

서울-천안 구간의 열차운행패턴 분석과 시사점

KTX Impact on Train Operation Pattern (An Empirical Analysis)

김경태* 이진삼**
Kim, Kyoung-Tae Lee, Jin-Sun

ABSTRACT

This study explored pattern of train operation between Seoul-Cheonan after the introduction of KTX in 2004. Both number of trains and seat capacity per day have increased but maximum number of trains per specific hour hasn't changed much. Demand for train shows that it concentrated in a specific time, so number of trains during the peak hour should be increased. But, it is difficult due to line capacity, so increasing seat capacity per train might be an option. An increase in seat capacity should be considered the characteristics of each train lines.

1. 서론

2004년 철도 부문에서는 고속철도 개통이라는 큰 변화가 있었다. 고속철도 개통에 따라 제1 철도 환경이 변화하였으며, 그 중에서도 열차운행패턴은 KTX 중심으로 크게 변화하였다. 그간 철도 부문에서는 여러 가지 관심사항이 있었지만 수송 측면에서는 우리나라 철도 네트워크의 특성상 서울-천안 구간에 수요가 집중되어 과부하가 발생하는 문제를 어떻게 해결할 것인가가 주요한 관심사 중의 하나였다. 고속철도의 개통으로 인해 이러한 문제가 상당히 해소되었으리라 판단되지만 실제로도 그러한 지에 대한 정량적 분석이 현 시점에서 필요하다고 판단된다. 즉, 2004년 철도 부문의 병목 구간이었던 서울-천안 구간에 대해서 열차운행패턴이 어떻게 변화했는지를 열차운행회수 및 공급좌석수를 중심으로 분석하고자 한다.

본 연구에서는 고속철도가 개통한 2004년의 열차운행실적을 분석함으로써 서울-천안 구간의 실질적인 공급량의 변화를 살펴보고자 한다. 분석의 방법은 2004년 한 해 동안에 지역간 여객수송을 위해서 운행한 모든 열차를 대상으로 하여 서울-천안(엄밀한 의미에서는 서울-시흥) 구간을 운행한 열차를 본 연구에서 정한 기준에 의해서 추정한 다음 그 변화를 살펴보고자 한다. 본 연구의 결과만으로는 정무선 서울-시흥 구간의 설비용량을 판단하는 데에는 무리가 있지만, 과거 열차운행실적을 분석함으로써 운영상의 열차운행회수의 한계를 판단할 수는 있을 것이다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

2. 차종별 열차운행회수 분석¹⁾

2004년 한 해 동안에 지역간 여객수송을 위해 운행된 열차는 1일 평균 580회 수준으로서 연간 약 21만회에 달한다. 고속철도 개통 이전에는 일평균 410회 지역간 여객열차가 운행하였으나, 고속철도 개통 이후에는 일평균 640회를 운행하여 약 56.2% 증가하였다. 또한 공급좌석수는 더 크게 증가하여 개통 이전에 17만석에서 개통 이후에 34만석으로 100% 증가하였다. 결국 고속철도의 개통은 지역간 여객수송 부문에서 열차운행회수 및 공급좌석수 측면에서 대폭적인 증가로 외관상의 모습은 공급량의 부족 현상을 크게 해소한 것으로 판단된다.

차종별 열차운행회수를 분석해 보면 고속철도 개통 이전에 무궁화가 전체 열차운행회수의 2/3 정도를 차지하였으며 새마을이 25%, 통근열차가 8% 정도를 차지하였다. 고속철도 개통 이후에는 무궁화의 운행회수가 전체의 1/2 정도로 감소하였고, 새마을도 12%로 감소하였다. 반면에 신규 KTX가 20% 정도 점유하였으며, 통근열차는 크게 늘어 전체 열차운행회수의 20% 정도를 차지한 것이 특징이다.

공급좌석수를 보면 고속철도 개통 전에는 열차운행회수와 거의 유사한 패턴이었으나, 고속철도 개통 이후에는 무궁화의 열차 1편당 평균좌석수가 감소하여 열차운행회수의 패턴과는 달리 KTX의 공급좌석수에 대한 점유율이 29% 정도로 크게 높아졌으며, 그 증가분만큼 무궁화의 점유율이 낮아진 것으로 분석되었다.

도표 1. 고속철도 개통 전후 차종별 열차운행회수 및 공급좌석수 분석 (2004년)

구 분		KTX	새마을	무궁화	통근열차	합계
열차 운행 회수	개통 전	0	9,150	25,033	3,094	37,277
	비율	0.0	24.5	67.2	8.3	100.0
	개통 후	34,920	20,961	84,167	35,905	175,953
	비율	19.8	11.9	47.8	20.4	100.0
	소 계	34,920	30,111	109,200	38,999	213,230
	비율	16.4	14.1	51.2	18.3	100.0
공급 좌석수	개통 전	0	3,365,143	10,985,244	1,100,872	15,451,259
	비율	0.0	21.8	71.1	7.1	100.0
	개통 후	31,424,085	9,399,924	32,847,684	19,782,454	93,454,147
	비율	33.6	10.1	35.1	21.2	100.0
	소 계	31,424,085	12,765,067	43,832,928	20,883,326	108,905,406
	비율	28.9	11.7	40.2	19.2	100.0

3. 서울-천안 구간의 열차운행패턴 분석

3.1. 분석의 기준

우리나라의 지역간 열차운영체제 및 수송실적을 보면 주로 수도권을 통과하는 경부선 중심임을 알 수 있다. 철도 부문뿐만 아니라 도로, 항공 등 주요 수송체제도 우리나라 인구의 약 40% 이상이 밀집해 있는 수도권을 중심으로 이루어지고 있다. 특히, 철도 부문에서 경부선 서울-천안 구간은 가장 많은 열차가 운행하고 있으며 통과수요, 공급좌석수도 최대를 보이고 있다. 따라서, 고속철도 개통 이후의 공급 측면에서의 열차운영체제가 어떻게 변화하였는지에 대한 분석은 서울-천안 구간의 공급량

1) 시종착 유형을 기준으로 분석한 것이므로 서울-포항(울산)을 운행하는 경우와 같이 열차가 병합 또는 분리되는 경우도 별도 운행회수에 포함시켰

변화를 분석함으로써 알 수 있다.

2004년에 운행한 모든 열차의 시종착 유형을 보면 총 603개의 유형이 나타난다. 이 중에는 강릉-경주 구간을 운행하는 경우와 같이 정기적인 운행이 아니라 1회에 그치는 경우도 상당수 존재하기 때문에 단순히 모든 시종착 유형을 분석하는 것은 상당한 시간이 소요된다. 따라서, 본 연구에서는 도출하고자 하는 결론을 충분히 이끌어낼 수 있으면서 보다 효율적인 분석을 시행하기 위해서 연간 10회 이하로 운행한 시종착 유형은 분석에서 제외하였다. 최종적으로 분석에 포함된 시종착역은 서울, 용산, 행신역을 기준으로 하여, 경주, 광주, 김천, 대전, 대천, 동대구, 두계, 마산, 목포, 부산, 부전, 순천, 안동, 여수, 영주, 온양온천, 왜관, 울산, 익산, 장항, 제천, 진주, 포항, 해운대의 총 27개역이다.

본 분석에서는 서울, 용산, 행신역을 기준으로 하여 출발(하행)과 도착(상행)으로 구분하여 일별, 시간대별로 열차운행회수 및 공급좌석수를 분석하였다.

3.2. 서울-천안 구간 평균 열차운행회수³⁾ 및 공급좌석수 분석

고속철도 개통 전후의 서울-천안 구간의 평균 열차운행회수는 256회에서 292회로 15% 증가하여 고속철도의 개통에 따른 열차운행회수는 크게 증가하지 않았다. 그러나, KTX 1편성당 공급좌석수가 일반열차에 비해서 매우 크기 때문에 공급좌석수 측면에서는 59%가 증가하였다. 차종별로 보면 새마을은 열차운행회수 측면에서는 36% 감소하였으나 고속철도 개통 이후에는 열차 1편성당 공급좌석수가 증가하여 전체 공급좌석수의 감소율은 완화되었다. 무궁화는 열차운행회수에서는 36% 감소하였고, 공급좌석수는 39% 감소하였다.

도표 2. 서울-천안 구간 고속철도 개통 전후 일평균 열차운행회수 및 공급좌석수 분석

방향	구분	일평균 열차운행회수				일평균 공급좌석수			
		KTX	새마을	무궁화	합계	KTX	새마을	무궁화	합계
출발	개통전	-	40	86	127	-	17,711	43,185	60,896
	개통후	63	26	56	146	57,108	13,860	26,130	97,098
	증감	-	-35%	-35%	15%	-	-22%	-39%	59%
도착	개통전	-	41	87	128	-	17,664	43,250	60,914
	개통후	63	26	56	146	57,133	13,860	26,171	97,163
	증감	-	-37%	-35%	14%	-	-22%	-39%	60%
소계	개통전	-	82	173	256	-	35,375	86,434	121,809
	개통후	127	53	113	292	114,240	27,719	52,301	194,261
	증감	-	-36%	-35%	15%	-	-22%	-39%	59%

3.3. 서울-천안 구간의 최대 열차운행회수 및 공급좌석수 분석

고속철도 개통 전후의 서울-천안 구간의 최대 열차운행회수는 양측 모두 대수송 기간⁴⁾에 발생하였다. 양방향 열차운행회수는 316회에서 358회로 13% 증가하는데 그쳤으나 공급좌석수 측면에서는 56%가 증가하여 평균치 분석과 비슷한 패턴이다. 차종별로도 평균치 분석과 비교해서 별다른 차이점은 없다.

2) 제외된 유형의 총 열차운행회수는 435회로서 전체 열차운행회수의 0.2% 수준임

3) 3.2와 3.3의 열차운행회수 산정시 서울-포항(울산) 운행열차는 서울에서 종점으로 편성하여 운행하다가 경주에서 분리하여 운행하는데 본 분석에서는 서울-천안 구간을 분석하는 것이므로 1회로 산정하였으며, 동근열차는 무궁화에 포함하여 분석함

4) 고속철도 개통 전에는 설 연휴 기간인 1월24일, 고속철도 개통 후에는 추석 연휴 기간인 9월29일임

현재까지의 분석결과를 종합하면 공급좌석수의 측면에서는 고속철도 개통 이후에 공급량이 크게 증가하였다고 볼 수 있지만, 열차운행회수의 측면에서는 공급량은 증가하였지만 그 증가폭은 크지 않은 것으로 분석된다. 그 원인으로는 고속철도 개통이 그 동안 병목 구간이던 서울-천안 구간의 신선 개통이 아닌 서울-시흥 구간을 일반철도와 공동으로 이용하기 때문에 물리적인 선로용량의 증대는 한계가 있을 수밖에 없는 것으로 분석된다.

도표 3. 서울-천안 구간 고속철도 개통 전후 일평균 열차운행회수 및 공급좌석수 분석

방향	구분	일평균 열차운행회수				일평균 공급좌석수			
		KTX	새마을	무궁화	합계	KTX	새마을	무궁화	합계
출발	개통전	-	48	109	157	-	22,331	57,804	80,135
	개통후	71	30	77	178	66,049	17,540	41,200	124,789
	증감	-	-38%	-29%	13%	-	-21%	-29%	56%
도착	개통전	-	49	110	159	-	22,331	58,380	80,711
	개통후	72	31	77	180	66,984	18,180	41,488	126,652
	증감	-	-37%	-30%	13%	-	-19%	-29%	57%
소계	개통전	-	97	219	316	-	44,662	116,184	160,846
	개통후	143	61	154	358	133,033	35,720	82,688	261,441
	증감	-	-37%	-30%	13%	-	-20%	-29%	56%

3.4. 서울~천안 구간 시간대별 열차운행회수 분석

위에서 분석한 결과에 따르면 고속철도의 개통에 따라 공급좌석수 측면에서는 개통 이전에 비해서 큰 폭의 증가가 있었지만 열차운행회수 측면에서는 15% 내외의 개선만이 있었을 뿐이다. 실질적으로 교통수요는 특정 시간대(침두시)에 집중되는 경향이 있고, 이를 처리하기 위해서는 침두시의 열차운행회수가 어떻게 변화하였는지에 대한 분석이 필요하다. 침두시 열차운행회수의 변화를 분석함으로써 고속철도 개통에 따른 실질적인 열차운행회수의 증대가 있었는지에 대한 분석이 가능할 것으로 판단된다.

다음의 그림 1과 그림 2는 고속철도 개통 전후의 최대 열차운행회수를 기록한 날의 서울, 용산, 행신을 기준으로 할 때 시간대별 열차의 출발 및 도착비율을 나타낸 것이다. 출발의 경우와 도착의 경우는 그 패턴이 매우 다르게 나타난다. 출발의 경우 전체 시간대에서 비교적 고르게 분포하는데 반하여 도착의 경우는 오후 시간대에 집중적으로 발생하는 것을 알 수 있다.

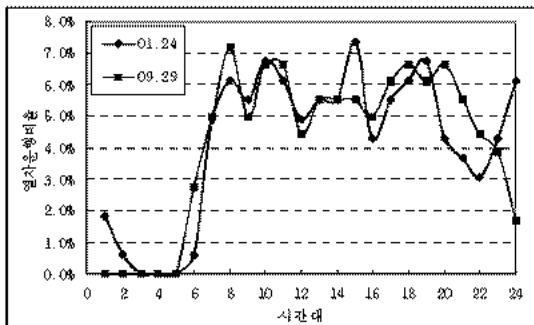


그림 1. 출발 기준 시간대별 열차운행비율 I

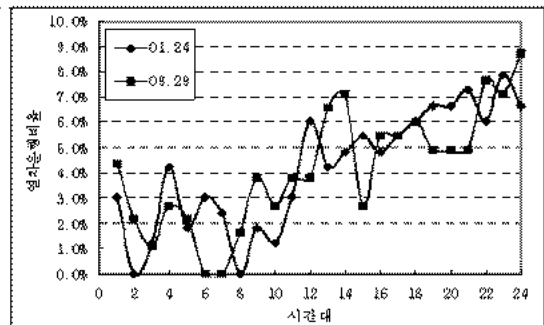


그림 2. 도착 기준 시간대별 열차운행비율 I

대수송 기간을 제외한 날에 대해서도 동일한 분석을 한 것이 그림 3과 그림 4이다. 일반적으로 출발은 토요일, 도착은 일요일이 가장 많은 것으로 분석되었다. 따라서, 출발은 토요일, 도착은 일요일에 대해서 하루 중 시간대별 열차운행비율을 분석하였는데, 결과는 최대 열차운행회수를 기록한 날짜 패턴의 차이가 없는 것으로 분석되었다.

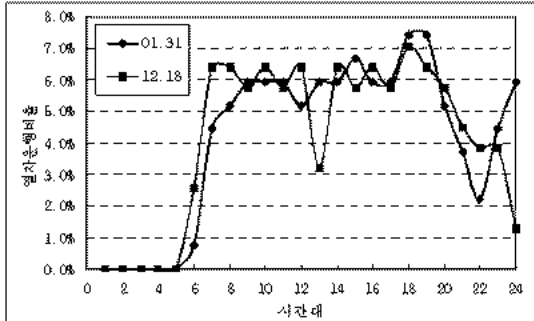


그림 3. 출발 기준 시간대별 열차운행비율 II

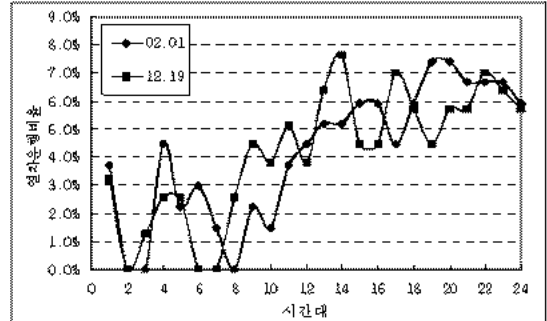


그림 4. 도착 기준 시간대별 열차운행비율 II

그림에서 보는 바와 같이 열차의 운행은 전체 시간대에서 골고루 분포하는 것이 아니라 수요가 집중되는 시간대에 열차운행회수가 많고, 수요가 적은 시간대에는 열차운행회수가 낮은 것이다. 실제로 선로용량 상의 제약이 없다면 이러한 현상은 보다 더 분명해질 것이다. 따라서, '하루에 열차를 얼마나 투입할 수 있는가'의 문제보다는 '특정 시간대에 얼마나 많은 열차를 투입할 수 있는가'의 문제가 보다 더 중요하다. 본 분석에서는 고속철도 개통 전후의 시간대별로 최대 열차가 운행한 경우의 실적을 분석함으로써 고속철도 개통 전후의 최대 열차운행회수를 비교해 보고자 한다.

고속철도가 개통하기 이전의 분석은 2004년 1월1일-3월31일까지의 91일간에 대해서 2184개의 시간대로 나누어 시간대별 열차의 출발 및 도착을 분석하였다. 출발의 경우는 1월20일-1월25일까지 6일 동안에 14시-15시 사이에 최대 열차가 운행한 것으로 분석되었으며 열차운행회수는 12회⁵⁾이다. 도착의 경우도 마찬가지로 같은 기간에 22시-23시 사이에 12회⁶⁾ 운행한 것이 최대의 실적이다.

고속철도가 개통한 이후에도 시간대별 최대 출발회수는 12회⁷⁾로 동일한 것으로 분석되었다. 고속철도 개통 이전에는 최대 열차운행회수가 대수송 기간에만 발생한 데 반하여 개통 이후에는 9월까지 골고루 발생하였다. 발생 빈도는 총 39회이며, 시간대는 주로 07-08시 사이가 30회 발생하였고, 대수송 기간에는 09-10시, 10-11시, 19-20시도 9회 포함되어 있다. 도착 기준으로는 전 기간에 걸쳐서 열차운행회수가 12회 이상 발생한 빈도가 205회에 달하는 것으로 분석되었고, 최대는 9월29일 23-24시 사이에 15회 운행한 것으로 분석되었다.

이상의 분석 결과를 본다면 출발 기준에서는 1시간 기준 최대열차회수는 고속철도 개통 전후에 변화가 없는 것으로 분석되었다. 도착 기준으로는 증가한 것으로 분석되었지만, 고속철도 개통 이전에는 열차의 운행빈도가 높지 않아서 실적이 없었던 것으로 판단되며, 열차가 충분히 공급된다면 도착 열차는 더 수용할 수 있을 것으로 판단된다⁸⁾. 즉, 도착의 경우 최종역이 수용할 수 있는 열차수에 의해서 더 증가할 수도 있다. 따라서, 출발 기준의 결과가 특정 구간의 최대 열차운행회수를 판단하는데 사용되는 것이 타당한 것으로 분석된다.

5) 부궁화 10회, 새마을 2회로서 열차간격은 균일하게 5분임

6) 두궁화 9회, 새마을 3회로서 열차간격은 3-10분임

7) 차종별 범위는 KTX가 4-6회, 새마을 2-4회, 부궁화 3-6회로서 3개 차종이 골고루 운행하고 있는 형태임

8) 9월29일의 22-24시 사이에 열차 다이어 상으로는 22-23시 13회, 23-24시 15회 도착하는 것으로 계획되었지만 실질적인 열차의 지연을 고려한 도착회수는 22-23시 16회, 23-24시 15회인 것으로 분석됨

3.5. 서울-천안 구간 시간대별 운행열차의 승차율 분석

다음의 도표 4는 2004년간 1년 동안을 1시간 단위로 구분하여 서울-천안 구간의 출발 기준 열차 운행회수를 분석한 것이다. 고속철도 개통 전에는 시간당 8회 운행하는 경우가 가장 많았고, 개통 후에는 9회 운행하는 경우가 가장 많았다.

도표 4. 1시간 운행회수별 빈도 분석

구분	12회	11회	10회	9회	8회	7회	6회	5회	4회	3회	2회	1회
개통 전	6	0	78	121	603	246	301	138	15	134	1	98
개통 후	39	273	450	1579	1058	499	579	187	182	148	231	0

그림 5는 시간당 열차운행회수별로 승차율을 분석한 것이다. 고속철도 개통 전에는 시간당 열차운행회수가 많을수록 승차율이 높은 것으로 분석되었다. 즉, 첨두시에 수요가 집중되기 때문에 공급량이 많더라도 공급좌석 1개당 승차인원이 높은 것이다. 이것은 첨두시간대에 열차를 추가로 투입하거나 공급좌석수를 늘려야 한다는 것을 의미한다. 그러나, 고속철도 개통 이후에는 열차운행회수가 많을수록 오히려 승차율이 낮아지는 것으로 분석되었는데 그 원인은 다음과 같다. 우선 KTX의 운행에서 그 원인을 찾을 수 있다. 즉, 열차운행회수가 많을수록 KTX의 운행비용도 높아지는 데 호남선으로 운행하는 KTX의 공급좌석수가 과다하다는 점과 KTX의 이용객이 주로 장거리를 이동하기 때문에 일반열차에 비해서 상대적으로 승차율이 떨어질 수 있다.

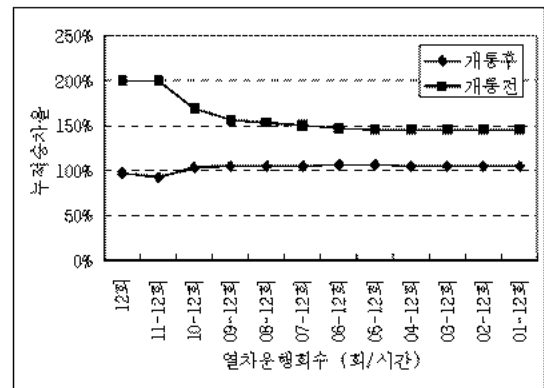


그림 5. 1시간 열차운행회수별 누적승차율

4. 결론

본 연구에서는 서울-천안 구간의 열차운행패턴을 고속철도가 개통한 2004년의 열차운행실적을 근거로 살펴보았다. 하루 열차운행회수와 공급좌석수는 고속철도 개통 이후에 증가하였지만 시간대별 최대열차운행회수는 변화가 없는 것으로 분석되었다. 교통수요는 특정 시간대에 집중되는 경향이 있으며 철도가 이를 수용하기 위해서는 첨두시의 열차운행회수를 늘리는 방안이 필요하지만 현실적으로 가능하지는 않다. 대안으로서 3.5에서 분석한 바와 같이 첨두시에 운행하는 열차의 공급좌석수를 늘리는 것이 대안이 될 수 있을 것이다. 그러나, 공급좌석수를 늘리는 것은 각 노선별 수요를 고려하여 결정되어야 한다. 호남선에 운행하는 KTX와 같이 절대적인 수요가 부족한 경우에는 공급좌석수를 늘리면 승차율 감소만 초래할 것이다.

참고문헌

1. Ben-Akiva, M. and S. Lerman (1985), *Discrete choice Analysis*, MIT Press, Cambridge, MA.
2. Washington, S. P., Matthew G. Karlaftis and Fred L. Mannering (2003), *Statistical and econometric methods for transportation data analysis*, Chapman & Hall/CRC
3. Cambridge Systematics, Inc. 1996, *Forecasting freight transportation demand: A guide for planners and*

policy analysts. *NCHRP Report 8-30*. Washington, D.C.: National Academy Press.

4. Daganzo, C. F. and Y. Sheffi. 1977. On stochastic models of traffic assignment. *Transportation Science*. Vol. 11. No. 3.