

# 고속철도사업의 비용분석 사례

## An Introduction to Cost Analysis of Korea High-Speed Railway Project

이종국\* 김기환\*\*  
Lee, Jong-Kuk, Kim, Ki-Hwan

### ABSTRACT

In this study, we have analyzed the cost of Korea high-speed railway system. The predicted cost in planning phase and adjustment data to 6th year are collected. Then, predicted cost is compared with adjustment in year/item/system base. We make a project history table for criteria to review project history and research & development activity. We have developed CBS(cost breakdown structure) and allocated adjustment data to them. It is shown that cost prediction related to research & development activity in planning phase is relatively correct.

### 1. 서론

최고운행속도 350km/h급의 고속철도시스템을 개발하기 위한 연구개발사업은 10년이라는 단기간에 한국형고속열차 시제열차의 설계·해석·제작 및 시험운행에 이르기까지 전과정을 우리손으로 만들고 또한 호남전라선에 상용화가 실현되기까지 많은 연구진들은 노력하였다. 1996년부터 시작된 G7 고속전철 기술개발사업과 계속사업으로 진행된 고속철도기술개발사업으로 추진되었다. G7 고속전철기술개발사업은 1996년부터 총 6년간 진행되었으며, 1단계 3년 동안은 기본사양결정과 상세설계가 이루어졌으며 2단계에서는 그동안 확보한 핵심기술과 개발된 각종 부품을 사용하여 7량 1편성의 시제차량 제작 및 단품 시험, 완성차시험, 공장시험, 본선시운전시험 등이 수행되었다. 이를 통해 국내 독자기술로 개발된 한국형 고속전철 시스템의 성능이 기준에 적합함을 확인하였다. 또한 계속하여 고속철도기술개발사업에서는 350km/h까지 최고속도 시험과 개발된 시스템의 안정화·신뢰성 확보 및 안전체계구축이라는 목표로 운영 및 유지보수 단계가 현재 진행되고 있다.

한국형 고속전철 시스템에는 사업관리, 시스템엔지니어링 기술, 해석기술, 설계 기술, 핵심부품 개발 및 제작 기술 등이 포함된다. 이 각 분야별 활동에서 발생했던 비용을 분석하여 고속전철 시스템에 대한 비용모델을 개발한다면 이 모델을 이용하여 향후 철도시스템 개발 시 소요비용을 추정할 수 있게 되어 저비용 고성능의 시스템을 개발할 수 있게 되며 궁극적으로 비용절감 효과가 발생하게 된다.

본 논문에서는 G7 고속전철기술개발사업의 연구개발 및 획득단계까지의 비용분석을 하였다. 비용데이터는 기획단계 추정비용자료와 매년 연구종료와 함께 수행되는 정산시 산출되는 정산자료를 시스템별/연도별/비목별로 분류하여 필요한 처리를 하였다. 연구가 진행됨에 따라 연구과제가 통합, 조기종료 및 폐지되었는데 변경된 연구과제를 일정한 기준으로 정리하기 위해 기획단계 연구과제를 중심으로 과제승계표를 작성하여 초기에 계획된 과제의 흐름을 파악할 수 있도록 하였고, 6차년도까지의 정산자료 데이터를 해당 CBS(Cost Breakdown Structure)에 할당시켜 비용데이터화 시킨 후 비용분석을 수행하였다.

\* 서울산업대학교 철도전문대학원 박사과정

\*\* 한국철도기술연구원, 고속철도기술개발사업단장/수석연구원

## 2. 본론

### 2.1 비용데이터 수집 및 처리

비용분석을 위해 사용한 비용데이터에는 1996년 G7 고속전철기술개발사업의 기획단계 추정비용과 연구개발수행과정에서의 투입비용이 있다. 기획단계 추정비용은 고속전철기술개발사업 기획보고서에서 수집하였는데 과제별, 연도별 추정비용, 비목별 비용(인건비, 직접연구비, 간접연구비)으로 구성되어 있다. 이 비용데이터를 그림1과 같이 MS-ACCESS를 이용하여 입력하여 72개 레코드를 생성하였다. 연구개발수행과정에서의 투입비용은 1차년도부터 6차년도까지의 정산자료를 참고하여 비용데이터를 생성하였다. 정산자료의 각 과제별 투입비용은 협약액, 보고액, 인정액 세가지로 구분할 수 있는데 비용데이터에 사용된 기준은 인정액으로 하였다. 이는 과제연구개발에 실제 투입된 비용을 고려하기 위함이다. 또한 현물 및 위탁기관 연구개발 활동에서 발생하는 비용도 모두 고려하였다. 진행중 품목 처리 협약 변경으로 인한 투입비용 반납 및 정산 이외의 투입비용 반납분은 큰 영향을 미치지 않으므로 비용데이터 수집을 단순화하기 위해 무시하였다. 위와 같은 내용의 연구개발수행과정단계에서의 투입비용데이터를 그림2와 같은 입력창을 이용하여 비용데이터를 수집하였고 레코드수는 각각 1차년도 154개, 2차년도 155개, 3차년도 116개, 4차년도 75개, 5차년도 51개이며, 6차년도 49개로 총 600개 이다.



그림 1. 기획단계 추정비용 입력창

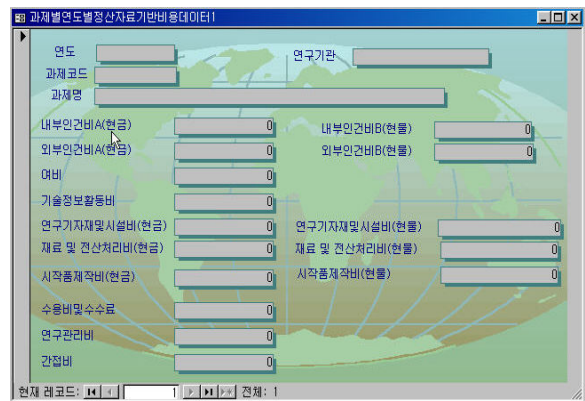


그림 2. 획득단계 투입비용 입력창

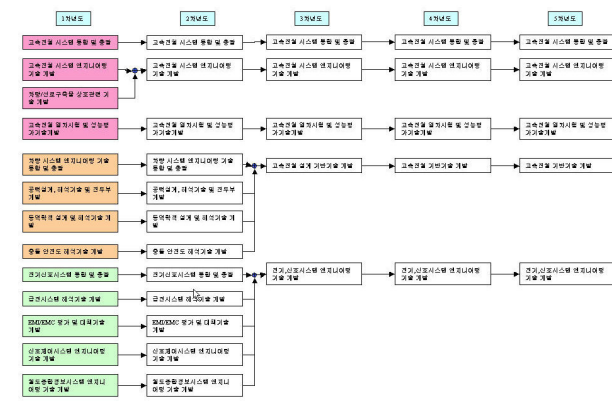


그림 3. 연구과제 변경표

추정비용에 대한 투입비용의 변화를 검토하기 위해서는 일정한 연구개발활동 기준이 필요하다. 기획단계에서 설정되었던 연구개발활동을 기준으로 하여 연구가 진행됨에 따라 통합, 조기종료, 폐지되는 이력을 그림3과 같이 정리하여 연구개발과정단계에서 발생하는 비용이 생애주기동안 어떤 흐름을 나타내는 지 검토하는데 활용하였다. 또한 사업관리, 시스템엔지니어링, 차량시스템, 차량부품, 전기신호시스템, 선로구축물 시스템 분야가 구분될 수 있도록 상이한 색깔을 사용하여 표시하였다.

## 2.2 비용분해구조 및 비용할당

한국형 고속전철 시스템의 비용분해구조는 아래 표1과 같이 구성하였다. 이 비용분해구조는 생애주기에서 일어나는 각 활동과 그에 관련된 비용을 연결시키기 용이하도록 구성된 것이다. 운영 및 유지보수, 폐기 영역에 대한 비용은 향후 고속철도기술개발사업에서 발생하는 것이므로 논외로 하고 연구개발비용과 제작비용에서 한 수준만 세분화하여 비용분해구조를 생성하였다.

표 1. 비용분해구조

Total System Cost(C)	Research & Development(Cr)	Program Management(Crm)
		Advanced R&D(Crr)
		Engineering Design(Cre)
		Equipment Development and Test(Crt)
		Engineering Data(Crd)
	Investment(Ci)	Manufacturing(Cim)
		Construction(Cic)
		Initial Logistics Support(cil)
	Operations and Maintenance(Co)	Operation(Coo)
		Maintenance(Com)
		System/Equipment modification(Con)
	System Phaseout and Disposal(Cop)	해당없음

각 비용항목의 정의를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

- 사업관리비용(Crm) : 개념설계, 타당성 조사, 연구, 설계, 기기개발 및 시험, 관련된 자료 수집 및 문서화에 관련된 전반적인 활동에서 발생하는 비용
- 상세연구 및 개발 비용(Crr) : 특정 요구사항에 대한 필요성을 검증하고 결정하기 위해 수행되는 개념/타당성 조사에 관련되는 활동에서 발생하는 비용이며 여기에는 목표 시나리오, 시스템 운영 요구사항, 유지보수 개념을 정의하는 활동을 하게 되며 보통 사업 초기에 수행된다.
- 공학적 설계 비용(Cre) : 시스템 및 기기 정의와 개발에 관련된 초기 설계에 관련된 비용이며 시스템 엔지니어링, 전기/기계 시스템 설계 및 도면작성, 신뢰성/유지보수성 공학, 인간공학, 거동분석 및 할당, 보급지원 분석, 부품, 생산성, 표준화, 안전성 등이 포함된다.
- 기기 개발 및 시험 비용(Crt) : 시작품 제작, 조립, 시험 및 평가에 관련된 활동에서 발생하는 비용이며 특히 제작, 조립, 기구설치, 품질관리 및 검사, 재료 구매 및 취급, 보급 지원, 데이터 수집, 시작품 평가 등이 포함된다.
- 공학적 자료 비용(Crd) : 상기 Crm, Crr, Cre, Crt에 관련되는 데이터나 문서의 준비, 발간, 배포에 관련된 비용이며 사업계획, 보고서, 설계 데이터, 시험 계획과 보고서, 초기 운영 및 유지보수 절차 등이 포함된다.
- 제작 비용(Cim) : 주요 시스템/기기의 생산과 시험에 관련된 비용
- 제작 설비 비용(Cic) : 제작, 시험, 운영 및 유지보수 설비(부동산, 시설, 기기), 설비(가스, 전기, 수도, 전화, 난방, 냉방 등)에 관련된 초기 획득 비용이며
- 초기 보급지원 비용(Cil) : 통합 보급지원 계획과 시스템 지원 요구사항 개발에 관련된 관리 기능에 대한 비용

비용분해구조를 살펴보면 정산자료 비용데이터 항목과 상당히 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 비용분해구조는 활동과 그에 수반되는 비용에 기준에 둔 것이고 정산자료 비용데이터는 비용항목을 기준

으로 하기 때문이다. 비용분석을 위해서는 이 두 가지 자료를 서로 연결시켜주어야 하는데 표2와 같이 비용분해구조에 비용데이터를 할당시켰다.

표 2. 비용분해구조에 비용데이터 할당

구분	연구개발			제작 및 시험		
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
사업관리비용(Crm)	사업관리 과제 모든 비용(수용비 제외)					
상세연구 및 개발 비용(Crr)	통합/총괄 및 SE, 해석기술 과제 모든 비용(수용비 제외)					
공학적 설계 비용(Cre)	시스템, 부품개발 과제 중 연구기자재/재료/시작품/수용비를 제외한 모든 비용					
기기 개발 및 시험 비용(Crt)	시스템, 부품과제 연구기자재비 × 50%					
공학적 자료 비용(Crd)	모든 과제 수용비					
제작 비용(Cim)	시스템, 부품과제 재료/시작품비					
제작 설비 비용(Cic)	시스템, 부품과제 연구기자재비 × 50%					
초기 보급지원 비용(Cil)	해당없음					

### 2.3 비용분석 결과

수집한 비용데이터를 비용분해구조에 할당시켜 추정비용과 투입비용에 대한 분석을 수행하였다. 아래 그림4는 상위 시스템별 추정비용의 프로파일이다. 기본설계가 이루어지는 1차년도 비용이 상대적으로 낮게 책정되었고 차량시스템 분야에 많은 비용이 할당되어 있는 것을 볼 수 있다. 그림5는 연도별 비용할당 비율을 보여주고 있는데 시스템엔지니어링을 한 1차년도가 전체비용의 약 5%로 상대적으로 낮으며, 상세설계, 시작품 제작 및 시험, 시제차량 제작 및 부품개발이 진행되었던 2, 3, 4, 5, 6차년도 추정비용이 균등하게 분포하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림6은 추정비용의 비목별 비율을 보여주고 있다. 연구개발 인력이 많이 소요되는 기술개발 사업임을 감안하여 인건비가 상대적으로 높은 것을 볼 수 있다. 그림 7은 시스템별 추정비용 비율이다.

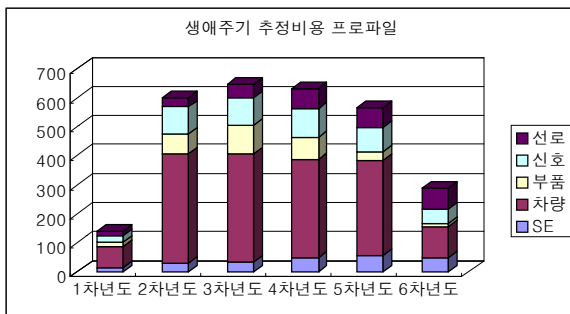


그림 4. 시스템별 추정비용 프로파일

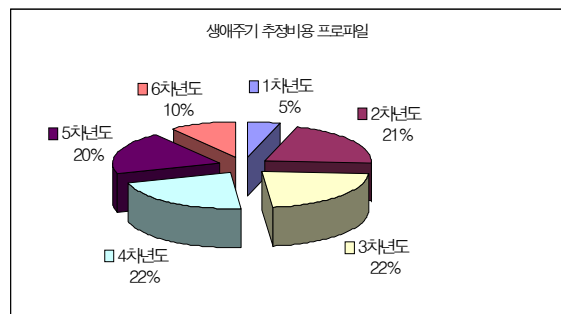


그림 5. 연도별 비용할당 비율

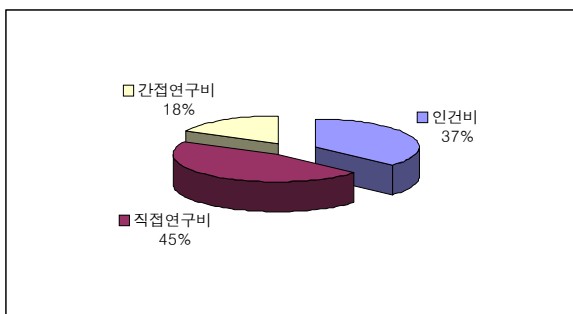


그림 6. 추정비용의 비목별 비율

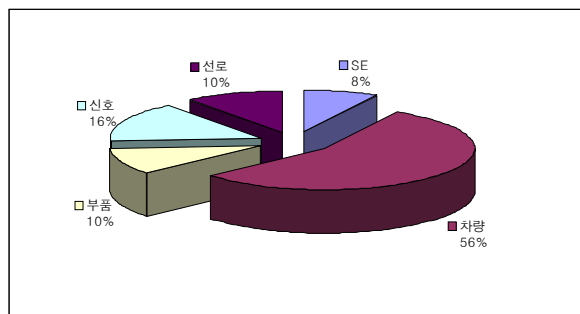


그림 7. 시스템별 추정비용 비율

그림 8~11은 각각 시스템별 투입비용 프로파일, 연도별 투입비용 비율, 투입비용의 비목별 비율, 시스템

별 투입비용 비율을 보여주고 있다. 전반적으로 추정비용과 비슷한 경향을 보이고 있다. 단지 4차년도  
 투입비용이 감소하였는데 이는 요구한 예산은 추정비용 수준이었으나 당시의 국내사정에 의하여 실제  
 지급예산이 삭감되었기 때문이다.

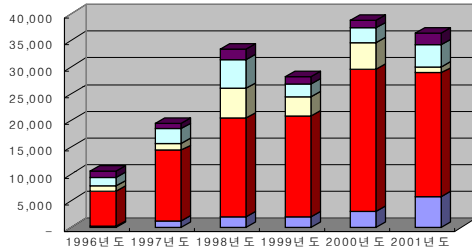


그림 8. 시스템별 투입비용 분석

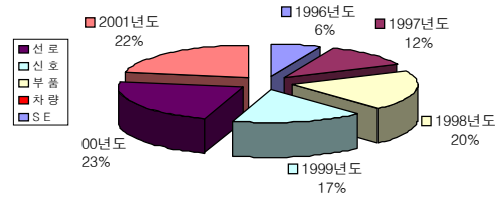


그림 9. 연도별 투입비용 분석

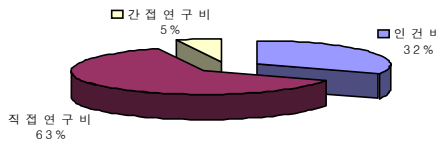


그림 10. 투입비용의 비목별 비율

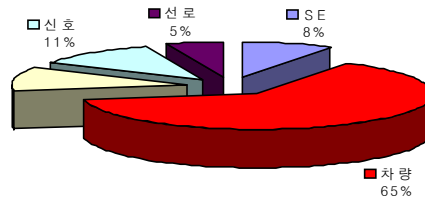


그림 11. 시스템별 투입비용 비율

아래 그림 12는 추정비용과 투입비용 프로파일을 비교한 것이다. 유사한 경향을 보이고 있으며 전체적으로  
 추정비용보다 투입비용이 낮는데 이는 연구개발을 효율적으로 진행시키고 예산을 절감하기 위해 3차  
 년도에 각 연구과제를 통합시키고 당초 개발하기로 계획한 몇 가지 부품을 Outsourcing으로 전환한 것  
 에 기인한다. 그림13, 14는 시스템과 비목별로 추정비용과 투입비용을 비교한 것이다.

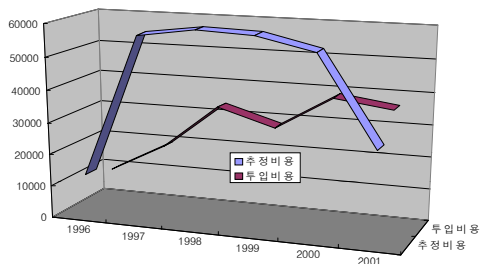


그림 12. 추정비용과 투입비용 프로파일

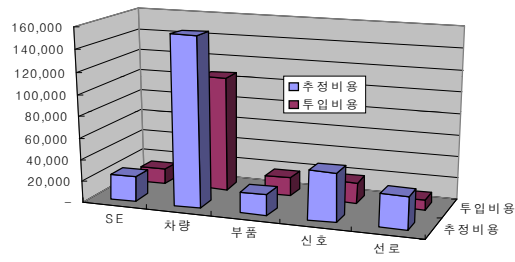


그림 13. 시스템별 추정비용과 투입비용

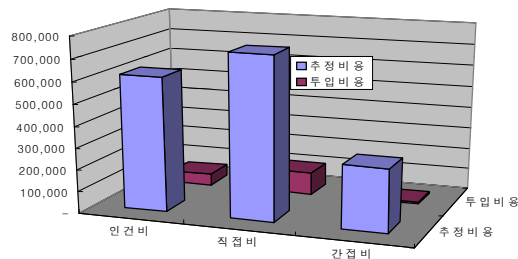


그림 14. 비목별 추정비용과 투입비용

아래 그림15는 비용분해구조의 항목에 대한 프로파일이다. 연구개발이 진행됨에 따라 사업관리, 상세설

계, 공학적 설계, 기기개발 및 시험, 기술자료 관련 비용(Cr)의 규모가 줄어드는 대신 제작관련 비용(Ci)의 규모가 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림16은 각각 비용분해항목을 합산하여 나타낸 것이다.

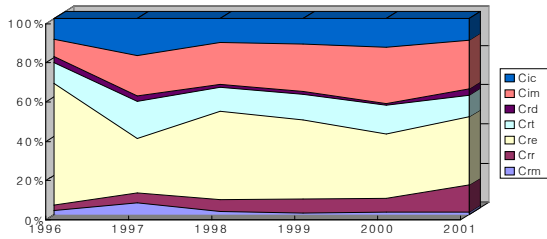


그림 15. 비용분해항목 프로파일

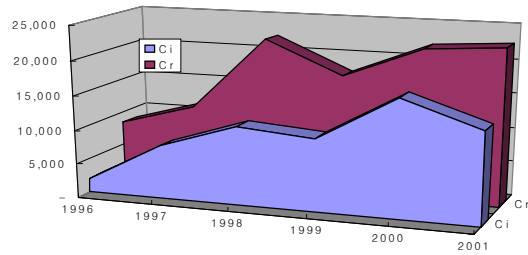


그림 16 Cr과 Ci의 프로파일

### 3. 결론

고속전철기술개발사업 기획단계에서의 추정비용데이터와 6차년도까지의 정산자료 중 인정액을 기준으로 한 투입비용데이터를 수집하여 향후 이용을 위해 MS-ACCESS를 사용하여 DB로 구성하였다. 이 비용데이터를 이용하여 추정비용과 투입비용의 연도별/시스템별/비목별 비용분석을 수행하였다. 이를 통해 과제통합 및 부품 Outsourcing 등의 변경사항을 감안했을 때, 추정비용과 투입비용이 유사한 경향을 보였는데 이는 사업초기에 추정된 비용이 생애주기에 발생하는 연구개발활동과 이에 수반되는 비용을 비교적 정확히 예측한 것으로 판단된다. 따라서, 연구개발사업의 승패는 이러한 기획단계에 얼마나 정확하게 기획을 수행하였는지에 따라 달라질 수 있다.

또한 비용분해구조에 비용을 할당하여 투입비용에 대한 비용분석을 수행하였다. 그 결과 생애주기 연구개발 활동이 체계적으로 수행되어 설계변경으로 인한 비용증가 요인이 비교적 적어 최초 추정비용대로 사업이 진행되었음을 확인할 수 있었다. 이러한 노력이 결과적으로 연구개발사업이 성공적으로 이루어질 수 있는 밑거름 된 것으로 판단된다.

향후 구축된 비용데이터와 비용분석 결과를 활용하여 한국형 고속전철 시스템에 대한 비용모델을 구축하면 철도시스템 개발 시 소요비용을 추정할 수 있게 되어 저비용 고성능의 시스템을 개발할 수 있게 되며 궁극적으로 비용절감 효과의 발생이 예측된다.

### 후 기

본 연구는 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술개발결과임을 밝힌다.

### 참고문헌

- [1] Wolter J.Fabrycky, Benjamin S.Blanchard(1991년), "Life-Cycle Cost and Economic Analysis", Prentice Hall
- [2] "PRICE HL Hardware Life Cycle Model Course Material", PRICE Systems
- [3] 공단, 생기원(1996), "선도기술개발사업 고속전철기술개발"