

완급행운전패턴 다양화를 통한 서울시철도 9호선 운행다이어 개선 연구

Study of Improving the Operation Diagram of Seoul Metro Line 9 by Diversifying Train Patterns

한석인[†] · 이동근*

Suk-In Han · Dong-Keun Lee

Abstract The government makes an effort to disperse the centralization of Seoul through the its surroundings development for relieving the various social problems caused by the capital region concentration. But, the planless rail system development in the capital region have made it difficult to approach into Seoul city center from its surroundings. Through Seoul metro line 9, constructed by private company first in Korea, that has operation plan with normal and express train together, we would like to study up on promotion of passenger service quality such as “the improvement of the accessibility to Seoul city center from its surroundings” and “service of various pattern of trains”.

Keywords : Train operation pattern, express train, deviated track

요 지 정부는 수도권 집중화로 인해 야기되는 각종 사회문제들을 해결하기 위해 주변지역의 개발을 통한 서울 집중화를 분산시키려는 노력을 하고 있지만, 수도권의 구먹구구식 철도개발은 주변지역에서 서울중심으로의 접근을 어렵게 만들고 있다. 이에 국내 최초로 완행, 급행열차가 혼용 운행하는 서울9호선 운영계획을 통하여 “주변지역으로부터 서울도심으로의 접근성 향상” 과 “다양한 열차 패턴 서비스” 등과 같은 승객서비스질 향상에 대해 생각해 보고자 한다.

주요어 : 열차운행패턴, 급행열차, 대피선

1. 서론

현재 정부의 지속적인 규제에도 불구하고 수도권으로의 경제적, 사회적 집중현상이 계속 진행 중이며, 이로 인해 심각한 주택 및 교통문제를 야기하고 있는 실정이다. 정부는 수도권의 균형적 발전을 위해 행정중심복합도시 건설, 공공기관 지방이전 등 서울 중심적 공간구조를 다핵연계형 공간구조로 전환을 통해 서울 및 주변지역의 과밀 완화를 유도하고 있지만¹⁾, 1980년대 후반부터 수도권의 교외화 및 광역화 현상이 본격화되면서 난개발로 인해 많은 문제를 야기하고 있으며, 경인, 경수축을 중심으로 시작된 택지개발이 분당, 일산, 평촌, 산본, 중동 등 5개 신도시로 이어지고 급기야 용인 남부축과 문산, 파주축으로 개발이 확산되

고 있어 생활권이 도시 반경 30~40km 권역까지 확대되고 있다²⁾.

그간 대도시권의 교통난을 해결하고자 5년 단위의 광역교통계획을 수립하여 광역교통시설을 지속적으로 확충하여 왔으나, 대도시권의 확대에 따른 교통량 증가 및 신도시개발 등에 따른 지역 간의 광역적 교통수요가 지속적으로 증가하고 있다. 지난 10년간('95→'04) 전국 인구증가율이 0.7%인데 비하여 수도권 증가율은 1.3%이며, 수도권의 자동차 증가율은 6.2%로 인구증가율을 4.8배 상회하여 교통난이 갈수록 심화되고 있으며, '96부터 '02년까지 대중교통 수송 분담률은 감소(53.5%→52.6%)하였으나, 승용차 분담률은 증가(29.3%→32.9%) 추세에 있다. 그러나 현 수준의 수도권 교통체계로는 급증하는 수요에 효과적으로 대처할 수 없는 상황이며, 토지개발이 선행된 후에 교통시설을 공급하는 일련의 과

* 책임저자 : 정희원, 현대로템(주) E&M영업담당이사

E-mail : sihan@hyundai-rottem.co.kr

TEL : (02)3464-7180 FAX : (02)3464-7585

* 교신저자 : 정희원, 현대로템(주) E&M기술영업팀 과장

1) 건설교통부(2006), “제3차 수도권 정비계획(2006~2020),” p.27.

2) 교통개발연구원(2004), “수도권 교통체계 개편 장기구상 연구.”

정은 교통 소통을 더욱 악화시키는 등 문제점을 수반하고 있다.

사회, 경제, 문화 활동에 대한 공급이 중심도시인 서울에 집중됨으로써 서울로의 통근, 업무, 위락 통행으로 인한 교통혼잡을 야기하고 있다. 특히 규제 위주의 수도권 정책과 무계획적 난개발로 인해 광역교통시설의 부족과 도시공간 구조의 비효율성을 초래하였으며, 분당 신도시의 6배에 달하는 용인 서북부 개발지역처럼 기존 교통시설에 기생적 연담화는 서울중심 생활권의 수평적 확산을 가져와 서울집중 교통 혼잡을 발생시키고 있다.

도로교통이 자동차증가와 도로증가의 악순환을 계속하는 것은 세계의 도시교통문제의 경향으로 보아도 명백한 사실이지만 그 대체교통수단으로 볼 수 있는 철도도 기존 노선의 수송량의 증가와 신규노선의 건설비 확보 등 해결해야 되는 많은 문제점이 있는 것이 사실이다. 서울의 경우, 현재 200km 이상의 지하철 및 전철을 20년 이내에 완성시키며 세계 지하철도시의 하나로서 성장했지만 아직도 충분한 서비스를 제공하지 못하고 있으며 이로 인해 시민의 외면을 받고 있는 실정이다.

이런 지하철과 수도권전철이 가지고 있는 문제 중의 하나가 교외지역에서 서울중심으로 신속히 연결하는 급행운전이 존재하지 않는 것이다. 수도권은 정책적인 관점에서 교외지역에 기능 재분배를 진행하며 많은 주변 신도시가 생겨 왔지만 시내에서 30km 이상 떨어진 BED-TOWN에서 지하철을 타고 서울로 통근하기 위하여 1시간이상 필요한 실정이다. 급행운전의 부재로 인해 표정속도가 30km/h 밖에 되지 않으며 혼잡한 전철로 출퇴근하는 쾌적하지 못한 환경에 비해 신도시에서 도심부까지는 넓은 도로가 통해 자가용이나 광역버스 등이 널리 이용되고 있어 서울에서는 지하철이 도로혼잡에 대한 대체수단이 되지 못하고 있다.

수도권이 갈수록 확산되고 광역화가 진행되고 있지만, 수도권을 망라하는 전철망은 여전히 완행위주로 운행되어 광역화 및 다양한 승객욕구에 전혀 대응하지 못하고 있으며, 최근 서울시 버스 운행체계의 개편에 따른 속도향상으로 전철의 경쟁력이 낮아지고 있는 것이 현실이다. 따라서 다양한 열차운행 패턴 개발을 통하여 승객에게 다양한 서비스 제공이 절실한 실정이다.

금번 국내 최초 지하철 민자사업인 서울시 9호선 개통을 통해 운행서비스를 시작하게 되어 이러한 승객 욕구에 부응하는 계기를 마련하게 되었지만, 개통이후 승하차 수요 및 완급행 차량별 승객이용현황 조사결과 현재 완급행 다이아로는 다양한 승객 욕구를 충족시키기에는 미흡한 실정이다.

이번 연구에서 상기에서 조사된 역별 승하차 수요 및 완급행 차량별 승객이용현황을 바탕으로 서울시 9호선에 적합하고 승객의 욕구를 최대한 충족시킬 수 있는 완급행 운행다이아를 제시하고자 한다.

2. 국내외 사례 검토

2.1 국내 도시철도 급행사례

현재 도시철도의 급행운전은 서울수도권에만 부분적으로 실시 중이다.

구체적으로 본다면 경부선 서울~천안과 경인선 용산~동인천구간이며, 경부선은 서울 지상역 기준, 경인선은 용산역 까지만 운행되므로 시내구간으로 접근을 위해 급행운전 서비스를 이용할 수 없는 상황이다. 또한 경부선은 급행운행회수가 적어 장거리 승객에 대해 실질적인 도움이 되지 못하고 있으며, 경인선의 경우는 많은 정차역으로 인해 속도향상효과가 미미한 상태이다. 더욱이, 국내엔 아직 공간의 효율적 활용이 가능한 대피선을 활용한 급행운행 사례는 없는 실정이다.

2.2 외국 도시철도 급행사례

도시철도 급행운전 사례는 세계각지에서 볼 수 있으며 특히 동경과 파리가 대표적이다.

일본에서는 1930년대부터 도시철도 급행운전의 경험이 있으며, 동경, 오사카, 나고야, 후쿠오카 등 JR이나 주요 사철 간선에는 다양한 급행운전이 지속적으로 시행되어 오고 있다. 시내지하철에서는 도쿄메트로(舊영단) 토자이선(東西線)이 대표적이며, 토자이선은 비피크시간대에 노선 외곽 구간 7개역을 통과하는 급행열차를 완급비율 2:1로 운행하고 있으며 피크시간대에는 정차역이 좀 더 많은 통근급행을 운행하고 있다.³⁾ 프랑스에서는 급행지하철(RER)이 파리도심과 공항 등 교외거점을 연결하고 있다. 급행지하철은 도심부에서는 전용선을 가지고 있으며, 국철 구간에서는 역간 간격을 3~4km로 유지하고 있으며, 선형도 좋기 때문에 일반 철도와 같은 운전방식으로 2층 차량을 이용하여 교외수송을 실시하고 있다.

2.3 국내외 비교

한국과 일본의 도시철도를 비교할 경우 급행운전의 유무에 따라 서울은 30분 권역이 20km, 1시간 권역은 30~40km에 지나지 못한 반면 동경은 50~100km권의 중소도시도 통

3) 박정수, 한우진(2008), "영업 및 운전 중심의 서울 지하철 9호선 개선 방안 연구," 한국철도학회 논문집, 제 11권, 제 5호 pp. 482-488.

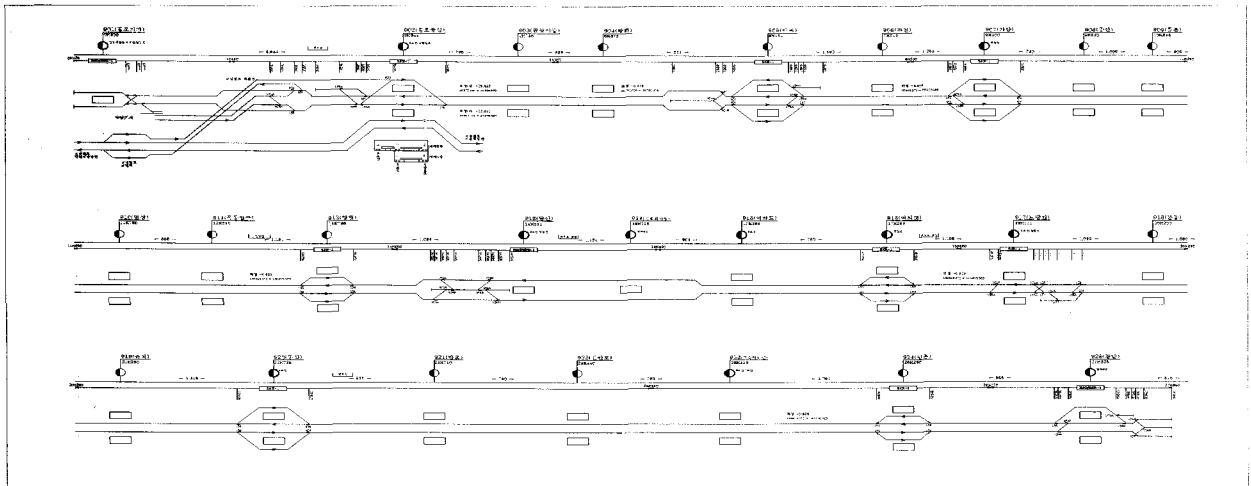


Fig. 1. 서울시9호선 배선약도

근권으로 포함되어 있으며, 오사카도 50km권의 주변도시와의 높은 연결성을 유지하고 있다).

서울에서도 철도가 없는 지역으로 통근권이 확대되어 있지만 승용차나 버스로 출퇴근할 수밖에 없어 가용토지의 한계는 물론 연료 과소비에 따른 환경 악화, 정시성의 상실에 따른 시간낭비, 교통사고, 도심부 교통체증 및 주차시설 고갈 등을 야기하고 있다.

3. 운전다이어 프로그램 소개

3.1 프로그램 일반

① 사용프로그램

Railsys 3.0 (독일 RMCON사)

② 용도

- 차량, 노선 및 신호 데이터를 입력하여 차량간 간섭을 고려한 완급행 운영다이어 작성
- 다양한 배선 및 패턴에 따른 열차 운영을 컴퓨터 상에서 시뮬레이션 및 다이어 생성

② 프로그램 주요 사용자

- EBA (Federal Office for Railway, Germany)
- Deutsche Bahn AG (German Railways)
- State Rail Authority (Australia)
- S-Bahn Berlin GmbH (MetroRailBerlin, Germany)
- Alstom (France)
- Connex (Australia) 외 다수의 철도 운영 및 컨설팅 회사에서 사용 중

3.2 입력데이터

① 서울시 9호선 노선현황

- 1) 구간: 강서구 개화동~강남구 논현동(김포공항~반포)
- 2) 노선연장(공칭): 약 25.5km
- 3) 정거장: 25개소
- 4) 차량기지(종합사령실포함): 1개소 (김포차량기지)

② 열차운행계획

1) 운행구간

- 가) 완행: 901정거장 ↔ 925정거장
- 나) 급행: 902정거장 ↔ 925정거장

2) 정차방법

- 가) 완행: 각 역정차
- 나) 급행: 시종점역 포함 9개역 정차
(902, 907, 910, 913, 915, 917, 920, 923, 925)

3) 완행열차 대피역

905, 907, 912, 916, 920, 924 등 6개역

4) 역정차시분

30초 적용: 902, 907, 910, 913, 915, 917, 920, 923, 925
 25초 적용: 나머지역

3.3 결과물

상기 프로그램을 사용하여 다이어 작성시 아래와 같은 결과물을 컴퓨터 상으로 확인하여 최적의 다이어를 작성할 수 있도록 한다.

- 1) 역간 운행시간
- 2) 급행열차 추월시 완행열차 대피시간
- 3) 최소 운전시력 등

4) 후지타 다카요시(2001), “일본 도시철도 급행운전에 관한 비교 연구.”

4. 서울시9호선 완급행 운전방안

4.1 개통기준 완급행운행계획

서울시 도시철도 9호선 개통을 즈음하여 국내 최초로 교외 승객이 신속하게 도심으로 진입할 수 있도록 대피선을 활용한 완급행 혼용운행이 시작되었다.

초기 기본설계시 검토된 계획다이아그램에서는 Fig. 2와 같이 완행과 급행이 1:1의 비율로 완행의 경우는 각 역(25개역)에 정차하고 급행의 경우는 환승역 등 주요역(9개역)에 정차하도록 계획되었다.

급행 9분, 완행 9분(평균 4.5분 시격)으로 운행되며, 총 통행시간은 완행의 경우 김포공항역에서 신논현역까지 45분 가량 소요되며, 급행을 이용할 경우 30분가량 소요된다. 이 구간을 승용차를 이용해 이동한다면 40여분이 소요되고, 버스를 이용할 경우에는 64분가량 소요되므로 급행열차를 이용할 경우 승용차보다 훨씬 우위에 있다고 할 수 있다.

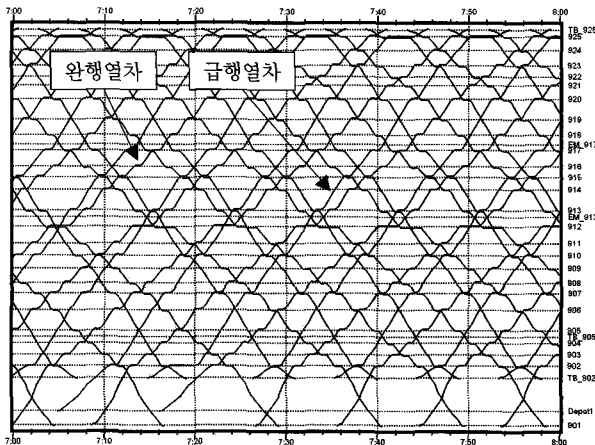


Fig. 2. 기본계획다이아그램

그러나 급행을 이용할 경우 김포공항과 서울 도심을 30분 내에 연결하는 장점을 가지고 있지만, 급행이 정차하지 않는 일반역으로 가려고 하면 속도 향상의 효과를 그다지 볼 수 없다. 또한 완행과 급행이 교차되는 912정거장(선유도)에서는 열차시격이 길어지는 단점이 있다.

이를 보완하기 위해 서울시 9호선 운영회사에서는 완급행이 1:1로 운행하는 열차운행다이아그램 외에도 개통시 최적의 열차운행다이아그램을 운용할 수 있도록 완행열차와 급행열차 운행비율 및 정차시간 조정, 침두시 운행변경 등 각종 운행 형태별로 열차 운행다이아그램을 작성하여, 운영기관이나 승객에게 가장 합리적이고 타당한 열차운행 다이아그램을 제공하기 위해 Table 1과 같은 다양한 패턴의 운행방안을 검토하였다.

Table 1. 서울시9호선 열차운행다이아그램 검토안

구분	운전시격(분)		정차시간(초)		운행조건	
	RH	NH	일반역	환승역		
기본안	4.5	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 1:1혼용	
1안	평일	4.5	6.0	25	30	RH:완행만 운행 NH:완행,급행 1:1혼용
	휴일	6.0	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 1:1혼용
2안	평일	4.5	6.0	25	30	RH:완행만 운행 NH:완행,급행 2:1혼용
	휴일	6.0	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 2:1혼용
3안	평일	4.5	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 3:1혼용
	휴일	6.0	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 3:1혼용
4안	4.5	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 1:1혼용	
5안	4.5	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 2:1혼용	
6안	4.5	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 3:1혼용	
7안	5.0	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 1:1혼용	
8안	5.0	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 2:1혼용	
9안	5.0	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 3:1혼용	
10안	평일	4.5	6.0	20	30	RH:완행만 운행 NH:완행,급행 1:1 혼용
	휴일	6.0	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 1:1 혼용
11안	평일	5.0	6.0	20	30	RH:완행만 운행 NH:완행,급행 1:1 혼용
	휴일	6.0	6.0	20	30	RH,NH:완행,급행 1:1 혼용
12안	4.5	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 2:1혼용	
13안	5.0	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 1:1혼용	
14안	5.0	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 2:1혼용	
15안	5.0	6.0	25	30	RH,NH:완행,급행 3:1혼용	

※ RH: Rush Hour NH: Non-rush Hour

검토된 Table 1의 방안에서 전문가 심의 등 다양한 협의 를 통해 3안)의 완급행 3:1 운행을 기본으로 하여 개통년도 부터 완행이나 급행을 이용하는 모든 승객들에게 불편함 없이 서울시 9호선을 이용할 수 있도록 Fig. 3의 운행다이아그램을 확정 개통하게 되었다.

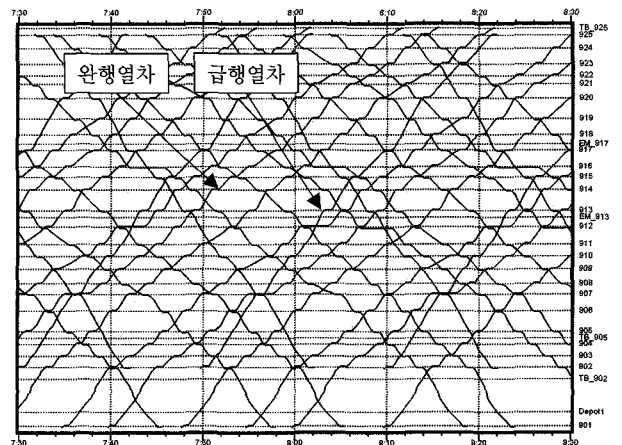


Fig. 3. 실제 개통 다이아그램

개통 다이아가 3안)으로 확정된 사유는 기본계획다이아의 경우 첨두시 912정거장 같은 경우 차량이 9분시격으로 운행되므로 출퇴근시 승객의 많은 불만을 야기 할 것이라는 우려 때문이었다.

따라서, 개통기준 첨두시 완행열차의 운행시격은 4-10분으로 급행열차의 운행시격은 20분으로 운행되며, 기본계획안의 급행위주 운행에서 완행이용승객을 고려하여 완행비율을 다소 높게 조정하여 열차간 시격이 많이 벌어지지 않도록 하였다.

4.2 특급을 추가한 개선 완급행운행계획

상기 개통다이아의 적정성을 파악하기 위해 개통이후 한 달간 수송수요를 조사하여 실제 승객의 이용패턴을 분석하였다. 기본 계획안에서 예측된 순승차 인원 대비 실제 개통시 순승하차 인원을 비교 분석하여 승객들이 원하는 서비스를 파악하였다.

Table 2. 서울시9호선 역별순승차인원('09년 8월 기준)

정거장	구분	예측치		실측치		
		순승차	순하차	순승차	순하차	
901	개화	일반역	1,136	1,136	1,980	1,189
902	김포공항	급행역	4,501	4,884	4,253	4,032
903	공향시장	일반역	6,001	6,018	1,950	1,943
904	신방화	일반역	4,019	4,228	2,764	2,611
905	마곡나루	일반역	8,118	8,375	미개통	미개통
906	양천향교	일반역	8,420	8,544	4,007	3,539
907	가양	급행역	12,807	12,807	10,518	9,952
908	중미	일반역	7,136	7,136	3,963	3,886
909	등촌	일반역	11,001	11,001	7,420	6,542
910	염창	급행역	11,340	11,340	7,146	7,167
911	신목동	일반역	5,143	5,036	3,106	2,816
912	선유도	일반역	9,768	9,768	2,971	3,147
913	당산	급행역	4,817	5,004	7,245	6,369
914	국회의사당	일반역	8,719	8,719	8,330	7,709
915	여의도	급행역	7,358	7,647	7,599	6,274
916	셋강	일반역	8,722	8,722	3,261	2,932
917	노량진	급행역	6,083	6,485	12,393	14,319
918	노들	일반역	7,850	7,773	2,872	2,302
919	흑석	일반역	13,304	13,380	4,532	4,599
920	동작	급행역	1,105	1,108	963	729
921	구반포	일반역	2,835	3,250	1,747	1,928
922	신반포	일반역	4,898	4,898	1,765	1,660
923	고속터미널	급행역	1,791	1,673	7,697	5,819
924	사평	일반역	4,726	5,351	1,419	1,329
925	신논현	급행역	4,026	3,989	15,643	15,301

한 달간 순승하차 인원의 실적을 집계한 결과 기본계획 대비 급행이용승객은 178% 완행이용승객은 54%로 산출되었다. 또한 열차 내 혼잡율을 조사한 결과 완행열차의 혼잡율은 첨두시를 제외하고는 대부분 시간대에서 100% 미만으로 운행되고, 급행열차의 경우는 전시간대 걸쳐 도심구간 150% 이상 승객혼잡율이 발생하고 있다. 상기 결과를 토대로 승객들은 완행열차보다는 급행열차 이용을 선호하고, 완급행간 갈아타는 불편을 감수하더라도 목적지까지 신속하게 이동하기를 원하고 있다는 것을 알 수 있다.

현재 개통다이아도 이러한 승객의 욕구를 충족시키기에 다소 미흡한 면이 있기에 상기 조사내용을 토대로 다양한 승객서비스를 제공할 수 있는 완급행 계획을 검토하였다.

우선, Table 2를 바탕으로 아래의 그래프를 도출하였으며, 최대 승객수요가 발생하는 역이 가양(907), 노량진(917), 신논현(925)의 3개역임을 알 수 있다.

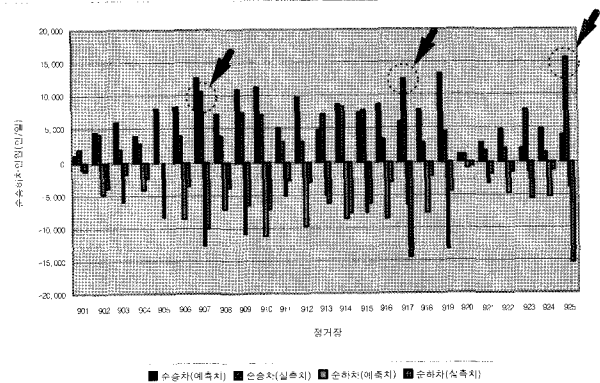


Fig 4. 서울시9호선 역별 순승하차인원 비교(계획대비)

따라서 상기 3개역 및 김포공항을 포함한 주요 4개역을 운행하는 특급열차를 추가 투입하고, 기존 주요환승역을 경유하는 급행열차를 두어 2개의 급행패턴으로 다양하게 운행함으로써 급행열차를 이용하는 승객들에게는 다양한 선택의 기회 및 신속한 운행 서비스를 제공하고, 완행열차를 이용하는 승객들에게도 완급행시격의 공백으로 인해 불편을 느끼지 않게 하면서 전체적인 표정속도 향상을 통해 승객서비스 질을 높일 수 있는 다이아를 Fig. 5에서 검토하였다.

만약 Fig. 3의 개통다이아를 이용해 902역에서 924역으로 최단 시간 내에 가려고 한다면 급행을 타고 913역에서 내려 완행으로 갈아타면 약 38분 정도 소요되고, Fig. 5의 개선다이아를 이용해 902역에서 924역으로 이동할 수 있는 최단경로는 특급열차를 타고 917역에서 내려 완행으로 환승하는 경로이며 약 28분가량 소요되는 것을 알 수 있다.

또한 특급열차를 이용할 경우 김포공항에서 신논현까지 24분에 도달하여 기존 급행열차보다 운행시간을 6분이나 단축할 수 있다. 더욱이 급행시각이 20분에서 10분으로 단축되어 급행열차의 혼잡율이 완화되는 효과를 볼 수 있다.

이와 같이, 다양한 패턴의 급행을 운행하여 급행 정차역을 이용하는 승객뿐만 아니라, 급행이 서지 않는 중간역 이용 승객들도 완행과 급행을 환승함으로써 속도향상의 효과를 거둘 수 있게 할 수 있다.

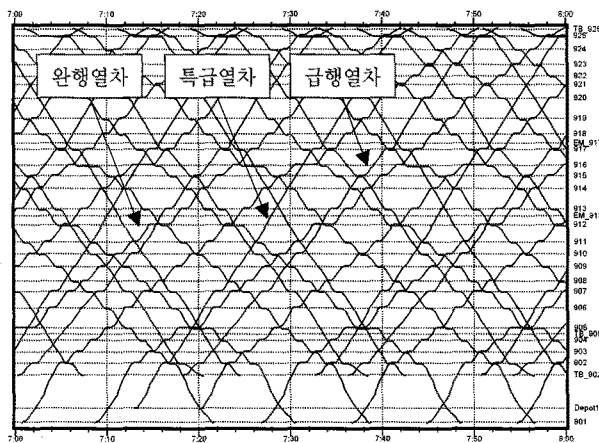


Fig. 5. 개선안- 다양한 패턴을 고려한 9호선 운행다이아

아래의 Table 3과 같이 개통시 운행다이아 대비 개선 운행다이아의 개선 내용에 대하여 비교 검토하였다. 결과에서 알 수 있듯이 특급열차의 추가 투입으로 인해 빠르게 도심으로 접근하고자 하는 승객의 욕구를 다소나마 충족시킬 수 있을 것으로 예상된다.

Table 3. 특급열차 추가에 따른 개선내용

항 목	개통다이아	개선다이아
최대수요 발생구간 최단이동시간(907-917-925)	23분	19분
완행이동시간(902-924)	약 38분	약 28분
최고혼잡구간 차량 혼잡율	280%	140%

5. 결론

현재 일본을 비롯한 세계 각국의 지하철은 다양한 방식의 급행운전 실시로 도시 광역 수송의 일부를 담당하고 있으며, 서울시 9호선의 경우도 국내 최초로 건설단계에서부터 완급행 혼용운행을 계획하여 성공적 개통에 이르렀다. 정부에서도 2006년 발표한 제3차 수도권정비계획에서 전철망의 광역화를 위해 급행열차의 운행 확대 등을 통한 열차망 이용의 효율을 높이고자 향후 건설되는 광역전철은 일반 열차와 급행열차의 병행운행이 가능하도록 설계하고, 현재의 운영시스템에서 급행열차의 운행 확대해 나갈 방침이다.

그 시범무대가 되는 서울시 9호선 완급행 운행의 성공적 수행은 한국 철도발전의 밑거름이 되리라 생각되며, 이를 위해 상기에서 검토되고 있는 다양한 운전패턴의 면밀한 검토를 통해 최적의 운전다이를 도출하여 수도권 전철 승객의 욕구에 충족될 수 있는 승객서비스 및 속도 향상에 힘써야 하겠다.

그러나 노선 및 구간의 특성에 따른 제약이 강하므로 각 노선에 적합한 최적방안을 작성하기 위해서는 보다 상세한 방안의 연구가 요구되며, 서울시 9호선의 경우는 지하철 최초의 민자사업으로 수입 측면을 고려하지 않을 수 없을 것이다.

따라서 지하철의 고밀도/고빈도 수송이란 사명과 교외철도의 탄력성 및 속도 향상이란 특성을 어떻게 현실성 있는 방안으로 구체화할 수 있는지는 추가 검토가 필요하며, 추후 운영을 통해 축적된 수요 OD데이터를 이용하여 승객들의 이동 경로를 면밀히 파악함으로써 이에 적합한 급행운전 패턴을 개발, 보완 되어야 하겠다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2006), “제3차 수도권 정비계획(2006-2020).”
2. 교통개발연구원 (2004), “수도권 교통체계 개편 장기구상 연구.”
3. 박정수, 한우진 (2008), “영업 및 운전 중심의 서울 지하철 9호선 개선 방안 연구,” 한국철도학회 논문집, 제 11권, 제 5호, pp. 482-488.
4. 후지타 다카요시 (2001), “일본 도시철도 급행운전에 관한 비교 연구.”

접수일(2009년 10월 9일), 수정일(2009년 12월 8일),
게재확정일(2010년 2월 19일)