도시철도의 급행운전 시행방안 연구
A Study on Implementation of rapid service in urban railway(In Seoul Metropolitan area)

후지타 다카요시* 노혁재** 김경철***
Fujita Takayoshi Roh, Hyuk-Jae Kim, Gyeng-Chul

ABSTRACT

This paper aims to suggest the feasibility of rapid operation scheme generated in preceding study, 'A study on development of operation planning for rapid service in urban railway(An introduction)' through application it to present subway lines in Seoul Metropolitan area. In case of line 3, without the Passing Track "Turning train outstrip mode" is the best policy. In case of line 4, with the Passing Trank "Passing track mode" may be the best way to realize the this scheme. Also, there is feasibility in the line 1, line 5, line 6, line 7 but there is no possibility it is applied to line 2 and line 8. In conclusion, this paper is intend to suggest the possibility of rapid operation in urban railway by presenting real operation scheme, time tables and amount of power usage and the number of composing trains and variety of demand,

1. 서 론

본고는 도시철도, 특히 지하철에서 급행운전을 도입하기 위한 구체적인 운전계획 작성목적으로 하며 각종 효과분석을 실시하여 그것의 도입가능성과 타당성을 확인한다. 서울에서는 도시철도의 급행운전에 대한 논의가 많이 있어왔지만 실제로 노선의 조건을 고려하면서 운전계획을 작성한 선행연구사례는 없다. 급행운전에는 다양한 방법이 있으므로 각 노선의 환경에 대응한 방안의 채택이 중요하며, 그에 따른 B/C를 구체적으로 파악한다는 것은 중요하다 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존시설의 변경없이 통과운전만을 응용한 운전계획을 작성한다. 또한 작성된 계획을 기준으로 표정속도·소요시간·소요전력·소요편성·주행거리 그리고 수요변화 각각에 대한 영향을 분석 평가한다. 대상노선으로는 우선적으로 서울지하철 3·4·5·7호선을 검토하며 1·6호선은 추가적으로 검토한다. 2·8호선은 급행화가 곤란하다고 판단하여 대상에서 제외시켰고, 기타 도시의 지하철도 본 연구대상에서 제외한다.

* 서울시정개발연구원 위촉연구원, 정회원
** 서울시정개발연구원 위촉연구원
*** 서울시정개발연구원 선임연구위원, 정회원

2. 접근방안

2.1 목적

본 연구에서는 기존시설의 속도향상을 실현하기 위한 방법으로 대피선없는 통과운전(Skip-Stop)방안만을 고려한다. 통과에 따른 시간단축효과와 급행열차 통과역승객의 대기시간을 각각 비교하여 수요를 분석하며 각 노선의 Skip-Stop실행가능 여부를 판단한다. 본 연구에서는 각 노선에 대해 여러 운전계획의 시나리오를 검토하여 그 중 Skip-Stop의 효과를 극대화 할 수 있는 계획을 선정한다.

2.2 조건

(1) 일반사항

첫째, 기술적으로 실현 불가능한 대안은 고려하지 않으며, 제도적 변경을 필요로 하는 방안은 고려한다. 둘째, 오전 피크시는 평행Dia가 가장 바람직한 방안이라 판단하여 급행운전은 비첨두시만을 대상으로 한다. 셋째, 지하철의 주요한 기능은 언제라도 어디라도 누구라도 이용할 수 있는 완행서비스라 간주하며, 급행서비스는 보완적인 방안으로 생각한다. 넷째, 다른 노선과의 환승은 고려하지 않는다.

(2) 완행관련 사항

완행 운전기준시분은 기존의 값을 사용하였으며, 완행 1시간 운전회수도 현재수준을 유지할 수 있도록 한다. 또한 원칙적으로 완행 최대운전시격은 도심 8분 교외 12분으로 하여 편의성이 떨어지지 않도록 한다.

(3) 급행관련 사항

정차역은 도심지역・환승역・지역대표역을 기준으로 선정한다. 또한 열차풍문제를 억제하기 위해 지하역은 35~55㎞/h로 감속하여 통과한다고 가정한다. 그 경우 통과에 따른 단축시간은 1역당 30~45초로 가정하여 운행시간을 계산한다. 지상역은 통과시 감속이 필요없을 것으로 판단하여 1분의 시간단축이 발생될 것으로 가정한다. 차량은 급행과 완행으로 모두 사용될 수 있으며, 급행운전에따른 추가적인 차량・신호・전기부문에 대한 투자는 고려되지 않는 것으로 한다.

2.3 예상효과분석

새로운 급행운전계획에 따른 효과를 아래 4개 부문으로 나누어 정리한다. 첫째, 시간 및 속도부문으로 시간단축효과(소요시간)와 속도향상효과(표정속도)를 분석한다. 둘째, 타 교통수단에 대한 경쟁력 부문으로 3・4호선에 대해서는 O-D가 같은 승용차와의 소요시간을 비교하여 그 경쟁력을 비교한다. 셋째, 전력 및 주행거리・차량편성수 부문으로 전력감소효과(소비전력지수)와 차량효율성(주행㎞・소요편성수)를 비교・분석한다. 넷째 수요부문으로 급행화에 따른 승객수요의 변화를 거점역을 기준으로 분석한다.

3.구체적 노선 검토

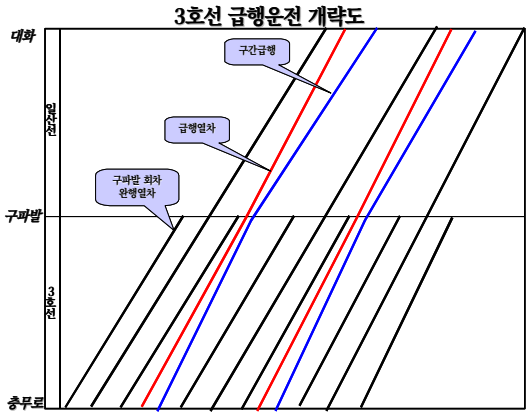
3.1 3·4호선

(1) 3 호선

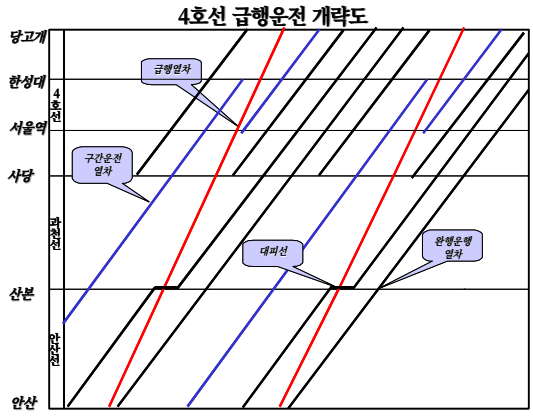
3호선은 현재 운행되는 열차의 1/2혹은 1/3의 열차가 구파발역에서 회차하므로 “회차추월방식”이 가장 바람직하다. 이를 위해 독립문~구파발역 사이에서는 “급행”과 “구간급행”이 격역으로 정차하게 함으로써 소요시간을 단축 할 수 있다. 또한 이 노선의 도심이남지역에서는 급행운전없이 도곡역에서 회차시켜 편성수를 조정한다. 3호선 운전계획의 개념도는 <그림 1>와 같다.

(2) 4 호선

4호선 과천선·안산선의 경우 산본·상록수·안산에 대피선이 설치되어 있으므로 “대피선방식”이 바람직하다. 사당에서는 현재 1/2~1/3의 열차가 회차하고 있기 때문에 “회차추월방식”을 도입한다. 또한 서울역·한성대입구역에서는 구간운전완행열차를 추가하여 회차추월지점을 설정한다. 4호선 운전계획의 개념도는 <그림 2>와 같다.



<그림 1> 3호선 급행운전 개념도



<그림 2> 4호선 급행운전 개념도

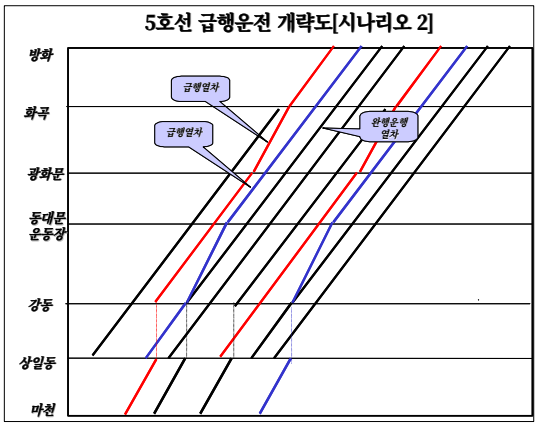
3.2 5·7호선

(1) 5 호선

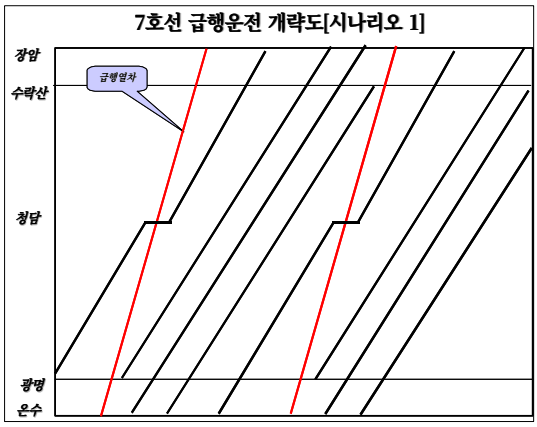
5호선은 동쪽인 강동에서는 두 방향으로 분리하는 노선특성을 고려하여 “시격조정방식”을 채택하였으며, 서쪽인 화곡역에서는 유치선을 활용하여 “회차추월방식”을 도입한다. 이 노선의 특징으로는 동쪽과 서쪽에서 급행운전하는 열차를 분리하여 운행한다. 그에따라 7분으로 완행열차의 운전간격을 유지하며, 또한 급행의 속도향상도 유도한다. 5호선 운전계획의 개념도는 <그림 3>과 같다.

(2) 7 호선

청담역의 2면3선구조에 착안하여 “대피선방식”을 적용한다. 단 북쪽인 수락산~청담역 사이에서는 “회차추월방식”, 서쪽인 온수~청담역 사이에서는 “시격조정방식”을 도입한다. 7호선 운전계획의 개념도는<그림 4>와 같다.



<그림 3> 5호선 급행운전 개념도



<그림 4> 7호선 급행운전 개념도

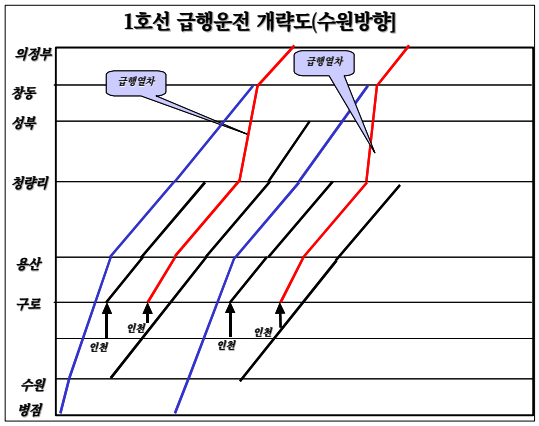
3.3 1·6호선

(1) 1 호선

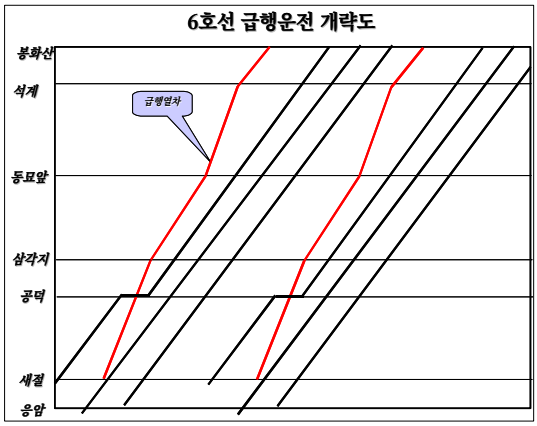
1호선인 경부선에서는 수원에서 운행중인 열차가 대피할 수 있으며, 경인선에서는 복복선을 활용할 수 있다. 또한 경원선에서는 회차시설이 많기 때문에 “대피선·시격조정·회차추월방식”을 종합적 활용한 광역급행수송체계를 구축할 수 있다. 1호선 운전계획의 개념도는 <그림 5>과 같다.

(2) 6 호선

6호선은 새절·대흥~공덕에서 대피선과 같은 기능이 있으며, 그것을 활용하면 <그림 6>와 같은 운전계획을 작성할 수 있다. 그러나 지하공간의 대피에 따른 심리적부담에 대한 승객의 저항감을 감소시킬 수 있는 대책에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다. 6호선 운전계획의 개념도는 <그림 6>과 같다.



<그림 5> 1호선 급행운전 개념도



<그림 6> 6호선 급행운전 개념도

4. 종합

4.1 소요시간·속도향상측면

급행화에 따른 시간단축효과와 속도향상효과는 <표 1>과 같이 요약될 수 있다. 1·4호선에서

는 10분 이상의 시간단축을 기대할 수 있는 반면, 5·7호선에서는 5분 이하의 단축이 가능할 것으로 분석되었다. 또 속도향상 측면에서는 1·4호선이 10㎞/h정도의 효과를 볼 수 있었으나 5·7호선의 경우는 5㎞/h이하의 효과를 나타낼 것으로 도출되었다.

<표 1> SKIP-STOP에 따른 속도향상 효과

노선	구간	거리 (km)	소요시간(분)			표정속도(㎞/h)			수요변화 (통행)
			개선전	개선후	증감	개선전	개선후	증감	
1호선	시청~수원	42.6	57.5	49.5	-8	44.4	51.6	+7.2	+31.80
	시청~인천	39.8	66.0	52.0	-14.0	36.2	45.9	+9.7	-
	시청~의정부	25.2	45.0	40.0	-5	33.6	37.8	+4.2	+22.8
3호선	충모로~대화	33.7	53.5	47.75	-5.75	37.1	42.3	+5.2	+8.21
	충무로~화정	23.8	37.5	34.25	-3.25	38.1	41.7	+3.6	+15.80
	충무로~구파발	13.0	22.0	20.5	-1.5	35.5	38.0	+2.5	+5.31
4호선	충무로~안산	47.6	72.5	58.0	-14.5	39.1	49.2	+10.1	+21.25
	충무로~산본	30.4	50.5	42.25	-8.25	35.8	43.2	+7.4	+37.54
	충무로~과천	18.6	32.5	26.5	-6	34.3	42.1	+7.8	+9.78
5호선	광화문~김포공항	22.0	40.0	37.0	-3	33.0	35.7	+2.7	+28.60
	광화문~상일동	21.2	39.0	36.0	-3	32.6	35.3	+2.7	+10.10
	광화문~군자	11.1	20.5	18.5	-2	32.5	36.0	+3.5	+8.08
6호선	삼각지~응암	13.9	27.5	21	-6.5	30.3	39.7	+9.4	+3.46
	삼각지~수색	11.0	22.0	16.0	-6.0	30.0	41.25	+11.25	+6.01
	삼각지~석계	12.2	25.0	21.5	-3.5	29.3	34.0	+4.7	+2.10
7호선	청담~도봉산	20.6	37.5	32.0	-5.5	33.0	38.6	+5.6	+13.38
	청담~가리봉	19.0	34.5	31.0	-3.5	33.0	36.8	+3.8	+4.76
	청담~온수	24.9	45.0	41.0	-4	33.2	36.4	+3.2	+2.55

4.2 타 교통수단과의 경쟁력

3, 4호선에 대해서만 급행화에 따른 타 교통수단과의 경쟁력을 분석하여 비교하였다. 3호선은 대화역~충무로 47분, 원당~충무로 31분으로 분석되어 경로선택의 불확실성이 없다는 점과 운행정시성을 고려하면 승용차의 각각 46분, 40분에 비해 비슷하거나 약간의 우위를 나타내어 경쟁력을 확보할 수 있다고 판단하였다. 또한 4호선도 안산~서울역 52분, 안산~충무로는 57분으로 분석되어 승용차의 각각 50분, 54분과 거의 같은 경쟁력을 보일 것으로 분석되었다.

4.3 전력소비량, 주행거리, 소요편성수

급행화에 따른 주행거리와 전력소비량의 관계를 보면 대부분 지상구간을 주행하는 1호선이 주행거리가 23.4%증가하였다. 그러나 전력증가는 1.4%의 증가밖에 발생되지 않았다. 이와 비슷하게 3, 4, 7호선도 주행거리 증가에 비해 전력소비는 증가는 작을 것으로 분석되었다. 그러나 5호선의 경우 효과가 미미할 것으로 분석되었다. 소요편성수를 분석해 본 결과 모든 노선에서 비첨두시의 유휴차량을 투입할 경우 새로운 운전계획대로 운전이 가능할 것으로 판단되며, 특히 4호선의 경우는 오히려 1편성 감소될 것으로 분석되었다.

<표 2> 중기대책(SKIP－STOP운전)에 따른 전력소비량 변화

노선	종별	구간	급행소요전력지수	주행거리 (편도, 1시간)	소요전력지수 (거리를 지수로 대용함)	소요편성수
3호선	급행	수서～대화 (전구간)	**86.753** 88.458	528.6㎞→563㎞ (+6.5%)	528.6㎞해당전력→**535.4**㎞해당전력 (+1.3%)	36편성(+3)
	구급	도곡～대화 (전구간)	**92.155** 94.119			
4호선	급행	당고개～안산 (전구간)	**59.883** 62.791	690㎞→807.4㎞ (+17%)	690㎞해당전력→**755.2**㎞해당전력 (+9.4%)	33편성(-1)
5호선	급행	방화～상일동 (전구간)	**90.697** 93.024	556.8㎞→611.7㎞ (+7.9%)	556.8㎞해당전력→**591.4**㎞해당전력 (+6.2%)	42편성(+4)
7호선	급행	장암～온수 (전구간)	**68.293** 75.609	545.2㎞→571.8㎞ (+4.9%)	545.2㎞해당전력→**532.2**㎞해당전력 (-2.4%)	38편성(+1)
1호선	급행	의정부～인천 (전구간)	**60.000**	945.5㎞→1167㎞ (+23.4%)	945.5㎞해당전력→**958.6**㎞해당전력 (+1.4%)	56편성(+4)
6호선	급행	새절～봉화산 (전구간)	**75.806** 65.591	421.1㎞→398.7㎞ (-5.3%)	421.1㎞해당전력→**378.7**㎞해당전력 (-10.1%)	24편성(+1)

주: 급행소요전력지수는 완행소요전력을 100으로 할 때 급행이 소요하는 전력의 비율임. 4번째 열의 상단 수치는 지하역 통과시를 나타내며 전력이 약1/3절약됨, 하단수치는 지하역 통과시를 나타내며 전력이 1/2절약됨

4.4 수요증가

승객수요는 <표 1>에서 볼 수 있는 것처럼 도심거점역을 기준으로 하는 경우 약간의 증가를 나타낼 것으로 분석되었다.

5.결론

이상 분석한 결과에 따라 급행운전의 타당성을 경제·사회·공학·제도·시기적으로 구분할 때 3·7호선이 가장 높은 타당성을 가지고 있다고 판단되며, 다음으로 4·5호선에 급행운전의 타당성이 있다고 볼 수 있다. 1호선은 대부분 철도청구간이며 운전계획 관리가 어려운 점, 6호선은 승객수요자체가 작아 급행화의 영업리스크가 크기 때문에 급행화 실행이전에 이를 보완할 수 있는 방안이 사전에 마련되야 할 것으로 판단된다. 2호선은 순환선이며 완행의 고밀도 운전이 제일 차적으로 필요하다는 점을 고려한다면 현 상태로 운행되는 것이 가장 적합하며, 8호선의 경우는 노선연장이 짧고 노선단독의 급행운전에는 의미가 없는 점을 감안하면 급행운행에 타당성은 없다고 판단할 수 있다. 물론 이것은 급행화를 실시하기 위한 한 방안이며 다른 개념에 입각한 운전계획도 고려될 수 있을 것이며, 그에 따른 B/C 본 방안과는 큰 차이가 생길 수 있는 가능성을 배제할 수는 없다. 그러나 이번 연구 결과로서 수도권을 포함한 서울에서도 기술적으로 가능한 범위에서 완행운전을 유지하면서 급행운전을 도입할 수 있으며, 이에대한 긍정적인 평가가 나온 것은 앞으로의 급행운전 도입에 바람직한 방향을 제시할 것으로 생각된다. 이를 바탕으로 철도운용주체 당사자의 보다 상세한 연구와 접근이 전개되길 기대한다.

참고문헌

서울특별시(2003)“서울교통시스템개편 설행방안(지하철 급행화)”,연구보고서