

지역간 철도통행시간 개선에 따른 효과 분석

Effectiveness Analysis of Interregional Railway Travel Time Improvement

이 준† 장준석* 임용택** 엄진기*** 박진경****
Jun Lee Jun-Seok Jang Yong-Taek Lim Jin-Gi Eom Jin-Kyong Park

ABSTRACT

Recently the role of a railroad is emphasized as the important part for growth for the low carbon green growth and the social consensus about the railroad investment is actively progressed. The various social economic value in which the travel demand change over of the environment-friendly railroad system can bring becomes with public debate as much as a discussion is not any more necessary.

In this research, the influence that it recognized that the travel time improvement by the high speed rail was the most important element among many method that it can increase the railroad use efficiency in which it connects the interregional major cities and the railway travel time improvement reaches to the rate of railway and road travel time, and the environment like the carbon emission quantity was comprehensively inquired.

1. 서론

최근 저탄소 녹색성장을 위한 국가성장동력으로서 철도의 역할을 강조하면서 철도투자에 대한 사회적 합의가 활발히 진행되고 있다. 환경친화적인 철도시스템으로의 통행자 전환이 가져올 수 있는 다양한 사회경제적 가치는 더 이상 논의가 필요치 않을 정도로 공론화 되어 있는 실정이라 할 수 있다. 하지만 2010년 현재 지역간 통행에 있어 철도의 분담율은 한자리수에 머물러 있는 실정이며, 이는 도로부문의 집중적인 투자에 의한 고속도로와 국도중심의 승용차통행 증가로 나타나고 있다.

이에 따라 정부에서는 고속철도망 조기완공과 텀팅열차 투입, 기존선 고속화 등의 전략을 통해 철도 통행시간을 단축시키고자 노력하고 있다. 통행시간단축은 기타 다른 철도관련 정책 중에서 통행자의 철도수단으로의 전환을 높일 수 있는 가장 효과적인 정책이기 때문이다.

본 연구에서는 지역간 주요도시를 연결하는 철도이용효율을 높일 수 있는 여러 가지 방법 중에 고속화에 의한 통행시간 단축이 가장 중요한 요소임을 인식하고 철도통행시간 개선이 지역간 통행자의 수단분담율과 공로부문 통행시간변화, 탄소배출량과 같은 환경에 미치는 영향을 종합적으로 검토하였다. 이를 위하여 기존 지역간 도로 및 철도망 구축현황과 향후 계획을 반영한 네트워크를 구축한 후 철도통행 시간변화를 가정한 철도의 수단분담율 변화를 분석하였다.

분석을 위해 사용된 교통분석용 tool은 EMME/3이며, 전국 249개 교통존체계의 통행패턴 분석을 수행하였다. 한편, 지역간 통행자의 수단분담율은 249개 존내의 내부통행을 포함하느냐 제외하느냐에 따라 분석결과에 차이를 보이기 때문에 이러한 내용을 고려한 분석을 수행하였다.

† 정회원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 선임연구원
E-mail : leejun11@krti.re.kr
TEL : (031)460-5475 FAX : (031)460-5021
* 정회원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 주임연구원
** 정회원, 전남대학교, 교수
** 정회원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 선임연구원
** 정회원, 한국지방행정연구원, 지역발전실, 수석연구원

2. 본론

2.1 분석방법론

본 연구는 현재 전국 평균 2시간 53분의 철도통행시간을 1시간으로 단축시킴으로 인해 발생하는 효과를 파악하기 위하여, 최초 초기상태 철도통행시간을 산출한 뒤 그 결과를 1/3정도 단축시켜 수단선택시 단축된 철도통행시간을 토대로 각 수단의 부담율 및 통행량을 산정하고자 하였다.

구체적인 연구의 분석절차를 정리하면 다음과 같다.

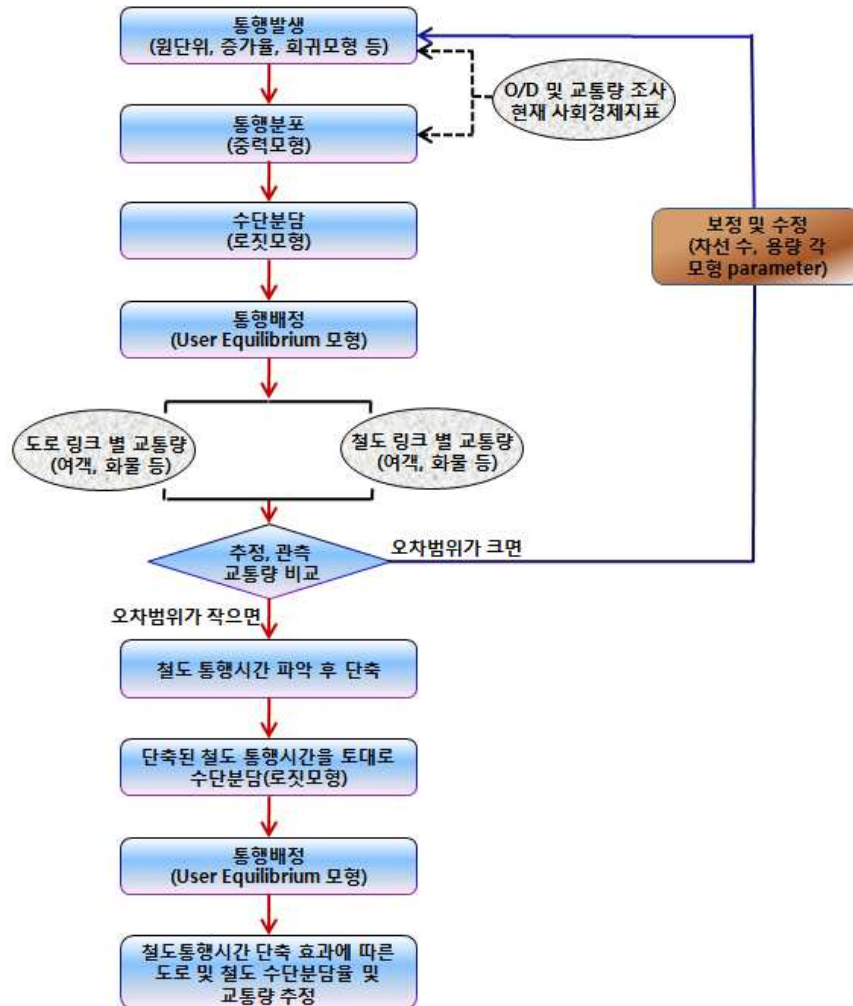


그림 1. 본 연구의 분석 절차

2.2 기초자료 구축

2.2.1 교통존 체계

지역간 통행실태 분석을 위한 교통존체계는 KTDB에서 제공하는 249개 존체계를 적용하였다. 단, 내부통행량을 제외한 분석을 수행할 경우는 166개 존체계를 활용하여 분석을 수행하였다.

2.2.2 네트워크 체계

교통분석용 네트워크는 교통수요를 예측하는 과정에서 반드시 필요한 기초 데이터로서 각종 교통수단별 관련투자사업의 사업성 분석을 할때 기초자료로 활용된다. 본 연구에서는 기준년도를 2009년으로 선정하였기에 KTDB에서 배포되는 2011년 네트워크에서 2009년까지의 노선 개발계획을 별도로 산출하여 2006년 네트워크에 반영하여 2009년 장래네트워크를 구축하여 분석하였다.

표 1. 분석용 네트워크 구축범위

네트워크		권역별	네트워크 종류별
기준년도	2009년	전국지역간 광역권(대구권, 대전권, 광주권, 전주권,부산/울산권	공로, 철도

2.2.3. O/D 자료

한국교통연구원의 교통수단 O/D는 승용차, 버스, 화물, 대중교통으로 구분하며, 본 과업에서는 네트워크와 마찬가지로 2006년의 O/D와 2011년의 O/D 사이에서 보간법을 사용하여 2009년 O/D를 구축하였다.

2.2.4. 영향권 설정

본 연구는 전국 평균 철도통행시간의 단축에 따른 효과를 파악하는 연구이므로 전국을 대상으로 영향권을 설정하였다.

2.2.5. 주요 역간 평균 철도통행시간 (2009년 기준)

전국 철도 노선의 기종점간 통행시간을 조사한 결과 청량리 ↔ 경주(중앙선-무궁화) 구간이 6시간 30분으로 통행시간이 가장 길며, 문산 ↔ 도라산(경의선-통근열차)구간의 통행시간이 0시간 15분으로 가장 짧은 것으로 조사되었다. 한편, 모든 열차에 대한 전국 평균 통행시간을 산정한 결과 2시간 53분으로 산정되었다. 구체적인 평균 통행시간은 다음과 같다.

표 2. 통행시간 현황

노 선	차 종	기 점		종 점		통행시간
		역	시 간	역	시 간	
경부고속선	KTX	서 울	5:30	부 산	8:27	2:57
호남고속선	KTX	용 산	5:20	목 포	8:38	3:18
경부선	무궁화	서 울	6:15	부 산	11:54	5:39
	새마을	서 울	6:40	부 산	11:35	4:55
경북선	무궁화	영 주	5:50	부 산	10:26	4:36
경원선	통근열차	동두천	6:50	신탄리	7:37	0:47
경의선	통근열차	문 산	6:50	도라산	7:05	0:15
경춘선	무궁화	청량리	6:10	남춘천	8:05	1:55
대구선	무궁화	동대구	6:00	포 향	7:38	1:38
	새마을	동대구	14:02	포 향	15:36	1:34
동해남부선	무궁화	포 향	5:30	부 전	8:12	2:42
영동선	무궁화	강 릉	6:00	영 주	9:54	3:54
장항선	무궁화	용 산	5:40	익 산	9:40	4:00
	새마을	용 산	7:35	익 산	11:22	3:47
전라선	무궁화	익 산	5:25	여 수	8:07	2:42
	새마을	익 산	11:52	여 수	14:18	2:26
중앙선	무궁화	청량리	8:00	경 주	14:30	6:30
진해선	새마을	창 원	8:38	진 해	9:00	0:22
충북선	무궁화	조치원	6:18	봉 양	8:00	1:42
태백선	무궁화	제 천	9:48	태 백	11:39	1:51
호남선	무궁화	서대전	14:15	목 포	17:32	3:17
	새마을	서대전	10:48	목 포	13:42	2:54
전 노선 및 열차 평균 통행시간						2:53

자료: 코레일 <http://www.korail.com/>

2.3 분석모형

철도부문 통행배정은 도로부문과 다르게 재차인원 및 승용차 환산계수, 버스와 화물차의 통행배정, 그리고 내부통행 등을 고려할 필요가 없다. 다만, 통행배정의 기본시간 단위만을 도로부문과 같은 방법으로 적용하여 사용한다.

그러므로 철도부문 통행배정은 도로부문보다 매우 용이하게 수행될 수 있다. 더욱이 새로운 철도사업의 경우 도로와 달리 용량수준에 수요가 근접하는 경우는 거의 발생하지 않는다. 다만 도시철도사업에서는 환승역에서 노선간 환승이 매우 많이 발생하게 된다. 그러므로 환승역에서 노선간 방향별 환승거리 등을 잘 입력하는 것이 매우 중요하며 노선별 역별 수요 정산이 제대로 이루어지기 위해서는 환승역에 대한 상세한 자료 구축이 매우 중요하다.

철도 통행은 일반적으로 출발지에서 철도수단으로의 접근통행, 철도통행, 목적지로의 접근통행으로 이루어진다. 이를 시간으로 구분하여 보면 차외시간(접근통행시간, 대기시간, 환승시간)과 차내시간으로 구분할 수 있다. 또한, 철도 수단간 환승이 이루어지는 통행의 경우 환승시간(차외시간에 해당)이 추가될 수 있다.

철도부문은 통행배정 과정에서 용량제약을 고려하지 않으며 기본적으로 최적전략(Optimal strategy) 등에 의해서 노선과 경로가 선택된다. 이때 통행배정과정에서 차내외 시간 또는 요금 등과 관련된 파라미터를 적용한 일반화 비용을 이용하여 통행배정을 수행한다.

철도부문 통행배정과정에서 적용되는 파라미터는 통상 접근통행시간, 대기시간, 탑승시간 등이 있으며, 분석 프로그램에 따라 노선별 요금을 적용할 수 있기도 하다. 해당 파라미터는 지역간, 광역/도시철도의 수단 및 통행 특성을 고려하여 적용하여야 한다.

도시내 통행과 관련하여 광역/도시철도 부문의 통행배정을 위한 일반화 비용 산정 및 파라미터 추정과 관련된 국내외 연구를 살펴보면 차내시간 대비 차외시간(접근통행시간, 대기시간, 탑승시간) 가중치 파라미터의 범위가 비교적 유사한 수준으로 나타났으며, 선행 연구결과는 아래의 표와 같다.

표 3. 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내·외 연구

국·내외 연구	차내시간	차외시간				
		접근시간	대기시간	탑승시간	환승시간	
양창화, 손의영(2000)	1.00	-	-	-	1.70	
윤혁렬(2000) ¹⁾	1.00	1.54분(차외시간), 5.81분(환승시간)				
손상훈, 최기주, 유정훈(2007)	전체	1.00	1.527	1.832	-	1.370
	서울시내간	1.00	1.507	1.749	-	1.474
	서울경기관	1.00	1.755	1.909	-	1.264
Liu, Pendyala, Polzin(1997)	1.00	1.69(차외시간)				
Mily(2003) ²⁾	1.00	1.00	1.40	2.60	-	

주 : 1) 여기서 환승시간은 환승접근시간, 대기시간, 환승패널티를 모두 포함하고 있는 것으로 가정하였음.

2) 본 지침연구는 캐나다 토론토를 대상으로 유전자 알고리즘을 활용하여 EMME/2 대중교통 통행배정과 관련된 파라미터를 추정한 연구로 표에 제시된 결과 이외에 탑승시간은 2.6분, 대기시간 factor 0.49를 도출하였음.

국내외 연구를 종합하면 광역/도시철도 통행배정시 차내시간 대비 차외시간의 가중치 파라미터는 대체로 1.0~2.0 사이의 값을 적용하는 것이 적절하다고 볼 수 있다. 또한, 배차간격과 밀접한 관련이 있는 대기시간은 광역/도시철도의 경우 지역간 철도에 비해 배차간격이 짧기 때문에 이용자가 열차도착시간을 정확히 인지하지 못하는 경우가 많으므로 확률적으로 배차간격의 1/2를 적용하는 것이 바람직하

다.

지역간 철도의 경우 광역/도시철도와 달리 접근통행 수단이 다양하고 총통행시간의 상당부분이 차내 시간에 해당하며 배차 간격이 비교적 길기 때문에 이용자는 열차도착시간을 비교적 정확히 인지하는 경우가 많다. 그러므로 지역간 철도와 관련된 국내외 연구의 경우 총통행시간 또는 본통행수단의 차내간만을 이용한 경우가 대부분이다. 따라서 지역간 철도 통행배정시 비교적 유사한 수준의 차내시간 대비 차외시간의 가중치 파라미터를 제시하기에는 어려운 실정이다.

따라서 연구팀은 앞에서 제시한 광역/도시철도 연구를 포함하여 비교적 장거리 통행에 해당하는 국내외 연구를 조사하여 지역간 철도 통행배정시 차내시간 대비 차외시간의 가중치 파라미터를 추정하여 활용할 수 있을 것이다.

한편, 지역간 철도의 경우 배차간격이 상당히 큰 노선의 대기시간은 확률적으로 배차간격의 1/2보다 더 작은 값을 적용하는 것이 바람직하다. 또한, 지역간 철도는 광역/도시철도와 달리 일정 수준 이상의 탑승시간이 있다. 따라서 연구팀은 지역간 철도의 운행계획을 고려하여 적절한 탑승시간을 산정하여 이를 반영할 수 있으며, 일반적으로 지역간 철도의 경우 5분 미만의 탑승시간을 적용할 수 있을 것이다.

2.4 분석결과

2.4.1 내부통행량 포함

1) 통행수요변화추이

수단분담결과 철도의 평균통행시간이 대폭 단축됨에 따라 승용차 통행량이 기존 31,498,844통행/일에서 26,168,629통행/일로 5,330,215통행/일이 감소 하였으며 버스 또한 19,148,410통행/일에서 12,446,467통행/일로 6,701,943통행/일이 감소하는 것으로 나타나 총 12,032,158통행/일의 통행량이 철도로 전환되는 것으로 분석되었다.

2. 수단분담결과

철도의 평균통행시간을 1시간으로 단축한 결과 승용차의 분담율이 통행시간 단축전 50.80%에서 통행시간 단축후 42.20%로 8.6%가 감소 하였으며 버스의 분담률 또한 단축전 30.88%에서 단축후 20.07%로 10.81%가 감소하는 것으로 나타나 통행시간 단축으로 인하여 증가한 철도 분담율중 버스에서 철도로 전환된 비율이 승용차 보다 더 높은 것으로 분석되었다.

표 4. 수단분담결과 비교

(단위: 통행/일, %)

구 분	O/D량		분담율	
	시행 전 (KTDB 최초자료)	시행 후 (통행시간 단축)	시행 전 (KTDB 최초자료)	시행 후 (통행시간 단축)
승용차	31,498,844	26,168,629	50.80	42.20
버 스	19,148,410	12,446,467	30.88	20.07
철 도	11,357,828	23,389,987	18.32	37.73
총 합	62,005,082	62,005,082	100.00	100.00

주: 기준년도는 2009으로 산정함.

분석결과 철도 통행시간 감축으로 인하여 철도의 수단분담율이 36%까지 증가하는 것으로 나타났으며 철도 통행시간 감소로 인하여 공로 통행시간이 27.8% 감소하고 CO2 배출량 역시 23.3% 감소되는 것으로 분석되었다.

표 5. 통행시간 절감효과 정리

항목		단위	시행전	시행후	비고
수단 분담율	승용차	%	50.8	42.2	-
	버 스	%	30.88	20.07	-
	철 도	%	18.32	37.73	-
	합계	%	100	100	-
공로 통행시간	공로이용 총통행시간	시간	276,024	216,025	27.8% 감소
	주간평균 통행시간	시간	275	215	27.8% 감소
CO2 배출량	공로부분 배출량 (승용차+버스+트럭)	g/km	667	541	23.3% 감소

2.4.2 내부통행량 제외

앞서 제시된 분석 내용은 내부통행량을 포함하였을 경우(249개준) 통행시간 감소로 인한 효과분석으로 본 절에서는 내부통행량 제외시(166개준) 대하여 효과분석을 실시하였다.

1) 내부통행량 산정 방법

내부통행량을 제외한 O/D통행량 및 수단 분담율을 구하기 위해 먼저 내부통행량 포함시의 철도 O/D 통행을 내부통행과 외부통행으로 구분지어 통행량을 산출하였으며 그 결과 지역간 통행과 연관되는 외부통행이 약 70%정도 산정되어 이를 토대로 내부통행량을 제외한 각 수단 O/D 총 통행량과 분담율을 산정하였다.

2) 통행시간 단축에 따른 효과

아래 표는 내부통행량을 제외했을시 철도 통행시간 단축에 따른 효과를 분석한 결과로서 분석 결과를 살펴보면 총 통행량의 경우 내부통행량을 포함했을시(62,005,082)에 비해 훨씬 적게 산출됨을 확인할 수 있는데, 이는 내부통행량이 제외되고 지역간 통행만을 고려하였기 때문에 산출된 결과라 판단된다.

또한 철도로의 이전분담율은 내부통행량을 포함했을시(18.32%→ 37.73%)보다 제외 했을시(13.89% → 55.11%)의 효과가 더 크게 산정됨을 확인할 수 있었는데 이는 지역간 철도로써의 특성이 잘 반영되었기 때문이라고 판단할 수 있다.

표 6. 내부통행량 제외 시 통행시간 단축에 따른 효과

통행시간 단축 전			통행시간 단축 후		
구분	O/D (통행)	분담율 (%)	구분	O/D (통행)	분담율 (%)
승용차	8,372,927	60.17	승용차	5,090,341	36.58
버 스	3,609,060	25.94	버 스	1,156,874	8.31
철도	1,933,186	13.89	철도	7,667,958	55.11
총합	13,915,173	100.00	총합	13,915,173	100.00

아래 그림은 내부통행량을 포함했을시와 제외하였시의 수단별 총 통행량을 그림으로 나타낸 것이며 그림에서도 확인할수 있듯이 내부통행량을 포함 및 제외했을시, 통행시간 감축으로 인하여 승용차와 버스의 통행량은 줄어들고 철도의 통행량은 증가됨을 확인할수 있으며, 철도의 경우 내부통행량을 포함했을시에 비해 제외했을시 전환된 통행량이 더욱 많이 증가되는 것으로 분석되었다.

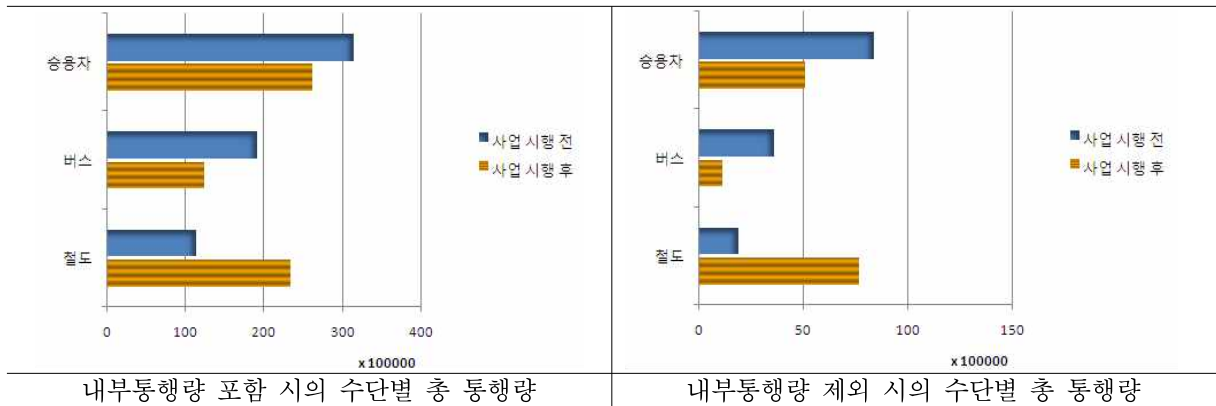


그림 2. 내부통행량 포함 및 제외 시의 수단별 총 통행량

철도의 수단 부담율은 내부통행량 포함시 37.73%, 내부통행량 제외시 55.11%까지 증가함을 확인할 수 있었으며 내부통행량을 제외하였을 경우 효과가 더 큰 것으로 분석되었다.

표 7. 내부통행량 포함 및 제외시 수단부담율

(단위: %, 시간, g/km)

구분	수단 부담율 (내부통행량 포함)		수단 부담율 (내부통행량 제외)		차이 (B-A)	
	과업시행 전	과업시행 후(A)	과업시행 전	과업시행 후(B)		
수단 부담율	승용차	50.80	42.20	60.17	36.58	-5.62
	버 스	30.88	20.07	25.94	8.31	-11.76
	철 도	18.32	37.73	13.89	55.11	17.38
	합계	100.00	100.00	100.00	100.00	-

3. 결론

본 연구에서는 지역간 철도통행시간 단축효과를 정량적으로 살펴보기 위하여 시뮬레이션 자료를 정리하고 분석하였다.

분석결과 주요 지역간 철도통행시간이 본선 운행시간을 기준으로 1시간 이내로 소요될 경우 즉, 1시간 철도라는 상징적인 철도아이템이 달성되었을 경우 지역간 수단부담율의 획기적인 변화가 나타날 수 있을 것으로 판단되었다. 특히 도시내통행과 같은 내부통행량을 제외한 수단OD를 분석하였을 경우 통행시간의 단축으로 인하여 50%이상의 철도이용율을 보일 것으로 분석되었다.

이러한 분석결과를 바탕으로 향후 철도활성화 방안의 주요 내용은 본선의 통행시간 단축을 중심으로 추진되어야 한다는 점이 강조되어야 할 것이다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과의 향후 활용방안을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 철도중심 교통체계구축을 위한 기초자료로 활용
 - 본 과업에서 수행된 현황분석과 문제점진단, 그리고 개선방안 등은 철도중심 교통전략수립에 활용
 - 철도 기본방향설정 및 철도 수단부담율 목표수준 결정에 활용
 - 향후 철도사업의 투자효과 평가시 기초자료로 활용
- 친환경 철도중심의 지역간 교통체계 개편에 기여
 - 교통수단간 연계시스템(Inter-modal transportation system) 구축에 활용
 - 효율적인 지역간 철도망구축계획 수립에 활용

참고문헌

1. 경기개발연구원, “경기도 대중교통환승체계 개선방안 연구” 1999
2. 경기개발연구원, “경기도 교통정책의 당면과제와 추진방안 제3편” ,2007
3. 국토연구원, “세계철도 기술수준 및 투자방향 분석을 통한 철도투자정책 재정립 연구” ,2008
4. 한국교통연구원, “수도권 광역철도 수송경쟁력 제고” ,2008
5. 한국교통연구원, “고속철도 시대의 교통체계 연구” ,2004
6. 국토연구원, “세계철도 기술수준 및 투자방향 분석을 통한 철도투자정책 재정립 연구” ,2008
7. ERRAC, “Strategic rail research agenda 2020” ,2007