

논 문

## 고속철도의 영향 및 철도수송 합리화 방안

남 기 찬\* · 곽 규 석\*\*

### The Impacts of High-speed Railway on Conventional Railway Systems and Its Policy Implication

*K. C. Nam · K. S. Kwak*

Key Word : 고속철도(High-speed Railway), 기존철도(Conventional Railway), 전환수요(Transferred Demand), 유발수요(Derived Demand), 서비스수준(Level of Service), 수송분담률(Modal Split)

#### Abstract

The decline of railway industry has been a world-wide phenomenon. Recently, increased attention has therefore been paid to the rehabilitation of conventional railway systems as well as the new forms of railway systems such as high-speed railway and unit train. The introduction of such new railway systems has considerable impacts on the existing transport systems.

Korea is expecting a era of high-speed railway and thus the need for the preexamination of such system emerges. This study is therefore concerned with the impacts on the conventional railway systems of the planned high-speed railway and its policy implication.

The results revealed that the high-speed railway is almost exclusive to the conventional railway systems. The only impact is to induce some users of the conventional railway services, resulting in some excess track capacity of Kyungbu line. It does however appear not to have any influence on the level of service for the conventional passenger services and rail freight transport. Consequently, it appears desirable to pay as much attention to the conventional railway systems as to the high-speed railway.

#### I. 서 론

20세기 후반에 들어서 전 세계적으로 철도산업이 사양화 추세에 있다. 이것은 자동차 산업의

발달, 도로 확충 및 정비 그리고 가격보다 서비스를 중요시하는 수요행태의 변화에 기인한다. 최근 들어서 사회, 경제 및 환경적인 이유로 인하여 철도수송 활성화에 대한 관심이 높아지고

\* 정희원, 한국해양대학교 항만운송공학과 교수

\*\* 정희원, 한국해양대학교 항만운송공학과 교수

있다. 여객수송 부문에서는 고속철도가 등장하여 항공운송 등의 고급서비스와 경쟁하고 있으며, 화물수송 부문에서도 신속하고 안전한 서비스를 요구하는 컨테이너 등의 단위 화물 전용수송을 위한 단위열차(unit train)가 여러 나라에서 운행되고 있다.

최근 몇년간 우리나라에서도 계획중인 고속철도에 대해 많은 관심을 보여왔다. 특히 심각한 도로 체증으로 인하여 철도 수송력 증강의 필요성이 더욱 커지면서 고속철도 건설이 기존 수송체계에 미칠 영향에 대한 관심이 높다. 수출입에 크게 의존하는 우리나라의 경제구조 하에서는 고속철도가 철도 화물수송체계에 미칠 영향에 대한 관심 또한 높다. 현재까지 우리나라의 고속철도 건설에 관하여 많은 논란이 있었으나 경제적 타당성을 입증하기 위한 조사 및 연구에 국한되고 전체 수송체계와 관련된 것은 부족하다. 따라서 고속철도의 위상과 타 수송체계에 미칠 잠재적 영향을 파악할 필요가 있다.

고속철도와 관련된 주 연구분야는 이용자를 끌 수 있고 수익을 남길 수 있는 운임수준에서 운영이 가능한가 하는 경제적 타당성이다. 다른 하나는 고속철도의 위상과 잠재적 수요 및 다른 수송수단에 미칠 영향이다. 일반적으로 고속철도는 새로운 통행을 유발할 뿐 아니라 기존 철도, 항공, 승용차 통행을 흡수함으로써 기존 수송체계에 영향을 미친다. 또한 전반적으로 타 수송서비스의 질적 향상을 이끄는 간접 영향을 미친다.

이에 대한 연구방법은 미시적 접근법과 거시적 접근법으로 나눌 수 있다. 전자의 경우 단기에 걸친 보다 세부적인 운임 및 서비스 수준 분석을 다룬다. 이 경우 정밀한 모형 구축이 연구의 기본을 이루게 된다. 후자의 경우는 장기 계획과 관련된 것으로서 수요예측은 높은 집단(agggregation)수준에서 이루어지며, 모형자체의 중요성은 크지 않다. 주된 관심사는 추정된 상황에서의 영향을 평가하는 것이다.

본 논문은 우리나라에서 계획 중인 고속철도의 영향을 거시적으로 분석한다. 그 목적은 고속철도의 위상과 기존의 여객 및 화물수송체계에 미

칠 영향을 분석하고 철도수송 합리화를 위한 정책방안을 모색하는 것이다. 분석에 필요한 자료는 기존의 관련 통계자료를 이용하고, 수요예측은 이전 연구에서 행해진 것을 사용한다. 현재 운행 중인 프랑스의 TGV와 일본의 신간선 그리고 호주 시드니-멜보른 간의 고속철도 계획 등을 또한 참고한다.

서론에 이어 II장에서 우리나라 철도 수송수요 및 체계 현황을 살펴보고, III장에서 고속철도의 잠재적 영향을 여객과 화물부문으로 나누어서 분석한다. IV장에서 철도수송합리화를 위한 정책적 의미를 살펴보고, V장에서 본 논문을 맺는다.

## II. 철도수송 수요 및 수송체계 현황

### 1. 수송수요 경향

1960년대부터 산업 및 경제활동에서 중요한 역할을 담당했던 철도는 1970년대에 들어서부터 그

Table 1. Trends in Domestic Passenger and Freight Traffic by Mode

(단위 : 백만 인-km, 백만 톤-km)

		1981	1982	1984	1986	1988	1990	1991	증가율
여객	공로	67,315 (75)	72,110	76,398	79,732	85,325	89,712	87,697 (70)	2.7
	항공	557 (1)	654	1,012	1,431	2,191	4,011	4,447 (3)	23.1
	철도	21,528 (24)	21,034	21,884	23,563	25,978	29,864	33,470 (27)	4.5
화물	공로	4,868 (21)	5,097	6,762	8,034	8,645	9,325	10,530 (21)	8.0
	항공	6 (0)	11	22	29	43	72	79 (0)	29.4
	철도	10,819 (46)	10,892	12,033	12,813	13,784	13,663	14,494 (29)	3.0
	해운	7,927 (33)	7,881	11,141	13,034	16,617	21,127	24,737 (50)	12.1

주 : ( )내 수치는 연도별 수단분담률

자료 : 교통통계연보, 1990-1992

중요성이 낮아졌다. Table 1에서 보듯이 1981년부터 1991년까지 화물수요는 공로, 연안해송, 항공이 각각 연평균 8.0%, 12.1%, 29.4%씩 증가한 반면에 철도는 3.0%의 증가율을 보였다. 여객수요는 공로 및 항공이 각각 연평균 2.7%, 23.1%씩 증가하였으며, 동 기간에 철도는 4.5%의 증가를 보였다. 철도의 수송분담률은 여객수송의 경우 인-km 기준으로 1981년 24%에서 1991년 27%로 3% 증가 하였으며, 화물수송은 톤-km 기준으로 46%에서 29%로 감소하였다. 이것은 철도의 중요도가 여객수송보다 화물수송에서 낮아지고 있음을 나타낸다.

Table 2와 3은 철도 주요 노선 별 여객 및 화물 수송실적을 나타낸다. 여객수송의 경우 경부선이 1992년 기준으로 전체 철도 여객의 53.5%를 차지하고 있다. 화물 수송의 경우 수송톤을 기준으로 태백선, 중앙선, 영동선이 각각 20.7%, 15.1%, 9.9%로서 큰 비중을 차지하며, 경부선은 전체 화물수송량의 6%를 차지한다. 위의 세 주요선의 경우에는 석탄, 시멘트, 양회, 광석 등의 벌크화물이 다수를 차지하는 반면에 경부선의 경우는 일반화물인 컨테이너의 비율이 59%인 것을 생각할 때 화물 수송부문에서도 경부선이 중요한 역할을 담당하고 있음을 알 수 있다. 경영실적면에서도 경부선은 경인, 중앙선과 함께 흑자를 기록하며, 91년 기준 수익액은 130,127백만원으로서 총 흑자액의 85%를 차지한다(교통연감, 1992).

Table 2. Passenger Traffic on Main Lines

(단위 : 백만명)

	경부선	중앙선	호남선	전라선	경의선	기 타	합 계
1984	57.0	11.1	11.0	4.2	10.9	52.9	147.1
1986	60.5	10.8	9.8	4.0	9.7	49.4	144.2
1988	66.8	10.2	9.2	3.7	7.9	43.4	141.2
1990	76.8	11.1	9.1	3.5	7.7	41.9	150.1
1992	86.7	11.6	9.3	4.1	9.3	41.0	162.0
(%)	(53.5)	(7.2)	(5.7)	(2.5)	(5.7)	(25.3)	(100.0)

주 : ( )내 수치는 각 선별 분담률

자료 : 교통정보, 1993 각 월호

Table 3. Freight Traffic on Main Lines

(단위 : 백만톤)

	경부선	중앙선	호남선	영동선	태백선	기 타	합 계
1984	2.8	6.3	1.5	6.1	13.5	23.5	53.7
1986	2.5	6.6	1.1	7.4	15.0	25.6	58.2
1988	3.1	7.5	1.0	7.6	14.4	27.1	60.7
1990	3.3	8.0	0.9	5.9	12.5	27.4	57.9
1992	3.5	8.9	0.7	5.8	12.2	27.7	58.8
(%)	(6.0)	(15.1)	(1.2)	(9.9)	(20.7)	(47.1)	(100.0)

주 : ( )내 수치는 각 선별 분담률

자료 : 교통정보, 1993 각 월호

Table 4는 1983년부터 1992년까지의 수단별 부산 서울간 여객운송 추이와 통행수요 수준에 직접 영향을 미치는 사회경제 지표인 인구나 소득의 변화를 나타낸다.

동 기간동안 인구는 완만한 폭으로 증가하였으며, 경제성장 정도를 반영하는 GDP는 보다 빠르

Table 4. Passenger Demand in Seoul-Busan Corridor

(단위 : 1,000명)

년도	고속 버스	항공	새마을	GNP (10억원)	인구 (천명)
1983	492 (93)	9 ( 2)	30 ( 5)	66,803	39,910
1985	515 (91)	18 ( 3)	34 ( 6)	78,088	40,806
1987	525 (95)	24 ( 4)	66 (11)	99,612	41,622
1989	534 (79)	41 ( 6)	100 (15)	119,577	42,449
1991	458 (70)	55 ( 8)	140 (21)	141,623	43,268
1992	395 (64)	60 (10)	163 (26)	148,251	43,664

주 : 수요는 1989년 새마을 수요를 100으로 하여 지수화한 것임.

( )내 수치는 연도별 수단 분담률

자료 : 교통정보 1993 각 월호

교통통계연보 1993

게 증가하였다. 전체 통행 수요는 이러한 경제 사회 지표와 비례하여 증가하였다.

연도별 수송추이는 1990년 이후 고속버스 수요가 지속적으로 감소한 반면에 새마을과 항공 수요가 꾸준히 증가 하고 있다. 수송 분담률 역시 뚜렷한 추세를 보인다. 1983년 93%를 차지했던 고속버스는 그 분담률이 지속적으로 줄어들어서 1992년에는 64%였으며, 반면에 새마을은 동 기간에 5%에서 26%로 증가하였고, 항공 역시 2%에서 10%로 증가 하였다. 이러한 수요 변화의 특징은 보다 고급 교통수단에 대한 수요가 증가하고 있다는 것이라고 말할 수 있다.

경부선의 여객열차 등급별 92년 3월 현재 운행 빈도 구성은 새마을 19%, 무궁화 45%, 통일호 22%, 비둘기 14%이다. 고급서비스에 속하는 새마을과 무궁화가 전체의 64%를 차지한다(Table 5).

경영실적면에서는 새마을과 무궁화가 수송원가의 약 1.5배에 해당하는 수입을 올려서 각각 37,196백만원, 61,804백만원의 흑자를 기록하고 있다. 반면에 통일호와 비둘기는 각각 수송원가의 89%, 18%에 해당하는 수입으로 총 19,555백만원, 76,896백만원의 적자를 기록했다.

Table 5. Passenger Train Frequency and Financial Performance by Class

	운행빈도 (회/일)	손익 (백만원)	원/인키로	
			수입	원가
새마을	32	37,196	37.5	23.9
무궁화	74	67,804	20.9	14.1
통일호	36	-19,555	15.4	17.4
비둘기	24	-76,896	10.6	60.1

주: 운행빈도는 경부선의 경우

손익, 수입, 원가는 전체선의 경우

자료: 교통연감 1992

경부선 화물수송수요 추세는 Table 6에 나타난 것처럼 톤킬로를 기준으로 할 때 컨테이너 부문이 꾸준히 증가하는 반면에 양회를 제외한 모든 벌크화물이 감소하고 있다. 화물품목별 분담률은 1991년 기준 컨테이너가 59%, 무연탄과 양회가 각각 14%, 12%를 차지하며 나머지 화물은 각각

5% 내외를 차지한다.

경영실적면에서는 컨테이너가 유일하게 흑자를 기록하며, 나머지 화물은 적자를 기록하고 있다. 톤키로 당 수입과 수송원가 비는 컨테이너가 1.17이며, 그의 적자를 기록하는 화물들은 0.86에서 0.97에 해당한다. 즉 컨테이너 화물을 제외한 전 화물 품목의 수송수입은 원가의 약 90% 내외이다.

Table 6. Freight Traffic Trend on Kyung-bu Line

(단위: 백만톤-km)

	컨테이너	양곡	양회	비료	무연탄	광석	유류	합계
1988	979 (49)	44 (2)	219 (11)	109 (5)	453 (23)	79 (4)	125 (6)	2,008 (100)
1989	995 (50)	43 (2)	243 (12)	127 (6)	381 (19)	77 (4)	106 (5)	1,972 (100)
1990	1,247 (57)	30 (1)	252 (11)	115 (5)	364 (17)	77 (4)	110 (5)	2,195 (100)
1991	1,392 (59)	24 (1)	277 (12)	106 (5)	335 (14)	73 (3)	134 (6)	2,341 (100)
연평균증가율	12.4	-18.0	8.1	-1.0	-9.5	-1.6	2.3	5.2
손익(백만원)	4,370	-194	-11,431	-2,066	-13,560	-2,388	-756	
원/톤키로	수입	21	24	25	25	26	23	29
원가	18	28	28	29	29	25	29	

주: 손익, 수입, 원가는 전체선의 경우

자료: 철도통계연보, 1989-1992, 교통연감 1992.

## 2. 공급현황

공급 측면에서 볼 때 경부선은 많은 제약요인을 가지고 있다. 먼저 선로 용량부족 문제를 들 수 있다. 일반적으로 여객과 화물열차의 구성비가 50:50인 복선철도의 용량은 편도 일일 120회로 산정한다(이인원, 1992). 그러나 경부선은 화물열차의 비율이 약 27%로서 다소 낮으므로 선로용량을 전체구간 최대 138회로 산정한다(교통연감, 1992). Table 7에서 보듯이 91년 현재 경부선은 특정구간에서 이미 용량 한계점에 이르렀음을 알 수 있다.

Table 7. Capacity and Train Frequency of Kyung-bu Line

(단위 : 편도운행회수/일)

구 간	기준용량	운행회수
서울-수원	153	119
수원-천안	138	137
천안-조치원	134	129
조치원-대전	134	131
대전-김천	123	86
김천-대구	132	91
대구-삼량진	106	94
삼량진-부산	110	93

자료 : 교통연감 1992.

열차 운행 효율 및 선로 용량 증대에 영향을 미치는 CTC (Centralised Traffic Control)는 1992년 1월 현재 서울-동대구간 327km에 설치 되었으나, 철도시설 현대화 정도의 척도인 전철화율이 낮다(현재 서울 수원 구간 41.5km 만이 전철화됨). 열차 운행속도와 밀접한 관계가 있는 선로 선형은 곡선반경이 1,000m 이하인 구간이 262km로서 전체 길이의 50%를 넘는다(이인원, 1992). 따라서 현 선형구조의 개선이 없이는 속도 향상을 기대할 수 없다. 이외에 노후화된 기관차 및 화차도 효율적인 열차의 운행에 대한 장애 요인이다. 1992년 1월 현재 전체 기관차의 30.3%, 객차의 20% 그리고 화차의 13.8%가 내구연한을 경과해서 운행되고 있다 (교통연감, 1992).

3. 수송체계 현황

다양한 수단으로 구성되는 수송체계는 크게 수송수단의 물리적인 특성과 서비스의 차이에 따라 분류된다. 항공, 철도, 공로, 해운 등의 분류는 전자에 따른 것이며, 새마을, 무궁화, 비둘기 등의 분류는 후자에 따른 것이다. 수단의 서비스 수준과 수요 특성에 의하여 수송체계는 몇 개의 상호배타적인 수송시장으로 나누어진다. 즉, 수송 시장분할(market segmentation)이 이루어진다.

Table 8은 고속철도의 계획 구간인 서울 부산 축에서 여객서비스별 예상되는 운행시간과 요금

을 나타낸다.

통행시간은 승용차의 경우 도시간 거리와 평균 주행속도 80km/h를 기준으로 하여 산출하였다. 열차와 항공기의 경우 현재 운행 및 비행 소요시간에 역과 공항에 출입하는데 소요되는 시간을 합한 것이다. 접근시간은 열차와 우등고속버스의 경우 출발지에서 역까지 그리고 도착역에서 최종 목적지까지의 통행시간을 40분으로 하고, 역에서 대기시간을 20분으로 가정하였다. 항공의 경우 120분을 가정 하였다. 비용은 새마을, 항공, 우등고속 수단의 경우 현 요금이며, 승용차는 고속도로 통행료와 연료비를 합한 것이다. 고속철도의 경우 현 항공 요금의 70%로 산정한 요금이다.

Table 8. Service Characteristics of Passenger Modes in Kyung-bu Corridor

	고속철도	새마을	항 공	우등고속	승용차
시 간 (시간-분)	1-40 (60)	4-20 (60)	1-40 (120)	5-20 (60)	6-00 (0)
비용(원)	25,400	22,000	37,200	13,900	30,000

주 : ( )내 수치는 접근시간, 대기시간, 최종 목적지 까지 통행시간의 합

통행시간은 고속철도, 항공기, 새마을, 승용차, 우등버스 순으로 길어진다. 통행시간 면에서 고속철도의 최적 경쟁 수단은 항공 수단이다. 고속철도와 항공의 운행시간은 동일하나, 항공의 경우 공항까지 접근과 도착지 공항에서 최종 목적지까지 통행시간이 긴 관계로 전체 통행시간은 고속철도 보다 1시간 정도 길어진다. 이것은 도심에서 공항을 연결하는 신뢰할 수 있는 연계 교통망이 항공의 경쟁력에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 승용차 이용은 시간 면에서 다소 불리하나 다른 수단과 비교할 수 없을 정도로 우수한 접근도(accessibility)와 신속성(flexibility)으로 인하여 중.단거리 여행에서 상당한 경쟁 우위를 가질 것으로 예상된다.

비용은 항공, 승용차, 고속철도, 새마을, 우등고속 순으로 낮아진다. 그러나 이 비용은 각 수단의 순수 통행요금이므로 공항과 역 및 터미널까지의 접근비용과 최종 목적지까지의 통행비용을 감안

하면 약간의 차이가 생긴다. 시간과 비용을 기준으로 수송 시장분할(market segmentation)을 하면 Fig. 1과 같이 시간을 기준으로 할 때 크게 고속철도와 항공 수단으로 구성되는 시장, 그리고 새마을, 우등고속, 승용차로 구성되는 시장으로 나눌 수 있다. 전자는 시간 가치가 높은 통행을 끝 수 있는 최고급 수송 시장이며, 후자는 시간과 비용을 절충하는 수송시장 이라고 할 수 있다. 현대 도시간 이동에서 여행자는 비용보다는 여행 시간, 안락함, 편리성, 용이한 접근도 등을 중요시함을 생각할 때 최소통행시간 수단인 고속철도는 기존 고급 수송수단보다 한 단계 앞선 최고급 교통수단임을 알 수 있다. 이러한 분할은 수단간의 중복성 문제가 있지만 수송시장 특성과 특정 수송시장의 영향을 분석하는데 있어서 유효하다.

수단간 경쟁 측면에서 볼 때 고속철도의 주 경쟁수단은 항공수송임을 알 수 있다. 동종 수단인 새마을과 무궁화 그리고 이종 수단인 승용차, 우등고속 및 고속버스를 부 경쟁 수단으로 생각할 수 있다. 환언하면 고속철도는 항공 시장에 상대적으로 큰 영향을 미칠 것이며, 승용차 이용 및 기존의 고급 철도 서비스 그리고 고속버스 서비스 시장에 약간의 영향을 미칠 것으로 예상된다.

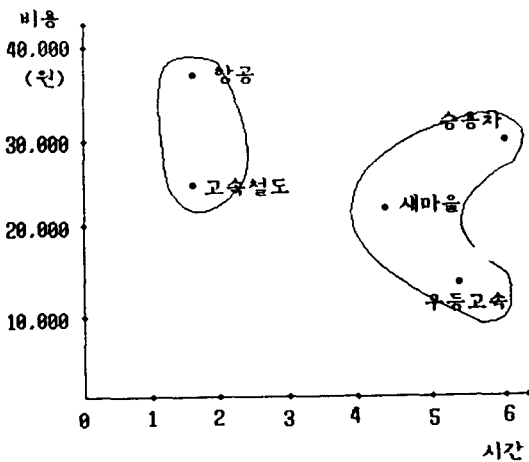


Fig. 1. Market Segmentation by Mode in Kyung-bu Corridor

### III. 고속철도의 영향

#### 1. 여객수송시장에 미칠 영향

##### 1) 외국의 경우

##### (1) 고속철도의 수요

고속철도의 수요는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 총 통행수요의 증가로 인한 유발수요(Derived Demand)이며, 둘째, 기존 수송수단으로부터 옮겨가는 전환수요(Transferred Demand)이다.

1995년 운행을 목표로 한 호주 Sydney와 Melbourne간의 고속철도(VFT, Very Fast Train)에 대한 잠재적 수요분석(Gunn et al., 1992)에서는 (Table 9) 고속철도의 총 수요가 14백만 통행으로 추정되었다. 고속철도 운행으로 인하여 유발될 새로운 수요가 5.1백만으로 전체수요의 36.4%에 달한다. 이들 대부분은 통행목적 면에서는 비업무(non-business)통행으로 예상된다. 기존 수단으로부터 전환될 수요는 8.9백만 통행으로 63.6%를 차지한다.

프랑스 Paris와 제 2의 도시 Lyon간 425km 구간에 1983년 운항을 개시한 TGV의 경우(Mireille Muller, 1984) 1981년의 부분적인 운행을 앞두고 TGV가 기존 통행에 미칠 영향을 예측했다. 수요 구성은 호주의 경우와 약간 다르다. 유발 수요는 TGV 전체 수요의 23.8%이며, 전환수요는 76.2%로서 VFT보다 약간 높은 수준이다.

Table 9. Passenger Demand Forecasts for VFT and TGV

(단위: 백만통행)

	VFT	TGV	평균
전환통행	8.9 (63.6)	4.5 (76.2)	(69.9)
유발통행	5.1 (36.4)	1.4 (23.8)	(30.1)
총 통행	14.0 (100.0)	5.9 (100.0)	(100.0)

자료: Gunne et al(1992)

Mireille Muller(1984)

Table 10은 일본 동해도선의 신간선 개통 전후의 실 수요와 예측 수요를 나타낸다. 철도 여객 수요는 크게 통근·통학 목적의 단거리 수요인 정기여객과 비정기적이며 비교적 장거리 수요인 일반여객으로 구분되는데, 여기서는 고속철도의 영향을 거의 받지 않는 전자는 제외하였다. 예측수요는 1950년부터 1957년 기간동안의 연평균 증가율인 6.76%를 적용하여 구했으며, 이것은 신간선이 건설되지 않았을 경우에 재래선을 이용했을 여객수요이다. 따라서 예측수요에서 실수요를 제외한 차이는 신간선으로 전환된 수요로 생각할 수 있다. 신간선의 유발수요는 실수요에서 전환수요를 뺀 나머지 수요에 해당한다.

Table 10. Passenger Traffic on Donghaedo Line

(단위 : 백만인 · km)

년도	재래선			신간선	
	실수요	예측수요	전환수요	실수요	유발수요
1960	18,294				
1961	20,014				
1962	21,830				
1963	23,682				
1964	23,071	25,282	2,211	3,912	1,701
1965	18,890	26,992	8,102	10,651	2,549
1966	15,590	28,817	13,227	14,489	1,262
1967	14,629	30,765	16,136	17,911	1,775
1968	14,477	32,844	18,367	21,027	2,660
1969	13,987	35,065	21,078	22,816	1,738

자료 : 이건영(1992), p. 170, 표 4-11을 기준으로 하여 작성했음.

1964년부터 1969년 기간 동안 신간선의 평균유발수요는 18%이며, 전환수요는 82%로 추정된다. 이것은 Table 9에 나타난 호주와 TGV의 경우와 비교할 때 유발수요 비율이 다소 낮음을 알 수 있다.

(2) 고속철도의 영향

호주에서 건설 중인 고속철도와 프랑스에서 운행 중인 TGV가 다른 수단에 미칠 영향에 대한 연구를 통하여 고속철도의 일반적인 영향을 추론

해 본다.

호주 Sydney와 Melbourne간의 고속철도(VFT, Very Fast Train)의 수요예측(Table 11)은 목표년도인 1995년에 기존 수단의 8.8백만(31%) 통행이 고속전철 운행으로 인하여 감소할 것으로 예측하고 있다. 수단별로는 자가용이 5백만(23.7%), 항공이 2.3백만(48.9%), 버스가 1.1백만(55%) 그리고 기존철도가 0.4백만(66.7%) 통행이 감소할 것으로 나타났다.

Paris와 Lyon간 운행하는 TGV의 경우 TGV로 인한 총 감소통행은 약 4.5백만 통행이다. 수단별로는 철도가 3.9백만, 항공이 0.5백만 그리고 도로교통이 0.1백만 통행이 감소할 것으로 예측했다.

Table 11. Impacts of VFT and TGV

(단위 : 백만 통행)

수송수단	VFT			TGV
	자연적수요	가상수요	수요감소	수요감소
승용차	21.1	16.1	5.0	0.1
버스	2.0	0.9	1.1	
항공	4.7	2.4	2.3	0.5
철도	0.6	0.2	0.4	3.9
총통행량	28.4	19.6	8.8	4.5

주 : 자연적 수요는 고속철도가 운행되지 않는 경우의 수요.

가상수요는 고속철도의 운행을 가정한 경우의 수요.

자료 : Mireille Muller(1984)

Gunn et al.(1992)

호주와 프랑스 그리고 일본은 수송 및 사회·경제적 환경이 서로 다른 관계로 고속철도의 영향이 나라마다 다르게 나타나고 있다. 즉, 수송체계 및 각 수송수단별 시장특성이 다르고 수송서비스의 상대적 우열이 다르다. 수송에 영향을 미치는 경제 사회적 지표가 또한 다르다. 따라서 수송수요현황 및 패턴이 다르다. 그러나, 위의 결과로부터 일반적인 고속철도의 위상과 수요 구성을 추론할 수 있다. Table 9와 같이 VFT와 TGV의 평균 전환수요와 평균 유발수요는 각각 69.9%,

30.1%이다. 따라서 고속철도의 수요는 약 70%의 전환수요와 약 30%의 유발수요로 구성될 것으로 추측할 수 있다. 항공과 기존의 고급철도 서비스가 상대적으로 큰 영향을 받을 것이며, 승용차와 버스로 구성되는 공로는 상대적으로 적은 영향을 받을 것이다.

2) 서울-부산간 고속철도의 경우

경부선의 여객 수요 특성은 Table 12에서 보듯이 1977년부터 1989년 기간 동안 여객-km 기준으로 무궁화와 새마을이 각각 37.9%, 10.8%의 증가율을 보이며, 반면에 통일호는 1% 증가, 그리고 비둘기는 11.6%의 감소 추세이다. 이것은 고급수송서비스에 대한 수요가 크게 증가하는 반면에 저급 서비스에 대한 수요는 감소하고 있음을 나타낸다.

1991년 현재 수송분담률은 여객-km 기준으로 새마을이 15.5%, 무궁화 46.6%, 통일호 36.2% 그리고 비둘기가 1.7%로써 등급별 차이가 뚜렷하다.

수송거리 측면에서도 서비스간 뚜렷한 차이가 나타난다. 평균수송거리는 188km이며, 새마을의 평균수송거리가 327km, 무궁화 207km, 통일호 170km 그리고 비둘기가 39km이다.

Table 12. Characteristics of Passenger Demand on Kyung-bu Line

등급	증가율(%) (1977-1989)		점유율(%) (1991)		평균여행거리(1991) (km)
	여객수	여객-km	여객수	여객-km	
새마을	11.4	10.8	8.9	15.5	327.4
무궁화	41.1	37.9	42.4	46.6	206.6
통일호	3.2	1.0	40.2	36.2	169.6
비둘기	-7.4	-11.6	8.5	1.7	39.1
계			100.0	100.0	(188.3)

주: 정기여객은 제외

( )내 수치는 전체 철도여객서비스의 평균수송거리임

자료: 철도통계연보 각년

각 서비스별 수요 특성을 여행시간과 관련이 있는 수송거리를 기준으로 살펴보면 Table 13과

같다.

Table 13. Passenger Demand by Distance Band

거리대	새마을	무궁화	통일호	비둘기	계
50km 이하	1 (0)	174 (2)	254 (3)	822 (56)	1,251 (5)
51-100	8 (0.3)	665 (7)	1,171 (12)	364 (25)	2,208 (10)
101-200	328 (12)	2,112 (23)	2,375 (24)	162 (11)	4,977 (22)
201-300	302 (11)	1,768 (19)	2,304 (24)	89 (6)	4,463 (19)
301-400	819 (30)	1,803 (20)	2,044 (21)	27 (2)	4,693 (20)
401 이상	1,263 (46)	2,599 (28)	1,588 (16)	5 (0.3)	5,455 (24)
합계	2,721 (100)	9,121 (100)	9,736 (100)	1,469 (100)	23,047 (100)

주: 정기여객은 제외.

( )내 수치는 거리대 별 구성비

자료: 철도통계연보, 1992

총수요는 거리대 별로 고른 분포를 나타낸다. 즉, 100km 이하를 제외하고 거리대별로 19%에서 24%의 분포를 보인다. 그러나 서비스별로는 뚜렷한 차이를 나타낸다. 새마을의 경우 장거리에 속하는 300km 이상이 76%를 차지한다. 반면에 비둘기의 경우 100km 이하가 81%를 차지한다. 무궁화와 통일호의 경우 300km 이상이 각각 48%, 37%를 차지하며, 100km 이하가 각각 9%, 15%를 차지한다. 이것은 서비스별 거리에 따른 뚜렷한 시장분할을 의미한다. 즉, 새마을은 장거리수송, 우등과 통일호는 중·장거리 그리고 비둘기는 단거리 운송을 담당함을 의미한다.

수송거리와 비용을 기준으로 각 서비스의 고유시장을 살펴보면 Fig. 2와 같다.

거리는 고속철도가 계획하고 있는 역간의 최단거리인 100km 단위로 나누었으며, 각 서비스의 평균수송거리의 전후를 각 서비스의 고유시장으로 가정하였다. 기존 서비스 운임은 km당 현재의



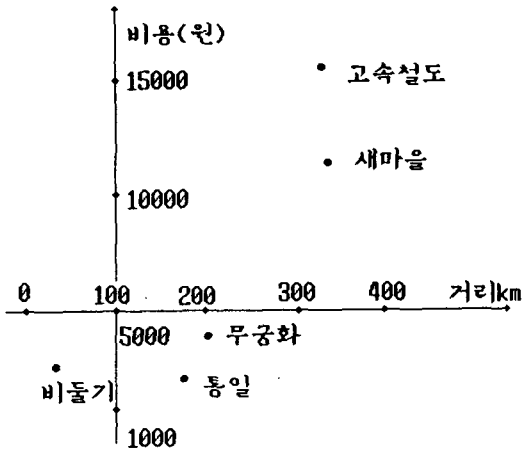


Fig. 2 Railway Passenger Service Competition

기본운임률을 적용하였다. 즉, 새마을호는 km당 37원, 무궁화호 20원, 통일호 15원 그리고 비둘기는 8원이다. 고속철도는 평균수송거리를 새마을과 동일한 330km로 가정하였다. 요금은 고속철도 건설공단이 예상하고 있는 새마을 보다 25%비싼 수준으로 가정하였다.

수송수요 수준은 이용자의 선호도(preference)에 의하여 결정되지만 수송서비스의 특성을 나타내는 요소인 거리(시간의 dummy)와 요금을 기준으로 대략의 경쟁관계를 이해할 수 있다. 문헌에 의하면 비용의 탄력치는 고급수송 서비스의 경우 -0.2 수준이므로 수송에 큰영향을 미치지 않을 것으로 예상된다. 그러나 시간의 수요 탄력치는 -1에서 -2의 범위로서(Savelberg & Vogelaar, 1987) 수요에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

고속철도의 경쟁시장은 위 좌표 상에서 우측상단 부분에 해당된다. 경쟁 측면에서 동일 시장을 대상으로 하는 새마을은 점진적으로 고속철도에 흡수될 것으로 전망된다. 무궁화의 경우 고속여행의 잇점을 누릴 수 있는 장거리 여객(300km 이상 여객인 48%)의 대부분이 고속철도로 전환될 것으로 예상된다. 그러나 통근,통학 목적의 정기 여객이랄 수 있는 100km 이하의 여객은 계속 무궁화를 이용할 것이다. 통일호의 경우 장거리

이용객인 300km 이상의 37%만이 잠재적인 전환통행자이며 단거리 여행자인 대다수는 여전히 기존 서비스를 이용할 것이다. 비둘기의 경우 최대적자 서비스이며 점점 그 수요가 감소하는 추세임을 생각할 때 대체 수단인 공로 부문의 서비스가 기존 이용객을 흡수하고 점진적으로 철도 서비스는 폐쇄될 것으로 예상된다.

이러한 가정은 일본 동해도 신간선의 경우, 개통 18년 후에도 재래선 이용자의 비율이 46%에 이르며(이인원, 1992), 특히 정기여객은 고속철도의 영향을 받지 않았던 점을 생각하면 합리적이라고 할 수 있다.

위의 가정을 바탕으로 고속철도가 운행될 것으로 예상되는 2000년대의 기존 철도 서비스의 수요와 예상되는 고속철도로의 전환수요를 예측하면 Table 14와 같다.

Table 14. Passenger Demand Forecasts on Kyung-bu Line in 2000

(단위 : 1,000명)

	91년 수요 (A)	증가율	예측 수요	전환율	전환 수요	잔류수요 (B)	(B)/(A) (%)
새마을	7,270	7.7	14,174	80	11,339	2,835	39
무궁화	34,618	6.9	63,112	48	30,294	32,818	95
통일호	32,750	2.7	41,625	37	15,401	26,224	80
계	74,638		118,911		57,034	61,877	83

주 : 연평균증가율은 교통연감, 1992의 수치를 사용했음.

Table 14의 증가율과 전환율을 가정할 때 2000년의 총 수요는 91년 수요의 1.6배에 해당하는 118,911,000명으로 예상된다. 기존 철도서비스 이용에서 고속철도로 옮겨갈 전환수요는 예측수요에 전환율을 곱한 것으로서 총수요의 48%를 차지한다. 예측수요에서 전환수요를 제외한 나머지 수요, 즉, 잔류수요는 기존 서비스를 계속 이용할 수요에 해당한다. 2000년 잔류수요의 91년 수요 대비는 새마을 39%, 무궁화 95% 그리고 통일호가 80%이다. 총 수요의 비는 83% 수준이다. 즉, 고속철도가 운영을 개시하면 2000년의 기존철도 수요는 1991년 수요의 83%이다. 선로용량 측면

에서 볼 때 이것은 2000년에 여객수송이 차지하는 열차운행 빈도는 91년의 83%에 해당함을 의미한다. 따라서 여객 열차 운행 빈도는 현재 보다 약 17% 감소할 것으로 예상된다.

2. 철도 화물수송에 미치는 영향

철도화물 수송은 수송 화물량을 기준으로 할 때 석탄, 양회, 유류 등의 산화물이 대종을 이룬다. 그러나 운행수입 면에서는 컨테이너가 유일하게 흑자를 내는 화물수송 부문이다(Table 6). 따라서 많은 연구자와 철도수송 관련자들은 철도의 컨테이너 수송에 보다 높은 관심을 가지면서 이의 수송량을 증대시키는 방안을 모색하여 왔다. 최근 물류에 관련된 여러 글에서 철도 컨테이너 수송 분담률 제고 방안을 제시하고 있으며, 주요 장애 요인으로서 철도 선로 용량 부족 문제를 들고 있다.

2000년에 경부선의 화물수요는 1991년 수요의 1.52배에 해당하는 5,230,113톤으로 예상된다(Table 15). 이것은 화물열차 빈도가 약 52% 증가함을 의미한다. 1991년과 동일한 객차와 화차의 운행빈도 구성(73 : 27)이 2000년에도 변하지 않는다고 가정하면 여객과 화물수요를 합한 2000년의 경부선 수송수요는 1991년 수요의 102%에 해당한다.<sup>1)</sup> 즉, 1991년 현재 경부선이 용량한계에 도달 했다고 가정하면 2000년에는 2%의 용량초과가 발생한다.

현재 평균 8량 및 25량인 객차와 화차를 계획대로 각각 12량, 30량으로 장대화할 때 수송능력은 여객의 경우 약 50%, 화물의 경우 25% 증가하게 된다. 이것은 현재 선로용량을 약 43% 정도 증가시키는 결과가 된다. 이러한 수송력 증강을 감안하면 고속철도가 운행되는 2000년에는 약 41%의 경부선의 잉여 선로용량이 생긴다.

2000년의 컨테이너를 제외한 전체화물 수요는 1991년 수요의 97%에 해당하므로(Table 15) 이

Table 15. Freight Traffic Forecasts on Kyungbu Line in 2000

(단위 : 1,000톤)

	91년수요(A)	2000수요(B)	연평균증가율	(B)/(A)
컨테이너	2,065	3,893	7.3	1.89
양회	76	107	3.8	1.40
무연탄	232	243	0.5	1.05
광석	74	86	1.7	1.16
건설	175	126	-3.6	0.72
청용	279	342	2.3	1.23
기타	540	434	-1.9	0.80
계	3,441	5,231		1.52

주 : 기타는 양곡과 잡화

자료 : 철도통계연보 1992

교통연감 1992

들 화물이 경부선 용량에 거의 영향을 미치지 않는다고 가정할 수 있다. 따라서 컨테이너 화물만을 고려할 때 2000년의 경인-부산간 총컨테이너 수요는 1991년 수요의 2.04배에 해당하는 1,708천 TEU로 예상된다(Table 16). 1991년의 경부선 전체구간 선로용량은 일일 편도 138회 이므로 2000년에는 약 56회의 잉여용량이 생긴다(138회x0.

Table 16. Track Capacity and Container Traffic on Kyung-bu Line in 2000

단위 : (1,000TEU)

	1991(A)	2000(B)	(B)/(A)
경인-부산간 컨테이너 수요	836	1,708	2.04
컨테이너 열차운행빈도	편도11회/일	편도67회/일	6.09
철도 컨테이너 수요	330	2,010	6.09

주 : 2000년의 컨테이너 열차운행빈도는 기존 11회와 잉여용량으로 인한 56회를 합한 것.

2000년의 철도 컨테이너 수요는 수송가능 수요(330천TEU×6.09).

자료 : 해운산업연구원(1988)

노홍승(1993)

1) 고속철도의 운영을 가정할 때 2000년의 경부선 여객수요는 1991년 수요의 83%로서 17%가 감소하고, 화물 수요는 1991년 수요보다 52%가 증가한다. 여객열차와 화물열차의 구성비인 73% : 27%를 가중치로 적용하면 경부선의 총수요(0.73×-0.17+0.27×0.52=0.02)는 1991년 수요보다 2% 증가한다.

41). 이것은 현재 컨테이너 열차 운행빈도의 약 5배에 해당한다. 모든 잉여선로 용량을 컨테이너 수송에 이용한다고 가정할 때 2000년에 경부선은 경인-부산간 총컨테이너 수요의 약 118%에 해당하는 2,030,000TEU를 수송할 수 있는 선로능력을 가지게 된다.

그러나 고속철도는 기존 철도와 별개의 분리된 노선과 지원 및 운영체계를 가지기 때문에 기존 철도 화물수송체계의 시설 및 서비스 측면에는 어떤 직접적인 영향을 미치지 않는다. 즉, 고속철도가 철도 화물 수송체계에 미치는 영향은 이용 가능한 선로용량의 증대가 유일하며, 수송수단간 경쟁에 있어서 중요한 요소인 서비스의 개선과는 전혀 무관하다. 경쟁력은 선로 용량보다 서비스 질의 우위에 좌우됨을 생각할 때 결과적으로 고속철도 자체가 철도 컨테이너 수송에 미치는 영향은 선로용량 제공 이외에는 미미하다고 할 수 있겠다.

#### IV. 철도수송 정책 방안

##### 1. 여객수송

호주와 프랑스의 예에서 보았듯이 고속철도가 기존의 여객수송 시장에 미치는 영향은 상당하다. 통행량 면에서 자가용에 이은 두번째 규모의 시장을 점유한다. 또한 새로운 통행을 유발할 뿐만 아니라 기존 수단들로부터 상당한 정도의 통행을 흡수한다.

고속철도가 운행된 이후에도 기존의 철도 서비스는 상당한 수준의 수요를 끌고 있다. 호주의 예에서 보듯이 기존의 철도 이용자가 고속철도로 전환하는율은 67%이다(Table 11 참조). 즉, 기존 이용자의 33%는 재래 열차서비스를 이용하게 됨을 추론할 수 있다.

Table 14에서 보듯이 우리나라의 경우 기존 철도서비스로부터 전환할 수요는 약 48%로 추정된다. 서비스 등급별로는 새마을 80%, 무궁화 48% 그리고 통일호가 37%이다. 2000년의 기존 철도 서비스 이용자는 1991년 수요의 약 83%에 해당

할 것으로 추정된다. 따라서 철도 투자방향은 고속철도 건설과 기존 철도체계에 대한 투자가 동시에 이루어지는 것이 바람직하다. 앞에서 언급했듯이 우리나라의 철도는 상당히 낙후되어 있다. 따라서 먼저 시설 현대화가 시급하다. 낙후된 선로의 교체, 선로 곡선부분의 직선화, 복선화, 전철화 등이 필요하다. 이어서 서비스 향상을 기해야 한다. 여러 선진국에서는 기존 철도가 시속 200 km에 육박하는 서비스를 제공하고 있는 실정이다. 타 수송수단들이 빠르게 진전되고 있음을 생각할 때 철도의 상대적 낙후 문제는 시간이 흐를수록 더욱 심각해질 것이다. 고속철도에 대한 열정 못지 않게 기존철도의 개선에 관심을 가져야 한다.

##### 2. 화물수송

경부선의 화물수송에 있어서 최대 장애요인으로 여겨지는 선로용량 부족은 고속철도 운행으로 해결될 것이다(Table 16). 그러나 수송 분담률을 높일 수 있는 경쟁력 확보는 서비스 수준에 의하여 결정된다.

우리나라 철도 컨테이너 수송체계의 서비스수

Table 17. Comparision of Railway Systems for Container Transport between KNR and BR

		한국철도	영국철도
열차운행 특성	열차운행형태	야간	주·야간
	운행빈도(회/일)	22-26	약 170
	평균운행속도(km/시간)	43-58	100-120
집배송 서비스	연간운행거리(mile)		4.3백만
	운영형태	위탁	직영
	차량대수		1,100
경영 및 관리체계	운행거리(mile)		9백만
	수송주체	여객·화물 단일주체	독립회사
	터미널운영	간접	직접
	경영조직형태	공무원	기업

자료 : 백종실(1990)

DoT(1993)

준은 우리와 지리적 여건이 비슷한 영국의 철도(British Railway, BR)와 비교함으로써 이해할 수 있다. 영국의 철도는 화물과 여객운송을 분리된 회사에서 담당하며, 화물운송도 벌크, 단위화물, 특급소화물로 나누어서 각 독립 회사가 담당하고 있는데 여기서는 컨테이너 전문수송 회사인 Freight Distribution을 예로 든다(Table 17).

열차운행특성에서 두 나라 간에 뚜렷한 차이는 운행빈도와 열차속도에서 나타난다. 운행빈도는 영국의 경우 한국의 약 7배에 해당하는 일일 170회이며, 열차의 평균속도도 약 2배인 시속 120km이다.

철도수송에서 중요한 집배송서비스의 경우 한국은 철도소운송업체에 위탁하고 있으나 영국 철도는 철도 자체가 직영을 한다. 이를 위하여 92년 현재 300여대의 트랙터와 800대 이상의 트레일러를 보유하고 있다(DoT, 1993). 이들 차량에 의한 연간 집배송 거리는 약 9백만 마일으로써 철도 본선운행(line haul) 거리인 4.3백만 마일의 2배가 넘는다.

경영 및 관리체계 면에서도 두 나라간에 뚜렷한 차이가 있다. 우리나라 철도는 화물과 여객을 구분하지 않고 단일 주체인 철도청이 담당하고 있으나, 영국 철도는 컨테이너를 포함하는 단위화물만을 운송하는 독립회사, 즉, Freight Distribution이 맡고 있다. 터미널 운영은 한국 철도가 철도소운송업체에게 위탁하고 있는 반면에 BR은 직접 운영하고 있다. 경영조직 형태는 한국 철도가 공무원 조직을 가진 반면에 영국은 기업 조직을 가지고 있다.

위의 비교가 의미하는 중요한 것은 선진 철도의 경우 시설 현대화를 일찍 이룬다음 서비스 측면을 강조하고 있다는 점이다. 즉, 철도의 최대 단점인 수송의 불안정성을 극복하기 위하여 터미널 기능의 강화, 완벽한 집·배송체계 구축, 이윤극대화를 위하여 마케팅 기능을 수행할 수 있는 조직 및 관리 체계의 도입 등이다.

화물수송에서 철도의 위상을 되찾기 위해서는 먼저, 과감한 시설 투자를 통하여 시설 현대화를 이루고, 운영 측면에서 여객 운송과 분리된 독립

의 화물수송 전담회사의 설립이 필요하다. 철도 조직을 현재의 관료조직에서 기업조직으로 바꾸어서 적극적인 마케팅을 통한 이윤 확대를 이루어서 만성적자와 정부보조 의존에서 탈피해야한다. 1940년대부터 조직 및 운영합리화를 해온 영국 철도(BR)가 현재 적자 해소를 위한 방안으로 민영화를 실시하려는 것을 주목할 필요가 있다. 또한 집, 배송 및 터미널 작업을 철도청이 직접 관리하는 방안이 모색되어야한다.

## V. 결 론

최근 발표된 고속철도 및 교통 관련 글들의 논조가 하나 같이 고속철도의 건설이 우리가 직면하고 있는 모든 수송 문제들을 해결할 것이라는 데 모아지고 있다. 교통체증으로 고속도로와 국도에서 발생하는 경제비용이 연간 1조2천억원에 달하며, 물류비용이 매출원가의 17%, GNP의 14.3%로서 선진국의 약 1.5배에 달하는 실정에서 고속철도의 건설이 수송문제의 유일한 해결방안이라고 한다. 철도화물 수송에 있어서 최대 관심사인 컨테이너 수송력 증강 문제도 고속철도 운행과 함께 자연스럽게 해결될 것이라고 한다(고속철도건설공단, 1993).

수송시장은 수단의 서비스 차이와 수요의 특성에 따라 상호 배타적인 몇 개의 시장으로 나누어진다. 고속철도는 고급 여객시장과 관련된 수단이다. 이것은 높은 서비스를 요구하는 수요를 창출하며, 기존의 고급서비스 수요의 일부를 흡수한다. 그 외에 중급 및 저급 여객 시장과 화물수송시장에는 직접적인 영향을 거의 미치지 않는다. 따라서 고속철도가 모든 수송문제를 해결하리라는 기대는 비현실적이다.

기존의 철도수송체계에 미치는 영향은 기존 철도 이용자의 일부를 흡수함으로써 기존 여객 서비스의 운행 빈도를 감소시키는 것이다. 이것은 현재 경부선이 직면하고 있는 선로용량 부족 문제를 해결할 것이다. 그러나 고속철도는 기반시설 및 운영면에서 기존 철도체계와 독립적이기 때문

에 철도화물수송체계에는 잉여 선로용량을 제공하는 것 외에는 아무런 영향을 미치지 않는다. 우리나라의 수송체계는 전반적으로 너무 낙후되어 있으며, 기존철도 역시 심각한 낙후성을 보이고 있다. 따라서 철도수송 활성화를 위해서는 먼저 기존 철도의 시설을 현대화 해야 한다. 그리고 수요에 부응할 수 있는 수준의 서비스를 제공할 수 있도록 경영 및 운영체계를 개선해야 한다.

고속철도가 전체 수송체계에서 차지하는 위상과 역할은 기존 철도와 거의 무관하다. 철도는 그 자체의 한계로 인하여 상대적으로 열등의 수송수단이며, 서비스 질에 대한 요구가 높아지는 장래에 이러한 한계성은 더욱 뚜렷해질 것이다. 따라서 고속철도 못지 않게 기존철도의 미래의 위상과 역할에 관심을 가져야 한다. 많은 나라에서 고속철도 건설과 기존철도체계 개선을 동시에 실시하는 것은 이러한 이유 에서이다.

### 참 고 문 헌

- 1) 교통신문사(1992), 교통연감 1992.
- 2) 교통개발연구원(1993), 교통정보 각 월호.
- 3) 교통부, 교통통계연보 1990-1993.
- 4) 노홍승(1993), 컨테이너 연안해송 활성화에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문.
- 5) 백종실(1990), 우리나라 컨테이너 철도수송 현황과 개선방향, 해운산업동향, pp. 1-28.
- 6) 이인원 (1992), 지역교통론, 일조각.
- 7) 한국고속철도건설공단(1993), 고속철도 핸드북.
- 8) 해운산업연구원(1988), 컨테이너의 항만/내륙수송 합리화 방안.
- 9) 철도청, 철도통계연보 1980-1992.
- 10) Department of Transport, U. K.(DoT, 1993), Rail Freight Privatisation.
- 11) Gunn, H. F., Bradley, M. A. and Hensher, D. A.(1992), High Speed Rail Market Projection : Survey Design and Analysis, Transportation, 19, pp. 117-139.
- 12) Muller, M.(1984), TGV Operation, PTRC 12th Summer Annual Meeting, July 1984, pp. 61-69.
- 13) Savelberg, F. & Vogelaar, H.(1987), Determinants of a Northern High-speed Railway, Transportation 14, pp. 97-111.