경량전철 전문가 양성을 통한 PM/SE 사업 활성화 방안 연구
A Study on the Activation of PM/SE Business by Training LRT system Specialists

최 성 환* 이 종 성** 이 대 원***, 이 기 수****, 정 수 영*****
Choi, Sung Hwan Lee, Jong Seong Lee, Dae Won Lee, Gi Su Chung, Su Young

---

ABSTRACT

The objective of this paper is to seek an alternative to figure out appropriate ways since difficulties lie in the introduction of LRT system to be operated by governments and self-governing local governments in the country. This situation can act as a main cause of breakdown in domestic railway industry by deepening of outflow of national wealth and technological dependency.

Policy makers are required to get awareness of justification and necessity of Project management such as project strategy, goals, operating budgets, risks, investment revenue prior to preparing the outline of the introduction of LRT system shall consider securing budget in light of performance, reliability, and safety wite the help of system engineering activities during the entire project cycle such as design, construction, quality management, and commissioning before mapping out the basic plans for LRT project.

In view of the current domestic conditions, the first time within the country, Seoulmetro is training professional as trust education of specialist training about LRT system, SE and PM education.

This study leads to participating in PM/SE business by human power who finished from education of domestic specialist for LRT introduction corporation and businesses, it is published for introduction of specialist education and business revitalization.

---

1. 서론

본 논문은 정부와 전국의 각 지방자치단체가 경량전철시스템 도입추진에 필수적인 사업관리(PM : Project Management, 이하 “PM"라 함)와 시스템엔지니어링(SE : System Engineering, 이하 "SE"라 함) 부문을 대부분 외국의 경전철 시스템 보유업체에 의존하고 있고 국부유출과 기술종속 요인으로 작용할 수 있어 대안을 제시코자 하였다.

정책입안자들은 반드시 경량전철도입 계획수립 전에 사업전략, 목표, 예산, 리스크, 투자수익 등 PM의 당위성과 필요성을 인식하여야 하며 기본계획수립 이전에 설계, 시공, 품질관리 및 시운전 등 사업주기 동안의 모든 과정에 SE 활동으로 성능과 신뢰성, 안전성이 확보될 수 있는 엔지니어링 측면의 예산확보 등의 정책적 배려가 필수적이다. 그럼에도 PM/SE의 당위성과 필요성에 대한 인식부족, 홍보부족, PM/SE의 중요성에 대한 간과로 사업제안자(건설사 포함)나 외국사에 의해 사업이 휘둘리거나 추가적인 예산소요, 일정지연, 기술상의 부담이 가중될 수 있다. 이러한 국내 현실을 감안, 국내 최초로 서울메트로가 선도적으로 경량전철시스템 및 시스템엔지니어링에 관한 전문가 양성교육과 PM교육으로 경량전철 전문가를 양성하고 있다.

본 논문은 경전철 도입기관이나 사업자에게 국내 전문가 교육을 배양한 인력의 PM/SE 사업 참여를 유도하여 경쟁력 확보 및 성공적인 사업수행으로 상호 윈-윈 할 수 있도록 서울메트로의 경전철사업 전문가 교육을 소개하고 사업 활성화에 기여할 목적으로 게재 하였다.

---

* 정회원, (주)대우엔지니어링, 인프라사업본부 철도사업그룹 부장
E-mail : csh0348@dweng.co.kr, TEL : (031)738-0165, FAX : (031)738-0274
** 정회원, 서울메트로 철도사업단 경전철사업부장
E-mail : ssfmd@naver.com, TEL : (02)6110-5821, FAX : (02)6110-5839
*** 정회원, 서울메트로 철도사업단 경전철사업부 과장
E-mail : subldw@naver.com TEL : (02)6110-5831, FAX : (02)6110-5839
**** 정회원, 서울메트로 철도사업단 경전철사업부 차장
***** 정회원, 서울메트로 철도사업단장

2. 경전철 SE 및 PM현황

일반적으로 대형 국책사업이나 SOC 사업은 기본계획부터 입찰제안 및 계약단계까지의 상위의 사업관리와 토목·건축(Civil) 및 E&M(Electric & Mechanical) 등의 하위의 사업관리로 구분되어 추진된다. 경전철 같은 대형사업은 특히 사업관리 경험과 기술이 사업의 중요한 성공 요소이다. 경전철은 대중교통 시스템으로서 승객의 안전이 최우선으로 고려되어야 하고, 시스템의 성능보증이 핵심 요소로 자리 잡고 있다. 국내에서 도입 또는 건설 중인 경전철사업은 사업관리와 성능 보증을 위한 시스템엔지니어링과 같은 전문분야에 대한 경험이 부족해 경전철시스템 운영경험이 있는 외국사의 시스템을 그대로 도입하고 있는 실정이다. 또한 경전철사업의 근본적인 문제인 차량시스템에 의해 나머지 궤도, 전기, 통신, 신호등 이 결정되다보니 외국인 차량시스템공급사에 거의 대부분을 의존하는 형태가 이루어지고 있다. 이에 따라 국부의 유출은 물론 장기적으로 기술종속이 요인으로 작용할 수 있다.

표 1, 경전철 PM/SE사업비 비중

경전철사업자	공사비	SE/PM사업비	SE/PM사업비중
의정부 경전철(시스트라)	4,750억	156억	3%
부산-김해 경전철(로템)	7,742억	92억	1.1%
용인 경전철(봄바르디아)	6,970억	158억	2%
광명 경전철(시스트라)	4,242억	127억	3%
우이-신설 경전철	6,961억	139억 예상	2%
신림 경전철	7,437억	149억 예상	2%

표1.에서와 같이 국내에서 경전철을 건설 중이거나 추진 중인 경전철 사업자의 PM/SE 엔지니어링 사업비 현황을 살펴보면, 의정부경전철은 시스트라사에 156억, 용인경전철은 봄바르디아의 자회사인 PMC사 158억, 김해경전철 시스트라사 92억의 광명경전철은 시스트라 154억원에 계약하여 엔지니어링 비용이 외국사에 지출되고 있는 실정이다. 외국사의 경우 PM/SE경험이 풍부하다는 장점이 있는 방면, 국내 관련 법규에 대한 이해도가 떨어지고, 언어 및 문화차이 등으로 인해 이해관계자들 간의 의사소통 문제가 예상된다. 무엇보다도 자사의 이익을 우선시하여 사업이 진행될 경우 특히 사업전체가 턴키(Turn-Key)방식으로 계약된 경우 위와 같은 부작용이 매우 클 것으로 예상 된다. 이에 따라 서울메트로를 비롯한 한국철도시설공단 등이 PM/SE사업의 진출을 위해 노력하고 있다. 한국철도시설공단의 경우 고속철도 건설경험을 토대로 PM사업에 중점을 두고 추진 중이며, 서울메트로는 34년간 도시철도 운행경험과 서울지하철3,4호선 건설경험, 경전철 O&M 컨설팅 경험, 경전철 및 PM /SE전문가 양성을 통해 의욕적으로 PM사업과 SE사업 진출을 위해 노력하고 있다.

3. PM/SE의 필요성

일반적으로 그림 1은 기본계획단계에서 수립하여야 할 사업수명주기 동안의 사업관리범위이며 그림2.는 사업추진단계에서 수명주기 동안의 비용과의 상관관계를 보여주며, 그 비용은 사업기간이 진행됨에 따라 문제해결을 위해 비용이 증가하게 되고 전체사업비 증가요인으로 작용하게 된다. 경전철시스템 또한 단일 부문만으로는 얻을 수없는 다분야 시스템으로 성공적인 사업을 위해서는 초기단계부터 체계적인 사업관리가 되어야한다. 이에 따라 고객의 요구사항을 각 단계별로 기능분석 및 할당, 설계 조합 등을 체계적으로 관리해야 하는 SE와 발주자의 업무를 대행하여 관리하고 모든 이해 관계자들을 전 공기 동안 관리하여 사후관리보다는 사전관리에 중점을 둔 PM 활동이 필요하게 되었다. PM/SE에서는 프로젝트 실행에 있어 사람 중심이 아닌 프로젝트중심, 시스템 중심으로 절차와 수행 업무에 대한 많은 문서를 요구 하고 있다. 국내 엔지니어들이 명석한 두뇌를 가지고 일의 수행에는 뛰어나지만 절차와 수행단계의 업무에 대한

문서화가 미흡한 것이 사실이다. 동양적 사고를 지닌 우리나라로서는 PM/SE의 초도 적용과정은 다소어려움이 예상되나 적용확대로 정착되면 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

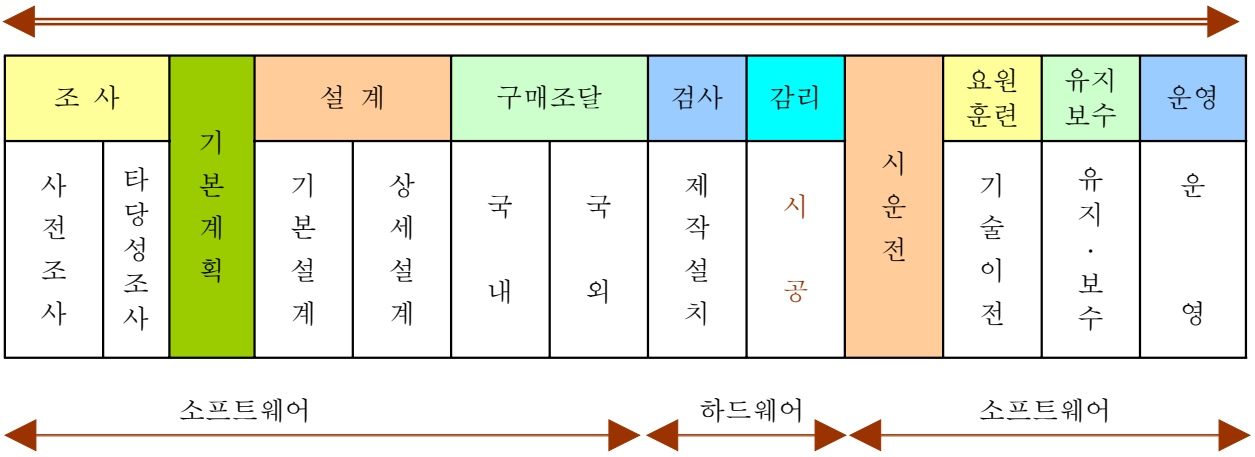

그림 1. 사업관리(Project Management) 범위

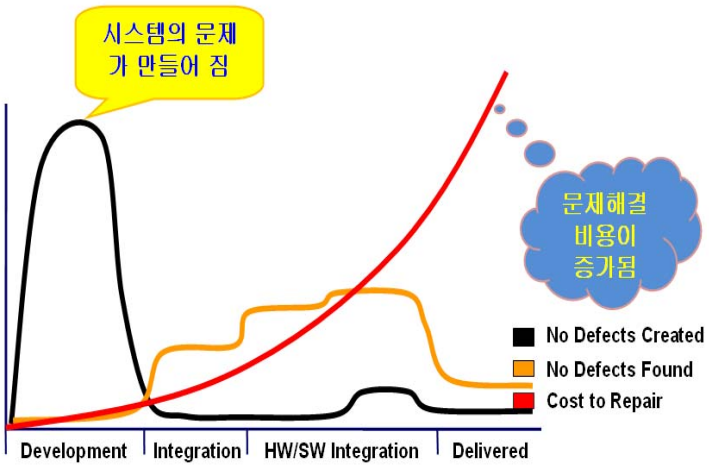

그림 2. 프로젝트 수명주기에 따른 비용

3.1 사업관리(PM)의 필요성

사업관리는 그림 3, 과같이 경전철을 건설함에 있어 계획조사부터 시작, 설계, 조달, 건설, 시운전에 이르기까지의 모든 업무에 있어서 각종 전문지식을 유기적으로 집결하고, 그것을 통합하여 통일된 사상에 의해 예산, 공정, 품질 등을 합리적, 능률적, 조직적, 경제적으로 계획하여 관리하고 조정하는 것을 목적으로 하는 운영기술이다. 이는 사업의 구상·계획에서부터 사업자 선정에 이르기까지의 모든 절차는 사업의 내용, 규모, 지역, 계약형태 등에 따라 다양하다. 우선 협상자 선정 전단계에 있어서는 고객과 계약자의 제 활동에 관한 일괄도급, 총액입찰의 절차는 크게 첫째 타당성 조사(Feasibility Study : 신규프로젝트의 구상·계획에서 그 구체화 검토단계), 둘째 자격 심사(Pre-Qualification : 프로젝트에 적합한 계약후보 선정), 셋째 협상 또는 제안단계(Proposal : 구체적인 상담으로서의 협의나 제안), 넷째 입찰제안 (Proposal : 입찰서 제출 및 평가), 다섯째 계약(Contractor 결정(발주)다섯 단계로 구분된다. 이와 같이 사업관리는 기술성, 경제성, 분석 등을 통해 사업추진 여부 판단을 위한 타당성조사, 주요자원의 조달· 적용기술 및 공법결정/입지선정/관련법규 검토가 요구되는 기본계획 단계, 설계방향 및 지침/기기배치/공정/주요기자재 목록/용량 등을 결정하는 기본설계단계, 기기/배관/전기/계장/토목 등 시공용도면/사양서 작성 등의 상세설계 단계, 기기 및 자재조달 서비스 등의 구매조달 단계/원료를 계통에 주입하여 시운전/전계통의 이상 유무를 확인하는 시운전단계 등의 모든 단계에 걸쳐 사업을 관

리하여야 한다. 경전철사업은 차량/궤도/신호/통신/전기/설비 등이 복합된 매우 복잡한 시스템사업으로 이해 관계자 상호간 요구사항에 대한 Interface가 발생하기 쉽다. 이러한 시스템간 Interface 부조화시에는 공사전체의 지연 및 비용 상승의 결과가 발생될 수 있다. 따라서 전 공사기간에 걸쳐 이해관계자를 통합관리 하여야한다. PM은 또한 개별설비의 품질뿐만 아니라 설비간의 인터페이스를 관리해야한다. 개별 시스템이 아무리 잘 구축되어 있어도 설비간의 인터페이스가 완벽하게 구축되지 않으면 많은 문제가 발생될 수 있다. 경전철시스템은 주로 중소 도시 또는 대도시의 지선 및 간선을 이어주는 교통시스템으로 건설된다. 이에 따라 이용승객이 적어 유지보수 인력의 최소화가 요구되어 무인운전 및 매표, 정비 관리인원이 최소화되어 안전 및 신뢰성이 강화된 시스템이 요구되고 있다. PM은 신뢰성향상을 위해 안전 및 RAM과 환경에 대한 관리를 해야 한다. 그림 4.는 PM/SE 적용시와 미적용시에 대한 비용의 상관관계를 비교하여 나타내고 있다.

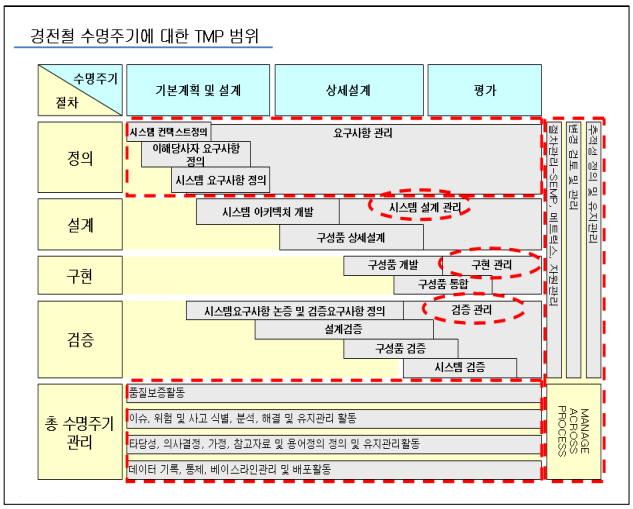

그림 3. 경전철 수명주기에 대한 TMP범위

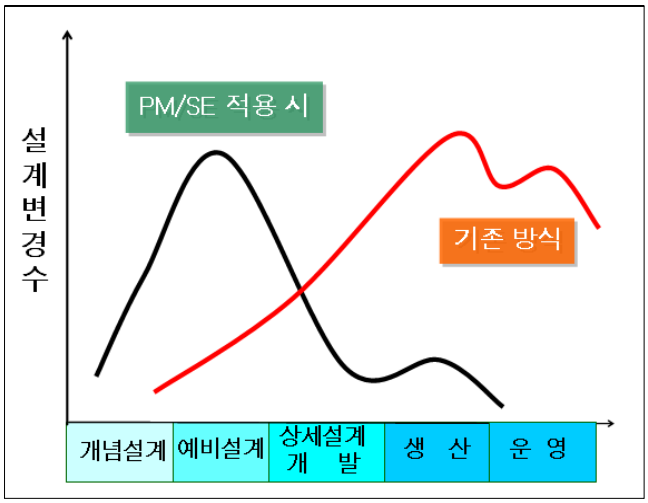

그림 4. PM/SE 적용시 수명주기에 따른 비용

경전철사업을 수행하기위해서는 PM은 시스템적 여건 뿐 만아니라 법과 민원 차원의 관리가 필요하다. 경전철 시스템이 고무차륜, 철제차륜, LIM, 자기부상, 모노레일 등으로 다양하다보니 아직 법적 절차가 미흡하고, 체계적으로 관리되지 못함에 따라 수많은 인허가 절차 이행에 어려움이 따르고 있다. 이에 따라 PM은 설계 승인 업무와 다른 인허가 업무를 병행 하여 이에 대한 체계적인 관리를 해야 한다. 또한 건설과정에서 소음 진동 분진 등의 민원 발생과 더불어 지역주민의 이기주의 현상으로 많은 민원이 발생하여 토지보상비 상승 및 피해보상비 등이 과다 발생할 수 있어 이에 대한 관리 역시 PM의 임무이다. 실제로 시스템 상의 문제보다 그 이외의 환경적 영향에 의한 사업비 상승효과가 훨씬 큰 것으로 조사되고 있다.

3.2 시스템 엔지니어링(SE : System Engineering) 필요성

시스템 정의는 분야에 따라 달리표현 되나 '시스템은 간단히 말해 정의된 요구나 목적을 충족시키기 위하여 능력을 제공하는 사람, 제품 그리고 프로세스 등과 같은 요소들의 결합체이다. 광의의 시스템은 정의된 목적을 이루기 위한 요소들의 결합체이다.' 시스템 엔지니어링이란 '성공적인 시스템을 구현하기 위한 다분야 학문적 접근방법과 수단이다. 시스템엔지니어링의 기본개념은 첫째 전체적인 관점에서 시스템을 하향식분석과 상향식 통합 접근 방법으로 이루어진다. 둘째 시스템 설계, 개발, 생산/건설, 분배, 운용, 유지 및 지원폐기 및 처분등 전수명주기 관점에서 다루어진다. 셋째 초기단계 시스템요구사항식별에 더 많은 노력을 기울인다. 넷째 효율적인 시스템설계 및 계발 프로세서는 다분야 학문에 종사하는 전문가들의 협력활동을 통하여 요구된 시스템의 설계목표를 달성할 수 있다. 시스템엔지니어링 프로세스에는 여러 가지가있으나 그림 5.는 이해하기 쉽고 간단한 EIA/IS 632 시스템엔지니어링 프로세스로 반복적인 프로세스를 나타내고 있다. 그림 6.은 시스템의 전 수명주기 동안 시스템엔지니어링의 진행사항을 한눈에 볼 수 있는 Vee모델이다.

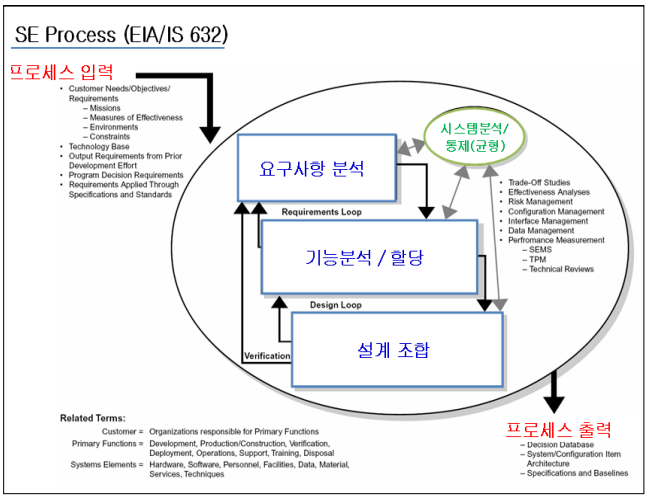

그림 5. SE Process(EIA/632)

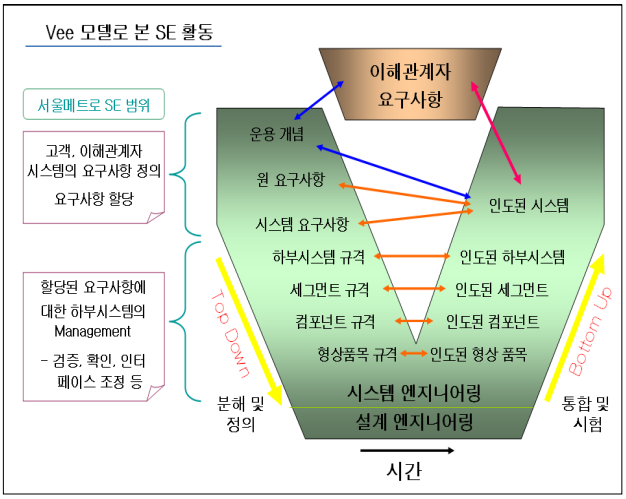

그림 6. Vee 모델로본 SE활동

경전철사업에 있어 SE범위는 성능, 기능 및 안전관리의 확보를 위하여 요구사항 정의, 분석, 할당, 형상관리 및 시험을 통한 검증업무를 체계적으로 관리하는 것이다. 이 안에는 인터페이스 관리분야인 Civil과 E&M등의 시스템간 원활한 인테페이스를 식별, 협의, 정의, 관리 및 검증의 체계적 관리와 무인운전에 따른 신뢰성향상을 위한 RAMS 요구사항 정의, 목표치 설정 및 할당, 예측 및 평가를 위한 체계적 관리. 전자기장치로부터 발생하는 전자기 장애에 대한 승객 및 인접 시설의 보호를 위한 EMI/EMC 환경조사, 예측, 관리기준 설정 및 검증을 체계적 관리. 건설 단계 및 운영단계에서 발생될 수 있는 소음 및 진동에 대한 발생원인 규명 및 분석, 대책검토, 기준치 설정 및 검증관리 등이 포함된다. 그림 7.은 의정부시 경전철사업에서의 SE활동을 간단하게 나타내었다.

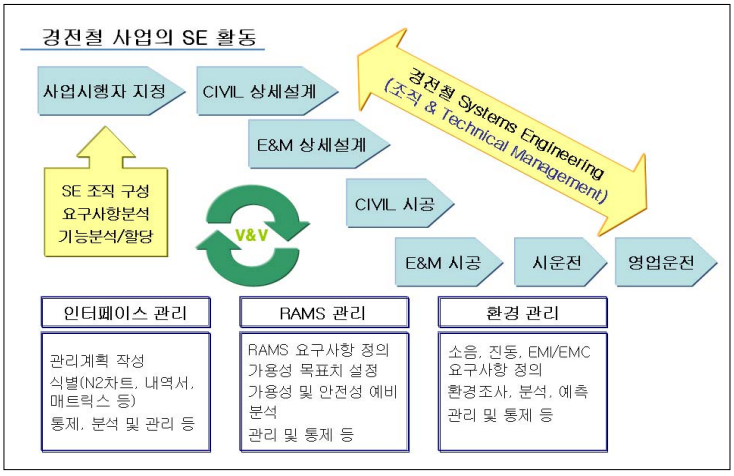

그림 7. 경전철 사업의 SE활동

4. PM/SE 사업 참여 협력방안

경전철사업에 있어 PM/SE 조직 및 운영은 시스템특성에 따라 서로 다를 수 있다. 의정부시는 EPM 계약에 따라 그림 8.과 같이 PM/SE 사업구도를 수립하였다. 의정부시 경전철사업의 특징은 PM과 감리가 동일 회사에 의해 관리되고 있다는 것이 특징이다. 이는 사업관리와 감리업무의 분리발주로 인한 업무혼선 및 의사결정 지연 등을 방지하기 위한 목적으로 사료된다. 그림 9.은 용인시 EPM계약에 따른 PM/SE사업구도를 나타낸 것으로 용인시 경전철사업의 특징은 경전철사업 전체가 Turn-Key로 계약되어 수행되고 있다. 이는 우리나라 최초로 경전철을 시작하다보니 경험부족에 따른 안전위주의 사업관리 형태가 이루어진 것으로 사료된다. 이렇게 일괄적으로 사업이 진행되면 사업진행의 효율성 측면에서는 이점이 있겠으나 원천기술을 보유한 외국사에 의해 사업전체가 좌우되는 단점이 발생 될 수 있으리라 생각된다.

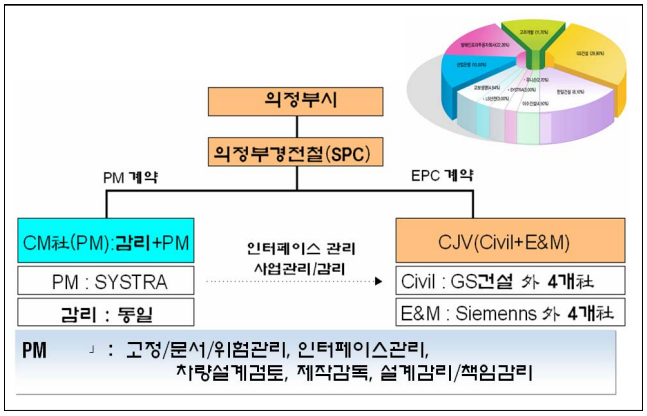

그림 8. EPM계약에 따른 PM/SE사업구도

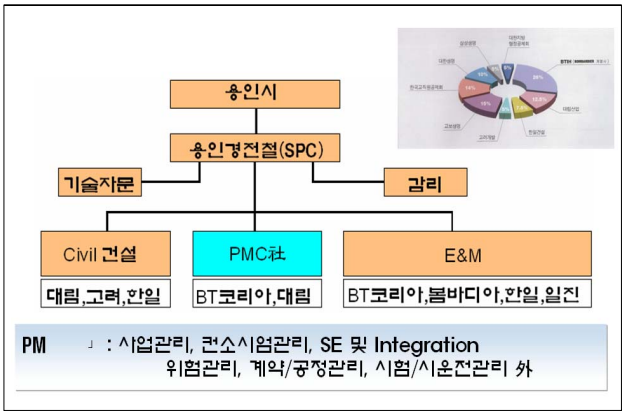

그림 9. EPM계약에 따른 PM/SE사업구도

경전철사업의 성공을 위해서는 PM/SE가 중요한 비중을 두고 수행되어야한다. 그러나 국내의 경우 경전철 도입에 따른 PM/SE를 전문적으로 수행한 경험이 있는 국내의 사업자나 기관이 부족한 실정이다. 다행히도 도시철도 건설경험 및 34년간의 운영경험을 지닌 서울메트로가 국내 최초로 경전철전문가 및 SE전문가 양성 과정을 4개월간의 과정으로 1차 30명의 전문 인력을 배출하였고, 2차로 30명의 교육이 예정돼 있다. 또한 PM/SE 경험을 지닌 시스트라, 홍콩의 MTRC사 등과 협력관계를 맺어 경전철 PM/ SE사업에 함께 진출할 계획 중이다. 이를 통해 외국사의 PM/SE경험과 서울메트로의 도시철도건설 및 운영경험과 배출된 PM/SE 전문 인력을 활용할 경우 높은 시너지 효과가 기대된다. 이는 국내 경전철을 도입코자 하는 지방자치단체에는 희망적으로 작용될 수 있다. 이와 같이 PM/SE 엔지니어링사업에의 협력적인 참여로 경전철 사업을 성공적으로 수행할 수 있다. 이로 인해 경전철을 추진하는 지자체와 사업을 진행하는 주관사, 참여하는 건설업체 및 E&M 업체 등 모든 이해관계자들이 원-원할 수 있을 것이다.

5. 결론

현 우리나라의 경전철사업에 있어 PM/SE의 필요성에 대한 인식부족, 홍보부족, PM/SE의 중요성에 대한 간과로 공사 진행단계에 PM/SE가 시작되고 있으며, 너무 늦은 단계에서 PM/SE가 시작됨에 따라 경험과 기술력을 지닌 외국사에 의존하고 있는 실정이다. 외국 PM/SE사의 경우 PM/SE경험이 풍부하다는 장점이 있는 방면, 국내 관련 법규에 대한 이해도가 떨어지고, 언어 및 문화차이 등으로 인해 이해관계자들 간의 의사소통 문제가 발생 일정지연 및 소요예산 증가로 나타나고 있다.

경전철을 도입하려는 지방자치 단체는 경량전철 계획수립 단계부터 PM/SE 사업의 필요성을 인식하여 전략, 목표, 예산, 리스크, 투자수익 증대효과와 성능과 신뢰성, 안전성이 확보를 위하여 예산확보 등 정책적 배려가 필수적이다. 이를 통해 사업초기부터 PM/SE 기법 및 절차에 따라 사업이 진행 되도록 해야 한다. 또한 그 수행은 건설경험 및 운영경험과 PM/SE인력을 보유하고 있는 업체가 선정되어야할 것이다. 이를 위해서는 PM/SE경험이 풍부한 외국사와 서울메트로와 같은 운영경험과 경전철전문가 및 PM/SE인력을 양성하고 있고, 의정부경전철, 김해경전철등 유사사업의 경험이 있는 업체가 협력하여 참여한다면 성공적인 경전철사업이 되리라 기대되어 진다

※ 참고문헌

1. “시스템엔지어링 기술을 활용한 고속철도 차량시스템의 설계 체계와 발전방향” 전경열 저 / 한국철도학회지, v.9, no.4, pp.18-25, 2006년 12월
2. “시스템엔지니어링에 기초한 도시자기부상열차 실용화 타당성조사 사업의 수행방법연구” 전경열; 윤세균; 박철호 저 / 한국철도학회:학술대회논문집, 한국철도학회 2006년도 춘계학술대회 특별세미나. 특별세션, pp.47-59, 2006년 5월
3. “철도시스템 개발에서 시스템공학 프로세스와 안전성 평가를 동시에 고려한 통합 프로세스에 관한 구”윤재한; 이재천; 홍선호 / 한국철도학회논문집, v.10, no.4, pp.438-443, 2007년 8월
4. “SE도구를 이용한 철도 안전규정의 효율적 관리방안”홍선호; 왕종배; 조연옥; 홍용기; 박옥정 저 / 한국철도학회:학술대회논문집, 한국철도학회 2004년도 추계학술대회 논문집, pp.250-257, 2004년 10월
5. INCOSE System Engineering handbook Ver.3.2006.7
6. “경량전철 고무차륜 AGT 시스템의 인터페이스 체계 정립” 이안호; 김재민 저 / 한국철도학회:학술대회논문집, 한국철도학회 2003년도 추계학술대회 논문집(II), pp.98-103, 2003년 10월
7. “시스템 엔지니어링 입문” 권용수 저 아이워크북 2007.12
8. “경전철SE사업고찰” "SE수행조직연구“ 서울메트로 경전철전문가과정/SE전문가과정 1기 2차 세니나 3조 5조 발표자료