

북한산 산악철도 개발의 경제성 분석 연구

이종성¹, 송문석^{2*}

¹서울메트로, ²한국교통대학교 철도차량시스템공학과

Study on the Economic Analysis for Developing Bukhansan Mountain Train

Jong-Seong Lee¹, Moon-Shuk Song^{2*}

¹Seoulmetro

²Railway Vehicle System Engineering, Dept, Korea National University of Transportation

요약 우리나라는 국토의 약 2/3이상이 산악지형으로 이루어져 있으며 산악지역의 자연공원을 관광 자원화 하여 수혜를 원하는 사람들에게 접근성이 용이하도록 정책을 활성화할 필요가 있다. 이러한 여건을 감안하고 국토의 균형발전과 철도 인프라구축 정책원칙 우선 적용을 위한 일환으로 산악지역 중 가장 실효성과 경제성이 있을 것으로 예상되는 북한산에 대해 산악관광열차로서의 도입시 이용자 지불의사 수준에 관한 대안을 적용하여 산악철도에 대한 경제성 변화를 연구 하였다. 분석결과 LIM(선형유도모터) 과 랙&피니언 시스템의 편익비용비가 각각 0.73, 0.8로 나타났으며, 랙&피니언방식이 적용가능한 대안으로, 향후 새로운 신 기술개발이 이루어지고, 노선내 터널을 일부시공 한다면 선형유도모터방식도 가능한 대안으로 검토 되었다.

Abstract South Korea has more than two-thirds of the land consists of mountainous terrain. It is necessary to enable the recycling of mountain tourism policy to allow people to use. This paper studied Bukhansan where there seems to have the most economical efficiency and effectiveness as an alternative means of transportation applying user'swillingnessto pay by age based upon the Study on Introduction Bukhansan Mountain Railway which was progressed as part of the balanced national development and railway promotion strategy. The Analysis results are shown that cost-benefit ratio is Lim 0.73 and rack & pinion 0.8. The rack-and-pinion method is selected as an applicable alternative. If the new technologies are developed and made part of the construction of the tunnel route was judged as possible as an alternative way LIM

Keywords : Bukhansan Mountain, Benefit/Cost Ratio, Economic analysis, LIM, Mountain train, Rack & Pinion

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 국토의 약 2/3이상이 산악지형으로 이루어져 있으며 경제 활성화에 따른 지역발전이 가능함에도 철도의 투자 등에 있는 정책적 배려가 부족한 실정이다. 우리나라도 국제적 추세에 맞도록 도시철도 뿐만 아니라 산악지역의 자연공원을 관광 자원화하여 수혜를 원

하는 사람들에게 접근성이 용이하도록 정책을 활성화할 필요가 있다.

이러한 현실적 여건을 감안하여 수도권에 인접한 북한산의 접근성을 높일 수 있는 수단으로서 북한산을 관광 자원화하고 장애인, 노약자 등 교통약자와 국내외 관광객 등을 통한 북한산 산악열차 기술적 검토와 개발 가능성에 대한 방향을 제시코자 하였다.[4]

본 논문은 2014년도 한국교통대학교 교내학술연구비 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Moon-Shuk Song(Korea National University of Transportation)

Tel: +82-70-8855-1650 email: 9288km@ut.ac.kr

Received May 12, 2015

Revised (1st June 11, 2015, 2nd June 26, 2015)

Accepted July 16, 2015

Published July 31, 2015

1.2 연구범위와 방법

본 논문은 북한산을 기준으로 건설비용과 편익을 산정코자 하였다. 관광자원에 대한 접근수단으로서의 산악열차 도입에서 지불의사수준을 개략경제성에 영향을 미치는지에 대해 검토·분석하였으며, 지불의사 수준과 경제성이 지불의사 금액이 변동함에 따라 비용편익에 의한 경제성 변화에 영향을 미치는지에 대한 관계를 확인하는 것을 연구목적으로 하였다.

본 논문은 ‘북한산 산악열차 도입 기획에 관한 연구’[1] ‘이용자 연령별 지불의사 수준에 따른 산악철도 경제성변화 연구’[4] 자료를 바탕으로 북한산 산악열차 도입 및 개통 후 30년간을 시간적 범위로 하여 노선대안 선정, 시스템 대안 선정, 시스템 운영을 위한 표정속도, 취급구배, 곡선반경 등이 미치는 영향과 건설에 따른 비용을 산출하고, 관광자원화에 따른 수요 및 요금수준 산정을 위해 ‘지불의사수준기법’과 관광자원화를 위한 접근수단으로서의 산악열차 도입에 대해 지불의사수준을 연령대별 표본조사 기법을 통해 비용·편익 산출 및 개략적인 경제성 변화 등을 분석하였다.[4]

2. 노선 및 시스템 검토

2.1 노선 대안 검토

북한산 산악열차 도입을 전제로 열차의 표정속도 및

등판능력, 시스템 등 이용객의 환승이 없는 전 구간 운행이 가능함을 전제로 노선을 검토하였다.

북한산에 산악열차 도입시 시설방식은 기후적인 측면에 강설, 강우를 고려하여야 하고 노선에 급경사 및 급곡선이 많음을 감안하여야 시스템의 안전을 확보할 수 있으므로 이에 대비한 시스템과 노선을 선정 이를 만족하는 노선에 대한 실지조사 결과 그림1과 같은 대안을 선정하였다.

대안 1 : 은평뉴타운~진관내동~사기말골~음지마을~석굴암~우이동

대안 2 : 은평뉴타운~진관내동~인수봉~우이동(북한산 입구)~덕성여대~도봉로

검토결과 대안 2는 관광 접근성은 뛰어나나 환경훼손의 문제가 발생할 수 있으므로 대안 1을 검토노선으로 약 18.6km로서 북한산 산악열차의 특성상 지형을 최대한 이용하여 자연환경 훼손을 최소화하고 관광효과와 자연공원의 관광자원화에 따른 접근성을 고려한 최적의 노선으로 검토되었다.[4]

2.2 시스템 검토

대안 시스템은 기후변화 등을 감안하여 점착성능, 궤도 및 선형의 조건이 충분히 반영된 시스템을 고려하였다. 구배의 경우 국내 표준구배는 최대 7~80%의 구배를 허용치 않으므로 취급구배 210% 등판 시 승차감과 안전성을 고려하여 계단식 좌석배치(향후 경사 대응형



Fig. 1. Map for each item

가변좌식 개발도 가능한 대안1 : LIM(linear-induction motor) 방식을 선정하였다. 차선책으로는 표준궤간을 쓰는 랙 레일 및 점착 겸용 방식을 고려함이 적절하여 해외에서 적용되는 산악열차 시스템인 대안2 : 랙-피니언(Rack-pinion) 방식과 을 검토 하였다.[4]

2.3 선형검토

2.3.1 평면선형 검토

3호선 구과발역 및 타교통수단과의 환승 및 편의성, 민원발생 최소화, 선형의 연속성과 은평뉴타운 지역의 신도시, 택지개발 관련 계획과 시공에 따른 노면교통 및 주민생활 영향 측면, 지상구조물 및 지하 구조물과 기존 건물 등을 측면을 고려하여 평면선형을 계획하고, 차량의 운행을 고려하여 분기기 설치구간의 종단곡선 변경점 배제, 완화곡선 내에 종구배 변경점 배제, 정거장은 직선 구간에 설치를 검토하였다.

이와 같은 조건을 충족하는 LIM 방식 시스템은 자연 경관 훼손 최소화화와 종단구배($S \geq 70\%$)를 고려한 곡선 반경($R \leq 100m$)을 선택하였으며, 크게 최소곡선 적용과 가능곡선으로 구분하였다. 선형은 가능한 도로중심을 따라 사유지 점유에 따른 건설비용 최소화를 고려하였다. 이를 분석하면 Table 1 ~ Table 2와 같다.[4]

Table 1. Alignment of lim system

Item	Section	Length(m)
Total		18,580.00
Straight	-	10,819.75
R \geq 50	0	0
R \geq 100	18	1,780.94
R \geq 200	24	2,677.12
R \geq 500	12	1,468.96
R \geq 1000	9	968.19
R \geq 1000	3	218.15

Table 2. Alignment of rack & pinion system

Item	Section	Length(m)
Total		18,570.00
Straight	-	11,076.19
R \geq 50	0	0
R \geq 100	18	1,780.94
R \geq 200	24	2,677.12
R \geq 500	12	1,468.96
R \geq 1000	8	703.50
R \geq 1000	3	218.15

2.3.2 종단선형 검토

종단선형은 열차의 주행성 확보, 최급구배, 정거장 구간의 구배 등을 고려 평면곡선과의 경합을 배제, 장래 계획노선 및 타 시설계획과의 관계, 주요 통과구간의 필요 지형하공간 확보, 열차 운전성향상 및 에너지 절감 등을 고려하였으며, 본선의 경우 150% 이하 정거장의 경우 400m가량의 Level이 되도록 하였으며 급경사 구간인 고가나 지상구간은 LIM 방식 Table 3의 시스템 통과가 불가하여 일부 터널공법 적용을 고려하여 계획하였다. 랙-피니언 방식의 경우 시스템 특성상 양주시와 서울시의 경계부근 능선에서 차량을 회차하여 역 방향으로 산을 내려가야 하기 때문에 이 구간에서 회차할 수 있는 공간이 필요하여 능선지역에 200% 구배적용하였으며, 이를 충족하는 랙-피니언 방식의 종단선형을 분석하면 Table 4와 같다.

Table 3. Vertical alignment of lim system

Item	Section	Length(m)
S \geq 35	30	14,400.00
S \geq 70	4	2,550
S \geq 100	2	950
S \geq 150	1	680
S \geq 200	0	0
S \geq 200	0	0

Table 4. Vertical alignment of rack & pinion system

Item	Section	Length(m)
S \geq 35	30	13,730.00
S \geq 70	3	1,770
S \geq 100	4	1,950
S \geq 150	1	500
S \geq 200	2	620
S \geq 200	0	0

2.4 정거장 및 차량기지 배치계획

2.4.1 정거장 배치계획

정거장의 선정을 위한 기준은 광역철도로서 지역간 산악지역을 빠른 시간 내에 연결하기 위해 역사수를 최소화 범위 내로, 기존 지하철과 연계로 이용편의성 도모와 역세권 검토 및 용지 활용여건, 장래 발전성과 선형 및 운전효율성을 고려하였다.[4]

2.4.2 차량기지 배치계획

차량기지의 위치는 입출고의 입환 동선처리가 용이한

평탄지역을 고려하되, 장방향의 시설배치와 소요면적 확보 및 위치를 선정하여야 한다. 각종 상위계획(국토이용계획, 지방자치단체 도시계획, 개발계획, 관련 법규 등)에 포함되어야 하며, 주변여건상 상호 환경과파 및 지역 주민 민원 최소화, 토지매수 용이 및 보상비 등 투자비 저감, 주변 배수처리 원활, 운영요원 접근 용이성, 본선 건설시 토사활용 등의 건설비 최소화를 위해 우이동마을 경전철 기지 부근 등의 위치를 선정하여야 한다. 이러한 조건이 고려된 최적지로는 평탄한 구릉지로 예상면적은 30,000㎡ 정도로서 입출고선과 평면분기 지역에서 분기 시설되고 주변의 큰 지장물이 없는 장소를 예정부지로 적합하다.

2.5 건설계획

2.5.1 정거장 건설계획

건설계획은 주변 환경에 미치는 영향, 도시 경관고려, 은평뉴타운 부근과 우이동, 쌍문동 지역 고가공법을 적용, 산길 통과시에는 토공+교량 공법 적용, 건설공법 선정을 위한 각종 요소들의 종합적 판단과 상황에 따라 우선순위 결정, 경제성(사업비 및 사업기간), 시공성 및 안전성, 평면 및 종단선형, 토질여건과 인접 구조물에 대한 영향과 지하매설물 보호, 노면교통처리 대책, 종단계획상 계획고가 높은 경우나 지역간 분리 적용, LIM 시스템의 경우 양주시와 서울시 경계부근 능선지역의 터널공법 적용, 단선기준의 건설과 정거장 구간의 부 본선 설치로 차량교행이 가능토록 건설계획을 Table 5와 같이 수립토록 하였다.

Table 5. Method of construction & track length for each system

Division		Item 1	Item 2
1) total Length		18,580m	18,570m
2) Interval Method Main line	Elevated structure	13,680m	13,950m
	Trackbed	3,800m	4,300m
	Tunnel	780m	340m
	Station	320m	320m
3) Track Length Method Classifieds	Elevated structure	14,480m	14,830m
	Trackbed	3,880m	4,380m
	Tunnel	780m	340m
4) Stations Number	Elevated structure	7	7
	Ground	1	1

시스템별 건설공법에 따라 랙&피니언 시스템의 궤도는 표준궤도부와 랙&피니언 구간으로 나누어진다. 일반부(150%이하)는 일반 열차로 주행하며 랙&피니언 구간(150%초과)만 특수궤도를 설치하여 기관차를 바꾸어 등판하는 개념으로 기관차를 교체하기 위한 구간이 필요하고 105정거장과 106정거장에서 기관차 교체가 이루어지며, 이구간의 연장은 1980m이며 랙&피니언 구간의 공사비는 일반부 공사비의 200%로 가정하였다.

공사전 조사비는 지반조사, 측량비, 기타조사비 등을 포함하고 철도부문표준지침에 따라 공사비의 약1%를 별도 계상하였으며, 설계비 및 감리비는 공사의 시행을 위한 기본계획, 실시설계 및 설계 시공감리에 소요되는 비용으로서 설계비 및 공사 감리비는 용지보상비를 제외한 공사비에 대해 엔지니어링 사업대가, 기존의 건설부문 요율, 설계 감리비는 건설사업관리 대가기준 적용, 용지 보상비는 공사의 시행을 위하여 지급되는 토지 매입비로서 건물 및 입목 등의 매입비 포함하는 비용으로서 용지보상비는 각 지역의 공시지가(2011년)을 조사하여 그 평균값을 적용하여 산출하고 우이동 및 쌍문동 지역은 하천으로 통과하므로 하천 구간은 북한산 산악지역의 표준공시지가를 적용하였으며 기존 도로를 이용하는 경우는 용지보상비에서 제외하였다. 예비비는 사업비 산출의 오차 및 이에 따른 영향을 최소화하기 위하여 산출(공사비+부대비+용지보상비)비용의 10%를 예비비로 책정하고, 차량구입 비용은 초기비용을 산정하되 차량제작사 및 차량구입절차가 확정되지 않은 상태이므로 LIM 시스템은 봄바르디아 LIM가격(30.3억/량)을, 랙&피니언 시스템은 철제차륜 AGT(16.8억/량) 가격과 랙&피니언 기관차(46억/량) 가격을 기준으로 적용하였고 차량수는 초기년도 14량을 구입하여 최종년도까지 추가구입은 없는 것으로 하였다. 이와같은 기준으로 산정된 총 건설비용을 재산정하면 Table 6과 같다.

Table 6. Total construction cost

(Unit : hundred million won)

Construciton type	Lim	Rack & pinion
A. Construction cost		
A-1. Construction	4,502.51	3,938.70
A-2. VAT	409.32	358.06
B. Incidental expense		
B-1. Basic design	(A-1)xBasic design rate	46.62
B-2. enforcement design	(A-1)xEnforcement design rate	81.79

B-3. Supervision	(A-1)×Supervision rate	50.72	44.55
B-4. Research	(A-1) × 1.00%	40.93	35.81
B-5. VAT		23.16	20.31
C. Land compensation		523.30	523.30
D. Reserve	(A+B+C) × 10%	528.05	468.54
E. Total	(A+B+C+D)	5,808.59	5,153.97
F. Cost per km		312.63	277.54
G. Vehicle(without VAT.)		424.20	327.20
<Without VAT.>			
A. Construction		4,093.20	3,580.64
B. Incidental expense		231.56	203.11
C. Land compensation		523.30	523.30
D. Reserve	(A+B+C) × 10%	484.81	430.71
E. Total	(A+B+C+D)	5,332.87	4,737.76
F. Cost per km		287.02	255.13

2.6 운영계획

북한산 산악열차 도입이후 운영비는 영업외 비용을 제외한 순수 영업비용을 말하며 운영요원에 대한 인건비, 차량과 기타 운영전력 소비에 따른 동력비와 차량·선로·설비 등의 유지관리에 소요비용, 일반관리비로 구성되며, 운영비 산출은 열차운영계획 수립 후 소요인원 산출로 수행하였다.[4]

2.6.1 열차운영계획

열차운영계획은 차량은 2량 1편성을 기준으로 하였으며, 산악철도의 특성상 좌석(55명/량)만 고려 산정하였으며, 차량은 2량 1편성을 기준으로 하였으며, 산악철도의 특성상 좌석(55명/량)만 고려하였고, 운행계획은 평일을 기준으로 시간대별 수요분석은 크게 Peak, Side Peak, Off Peak의 3가지로 구분, 영업시간은 19시간을, 표정속도는 차량의 운행시간인 주행시간과 정거장 정차시간 및 차량의 가·감속도를 고려한 속도로서, 표정속의 경우 20km/h를 적용한 수식은 $[\text{표정속도(km/h)} = \text{노선거리(km)} / \text{정차시간을 포함한 총 운행시간(h)}]$ 이며, 운전시격의 경우 단선시스템의 최소운전시격 9분을 고려하여 침두시 최소운행시격을 10분(편도20분), 준침두시와 비침두시의 최소운행시격을 15분(편도30분)으로 산정한 적용수식은 $[\text{시간당 필요 운행편성수} = \text{최대 혼잡구간 침두시 수요(통행/시·방향)/편성정원}]$ 이며, $[\text{운전시격(분)} = 60\text{분} / \text{시간당 필요 운행편성수}]$ 으로 산정하였다. 피크시간대와 비피크시간대는 각각 4시간, 7시간, Off Peak시간대는 8시간을 기준으로 차량별 1일 열차운행횟수를 산정하였고, 적용수식은 Table 7 열차운행횟수(회) = 운행시간(분) / 운전시격(분) 을 적용하였다.

Table 7. Daily number of train(one way)

Peak		Side Peak		Off Peak		Daily number of train
Time headway (min)	Number	Time headway (min)	Number	Time headway (min)	Number	
20.0	12	30	14	30	16	42

2.6.2 열차 소요수 산정

열차운영계획을 충족하는 차량편성은 2량 1편성을 기준으로 하였으며, 산악철도의 특성에 적합토록 소요차량을 산출하였다. 소요차량수 산식은 $[\text{운행열차소요량(편성)} = \text{왕복 운전시분} / \text{침두시 운전시격}]$ 을, 예비편성 소요량 산식은 $[\text{① 예비운행열차소요량(편성)} = \text{운행열차소요량} \times \text{예비율로} \text{ ② 왕복운전시분(분)} = \text{노선연장} \times 2 \times 60 / \text{운행속도} + \text{회차여유시간} (\text{예비율} = 12\%)]$ 을 적용하였고, 회차 여유시간은 열차가 시·종착역에 도착한 후 반대방향으로 돌아오기 위한 준비시간으로 본 과업에서는 5분으로 가정하였다. Table 8은 소요 차량수를 산정 결과이다.

Table 8. Required number of vehicles

Required number of train formation			Required number of vehicles
Operation	Reserve	Total	
6	1	7	14

2.6.3 차량구입비 산정

차량구입비 Table 9는 차량제작사 및 차량구입 절차가 확정 않아 LIM 시스템은 유사 차량가격을 참조하여 LIM 차량가격은 30.3억원/량을, 랙-피니언시스템은 철제작물 AGT는 16.8억원/량과 랙-피니언 기관차는 46억원/량을 기준으로 산정하였다.

Table 9. Vehicle cost

(Unit : hundred million won)

LIM	Rack & pinion
424.20	327.20

2.6.4 운영비 산출

운영계획은 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정보완 연구(제4판)』 운영계획에 근거하여 유지보수인원, 차량보수인원, 운전사령인원, 역무원, 승

무인원, 관리인원 등으로 구분하여 운영인원을 산정하였고, 운영인원의 근무시간을 고려한 인원 산정식은 [운영요원수 = {(격무출근인원×교대수/출근율)+일근자} (출근율 0.7 (21일 근무기준))] 을 적용하였으며, 유지보수인원은 선로보수요원, 전로 보수요원으로 구분하여 노선연장 10km당 한 팀의 분소를 설치하는 것으로 설정하여 선로유지보수인원은 궤도·토목구조물·역 설비등의 보수, 점검을 담당하는 9인 3조 3교대로 운영인원을 산정하였다.

차량유지보수 인원은 차량의 검사, 보수 및 차량기지 내의 작업업무 등을 행하며, 본 안의 운영비 Table 10산출시 차량당 0.6인원을 적용하였고, 운전사령인원은 3명 3조로 평상시/비상시의 운전관리, 복구수리 및 대피유도 작업 등을 수행토록 조직구성하고 인원을 산정하였다.

Table 10. Operation cost
(Unit : hundred million won)

Payroll	Power	Maintenance	Management	Total
69.95	17.88	58.36	14.62	160.81

3. 수요예측

일반적으로 한 지점에서 다른 지점으로 공간적 이동을 가능하게 하는 교통수단의 경우, 통행의 목적을 근간으로 장래 이용 수요를 분석함. 북한산 산악철도의 경우 비록 서울 북부지역의 동서를 연결하는 교통수단의 역할도 하지만 산악지형의 경관을 감상하는 관광열차로서의 기능도 간과할 수 없다. 따라서 북한산 산악철도 이용수요 예측은 일반적으로 영향권 내의 사회경제적 현황 및 교통현황 조사를 기반으로 가시적이고 확정적인 장래 도시개발, 택지개발 및 교통관련 계획을 반영하여 교통수요 추정의 기본 4단계 모형을 적용하는 통행수요 분석뿐만 아니라 국민여행 및 외래 관광객 실태조사에 의한 분석을 기초로 한 미시적인 관광 수요 분석방법도 병행하여야 한다.[4]

3.1 관광수요 예측

산악열차 이용 수요예측은 ‘이용자 연령별 지불의사 수준에 따른 산악철도 경제성 변화 연구’[3] 를 토대로 수도권 지역과 비수도권 지역(지방 지역)을 나누어 추산

하였다. 왜냐하면 열차가 건설 될 북한산 국립공원은 서울 북쪽 지역에 위치함으로, 단순히 물리적 거리만 생각한다면 수도권 관광객으로부터는 접근성이 좋고, 지방지역 관광객은 상대적으로 접근성이 좋지 못하다고 말할 수 있다. 따라서 관광 수요를 추정함에 있어 수도권 지역에서 북한산을 찾는 관광 수요의 경우 당일 관광 여행이라고 가정하여 당일 관광 여행 경험율과 당일 여행 참가 횟수를, 나머지 13개시도 지역에서 북한산을 찾는 관광 수요 추정은 숙박 관광여행이라고 간주하여 숙박 여행 경험율과 숙박 여행 참가 횟수를 고려하고, 다음으로 북한산 국립공원은 서울에 위치한 지리적 여건을 감안하여 이에 각 지역별 서울 방문비율을 곱하여 산정한다. 또한, 등산 및 산지지형의 경관 감상은 위락/여가 항목의 관광행태라 간주하여 각 지역별 위락/여가 비율을 곱하여 최종적으로 관광수요를 예측하였으며, 서울지역에 위락/여가 비율 관광객 중 얼마나 많은 사람들이 산악열차를 이용할 비율을 고려하고 이용율에 따른 최종 관광 수요는 열차의 용량, 시스템 설정, 배차간격 등으로부터 직접적인 영향을 받는다. 본 연구에서는 예측계량기법의 시계열모델(지수평활법)을 이용하였고 통계는 유료관광객 추계율(37.21%), 설문은 이용의사율(90.65%) 지불의사율(90.65%), 기상상태에 따라 영업가동율(93.24%), 홍보는 영업가동율 2(80 ~100%)를 적용하였고 관광수요를 추정, 다양한 시나리오로 구분하여 수요를 예측하였다. 답승율 30%로 가정시 초기년도 관광객 수요가 460만명으로 30년까지 최고 730만명의 이용수요가 예측되어진다.

3.2 통행 수요 예측

제반 분석을 위해 신뢰 있는 장래 사회경제 지표 및 교통현황 자료를 검토하였고, 북한산 산악열차 통행수요 예측은 전통적인 4단계 수요예측모형을 적용하였으며 이는 각종 사회·경제지표에서 통행량을 유추해내는 통행발생, 통행발생량을 지구단위로 배분시키는 통행분포, 분포된 통행량의 수단을 결정하는 수단선택, 노선을 선택하여 통행량을 배분하는 통행배정의 단계로 구성된다. 통행수요 예측의 시간적 범위는 기준년도 시작으로, 공용 개시년도를 +6년(가정), 중간 목표연도를 +10년, +15년, +20년, 장기 목표연도를 +25년, 최종 목표연도를 +30년으로 하였다.

4. 통행편의 추정

통행편의 개요는 편익의 항목으로 통행시간 절감편익, 운행비용 절감편익, 교통사고 감소편익, 환경오염 감소편익에 대하여 분석하였으며, 그 기준은 ‘『도로부문 사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제4판), 한국개발연구원』’[3]에서 제시한 기준을 적용하였고, 예비타당성 지침(제4판)에서 발생하는 편익은 교통측면의 편익인 직접편익과 교통개선으로 인한 사회적 편익인 간접편익으로 구분하였으며, 직접편익은 도로 및 모노레일 이용자들이 사업 시행시 직접적으로 얻게 되는 편익으로서 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소 등은 계량적인 수치의 산출 및 화폐가치화 과정이 비교적 용이하다. ‘국토연구원 ‘『도로사업 투자기법 연구』’[5]에서 항공/해운의 전환수요에 의한 편익의 경우 명확한 편익항목으로 반영의 필요성이 인정되는 측면이 있으나, 계량화가 용이하지 않으며 교통의 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등의 효과는 개인별 주관적 만족도에 따라 가치가 달라질 수 있기 때문에 화폐가치화 하는데 어려움이 수반되므로 간접편익 역시 계량화에 어려움이 있어 개략 경제성 분석인 본 연구에서는 고려하지 않았다.

5. 개략 경제성 분석

경제성 분석은 사업에 대한 수요 추정으로부터 시작되고, 과거의 경험이나 국내의 유사 사례에 대한 분석을 통하여 수요 추정치에 대한 적합성 여부도 점검하여야 함. 추정된 수요에 입각하여 편익을 측정하는 작업도 중요한데, 개략적인 총 사업비를 추정하기 위해서는 건설비, 보상비 등 시설 구축을 위한 투자비용과 유지 관리비, 시설개량비 등 시설운영에 따르는 비용을 추정할 수 있어야 한다. 경제성 평가는 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio; B/C), 순현재가치(Net Present Value, NPV), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성·재무성을 파악하는 과정이며, 필요한 경우 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 수요, 비용단가, 할인율 등 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석도 수행되어야 한다. 관광 편익의 항목으로는 여러 가지가 있지만, 그 중에 개량화가 가능한 조건부가치 측정법에 의한

지불의사금액 도출 결과를 바탕으로 추정된 관광수요를 곱하여 줌으로서 산악열차 관광 편익을 산출하였고, 통행 편익의 항목으로는 통행시간 절감편익, 운행비용 절감편익, 교통사고 감소편익, 환경오염 감소편익에 대하여 분석하였으며, 그 기준은 ‘『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제4판), 한국개발연구원』’[3]에서 제시한 기준을 적용하였다.

본 논문에서는 개략적으로 경제적 타당성을 평가하기 때문에 비용편익 비율(B/C)만 고려하기로 하였고 할인율은 경우 ‘『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제4판), 한국개발연구원』’ 연구에서 5.5% 수준으로 제안하고 있어 이를 적용하였다.

비용 측면에서 볼 때, LIM 열차 형식은 랙&피니언 열차 형식보다 건설비가 많이 소요되는 것을 알 수 있다. 이용율에 따른 총 이용수요는 열차 용량으로부터 직접적인 영향을 받는데, 열차 용량은 2량 1편성으로 정원 55명/량 (산악열차 특성상 입석은 없는 것으로 간주)으로 하루 84회를 운행 계획함. 이는 하루 수송할 수 있는 최대 인원 수가 55*2*84=9,240명/일, 년통행 약 3백 4십 만명을 수송할 수 있다.

이는 산악열차 이용율을 북한산 이용객의 약 30%인 수요의 약 90% 수준으로써, 최대 이용율 10%이상의 수요 발생시 열차 편성의 증가가 불가피함에 따라 최대 10% 이용율을 조건으로 수요를 산정하고 경제성 분석을 실시하였다.

분석결과 LIM 과 랙&피니언 시스템시스템의 편익비용비가 각각 0.73, 0.8로 나타났으며, 개략경제성주요 수치는 Talbe 11과 같다.

Table 11. Operation cost

(Unit : hundred million won)

Item		LIM	Rack&pinion
Cost	Construction	533,287	473,776
	Vehicle	42,420	32,720
	Operation	482,430(30년간)	
	Total cost	1,058,137	1,083,891
	Total discounted cost	695,384	633,073
Benefits	Reduce travel time	19,060	
	Reduce vehicle operation	43,729	
	Traffic accidents decrease	2,486	
	Reduce environmental costs	1,088	
	Residual value	109,469	93,677
	Tourism benefits	1,412,325	
	Total benefits	1,588,156	1,588,156
	Total discounted benefits	509,398	509,398
B/C		0.73	0.80

6. 결론

본 연구에서 노선은 북한산을 우회하는 노선으로 구과 발역에서 북한산 인수봉북쪽으로 우회하여 우이동까지의 18.6km 구간으로 관광, 건설 및 운영비용 경제등을 고려 단선, 2량1편성과 표정속도는 20km/h로 검토하였다.

시스템으로는 랙&피니언방식이 적용가능한 대안으로, 향후 새로운 신 기술개발이 이루어지고, 노선내 터널을 일부시공 한다면 선형유도모터(LIM)방식도 가능한 대안으로 검토되었다.

경제적타당성은 사회적 여건에 따라 비용 및 편익이 변화할 수 있으며, 북한산산악열차는 북한산관광자원과의 연계, 노선인근의 관광시설기반등 관광여건이 개선되면 지불의사금액이 지속적으로 상향 될수있으며 이에 따른 경제적 타당성이 매우 크다고 판단된다.

References

- [1] KRRI, Seoulmetero, Planning Study on Bukhan Mt. Railway, 2008
- [2] Y.J.Son, S.Y.Jung& J.S. Lee, A Study on a mountain train operation, 2007.
- [3] KDI, Roadportionof the projecta budget feasibility study,standard guidelines,(No 4), 2004.
- [4] J. S. Lee, Seoul National University of Science & Technology, Seoul, Korea, Study on the Change in Economic Efficiency for Developing Mountain Railway Based on User's Willingness to Pay by Age, 2009.
- [5] KRIHS, Investment analysis methods for Road Projects theorem, 1999.

이 종 성(Jong-Seong Lee)

[정회원]



- 2010년 2월 : 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과(공학석사)
- 2014년 2월 : 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과(공학박사)
- 2011년 1월 ~ 2012년 3월 : 서울메트로 신사업지원단장
- 2014년 10월 ~ 현재 : 서울메트로 동작승무사업소장

<관심분야>
철도경영, 철도사업

송 문 석(Moon-Shuk Song)

[정회원]



- 1986년 2월 : 숭실대학교 기계공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 숭실대학교 기계공학과(공학박사)
- 1992년 3월 ~ 2012년 2월 : 한국철도대학 교수
- 현재 : 한국교통대학교 교수(철도대학장)

<관심분야>
철도경영, 철도차량