

# 수도권 도시철도 환승율 및 실수송수요 분석

## Transfer Rate and Actual Ridership of Urban Railways in the Seoul Metropolitan Area

고준호\*  
Ko, Joonho

김경철\*\*  
Kim, Gyengchul

### ABSTRACT

Although the transferring is one of the most important factors in urban railways, there is very little analytic research in the transfer-related field. This paper analyses the transfer rate of urban railways in the Seoul Metropolitan Area and the actual passenger boardings and alightings at transfer stations using the AFC(Automatic Fare Collector) O/D data collected during Sep. 2000. According to the results of this study the transfer rate is 0.657, which is calculated from the transfer boardings/initial boardings. And the actual ridership of Subway Line 2 and Line 5 are different from the data which was provided by the AFC.

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

일반적으로 도시철도 통행의 가장 중요한 특성은 환승에 있다고 볼 수 있는데 환승 관련 과학적 지표의 제공은 아직 미흡한 수준이다. 특히 도시철도 수요분석에 있어서 승하차인원 규모와 함께 환승규모의 산정은 매우 중요한 요소이나 이에 대한 정보는 미진하다. 물론 매년 정기적으로 특정일에 환승인원 조사가 이루어지고 있으나 목적조사 등으로 인해 그 신뢰성은 다소 떨어진다고 볼 수 있다.

도시철도 수송수요 분석시 승하차 자료 역시 매우 중요한 것으로 도시철도 운영기관에서는 AFC(Automatic Fare Collector)에 의해 처리되는 전산자료를 바탕으로 하여 신뢰성 있는 승하차인원 관련자료를 제공하고 있다. 그러나, 여기에도 맹점이 있는데 환승역에서 승차권을 개찰하는 노선과 실제로 승차하는 노선이 다를 수 있다는 것이다. 예를 들면, A노선과 B노선이 동시에 통과하는 환승역에서 A노선 개찰구를 통해 들어갔으나 실제로 B노선을 승차하는 경우가 발생할 수 있다는 것이다. 이 경우 A노선 승차인원으로 집계되나 실제적으로는 B노선 승차인원인 셈이다. 이러한 이유로 현재 집계되어 발표되고 있는 환승역의 승하차인원은 실제 승하차인원과 차이가 있을 가능성이 높다.

따라서 본 연구에서는 실제 AFC OD 자료를 활용하고 통행배정 simulation을 통해 환승율을 추정하여 제시함으로써 향후 도시철도 수송 수요 분석시 참고적인 지표로 제공하고자 한다. 또한,

\* 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구원

\*\* 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구위원, 정희원

환승역에서의 실승하차인원 규모를 실증적인 분석을 통해 제시하고자 한다.

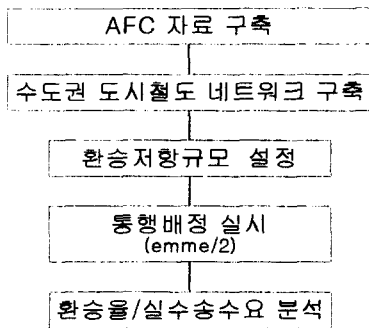
## 2. 연구 범위 및 방법

### 2.1 연구의 범위

본 연구의 내용적 범위는 AFC OD자료를 활용하여 첫째, 환승율을 산정하고 둘째, 환승역에 있어서의 실수송수요를 추정하는데 있다. 여기서 환승율은 수도권 전체를 대상으로 검토하였으며 환승역 승하차인원 분석은 2호선과 5호선만을 대상으로 하여 살펴보았다. 2호선은 1기 지하철(1~4호선) 노선 중 환승역수가 가장 많은 역으로서 살펴볼 가치가 있다. 또한 5호선은 2기 지하철 노선 중 환승역수가 많고 96년말 완공되어 다년간 운영되어 왔으므로 수송수요가 안정적일 것이라는 판단아래 선정하였다.

본 연구에서 사용하고 있는 환승율은 전체 승차인원에 대한 환승통행량의 비율로 정의한다. 즉, 『환승율 = 환승통행량/승차인원』과 같다. 이 때, 환승통행량은 노선간 갈아타는 통행량(단, 1호선-경수선 등의 직결 운행되는 노선간 제외)을 의미하며 동일노선에서의 갈아타기는 포함되지 않는다. 이러한 이유로 2호선 성수역, 신도림역에서의 본선↔지선간 환승 및 5호선 강동역에서의 마천행↔상일동행간 등의 갈아타기 통행은 본 연구의 환승통행량에 포함되지 않았다.

### 2.2 연구방법



<그림 1> 연구의 과정

본 연구는 2000년 9월 기준의 수도권 도시철도의 AFC(Automatic Fare Collector) OD자료를 이용하여 수행되며, 이를 분석에 적합한 형태로 변환하여 사용하였다. 또한, 수도권 도시철도 네트워크를 분석목적에 맞게 구축하고 교통 분석 프로그램인 emme/2의 대중교통 통행배정 모듈을 이용하여 결과를 도출하였다.

통행배정을 위해서는 환승저항 규모를 산정하고 입력해야 하는데 모든 환승역에 대해 동일한 값을 사용하였다. 환승역별 특성을 고려하여 환승시간을 개개 환승역별로 따로 입력해야 하나 이러한 자료가 구축되어 있지 않아 본 연구에서는 반영하지 못하였다. 연구과정은 <그림 1>과 같다.

## II. 자료 및 도시철도 네트워크

### 1. 자료

사용한 자료는 AFC에 의해 구축된 2000년 9월의 1개월 집계 자료를 이용하였으며 1일 통행패턴을 파악하기 위해 30일로 나누어 1일 평균치 OD를 산정하여 분석하였다. 또한, 목적지와 도착지가 동일한 것으로 처리된 OD 자료가 있는데,<sup>1)</sup> 이는 분석에서 모두 제외하였다. 따라서 총 OD 자료 3,977,523통행/일 중 분석에 사용된 총통행량은 내부통행량 68,684통행(전체의 1.7%)을 제외한 3,908,839통행/일에 해당된다.

1) 이러한 OD 자료가 발생한 이유는 승차권 오류 등으로 인해 발생한 것으로 추정되며 이로 인해 본 연구에서 제시하고 있는 총승차인원은 도시철도 운영기관에서 발표하고 있는 승차인원에 비해서 적을 것으로 예상된다.

<표 1> 수도권 도시철도 노선별 OD

단위: 인/일

O/D	1호선	2호선	3호선	4호선	5호선	6호선	7호선	8호선	기타	합계
1호선	53470	30874	20561	26291	12708	1991	5307	1378	82240	234820
2호선	32186	575568	75073	77485	62719	1787	41811	19358	125104	1011091
3호선	22396	77361	138005	43939	20449	844	20234	4935	56939	385102
4호선	25872	78156	43056	201333	35147	1380	20798	4167	70502	480411
5호선	13779	73272	20723	38248	176817	874	27043	12302	19676	382734
6호선	2311	2133	1012	1580	977	1723	2816	196	1024	13772
7호선	5502	52625	21693	24266	28540	2786	120930	4707	16794	277843
8호선	1419	27891	5449	4965	12148	168	4235	29717	5622	91614
기타	107201	152797	68045	82710	48268	2558	39772	16459	582326	1100136
합계	264136	1070677	393617	500817	397773	14111	282946	93219	960227	3977523

자료: 2000년 9월 1일 평균 AFC 집계 자료

사용된 OD 자료를 노선별로 정리하면 <표 1>과 같다. 2호선 발생통행량이 가장 많으며 6호선이 가장 적은 것으로 나타나고 있다. 이 자료가 구축된 기간 동안 운영된 도시철도는 인천 지하철 1호선 등 수도권 전철 전구간을 포함하며 2기 지하철 중 6호선은 일부구간(봉화산-상월곡 구간 6개역)만 운영되는 상태이다.

## 2. 모형 분석을 위한 도시철도 네트워크 구축

본 연구에서 구축한 도시철도 네트워크는 1개의 역이 하나의 centroid가 되는 형태를 지닌다. 이 때 환승역의 경우는 노선별로 개별적인 centroid를 갖게 된다. 따라서, 구축된 네트워크는 실제 수도권 도시철도 역수보다 많은 346개의 centroid로 구성된다. 환승역에 있어서 각각의 노선별 역은 개별적인 노드로 구성되도록 하여 환승인원의 파악이 가능하도록 하였다. 그리고, 다양한 환승 저항에 따른 민감도 분석은 환승시간에 대한 가중치를 조절함으로써 파악이 가능하도록 네트워크를 구성하였다.

노선별 운영특성 지표인 표정속도 및 배차간격의 입력 자료는 『2000년도 지하철수송계획(서울특별시지하철공사, 2000)』 및 『2000년 도시철도 수송계획(서울특별시도시철도공사, 2000)』 등에 제시된 값을 활용하였다.

## III. 환승저항 규모 산정

### 1. 환승저항 관련 기존 연구 고찰

도시철도 통행배정시 고려해야 할 가장 중요한 요소는 환승저항 규모를 어느 정도로 해야 하는가에 있다. 그 규모에 따라 도시철도 통행배정 결과는 다양하게 나타날 것으로 예상할 수 있다. 기존 국내외 연구에서 제시하는 환승저항 관련 연구결과는 <표 2>와 같다.

<표 2>의 연구결과를 살펴보면 환승시간에 대한 저항은 국내연구에 비해 국외연구가 좀 더 높은 값을 나타내는 것으로 제시되고 있다. 환승횟수에 대해서는 국외보다 국내연구사례에서 좀 더 높은 저항이 있는 것으로 분석되고 있다. 이러한 연구결과만을 놓고 볼 때 환승에 대해 국내 도시철도 이용객이 갖는 저항감이 크다는 것을 의미하는 것으로 보인다.2)

<표 2> 환승에 대한 저항규모(차내시간 대비 한계대체율)

구분	차내시간 대비 환승시간 한계대체율	차내시간 대비 환승1회 한계대체율	비고
양창화 외(2000)	1.65	10.22	서울지하철
조남건(1999)	1.70 (전철의 접근 및 대기시간)	13.20	지하철
김현외 2인(1999)	-	12.89	업무통행
Daniel L. McFadden(1978)	2.08	4.05	업무통행
Central Transportation Planning Staff(1997)	2.30	7.33	경전철
일본 철도효과분석 매뉴얼(1999)	2.0	10.0	철도
평균	1.95	9.62	

자료: 양창화, 손의영, "서울시 지하철 이용객의 환승 관련 변수의 가치 추정: 선호의식(SP) 및 현시선호(RP) 분석을 이용", 대한교통학회지 제18권 제4호, 2000년 8월, p. 24를 재구성

<표 2>의 국내의 연구사례의 평균치를 적용하면 환승시간은 차내시간에 비해 1.95배, 환승시간은 9.62배 가량의 저항이 있는 것으로 나타나고 있다. 즉, 1회 환승에 5분이 소요된다면 이는 차내통행시간 19.37분(= 9.62 + 1.95×5)에 해당하는 통행저항을 갖는다고 볼 수 있는 것이다.

## 2. 수도권 도시철도 환승저항 산정

환승저항에 대한 가중치로 본 연구에서는 국내의 연구사례의 평균치를 사용하였다. 본연구의 대상인 수도권 도시철도를 대상으로 한 연구결과를 사용하는 것이 바람직하나 이와 일치하는 연구사례가 없으며 서울 관련 연구사례 또한 많지 않아 외국 연구결과 까지를 참고로 하여 설정하였다.

<표 3> 서울시 도시철도 평균 환승시간 산정

구분	평균이동거리(m)	보행속도(m/s)	소요시간(분)
수직이동	37.1	0.6	1.0
수평이동	132.9	1.0	2.2
전체	170.0	-	3.2

주 1. 환승거리는 시청, 종로3가, 동대문, 을지로3가, 교대, 사당, 서울역, 충무로, 동대문운동장, 왕십리, 신도림역에서 조사된 평균치임.(자료: 서울시정개발연구원, 대중교통 지원을 위한 보행환경 개선방안, 1996, p.33)

2. 수평거리와 수직거리를 고려하지 않고 환승거리를 제시한 자료의 평균 환승거리는 120m 임.(자료: 서울특별시지하철공사, 2000년도 지하철수송계획, 2000, p. 136) 이 경우 환승시간은 더 단축됨.

수도권 도시철도의 평균 환승시간을 산정하기 위해서는 환승거리를 살펴볼 필요가 있다. 이 때 환승거리는 수직이동거리 및 수평이동거리를 따로 구별해야만 실제적인 통행시간을 얻을 수 있을

2) 지하철 이용시 가장 불편한 사항이 환승불편(계단따움, 36.1%)이라는 결과가 나온 설문조사(5, 7, 8호선 이용객 2,000여 명을 대상으로 1999년 10월 실시) 결과가 이러한 사실과 일맥상통하는 것으로 보인다.(자료: 서울특별시도시철도공사, 2000년 도시철도 수송계획, 2000, p. 131)

것이다. 이러한 정보를 제공하는 자료는 <표 3>과 같다.<sup>3)</sup>

위와 같은 자료를 토대로 볼 때 환승 1회는 약 15분<sup>4)</sup>(차량대기시간 제외)의 차내 통행시간에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 환승에 대한 저항규모의 기준을 15분으로 설정하여 이후의 분석을 시행하였다.

#### IV. 분석결과

##### 1. 환승율

기존 연구에서 환승율을 실증적으로 분석한 연구는 없으나 1996년 서울시 교통센서스에서 그 값을 추정할 수 있으며 이는 <표 4>와 같다. 당시 2기 지하철(5~8호선) 불안전 개통 및 인천 지하철의 미개통 상황을 감안할 때 본 연구에서 산정되는 환승율은 이보다 커질 것으로 예상할 수 있다.

<표 4> 1996년 기준 수도권 도시철도 환승율 산정

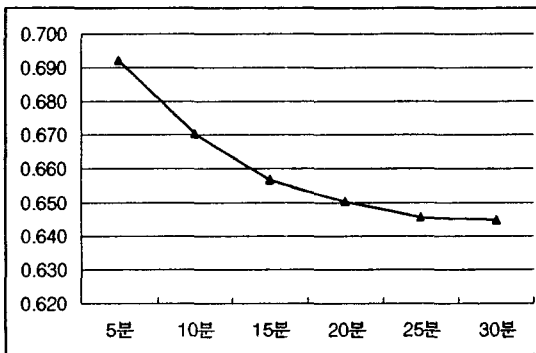
구분	환승포함	환승미포함	환승통행	환승율
통행량(통행/일)	8,552,420	5,372,989	3,179,431	0.592

자료: 서울특별시, 서울시 교통센서스 및 데이터 베이스 구축 - 가구통행실태조사, 1997, p. 149.

<표 5> 환승페널티 규모별 환승율

	5분	10분	15분	20분	25분	30분
환승인원	2,704,662	2,619,739	2,566,105	2,541,807	2,522,720	2,520,259
환승율	0.692	0.670	0.657	0.650	0.645	0.645

주: 총 승차인원은 3,908,839명/일 임.



<그림 2> 환승페널티 규모에 따른 환승율 변화

앞서 밝힌 바와 같이 본 연구는 환승저항 15분(차량대기시간 제외)을 기준으로 하는 것으로 하였으나 그 민감도를 살펴보기 위해 다양한 환승저항치를 적용하여 환승율을 도출하여 보았다. 분석결과 환승율은 0.657<sup>5)</sup>인 것으로 나타났으며 환승페널티가 커짐에 따라 환승율은 낮아지는 것으로 파악되었다.

1996년 서울시 교통센서스 자료 기준의 환승율이 0.592임을 감안할 때 산정된 환승율은 큰 오류는 없는 것으로 판단된다. 즉 1996년

- 3) 비록 <표 3>의 환승거리 자료가 서울시 지하철에 한정된 것이기는 하나 대부분의 환승역은 서울시계내에 위치하고 있으므로 수도권 도시철도를 대표하는 것으로 볼 수 있다.
- 4)  $1.95 \times 3.2 \text{분} + 9.62 \text{분/회} = 15.86 \text{분}$ 으로 계산되나 편의상 15분으로 간주하였다. 이 때, 환승역에서의 에스컬레이터 등 환승편의시설 설치로 인한 수직이동의 통행시간 단축을 고려한다면 이러한 하향조정은 큰 무리없는 설정으로 판단된다.
- 5) 이는 환승율 고려하지 않은 도시철도 통행이 1천 통행이라면 환승을 고려한 통행량은 1,657 통행이 된다는 것을 의미한다.

에 비해 도시철도 노선이 추가적으로 생겼으므로 환승율은 당연히 증가할 것으로 유추할 수 있으며 본 연구결과는 이러한 논리와 일치하고 있다.

환승패널티 5~30분의 변화에 따른 환승율은 0.692~0.645로 절대치상으로는 큰 차이를 보이고 있지 않음을 확인할 수 있다. 이는 도시철도 OD 및 네트워크 특성상 환승율의 규모는 이미 어느 정도는 확정적이며 환승패널티에 의해서는 크게 영향받지 않음을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 또한, 환승패널티 25분 이후로는 환승율이 0.645로 거의 변화가 없는 것으로 분석되었다. 이는 환승패널티 25분 이상을 부여할 경우 통행배정 결과에 있어서 큰 차이가 나타나지 않음을 의미하는 것이며 이를 통해 서울시 도시철도 이용자의 환승율은 적어도 0.645라고 말할 수 있을 것이다.

## 2. 실수송수요

### 2.1. 5호선 실수송수요 추정

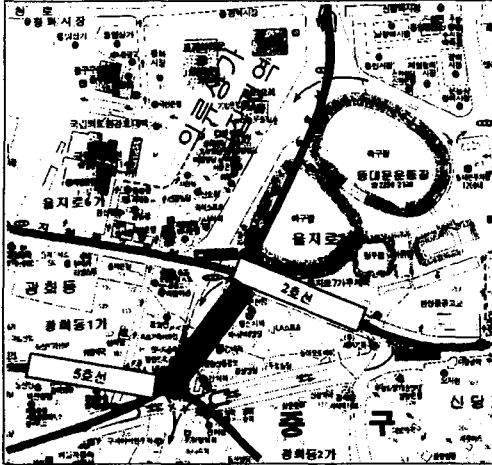
5호선 10개 환승역의 실승하차인원을 분석한 결과 AFC 집계자료는 실제의 73%에 불과한 것으로 나타났다. 그러나, 2호선 지선(신도림~까치산 구간)과 환승되는 5호선 까치산역의 경우는 실제보다 1.63배 과다 추정되고 있는 것으로 나타났다. 이는 2호선에는 AFC가 설치되어 있지 않아 2호선 까치산역 통행자 또한 5호선 AFC를 이용하기 때문에 나타나는 결과이다. 같은 이유로 매년 집계되는 2호선 승하차인원 통계치에는 까치산역이 누락되어 있으며 반대로 5호선 수송수요에는 2호선 까치산역의 수송수요까지 포함되어 있는 상황이다.

<표 6> 5호선내 환승역의 실승하차인원 분석

역명	승차			하차		
	AFC기준(A)	분석치(B)	A/B	AFC기준(A)	분석치(B)	A/B
까치산	14,382(2)	8,830(4)	1.63	14,826	8,648	1.71
영등포구청	2,186(8)	5,754(7)	0.38	2,223	6,137	0.36
신길	1,125(9)	1,485(10)	0.76	1,570	2,223	0.71
충정로	3,050(7)	5,042(8)	0.60	3,003	5,635	0.53
중로3가	7,170(4)	12,530(2)	0.57	10,229	15,402	0.66
울지로4가	4,005(5)	7,505(6)	0.53	4,702	8,681	0.54
동대문운동장	1,087(10)	11,624(3)	0.09	1,766	14,061	0.13
왕십리	3,452(6)	4,026(9)	0.86	3,862	3,912	0.99
군자	7,974(3)	7,981(5)	1.00	7,864	7,762	1.01
천호	16,466(1)	8,195(1)	0.90	17,300	19,907	0.87
전체	60,897	82,972	0.73	67,345	92,368	0.73

주: ( )안은 승차인원 순위를 나타낸 것임.

한편, 2,4호선과 환승되는 동대문운동장역의 경우는 AFC 승차인원 규모가 분석치의 9%에 불과한 것으로 나타나고 있다. 이러한 큰 차이를 보이는 이유는 <그림 3>에서 보이는 바와 같이 역사의 출입구 위치와 연관 있을 것으로 판단되는데 시간적으로 먼저 생긴 2호선, 4호선 출입구의 경우 유동인구가 높은 지점을 선점하여 자리잡고 있는데 기인한 것으로 보인다. 『2000년도 도시철도수송계획(서울특별시도시철도공사, 2000, p. 97)』의 1999년 통계치에 따르면 5호선 동대문운동장역의 승차인원 규모 순위는 도시철도공사가 운영하는 86개역 중 85위로 나타나고 있다. 일반적으로 인식하고 있는 동대문운동장역의 이용인구는 적지 않음에도 불구하고 이와 같은 결과가 나오는 이유는 본 연구에서 지적하고 있는 AFC 집계 자료가 지니고 있는 맹점에 기인한 것으로 보인다. 분석결과 AFC 환승역 10개역 중 동대문운동장역은 10위로 제일 적은 것으로 집계되고 있



<그림 3> 동대문운동장역 노선별 역사 배치현황

정되고 있는 것으로 나타나고 있다. 특히, 신도림역의 경우 2호선으로 승하차하는 인원은 AFC 집계자료에 비해 절반에 그치고 있는 것으로 분석되었다. 2호선 환승역에서의 승차인원 과다평가 규모는 2호선 전체(지선구간 제외) 승차인원의 약 3.9%<sup>7)</sup>에 해당하는 것이다.

<표 7> 2호선내 환승역의 실질 승하차 인원 분석

역명	승차			하차		
	AFC기준(A)	분석치(B)	A/B	AFC기준(A)	분석치(B)	A/B
시청	15,329	13,558	1.13	16,037	14,091	1.14
울지로3가	13,023	13,869	0.94	14,349	14,927	0.96
울지로4가	11,500	7,996	1.44	12,227	8,245	1.48
동대문운동장	20,284	16,491	1.23	23,273	19,121	1.22
왕십리	9,649	9,252	1.04	7,899	7,409	1.07
건대입구	26,328	23,713	1.11	29,408	26,130	1.13
잠실	48,994	47,049	1.04	48,508	46,699	1.04
사당	25,079	22,969	1.09	26,385	22,417	1.18
대림	18,967	16,559	1.15	19,447	16,726	1.16
신도림	26,728	13,747	1.94	26,295	13,112	2.01
영등포구청	12,775	9,201	1.39	13,475	9,556	1.41
충정로	6,065	4,063	1.49	6,560	3,918	1.67
전체	234,721	198,467	1.18	243,863	202,351	1.21

주: 성수역, 신설동역 및 까치산역의 지선구간 환승역은 포함되지 않았음.

## V. 결론

### 1. 연구 결과 요약

본 연구는 2000년 9월 기준 AFC 자료를 이용하여 수도권 도시철도의 환승 및 2, 5호선 환승역에서의 실수송수요를 분석하였다. 분석결과 수도권 도시철도 환승율은 1996년 0.592에서 0.657(2000. 9월 기준, 환승페널티 15분 기준)로 증가한 것으로 나타났다. 분석결과에 큰 영향을 미

6) 분석치와 AFC 자료간의 승차인원의 차이를 5호선 전구간 승차인원 402,669명/일로 나눈 값임.

7) 분석치와 AFC 자료간의 승차인원의 차이를 2호선 전체(지선구간 제외) 승차인원 921,782명/일로 나눈 값임.

치는 환승페널티를 5분에서 30분까지 5분간격으로 변화시켜 민감도를 분석한 결과 환승율 변화규모는 6.8%(0.692→0.645)에 그쳐 민감도는 크지 않은 것으로 나타났다. 특히, 환승페널티 25분 이상의 환승율은 거의 변화가 없는 것으로 분석되었고 이를 통해 수도권 도시철도의 환승율은 적어도 0.645 이상일 것이라는 판단을 내릴 수 있었다. 이와 같은 결과는 향후 서울시 도시철도 수송수요 산정시 거시적인 지표로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2호선 및 5호선을 대상으로 한 환승역에서의 실수송수요 분석결과 현재 집계되어 발표되고 있는 수송수요와 실제 승차인원은 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 1기 지하철인 2호선은 과다추정되고 있으며 2기 지하철인 5호선은 과소추정되고 있는 것으로 분석되었다. 2호선의 경우 12개 환승역에서 실제보다 18%의 승차인원이 과다추정되고 있으며 2호선 전체로 보았을 때는 3.9% 과다추정되고 있는 것으로 분석되었다. 5호선의 경우는 10개 환승역에서 실제 승차인원의 73%만이 AFC로 집계되어 과소 평가되고 있는 것으로 나타났고 5호선 전구간에 대해서는 5.5% 과소추정되고 있는 것으로 파악되었다.

## 2. 연구의 한계

본 연구는 환승율 및 환승역에서의 실수송수요를 실증적으로 분석하여 제시함으로써 도시철도 운영현황 및 실태를 바로 이해하고 향후 도시철도 수송수요 산정시 참고할 수 있는 지표를 제공해 줄 수 있다는데 그 의미를 지니고 있다.

그러나, 도시철도 통행배정에 있어서 중요한 요소인 환승저항 규모를 개별 환승역의 특성을 고려하지 못하고 평균치를 적용함으로써 분석결과상의 오류를 내포하고 있을 가능성이 있다. 또한, 환승페널티 산정을 위한 가중치를 적용함에 있어서 수도권을 대상으로 한 기존 연구가 부족하여 수도권 도시철도 이용자들이 실제로 느끼는 환승저항감을 정확히 반영하지 못한 한계가 있다. 따라서, 이러한 점이 보완되어 추후 연구에서 다루어질 수 있다면 보다 정확한 연구결과의 도출이 기대된다.

### 참고문헌

1. 양창화, 손의영(2000), “서울시 지하철 이용객의 환승 관련 변수의 가치 추정: 선호의식(SP) 및 현시선호(RP) 분석을 이용”, 대한교통학회지 제18권 제4호, pp. 19 - 30.
2. 運輸政策研究機構(1999), “鐵道プロジェクトの費用對効果分析マニュアル 99”.
3. 서울특별시(1997), “서울시 교통센서스 및 데이터 베이스 구축”.
4. 서울특별시도시철도공사(2000), “2000년 도시철도 수송계획”.
5. 서울특별시지하철공사(2000), “2000년도 지하철수송계획”.
6. INRO(1994), “Emme/2 User’s Manual”.