

# 지하철 건설의 초기투자비용 절감 방안

## Initial Investment Plan For Subway Construction

이태식\*    박은수\*\*    구자경\*\*\*    소선영\*\*\*\*    김정기\*\*\*\*\*  
Lee, Tai Sik    Park, Eun Soo    Koo, Ja Kyung    So, Sun Young    Kim, Jung Gi

---

### ABSTRACT

The subway is evaluated as a mean of public transportation, well different from other transportation means. the construction expense is increasing gradually with enormous problems.

This research analyzes the problems which occur at the planning and design process for subway construction. The demand forecast which is obtained from planning and design process will improve construction plans and size of subway system. The plan which makes the transportation means more useful, reduces the budget.

---

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경과 목적

지하철은 다른 어떤 교통수단보다 대량수송 측면에서 높은 평가를 받고 있으며, 에너지 저소비형 친환경 교통수단으로 세계적인 대도시들이 오래전부터 대중교통 수단으로 활용하고 있다. 하지만 지하철의 접근성과 관련하여 대도시 중심부를 관통함으로써 야기되는 문제와 막대한 투자비용문제 등의 난제로 공사비용이 점차 증가하고 있는 실정이다.

현재 서울뿐만 아니라 부산, 광주, 인천, 대구, 대전 등 광역시를 기준으로 지하철이 이미 운영 중이거나 추가건설 및 확장이 계속 추진되고 있는 실정에 지하철 건설에 소요되는 막대한 재원을 어떻게 충당하느냐 하는 문제에 직면하고 있다. 서울도 3·4호선이 준공된 1985년 이후 5년이라는 공백 기간을 거친 후 2기 지하철을 착공한 것도 투자재원조달이 어려웠기 때문이다.

본 연구는 향후 지하철의 추가적인 확장과 신규건설 과정에서 부족한 재원을 조달하기 위한 예산조달과 배정에 대한 문제보다는 지하철 건설이 안고 있는 근본적인 문제에 접근하여 지하철 건설에 따른 초기 투자비용 절감방안에 관한 대안을 검토 하는 것을 목적으로 하고 있다.

### 1.2 연구의 방법

본 연구는 국내 지하철 중 수도서울의 지하철 건설현황을 기반으로 기존 공사비 산정을 위해 건설절차에 따라 검토 시행하는 시설규모 중 정거장 면적과 역사별 승객수송실적을 파악하여 기본계획 수립시 승객 수요예측 등의 예측치를 과다 산정하여 설계 단계에서 낭비여부가 없었는지를 확인하고자 한다. 또한 공법·제도개선으로 공사기간 단축을 예산절감대책의 한 가지 방안으로 보고 지금까지 시행하는 기존 지하철건설 절차와 방법에 대한 개선 방안을 제시하고자 한다.

---

\* 한양대학교 교수, 정회원  
\*\* 한양대학교 박사과정, 학생회원  
\*\*\* 한양대학교 박사과정, 학생회원  
\*\*\*\* 서울메트로 전기처, 비회원  
\*\*\*\*\* 서울메트로 신정전자사무소, 비회원

이를 위해 본 연구는 기존 제시된 논문 및 포럼에서 발표한 자료, 관련 문헌조사 및 건설지, 그리고 참여관찰에 의한 방법으로 서울과 광역시별 지하철의 건설 및 운영관련 분야별 자료를 참고하였다. 또한 서울시 지하철 건설본부 및 지하철 운영 양 기관과 건설교통부, 철도공사 등의 내부 자료를 검토하였다.

## 2. 지하철 설계 및 시공

### 2.1 지하철 건설 절차<sup>1)</sup>

지하철의 건설 운영과정은 크게 계획, 설계, 시공, 시운전, 운영단계로 구분된다. 계획단계에서는 도로교통 혼잡과 대중교통문제를 감안 공인기관에 기본계획 용역을 의뢰하여 주요 지하철 노선망을 선정하고, 경제적 및 기술적 타당성을 검토하여 공청회 등을 거친 후 지하철 기본 노선망을 확정한다.

설계단계는 기본설계와 실시설계단계로 나눌 수 있고, 기본설계단계에서는 노선에 대하여 기본적인 지반 및 측량조사를 하며, 시공노선과 정거장위치를 선정하고 설계기준을 확정하여, 지하철 주변에 미치는 영향을 최소화하기 위해 환경영향평가 및 교통영향평가를 통하여 주민의견을 수렴한다. 실시설계단계에서는 시공을 위한 설계를 착수하면서, 지하철을 도시계획시설로 결정·고시하고 보상을 시작 한다.

시공단계에서는 개착 및 터널을 굴착하는 토목공사를 시작으로 이에 따른 선로, 역사, 신호, 전기, 설비 등의 공사를 수행하며, 이러한 작업들을 완료한 이 후 차량을 반입한다.

시운전단계에서는 궤도, 신호, 전기, 설비, 차량 등 전체시스템에 대한 검증을 하고 실제 영업 상태를 가정하여 소정의 기간 동안 영업시운전을 한 후 건교부의 영업 허가에 따라 개통을 한다. 이 후 운영단계에서는 운영기관에서 승객을 수송하는 운수 영업과 지하철 시설물에 대한 유지관리 업무를 하게 된다.

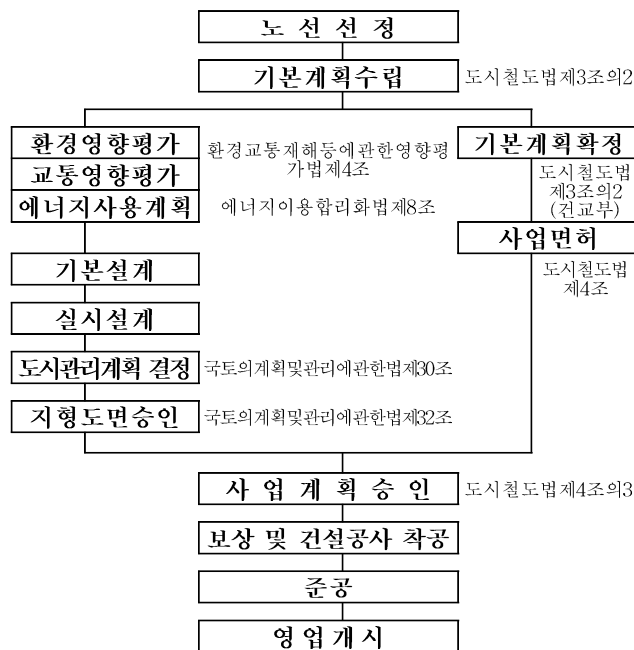


그림 1. 지하철 건설 절차

### 2.2 설계단계 고려사항

지하철의 설계는 종합 엔지니어링 설계용역 회사에서 여러 분야별 전문가와 컨소시엄 형태로 참여하나, 중요한 기본사양이나 전제조건은 발주청에서 주어지므로 그 지침에 맞게 설계한다. 기본적인 전제조건은 공사중에 공사현장의 교통방해가 가장 적은 최소화된 공법을 선정하는 것으로 교통소통에 지장이 없는 곳은 적은 비용과 안전에 유리한 개착식을 권유하고 있다. 정거장 구간과 기계실, 작업구, 환기구 등은 많은 자재와 장비 및 작업인부의 이동을 위해 심도가 깊지 않는 곳은 개착공법으로 시행한다.

1) 서울특별시 지하철건설본부 홈페이지(subway.seoul.go.kr) 내용을 참고하였음.

지하철 토목구조물은 도심과 외곽을 연결하는 형태로 하천통과시나 교외의 경우 고가공법으로 설치하고 지하철 건설 형태에 따른 지하에는 토사층이나 암반의 조건을 고려하여 개착식이나 터널식 등을 고려하여 설계한다.

표 1. 주요 시설 설비

본 선	구조물, 궤 도
정거장	승강장,대합실,출입구,건축내장,조명,환기,냉방,위생
차량기지	유치선,검사고,정비고,세척고,구내신호,통신설비

지하철 건설은 토목·궤도·건축·전기·신호·통신·기계설비·차량·검수설비 등 전 공학기술 분야와 교통·운수·운전 등 영업 분야가 집합된 종합 건설 사업으로, 상호 유기적인 협력이 요구되며, 또한 대규모 투자가 필요한 사업으로 막대한 재원과 상당기간의 건설기간이 필요하다. 또한 지하의 한정된 공간에서 시공하므로 정밀시공 및 품질관리가 곤란하고, 공사 완료 후 운행 시에는 시설물의 확장 및 개보수가 거의 불가하므로 사전에 충분한 계획과 설계가 요구된다.

특히 지하철도는 도시 내 교통수요 다발지역을 통과하여 공사추진에 어려움이 많으며 공사 중에 주변 시설물 피해와 공사 공해에 따른 각종 민원이 유발된다. 또한 주로 공공용지인 도로 구간과 연계하여 노선공사를 하는 경우 도로 기능 유지와 함께 를 위하여 지상의 노면 교통장애가 발생하기 쉬우므로 건설 사업시에는 각종 피해를 최소화하는 특별한 노력을 기울여야 한다.

### 2.3 건설 공법

지하철 설계 과정에서 어떤 공법을 선택하는지에 따라 시공비용에 많은 영향을 미친다. 지하철 공사에서 높은 비중을 차지하는 토공작업과 관련한 주요 공법은 다음과 같다.

#### 2.3.1 개착공법

개착공법은 굴착면의 안정을 유지하며 지표면으로부터 수직으로 필요한 깊이만큼 파내려가 목적하는 구조물을 축조하고 다시 메우는 공법이다. 굴착면 형태에 따라 자연사면의 안정을 취하는 비탈면 개착공법과, 흙막이 벽·버팀대·띠장 등의 지보공을 설치하여 토사의 붕괴를 방지하는 토류벽식 개착공법으로 나뉜다. 토류벽 형식이나 굴착방법에 따라 여러 가지로 분류할 수 있으나, 도심지에서의 굴착공사 대부분이 흙막이에 의한 토류벽식 개착공법이다.

#### 2.3.2 터널공법

터널공법은 대상구간의 지반조건과 종단선형 그리고 터널의 사용목적, 공사주변 환경 등에 따라 적당한 공법을 선정한다.

터널공법은 굴착시의 지보 방법에 따라 재래식 공법(ASSM)과 NATM공법으로 나눌 수 있고, 기계를 사용하여 굴진하는 방법으로서 연약지반에는 실드(shield)공법이, 암질지반에서는 TBM(tunnel boring machine)공법이 사용되고 있다.

산악식 터널공법은 굴착시 터널 주변의 이완을 허용하여 이완된 지반에서 작용하는 막대한 하중을 강지보공과 두꺼운 콘크리트로 지지하는 방법이다.

NATM공법은 굴착 후 터널 주변의 이완이 허용되기 전에 굴착면에 콘크리트를 뿜어 붙여 굴착면을 밀봉시킴으로써 당초 지반의 강도 열화를 방지하여 원지반의 지지력을 적극적으로 활용함과 동시에 시공 중 터널 주변 지반의 거동 및 지보재에 작용하는 응력계측을 통하여 확인 제어하는, 터널의 안전성을 확보하는 공법이다.

TBM 및 실드공법은 대형의 보링 및 실드머신을 사용하여 굴착하는 방법으로 발파가 없으므로 소음, 진동 및 공해가 없어 청결한 작업환경 하에서 공사할 수 있으나 기계가 비싸고 일정한 작업장 확보, 적

정한 지반여건이 요구되므로 경제성과 현장 및 지반여건 등을 감안하여 선택해야 한다.

### 3. 지하철 공사 계획 수립간 타당성 분석

지하철 건설비용은 초기투자비가 많이 소요되는 사업으로 기본계획단계에서 적절한 규모와 건설 후 이용승객의 수용실적에 따라 사업의 적정성과 계획의 타당성이 증명된다. 따라서 사전에 철저한 조사 후에 역세권 규모에 적합한 시설을 계획하고 건설해야 한다.

초기투자비의 과다소요를 차단하기 위해 불필요한 시설을 사전에 제외시켜 시공기간을 단축하고 향후 유지관리 비용절약에 기여할 수 있는 기대효과는 계획단계에서부터 철저히 적용되어야하나, 지방 도시에서 건설하여 운영 중인 지하철의 투자비나 운수수입 분석 결과, 수입에 비하여 시설규모가 과다하고 그 큰 시설만큼 투자비용이 많이 들었기 때문에 지역사정에 걸맞지 않는 과다투자가 되었음을 알 수 있다.

#### 3.1 도시별 지하철 관련 현황

표 3.에서 보는 바와 같이 서울은 1Km 건설에 541억원이 투자되었으며, 하루 수입이 28억 원이지만, 인천의 경우 1Km 건설에 741억원이 투자되고도 하루 수입은 1억 원에도 미치지 못해, 투자대비 운영수익 면에서 과잉투자 또는 부적절한 투자로 판단된다. 이러한 점을 감안하여 앞으로 건설되는 지하철에는 과다 투자하는 사례가 없도록, 상주인구 및 유동인구, 지하철 수송실적, 역사면적 등을 면밀히 분석 검토하여 투자비를 산정하고, 공사기간 단축과 불필요한 낭비를 줄일 수 있는 대책을 마련함으로써 현재와 같은 시행착오를 사전에 예방함과 동시에 효과적인 지하철 건설이 가능할 것이다.

표 2. 국내 주요 지하철 건설비 현황

구분	인구(만)	운영중			건설		건설비 (km당/억원)	수송인원 (일/만명)	수입금액 (일/억원)	비고
		영업거리 (km)	노선	역	거리(km)	역				
서울	1040	287	8	363	29	37	1기 : 419 2기 : 541	558	28	
부산	390	70.5	2	73	42.3	37	540	72	4	
대구	260	53.3	2	56	29	26	536	26.7	1.2	
인천	240	21.9	1	22			741	20	1	
광주	130	12	1	14	8.14	6	818	4	0.2	

출처 : 지하철공사 홈페이지

#### 3.2 수송실적 분석

수송수요는 모든 계획의 기본 자료로서 활용된다. 지하철 수송수요는 수익성 있는 노선의 선정, 역사 규모결정, 적정수송능력을 제공하는 결정적인 분야이다. 그러나 수송수요를 측정하는 기관이나 방법과 시점에 따라서 서로 다른 결과가 나오기 때문에 완벽한 정답을 기대하기 어려움으로 합리적인 분석기법이 필요하다.

표 4.는 서울지하철 각 역별 승객 수요예측 및 수송실적을 보여주는 것으로 수송실적 예측에 많은 문제가 있음을 보여준다.

표 3. 역별 승객 수요예측 및 수송실적

호 선	역 명	면적(m <sup>2</sup> )	승객수요예측(백만명)			수송실적 (백만명)
			1981년	1991년	2001년	
1호선 <sup>2)</sup>	서울역	10,335	25	-	-	17
	시청	10,421	34	-	-	8
	종각	9,072	45	-	-	19
	제기동	8,662	42	-	-	7
	청량리	7,125	47	-	-	17
2호선 <sup>3)</sup>	을지로입구	12,071	-	44	-	17
	상왕십리	7,023	-	26	-	4
	건대입구	6,543	-	33	-	14
	강변	5,077	-	9.9	-	22
	잠실	10,332	-	67	-	26
	삼성	6,447	-	18	-	28
	서초	8,665	-	9.9	-	6
3호선 <sup>4)</sup>	무악재	6,240	-	-	16	2
	경복궁	13,176	-	-	61	7
	고속터미널	11,554	-	-	74	22
	양재	6,996	-	-	153	19
4호선 <sup>4)</sup>	상계	7,145	-	-	4.3	10
	수유	6,994	-	-	37	18
	미아	6,367	-	-	26	8
	혜화	6,039	-	-	27	16
	숙대입구	7,027	-	-	34	6
	이촌	7,523	-	-	61	2

출처 : 서울지하철공사(2004) “2004년도수송계획자료”

### 3.3 역사면적 산정분석

역사의 규모는 주변 환경과 지역 역세권 이용승객과 통과여객 등 여러 변수를 고려하여 규모를 결정한다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 잘못된 수요예측을 바탕으로는 계획단계에서 역사가 지나치게 크게 설계될 수밖에 없다.

표 4. 수송실적 비교

도시별	건설비 (km 당)	수송인원/일
서울	541억 원	558만 명
부산	540억 원	72만 명
대구	536억 원	26.7만 명
인천	741억 원	20만 명
광주	818억 원	4만 명

출처 : 지하철공사 홈페이지

표 5.를 통해 km당 건설비와 수송실적을 비교할 때 서울의 2기 지하철은 건설에km당 541억 원이 투자되어 하루 558만 명을 수송하고 있으며, 광주시의 경우 km당 818억 원이 투자되었는데 수송인원은 하루 고작 4만 명에 지나지 않아 시설 과잉투자 되었음을 알 수 있다. 인천시의 경우도 마찬가지로 km당 741억 원이 투자되었는데 하루 이용승객은 20만 명으로 기본계획 부재에 따른 지방자치단체의 주먹구구식 사업 수행의 결과로 볼 수 있다.

2) 서울지하철1호선건설지(1989)

3) 서울지하철2호선건설지(1989)

4) 서울지하철3-4호선건설지(1987)

#### 4. 공법 및 제도개선 (공정합리화)

본 연구는 조사된 사례를 바탕으로 전문가들의 의견을 수렴하여, 다음의 의견을 도출하였다.

##### 4.1 단순한 동선처리

현재 공사 중인 9호선을 비롯하여 최근 개통하는 지하철 시설들은 초기 건설한 공법을 그대로 답습하여, 지하역사인 경우 외부 출입구에서 대합실로 내려와서 매표하고 게이트를 통과한 후 승차하도록 되어 있고, 고가 역사의 경우 이층 대합실까지 가서 매표 후 3층의 승강장으로 오르는 구조로 모든 역사가 설계되고 시공되고 있다.

외국의 출입구에서 승강장으로 바로 입장하는 형태의 역을 고려할 때, 지하철에서 승강장 길이는 일정해도 대합실은 꼭 필요한 공간만 설치하여 지하철 내에서 불필요한 승객의 이동을 방지하고 편리하게 타고 빠르게 승객을 지하철 외부로 유도할 수 있는 구조의 역사 설계가 필요하며, 승객 서비스차원의 자판기, 신문판매대, 각종 쇼핑물 공간 등은 자연스럽게 축소되거나 사라질 것이다.

##### 4.2 역사 마감재 개선

역사의 건축마감공사를 습식(타일, 벽돌, 미장 등)공법으로 하는 경우가 많은데 지하 심도가 깊은 곳에 블록이나 미장 타일 등의 공사는 이제 피해야 한다.

시대상황의 변화에 따라서 기능공 확보도 문제지만 주5일 근무확산으로 노동시장의 노동질, 노동강도의 질적 저하로 마감공사 품질이 현저히 저하되고 중량물 운반, 자재투입, 주변 환경공해 등으로 공사장의 현장 관리에 문제가 많다. 그러므로 지하 구조물 내 건축 마감재를 습식에서 건식 판넬로 바꾸어, 공장에서 가공하여 현장은 조립 설치만 하도록 하면 공사기간단축은 물론, 주변 환경도 정리되어 깨끗해지고, 안전사고 예방에도 도움이 될 것이다.

##### 4.3 건설자료 데이터베이스화

현행 지하철의 건설에는 기본조사와 측량 등으로 1년이라는 시간과 막대한 자금이 소요되는데 전국적으로 지하철을 건설 할 때마다 똑같은 방법으로 되풀이 되고 있다. 그러나 지하철의 구조를 살펴보면 대부분 동일한 형태이므로 지금까지 건설한 각종 자료를 중앙기관에 데이터베이스화하여 저장해 두고 필요시 항상 쓸 수 있도록 하는 시스템의 구축이 필요하다.

추가노선이나 확장 또는 신설하는 구간에 지질조사만 하면 거기에 적합한 구조내력에 따라 결정되어지는 기초깊이를 1m 또는 2m에 적합한 중앙의 데이터베이스에 저장된 자료를 참고하여 설계하면 설계기간은 물론 설계비가 절약되므로 결과적으로는 투자비를 절약할 수 있다.

##### 4.4 전력공급방식 개선

지하철을 움직이는 동력 공급은 국내의 경우 가공선 공법으로 천정에 매단 전선에 의해 전기를 공급하여 천정면에 절연 이격거리가 요구되어 구조물의 크기는 그만큼 커진다. 서울의 경우 추가 노선 건설에는 기존 노선과 필히 교차하는 구간이 생기는데 이곳의 지하깊이는 겹치는 곳마다 그만큼 더 깊어지게 된다. 단순히 역사만 깊어지는 것이 아니라 전동차의 진·출입을 위한 좌·우 선로의 안전 경사도를 감안하면 어느 정도 공사량이 되는지 대충 짐작 할 수 있다.

깊어만 가는 굴착 깊이를 개선하기 위하여 구조물의 높이를 줄일 필요가 있는데 그러기 위해서는 전기 공급 방식을 제3제조방식(서드라인)으로 전동차 바퀴 부근에서 전력 공급받는 방법으로 개선하는 것

이 요구된다. 구조물의 크기가 줄어지는 만큼 공사비용의 절약은 물론 공사기간의 단축과 그 외 설계비와 공사기간과 금액에 따라 산정되는 간접비용도 줄어지기 때문이다.

## 5. 결론 및 향후 연구 계획

안정성, 편리성, 접근성 등을 고려할 때 지하철은 매우 유용한 대중교통 수단이나 사업수행을 위한 예산 확보의 어려움은 사업 진행의 걸림돌로 작용하고 있다.

이에 본 연구는 지하철 건설과 관련한 계획수립 및 설계 과정에서 발생하는 문제점 및 고려요인들을 분석하여 사업비 규모를 최소화하기 위한 방안을 도출하였다. 이를 통해 계획 및 설계과정에서 정확한 수요예측을 바탕으로 지하철 역사 규모의 산정과 시공방안들을 개선하여 시공비용을 감소시킬 수 있는 방안을 제안하였다. 이를 통해 지하철 확장 및 신규건설 과정에서 신중한 계획수립을 통해 예산의 부담을 경감하여 지속적으로 유용한 대중교통 수단으로 자리잡길 바란다.

끝으로, 본 연구는 지하철 시설물의 전체 생애주기를 고려치 않은 채 계획, 설계, 시공 단계만을 고려하여 대안을 도출해 보았다. 향후 운영 및 유지관리 비용을 반영하여 전 생애주기 차원의 대안 제시가 요구된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부의 건설핵심기술연구개발사업(CTRM)으로 이루어진 것으로 본 연구를 위해 지원해 주신 해당기관에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 서울시지하철본부 (1987년), “서울지하철3-4호선건설지”
2. 서울시지하철본부 (1989년), “서울지하철1호선건설지”
3. 서울시지하철본부 (1989년), “서울지하철2호선건설지”
4. 이용상, 권용장 (1998년), “철도의 경쟁력제고를 위한 조사연구” 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp. 54-64
5. 강기동 (2002년), “철도공학의 새로운 체계” 한국철도학회지, 제5권 3호, pp. 22-28
6. 철도산업구조개혁추진단 (2002년), “21세기 한국철도의 비전“, 한국철도 홍보자료, pp. 1-36
7. 노학래 (2004년), “해외철도기술동향”, 한국철도기술연구원 제34호, pp. 1-12
8. 채일권 (2004년), “독일철도, 구조개혁 10년을 말한다”, 한국철도 제41권 제5호, pp. 54-57
9. 서울지하철공사 (2004년), “2004년도수송계획자료”
10. 서울특별시 지하철건설본부 홈페이지 (subway.seoul.go.kr)
11. 부산교통공사 홈페이지 (http://www.subway.busan.kr)
12. 대구광역시 지하철건설본부 홈페이지 (subway.daegu.go.kr)
13. 대구광역시 지하철공사 홈페이지 ([www.daegusubway.co.kr](http://www.daegusubway.co.kr))
14. 인천광역시 지하철공사 홈페이지 (www.irtc.co.kr)
15. 광주광역시 도시철도공사 홈페이지 ([www.subway.gwangju.kr](http://www.subway.gwangju.kr))