OD데이터를 활용한 급행화 방법별 시간효용성 비교에 관한 연구

The study on the comparison that which method is efficient or not regarding the express routes ,utilizing OD data

양시욱*†, 한은총*, 강준석*, 남종우*

Siwook Yang*†, Eunchong Han*, Junseok Kang*, Jongwoo Nam*

Abstract After Seoul Metro line No.9 be opened, Express railway limited to only Metropolitan railway begins to be applied to Urban railway. Even if there are many studies to make Urban railway Express railway, there aren't carried examples. SKIP-STOP method has not been applied, while the additional method used in Gyeongin Line and the side-track method used in the Gyeongbu line and Seoul Metro line No.9 has been being applied. In this study, We deducted travel time of each method and found saving time of people through multiplying saving time by the number of moving passengers between stations, supposing Express railway of Seoul Metro 3. We studied the effective value of the SKIP-STOP method from the average benefit time per head. As a result, We found that the effective value of the side-track method is higher than any other method.

Keywords **:** Express, OD-data, Urban railway, SKIP-STOP, Benefit time

초 록 서울도시철도 9호선 개통 이후 광역철도에 국한되어 있던 급행철도가 도시철도에도 적용되기 시작했다. 그래서 도시철도를 급행화 시키기 위해 많은 연구가 이루어졌으나, 추진된 사례는 없다. 국내에선 경인선에서 사용하고 있는 별도선 방식, 경부선과 9호선 등에서 사용하는 대피선 방식이 사용되고 있지만, SKIP-STOP 방식은 적용된 사례가 없다. 본 연구에서는 서울도시철도 3호선의 급행화를 가정하여 각 방법별 이동소요시간을 도출하였고, 완행대비 절약시간과 역간 승객이동 수를 곱하여 수송인 절약시간을 구하였다. 급행화 방법별 승객 1인당 평균 이익시간을 바탕으로 SKIP-STOP 방식의 효용가치를 연구하였으며, 그 결과 대피선방식의 효용가치가 가장 높은 것으로 나타났다.

주요어 : 급행화, OD데이터, 도시철도, SKIP-STOP, 이익시간

1. 서 론

2009년 '서울도시철도 9호선'의 개통으로 경인, 경부 등 역간 거리가 긴 광역철도에만 적용되어왔던 급행철도가 도시철도에도 적용되기 시작하였다. 이후 도시철도에 급행화를 도입하기 위해 많은 연구가 이루어졌으나 도시개발이 완료된 상태에서 대피선공사는 불가능하기 때문에 처음부터 급행화를 계획한 9호선을 제외한 도시철도에서 급행을 도입한 경우는 없다. 급행화 방법에는 별도선 건설 방식, 대피선 건설 방식, SKIP-STOP 방식 등 크게 3가지로 나뉘는데, 국내에선 경인선이 별도선방식을, 경부(수원 이남), 경의중앙, 9호선 등이 대피선방식을 사용 중이다. 하지만 SKIP-STOP 방식은 국내에선 사용되고 있지 않다. 따라서 본

† 교신저자: 우송대학교 철도차량시스템학과(gik0407@naver.com)

* 우송대학교 철도차량시스템학과

연구에서는 3호선 ‘대화-양재’간 역간이동승객데이터(OD:origin-destination)를 사용하여 각 급행화 방법별 이익시간을 도출하여 SKIP-STOP 방식과 타 방식과의 이익의 정도를 비교하고 SKIP-STOP 방식의 효용가치를 서술하려고 한다.

2. 본 론

2.1 급행화의 종류

2.1.1 별도선 방식

‘경인선’에서 사용되고 있는 방식으로 선로를 복복선으로 부설하여 완행선로와 급행선로를 구분을 짓는 방식이다. 복복선으로 설치해야 하기 때문에 막대한 공사비용이 들지만 표정속도가 다른 열차간 종속되어있지 않기 때문에 기준정차시간(약 30초)을 지킬 수 있으며 상황에 따라 급행정차역의 변경이 쉽게 가능하다는 장점이 있다.

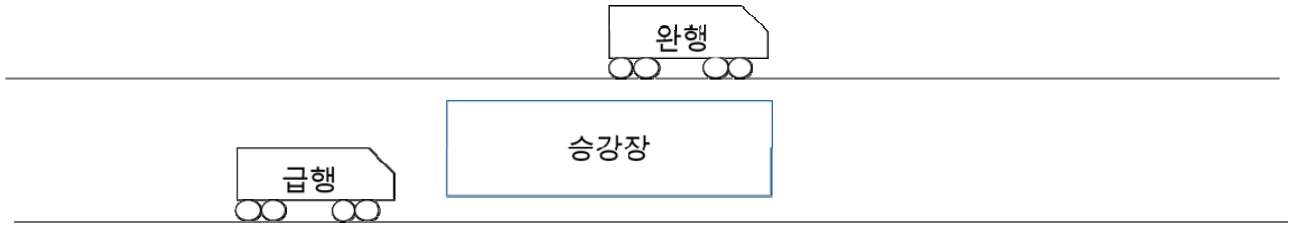

Fig. 1 별도선 방식 개념도

2.1.2 대피선 방식

이 방식은 ‘경인선’을 제외한 ‘경부선(수원이남), 9호선, 경의중앙선 등’ 모든 급행 방식에서 사용 중 이며, 급행열차 선행 시 완행열차는 정거장에 설치된 부본선으로 대피하는 방식이다. 널리 사용되고 있는 만큼 노선건설 시 적은 비용으로 큰 효과를 낼 수 있다. 그러나 완행과 급행이 하나의 선로를 사용하기 때문에 완행과 완행간, 급행과 급행간의 시격이 길어질 수 밖에 없고 급행열차의 선행 시 완행열차는 기준정차시간보다 더 오래 정차(1~2분)를 해야 하는 경우가 발생한다. 이 때문에 완행열차의 표정속도 하락에 영향을 끼칠 수 밖에 없고, 대피선 건설 시 급행정차역을 미리 지정해둬야 하고 건설하기 때문에 차후 급행정차역의 수정이 어렵다.

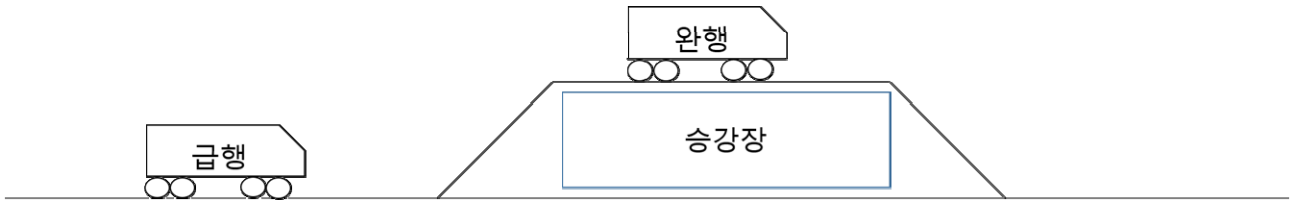

Fig. 2 대피선 방식 개념도

2.1.3 SKIP-STOP 방식

국내에선 사용된 사례가 없고, 프랑스의 'RER'에서 사용되고 있다. '정차-통과-정차-통과' 하는 방식으로 '홀짝제'라고도 불리고 있다. 별도의 대피선이 필요 없으며, 기존의 도시철도에서도 사용이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 중간에 별도의 환승역을 설치해야 하기 때문에 통과역이 많지 않아 승객이 단축시간을 체감할 수 없다는 단점이 있다.

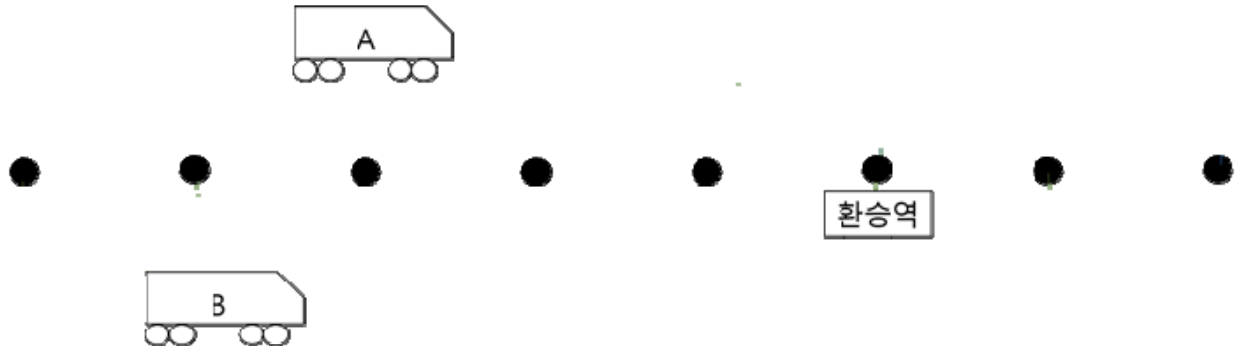

Fig. 3 SKIP-STOP 방식 개념도

Table 1 SKIP-STOP 방식 운전시 운전시간표

	대화	주엽	정발산	마두	백석	대곡
A열차	10:00:00	통과	10:03:30	통과	10:07:00	10:09:00
B열차	10:05:00	10:07:30	통과	10:11:00	통과	10:14:00
역간 운전시분 : 2분, 통과 시 절감시간 : 1분, 정차시간 : 30초						

2.1.4 기타

열차의 표정속도를 높이기 위해서는 급행화가 전부는 아니다. 고성능 전동차 투입, 열차 운전속도 향상, 승객 승하차 단순화 등이 있지만 급행화와는 다르게 기술적 접근이 필요하고 급행화 대비 효과가 미미하다고 사료된다.

2.2 이익시간 도출

운영기관이 제공한 OD데이터인 '서울도시철도 3호선'의 '대화-양재 간 2015년 1~8월'을 활용하였다. 계산근거는 Table 2와 같다.

Table 2 계산근거

항목	계산조건	비고
승객 수	547만 명	월 평균
역간 운행시간	2.3분	3호선 평균
1개역 통과절감시간	1.47분	9호선 평균
운행시격	5.6분	06시~23시 평균시격

각 방법마다 사업성을 고려하지 않고 최댓 값을 산정하였고, 계산식은 아래와 같이 엑셀 함수를 이용하여 계산하였다.

$$T_b = \{(T_{om} + T_{ow}) - (T_{em} + T_{ew})\} \times OD_n$$

T_b = 이익시간(분·인), T_{om} = 차량이동시간(완행), T_{ow} = 승객대기시간(완행)
T_{em} = 차량이동시간(급행화), T_{ew} = 승객대기시간(급행화), OD_n = 해당구간이동승객수

승객 대기시간은 승강장 도착 후 바로 발차했을 경우(대기시간=운행시격)와, 승강장 도착 후 바로 정차(대기시간=0)하는 경우를 고려하여 통상 운행시격의 절반(운행시격/2)으로 본다.

승차역	하차역	1월 1회권	1월 정기권	1월 교통카	2월 1회권	2월 정기권	2월 교통카	·····	8월 1회권	8월 정기권	8월 교통카	월평균(변환)
309	309	131	17	812	111	0	789		117	2	1367	0
309	310	30	1	422	16	0	406		11	1	505	530
⋮												⋮
342	340	86	67	6400	84	37	5601		111	74	5691	6284
342	341	33	31	2743	32	18	2323		26	32	2402	2535
342	342	186	21	948	174	17	806		169	27	941	0
		195191	117072	5441117	170115	84785	4696536	·····	176079	111566	5113731	5475908

Fig. 4 OD-data 표

2.2.1 별도선 방식

차량소요대수를 고려하여 운행시격을 8.5분으로 조정하여 계산하였다. 완급행 비율은 현재 '서울도시철도 9호선'의 비율인 1:1로 가정하였고 승객대기시간은 상호간 영향을 주지 않기 때문에 운행시격의 절반인 4.25분을 사용하였다. 그리고 완급행간 차량이동시간이 같을 경우 완급행 모두 이용이 가능하기 때문에 승객대기시간을 배차간격의 1/4인 2.13분으로 하였다.

급행열차의 경우 22개역 정차, 12개역 통과로 단축시간은 17.64분이며, 이익시간은 208,351시간이 나왔다.

역코드	역명	급행구분		역구분
		완행	급행	
309	대화	1	1	환승
310	주엽	1	1	환승
311	정발산	1	1	환승
312	마두	1	1	환승
313	백석	1	1	환승
314	대곡	1	1	환승

Fig. 5 완급행간 이동시간이 같은 경우

2.2.2 대피선 방식

완급행간 환승고객의 추적과 계산이 어렵기 때문에 완행과 급행의 이용승객을 분리하여 계산하였다. 배차간격은 5.6분을 사용하였지만, 1개의 선로를 이용하기 때문에 상호간의 영향을 고려하여 각 차간 대기시간은 5.6분을 사용, 완급행 비율은 별도선 방식과 동일한 1:1로 가정하

였다. 대피선 방식 또한 완급행간 차량이동시간이 같을 경우 완급행 모두 이용이 가능하기 때문에 승객대기시간을 배차간격의 절반인 2.8분을 사용하였다.

급행열차의 경우 별도선과 동일하게 22개역 정차, 12개역 통과로 단축시간은 17.64분이며, 이익시간은 94,954시간이 나왔다.

출발			도착			OD합계	급행	차량이동시간		승객대기시간			이동시간			급행화	절약시간	절약시간-OD
역코드	역명	역 구분	역코드	역명	역 구분			완행	급행	기존	완행	급행화	기존	완행	급행	운행시간		
309	대화	환승	309	대화	환승	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
309	대화	환승	310	주엽	환승	530	0	2.30	2.30	2.80	2.80	2.80	5.10	5.10	5.10	5.10	0.00	0.00
309	대화	환승	311	정발산	환승	3161	0	4.60	4.60	2.80	2.80	2.80	7.40	7.40	7.40	7.40	0.00	0.00
309	대화	환승	312	마두	환승	1412	0	6.90	6.90	2.80	2.80	2.80	9.70	9.70	9.70	9.70	0.00	0.00
309	대화	환승	313	백석	환승	595	0	9.20	9.20	2.80	2.80	2.80	12.00	12.00	12.00	12.00	0.00	0.00
309	대화	환승	314	대곡	환승	790	0	11.50	11.50	2.80	2.80	2.80	14.30	14.30	14.30	14.30	0.00	0.00
309	대화	환승	315	화정	급행 미정차	97	1	13.80	0.00	2.80	5.60	0.00	16.60	19.40	0.00	19.40	-2.80	-271.60
309	대화	환승	316	원당	급행 미정차	643	2	16.10	0.00	2.80	5.60	0.00	18.90	21.70	0.00	21.70	-2.80	-1800.40
309	대화	환승	317	원흥	환승	744	2	18.40	15.46	2.80	5.60	5.60	21.20	24.00	21.06	21.06	0.14	104.16
309	대화	환승	318	삼송	환승	1116	2	20.70	17.76	2.80	5.60	5.60	23.50	26.30	23.36	23.36	0.14	156.24
309	대화	환승	319	지축	급행 미정차	473	3	23.00	0.00	2.80	5.60	0.00	25.80	28.60	0.00	28.60	-2.80	-1324.40
309	대화	환승	320	구파발	환승	925	3	25.30	20.89	2.80	5.60	5.60	28.10	30.90	26.49	26.49	1.61	1489.25
309	대화	환승	321	연신내	급행 미정차	0	4	27.60	0.00	2.80	5.60	0.00	30.40	33.20	0.00	33.20	-2.80	0.00
309	대화	환승	322	불광	급행 미정차	153	5	29.90	0.00	2.80	5.60	0.00	32.70	35.50	0.00	35.50	-2.80	-428.40
309	대화	환승	323	녹번	급행 미정차	236	6	32.20	0.00	2.80	5.60	0.00	35.00	37.80	0.00	37.80	-2.80	-660.80
309	대화	환승	324	홍제	급행 미정차	91	7	34.50	0.00	2.80	5.60	0.00	37.30	40.10	0.00	40.10	-2.80	-254.80
309	대화	환승	325	무악재	급행 미정차	54	8	36.80	0.00	2.80	5.60	0.00	39.60	42.40	0.00	42.40	-2.80	-151.20
309	대화	환승	326	독립문	환승	630	8	39.10	27.34	2.80	5.60	5.60	41.90	44.70	32.94	32.94	8.96	5644.80
309	대화	환승	327	경복궁	환승	356	8	41.40	29.64	2.80	5.60	5.60	44.20	47.00	35.24	35.24	8.96	3189.76

Fig. 6 대피선 방식 데이터 표

2.2.3 SKIP-STOP 방식

SKIP-STOP 방식의 승객대기시간은 Table 3와 같다.

Table 3 SKIP-STOP 승객대기시간

승차역	하차역	승객 대기시간
환승역	환승역	2.8분
환승역	A정차역, B정차역	5.6분
A정차역, B정차역	환승역	
A정차역	B정차역	11.2분
B정차역	A정차역	

A열차, B열차 모두 28개 정차, 6개 통과로 단축시간은 8.82분이며, 이익시간은 92,666시간이 나왔다.

3. 결 론

급행화 방법별 이익시간을 도출한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4 급행화 방법별 도출결과

급행화 방법	단축시간(열차)	이익시간(총원)	승객 수	이익시간/승객수	기타
별도선 방식	17.64분	208,351시간	5,475,908명	137초	고비용 높은 효과
대피선 방식	17.64분	94,954시간		62.43초	중간비용 중간효과
SKIP-STOP 방식	8.82분	92.666시간		61초	저비용 낮은 효과

도출된 결과에 따르면 투자비용과 효과는 비례하는 것을 볼 수 있으며, 대피선 방식이 중간비용으로 중간효과를 낼 수 있어 효용가치가 높다. 그리고 대피선 방식의 경우 완행에서 급행으로, 급행에서 완행으로 환승하는 승객을 추적할 수 없기 때문에 이를 반영한다면 대피선 방식의 이익시간은 더 높아질 것이다. 하지만 SKIP-STOP 방식은 투자비용이 매우 적고 효과 또한 대피선 건설 방식과 비슷하기 때문에 현재 운행중인 도시철도노선 에서는 대피선 공사가 불가능하기에 SKIP-STOP 방식이 유일한 대안으로 판단된다.

정리하면 별도선 방식의 경우 이익시간은 크지만 선로부설비용이 매우 높고, SKIP-STOP 방식은 대피선 방식과 이익시간은 유사하고, 전 열차가 모두 급행이기 때문에 단축시간을 타 방식보다 더 많은 승객이 체감 할 수 있다. 신선 건설이 고려된다면 적은 건설비용으로 승객이 단축시간을 체감할 수 있고 시간적인 이익도 있는 대피선 방식의 선호도가 가장 높을 것이다.

그리고 연신내역의 OD 데이터가 존재하지 않고, 환승 승하차 데이터의 기록이 없는 한계점이 있어 좀 더 신뢰성 있는 값을 도출할 수 없었다. 차후 연구에서는 환승 승하차 데이터가 포함된 OD데이터를 이용한다면 좀 더 신뢰성 있는 자료가 될 것이다.

참고문헌

[1] Y.J. Choi, Y.S. Kim, B.S. Kim, J.S.park(2009). The Case study on internal and external Rapid Railroad Operation in Metropolitan Area, *The Korean Society for Railway-Collected Papers of Symposium*, pp. 1886-1894.

[2] G.C. Kim, W.H. Kim(1998), An Effects of Passenger's Time Saving on Express Subway Systems, *The Korean Society for Railway-Collected Papers of Symposium*, pp. 160-171.

[3] M.S. Kim, J.T. Kim, T.S. Kim, S.S. Park et al. (2013), Study of the Metropolitan Rapid Transport System to Minimize Sidetrack Construction, *The Korean Society Railway-Collected Papers*, 16(5), pp. 402-409.

[4] H.L. Rho (2011), At which station would be installed subsidiary-main track? - Problems of interference with mixed traffic on the railway, *The Korean Society for Railway-Collected Papers of Symposium*, pp. 1848-1859.

[5] S.J. Kim (2015), Review of Validity and direction to promote express railway of llsan line and gyeongui line , *Journal of the Korean Society for Railway*, 18(2), pp. 36-44.

[6] W.S. Lee, K.H. Kook (2008), A Study on the Operation of Express Train on the Seoul Metropolitan Subway Network - Focused on Kyungwon & Jungang Lines -, *The Korean Society for Railway-Collected Papers of Symposium*, pp. 645-656.

[7] W.J. Han (2005), Methods of Improvement of Metropolitan Electric Railways - For Express Trains, Operations and Tracks -, *The Korean Society for Railway-Collected Papers of Symposium*, pp. 124-130.

[8] K.J. Ko, J.S. Hong, J.T. Kim, M.S. Kim(2014), Consideration of Present condition about metropolitan and urban express railway, *Journal of the Korean Society for Railway*, 17(3), pp. 6-10.