;">설계변경 영향 추적 설계변경 이력 관리</p>	<p>설계변경에 따른 영향분석 지원</p> <p>설계변경 이력 조회</p>
14	폐기 및 처분	 <p style="text-align: center;">폐기 및 처분 프로세스 등록</p>	<p>폐기 및 처분 프로세스 등록 및 공유</p> <p>폐기 및 처분단계의 안전성 활동 결과 등록 및 공유</p>

5. 결론

본 논문은 경량전철사업 수행 시 RAMS 활동을 수행하는 과정에서 활용 가능한 SE전산도구의 여러 기능들을 소개하였다. RAMS 활동을 다이어그램 형태로 제공하여 활동 수행자들의 통일된 적용이 가능하며, 특히 정보(데이터, 문서 등)의 등록 및 관리, 그리고 공유가 가능하다. 또한 특정 정보를 추적하거나 특정 문서로 출력하고자 할 경우 정보 변경에 대한 이력을 체계적으로 관리할 수 있다.

RAMS 활동에 익숙하지 못한 조직의 경우 RAMS 활동을 수행하는 과정에서 많은 정보와 문서를 소홀히 할 수 있으며, 특히 정보의 공유가 매우 취약하다. 본 논문을 통해 경량전철사업 뿐만 아니라, 일반적인 RAMS 활동을 체계적으로 지원하고, 관련 산출물의 관리 및 공유가 가능할 수 있다. 국내 외적으로 SE전산도구의 적용은 시스템의 복잡도와 규모가 증가함에 따라 필수적으로 고려되어지고 있으며, 그 효과성은 매우 높다고 할 수 있다.

References

1. http://www.molit.go.kr/USR/policyData/m_34681/dt?id=425
2. Seok Yoon Han, Joo Wook Kim, Yo Chul Choi, "A study on the Development of Systems Engineering Application Model for LRT based on MBSE," The journal of the KOSSE, Vol. 8 No .1, 2012.6
3. <http://ko.wikipedia.org/wiki>, "policy data of MOLIT", 2010
4. KRRI, "Introduction data of K-AGT"
5. IEC 62278, "Railway applications- Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)" 2002. The International Electrotechnical Commission(IEC)
6. Yo Chul Choi, "A Study on supporting the Preliminary Design Review Process using the Architecture of the Light Rail Transit System", Proceedings of the KSR Conference, page 1849-1857, 2012.10