경전철프로젝트 시스템엔지니어링기법 적용검토 (형상관리방안 기준으로)

A study on the application System Engineering methods for LRT projects (Mainly on Configuration Management methods)

오성효† 이성권* 박수중** 김재진***

Sung-Hyo Oh Seong-Gwon Lee Soo-Choong Park Jae-Jin Kim

ABSTRACT

LRT projects pursue fully automated manless operating system with an aim to achieve a minimum availability of 99%. System performance is required to be guaranteed by verified SE procedures to meet user requirements for maintaining system availability above 99%. Configuration Management is one of the most practical SE application methods that manage various changes that may have a major influence on system performance on the process of undertaking assigned projects and find out problems in the system through future tracking systems. This paper discusses further use of Configuration Management in the areas concerned after examining the cases that apply Configuration Management, one of SE application methods, to the ongoing local LRT projects.

1. 서 론

경전철 시스템은 정시성, 안전성 등 기존 대중교통수단을 만족하면서 타 교통수단(버스, 중전철 등)의 중간규모의 수송능력을 가지고 있으면서 완전무인 자동운전이 가능한 첨단궤도 교통시스템으로 각광받고 있다. 국내에서는 90년대 초부터 지방자치단체를 중심으로 기존 지하철 건설에 따른 문제점 과 도로 교통한계를 극복하기 위해 새로운 교통수단으로 각광받고 있는 경전철시스템 도입의 필요성을 검토하게 되었다. 경전철시스템의 가장 핵심적인 사항은 완전무인 자동운전시스템을 추구하는 것에 있으며 철도시스템 복잡한 요소들을 고려해볼 때 각각의 시스템별 성능이 입증되고 보증되며 상호간 요구사항에 대한 Interface가 완벽하게 조화를 이룰 때 그 역할을 기대할 수 있으며 이것은 시스템엔지니어링(System Engineering)을 통한 접근방법으로 해결할 수 있을 것이다.

시스템엔지니어링(SE: System Engineering)은 복잡한 시스템 개발 문제의 해결과 이해 당사자들의 요구사항을 만족시키기 위해 필요한 전문분야의 복잡한 기술과 시스템 전체의 최적화를 위한 모든 요소들을 절충하는 방법이나 성공적으로 시스템을 구현하기 위한 학문적 접근법 및 방법으로 정의하고 있다. 일반적 경전철 무인운전시스템은 시스템 가용성 99%이상 달성하기 위해서는 검증된 SE(System Engineering)절차에 따라 사용자의 요구조건에 만족할 수 있는 시스템 성능을 보장하여야 한다.

시스템엔지니어링의 기본적인 개념을 바탕으로 국내에서 추진되고 있는 경전철 프로젝트의 SE수행요건을

† 정회원, 서울메트로 김포한강메트로사업단 SE처 과장
E-mail : shelter1210@hanmail.net
TEL : (031)980-8783 FAX : (031)987-2564
* 정회원, 서울메트로 김포한강메트로 사업단 SE처 처장
** 정회원, 서울메트로 김포한강메트로 사업단 SE처 과장
*** 정회원, 서울메트로 김포한강메트로 사업단 SE처 과장

살펴보면 RAM, SAFETY, EMI/EMC, CONFIGURATION/SOFTER, NOISE/VIBRATION, PERFORMANCE, T&C, INTERFACE 등으로 이루어 지고 있다.

SE 수행요건 중 형상관리(CONFIGURATION MANAGEMENT)는 프로젝트 수행 중 시스템의 성능 등에 중대한 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 변경사항을 관리하여 향후 추적관리를 통해 시스템 문제점을 파악할 수 있는 중요한 SE적용기법의 하나이다. 그 절차를 살펴보면 형상식별, 형상확인유지, 형상통제, 형상확인 기술검토 등이 단계별 검증된 절차에 따라 상호보완적으로 이루어지고 있다.

이 논문에서는 국내에서 경전철프로젝트에 도입되어 추진 및 진행 중인 SE수행요건중 형상관리방안에 대하여 프로젝트별 적용 및 관리방안 사례조사를 통해 비교분석해 봄으로써 향후 관련분야 활용성에 대해 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템엔지니어링(SE: System Engineering)기법 적용

시스템엔지니어링(SE: System Engineering)은 복잡한 시스템을 개발함에 있어 고객의 요구를 만족시키는 통합(Integrated), 수명주기(life cycle)적 균형설계조합을 구성하고 검증하기 위한 다 학문분야의 엔지니어링 접근방법을 말하고 있다. 이러한 시스템엔지니어링에는 EIA/IS등으로 국제 표준화 되어있는 요구분석, 기능분석 및 할당, 설계조합 그리고 이러한 절차 간에 시스템전체개념의 분석과 통제를 통해 균형을 이루게 하는 프로세스에 의해 수행된다

즉 시스템적 사고로 시스템엔지니어링 방식으로 복잡한 시스템 개발에 있어서 전체적인 변화와 조화를 이루는 관계를 보고 균형화 조화를 추구함으로써 시스템의 전체차원에서 시너지효과를 극대화 시키는 것이라고 표현할수 있다.

2.1.1 SE(System Engineering) 프로세스

시스템엔지니어링의 핵심이라고 볼수 있는 적용프로세스는 그림1과 같이 모든 개발단계동안 하향식(Top-Down)방식이고, 포괄적이며 동시에 반복적이고 순환적인 문제해결과정으로 사용자의 요구와 요구사항을 시스템 제품과 프로세스 규격서로 변화시키고, 의사결정자에게 필요한 정보를 생성, 제공하면서, 다음 개발 단계에 필요한 입력 자료를 제공하는 목적을 가지고 진행된다.

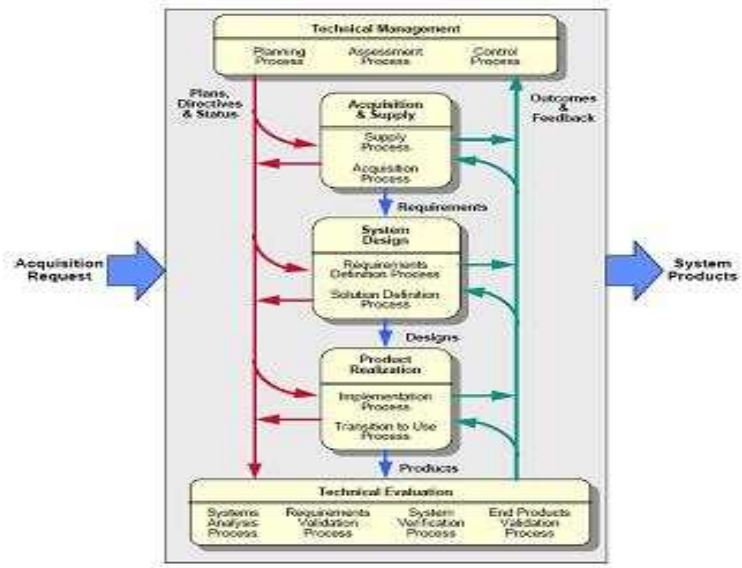

그림1. System Engineering Process Overview

2.1.2 SE(System Engineering)필요성

현대의 시스템은 갈수록 첨단화, 복잡화, 대형화 되어가고 있으며, 다양한 해당분야 전문가들이 참여하고, 많은수의 협력업체와 분산된 작업장 등으로 인해 시스템 개발, 적용에 있어서 성능의 미충족, 비용의 증가, 일정초과 등에 대한 많은 위험이 상존하고 있는 실정이다. 현대의 고도복합 시스템들은 수명주기의 관점에서 실제 지출비용이 생산/배치 및 운용유지 단계에서 가장 크지만 그 비용이 결정되는 시기는 개념정의 및 개발설계이다. 기본설계까지 수명주기 비용의 10%정도가 지출되지만, 전체 비용의 90%가 결정된다. 따라서 사업이전 또는 초기단계에 요구사항확인, 시스템운용개념과 시스템정의(획득이전)단계에서 예산을 투자(개발비용의 10~15%)하여 시스템의 수명주기 비용상승을 적게 하고 이때 프로젝트 관리기법을 적용하면 비용절감 및 기간단축(약25%)은 물론 시스템의 위험요소을 줄이면서 프로젝트를 성공시킬 수 있게 되는 것이다.

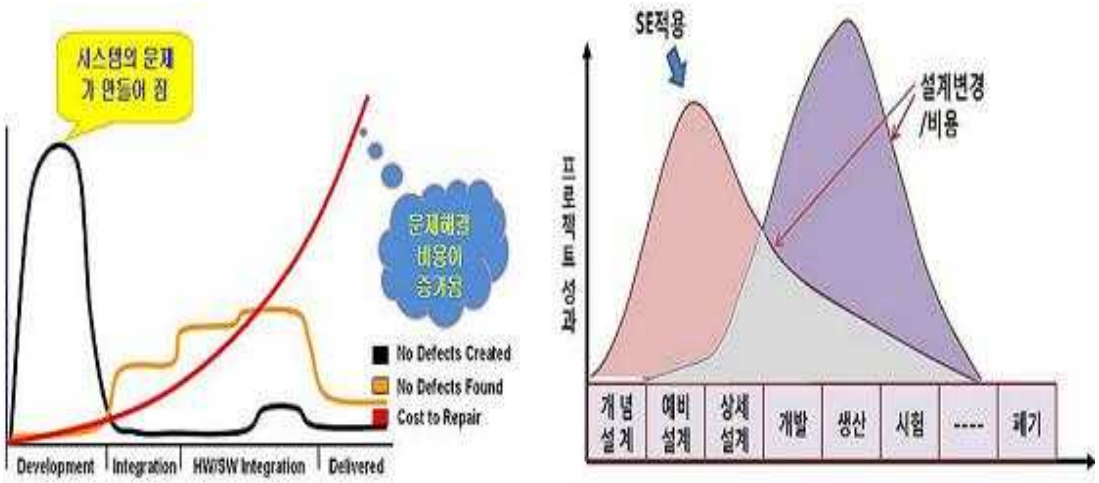

그림2. System Engineering 적용시 수명기주에 따른 비용

2.1.3 경전철 사업의 SE(System Engineering)활동

경전철사업에 있어 시스템엔지니어링은 최종목표는 완벽한 무인운전시스템 추구에 있다. 최첨단 기술을 적용한 무인운전&무인역사 구현이 목표이므로 성공적인 시스템엔지니어링을 수행하기 위해서는 초기에 무엇보다도 중요한 시스템엔지니어링 관리계획을 수립하여 E&M 서브시스템간, 토목-건축 및 E&M 부문간 인터페이스 문제를 확인 및 해결하고 목표수준의 RAM 및 Safety관리를 통한 E&M시스템을 보증해야 한다. 따라서 성능, 기능 및 안전관리를 검증을 통한 입증으로 요구사항 정의, 분석, 할당, 형상관리 및 시험 등을 통한 데이터를 충분히 구축하여 체계적인 관리에 의한 시스템엔지니어링 활동이 필요한 것이다.

2.2 국내경전철 SE(System Engineering)수행 과업 범위

국내에서 추진 중인 경전철프로젝트의 SE적용 범위 및 업무를 보면 전체 SE적용기법중 철도에 적용가능한 부분을 도출하여 적용하고 있으며, 특히 경전철프로젝트에 있어서는 발주처, 시행사에서 요구하고 추진하는 범위 및 업무 역할이 상이하여 표준화라는 말을 사용하기 어려운 실정이다.

따라서 시스템에 대한 SE수행범위가 정확이 제시되지 않을시 수행에 따른 성과물은 동일하겠지만 내용면에서 상당한 차이가 나타날 수 있다. 표1에서는 현재 국내에서 추진 중인 경전철프로젝트에 대한 SE수행에 따른 과업적용범위를 비교한 것이다.

표 1. 국내경 전철프로젝트 SE수행에 따른 과업범위

구분	9호선	부산-김해	의정부	인천2호선	김포경전철
SE수행	로템+ 벽산, 대우 (DBI-독일)	로템+ 외국사 (D'APPOLONIA)	SPC+ 외국사 (지멘스)	포스코+ 외국사 (D'APPOLONIA)	서울메트로 한국철도시설공단
SE과업 범 위	• 인터페이스 • RAMS • 소음/진동 • EMI/EMC • T&C 등	• RAMS • 성능 • 인터페이스 • EMI/EMC • 설계 • T&C 등	• RAMS • 인터페이스 • 설계 • 시스템통합 • O&M • T&C 등	• RAMS • 소음/진동 • EMI/EMC • 형상/소프트 • 인터페이스 • T&C • 성능 • QA/QC 등	• RAMS • 성능 • 인터페이스 • 형상/소프트 • EMI/EMC • 소음/진동 • T&C 등

표2는 상기 표1에서 제시된 SE과업범위에 따른 분야별 업무를 나열하였다. 국내경전철프로젝트의 SE 업무는 경험상 대부분 외국 업체가 수행하였으며, 일부 프로젝트에 한하여 국내업체가 수행 가능한 수준에서 실시하였다. 따라서 SE분야별 수행업무는 어느 업체가 어느 범위까지 기준을 정하고 수행하였는지에 따라 그 내용과 범위가 달라질 수 있다.

표 2. SE 과업분야별 주요업무

SE과업범위	주요업무
Performance	• 무인운전 성능목표 관리(운전시격, 정위치정차, 회차시간 등)
RAM	• 시스템 가용성 99[%]달성위한 서브시스템 목표부여, RAM분석, 관리 등
Safety	• 해저드식별/해결, 시스템 안전수준 달성검증 등
EMI/EMC	• EMI/EMC분석, 기준관리, 장애저감대책, 주파수 관리등
Software	• SW개발관리, 사양관리, 시험관리, 안전관리 등
Noise/Vibration	• 소음/진동 예측보고, 경보분석, 서브시스템 저감대책 수립 등
T&C	• 시스템 개별시험, 본선시운전, 기술, 영업시운전, 계획/수립 등
Interface	• E&M 및 Civil 분야간 물리적/기능적 인터페이스 식별/부조화 해결 등
Configuration	• 시스템 성능/안전에 중요한 기능적/물리적 형상식별, 확인, 변경 관리 등
O&M	• 시스템 운영계획수립(운전/운영 규정, 규칙제정) 무인운전시나리오 등
Design	• 시스템 및 서브시스템 설계기준, 설계관리, 설계검토(PDR, FDR 등)

2.3 김포경전철 형상관리(Configuration Management)방안

형상관리의 목적은 프로젝트 수명주기 동안에 걸쳐 개발되는 제품들의 기능적, 물리적 특성을 고려하여 최종적으로 개발된 제품이 요구자의 요구특성에 만족하도록 하는 것으로, 김포경전철프로젝트 형상관리방안 역시 형상관리계획절차(형상식별, 형상확인유지, 형상통제, 형상확인 기술검토)에 따라 이루어진다.

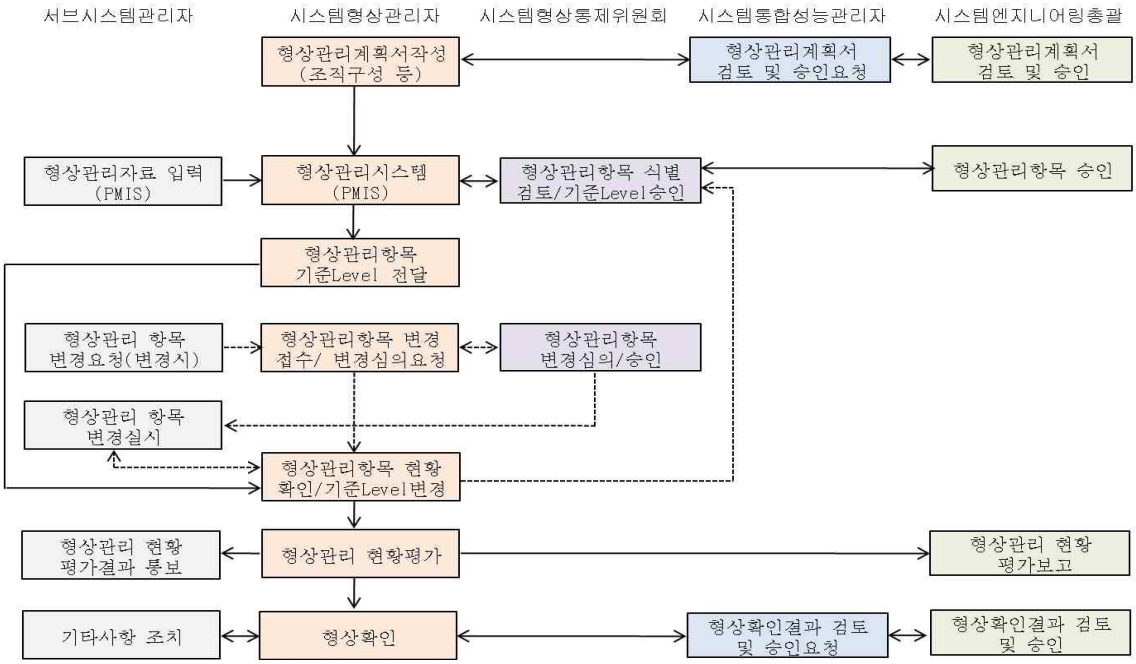

그림3. 형상관리절차

2.3.1 형상관리수행조직 및 관리절차

2.3.1.1 형상관리 수행조직도

김포경전철프로젝트 시스템의 형상관리 수행조직도는 그림4와 4같이 구성하여 보고체계 및 관련 업무를 수행하는 것으로 하고 있다. 각 시스템에 대한 형상관리 기준 설정은 서브시스템, 시스템 형상관리자 등에 의해 작성, 승인 요청을 통해 형상통제위원회에서 검토 및 승인이 이루어질 것이다.

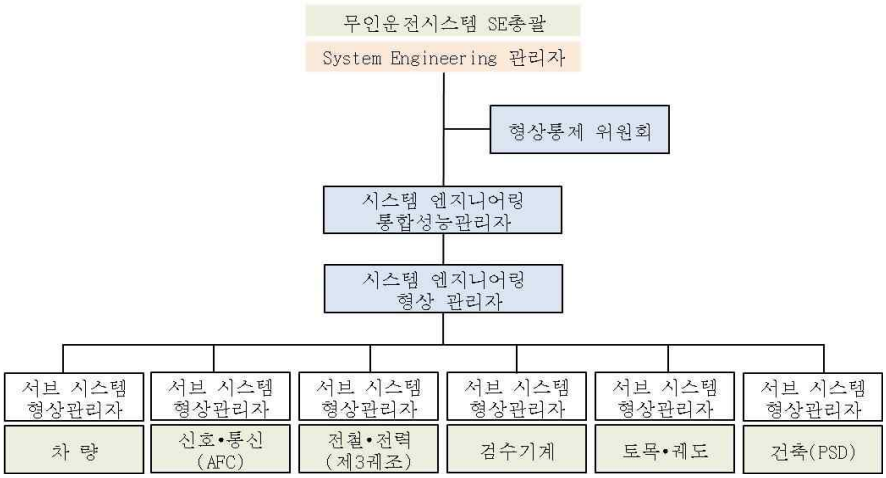

그림4. 형상관리 수행조직도(김포경전철)

2.3.1.2 형상식별

형상식별 임의의 시스템 구성항목과 관련된 일련의 정보(기능적/물리적)를 선별하여 문서화하는 것

○ 주요항목: 형상기능식별, 개발형상식별, 제품형상식별 등

2.3.1.3 형상통제

형상통제는 식별의 승인후 발생하는 형상항목의 변경사안에 대해 검토, 승인/반려 등의 절차에 따라 시행되면 기본적으로 형상통제위원회의해 승인/반려결정 및 변경사항적용여부 등이 수행됨

○ 주요항목: 기술변경, 면제, 규격완화 등

2.3.1.4 형상확인유지

형상확인유지는 수행기간동안 각 단계별 수행된 형상식별업무 및 형상통제업무와 관련된 자료들을 기록하고 관리하는 것을 의미하며 PMIS상에서 정리하여 관련목록을 통해 제시하는 것으로 수행됨

○ 주요항목: 형상관리, 품목관리, 형상과 식별서의 변경 내용기록 유지 활동 등

2.3.1.5 형상확인(기술검토)

형상 확인은 식별된 형상 항목에 대해 제품 형상 정보에 규정된 기능적/물리적 특성을 달성 또는 성취하였는지를 확인하기 위한 활동을 의미

○ 주요항목: 기능적 형상확인(FCA), 물리적형상확인(PCA), 기능/개발/제품식별서, 제품과 식별서 요구조건 검토 등

2.3.1.6 형상관리 적용대상

○ 시스템 유지보수가 빈번한 장치

○ 성능입증이 안된 신규 제작품

○ 시스템 성능에 중대한 영향을 미치는 장치

○ 승객안전성에 관련된 장치 등

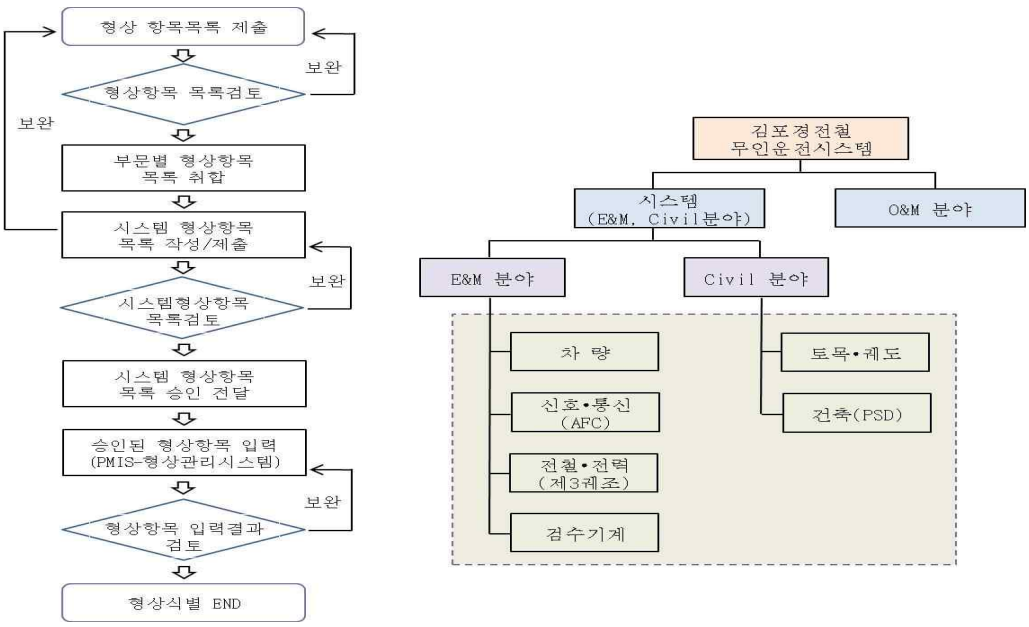

그림5. 형상식별절차 및 관리범위

2.3.2 형상관리도구

형상관리도구(Tool)에는 도어스, 크래들 등 몇가지 Tool이 적용되고 있지만 김포경전철프로젝트 형상관리방안 검토중 PMIS에 적용하는 방안을 검토하였다. 전문적인 Tool 적용시 자료의 보관, 메뉴의 체계적 관리 등에 대한 장점이 있지만 추가적 비용증가 및 메뉴에 익숙지 못한 사용자 입장에서는 개발 및 적용에 따른 부담감이 증가 할수 있으며 적용하는 기간이 별도로 필요한 것으로 판단된다.

사용자의 이런 측면을 적극 반영하고 관리업무의 효율성 차원에서 형상자료의 기록 및 관리가 이루어질 수 있도록 PMIS상에서 구현하도록 하였으며 항목들의 추적성관리도 동시에 수행 가능토록 하였다.

그림6. PMIS의 형상관리시스템(예시)

2.3.3 형상식별 코드체계 분류

시스템 수준의 형상 항목으로 고유성을 명확히 구분할 수 있도록 각 식별 형상항목에 대한 고유코드번호를 부여해야 한다. 식별코드는 형상항목별 기준Level에 따라 코드번호체계를 적용하며, 제시된 기준Level에 대한 코드번호는 공급업체에서 작성한 것으로 제출받아 검토후 적용여부를 판단하고, 관리범위 이외에 별도 코드는 제품 확인 및 검색 등을 통해 확인이 가능하도록 연계하는 방향을 모색하고 있다.

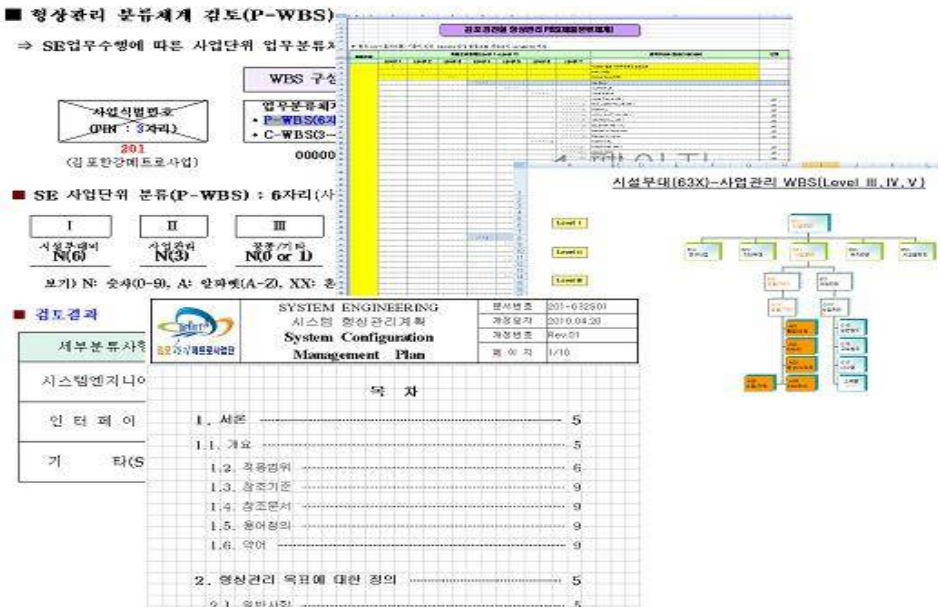

그림7. 형상관리 분류체계

형상항목 이력관리는 형상식별과정을 통해 최종적으로 승인을 받은 순서대로 이루어지며, 승인된 항목은 Rev.1로 최초등록하고, 변경순서에 의거하여 Rev.2, Rev.3.....으로 순차적으로 증가하게 된다.

3. 결 론

본 논문은 100[%]재정사업으로 추진되고 있는 김포경전철프로젝트 참여를 통한 시스템엔지니어링(SE: System Engineering)수행측면에서 기술하였다. 형상관리의 중요성에 따라 기타 관련프로젝트 적용사례를 검토하였으며, 이에 따라 김포경전철프로젝트에 가장 적정한 모색하여 추진방향과 방법을 제시하였다. 이것은 사업초기 단계별 발생할 수 있는 변수를 극복하고 가용성 99.5[%], 무인운전시스템 구축을 위한 기초토대라고 표현할 수 있다. 따라서 무인운전시스템 구축은 완벽한 시스템엔지니어링 적용을 기반으로 체계적이면서 기술적 수행이 만족되어야 하며, 또한 적절한 책임과 권한이 활동 초기에 정의되어야 한다는 필요성이 대두된다.

참고문헌

1. 최성환외 3명, “경량전철 전문가 양성을 통한 PM/SE 사업활성화 방안연구,” 한국철도학회 ‘08년추계학술대회 논문집, pp.458~464, 2008.
2. 권용수, “시스템엔지니어링 입문,” 아이워크북, 2007.
3. 최요철, 조연옥, “철도종합안전프로젝트를 위한 시스템엔지니어링 적용 체계 연구,” 한국철도학회 논문집, 9권, 4호, pp.487~492, 2006.
4. 인천도시철도2호선 차량운행시스템 구축사업단, “사업수행계획서”.
5. 정경렬, 윤세균, 최용훈, “경전철 산업 활성화 및 발전 방안에 관한 연구,” 한국철도학회 논문집, 9권, 1호, pp.95~101, 2006.
6. 부산-김해경전철, “시스템엔지니어링 수행계획서”.
7. INCOSE, “System Engineering HANDBOOK,” Ver.3, 2006.
8. 서울메트로, “경전철전문가 과정/SE전문가 과정,” 교육자료, 2008~2009.