

[연구논문]

수도권 도시철도 급행열차 운영 효과 분석

The Analysis of Effects on Express Subway Service in the Seoul Metropolitan Area

김 경 철* · 김 양 지**

목 차

- | | |
|--------------------------|-----------|
| I. 서론 | III. 사례연구 |
| II. 기존 연구 및 급행철도 운영사례 검토 | IV. 결론 |

ABSTRACT

Kim Gyengchul · Kim Yangji

The increase of population in the Seoul Metropolitan Area causes the congestion around the boundary of Seoul. The reasons are not only the transportation policy oriented to automobiles, but also the low-level service of the urban railways.

This paper aims to suggest the ways to operate the express subway by adding the passing tracks to the existing facilities in order to speed-up the urban railways and to analyze the effects of it in the view of the changes of travel time, travel distance, demands.

First, we compared the 6 subway lines, such as Ilsan, Bundang, Kwacheon, Ansan, Gyeonggi, Gyeongju, Gyeongwon with the four criteria, ① the compatibility of railway relative to auto, ② the elasticity of travel time, ③ the travel distance and the number of trips, ④ the construction cost of passing tracks. Finally, Ilsan was selected as the case study area, and we simulated SDI-RailSim which reports the optimal locations of passing tracks, the changes of demand and so on.

Consequently, the speed of railway increases by 46 ~ 51km/h, 2.62 ~ 5.19% of the number of trips increase, and 4.45 ~ 5.82% of the travel time per person decrease by adding the passing tracks. Also, in the comparison of scenarios we could make the different decisions by the policy goals, namely the maximization of effects relative to cost or the total demands.

* 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구위원

** 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구원

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

서울시의 인구는 2000년 기준, 1,037만명으로 1,000만명 수준으로 유지되는 반면, 수도권은 인구는 5%대의 인구성장을 기록하고 있어 현재, 서울시의 2.1배인 2,222만명에 이르고 있다.

<표 1> 서울시계 자동차, 도시철도 통행량

구분	단위	1997	1998	1999	2000	1999년 대비
시계 교통량	천대/일	2,761	2,640	2,506	2,621	4.59%
수도권 전철	천명/일	1,917	1,942	1,956	1,908	-2.45%

주) 시계교통량은 시계 유출입통행량이고, 수도권 전철은 수송수요를 의미함

이로 인해 서울시 시계 자동차 유출입교통량은 1999년과 대비하여 2000년에는 4.59% 증가한데 반해, 수도권 전철의 수송수요는 -2.45%로 오히려 감소하고 있다.

<표 2> 수도권 6개교통축 도시철도와 간선도로 통행 시간 비교

		(단위 : 분)					
구분		첨두시			비첨두시		
교통축	기점	도시철도 (A)	승용차 (B)	A/B	도시철도 (A)	승용차 (B)	A/B
일산	주엽	85.2	67.0	1.27	86.2	47.5	1.79
분당	서현	92.4	48.0	1.93	95.7	45.9	2.01
과천·안산	상록수	91.1	77.5	1.18	92.6	74.5	1.24
경원	의정부	74.5	65.1	1.14	75.1	61.5	1.22
경인	부평	73.5	83.6	0.88	75.4	61.9	1.22
경수	수원	91.5	79.5	1.15	92.3	76.6	1.20

주) 기점은 각 교통축별 승하차인원이 가장 많은 역이고, 종점은 시청역임

이는 수도권의 개발이 대중교통을 고려하지 않은 채 평면적으로 건설되었던 이유도 있지만, 기존의 대중교통이 통행시간 측면에서 질 낮은 서비스를 제공하고 있기 때문이다.

수도권 6개 교통축에서 승용차와 도시철도의 통행시간을 비교해보면, 도시철도의 통행시간은 첨두시에는 승용차 통행시간의 0.88~1.93배, 비첨두시에는 1.06~2.30배의 분포를 보이고 있어 승용차에 비해 통행시간의 측면에서 수단경쟁력이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

또한, 수도권 도시철도는 평균 39.5km/h의 표정속도를 보이는 반면, 동경권 광역철도는 급행열차 운영이라는 서비스 다양화를 통해 첨두시 52.5km/h, 비첨두시 64.1km/h의 속도로 운행하고 있어 장거리 통행자의 통행시간 단축에 큰 기여를 하고 있다.

따라서, 도시철도 속도향상은 대중교통서비스의 질적 향상과 승용차와의 경쟁력 확보를 위해 시급히 추진되어야 한다. 본 연구에서는 도시철도의 기능 제고를 위한 방안으로 급행열차를 수도권에 도입하는 방안과 그 운영효과를 분석하고자 한다.

2. 연구의 범위

급행은 속도의 개념과 정차·운행방식의 개념에 함께 사용되는 용어로서, 속도개념에서는 완행에 대비되고, 정차·운행방식의 개념에서는 해당 노선에서 몇 개의 어떤 역에 정차하는가에 따라 보통열차에 대비되는 개념이다.¹⁾

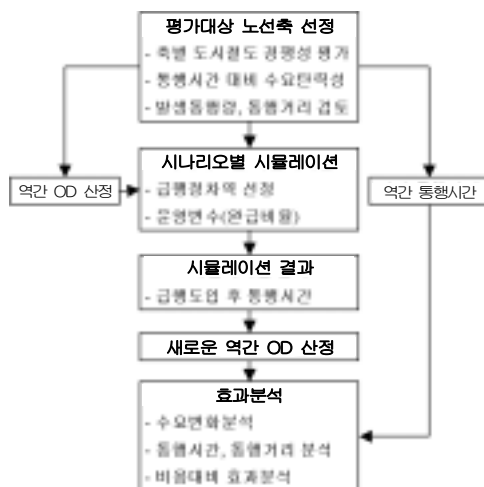
급행운행은 일본의 철도와 프랑스의 RER이 대표적인데, 일본의 철도는 대피선을 추가하여 열차의 추월을 통해 속도를 높인 방식이고, 프랑스의

1) 문대섭, 정병현, 철도수송수요를 고려한 정차역 선정과 열차운행 방안, 2001년도 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, p. 84.

RER은 선로의 추가없이 운영방식의 변화만으로 급행열차를 운행하는 방식이라는 차이점이 있다.

본 연구에서는 일본 철도와 같이 대피선을 이용하여 완행과 급행열차를 운영하는 방안에 대해 검토하고 이 때 총통행량과 이용자의 관점에서 통행시간과 통행거리의 변화를 살펴본다.

연구의 공간적 범위는 수도권 도시철도를 대상으로 하고, 내용적 범위는 수도권 급행열차 운영 노선 선정, 대피선 위치 선정, 급행도입시 개선효과 분석을 포함한다. 단, 여기서 급행철도 도입을 위한 차량, 선로, 신호 등의 기본적 여건은 기술적으로 달성 가능하다고 전제한다. 연구수행과정은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구수행과정도

II. 기존 연구 및 급행철도 운영사례 검토

1. 기존 연구 고찰

도시철도의 급행화 도입과 이에 따른 효과분석을 다룬 기존의 국내연구를 아래에서 간략히 그

내용을 정리하였다.

‘급행지하철의 시간절감 효과분석(원제무 외, 1997)’에서는 우리나라 최초의 급행운행에 관한 논문으로 급행지하철을 3호선에 도입한 경우 시간단축효과를 분석하였다. 한 역 건너 정차하는 격역제와 주요역을 지나는 방식을 혼용한 경우를 완행으로 운행한 경우와 비교하여 주행시간, 대기시간, 총통행시간의 변화를 추정하였다. 급행열차 도입결과, 주행시간 11.3% 단축, 총통행시간 8.2%를 단축할 수 있음을 보여주었다. 그러나 대기시간과 주행속도 등을 평균값으로 적용하여 총통행수요에 적용함으로써 미시적인 통행시간 절감효과 분석에 한계를 보여준다.

‘도시철도 급행화 계획을 위한 기초 연구(김정철)’에서는 급행지하철의 도입으로 인한 통행시간 단축효과를 분석하는 방법론을 정립하였다. 급행과 완행 지하철을 혼용운행할 경우 대피선의 위치를 선정하고, 최적 열차 DIA를 작성, 그 효과를 분석하였다. 연구 결과, 지하철 노선 중 사례노선을 선정하여 급행지하철의 운행횟수와 구간최고속도, 정차시간, 총통행량의 변화에 대하여 통행시간 절감효과를 추정한 결과 10% 이상 개선효과를 거둘 수 있음을 보여주었다.

2. 해외 급행철도 운영사례

일본의 도시철도는 오사카를 중심으로 하는 관서권과 동경을 중심으로 하는 관동권으로 구분되며, 상이한 특성을 보인다.

먼저, 관서권은 도시간 수송을 목적으로 한 고밀도, 고빈도의 급행운전으로, 오사카를 중심으로 하며 교토, 고베, 나라(奈良), 와카야마, 다카라주

<표 3> 도시간 급행열차 비교

구간	회사명	기종점	거리(km)	소요시간	표정속도	운행	정차역
관서권 (오사카 교토)	JR- WEST	오사카 교토	42.8	27분 50분	급 : 95.1km/h 완 : 51.0km/h	15분	2개
	HANKYU	우매다-가와라마치	47.7	42분 60분	급 : 68.1km/h 완 : 44.0km/h	10분	6개
	KEIHAN	요도아비사-산쵸	49.3	47분 80분	급 : 62.9km/h 완 : 37.0km/h	15분	8개
관동권	Keikyu	시나가와 요코하마	22.2	16분 44분	쾌속 : 83.0km/h 완 : 30.0km/h	10분 5분	4개
	Tokyu	시부야 주오리칸	31.5	34분	급 : 55.6km/h		
	Tobu	이케부쿠로-가와고에	64.1	80분 85분	급 : 48.0km/h 준급 : 45.0km/h		

주) 시간이나 운임은 <관서시간표>에서 계산하였음

카(宝塚) 등 큰 도시를 다수의 철도회사가 경쟁하며 도시간 수송을 담당하고 있다.

관서권의 침두시 급행의 표정속도는 관동권보다 10km/h 정도 빠르며 완행과 급행의 속도격차도 큰 편이다. 대피선 간격은 4~6km 전후이고 완급비율(완행과 급행의 운행횟수 비율)은 1 : 2 또는 1 : 3이며 완행보다 급행을 우선시한다. 추가요금이 없고, 도시간 특급을 중심으로 운영되며, 급행열차에는 크로스시트를 설치하여 안락성을 높인 전용차량을 투입하고 있다.

관동권 철도는 동경을 중심으로 반경 50km권에 위치한 도시권을 영업권으로 하는 철도로, 완급비율은 1 : 1 정도로 완행위주의 운영형태를 보인다.

다. 급행의 정차역이 많아 표정속도도 관서권에 비해 낮은 편이다.

<표 3>은 관서권과 관동권의 급행운행사례를 일부 보여주는 것으로, 오사카-교토는 40km 정도의 거리를 급행이 25분~45분 정도의 시력으로 운행하고 있다.

III. 사례연구

1. 급행열차 도입 노선 선정

급행열차 도입시 그 효과는 장거리 통행자가 많을수록 크게 나타나므로 장거리 통행자가 많은

<표 4> 노선축별 수단경쟁력 및 수요탄력성

노선축	수단경쟁력	직접수요탄력성	발생목적통행량	철도분담률	철도통행시간
일산	1.38	-2.15	175,378	(일산구) 0.26	73.18
분당	1.84	-2.26	150,919	(분당구) 0.20	70.66
과천-안산	1.19	-1.39	131,642	(안산시) 0.37	55.48
경원	1.15	-1.69	104,599	(의정부시) 0.35	65.16
경인	0.92	-1.17	250,644	(인천시) 0.39	48.24
경수	1.26	-1.50	90,957	(수원시) 0.39	61.79

- 주) 1. 수단경쟁력은 도시철도 통행시간 승용차 통행시간을 의미하므로, 1보다 클 경우 도시철도의 수단경쟁력이 낮음.
 2. 발생목적 통행량은 1999년 1월 기준이며 서울을 목적지로 하는 통행량을 의미함.
 3. 철도 통행시간은 차내시간을 의미하며 환승이 있을 경우는 환승시간까지 포함함.

수도권 전철 일산선, 분당선, 과천·안산선, 경수선, 경인선, 경원선 6개축을 그 대상으로 하고, 이들 철도와 연계된 서울시 지하철을 중심으로 검토한다.

노선선정은 ①도시철도의 수단경쟁력, ②통행시간에 대한 직접탄력성, ③통행거리와 발생통행량 규모, ④대피선 설치시 소요비용을 기준으로 사례 대상노선을 선정하고 지표별로 상중하를 구분하여 종합평가한다.

급행도입시 통행거리가 길수록, 발생통행량이 많을수록 도입 효과가 크고, 도시철도의 수단경쟁력이 타수단에 비해 낮고 통행시간에 대한 직접탄력성이 클수록 수요전환효과가 클 것으로 기대할 수 있다. 비용은 대피선 설치시 기술적 용이성과 그 비용으로 산정해야 하나, 노선축별로 대피선 설치 소요비용을 모두 검토할 경우 시간제약상 곤란하므로 여기서는 지상과 지하만으로 구분하고 현재의 여건만을 반영하여 평가한다.

수단경쟁력은 (도시철도 통행시간)/(승용차 통행시간)으로 산출하고, 기점은 축별 승하차인원이 많은 역으로 중점은 시청으로 가정하였다. 수단경쟁력을 높여야 할 노선으로는 분당선, 일산선의 순으로 나타났다.

통행시간단축에 따른 통행시간 직접탄력성은 다항로짓모형의 탄력성 산출식을 이용하였으며, 식은 다음과 같다.

$$E_{P(i)} = [1 - P(i)] x \beta$$

$P(i)$ = 수단 i 의 수단분담률
 x = 통행시간 변수
 β = 통행시간변수에 대한 추정계수
 (-0.039896)

노선축별 서울도착 통행량과 평균통행거리는

<그림 2>와 같다. 경인, 일산, 분당선의 통행량이 많고, 평균통행거리는 경수, 과천·안산, 일산선의 순으로 나타났다.

직접수요탄력성은 수치가 작을수록 수단전환효과가 클 것으로 예상되고, 분당선, 일산선, 경원선의 순으로 전환수요가 클 것으로 나타났다.



주: 평균통행거리는 도시철도의 서울도착 통행량의 평균통행거리임.

<그림 2> 노선축별 서울도착 통행량 및 평균통행거리

대피선 설치 소요비용 비교에서 분당선은 노선 전체가 지하구간으로, 나머지 노선은 지상구간이 있는 것으로 조사되었다.

<표 5> 노선축별 급행도입 필요성 평가

노선축	수단 경쟁력	예상 효과	통행 거리	소요 비용	평가 점수
일산	○	○	○	○	12
분당	○	○	×	×	8
과천·안산	△	△	○	○	10
경원	△	△	×	○	7
경인	×	×	×	○	6
경수	△	△	△	○	9

주) 각 평가항목별로 각 노선을 3개의 그룹으로 나누어 급행도입의 필요성이 높으면 ○, 보통이면 △, 낮으면 ×로 표시하였음. 점수는 ○ 3점, △ 2점, × 1점으로 부여하여 계산하였음.

4가지 항목을 이용한 평가 결과를 항목별로 종합하여 나타내면 <표 5>와 같으며, 일산선에서 최우선적으로 급행도입을 검토해야 할 것으로 판단되어 이후의 사례분석에서는 일산선과 지하철 3호선의 급행도입 가능성과 효과를 구체적으로 분석한다.

2. 사례지역의 개요

사례지역은 일산선과 지하철 3호선으로 구성되며 대화~수서구간 총 54.4km, 총 40개역(일산선 10개역, 3호선 31개역: 지축역 양노선에 각각 포함)으로 구성된다. 54.4km구간 운행에 소요되는 시간은 각 노선별 표정속도(일산선 41.9km/h, 3호선 34.1km/h)를 적용하여 계산하면 약 89분이 소요되는 것으로 산출된다.

<표 6> 일산·3호선 노선개요

노선	연장(km)	역수(환승역)	운행시각(분)	표정속도(km/h)	운행시간(분)
일산선	19.2	10(0)	첨 두: 3 비첨두: 6	41.9	27.5
3호선	35.2	31(10)	첨 두: 6 비첨두: 9	34.1	61.9
전체	54.4	40(10)	-	36.5	89.4

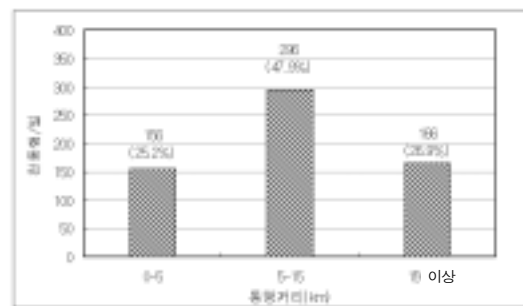
주) 역수 산정시 지축역은 양노선에 모두 포함되었음
자료: 서울특별시지하철공사, 2000년도 지하철 수송계획, 2000

<표 7> 일산·3호선의 통행패턴 분석

구분	분석치	비고
총승차인원(인/일)	618,026	순승차인원 : 380,424 (62%) 환승승차인원 : 237,602 (38%)
총통행거리(인·km)	7,250,912	평균통행거리(km/인): 11.7
총통행시간(인·hr)	206,612	평균통행시간(분/인): 20.1 (대기시간 제외)

AFC자료를 이용하여 분석한 일산·3호선의 통행실태를 살펴보면, 순승차인원이 380,424인/일로 총승차인원의 62%를 차지하고, 평균통행거리는 11.7km, 평균통행시간은 20.1분으로 조사되었다.

일산·3호선의 통행거리별 통행수는 차내시간으로 약 30분 이상이 소요되는 통행거리 15km 이상의 통행량이 전체의 26.9%를 차지하고, 단거리 통행인 5km 이하는 25.2%로 조사되었다.



<그림 3> 일산·3호선의 통행거리별 통행량

3. 분석방법과 결과

분석방법은 크게 두 부분으로 요약된다. 첫째, 운영변수에 따른 시나리오별 시뮬레이션과 결과 도출, 둘째, 급행도입 결과 도출된 새로운 통행시간에 따른 역별 수요변화와 그 효과분석으로 구분된다.

시뮬레이션은 급·완행열차 혼용운영과 격역정차운영방식에 따른 운영선도 작성 및 각종평가 지표 도출을 위해 SDI에서 개발한 SDI-RailSim이라는 프로그램을 사용하였다. 대피선 설치시 기술 조건은 가능하다고 가정하여, 수요를 고려한 급·완행열차 혼용운영시 최적대피선을 선정

<표 8> 완·급행 혼용 운영 시나리오

구분	완급비율	배차간격	급행정차역 위치	감가속	구간 최고속도
시나리오 1	2 : 1	완 4분 급 12분	환승역+승차인원 1만명/일 이상 22개역+대화역	가속도: 3.0km/h/s 감속도: 3.5km/h/s	일반: 50km/h 급행: 90km/h
시나리오 2	2 : 1	완 4분 급 12분	일산지역 일부역+도심 이남(도심포함) 모든 역	가속도: 3.0km/h/s 감속도: 3.5km/h/s	일반: 50km/h 급행: 90km/h

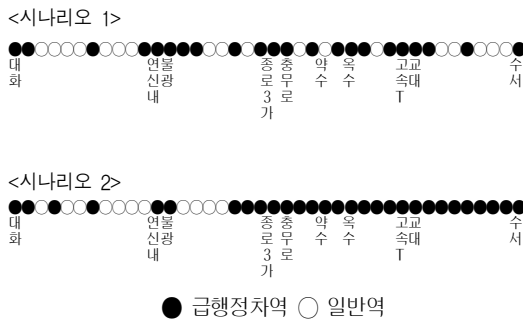
주) 감가속도, 구간 최고속도는 현재 운행중인 지하철 차량의 성능을 고려한 값임

하고,²⁾ 통행배정을 통해 통행시간과 통행거리 변화를 분석하였다.

1) 시나리오 구성

노선의 특성 및 수요패턴 등을 반영하여 급행정차역을 선정하고, 급행운영과 관련된 지표 설정해야 한다. 이 때, 고려해야 할 운영지표는 완행과 급행의 표정속도(최고, 최저속도), 배차간격, 배차비율, 가감속도 등이며 이러한 여러 지표의 혼합에 따라 다양한 시나리오가 생성된다.

본 연구에서 도심간 완·급행 혼용운영평가를 위한 시나리오별 자료와 정차역 선정기준은 <표 8>과 같다.



<그림 4> 시나리오별 급행정차역

열차운영지표는 현실을 고려하여 가감속도를 결정하고 완급배율은 일본의 관서권 사례의 비율을 적용하였다. 급행정차역의 경우, 시나리오1은 역의 수요를 고려하여(승차인원 만명/일 이상, 환승역) 급행정차역을 선정하고, 시나리오2는 일산과 도심구간의 급행효과를 분석하기 위해 급행정차역을 선정하였으며, 시나리오별 급행정차역과 일반역은 <그림 4>와 같다.

2) 역별 수요 추정

역별 수요는 급행도입 전 기존 역간OD 산출과 급행도입 후 변화된 역간OD의 추정으로 구분된다.

기존 역간OD는 2001년 3월 AFC자료를 이용하여 일산·3호선의 역간 OD를 산출하였다. 이 경우 내부통행(노선내의 유출입통행)은 쉽게 도출할 수 있으나 환승관련 통행은 환승역별로 수차례의 통행배정을 실시해야 하는 번거로움이 있어, 여기서는 전체 도시철도 OD를 이용하여 통행배정을 실시하여 환승역별 환승인원 규모를 산출하고 그 환승인원 규모와 일산·3호선 시발착 OD가 특정 환승역을 이용하는 규모와 비례할 것으로 가정하여 환승관련 OD를 추정하였다.

2) 대피선 선정은 최적대피선과 대피선고정으로 구분되고 이 둘은 급행과 일반열차기준으로 각각 구분된다. 본 연구에서 적용된 최적대피선(급행열차 기준)은 일반열차가 후행급행열차와의 안전이격조건을 만족시키지 못할 경우 정차장에 대피선을 설정하는 것으로, 대피선 선정방법 중 열차운행시 손실시간과 이용자의 통행시간을 가장 최소화시킬 수 있는 방식이다(자료 : 서울시 정개발연구원, 급완행열차 운영분석 시뮬레이터(사용자 매뉴얼) 참조).

<표 9> 시나리오별 정차장 유형과 대피선 설치비용

구 분		대피선 개수		상대적 비용배율 ^{주)}
		섬 식	상 대 식	
시나리오 ¹⁾	지하	녹번, 독립문, 약수, 교대 (4개소)	마두, 삼송, 신사, 매봉 (4개소)	25.487
	지상		대곡 (1개소)	
시나리오 ²⁾	지하	연신내, 독립문 (2개소)	마두, 화정, 삼송 (3개소)	16.185
	지상		대곡 (1개소)	

- 주) 1. 상대적 비용배율은 지상/상대식 정차장의 대피선 1개소 건설시 비용을 1로 기준했을 때 비용의 비율을 의미하는 것으로, 지상 섬식은 1.08, 상대식 지하는 2.95, 섬식 지하는 3.19의 비용이 소요됨.
 2. 비용산정 기준은 서울시의 경우 기존선을 개량하여 대피선을 설치한 사례가 없어 대피선을 포함하여 공사중인 9호선을 기준으로 개략 추정하였음.

도시철도 완급행 혼용운영시 역간 통행시간 변화에 따른 역간OD는, 일반적인 교통계획의 과정 속에서 통행시간 변화→존간 수단분담률 변화→수단 통행량 산정의 절차를 걸쳐 새로운 OD를 추정해야 한다. 그러나, 이같은 방법은 수도권 전체 교통망에 대한 분석을 수행하여야 하므로 본 연구와 같이 한 노선축을 대상으로 하는 경우 시간적 제약이 매우 크다.

따라서, 신속한 분석이 가능하도록 수단분담 모형(로짓모형)상의 직접탄력성을 이용하여 통행량 변화를 분석하고 산출식은 아래와 같다.

$$P_{ij}^{new} = (1 + E_{ij} \frac{\Delta t}{T}) \times P_{ij}^{old}$$

$$P_{ij}^{new} = i\text{역과 } j\text{역간 급행도입 후 도시철도분담률}$$

$$E_{ij} = i\text{역과 } j\text{역간 통행시간에 대한 직접탄력성}$$

$$\Delta t = \text{급행도입 후 통행시간 변화량}$$

$$T = \text{급행도입 전 통행시간}$$

$$P_{ij}^{old} = i\text{역과 } j\text{역간 급행도입 전 도시철도분담률}$$

이 때, 역사 위치와 존을 동일시하고 역사가 속한 행정동의 수단분담률 특성이 역사의 분담률과 동일하다고 가정한다.

통행시간에 대한 도시철도 수단분담률의 직접탄력성을 산출하고, 이를 토대로 통행시간 변화에 대한 새로운 도시철도 수단분담률을 산정하여 변화되는 기종점 통행량, 새로운 역간OD를 추정한다.

<표 10> 시나리오 평가결과

구분		시나리오 1			시나리오 2		
		총통행량 (통행/일)	평균통행거리 (km/인)	평균통행시간 (분/인)	총통행량 (통행/일)	평균통행거리 (km/인)	평균통행시간 (분/인)
일산 도심부 통행	기존	14,602	28.06	46.62	14,602	28.06	46.62
	급행도입후	17,252	28.20	44.82	18,204	28.23	44.87
	차이	2,650	0.14	- 1.79	3,602	0.17	- 1.75
	증가율	18.15%	0.49%	- 3.85%	24.66%	0.61%	- 3.75%
일산지역	기존	46,713	25.03	41.91	46,713	25.03	41.91
	급행도입후	54,401	26.16	41.81	54,931	26.08	41.64
	차이	7,688	1.13	- 0.10	8,218	1.04	- 0.27
	증가율	16.46%	4.51%	- 0.25%	17.59%	4.16%	- 0.64%

- 주) 1. 급행도입전의 차량 배차간격은 4분(대기시간 2분)으로 가정했음.
 2. 일산지역에서 발생되는 통행(일방향)만을 기준으로 산정된 것임.
 3. 도심통행은 일산지역(대화 화정) 승차, 도심부(경복궁 충무로) 도착통행기준이며, 일산지역통행은 일산지역(대화 화정) 승차 통행 기준임.

3) 분석결과

시나리오별 급행 열차 운영 효과 분석 결과, 시나리오 1의 경우 급행은 대화→수서행 51km/h, 수서→대화행 53km/h, 완행은 35km/h의 표정속도로 운행할 수 있는 것으로 분석되었다. 이 경우 급행을 이용하면 대화→종로3가 구간(32.4km)을 38.1분에 통행할 수 있어 기존의 50.7분에서 12.6분 통행시간을 단축할 수 있을 것으로 분석되었다.

대피선이 필요한 역은 3호선 구간의 매봉, 교대, 신사, 약수, 독립문, 녹번, 일산선 구간의 대곡, 삼송, 마두역으로 상행, 하행 모두 9개의 대피선이 필요하다. 그러나 도심구간의 대피선 공사가 많아 비용 및 실현가능성 측면에서 어려움이 있을 것으로 판단되고, 9개소의 대피선 설치비용을 지상/상대식 정차장에 대피선 설치 비용으로 환산한 경우(이 경우의 비용을 1로 간주) 25.5의 비용이 소요되는 것으로 분석되었다.

서울시내구간의 대피선 공사를 배제한 시나리오 2는 분석결과, 급행은 46km/h, 완행은 35km/h의 표정속도로 대화~수서구간을 운행할 수 있는 것으로 분석되었다. 이 경우 급행을 이용하면 대화→종로3가 구간(32.4km)을 42.3분에 통행할 수 있으며, 기존의 50.7분에서 8.4분을 단축할 수 있었다.

최적대피선 위치 분석결과, 상·하행 모두 6개의 대피선(독립문, 연신내, 삼송, 화정, 대곡, 마두역)이 필요할 것으로 결과가 도출되었으며, 상대적 비용으로 환산한 결과, 16.2의 비용이 소요되는 것으로 분석되었다.

한편, 일산 승차-도심부 하차 통행만을 대상으로 그 효과를 분석한 결과, 시나리오 1은 통행량이 18% 증가할 것으로 예상되었으며 1인당 평균 통행시간도 1.79분 단축시킬 수 있을 것으로 분석되었다. 일산지역에 초점을 맞춘 시나리오 2는 총 통행량은 25% 증가하고 1인당 평균통행시간도

<표 11> 시나리오 평가결과

구 분	시나리오 1			시나리오 2		
	총통행량 (통행/일)	평균통행거리 (km/인)	평균통행시간 (분/인)	총통행량 (통행/일)	평균통행거리 (km/인)	평균통행시간 (분/인)
기존	618,026	11.73	22.06	618,026	11.73	22.06
급행도입후	650,080	12.36	21.08	634,210	12.20	20.78
차이	32,054	0.63	- 0.98	16,184	0.47	- 1.28
증가율	5.19%	5.34%	- 4.45%	2.62%	3.97%	- 5.82%

주: 급행도입전의 차량 배차간격은 4분(대기시간 2분)으로 가정했음

<표 12> 최적대피선 시나리오별 비용 효과분석

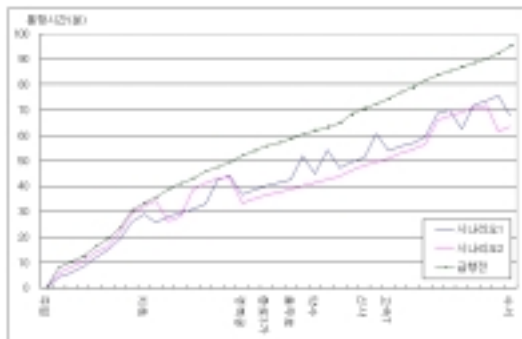
구분 \ 효과지표		총통행량	총통행거리	총통행시간	평균통행거리	평균통행시간
시나리오1	변화량	5.19%	10.80%	0.51%	5.34%	- 4.45%
	1개소 당 ^{주)}	0.203%	0.424%	0.020%	0.209%	- 0.175%
시나리오2	변화량	2.62%	6.69%	- 3.35%	3.97%	- 5.82%
	1개소 당	0.162%	0.414%	- 0.207%	0.245%	- 0.359%

주: 산출식은 (효과지표)/(상대적 비용배율)과 같음

1.75분 단축시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

일산지역 승차인원만을 볼 때, 시나리오 1은 16% 총승차인원이 증가하고 시나리오 2는 18% 증가할 것으로 예상되었다.

대피선의 수가 많은 시나리오 1이 시나리오 2보다 총통행량이나 평균통행시간에서 우월한 이유는 역간통행시간에서 그 이유를 찾을 수 있다. 시나리오 1의 경우는 일산지역(주엽역 기준)과 가까운 거리에서는 시나리오 2보다 통행시간이 더 작지만, 도심부에 가까운 경복궁역 이후 구간에서는 통행시간이 더 커졌기 때문이다.



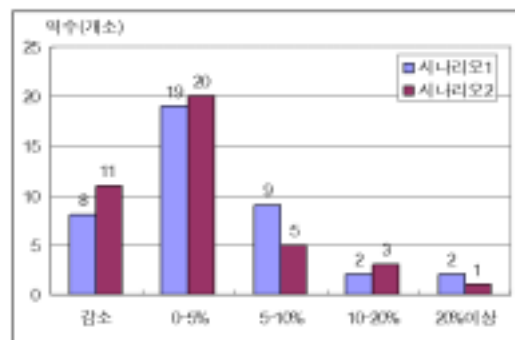
<그림 5> 시나리오별 역간통행시간 (주엽역 기준)

통행수요를 고려한 노선전체에 대한 효과평가 결과, 시나리오 1은 이용수요를 약 5.19% 정도 증진시킬 수 있을 것으로 분석되었다. 반면 총통행시간은 0.51% 증가하고, 1인당 평균 통행시간은 약 1분 감소할 것을 예측되었는데, 이는 급행도입 후 통행량의 증가로 총통행시간이 증가한 것으로 판단되고 실제의 기존 이용자에 대한 통행시간 감소효과는 이보다 더 클 것으로 판단된다. 1인당 평균통행거리는 5.34% 증가해 장거리 통행수요가 증가했음을 나타내고 있다.

시나리오간 비교를 위해서는 비용효과분석을 수행하여야 하나, 역사별 대피선 공사비 추정이 곤란하여 앞서 제시한 대피선 설치시 상대적 비용을 이용하여 대피선 1개소당 비용효과를 분석하였다.

그 결과, 시나리오 2는 시나리오 1에 비해 평균 통행시간의 단축효과가 커 단위비용당 효율성이 시나리오 1에 비해 좋은 것으로 분석된 반면, 총통행량의 변화는 시나리오 1이 더 크게 나타났다.

따라서, 비용효과 측면에서는 시나리오 2가 더 효율적이라고 할 수 있으나, 총통행량 변화의 효과는 시나리오 1이 더 커, 정책목적에 따라 적합한 시나리오를 선택해야 함을 보여준다. 즉, 용량이 충분하고 타수단의 용량이 포화상태인 경우, 수단전환이 시급한 지역 또는 재정적 부담이 크지 않은 경우 수단전환 효과가 좋은 시나리오 1이, 적은 비용으로 높은 효과를 기대할 경우에는 시나리오 2가 더 적합한 것으로 판단할 수 있다.



<그림 6> 수요변화규모별 역수

역별 수송수요 변화를 살펴보면, 50% 내외의 역사에서 0~5% 수준의 승차인원 증가효과가 있는 것으로 분석되었다. 일부 역의 경우 수요가 감

소하는 경우도 있었는데, 이는 급행이 정차하지 않는 역의 경우 완행의 배차간격이 길어지면서 대기시간이 증가되어 수요가 감소하는 것으로 판단된다.

따라서 대피선 설치시 급행이 정차하지 않는 역사 이용객의 불편을 최소화할 수 있는 방안이 마련되어야 하며, 수요감소를 최소화하는 방안이 고려되어야 한다.

IV. 결론

본 연구에서는 수도권 전철의 급행열차 도입을 가정하여, 급행열차 도입이 시급한 지역을 사례지역으로 선정, 일산선과 3호선을 대상으로 급행 도입시 효과를 분석하였다.

분석 결과, 추월선(대피선) 6~9개소 설치로 급행열차는 표정속도를 46~51km/h까지 향상시킬 수 있는 것으로 분석되었으며, 총통행량은 2.62~5.19% 증가, 평균통행시간은 4.45~5.82% 감축가능한 것으로 분석되었다.

시나리오별 대피선 설치비용을 지상/상대식 대피선 1개소 설치비용으로 환산하여 비용효과를 분석함으로써 시나리오별 비교를 수행하였는데, 평가지표에 따라 상이한 결과를 도출하였다. 즉, 비용대비 효과가 큰 방안을 효율성 측면에서 선택하되, 총통행량의 증가효과가 큰 방안 역시 용량이 충분하고 타수단의 용량이 포화상태인 경우, 수단전환이 시급한 지역 또는 재정적 부담이 크지 않은 경우 고려할 수 있음을 보여주었다.

역별 수송수요 변화를 살펴보면, 50% 내외의 역사에서 0~5% 수준의 승차인원 증가효과가 있는 반면, 일부 역의 경우 수요가 감소하는 경우도

있어, 정책적 측면에서 대피선 설치시 급행이 정차하지 않는 역사 이용객의 불편을 최소화할 수 있는 방안이 마련되어야 하며, 수요감소를 최소화하는 방안이 향후 고려되어야 한다.

그러나 본 연구의 한계로, 급행도입 노선축 선정시 선정지표 비교에서 대피선 설치 가능성을 지상/지하로 단순화하여 구분하는 점 등 기술적 검토사항을 고려하지 못하고 지표간 가중치를 고려하지 않은채 종합평가한 점 등을 지적할 수 있다.

본 연구는 수도권에서 급행열차 도입시 효과평가방법의 절차를 제시하고 간략하게 검토함으로써 향후 급행열차 도입에 따른 효과분석의 한 틀을 제시하는 데에 그 의의를 두고, 향후 구체적으로 분석할 경우 다음과 같은 사항을 고려해야 한다. 첫째, 급행도입 우선축 선정시 평가지표의 개발과 종합평가 방법론 개발, 둘째, 열차특성과 노선특성을 고려한 시뮬레이터의 개발, 셋째, 공로로의 전환수요를 고려한 수요증감효과와 편익 산정, 넷째, 이용자의 관점과 운영자의 관점을 동시에 고려한 경제성 분석 등의 연구가 필요하다.

참고문헌

- 김경철, “도시철도론”, 노해출판사, 2000.
- 김경철, “도시철도 급행화 계획을 위한 기초연구”, 서울시정개발연구원, 1998.
- 김경철, 기존선 개량을 통한 도시철도 속도향상방안 기초연구, 2001.
- 문대섭 외, 기존선 전철화에 따른 중장거리 전차량 운행방안 연구, 한국철도기술연구원, 2000. 12.
- 원제무, 황준환, “급행지하철의 시간절감 효과연구”, 대한민국도 도시계획학회지 국토계획 32권 6호, 1997. 12, pp. 121-130.
- 이창운, “수도권 철도의 건설계획 및 운영체제 개선방안”, 교통개발연구원, 1998.

運輸政策研究機構, 도시철도조사 보고서, 2001.

日本鐵道圖書株式會社, 世界の高速鐵道とスピードアップ,
住田俊介, 1999.

鐵道ジャーナル社, 鐵道とともに50年, 齊藤雅男, 제68회.

鐵道圖書刊行會, 鐵道ピクトリアル, No. 633, 1997. 2.