

## 틸팅열차 투입에 따른 추정가능한 편익계상 연구

### A Methodology Study for Estimating the Benefits of Tilting Train Deployment

이진선<sup>†</sup> · 김경태\* · 엄진기\*  
Jin-sun Lee · Kyoung-tae Kim · Jin-ki Eom

**Abstract** Unlike high-speed KTX trains and dual track railways, most single-track railways are not popular among passengers because of long travel hours. As a solution to the problem, tilting trains will be deployed along the conventional line. Tilting train has a mechanism that enables increased speed on regular and curved railway tracks. As a train rounds a curve at speed, objects inside the train experience centrifugal force. This can cause packages to slide about or seated passengers to feel squashed by the outboard armrest due to its centripetal force, and standing passengers to lose their balance. Tilting trains possess a top speed of up to 180 km per hour as opposed to the previous 140 km per hour, so allow the train to pass curve at higher speed without affecting passenger comfort. This paper describes the methodology study to estimate the benefits, especially on the extra benefits in case of tilting actuation.

**Keywords** : Tilting Trains, Extra Benefits, Deployment, Punctuality, Equity

요 지 고속철도 개통 후 고속철도 혜택을 받지 못하는 지역의 형평성을 고려하고, 철도와 타 교통수단간의 경쟁력 증진을 위해 기존 철도의 속도 향상이 필요한 것이 틸팅열차 기술개발의 원동력이 되었다고 볼 수 있다. 틸팅열차는 곡선부를 주행할 때 원심력을 줄이기 위해서 열차를 곡선부 안쪽으로 약간 기울이는 것을 의미하는데, 실제로 틸팅열차는 승객의 승차감을 향상시키면서 결과적으로 속도 향상의 효과를 기대할 수 있다. 이에 틸팅열차를 이용한 기존선의 속도향상에 대한 많은 연구가 추진되어 왔으며, 우리나라와 같이 노선에 곡선부가 많은 경우 곡선통과 속도를 향상시켜 노선의 운행시간을 단축시키고 평균속도를 향상하는데 상당히 효과적일 수 있다. 본 논문의 목적은 이렇게 효과적인 수단으로 인식되는 틸팅열차의 운행에 따른 새로운 편익 및 효과의 정량화 방안을 연구하고자 하는 것이며, 이를 위해서는 기존 틸팅열차 연구시 계량화가 가능했던 편익이외에 추가적인 편익항목의 정량적·정성적 분석과정을 도출하고자 한다.

주 요 어 : 틸팅열차, 추가적 편익, 열차투입, 정시성, 형평성

## 1. 서론

틸팅열차의 기술개발은 고속철도 개통 후 고속철도 혜택을 받지 못하는 지역의 형평성을 고려하고, 철도와 타 교통수단간의 경쟁력 증진을 위해 기존철도의 속도 향상이 필요함에 따라 시작되었다. 우리나라는 2004년 4월 경부고속철도의 개통으로 인해 수송효율화가 발전적으로 추진되고

있으나, 기존철도의 경우 1986년 최고운행속도가 140kph로 향상된 이후 약 30년 동안 표정속도가 107kph로 정체되어 있는 실정이다. 기존 철도의 속도 향상을 위해서는 노선의 직·복선화, 전철화 등 개량사업이 진행되고 있지만 국가 예산은 한정되어 있으므로 우선순위에서 떨어지는 노선의 경우 서비스의 개선은 요원하므로 단기적·실용적으로 속도 향상을 도모하기 위해서는 기존 선로의 시설물을 최대한 활용하면서 효과적으로 고속서비스를 제공할 수 있는 고성능 차량을 투입하는 것이 효율적일 수 있다. 이에 틸팅열차를 이용한 기존선의 속도향상에 대한 많은 연구가 추진되어 왔으며, 틸팅열차의 투입은 우리나라와 같이 노선에 곡

<sup>†</sup> 책임저자 : 정회원, 우송대학교 철도경영학과 교수  
E-mail : jinsun@wsu.ac.kr  
TEL : 042-630-9192 FAX : 042-630-9779  
\* 한국철도기술연구원

선부가 많은 경우 곡선통과 속도를 향상시켜 노선의 운행 시간을 단축시키고 평균속도를 향상하는데 상당히 효과적일 수 있다. 본 논문의 목적은 이렇게 효과적인 수단으로 인식되는 틸팅열차의 운행에 따른 새로운 편익 및 효과의 정량화 방안을 연구하고자 하는 것이며, 이를 위해서는 기존 틸팅열차 연구시 계량화가 가능했던 편익이외에 추가적인 편익항목의 정량적·정성적 분석과정을 도출하고자 한다.

## 2. 선행연구 검토

틸팅열차란 선로의 곡선부를 철도차량이 통과할 때 통과 속도를 향상시켜 주기 위한 기술이 적용된, “틸팅”이라는 동작을 수행하는 열차를 일컫는다. 틸팅(tilting)이란 기울어지는(tilt) 것을 말하는 것으로, 틸팅열차는 곡선부를 주행할 때 원심력을 줄이기 위해서 열차를 곡선부 안쪽으로 약간 기울이는 것을 의미한다. 실제로 틸팅열차는 승객의 승차감을 향상시키면서 결과적으로 속도 향상의 효과를 기대하는 데 개발의 의미를 가진다. 틸팅열차에는 2개의 센서가 달려 있는데 하나는 달리다 곡선을 감지하는 센서이고, 또 다른 센서는 위성위치확인시스템(GPS)에서 철로의 위치 데이터를 전송받는 센서이다. 이 제어장치를 이용하여 열차 차체의 기울기를 환산해 낼 수 있는 것이다. 유럽 북부 핀란드의 틸팅열차의 경우는 곡선구간에서 기존의 열차보다 35% 정도까지 속도를 더 낼 수 있으며, 최대 가능 속도가 200kph 내외로 알려져 있다. 일반적으로 틸팅열차는 직선선로가 형성되지 못하는 지역인 산악지대에서 그 효과를 발휘할 수 있으며, 실제 고속차량이라 할지라도 곡선부에서는 속도를 낮추어 운전해야 하므로 고속주행을 하지 못하게 되는 데, 이 경우 틸팅차량은 곡선부의 속도에서도 일정속도 이상의 주행이 가능하다. 즉, 곡선부에서도 열차속도를 직선부와 비슷하게 높일 수 있는 차량의 대차기술을 적용한 것이 바로 틸팅으로 주로 노르웨이, 스페인, 스웨덴, 핀란드 및 이탈리아 등 지형적으로 산악지대를 많이 가진 나라들이며, 이런 나라들에서 틸팅기술은 고속의 신선을 건설하지 않고도 기존철도의 속도를 향상시키는 데 있어 효과적인 수단으로 이용되고 있다.

그동안 선행된 기존 연구들은 주로 이미 알려진 주요 편익만을 고려하여 틸팅열차 투입에 대한 경제성을 분석하였다. 가장 초기에 시작된 「기존선의 고속화를 위한 시스템에 관한 연구(2000)」에서는 틸팅열차 투입에 따른 경제성 분석을 위해서 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 및 환경오염 감소에 따른 편익을 고려하였으며, 경부선, 호남선, 전라선, 중앙선, 장항선, 경춘선, 태백선이 경제성이 확보되는 것으로 분석하였다. 「틸팅차량 운영을 위한

기술·경제적 타당성 연구(2001)」, 「틸팅열차 운행에 따른 기존선 속도향상 효과분석과 기존철도 운임체계 개선방안 연구(2003)」에서도 비용의 분석은 보다 세분하여 분석하였으나, 편익은 기존에 적용한 주요 편익 이외의 추가적인 고려는 없었다.

틸팅열차 투입관련 기존의 연구로부터 곡선부가 많고 장기적인 관점에서 개량계획이 있는 노선의 경우, 곡선통과 속도를 향상시켜 노선의 운행시간을 단축시키고 평균속도를 향상하는데 틸팅기능이 탑재된 차량이 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 수요가 낮은 철도노선의 경우 기존의 편익 산정 방법으로는 경제성을 확보할 수 없어 틸팅열차 투입의 효과를 보다 정치하게 분석하는 데에 한계로 작용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존에 상정된 편익 이외의 추가적으로 고려가 가능한 편익을 발굴하여 틸팅열차 투입의 경제성 분석에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

## 3. 편익 항목 분석

통행시간 절감 편익은 크게 철도이용자의 통행시간 절감 편익과 수요 전환에 따른 도로부문의 통행시간 절감 편익으로 나눌 수 있다. 차량운행비용 절감은 도로교통량이 감소함에 따라 차량운행비용이 절감되는 효과를 의미하며, 이에 반하여 철도의 운행비용은 증가하게 된다. 교통사고 감소 편익도 상대적으로 사고율이 낮은 철도로 수요가 전환됨에 따라 도로통행의 사고는 감소하고, 철도부문의 사고는 증가함에 따라 발생하는 편익이다. 환경오염 감소는 대기오염 감소와 소음 감소로 구분할 수 있다. 이상의 편익은 기존의 각종 지침에도 언급되어 있는 사항이며, 대부분의 경제성 분석에 기본적으로 사용되고 있는 편익이다.

이 외에도 쾌적성 향상 편익, 정시성 개선 편익, 철도역 개량 편익, 형평성 향상 편익, 폐기물 처리비용 절감 편익, 산악지역 개발효과, 물류비 절감편익 등에 대해서는 계량화 방안 등이 일부 제시되고 있으나 이는 모든 철도사업에 공통으로 적용할 수 있는 부분이므로 본 연구에서는 추가로 고려하지 않았다.

본 연구에서는 틸팅열차라는 새로운 열차의 도입에 따른 특성화된 편익으로 가장 먼저 언급될 수 있는 열차개량 편익을 비롯하여 향후 고려해야 할 편익을 분석하였다.

### 3.1 열차개량 편익 산정 사례

틸팅열차 도입에 따른 열차개량편익은 열차 서비스 개선 편익과 신규열차 도입에 의한 추가적 편익 등으로 나눌 수 있다. 즉 차량 내 시설수준이 향상된 신규열차를 도입함으로써 소음감소, 차내 온도조절기능 개선, 승차감 향상 등과

같은 서비스 제고에 따른 열차개량편의 향상뿐만 아니라, 열차 내 운행정보 서비스 확대에 의한 편의의 향상이 예상되므로 이로써 열차개량편의를 산정할 수 있다.

현재 열차개량편의와 관련된 국내 연구는 미흡하나 영국의 연구<sup>1)</sup>에서는 열차등급에 따른 열차개량편의를 산정하고 있다. 산정방법은 열차를 통근열차, 지역간 철도로 나누고, 지역간 철도는 다시 1등석, 비즈니스석, 일반석의 등급별로 나누어 SP조사를 통해 열차 개량 전·후의 통행자 최대 지불용의액의 변화를 로짓모형을 이용하여 추정하였다. 이 때 열차 개량을 열차 내 시설수준과 열차 내 정보제공으로 구분하고 각각의 세부항목에 대한 편의를 추정하였다. 열차 등급별 열차개량편의를 정리하면 다음과 같다.

표 1. 영국의 열차개량편의(열차 등급별)

단위 : £/통행

구분	South-East 통근열차	지역간(Inter-City) 철도			
		1등석	비즈니스석	일반석	
열차 환경	열차 리모델링	0.91	2.25	4.97	3.48
	새로운 열차도입	0.91	3.80	5.69	3.76
	소음, 승차감, 온도조절 개선	0.40	5.44	3.68	1.32
	소음, 승차감, 온도조절 대폭 개선	0.38	5.07	3.64	1.93
열차 내 정보	종착역과 다음역, 추가정보 방송	0.29	2.23	1.07	1.66
	종착역과 다음역의 전자식 정보 제공	0.33	2.01	1.27	1.6
	종착역과 다음역의 전자식 정보 제공	0.59	3.00	2.25	2.46
	종착역, 다음역 및 추가정보 전광판 제공	0.56	3.22	2.30	2.77
	김표원이 열차 순회	0.27	1.95	1.74	1.47
	승무원 상주	0.33	2.40	1.94	1.78

자료: Steer Davis Gleave, Rail Passenger Quality Service Valuations, 2000.

KOTI의 연구에서는 영국의 철도투자평가편람에 제시된 방법론과 원단위를 일부 조정하여 철도역 개량 편의를 산정하였다. 역 개량편의를 열차환경개선 편의에 한정하여 계산하였고, 통행목적은 KDI의 예비타당성조사 표준지침의 일반적 구분방식인 업무 및 비업무로 구분하였으며, 영국에서 제시된 통근 및 통행의 원단위를 단순 평균하여 비업무통행의 열차개량편의 원단위를 산정하였다.

1) Steer Davis Gleave, Rail Passenger Quality Service Valuations, 2000.

이처럼 톨팅열차의 도입은 현재 운행중인 차량에 비해 좌석 및 선반, 차내 정보제공 등 편의시설이 개선되어 승객이 느끼는 쾌적성의 향상이 예상되는 것이 사실이나 국내에서는 이에 대한 구체적인 연구가 수행되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 기존의 연구방법을 바탕으로 하되 인키로 단위의 원단위를 개발하여 편의를 산정하였다.

### 3.2 열차개량 편의 원단위 산정

영국의 철도투자평가편람 'Appraisal Criteria(Strategic Rail Authority, 2003)'에서는 전체 항목 중 열차 환경 개선 가치에 한하여 통행목적별로 운임의 1%를 열차개량편의추정에 이용하였다. 따라서 본 연구에서도 영국의 철도투자평가편람에 의거, 통행목적별로 운임의 1%를 이용하여 열차개량편의를 추정하였다.

표 2. 영국의 열차개량편의(산정예시)

통행 목적	평균 운임	비율	개선 가치	기존 이용자	신규 이용자	기존 이용자 가치	Rule of a half	신규 이용자 가치
	£	%	£/통행	천인	천인	1,000 £/연		1,000 £/연
	(a)	(b)	(a)×(b)	(c)	(d)	(a)×(b)×(c)	(e)	(a)×(b)×(c)×(e)
업무	20	1	0.20	300	5	60	0.5	0.5
통근	10	1	0.10	100	15	10	0.5	0.8
여가	6	1	0.06	75	8	4.5	0.5	0.2
합계	-	-	-	-	-	74.5	-	1.5
	-	-	-	-	-	-	-	76.0

자료: Strategic Rail Authority, Appraisal Criteria, 2003.

열차개량편의는 차량 내 시설수준이 향상된 신규열차를 도입함으로써 소음감소, 차내 온도조절기능 개선, 승차감 향상 등과 같은 서비스 제고에 따른 열차개량편의 향상뿐만 아니라, 열차 내 운행정보 서비스 확대에 의한 편의의 향상 등을 들 수 있다. 이와 같은 편의의 특성상 열차개량 편의는 통행목적별로 구분하는 것은 의미가 없으며 운행되는 차량의 종류별로 구분하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 우리나라 철도의 수송수요는 각 노선별 수요가 독립적이지 않으므로 승객에 따라 원단위를 산정할 경우 정확한 산정이 불가능하다. 따라서 인키로를 바탕으로 하여 원단위를 산정하는 것이 보다 합리적이라고 판단된다. 이

에 본 연구에서는 차량의 종류에 따른 열차개량편익의 원단위를 산정하였다.

2006년 기준 자료를 이용하여 열차개량편익을 분석한 결과 새마을의 경우 인키로 원단위가 0.80, 무궁화 0.51, 통근 0.26, 고속철도 0.90으로 분석되었다.

표 3. 차종별 열차개량편익의 원단위(2006)

구 분	새마을	무궁화	통 근	고속철도	전 체
운임수입 (백만원)	157,571	345,634	12,529	897,594	1,413,326
수요 (천인)	9,566	55,914	12,237	36,017	113,734
수요 (천인키로)	1,962,977	6,721,421	475,582	9,918,553	19,078,533
편익 (원/인)	164.72	61.82	10.24	249.21	124.27
편익(원/인키로)	0.80	0.51	0.26	0.90	0.74

자료: 한국철도공사 내부자료

한편 2007년 자료를 이용할 경우 전체 평균값은 2006년에 비해서 다소 높아지는 것으로 분석되었다. 인키로 원단위는 새마을 0.81, 무궁화 0.52, 통근 0.28, 고속철도 1.07로 나타났다. 따라서 2006년 원단위와 비교할 경우 새마을, 무궁화, 통근열차의 경우 원단위가 소폭 증가하였으며, 고속철도의 경우에는 크게 증가한 것을 알 수 있다.

표 4. 차종별 열차개량편익의 원단위(2007)

구 분	새마을	무궁화	통 근	고속철도	전 체
운임수입 (백만원)	150,807	339,851	7,914	1,071,127	1,569,698
수요 (천인)	10,015	55,320	7,980	37,315	110,631
수요 (천인키로)	1,855,815	6,513,948	283,136	10,027,440	18,680,339
편익 (원/인)	150.59	61.43	9.92	287.05	141.89
편익(원/인키로)	0.81	0.52	0.28	1.07	0.84

자료: 한국철도공사 내부자료

한편, 한국교통연구원(2007)은 영국의 철도투자평가판람에 제시된 방법론과 원단위를 일부 조정하여 통행목적별 원단위를 제시하였다. 즉 영국의 통근 및 여가통행의 원단위를 단순 평균하여 비업무통행의 열차개량원단위를 계산하였다. 한국교통연구원에서 제시한 통행목적별 열차개량편익 원단위는 다음과 같다.

표 5. KOTI의 통행목적별 열차개량편익의 원단위

단위 : 원/통행

통행목적	열차개량편익(원/통행)	비 율(%)	평균값(원/통행)
업 무	419	22.9	-
비 업 무	167	77.1	-
평 균	-	100.0	225

주: 열차개량편익은 한국교통연구원의 '철도의 사회·경제적 가치 평가 연구'(2006), 비율은 국가교통DB보고서를 참조

한국교통연구원의 연구에서 제시한 원단위는 업무통행의 경우 419원/통행, 비업무통행의 경우 167원/통행으로 제시하고 있다. 이를 업무 및 비업무 통행의 비율을 고려하여 통합하여 산정한 원단위는 통행당 225원으로 나타났다. 표에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제시한 원단위가 한국교통연구원의 연구에서 제시한 원단위의 약 56.6% 정도 수준이다. 이는 접근 방법에서의 차이 때문에 발생한 것이다.

### 3.3 열차개량 편익의 계량화 방법

열차환경 개선편익의 계량화는 사업 시행시의 연간 개량편익을 기존 이용자와 신규이용자 편익으로 구분하여 산정한 후 합산하고, 신규 이용자의 편익 증가분은 소비자잉여 산정 시 일반적으로 적용하는 'Rule of a half' 개념을 도입하였다. 열차개량편익의 산정식은 다음과 같다.

$$VRRRI = vrr_c + vrr_n$$

여기서,  $vrr_c$ : 기존이용자의 편익

$$vrr_c = \sum_{ij} \sum_{p=1}^2 \{T_{ij}^p \times u_p\} \times 365$$

$vrr_n$ : 신규이용자의 편익

$$vrr_n = \frac{1}{2} \sum_{ij} \sum_{p=1}^2 \{T_{ij}^p \times u_p\} \times 365$$

$T_{ij}^p$ : p통행의 기종점(i,j)간 이용객수(인/일)

$u_p$ : p통행의 열차개량편익 원단위(원/인)

p: 통행목적(1:업무, 2:비업무)

### 3.4 기타 편익

국내기술로 개발된 틸팅열차 도입에 따른 기타 편익항목으로는 틸팅 핵심기술 확보로 국내 및 국외 틸팅열차 시장 진출, 틸팅열차 상업운전에 대비한 차륜 및 열차 핵심부품의 유지보수 비용 절감과 열차 안전성 증대, 틸팅열차 운행에 따른 에너지 비용절감과 선로유지보수 비용 절감, 틸팅차량 기술력 향상으로 인한 수입대체 효과, 틸

팅차량 생산성 향상 효과 등이 있다. 현 시점에서는 아직 정량화하기에는 곤란하지만 향후 킬링열차가 상용화되어 기초자료가 확보될 경우 계량화가 가능할 것으로 판단된다.

## 4. 사례분석

### 4.1 분석대상 설정

사례연구의 대상은 6개 노선을 대상으로 하여 킬링열차(TTX)와 킬링기능이 없는 일반 EMU 열차를 대안으로 경제성 분석을 실시한 “시스템 통합 및 연계기술 개발”(2007)이다. 제시된 열차개량 편익의 원단위는 통행 단위와 인키로 단위이다. 따라서 어떤 원단위를 사용할 것인가는 취득할 수 있는 자료에 의해 결정된다. 여기서는 사례연구에서 제시하고 있는 수요가 인키로 단위이기 때문에 이를 기준으로 하였다.

수송수요는 사례연구에서 제시한 수송수요를 근거로 하여 재분석하였다. 수송수요의 원단위가 인키로 단위이기 때문에 계산이 간편한 인키로 원단위를 활용하였으며, 분석 대안은 EMU와 TTX에 대해서 분석하였다. 선행연구에서는 수송수요의 총량만이 제시되어 있으나, 본 연구에서는 열차개량 편익의 적용 방법이 기존의 철도를 이용하던 승객과 도로로부터 전환된 승객을 구분하고 있기 때문에 별도의 예측방법을 활용하여 각각의 수요를 추정하였다.

즉 신규차량(EMU, TTX) 투입에 따른 수송수요 증가량은 기존 보고서의 수치를 활용하였고, 수송수요 증가량 중에서 철도로부터 전환된 수요를 추정하여 도로로부터의 전환수요를 계산하였다.

### 4.2 열차개량 편익 산정

먼저 경부선에 신규차량을 도입할 경우의 열차개량 편익을 산정해 보았다. 표에서 보는 바와 같이 2010년 기준 EMU 투입에 따른 증가수요는 448백만 인키로 수준이고, TTX 투입에 따른 증가수요는 947백만 인키로 수준인 것으로 분석되었다. 모든 대안에서 증가수요는 주로 KTX로부터 전환되는 수요가 도로로부터 전환되는 수요보다 많은 것으로 분석되었다.

열차개량에 따른 편익은 기존의 철도를 이용하는 승객과 신규로 이용하는 승객을 구분하여 산정하였다. 경부선의 경우에는 TTX를 투입하는 안이 연차별로 16.8~22.5% 높은 것으로 분석되었다. 2010년 기준으로 TTX를 투입하는 경우의 편익은 1,797백만원 수준인 것으로 분석되었다.

표 6. 경부선 신규차량 도입에 따른 수송수요 분석

단위: 백만인키로/년

구 분		2010	2020	2030
미시행시 경부선 대상수요		1,481.9	2,018.2	2,339.6
EMU 투입안	사업시행시 증가수요	448.3	600.0	705.9
	- KTX에서의 전환수요	235.4	332.1	390.7
	- 도로에서의 전환수요	213.0	268.0	315.3
TTX 투입안	사업시행시 증가수요	947.3	1,282.5	1,521.2
	- KTX에서의 전환수요	511.7	730.1	874.9
	- 도로에서의 전환수요	435.5	552.4	646.3

열차개량 편익의 경우 수요와 정비비 관계가 있어 일반적으로 도로 혼잡과 관련된 편익이 연차별로 급격하게 편익이 증가하는 현상과는 다른 패턴을 보이고 있다. 따라서 열차개량 편익은 사업시행 초기에 비교적 영향을 많이 주는 반면에 사업시행 후기에는 별다른 영향을 주지 않을 것으로 파악된다.

표 7. 경부선 신규차량 도입에 따른 열차개량 편익 분석

단위: 백만원/년

구 분		2010	2020	2030
EMU 투입안 (A)	기존 이용자 편익	1,395.5	1,909.9	2,218.7
	신규 이용자 편익	86.5	108.9	128.1
	소계	1,482.0	2,018.7	2,346.8
TTX 투입안 (B)	기존 이용자 편익	1,620.1	2,233.3	2,612.2
	신규 이용자 편익	177.0	224.4	262.6
	소계	1,797.0	2,457.8	2,874.8
(B-A)/A *100	기존 이용자 편익	16.1	16.9	17.7
	신규 이용자 편익	104.5	106.1	105.0
	소계	21.3	21.7	22.5

기타 나머지 5개 노선에 대한 분석도 동일한 방법으로 열차개량 편익을 산정하였으며, 결과는 생략하였다.

### 4.3 노선별 열차개량 편익의 영향력 분석

열차개량 편익이 비용편익비에 미치는 영향은 노선별, 차종별로 차이는 있지만 약 1.74~4.84% 정도인 것으로 분석되었다. 열차개량 편익이 전체 비용편익비에 미치는 영향은 크지는 않지만 일반적으로 경제성 확보에 어려움을 겪는 철도사업, 특히 수요가 저조한 구간에 새로운 열차를 도입하는 데에 있어 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단된다.

표 8. 노선별 열차개량 편익 현재가치 및 영향력 분석

구 분	선행연구				열차개량편익 현재가치	열차개량 편익반영 B/C(B)	증감(%) (B-A)/A
	개통년도	편익 현재가치	비용 현재가치	B/C(A)			
경부선	EMU	2009	473,256	389,541	1.21	19,415	4.10
	TTX	2013	967,149	473,672	2.04	19,902	2.06
호남선	EMU	2009	127,207	147,465	0.86	4,824	3.79
	TTX	2013	248,350	190,796	1.30	5,050	2.03
경전선	EMU	2012	86,822	99,653	0.87	3,239	3.73
	TTX	2013	194,025	126,900	1.53	3,407	1.76
전라선	EMU	2012	78,780	95,424	0.83	3,082	3.91
	TTX	2013	218,291	150,681	1.45	3,809	1.74
중앙선	EMU	2013	47,694	70,625	0.68	2,174	4.56
	TTX	2013	76,408	85,528	0.89	2,248	2.94
충북선	EMU	2013	55,422	73,840	0.75	2,684	4.84
	TTX	2013	117,848	92,901	1.27	2,738	2.32

주: 1. 현재가치는 2005년 기준  
 2. 열차개량편익은 2007년 기준을 2005년 기준으로 변경한 후(2005년 대비 물가지수 104.8) 사례연구와 동일하게 개통 후 30년 동안의 편익을 현재가치로 환산한 것임

## 5. 결론 및 향후 연구과제

정부는 단기적이고 실용적으로 기존선의 속도향상을 도모하기 위해서는 기존 선로의 시설물을 최대한 활용하고 효과적으로 고속서비스를 제공할 수 있는 신규차량을 개발하여 투입하는 것이 현실적인 것으로 판단하여 틸팅차량의 기술개발 연구를 진행해 왔다. 왜냐하면 아직까지 전국 대부분의 노선에 곡선부가 많은 상황이며, 또한 이를 해결하기 위해서 막대한 비용이 소요되기 때문에 단기적으로 개량계획이 없는 노선의 경우에는 곡선통과 속도를 향상시켜 운행시간을 단축시키고 평균속도를 향상할 수 있도록 틸팅차량을 투입하는 것이 효율적이라고 판단했기 때문이다.

본 논문은 이러한 틸팅차량이 가지는 효과를 가늠하기 위해 기존 지침에서 제시하고 있는 편익계상 이외에 다른 방법론의 추정을 시도하였다. 신설 틸팅차량의 투입은 기존 체계와는 다른 잠재적인 편익가치의 산정방법을 가질 수 있다고 본다. 실제로 교통시설 투자사업 시행에서 발생하는 편익은 교통측면의 편익인 직접편익과 교통개선으로 인한 사회적 편익인 간접편익으로 구분할 수 있다. 철도의 신규 및 개량 사업시행시 이용자들에게 발생하는 편익으로는 차량운행비용 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소, 쾌적성 증가, 정시성 향상 및 안정성 향상 등이 있을 수 있으나 이들 항목 중에는 화폐가치화 작업이 불가능한 항목이 있다. 예를 들어 교통의 쾌적성, 정시성, 안정성 향상 등의 효과는 주관적 만족도에 따라 가치가 달라질 수 있어 편익 계상의 어려움이 있었던 것이 사실이다. 즉, 편익

분석의 측면에서 기존 지침에 제시되어 있는 방법론만을 고려하게 된다면, 틸팅열차 운행에 따른 다양한 장점에 대한 효과가 제대로 반영되지 못할 수도 있다.

실제적으로 철도의 개별적인 복선화 사업의 편익 계상과 전철화 사업의 편익계상 또는 동시적인 복선전철화 사업에 대한 항목에 있어서도 편익 계상 방법의 차이를 가질 수 있으나, 기존 각종 관련 지침에서는 철도시설의 개량시 일반적으로 동일한 편익 추정 방법론을 준용해 왔음을 알 수 있다. 단편적으로 철도역사의 개량 또는 철도역의 연계교통 체계 구축에 따른 효과분석 추정방법도 차이가 있음을 인지할 수 있다. 이렇듯 다양한 유형의 각종 철도사업에 일반적인 방법론이 사용되어 오면서 발생된 문제점을 인식하고, 틸팅열차 도입에 대한 효율성 측면을 높일 수 있는 방안에 대해서 검토해 보았다는 면에서 본 논문이 가지는 의미가 있다고 본다.

틸팅열차의 초기 도입의 취지는 수요밀집노선위에 고속서비스를 제공하고자 하는 것이기 보다는 KTX 개통 후 현재까지 고속서비스 소외지역에 대한 열차서비스 개선에 보다 더 큰 도입의 취지가 있었음을 고려한다면, 향후 연구에서는 적정수요를 고려한 민감한 경제성 분석기법을 요구하기보다도 고속서비스 소외지역에 대한 형평성(equity) 부여라는 가중치를 더 크게 부여할 수 있는 편익계상방법을 보다 면밀하게 추정하는 연구가 필요하며, 또한 기존 철도노선에 틸팅열차를 투입함에 따른 운영적 측면에서의 정량적 편익의 비교분석 연구와 본 연구에서 기타편익으로 제시한 부분에 대해서도 계량화를 위한 추가적인 연구가 요구된다고 본다.

## 참고문헌

1. 건설교통부(2004), “공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침.”
2. 건설교통부(2007), “국가기간교통망계획(2000~2019) 제1차 수정.”
3. 조규전, 이남수, 정의환(1996), “철도곡선부 개량에 따른 열차운행시간 단축효과에 관한 연구,” 한국측량학회지.
4. 철도청(2004), “틸팅차량 운행에 따른 운임최적화 연구.”
5. 한국개발연구원(2004), “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구[제4판].”
6. 한국개발연구원(2004), “예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구.”
7. 한국교통연구원(2007), “철도의 사회경제적 가치 평가.”
8. 한국철도기술연구원(2000), “기존선의 고속화를 위한 시스템에 관한 연구.”
9. 한국철도기술연구원(2000), “장항선 고속철도 직결운행과 틸팅차량 운행타당성 기초조사.”
10. 한국철도기술연구원(2003), “틸팅차량 운행에 따른 기존선 속도향상 효과분석과 기존철도 운임체계 개선방안 연구.”
11. 한국철도기술연구원(2001), “틸팅차량 운영을 위한 기술경제적 타당성 연구.”
12. 한국철도시설공단(2006), “철도투자평가 체계개선방안 연구용역.”
13. Litman, T.(2003), “Transportation Cost Analysis, VTPI.”
14. Steer Davis Gleave(2000), Rail Passenger Quality Service Valuations.

접수일(2009년 6월 6일), 수정일(2009년 8월 12일),  
제재확정일(2009년 10월 8일)